

博士学位論文

都市の物流施策のための物流施設立地および
大型貨物車経路のモデリングに関する研究

平成 23 年度
(2012 年 3 月)

東京海洋大学大学院
海洋科学技術研究科
応用環境システム学専攻

萩野 保克

目 次

第1章 序論	1
1.1 本研究の背景	1
1.1.1 都市の物流施策の必要性	1
(1) 都市計画や交通計画における物流施策の必要性	1
(2) 定量的な評価に基づく物流施策立案の必要性	1
1.1.2 都市の物流施策とモデルの動向	3
(1) 過去の物流施策とモデルの課題	3
(2) 都市の物流システムに着目した新たな物流のモデリングの動き	4
1.2 本研究の目的	6
1.3 本論文の構成	8
1.4 本研究の範囲	10
1.5 用語の定義	14
第2章 都市の物流施策とモデルの方向性	17
2.1 本章の目的と構成	17
2.1.1 本章の目的	17
2.1.2 本章の構成	18
2.2 既存研究と本研究の位置づけ	20
2.2.1 都市の物流施策とモデルの既存研究	20
2.2.2 既存研究と本研究の位置づけ	27
2.3 都市の物流施策とモデル	29
2.3.1 物資流動調査と都市の物流施策	29
2.3.2 第1回調査から第3回調査の物資流動調査の都市の物流施策とモデル	32
2.3.3 第4回物資流動調査の都市の物流施策とモデル	35
2.3.4 都市の物流施策に係わる計画制度と国・自治体の物流施策	41
2.4 近年の都市の物流施策の動向とモデルの方向性	46
2.4.1 物流施設立地や貨物車利用に関する企業の意向	46
2.4.2 物流施設立地に関する近年の施策とモデルの方向性	51
(1) 物流施設立地に関する近年の課題	51
(2) 物流施設立地に関する近年の物流施策	56
(3) 物流施設立地モデルの方向性	57
2.4.3 大型貨物車経路に関する近年の施策とモデルの方向性	58
(1) 大型貨物車経路に関する近年の課題	58
(2) 大型貨物車経路に関する近年の物流施策	61
(3) 貨物車経路選択モデルの方向性	62
2.5 第2章のまとめ	63

第3章 人口集積等を考慮した物流施設立地のモデル分析	69
3.1 本章の目的と構成	69
3.1.1 本章の目的	69
3.1.2 本章の構成	70
3.2 既存研究と本研究の位置づけ	72
3.2.1 物流施設立地モデルに関する既存研究	72
(1) 企業のコスト最小化行動から物流施設立地をモデル化した既存研究	73
(2) 離散選択ロジットモデルで施設立地をモデル化した既存研究	75
(3) 異なる施設の立地競合を土地利用均衡でモデル化した研究事例	82
3.2.2 既存研究と本研究の位置づけ	90
3.3 東京都市圏の物流施設立地の実態分析	92
(1) 東京都市圏の物流施設の立地分布	92
(2) 物流施設が立地する土地利用	92
(3) 臨海部の物流施設立地の立地年次	92
3.4 施設立地モデルの定式化とパラメータ推定	95
3.4.1 モデルの全体構造	95
3.4.2 サブモデルの定式化とパラメータ推定	97
(1) 物流施設及び工場立地モデル	97
(2) 商品販売額モデル	104
(3) 地価モデル	106
3.4.3 現況再現性の確認	110
3.5 施設立地モデルを用いたシミュレーション	112
3.5.1 シミュレーションケースの設定	112
3.5.2 シミュレーションの実施	114
3.5.3 シミュレーション結果と物流施策	115
3.5.4 シミュレーション結果の考察	120
3.6 第3章のまとめ	121
(1) 第3章の成果	121
(2) 今後の課題	122
第4章 物流の国際化に対応した大型貨物車経路のモデル分析	127
4.1 本章の目的と構成	127
4.1.1 本章の目的	127
4.1.2 本章の構成	129
4.2 既存研究と本研究の位置づけ	131
4.2.1 大型貨物車経路選択モデルに関する既存研究	131
(1) 海上コンテナ車の流動実態分析に関する既存研究	131
(2) 大型貨物車経路選択モデル推定の方法論に関する既存研究	132

(3) 海上コンテナ車の道路上のボトルネック分析に関する既存研究	141
4.2.2 既存研究と本研究の位置づけ	143
4.3 特車申請データを用いた海上コンテナ車の経路選択実態分析	146
4.3.1 海上コンテナ車の通行規制と特殊車両通行許可申請	146
(1) 海上コンテナの利用の動向	146
(2) 海上コンテナ車の通行規制	149
(3) 特殊車両通行許可申請（特車申請）	152
4.3.2 特車申請データを活用した海上コンテナ車経路データの作成	154
(1) 道路ネットワークデータの作成	154
(2) 海上コンテナ車経路データの作成	159
4.3.3 海上コンテナ車の経路選択特性の分析	164
(1) 東京港を利用する海上コンテナ車の流動実態	164
(2) 海上コンテナ車に対応した道路整備状況	167
(3) 海上コンテナ車の経路選択の特性	171
(4) 海上コンテナ車の迂回の状況	175
4.4 海上コンテナ車の経路選択モデルの定式化とパラメータ推定	177
4.4.1 重複率最大化モデルによる海上コンテナ車経路選択モデルの定式化	177
4.4.2 重複率最大化モデルのパラメータ推定方法	178
4.4.3 海上コンテナ車経路選択モデルのパラメータ推定	181
4.4.4 現況再現性の確認	186
4.5 海上コンテナ車経路選択モデルを用いたシミュレーション	187
4.5.1 シミュレーションケースの設定	187
4.5.2 シミュレーションの実施	188
(1) 3環状道路の整備効果	188
(2) 折進障害交差点の改良効果	192
4.5.3 シミュレーション結果と物流施策	195
4.5.3 シミュレーション結果の考察	199
4.6 第4章のまとめ	200
(1) 第4章の成果	200
(2) 今後の課題	201
第5章 物流施設立地選択と大型貨物車経路選択を連動させたモデル分析	207
5.1 本章の目的と構成	207
5.1.1 本章の目的	207
5.1.2 本章の構成	208
5.2 既存研究と本研究の位置づけ	209
5.2.1 土地利用・交通モデルに関する既存研究	209
5.2.2 既存研究と本研究の位置づけ	215

5.3	物流施設立地選択と大型貨物車経路選択を連動させたモデルとシミュレーション	216
5.3.1	モデルの全体構造	216
5.3.2	物流施設の立地変化に伴う大型貨物車による貨物 OD の推計	218
(1)	推計の考え方	218
(2)	シミュレーションケースの設定	220
(3)	推計方法	221
(4)	推計結果	224
5.3.3	大型貨物車による道路上の物資流動量の推計	228
(1)	推計の考え方	228
(2)	推計方法	228
(3)	推計結果	229
5.3.4	シミュレーション結果と都市の物流施策	232
5.3.5	シミュレーション結果の考察	233
5.4	第 5 章のまとめ	234
(1)	第 5 章の成果	234
(2)	今後の課題	234
第 6 章	結語	237
6.1	本研究のまとめ	237
6.2	都市の物流施策の立案への本研究のモデルの活用	240
6.3	今後の課題	246
参考	都市の物流のモデリングで必要となるデータについて	247
(1)	物流施設立地モデル (第 3 章)	247
(2)	大型貨物車経路選択モデル (第 4 章)	248
(3)	物流施設立地選択と大型貨物車経路選択の連動 (第 5 章)	249
本学位論文に関する既発表の学術論文等		253
謝 辞		255

第1章 序論

1.1 本研究の背景

1.1.1 都市の物流施策の必要性

(1) 都市計画や交通計画における物流施策の必要性

都市計画は、行政など公共によるところが多いが、物流に関しては、「物流は民間活動であり、行政が関与する部分は小さい。」との意見が多く聞かれる。物流を専門に取り扱う部局を設置している行政機関も少ない。しかしながら、物流は民間活動であるとしても、物流の中継地点である物流施設の立地は土地利用が密接に関係し、施設間の輸送は都市内ではほとんどが道路を利用して輸送されている。そのため、民間企業だけで物流施設立地や貨物車による輸送を適正化することは困難であり、民間活動を支える基礎的な社会基盤として都市計画や交通計画が密接に関係する。また、環境負荷の低減といった社会性が強い分野では、企業に任せるのではなく、都市計画として物流施設立地や大型貨物車経路の適正化を図るための物流施策を講じる必要性がある。

都市の物流に対する行政の認識が低い理由として、過去の都市の物流施策が流通業務団地整備など限定された施策にとどまっていたことも一因として考えられる。流通業務団地に立地する物流施設以外にも、主に工業系用途地域（準工業地域、工業地域、工業専用地域）に多くの民間の物流施設が立地しているが、これらの民間の物流施設が正常に機能するためには、住宅・商業・オフィスなどの他の都市機能の配置や道路などの交通基盤との整合性も考慮して、民間企業の物流施設立地を適正化していく必要がある。都市計画や交通計画で関与すべき物流施策は多い。また、東京港・横浜港といった我が国の重要な国際港湾を有する東京都市圏では、貨物車による輸送上で重要な道路区間は、海上コンテナ車がスムーズに通行できるような道路規格が求められるとともに、重大事故の危険性を回避するため、乗用車と貨物車の経路をできるだけ分離するといった視点で道路ネットワークを計画する必要性も高い。

(2) 定量的な評価に基づく物流施策立案の必要性

物流に限らず、都市計画や交通計画に係わる行政の施策を実施するためには、その根拠や効果について客観的なデータを求められることが多い。東京都市圏などの大都市圏では、人の交通に関してはパーソントリップ調査（以下、PT 調査という）、物流に関しては物資流動調査といった交通統計調査が実施され、その客観的なデータに基づいて、都市計画や交通計画が策定されてきた。しかしながら、物流に関しては、過去、物資流動調査から集計される物資流動量だけでは、都市計画や交通計画で実施すべき施策との関係が不明確であり、これが、「物流は民間活動であり、行政が関与する部分は小さい。」との意見の一因になっていたと考えられる。

そのため、物資流動調査といった客観的な交通統計調査によって得られたデータから、科学的

な手法によって都市の物流の実態を解明してモデル化し、これを用いて都市の物流施策を立案することは、物流施策の妥当性を客観的に示す上で重要である。また、物流に限らず都市計画や交通計画に係わる施策の立案に当っては、多くの利害関係者（ステイクホルダー）の間で合意形成を図る必要がある場合が多い。科学的な手法により、客観的に分析・評価された物流施策は、利害関係者間の合意形成に役立ち、迅速な物流施策の実施にも寄与すると考える。また、PT調査や物資流動調査といった交通統計調査のデータは、都市計画や交通計画の策定や研究を目的とする行政機関、研究機関、民間事業者に広く提供されるものである。物資流動調査等を用いたモデルの研究成果は、地方自治体を含めた様々な主体での物流施策の立案にも役立つと考える。

1.1.2 都市の物流施策とモデルの動向

東京都市圏では、PT調査と物資流動調査といった交通調査が実施され、人と物の両面から、都市計画や交通計画が策定されている。ここでは、東京都市圏を対象にして、過去の物流施策の立案に用いられたモデルの課題と、近年の新たなモデリングの動向を示す。

(1) 過去の物流施策とモデルの課題

東京都市圏では、PT調査は、昭和43年に第1回調査が実施され、その後、昭和53年(1978)、昭和63年(1988)、平成10年(1998)に実施され、最新の第5回調査は平成20年(2008)に実施されている。物資流動調査は、昭和47年(1972)に1回調査が実施され、その後、昭和57年(1982)、平成6年(1994)に実施され、最新の第4回調査は平成15年(2003)に実施している。

PT調査は、人を対象にして1日の交通(移動)を調査するものである。その際、通勤・通学・買物といった交通目的ごとの移動を「トリップ」として捉え、トリップの中で利用した交通機関や乗換場所を全て調査しており、交通目的別・交通手段別トリップ数を集計することが可能である。調査主体である東京都市圏交通計画協議会(以下、協議会という)では、このパーソントリップ・データを用いて、東京都市圏の交通実態や将来交通需要を解析して、東京都市圏の人の活動を支えるための都市計画や交通計画が策定されてきた。PT調査の将来交通需要推計では、四段階推定法が用いられている。これは、将来の人口や商業機能・オフィス等の配置を想定した上で、生成交通量、発生・集中交通量、分布交通量、分担交通量(交通機関別交通量)、配分交通量(路線別交通量)の順に段階別に推計するものであり、交通目的別・交通手段別に人の動きが調査されているPT調査の特徴が四段階推定法に適していることもあり、東京都市圏に限らず多くの都市圏のPT調査の将来交通需要推計に用いられている。また、PT調査は、協議会でのデータ解析にとどまらず、行政機関や交通事業者における、鉄道・バス・モノレールといった公共交通機関や都市内道路の計画策定に用いられている他、交通需要推計手法や交通施設整備効果計測手法の研究の基礎データとして活用されるなど、都市計画や交通計画に係る実務や研究で調査結果が利用されてきた。

一方、第1回調査から第3回調査までの物資流動調査は、荷主企業の事業所を調査対象として物資の搬入・搬出を調査するものであり、品目別・輸送手段別の搬入・搬出の件数・重量が集計されるものとなっている。また、第1回調査から第3回調査では、PT調査で用いられている四段階推定法を物資流動に適用して将来交通需要推計が行われ、その結果を根拠として広域物流拠点整備計画や物流ネットワーク整備計画が提案された。広域物流拠点を流通業務団地造成等の手法によって公的に整備することは、物流に係る民間企業の財政力が現在よりも弱く、都心部の交通混雑が深刻化していた当時の社会情勢から考えれば重要な意味があったが、調査データの解析に関しては、PT調査と比べると調査データや将来交通需要推計値の精度が悪く、PT調査と比べて粗い地域(ゾーン)でしか解析できないという批判を受けていた。また、物流ネットワーク整備計画は、物資流動量を貨物車交通量に変換したデータで解析されていたが、貨物車交通量データとしては「道路交通センサス(起終点調査)(国土交通省道路局)」という自動車交通量を詳細な

ゾーン間で車種別に調査する統計調査があり、これに基づく将来交通需要推計も行われていることから、物資流動調査の必要性に対する疑問の声もあった。第2章で詳しく述べるが、広域物流拠点や都市内配送拠点の最適配置やその整備効果等について、都市計画・交通計画の研究者による調査・研究が行われているが、これらの多くは、企業行動を理論的に整理し、それをモデル化する試みが多く、「人の交通」でみられたように、実務・研究の両面からの物資流動調査データが活用されることは限定的であった。

苦瀬ら(2006)⁵⁾は、「人の交通」と比べたときの物資流動の特徴を、a)移動単位の不安定性、b)品目の多様性、c)移動過程での変化、d)移動方法、e)移動目的の多様性、f)移動サイクルの多様性、g)移動量の変動性から整理し、「人の交通」と比べて、物の交通ははるかに複雑であることを示している。また、物流を交通の要素としてみた場合の「都市の物流システム」を、交通結節点施設（ノード：広域物流拠点、都市内集配拠点、荷捌き施設など）と、その交通結節点間を結ぶ交通路（リンク：道路、鉄道、航路、航空路など）から構成されるシステムとして整理している。PT調査の場合、調査対象となる人が、移動の目的や利用交通手段、乗換場所などを全て記憶しているため交通実態を正確に調査することが可能であるが、物資流動の場合、調査対象である荷主企業は、物流の交通結節点や交通路の利用実態を全て知っているわけではないため、調査されたデータはPT調査と比べて曖昧なものとなる。また、人の交通と比べて物資流動は複雑であることから、調査データや将来予測値は、PT調査と比べてより多くの不確実性を含むこととなる。過去の物資流動調査に対する批判・疑問は、これらの物資流動の特徴に十分配慮することなく、PT調査の調査手法やデータ解析手法を、そのまま物資流動調査に適用したことが原因の一つだと考えられる。

(2) 都市の物流システムに着目した新たな物流のモデリングの動き

平成15年(2003)に実施された最新の第4回物資流動調査では、荷主の事業所を対象として物資流動量を重点的に調査する従来の調査手法を改め、都市の物流システムの構成要素である物流の交通結節点である物流拠点（物流施設）とネットワーク（幹線道路等）に着目して、調査内容が見直されて実施された。

物流施設に関しては、荷主企業だけではなく、輸送を担う運輸事業者が所有・運用している物流施設も、新たに調査対象としており、それぞれの物流施設の位置を座標化してGISで分析可能とするなどデータ作成にも工夫が施された。これにより、従来はゾーン単位の物資流動量から推測するしかなかった物流施設立地が、土地利用や道路など交通施設との関係などから分析することが可能となった。また、事業所を対象にしたアンケート調査だけでなく、物流の都市計画上の課題に対応した分析を行うための個別調査も実施されている。このような取り組みは、第3回調査から始められており、第3回調査では、平成4年の都市計画中央審議会答申で都市内集配拠点整備と端末物流施設整備の必要性が示されたことを受け、都市内物流拠点配置計画を策定するための「都市内物流調査」と端末物流施設整備計画を策定するための「端末物流調査」が実施された。第4回調査では、企業における物流施設配置等の動向や戦略を調査する「企業意向調査」、従来の貨物車交通量からだけではなく大型貨物車経路として求められる道路の規格を分析するため

の「大型貨物車走行実態調査」、中心市街地における端末物流対策を分析するための「端末（地区）物流調査」が実施された。

第4回物資流動調査では、第1回調査から第3回調査で行われてきた、四段階推定法によるモデルは構築されていない。これに代わって、第4回物資流動調査で新たに活用可能となった物流施設立地や大型貨物車経路といった調査データを活用して、「物流施設立地モデル」や「大型貨物車経路選択モデル」といった物流施策を定量的に分析するためのモデルが開発され、これを用いて、東京都市圏で取り組むべき物流施策として「物流施設立地の誘導」や「大型貨物車に対応した物流ネットワークの構築」が提案されている。これらのモデルの詳細は、第3章、第4章で詳しく述べるが、「物流施設立地モデル」は、第4回物資流動調査において、物流施設立地が網羅的に座標化されてGIS上でデータ解析を行うことが可能となったことを受け、1kmメッシュを分析対象として、企業ヒアリング調査から明らかになった土地利用と物流施設立地との関係も組み込んで構築されたものであり、GISベースの立地情報を基にした物流施設立地モデルは、従来、ほとんど分析例はない。また、「大型貨物車経路選択モデル」は、大型貨物車の走行に適応しないボトルネック箇所がその経路選択に影響を与える影響を定量的にモデル化したものであり、こちらも、従来、分析例がなかったものである。これらのモデル分析は、必ずしも物流施策の整備効果を計測する方法論にまでは完成されたものではなかったが、第4回物資流動調査の成果として公表された東京都市圏の物流施策の方向性⁸⁾の中では、物流施設立地や大型貨物車経路に係わる物流施策を立案するためのツールとしては十分に活用されており、物流施策の立案に係る独創的なモデルとして、国内外の学会でも評価を受けている。また、東京都市圏に次いで実施された、京阪神都市圏の物資流動調査(2005)では、東京都市圏と同様の方向性で物流施策が示された他、1kmメッシュを分析対象とした「物流施設立地モデル」が京阪神都市圏の物流施策の検討に用いられるなど、大都市圏の物流施策を立案するためのモデルとして活用され始めている。第4回物資流動調査において、人の交通を分析するモデルの模倣から脱し、物資流動調査のデータを活用して、物流独自の施策立案のためのモデルが開発された意味は大きい。

1.2 本研究の目的

交通実態や交通施策を科学的な手法によって、客観的に評価・分析することは、交通のメカニズムに対する知見を集積して、交通施策の有効性を高める上で極めて重要である。PT調査に基づく「人の交通」に対しては、都市圏全域に係るマクロな交通計画から、地区交通といったミクロな交通計画まで、長い年月をかけ、多くの研究者や実務者の手によって、交通実態解析やモデル開発が行われることで、交通のメカニズムに関する様々な知見が集積され、モデルの高度化・精緻化が図られてきた。物流に関しても、東京都市圏では、最新の第4回物資流動調査で新たに活用可能となった物流施設立地や大型貨物車経路といった調査データを活用して、「物流施設立地モデル」や「大型貨物車経路選択モデル」といった新たなモデル開発がなされ、これを用いて、東京都市圏で取り組むべき物流施策が検討されている。

一方で、東京都市圏においては、人口の都心回帰を背景として、比較的都心に近い臨海部でマンションなどの住宅立地が進み、古くから立地している物流施設との土地利用の混在といった問題が顕在化している。また、物流の国際化に伴い、都市圏内においても海上コンテナ車を利用した輸送が増加していることから、道路ネットワークも海上コンテナ車による輸送への対応が求められている。このような変化に対応して、物流施設立地や大型貨物車経路に係る施策を立案するためには、人口集積等と物流施設立地の関係や海上コンテナ車の経路選択を定量的に表すモデルが必要となる。また、物流施設の立地が変化した場合、新たに物流施設立地が増加する地域においては、これらの施設で発生・集中する大型貨物車に対応した道路ネットワークが必要となるが、物流施設立地選択と大型貨物車経路選択を連動させたモデル分析はこれまで例がない。

本研究では、東京都市圏を例にして、近年顕在化している、臨海部での人口集積等の増加や海上コンテナ車を利用した輸送の増加といった物流の変化を踏まえて、物流施設立地や大型貨物車経路に係る物流施策の立案に活用可能なモデルを構築する。また、物流施設立地選択と大型貨物車経路選択を連動させたモデル分析を試みる。

本研究の目的を整理すると以下の通りである。

- ・ 東京都市圏をケーススタディとして、近年の、物流施設立地と大型貨物車経路に係る課題と、これに対応するための物流施策を整理する。更に、これらの物流施策を立案するために必要となる物流施設立地モデルや貨物車経路選択モデルの方向を明らかにする。
- ・ 物流施設立地モデルに関しては、人口の都心回帰を背景とした、物流施設と住宅との混在が深刻化している可能性があることを踏まえ、人口集積等が物流施設立地選択に与える影響を分析可能なモデルを構築する。モデル構築には、東京都市圏物資流動調査の施設立地データ等を用いる。この物流施設立地モデルを用いて、将来、東京都市圏臨海部において人口集積が増加した場合を想定して、物流施設の立地が困難になる地区を特定することで、物流施設と住宅が共存するための工夫、物流施設が立地する場所での都市計画による住宅立地抑制、住宅との土地利用の混在の危険がない新たな物流施設立地用地の提供といった物流施設立地に関する施策立案におけるモデルの利用可能性を論じる。
- ・ 大型貨物車経路選択モデルに関しては、物流の国際化に伴い、海上コンテナ車の利用が増

加している実態を踏まえ、特殊車両通行許可申請データから入手できる海上コンテナ車の経路データを活用して、海上コンテナ車経路選択モデルへの拡張を行う。このモデルを用いて海上コンテナ車のボトルネックの解消効果を計測することで、大型貨物車経路に関する物流施策の立案におけるモデルの活用可能性を論じる。

- 物流施設立地モデルと貨物車経路選択モデルを用いて、物流施設立地と物資流動を連動させたモデルを構築し、将来の人口集積の変化や道路整備による物流への影響をケーススタディとして計測し、物流施設立地と大型貨物車経路に関する物流施策を一体的に立案する必要性があることをシミュレーション結果から論じる。

なお、本研究で取り扱う物流施設立地選択モデルや大型貨物車経路選択モデルは、都市計画や交通計画に係る物流施策の立案で活用可能なモデルであり、仮想的な前提条件にしか適用できないような過度に複雑な理論モデルではない、また、モデル構築で利用するデータも、第3章で取り扱う「東京都市圏物資流動調査」や第4章で取り扱う「特殊車両通行許可申請データ」など、現時点で入手可能な範囲とした。

1.3 本論文の構成

本論文は、本章を含めて6章で構成される。

第2章では、都市の物流施策に係る既存研究をレビューし、本研究で取り扱う物流施設立地モデルや貨物車経路選択モデルとの関係を明らかにする。また、過去の都市計画や交通計画で提案されてきた物流施策とモデルの関係を、東京都市圏の物資流動調査を例としてレビューし、過去の物流施策立案におけるモデルの課題や、物流施設立地選択や貨物車経路選択に係る新たなモデリングの動向を明らかにする。更に、東京都市圏を対象にして、都市の物流施策の動向を整理して、これに対応するための物流施設立地モデルや貨物車経路選択といったモデルの方向を明らかにする。

第3章では、物流施設立地モデルに関して、第2章で明らかにした新たな東京都市圏の物流の課題に対応してモデルの改善を行う。具体的には、人口の都心回帰を背景として、物流施設と住宅との混在が深刻化している可能性があることを踏まえ、人口集積等を考慮した物流施設立地モデルへの拡張を行う。更に、将来の人口集積を想定して、人口の都心回帰が更に進んで人口集積が増加した場合の物流施設立地の変化を物流施設立地モデルから推計し、物流施設と住宅が共存するための工夫、物流施設が立地する場所での都市計画による住宅立地抑制、住宅との土地利用の混在の危険がない新たな物流施設立地用地の提供といった、物流施設立地に係る物流施策の立案におけるモデルの活用可能性を論じる。

第4章では、大型貨物車経路選択モデルに関して、第2章で明らかにした新たな東京都市圏の物流の課題に対応してモデルの改善を行う。具体的には、物流の国際化に伴って海上コンテナ車の利用が増加し、海上コンテナ車に対応した道路ネットワークの必要性が高まっている実態を踏まえ、特殊車両通行許可申請データから入手できる海上コンテナ車の経路データを活用して、海上コンテナ車経路選択モデルを開発する。また、従来の大型貨物車経路選択モデルではパラメータの有効性が評価されないという統計上の課題に対応して、パラメータ推定手法の改善も行う。更に、海上コンテナ車の経路選択モデルを用いてシミュレーションを行い、高速道路整備や交差点の折進障害の除去の効果を計測することで、大型貨物車経路に関する物流施策の立案におけるモデルの活用可能性を論じる。

第5章では、第3章で構築する物流施設立地モデルと大型貨物車経路選択モデルを用いて、物流施設立地選択と大型貨物車経路選択を連動させたモデルを構築し、将来の人口集積の変化が物流施設立地の変化に及ぼす影響と、その物流施設立地の変化が大型貨物車経路に及ぼす影響を併せて計測することで、モデルによるシミュレーション結果から、物流施設立地に係る施策と大型貨物車経路に係る施策を一体的に計画すべきであることや、物流施設立地に関する物流施策は都市圏全域で広域的に調整して立案すべきであることを論じる。

第6章では、本研究で得られた成果をまとめ、今後の課題を明らかにする。

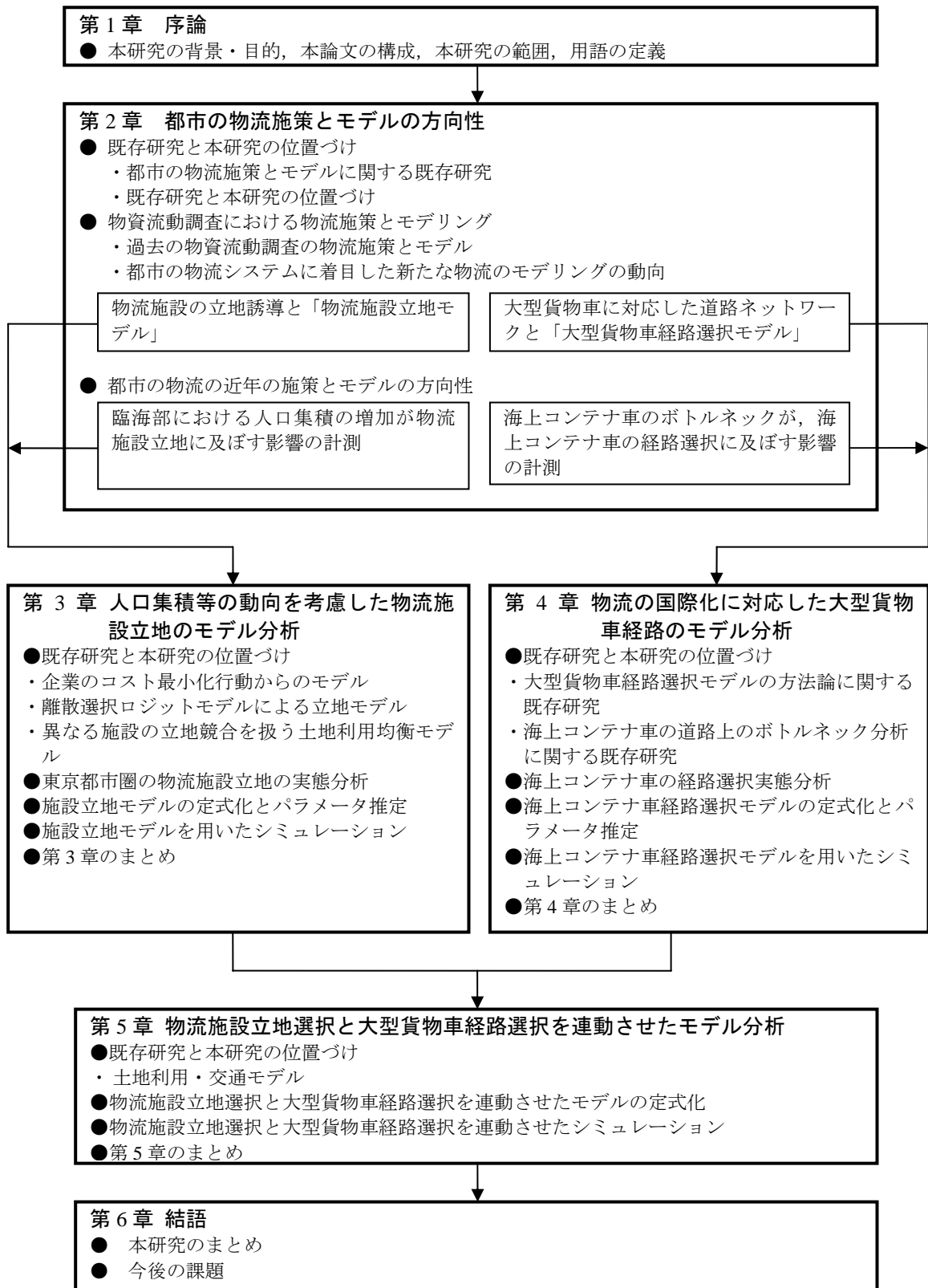


図 1.3.1 本論文の進め方

1.4 本研究の範囲

苦瀬(2010)⁶⁾は、「物流」という用語は、3つの異なる定義で使われているとしている。(図 1.4.1) 第1の定義は、ロジスティクスにおける「物的流通」(Physical Distribution)である。ロジスティクスは、「顧客のニーズに合わせて、原材料の仕入れを含め生産から流通を経て消費に至る仕掛品や完成品の効率的な流れを、計画・実施・管理することであり、必要な商品や物資を、適切な時刻・場所・価格で、要求された品質と量(Right Time, Place, Price, Quality and Quantity)を供給しようとするもの」としており、ロジスティクスを構成する要素は、「生産」、「流通」、「消費」としている。「流通」には、商取引流通(商流)と物的流通(物流)があり、この物的流通(物流)には、輸送・保管・流通加工・包装・荷役・情報の6つの機能があり、輸送機能は、物的流通(物流)を構成する1つの機能でしかないとしている。第2の定義は、交通分野における輸送機能に限定した「物資流動」(Freight Transport)を物流とするものである。本研究では、都市計画・交通計画から物流を取り扱うため、図 1.4.1 に定義される2つの物流の中では、物資流動が研究対象となる。第3は、貨物車交通(Truck Traffic)を物流とする考え方であり、道路の交通流の改善を考える際には、交通機関の一つである自動車を対象とすることから、「貨物車交通」が物流と表現されている場合があると苦瀬(2010)は指摘している。本研究においても、大型貨物車の経路選択から、大型貨物車の経路として必要となる道路の規格を論じるため、貨物車交通が研究対象となる。

また、苦瀬(2010)⁵⁾では「都市の物流システム」を構成する要素を示しており、これに本研究の範囲を重ねると図 1.4.2 のように整理される。本研究で取り上げるモデルは、物流施設立地選択モデルと貨物車経路選択モデルである。そのため、図 1.4.2 の「都市の物流システム」に対応すると、「都市内物流」の中の「広域物流」が研究の対象となる。また、貨物車による輸送には都市圏を超えて輸送されるものもあり、これは地域間物流に含まれているが、都市圏内の道路(「幹線ネットワーク」)を利用している貨物車による輸送に関しては、都市圏の道路ネットワークとして対応すべきものであるため研究対象とする。一方、「都市内配送拠点」と「荷捌き施設」を結ぶ道路(「配送ネットワーク」)は、輸送手段は小型貨物車が主と考えられる。本研究で取り扱う道路ネットワークは、海上コンテナ車など、特別な規格が必要となる道路を想定しているため研究対象としない。また、本研究で取り扱う物流施設立地選択モデルや大型貨物車経路選択モデルは、端末物流として定義される「荷捌き施設」や「搬送ネットワーク」は対象としていないため、端末物流は研究対象としない。

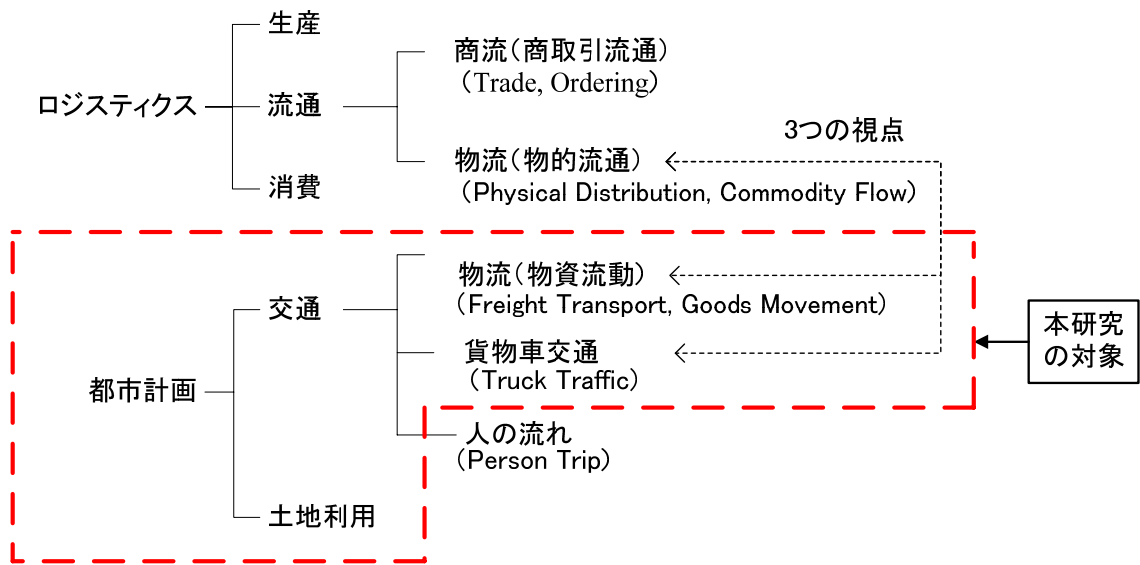


図1.4.1 3つの物流⁶⁾と本研究の対象

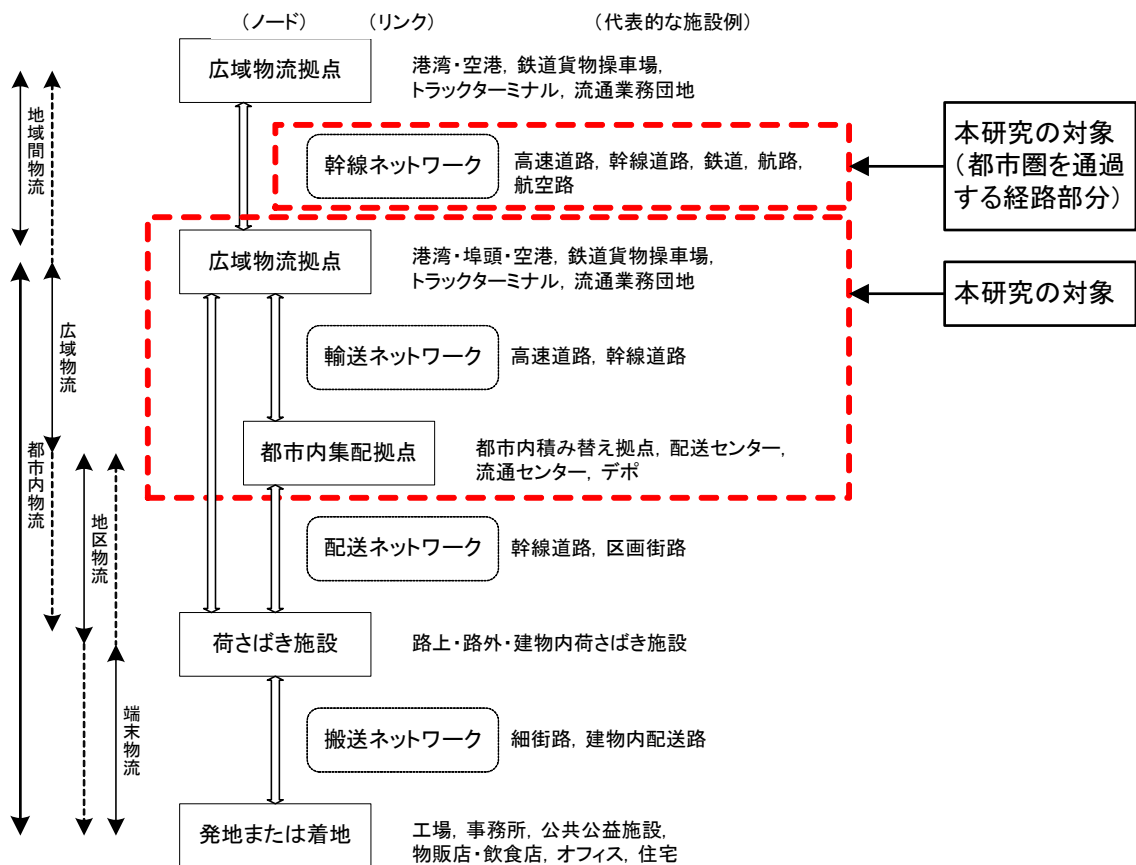


図1.4.2 都市の物流システム⁶⁾と本研究の対象

本研究では、第3章、第4章、第5章でモデル分析を行うが、それぞれにおける研究対象を図1.4.3に示す。

第3章では、人口集積等が物流施設立地に及ぼす影響を計測するモデルを構築する。近年、人口の都心回帰を背景にして、比較的都心に近い臨海部における人口集積が増加しているが、臨海部では古くから物流施設が立地しており、物流施設と住宅との土地利用の混在が生じている。このような土地利用の混在が生じると、夜間に物流施設が操業できないなどの問題が生じる。本研究で構築するモデルでは、将来の人口集積を想定することで問題が発生する可能性がある地域を特定することができ、物流施設と住宅が共存するための工夫、物流施設が立地する場所での都市計画による住宅立地抑制、住宅との土地利用の混在の危険がない新たな物流施設立地用地の提供といった物流施設立地に係る物流施策の立案におけるモデルの活用を論じる。そのため、物流施設立地と人口集積等が研究対象となる。

第4章では、道路の規格が海上コンテナ車の経路選択に及ぼす影響を計測するモデルを構築する。近年、物流の国際化により、海上コンテナ車を利用した輸送が増加している。また、40ft背高コンテナといった比較的大型の海上コンテナの利用が増加している。40ft背高コンテナ車を利用して、積み替えることなくスムーズに輸送するためには、道路の耐荷重、トンネルの高さ、交差点の曲がりやすさなどの面でボトルネックを解消する必要がある。本研究で構築するモデルでは、海上コンテナ車による輸送のボトルネック箇所を特定するとともに、そのボトルネック箇所を解消した場合の海上コンテナ車経路への影響を計測することにより、大型貨物車経路に関する物流施策の立案におけるモデルの活用可能性を論じる。そのため、貨物車交通と道路ネットワークが研究対象となる。

第5章では、物流施設立地選択と大型貨物車経路選択を連動させてモデル化して、物流施設立地が変化した場合の物資流動の変化を計測し、物流施設立地と大型貨物車経路に係る物流施策を一体的に計画する必要性を論じる。その際、対象にする物資流動は大型貨物車による輸送であり、その経路選択の変化も併せてモデルで計測するため、物流施設立地、物資流動、貨物車交通、道路ネットワークが研究対象となる。

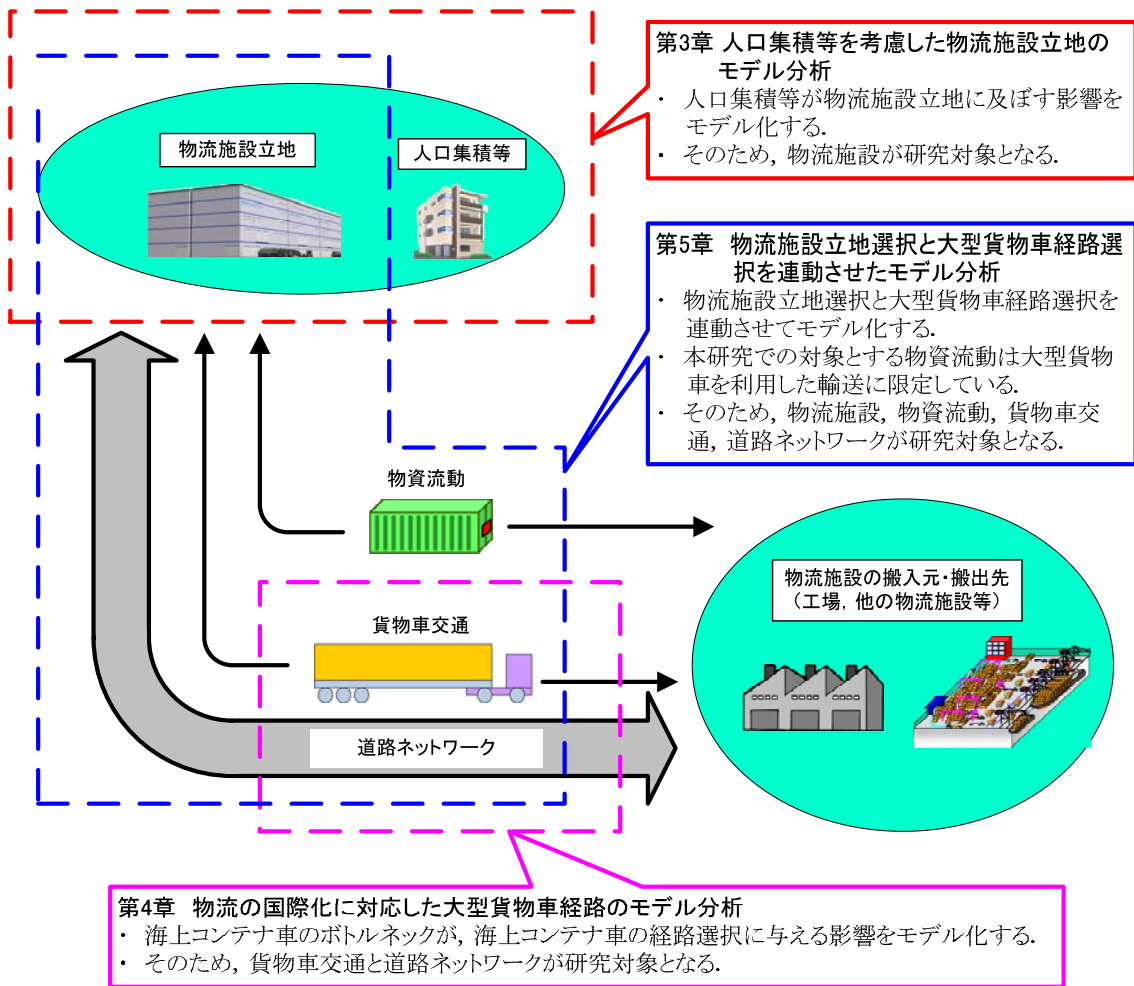


図1.4.3 本研究の研究対象

1.5 用語の定義

① 物流施設

物流の交通結節点となる施設であり、具体的には、本研究で主な分析対象としている第4回東京都市圏物資流動調査において、「施設種類」が次に該当する事業所をいう。

- a) 倉庫（自家用倉庫・営業用倉庫，上屋，冷凍・冷蔵倉庫，貯蔵庫，貯蔵タンク，セメントサイロ，穀物サイロ，油槽所，野積場，資材置場，モータープール，貯木場）
- b) 集配送センター・荷捌き場（集配送センター・配送センター，集荷所，集荷センター，部品供給センター，荷捌き場）
- c) トラックターミナル（トラックターミナル）
- d) その他輸送中継施設（エアカーゴターミナル，鉄道貨物駅，岸壁，船着場，コンテナフレートステーション，空港，空港内施設，ヘリポート）

② 広域的物流施設と都市内配送用物流施設

東京都市圏物資流動調査では、搬出圏域から「広域的物流施設」と「都市内配送用物流施設」に区分しており、本研究でもこの定義に従った。具体的には、①に示す物流施設のうち、「事業所の主な搬出圏域」が「同一市区町村内」、「隣接する市区町村内」、「同一都県内」を「都市内配送用の物流施設」、「日本国内」、「海外」を「広域的物流施設」とした。ただし、「事業所の主な搬出圏域」が「東京都市圏内」の物流施設は、市区町村別に搬出先を調査した「事業所からの搬出先」により平均輸送距離（道路距離）を計算し、40km未滿を「都市内配送用の物流施設」、40km以上を「広域的な物流施設」とした。

「事業所からの搬出先」から計算した平均輸送距離 「事業所の主な搬出圏域」	広域的な物流施設					都市内配送用の物流施設					計
	～10km	～20km	～30km	～40km	～50km	～70km	～100km	～500km	500km～	不明	
同一市区町村内	23	18	14	6	2	4	3	9	1	58	138
隣接する市区町村内	66	83	21	17	11	10	4	12	1	90	315
同一都県内	56	90	90	60	41	42	16	31	4	125	555
東京都市圏内	86	194	153	115	92	123	110	143	8	251	1,275
日本国内	47	87	54	50	38	75	86	493	88	418	1,436
海外	3	15	3	1	2	4	10	11	1	29	79
不明	1	0	3	2	3	0	1	7	2	1,074	1,093
総計	282	487	338	251	189	258	230	706	105	2,045	4,891

出典：「物流からみた東京都市圏の望ましい総合都市交通体系のあり方（東京都市圏交通計画協議会）（平成18年5月）」

図 1.5.1 「広域的な物流施設」と「都市内配送用の物流施設」の区分

③ 大規模物流施設

東京都市圏物資流動調査では、①に示す物流施設のうち、3,000 m²以上の物流施設を「大規模物流施設」としており、本研究でもこの定義に従った。これは、東京都市圏物資流動調査で実施された企業ヒアリング調査において、流通加工といった高度な物流機能を物流施設が保有するためには、敷地面積が3,000 m²以上必要であるとの回答から設定されたものである。

④ 大型貨物車

本研究における大型貨物車は、満載時に「重さ指定道路」以外は自由に走行できない新規格車（車両総重量 20 t 超）と海上コンテナ車である。ただし、第 5 章の分析における物資流動調査の集計では、新規格車（車両総重量 20 t 超）を区分して貨物流動量を調査していないため、最大積載重量が 10t 以上の貨物車は満載時には車両総重量が 20t を超える場合が多いと考え、最大積載重量 10t 以上の貨物車を大型貨物車として分析対象とした。

第1章に関連する参考文献

- 1) 東京都市圏交通計画委員会(1975)：「東京都市圏物資流動調査報告書（予測編）」
- 2) 東京都市圏交通計画委員会(1975)：「東京都市圏物資流動調査報告書（物流施設需要推計編）」
- 3) 東京都市圏交通計画協議会(1985)：「昭和59年度東京都市圏総合都市交通体系調査報告書（物資流動調査予測編）」
- 4) 東京都市圏交通計画協議会：「東京都市圏総合都市交通体系調査報告書（平成6年物資流動調査予測・計画編）」
- 5) 苦瀬博仁・高田邦道・高橋洋二編著(2006)：「都市の物流マネジメント」，日本交通政策研究会研究双書22
- 6) 苦瀬博仁(2010)：「交通流の改善につながる都市の物流マネジメント」，自動車技術，第64巻，第3号，pp.72-77
- 7) 苦瀬博仁(1999)：「付加価値創造のロジスティクス」，税務経理協会
- 8) 東京都市圏交通計画協議会(2006)：「物流からみた東京都市圏の望ましい総合都市交通体系のあり方」
- 9) 田宮佳代子・萩野保克・澤江暁子・苦瀬博仁(2006)：「都市交通計画からみた東京都市圏の物流の実態 第4回東京都市圏物資流動調査から」，土木計画学研究・講演集
- 10) 苦瀬博仁(2007)：「都市における物流マネジメントー系譜と思想ー」，都市計画，Vol.5，No.2，pp.5-8
- 11) 徳永幸久(2007)：「国土交通省における都市内物流施策の動向」，都市計画，Vol.56，No.2，pp.9-14
- 12) 兵藤哲朗(2007)：「都市圏物資流動調査における新たなモデリング」，都市計画，Vol.56，No.2，pp.15-22
- 13) 竹林秀基(2007)：「物流からみた東京都市圏の望ましい姿」，都市計画，Vol.56，No.2，pp.23-30
- 14) 萩野保克(2007)：「大規模物流拠点と都市づくり」，都市計画，Vol.56，No.2，pp.43-48
- 15) 萩野保克，遠藤弘太郎(2007)：「立地選択モデルを用いた東京都市圏における物流施設の立地ポテンシャル分析」，土木計画学研究・論文集，No.24，pp.103-110
- 16) 兵藤哲朗・S. A. Schreiner Jr.・高橋洋二(2006)：「東京都市圏物資流動調査を用いた大型貨物車走行経路のモデル分析」，土木計画学研究・論文集，Vol. 24，No.3，pp.405-412
- 17) 田中康仁・小谷通泰・小林護(2010)：「京阪神都市圏における物流施設の立地選択モデルの構築」，土木計画学研究・論文集，Vol. 27，No.4，pp.675-682
- 18) 京阪神都市圏交通計画協議会(2008)：「東京都市圏における望ましい物流システムのあり方の提言～中間年次調査報告～」

第2章 都市の物流施策とモデルの方向性

2.1 本章の目的と構成

2.1.1 本章の目的

第1章では、都市の物流システムは、物流拠点とネットワークで構成されていることを示し、都市計画・交通計画の分野においても、都市の物流施策の立案に、物流施設立地モデルや大型貨物車経路選択モデルといった新たなモデルを活用する動きがあることを示した。また、これらのモデルは、第4回東京都市圏物資流動調査の前には、行政の都市計画に係る物流施策の立案においては分析例がなかったものであり、東京都市圏での物流施策の立案に活用されただけでなく、東京都市圏に次いで実施された、京阪神都市圏の物資流動調査(2005)でも、同様のモデル開発が行われ、都市の物流施策の立案に活用され始めていることを示した。

物流施設立地を都市計画・交通計画から考えると、物流施設は、大量の貨物車が発生・集中する施設であるため、貨物車交通が円滑に処理され、居住環境や交通安全などに悪影響を及ぼさないよう、周辺環境や道路ネットワークとセットで計画されるべきものである。また、その立地用地は、国内外から集められる貨物を適切に保管・仕訳・輸送するのに適した場所に立地用地を確保する必要もある。近年、産業活動の国際的な分業が進んでいるため、取り扱う貨物の種類によっては、国際港湾や国際空港との近接性も重要である。また、都市圏内の物流では、対象となるネットワークは主に道路ネットワークとなるが、貨物車は、積載量の増加による輸送の効率化を目的に大型化が進み、製品輸入の増加により海上コンテナ車の利用も増加している、東京港・横浜港といった我が国の重要な国際港湾を有する東京都市圏においては、大型貨物車経路で重要な道路区間は、海上コンテナ車がスムーズに通行できるような道路規格が求められるとともに、重大事故の危険性を回避するため、乗用車と貨物車の道路ネットワークをできるだけ分離するという視点でネットワークを計画する必要性も高い。このような都市の物流施策を立案するためには、物流施設立地や大型貨物車経路のメカニズムを定量的に捉えるモデルを構築し、物流施策による物流施設立地や大型貨物車経路の変化を定量的に計測することが重要である。

本章では、都市の物流施策の立案においてモデルを活用している既存研究のレビューし、都市計画・交通計画の研究者が物流施設立地や大型貨物車経路選択をどのようにモデル化しているかを整理する。また、物流施設立地や大型貨物車経路に関する物流施策の動向を、東京都市圏を例として整理し、その上で、東京都市圏で顕在化している近年の物流の課題と、これに対応する物流施策を想定し、第3章の物流施設立地モデル、第4章の貨物車経路選択モデルにおけるモデルの方向性を明らかにすることを目的とする。

2.1.2 本章の構成

本章は、以下のように進める（図 2.1.1）。

2.2 では、都市の物流施策の立案に係わるモデルに関して、都市計画・交通計画の研究者による既存研究のレビューを行う。これらの既存研究の多くは、企業活動である物流のメカニズムをモデル化し、そのモデルを物流施策の立案に活用するものである。物流施設立地モデルや大型貨物車経路選択モデルは、第 4 回物資流動調査における物流施策の立案にも活用されているが、物資流動調査以外の研究事例における既存研究をレビューすることにより、本研究で取り扱う物流施設立地モデルや大型貨物車経路選択モデルと、都市計画・交通計画の研究者が想定している物流メカニズムやそのモデル化との関係を明らかにする。

2.3 では、東京都市圏の物資流動調査で提言された物流施策と、その立案におけるモデルの活用についてレビューする。本研究で対象としている物流施設立地モデルや大型貨物車経路選択モデルは、物資流動調査における物流施策の立案にも活用されている。物流施設立地モデルや大型貨物車経路選択モデルの方向性を分析するための基礎情報として、これらのモデルが開発されるに至った経緯を、過去の物資流動調査の検討経緯も含めてレビューする。

2.4 では、まず、企業が社会経済情勢に対応して、物流施設立地や貨物車の利用を変化させていることを確認するために、第 4 回物資流動調査の企業アンケート調査から、企業の意向を分析する。また、第 4 回物資流動調査以降、東京都市圏で顕在化している都市の物流の課題を、物流施設立地と大型貨物車経路の視点から整理し、それに対応するための都市の物流施策の立案における活用を想定して、物流施設立地モデルや大型貨物車経路選択モデルの方向性を明らかにする。

2.5 で、本章を取りまとめる。

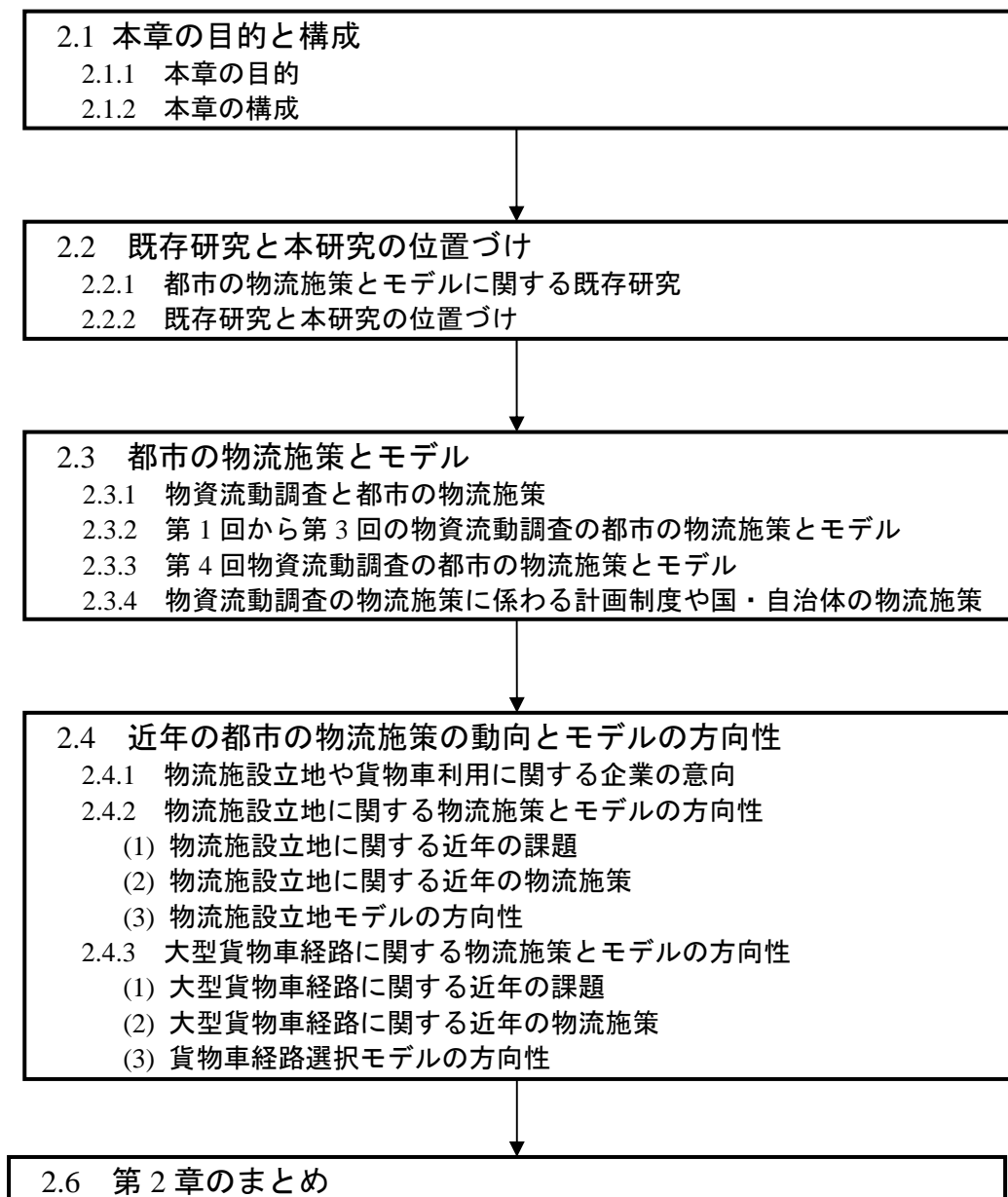


図 2.1.1 第2章の研究の進め方

2.2 既存研究と本研究の位置づけ

ここでは、都市の物流施策の立案に係わるモデルに関して、都市計画・交通計画の研究者による既存研究のレビューを行う。これらの既存研究の多くは、企業活動である物流のメカニズムをモデル化し、そのモデルを用いて物流施策の立案・評価するものが多い。物流施設立地モデルや大型貨物車経路選択モデルは、都市の物流システムに対応して調査内容が変更された第4回物資流動調査における物流施策の立案にも活用されているが、物資流動調査以外の研究事例をレビューすることにより、都市計画・交通計画の研究者が想定している物流のメカニズムやそのモデル化の内容と、本研究で取り扱う「物流施設立地モデル」や「大型貨物車経路選択モデル」との関係を明らかにする。

2.2.1 都市の物流施策とモデルの既存研究

都市の物流施策の立案のためのモデルに関する既存研究をレビューする。なお、本研究では、端末物流は研究対象としていないので、端末物流に関する義損研究は除いた。また、モデルやパラメータ推定の方法論に関する既存研究は、ここには含めず、物流施設立地モデルの推定に関する方法論は第3章、大型貨物車経路選択モデルの推定に関する方法論は第4章で論じる。

a) 物資流動の推計に関する既存研究

鹿島(1989)¹⁾は、産業連関表をベースにして、商業統計といった経済統計も加え、金額-重量の換算係数を与え、物資流動の産業連関表を作成している。これは、より正確に物資流動量の統計データを得ることを目的としたものであった。東京都市圏物資流動調査においても、第1回調査、第2回調査の将来交通量推計では、四段階推定法が用いられ、その発生・集中物流量の推計には、産業連関表を組み込んだ地域間計量経済モデルから算出される経済活動量から、金額-重量の換算係数を用いて物資流動量を求めており、鹿島(1989)の手法と同様の考え方に基づいている。このような経済活動量から詳細な物資流動量を推計する手法は、産業や品目が詳細であるため、複雑なモデルとなる。

四段階推定法による物資流動の交通需要推計モデルの改善に関する研究として、細谷・佐野ら(2003)²⁾は、東京都市圏物資流動調査データを用いて輸配送コストから物流の「ロットサイズ(出荷1回当たりの重量)」を推計し、このロットサイズを説明変数として「物流センターでの積み替え有無」、「トラックサイズ」といった企業の行動変化を推計して、ロードプライシングといった施策による貨物車台数の削減を計測するモデルを提案している。その際、企業の行動変化は、企業へのアンケート調査による非集計行動モデルで推定している。細谷・佐野ら(2003)は、この研究の目的は、企業行動を考慮することで、四段階推定法による交通推計の枠組みの中で推計モデルを改善することであると述べ、「乗用車交通の予測には、パーソントリップ調査などにより人の行動メカニズムが考慮されているが、貨物自動車交通量予測では企業の行動メカニズムがほとんど考慮されない。」と指摘している。四段階推定法による物資流動の交通需要推計モデルの改善に関する研究としては、この他に、佐野・小根山(1996)³⁾が、物資流動量を貨物車トリップに変換する

推計ステップを対象に、品目毎に、貨物車の巡回型配送も想定してモデル化して、推計精度を向上させる研究がある。佐野ら(2003)と細谷・佐野ら(2003)の研究は、いずれも物資流動調査の四段階推定法による交通需要推計のうち、ゾーン間の物資流動量から貨物車台トリップ数に変換する部分を、物流施策の評価への対応や予測精度の向上の視点から研究したものである。

b) 広域物流拠点や都市内配送拠点の配置に関する既存研究

高橋・望月・栄(1993)⁴⁾は、大都市圏においては、都市圏の拡大により、広域物流拠点を、郊外部の高速道路 IC 近傍に配置するとともに、都市内でこれを中継する都市内集配拠点を設置する必要性を指摘している。このような、広域物流拠点や都市内配送拠点の配置に関しては、四段階推定法によらないモデルで推計する研究が進められている。高橋・苦瀬・兵藤・清水(1996)⁵⁾は、東京都市圏の第2回物資流動調査を用い、物流の、業種間・施設間・地域間の繋がり(チャンネル)を解析した上で、広域物流拠点や都市内配送拠点の整備効果を、貨物車積載率の向上を通じた輸送コスト削減として推計するモデルを提案し、広域物流拠点や都市内配送拠点の輸送コスト削減効果を計測している。推計の結果、東京都で既に整備済みの4箇所の流通業務団地の配置は、物流の輸送コスト削減からみても適正であるとしている。この研究では、分析対象ゾーンを、通常、PT調査の解析に用いられる詳細なゾーン(都市圏全域を約600に分割するゾーン)で推計しており、協議会における広域物流拠点整備計画で用いられた物資流動の将来交通需要推計よりも、はるかに詳細なゾーン区分で分析している。また、物資流動を、業種間・施設間・地域間で集計して、企業の行動変化から物流拠点の整備効果を計測するモデルを提案している点で、物資流動調査データの新たな活用の方性を示した研究となっている。苦瀬・久保・二階堂・管(1996)⁶⁾は、企業の物流施設設置にあたっては、施設コストと配送コストからなる総コストが最小となる施設数を選択し、施設コストと配送コストの最小化から最適配置が決まるモデルを提案し、物流タイプ(問屋配送型、店舗配送型、デポ配送型)別に、物流施設の最適数と最適配置を分析している。その結果、物流施設の最適位置として、物流タイプ別に、東京都心から約15km・約30km・約45kmといった地域となることを明らかにし、それぞれの地域における物流タイプに対応した交通計画・都市計画の必要性を論じている。谷口・則武・山田・泉谷(2003)⁷⁾は、「(a)トラックの輸送費と物流ターミナルの総物流費用の最小化」、「(b)CO₂排出量の最小化」、「(c)乗用車と貨物車の総走行費用の最小化」といった目的関数を設定し、物流施設の配置と施設規模(トラックターミナルのバース数)を計測するモデルを提案している。その際、総物流費用には、トラック輸送費と物流拠点の施設費を考え、輸送費は道路ネットワークで交通量配分を行って算出している。その結果、総物流費用最小化を目的関数とする場合、大阪都心に近い地域が物流拠点の最適配置となり、総走行費用最小化を目的関数とする場合には、都心から遠い箇所に分散して配置することが最適配置となることを明らかにしている。坪井・高橋・兵藤・田中(2002)⁸⁾は、総合電器メーカーの物流子会社を対象にして、実際の配送データからシミュレーションモデルを構築し、配送ルートの再設計や物流拠点の集約により物流コストが削減可能であることを実証的に分析している。

第4回物資流動調査の物流施策の立案に活用された物流施設立地モデルは、萩野・遠藤(2007)⁹⁾によって構築されたものである。このモデルは、第4回物資流動調査の物資施設立地データ(座

標データ)を活用して、1kmメッシュ単位の物流施設立地を、離散選択モデルで表すモデルであり、苦瀬・久保・二階堂・管(1996)や谷口・則武・山田・泉谷(2003)のように、個々の物流施設の輸送コストや施設コストは明示的に取り扱ってはいないが、メッシュ統計から集計される交通サービス水準、土地利用、地価などから、物流施設が立地しやすい場所を「立地ポテンシャル」として示すモデルとなっている。都市圏郊外部の圏央道IC近傍で物流施設の立地ポテンシャルが高く、かつ、当該地域の多くが市街化調整区域であることから、土地利用等による物流施設の立地誘導が必要であると分析している。田中・小谷・小林(2010)¹⁰⁾は、京阪神都市圏における物資流動調査(2005)のデータを用いて、萩野・遠藤(2007)と同様のメッシュ別の物流施設立地モデルを提案している。京阪神都市圏でも、物流施設立地に関しては、東京都市圏と同様の調査内容変更が行われ、同様の物流施設立地モデルが構築されていることは、東京都市圏における第4回物資流動調査の調査内容やモデルの変更が、一過性のものではなく、大都市圏の物流調査の一つの方向性になっている可能性を示している。また、モデル分析の研究事例ではないか、久米(2008)¹¹⁾は、港湾域の物流拠点再整備の視点から研究している。これは、臨海部での物流施設の老朽化の問題を指摘し、産業系用地での物流施設の再整備の必要性やその方策を論じている点で先進的である。

c) 集配送の効率化に関する既存研究

都市内配送拠点に関しては、主に、集配送の共同化による効果計測から研究が行われている。松本(1990)¹²⁾は、配送費用と顧客サービス(リードタイムと配送間隔)のトレードオフ関係をモデル化し、卸売業の企業に適用してモデルの妥当性を検証している。家田・佐野・常山(1992)¹³⁾は、物流事業者が決定する集配エリアに投入される車両サイズと車両数と、トラックドライバーが決定する経路における走行コストを最小化するマクロ集配送計画モデルを提案し、福岡市天神エリアの共同集配送事業に適用して効果計測を行っている。家田・佐野・小林(1993)¹⁴⁾は、家田・佐野・常山(1992)のマクロ集配送計画モデルを、トラックドライバーの行動が物流事業者の行動にフォードバックされるようモデルを改良して東京区部での実態調査に基づいてモデルを検証している。兵藤・高橋・久保・苦瀬・松尾(1996)¹⁵⁾は、汐留地区に共同集配拠点を設置した上で、銀座地区で「共同荷捌き場設置」、「路上駐車禁止の強化」、「一方通行路の変更」といった交通管理施策を実施したときの効果を計測するモデルを提案している。谷口・山田・細川(1999)¹⁶⁾は、企業の配車配送計画を「(a)トラックの固定費用」、「(b)トラックの運行費用(走行時間と待ち時間)」、「(c)指定時刻への遅延によるペナルティ」の最小化からモデル化し、企業間の共同化の効果を計測している。

d) 大型貨物車に対応した物流ネットワークに関する既存研究

吉本(1993)¹⁷⁾は、ロジスティクスセンターの効果を、企業におけるロジスティクスセンター整備の具体的な事例から、企業の内部効果と、社会への効果(外部効果)に分けて論じている。この研究では、企業の内部効果は、在庫費用の削減等によって生じ、外部効果は、居住地域の大型車両削減といった「都市環境の改善」や、大型車両の幹線道路への集約といった「交通流の改善」等から生じると論じている。また、企業の配送行動のシミュレーションから、ロジスティクスセンターからの配送に大型車両が使われる場合は、貨物車走行台キロが削減され、交通流の改善効

果は大きくなると推計している。

大型貨物車に対応した物流ネットワークの必要性に関しては、兵藤・Schreiner・高橋(2006)¹⁸⁾は、第4回物資流動調査の大型貨物車経路の実測値を用いて、大型貨物車が「重さ指定道路」など道路規格が高い経路を優先的に選択している特性をモデル化し、環状道路などの道路整備効果を計測した研究がある。なお、兵藤・Schreiner・高橋(2007)が提案したモデルは、協議会における東京都市圏の物流施策の検討に活用された。

渡辺・苦瀬・新谷(1989)¹⁹⁾は、輸出入コンテナの陸上輸送に着目し、目的地までコンテナのままで一貫輸送されるか、港周辺で積み替えられるかを、集計ロジットモデルで推計している。また、渡辺(1990)²⁰⁾は、輸出入コンテナの陸上輸送における経路選択を、道路の車線数、幅員、右折回数・左折回数などを説明変数として、非集計ロジットモデルで推計している。柴崎・山鹿・鹿野・小島(2005)²¹⁾は、国際海上コンテナ車の道路上での流動実態を実態調査に基づいて分析している。柴崎・渡部・鹿野(2005)²²⁾は、特殊車両通行許可申請において、海上コンテナ車が通行を許可されない道路区間を「海上コンテナ車のボトルネック」として捉え、貨物の積載状況や背高コンテナか否か別に、重さ不足・高さ不足・曲線障害といった海上コンテナ車のボトルネック箇所を道路情報便覧から特定し、ボトルネックが存在することによる経済損失額を計測している。更に、杉山・柴崎・渡部・藤原・五十嵐(2009)²³⁾は、海上コンテナ車は全長が長く、右左折（折進）で通行が許可されない交差点があることに着目し、折進障害箇所の特定と、その経済損失を計測している。

以上の既存研究のレビューで明らかになった既存研究の位置づけや特徴を表 2.2.1 に示す。

表 2.2.1 都市の物流施策の立案・評価のためのモデルに関する既存研究（その1）

分野	研究者	論文名	研究の特徴や位置づけ
a) 物資流動の推計に関する既存研究	鹿島茂 (1989)	「産業連関表をベースとした貨物輸送量の推計」	より正確に物資流動量の統計データを得ることを目的として、産業連関表をベースに、商業統計といった経済統計も加え、金額-重量の換算係数を与え、物資流動の産業連関表を作成。
	細谷涼子・佐野可寸志・加藤浩徳・家田仁・福田敦 (2003)	「都市内物流における貨物車交通量変換モデル」	東京都市圏物資流動調査を用いて、「ロットサイズ (出荷1回当りの重量)」を推計し、これから「物流センターでの積み替え有無」、「トラックサイズ」を推計してロードプライシングの効果を計測するモデルを提案。企業の行動変化は、企業へのアンケート調査による非集計行動モデルで推定
	佐野可寸志・小根山裕之 (1996)	「都市内物流における貨物車交通量変換モデル」	物資流動量を貨物車トリップに変換する推計ステップを対象に、品目毎に、貨物車の巡回型配送も想定してモデル化して、四段階推定法による物資流動の推計精度向上を分析。
b) 広域物流拠点や都市内配送拠点の配置に関する既存研究	高橋洋二・望月明彦・栄武男 (1993)	「広域物流拠点及び集配拠点の整備の方向」	大都市圏の拡大により、広域物流拠点を郊外部の高速道路 IC 近傍に配置するとともに、都市内でこれを中継する都市内集配拠点を設置する必要性を指摘。
	高橋洋二・苦瀬博仁・兵藤哲朗・清水真人 (1996)	「物資流動調査にもとづく物流施設の整備効果に関するシミュレーション分析」	第2回物資流動調査から業種間・施設間・地域間の繋がり (チャンネル) を解析し、物流拠点整備による輸送コスト削減効果を推計するモデルを提案。推計の結果、整備済みの東京都の流通業務団地の配置は、輸送コスト削減から適正であることを明示。この研究の分析ゾーンは都市圏全域を約 600 に分割するもので、協議会の物資流動の将来交通需要推計よりはるかに詳細なゾーン区分で分析している。
	苦瀬博仁・久保幹夫・二階堂亮・管智彦 (1996)	「配送コストと施設コストにもとづく物流施設の最適数と最適配置に関するモデル分析」	企業の物流施設設置が、施設コストと配送コストの最小化行動から施設数や最適配置が決まるモデルを提案し、物流タイプ (問屋配送型、店舗配送型、デポ配送型) 別に最適施設数と最適配置を分析している。そこでは、東京都心から約 15km・約 30km・約 45km が最適立地場所になり、それぞれの地域で物流タイプに対応した交通計画・都市計画の必要性を指摘。
	谷口栄一・則武通彦・山田忠史・泉谷透 (1998)	「物流ターミナルの最適規模および配置の決定法に関する研究」	「(a)トラックの輸送費と物流ターミナルの総物流費用の最小化」、「(b)CO2 排出量の最小化」などの目的関数を設定し、企業行動から、物流施設の配置と施設規模を計測するモデルを提案。輸送費は交通量配分を行って算出している。
	坪井竹彦・高橋洋二・兵藤哲朗・田中啓介 (2002) :	「首都圏の耐久消費財の配送行動に着目した拠点立地に関する実証的研究」	総合電器メーカーの物流子会社を対象にして、実際の配送データからシミュレーションモデルを構築し、配送ルートの再設計や物流拠点の集約により物流コストが削減可能であることを実証的に分析。
	萩野保克・遠藤弘太郎 (2007年)	「立地選択モデルを用いた東京都市圏における物流施設の立地ポテンシャル分析」	第4回物資流動調査の物資施設立地データを活用して、1km メッシュ単位の立地選択を表すモデル。物流施設が立地しやすい場所を「立地ポテンシャル」として示す。都市圏郊外部の圏央道 IC 近傍で物流施設の立地ポテンシャルが高く、かつ、当該地域の多くが市街化調整区域であることから、土地利用等による物流施設の立地誘導が必要であるところを分析。
	田中康仁・小谷通泰・小林護 (2010)	「京阪神都市圏における物流施設の立地選択モデルの構築」	京阪神都市圏における物資流動調査 (2005) のデータを用いて、東京都市圏と同様の 1km メッシュ別の物流施設立地を推計するモデルを提案。

表 2.2.1 都市の物流施策の立案・評価のためのモデルに関する既存研究（その2）

分野	研究者	論文名	研究の特徴や位置づけ
c) 集配送の効率化に関する既存研究	松本昌二（1990）：	「都市内物流に関するロジスティック費用と顧客サービスのトレードオフ」	配送費用と顧客サービス（リードタイムと配送間隔）のトレードオフ関係をモデル化し、卸売業の企業に適用して、集配送の共同化の効果計測モデルの妥当性を検証。
	家田仁・佐野可寸志・常山修治（1992）	「マクロ集配送計画モデルの構築とその「地区型共同集配送」評価への適用」	物流事業者が決定する集配エリアに投入される車両サイズと車両数と、トラックドライバーが決定する経路における走行コストを最小化するマクロ集配送計画モデルを提案し、福岡市天神エリアの共同集配送事業に適用して効果計測を実施。
	家田仁・佐野可寸志・小林伸司（1993）	「荷合せトラック物流における都市内集配活動のモデル化とその推定」	マクロ集配送計画モデルを、トラックドライバーの行動が物流事業者の行動にフォードバックされるようモデルを改良して東京区部での実態調査に基づいてモデルを検証。
	兵藤哲朗・高橋洋二・久保幹夫・苦瀬博仁・松尾靖浩（1996）	「交通管理政策が都市内貨物集配送に与える効果の定量的シミュレーション分析」	汐留地区に共同集配拠点を設置した上で、銀座地区で「共同荷捌き場設置」、「路上駐車禁止の強化」、「一方通行路の変更」といった交通管理施策を実施したときの効果を計測するモデルを提案。
	谷口栄一・山田忠史・細川貴史（1999）	「都市内集配トラックの配車配送計画の高度化・共同化による道路交通への影響分析」	企業の配車配送計画を「(a)トラックの固定費用」、「(b)トラックの運行費用（走行時間と待ち時間）」、「(c)指定時刻への遅延によるペナルティ」の最小化からモデル化し、企業間の共同化の効果を計測。
d) 大型貨物車に対応した物流ネットワークに関する既存研究	吉本隆一（1993）	「物流施設整備と道路交通システム」	ロジスティクスセンターの効果を、企業におけるロジスティクスセンター整備の具体的な事例から論じている。そのうち、外部効果は、居住地域の大型車両削減といった「都市環境の改善」や、大型車両の幹線道路への集約といった「交通流の改善」等から生じるとしている。
	兵藤哲朗・S. A. Schreiner Jr.・高橋洋二（2006）	「東京都市圏物資流動調査を用いた大型貨物車走行経路のモデル分析」	第4回物資流動調査の大型貨物車経路の実測値を用いて、大型貨物車が「重さ指定道路」など道路規格が高い経路を優先的に選択している特性をモデル化し、環状道路などの道路整備効果を計測。道路規格が大型貨物車の経路選択に及ぼす影響をモデル化している点で先進的な既存研究である。
	渡辺豊・苦瀬博仁・新谷洋二（1989）	「輸出入コンテナ貨物の陸上輸送における一貫輸送と積み替え輸送の選択に関する研究」	輸出入コンテナの陸上輸送に着目し、目的地までコンテナのままで一貫輸送されるか、港周辺で積み替えられるかを、集計ロジットモデルで推計。
	渡辺豊（1989）	「輸出入コンテナの港湾間道路輸送における経路選択に関する研究」	輸出入コンテナの陸上輸送における経路選択を、道路の車線数、幅員、右折回数・左折回数などを説明変数として、非集計ロジットモデルで推計。

表 2.2.1 都市の物流施策の立案・評価のためのモデルに関する既存研究（その3）

分野	研究者	論文名	研究の特徴や位置づけ
d) 大型貨物車に対応した物流ネットワークに関する既存研究	柴崎隆一・山鹿知樹・鹿野隆・小島肇 (2005)	「港湾地域及び背後圏における国際海上コンテナ用セミトレーラ連結車の流動状況の推察」	横浜港・常陸那珂港といった国際港湾周辺や、都心から 30km・60km といったスクリーンライン上に設置された調査地点に置ける交通量カウント調査の結果から、海上コンテナトレーラの流動実態を分析し、高速道路利用率などの流動特性を分析している。 実態調査に基づいて海上コンテナ車の流動特性を分析している点で先進的な既存研究である。
	柴崎隆一・渡部富博・鹿野隆 (2005)	「国際海上コンテナの国内輸送ネットワークにおける通行上の制約に関する分析と流動状況の推察」	特殊車両通行許可申請において、海上コンテナ車が通行を許可されない道路区間を「海上コンテナ車のボトルネック」として捉え、貨物の積載状況や背高コンテナか否か別に、重さ不足・高さ不足・曲線障害といった海上コンテナ車のボトルネック箇所を道路情報便覧から特定し、ボトルネックが存在することによる経済損失額を計測。 道路情報便覧から海上コンテナ車通行支障データを収集して分析している点で先進的な既存研究である。
	杉山信太郎・柴崎隆一・渡部富博・藤原健一郎・五十嵐一智 (2009) :	「国際海上コンテナの国内自動車輸送における交差点通行上の制約と迂回損失に関する分析」	海上コンテナ車は全長が長く、右左折（折進）で通行が許可されない交差点があることに着目し、道路情報便覧から折進障害箇所の特定制と、その経済損失を計測。 海上コンテナ車の通行支障として、交差点での折進障害に着目して分析している点で先進的な既存研究である。

2.2.2 既存研究と本研究の位置づけ

物流施設立地モデルに関する既存研究では、高橋・苦瀬・兵藤・清水(1996)、苦瀬・久保・二階堂・管(1996)、谷口・則武・山田・泉谷(2003)のいずれの研究においても、集荷・配送コストを含めた物流施設のコストを定義し、企業のコスト最小化の行動から物流施設の最適配置をモデルとして表現している。一方、第4回物資流動調査に用いられた、萩野・遠藤(2007)のモデルは、1km メッシュという非常にマイクロな分析ゾーンを設定することで、物流施設の立地場所の土地利用や交通条件といったマイクロな地区の情報をモデルに取り入れている。物資流動量という交通需要から広域物流拠点の配置を考えるのではなく、物流施設の立地選択をモデル化して、広域物流拠点配置を論じている点で類似している。一方、物資流動調査で採用された、萩野・遠藤(2007)のモデルでは、多くの既存研究で行われているような、企業のコスト最小化の行動を直接的にモデル化しておらず、実現している物流施設立地データを活用して、主に、都市計画による立地誘導に必要となる土地利用や交通条件の影響評価に特化したモデルになっている。分析対象としているゾーンの細かさや、物流施設立地の実績データの活用が可能か否かといった違いによるものと考えられる。なお、萩野・遠藤(2007)のモデルにおいても、サンプルデータとしている物流施設データには、それぞれ搬入・搬出に関する物資流動が調査されており、これから既存研究にあるような集荷・配送コストを算出してモデルに組み込むことは理論的には可能であるが、全てのメッシュを立地場所の選択肢として取り扱い、個々の物流施設の全ての搬入・搬出データから集荷・配送コストを算出して、選択肢集合を用意するためには、膨大な電算処理が必要となる。物流施設サンプル単位で集荷・配送コストを現実的にモデルに組み込むためには、分析ゾーンは粗くなり、土地利用などの政策変数が曖昧なものとなる。物流施設と住宅との混在などの物流の課題に対する施策を評価するためには、マイクロな地区の情報を組み込めるモデル構造が望ましいと考える。

そのため、本研究では、第3章の、物流施設立地モデルの分析においては、萩野・遠藤(2007)のモデルをベースとして、モデルの拡張を図ることが合理的であると判断した。なお、個々の物流施設の立地場所を正確に推計するためには、苦瀬・久保・二階堂・管(1996)、谷口・則武・山田・泉谷(2003)のように、集荷・配送コストを明示的に取り扱うモデルの方が望ましい。離散選択型モデルで集荷・配送コストといった個々の物流施設の情報を組み込んでモデルの拡張を図るための一つの方策としては、広域的に立地選択と、それを細分化した地域レベルの立地選択の二段階でモデルを推定するネスティッドロジットモデルの適用が想定され、このようなモデルの可能性については、離散選択型立地モデル構築の方法論として第3章で詳しく述べる。

柴崎・渡部・鹿野(2005)や杉山・柴崎・渡部・藤原・五十嵐(2009)は、特殊車両通行許可申請において、海上コンテナ車のボトルネック箇所を道路情報便覧から特定している。一方で、これらの既存研究では、海上コンテナ車のボトルネック箇所は分析しているが、こ

れを用いた経路選択モデルは構築していない。本研究では、第4章の大型貨物車経路選択モデルの分析において、特殊車両通行許可申請の海上コンテナ車の経路データを作成して、これを用いて、兵藤・シュライナー・高橋(2006)の大型貨物車経路選択モデルを、海上コンテナ車の経路選択モデルに拡張する。柴崎・渡部・鹿野(2005)や杉山・柴崎・渡部・藤原・五十嵐(2009)が用いた道路情報便覧は、海上コンテナ車の特殊車両通行許可申請の可否を判断するために用いられているデータであり、これを用いて、分析用の道路ネットワークを構築することで、海上コンテナ車の通行障害データを効率的に収集し、モデルの説明変数として活用可能となる。また、特殊車両通行許可申請による海上コンテナ車経路情報と道路情報便覧は、毎年更新されるものであり、一般に、交通シミュレーションに用いるネットワークデータの作成には膨大な作業が必要で、道路情報便覧のように細かな通行支障データを取り扱う場合には特に作業量は大きくなる。柴崎・渡部・鹿野(2005)や杉山・柴崎・渡部・藤原・五十嵐(2009)の研究成果を活用して、特殊車両通行許可申請データや道路情報便覧から、海上コンテナ車経路データやその道路上のボトルネックに関するネットワークデータを自動的に作成するシステムの構築は、大型貨物車経路選択モデルの分析ツールとしての価値も大きい。

2.3 都市の物流施策とモデル

本研究で対象としている物流施設立地モデルや大型貨物車経路選択モデルは、第 1 章でも示した通り、東京都市圏において、第 4 回物資流動調査における物流施策の立案に活用されている。ここでは、東京都市圏における過去の物資流動調査や物流施策の経緯を含めてレビューし、都市計画・交通計画における物流施策の動向やモデリングの動きを整理する。

2.3.1 物資流動調査と都市の物流施策

東京都市圏における物資流動調査の実施の経緯を表 2.3.1 に示す。

第 1 回調査（昭和 47 年(1972)）^{24),25),26)}、第 2 回調査（昭和 57 年（1982））^{27),28)}では、調査対象地域に立地する事業所を抽出して、事業所から搬出・搬入される貨物量（物資流動）を調査している。また、この物資流動を基礎データとして将来交通需要を推計して広域物流拠点整備計画や物流ネットワーク整備計画を策定している。広域物流拠点は、流市法に基づく流通業務団地などの公的な拠点整備を想定したものであった。これは、当時、東京都市圏において、都心にトラックターミナルや倉庫などの物流施設が集中し、都心における交通混雑の原因となっていることや物資流動量の増大に見合う施設規模の拡大や近代化が困難であるといった状況を踏まえ、都心に立地している流通業務施設を、鉄道や道路など交通機関の利用が容易な場所に集中的に立地させることを目的としていた。第 1 回調査及び第 2 回調査で提案された広域物流拠点は 17 箇所あり、そのうち、平和島（昭和 43 年(1968)）、板橋（昭和 46 年(1971)）、足立（昭和 44 年(1969)）、葛西（昭和 52 年(1977)）、越谷（昭和 63 年(1989)）の 4 箇所が整備された。第 3 回調査（平成 6 年(1994)）^{29),30)}では、東京区部での流通業務団地が既に稼働しているとの理由から、事業所から搬出・搬入される物資流動の調査（広域物流調査）は東京区部の多くを除いて実施された。協議会では、東京都市圏の拡大に伴って、都市圏郊外部の新たな広域物流拠点を加えて、27 箇所の広域物流拠点整備計画が提案された。一方、平成 4 年の都市計画中央審議会答申において、都市内集配拠点整備と末端物流施設整備の必要性が述べられたことを受け、都市内物流拠点の配置計画を検討するための「都市内物流調査（東京都中央区、千葉県千葉市都心の 2 地区を対象にしたケーススタディ調査）」と末端物流施設の整備計画を検討するための「末端物流調査（10 地区でのケーススタディ調査）」が実施された。当時、多品種少量生産方式が主流になり、多頻度小口配送のニーズが多くなり、宅配便が市民生活に定着してきたため、都市内での集配拠点や都市内道路の路上駐車対策が必要となってきた。第 3 回調査（平成 6 年）のケーススタディ調査結果に基づき、都市内集配拠点整備については、都市内集配拠点整備方針（配置計画、整備・運営方法等）、末端物流施設整備については、荷捌き駐車場対応方針（駐車場施設の配置計画や運営・管理方法等）が提案された。

第4回調査（平成15年(2003)）^{31),32),33)}では、従来、物資流動量を中心に調査されていた形式を、物流の中継施設である物流施設の、施設配置や施設特性を網羅的に調査する形式に、調査内容を大きく変更して調査が実施された。第1回調査から第3回調査までの物資流動量の調査では、主に、荷主を調査対象にして搬出・搬入から物資流動を調査しており、その中継地点は不明な場合が多かった。第4回調査では、事業所を対象とする「事業所機能調査（本体調査）」では、調査対象の選定に用いた「平成13年度事業所・企業統計調査名簿」（総務省）に記載されている「事業所の形態」が、工場、輸送センター・配送センター、倉庫など、物流が発生・集中すると考えられる施設（「物流関連施設」という）である場合には、これを全て調査対象として、郵送配布・郵送回収形式で調査が行われた。また、施設の位置は座標化され、GISなどでの分析も可能としている。第4回物資流動調査の補完調査は、協議会における物流施策の検討に必要な補完情報を得るための調査であり、大きく、「企業意向調査」、「大型貨物車走行実態調査」、「地区（端末）物流調査」で構成されている。事業所機能調査（本体調査）で調査される物流施設の立地データから、「広域物流拠点の立地誘導」や「都市内集配送用の物流施設の適正配置」といった物流施策が提言された。また、大型貨物車走行実態調査から、「大型貨物車に対応した物流ネットワーク」といった物流施策が提言された。地区（端末）物流調査の結果からは、主に地方自治体の担当者を想定した端末物流対策のマニュアル（「端末物流対策の手引き³⁴⁾」）が第4回物資流動調査の成果として公表された。

表 2.3.1 東京都市圏の物資流動調査の実施の経緯（第1回～第4回）

	第1回調査 (昭和47年(1972))	第2回調査 (昭和57年(1982))	第3回調査 (平成6年(1994))	第4回調査 (平成15年(2003))
調査対象地域	東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県	東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県、茨城県南部	東京都（区部は4区 ^{注1} のみ）、神奈川県、埼玉県、千葉県、茨城県南部	東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県、茨城県南部
物資流動量の調査対象業種	全業種	全業種	製造業、卸売業、小売業、倉庫業	製造業、卸売業、倉庫業、運輸業、小売業・サービス業 ^{注4}
調査規模	27,358事業所 (2.7%抽出)	44,701事業所 (2.9%抽出)	広域物流調査 ：7,471事業所(3.5%抽出) 都市内物流調査：2箇所 ^{注2} 端末物流調査：10地区 ^{注3}	事業所機能調査（本体調査） ：29,485事業所(16.4%抽出) 企業意向調査 ：ヒアリング調査 36社 ：アンケート調査 1,459社 大型貨物車走行実態調査 ：大型貨物車走行ルート調査：1109ルート ：大型貨物車交通量カウント調査：21箇所 端末(地区)物流調査：5地区 ^{注5}
調査内容	圏域内の事業所を対象に物資流動（事業者から搬出・搬される物流量）を調査	広域物流調査は、調査対象業種を縮小し、調査対象地区は東京4区を除いて調査規模を縮小。 新たに「都市内物流調査」と「端末物流調査」を実施。	広域物流調査は、調査対象業種を縮小し、調査対象地区は東京4区を除いて調査規模を縮小。 新たに「都市内物流調査」と「端末物流調査」を実施。	事業所機能調査（本体調査）は、従来の「広域物流調査」を変更して実施。 新たに「企業意向調査」、「大型貨物車走行実態調査」、端末(地区)物流調査を、補完調査として実施。
協議会が提案した主な物流施策	<ul style="list-style-type: none"> ・広域物流拠点整備計画（17箇所） ・物流ネットワーク整備計画 	<ul style="list-style-type: none"> ・広域物流拠点整備計画（27箇所） ・物流ネットワーク整備計画 ・都市内集配拠点整備方針 ・荷捌き駐車場対応方針 	<ul style="list-style-type: none"> ・広域物流拠点の立地誘導 ・都市内集配送用の物流施設の適正配置 ・大型貨物車に対応した物流ネットワーク ・端末物流対策の手引き 	

注1：東京都4区：練馬区、中野区、杉並区、世田谷区

注2：東京都中央区、千葉市中心部

注3：土浦市（土浦駅周辺地区）、川口市（川口駅周辺地区）、柏市（柏駅周辺地区）、千葉市（千葉中央駅周辺地区）、台東区（浅草駅周辺地区）、武蔵野市（吉祥寺駅周辺地区）、小田原市（小田原駅周辺地区）、横浜市（伊勢崎町周辺地区）、川崎市（武蔵新城駅周辺地区）

注4：製造業、卸売業、倉庫業、運輸業は、事業所形態が「物流関連施設」は全数調査、その他は抽出調査、小売業・サービス業は「物流関連施設」のみ調査

注5：町田市（町田駅周辺地区）、中央区（銀座地区）、横須賀市（横須賀中央駅周辺地区）、船橋市（船橋駅周辺地区）、川崎市（一番街周辺地区）

2.3.2 第1回調査から第3回調査の都市の物流施策とモデル

a) 広域物流拠点整備計画や物流ネットワーク整備計画とモデル

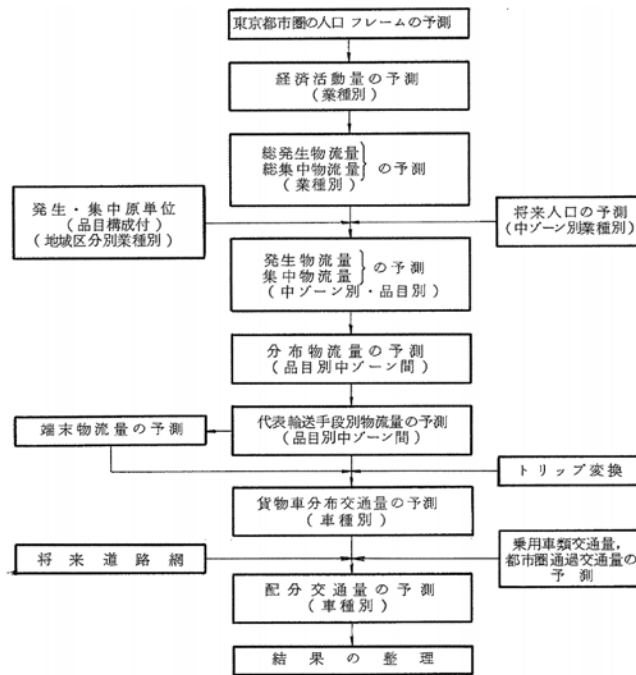
第1回調査から第3回調査で提案されてきた広域物流拠点整備計画や物流ネットワーク整備計画は、四段階推計法による物資流動の将来交通需要推計値に基づいて策定された。物資流動を四段階推計法により推計するためには、複雑な推計手順が必要となる。第2回物流調査では、将来人口を前提として、「経済活動量（業種別生産額など）」、「総発生物流量・総集中交通量」, 「分布物流量（ゾーン間物流量）」, 「代表輸送手段別物流量（代表輸送手段別のゾーン間物流量）」, 「配分交通量（道路区間別の貨物車交通量）」の手順で将来交通需要を推計するものである（図 2.3.1）。また、図 2.3.2 に物資流動の将来推計の手順のうち、「総発生物流量」の具体的な推計ステップを例示するが、物資流動の将来交通需要を推計するためには、業種別・品目別に極めて複雑なモデルが必要となる。物資流動の場合、業種や品目によって、物流施設配置や物流施設間の輸送形態といった物流の特性は様々であると考えられるが、業種区分や品目区分を更に細かくすることで、モデルは更に複雑になる。そのため、物資流動調査の将来交通需要推計の地域区分は、約 600 ゾーンであるが、推計値の予測精度から、推計値の公表は、東京都市圏を 11 ゾーンに区分した値にとどまっている。人の場合、例えば、「就業者は、平日には、概ね通勤と帰宅トリップが発生する」など、その交通メカニズムは物資流動と比べると遥かにシンプルな構造である。そのため、PT調査では、現況や将来の交通需要は、約 600 ゾーンを基本として、交通目的別、利用交通手段別に解析され、地区交通計画などでの利用では、更に詳細なゾーンで調査データが活用されている。現在の状況からみると、第4回物資流動調査を集計すると、大田区で整備された平和島（南部）流通業務団地が取り扱う物流量は、大田区全体の物流量のわずか2%であり、将来交通需要推計値のみから、流通業務団地の計画策定を行うことの合理性には疑問が残る。

高橋・苦瀬・兵藤・清水(1996), 苦瀬・久保・二階堂・管(1996), 谷口・則武・山田・泉谷(2003)の、いずれ研究においても、集荷・配送コストを含めた物流施設のコストを定義し、企業のコスト最小化の行動から物流施設の最適配置をモデルとして表現しており、また、高橋・苦瀬・兵藤・清水(1996)は、第2回物資流動調査の調査データを用いて、PT調査と同じ詳細なゾーン区分で推計している。平和島、板橋、足立、葛西、越谷といった流通業務団地が整備されたという成果があったが、第3回調査では、東京区部での流通業務団地の整備が完了しているとの理由により、物資流動量を調査する「広域物流調査」は東京区部の多くを除いて実施されており。越谷（昭和 63 年(1989)）を最後に、東京都市圏で流通業務団地整備されていないことから従来解析手法の意義は薄れたと考える。

b) 都市内集配送拠点整備方針とモデル

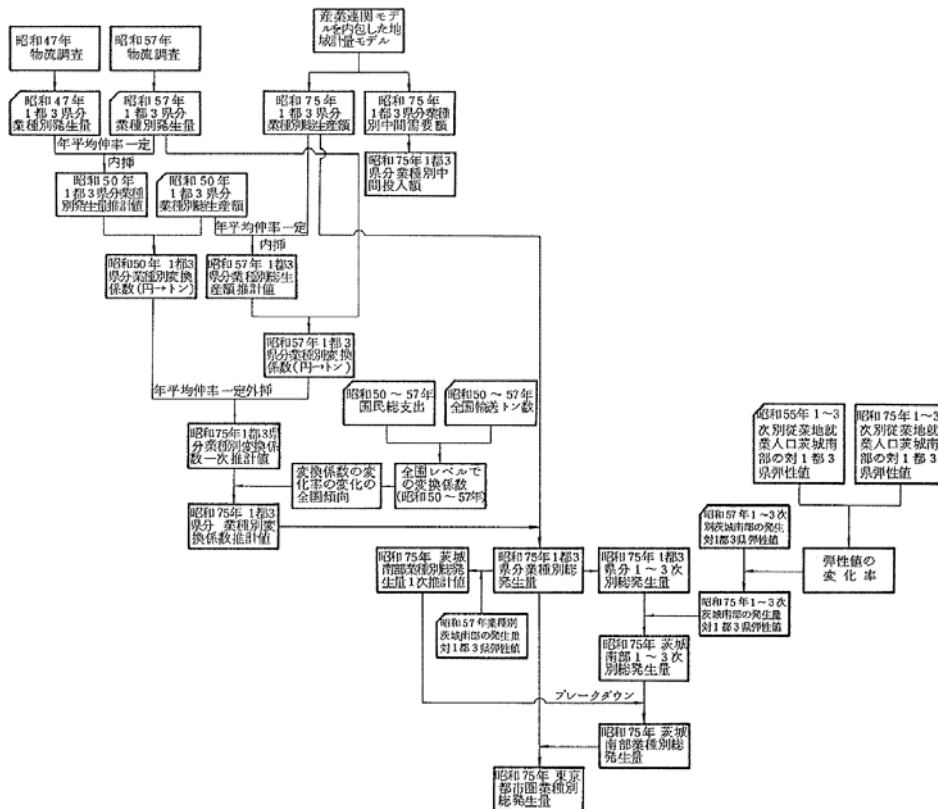
第3回調査では、都市内集配送拠点整備方針が、ケーススタディ調査に基づいて提言さ

れた。これらの施策は、都市圏内の数多くの地域・地区で想定される一方、その施策の具体的な内容は、地域・地区の産業集積や道路等の状況により異なるため、協議会で、網羅的に物流施策を提案するのではなく、物流施策の主たる推進者となる地方自治体に対して、物流施策の計画立案に利用するデータや計画立案方法、物流施策のメニューなどを示す方向で実施されたものである。都市内集配拠点のケーススタディ調査では、東京都中央区と千葉県千葉市都心の2箇所を対象に、「都市内集配拠点の取扱量と規模の関係や施設に必要な機能」、「集配車の運行特性」、「集配センターの立地意向等」をアンケート調査し、都市内集配拠点の配置・整備方式、都市内集配拠点の収支分析などから整備方針を示している。人の交通の解析手法の模倣ではなく、物流の課題に対応した調査データの解析に基づいて物流施策を提案している点で、第1回調査、第2回調査からの転換が図られている。また、対象とする物流施策に絞って、計画立案のために必要な情報を小規模な調査で収集することは、調査費用を削減しつつ、施策評価の実効性を高める意味で有効な手法であると考えられる。また、兵藤・高橋・久保・苦瀬・松尾(1996)は、汐留地区に共同集配拠点を設置した上で、銀座地区で「共同荷捌き場設置」、「路上駐車禁止の強化」、「一方通行路の変更」といった交通管理施策を実施したときの効果を計測するモデルを提案しているが、モデル構築に当たっては、事業者に対して、「貨物搬入・搬出の時間帯別頻度」、「主要搬入・搬出品目」、「共同輸送への参加意向」などを調査してモデル分析に用いている。これらの調査内容は、第3回物資流動調査の都市内集配拠点のケーススタディ調査と共通する調査項目も多い、また、このケーススタディ調査は比較的小規模な調査であり、地方自治体単独でも実施可能な調査となっている。2.2.1 でレビューした通り、都市内配送拠点配置や共同化の効果を計測するモデルの研究事例は多く、調査データと解析手法がセットで用意されることは、地方自治体での物流施策への取り組みを後押しする意味で重要である。



出典：「東京都市圏総合都市交通体系調査報告書物資流動調査予測編(S60.3)(東京都市圏交通計画協議会)」

図 2.3.1 第 2 回物資流動調査の将来交通需要推計フロー



出典：「東京都市圏総合都市交通体系調査報告書物資流動調査予測編(S60.3)(東京都市圏交通計画協議会)」

図 2.3.2 第 2 回物資流動調査の将来発生物流量の推計ステップ

2.3.3 第4回物資流動調査の都市の物流施策とモデル

第4回物資流動調査では、調査データの解析に基づき、東京都市圏で取り組むべき物流施策の方向性として、以下に示す4つの物流施策の方向性が提言されている。

- a) 郊外部や臨海部における大規模で広域的な物流施設の立地支援
- b) 居住環境と物流活動のバランスを考慮した都市機能の適正配置の推進
- c) 物流の効率化や都市環境の改善を図る物流ネットワークの形成
- d) まちづくりと一体となった端末物流対策の推進

このうち、物流施設立地に関わる a)及び b)、物流ネットワークに係わる c)について、提言された物流施策の内容とモデルとの関係を以下に整理する。

a) 郊外部や臨海部における大規模で広域的な物流施設の立地支援

第4回調査では、企業ヒアリング調査や事業所機能調査（本体調査）の分析により、在庫圧縮によるコスト削減等を目的として物流施設の統廃合が進み、広域的な物流施設は大規模化する傾向にあり、臨海部の工業系用途地域や郊外部の市街化調整区域で立地が増加していると分析された。特に、圏央道の整備が計画されている都市圏郊外部では、今後、物流施設の立地ポテンシャルが高まるとの推計結果が示され、市街化調整区域で広域的な物流施設の立地が無秩序に進むことで、都市環境を保全すべき地域での環境悪化や、高速道路 IC へのアクセス道路整備が不十分な場所で物流施設立地が進むことによる物流の効率性が低下するといった都市計画上の課題が整理された。これに対応するため、1)郊外部の高速道路インターチェンジ（以下、高速道路 IC という。）近傍や臨海部において、2)流通業務団地整備や土地区画整理事業などの手法による用地提供、3)郊外部の高速道路 IC 近傍の用途地域指定など土地利用の変更による物流施設の立地の誘導、4)工業団地など既存の産業系用地の物流施設立地用地としての有効活用、5)市街化調整区域における物流施設立地のルール化（物流施設を含めた市街化調整区域の開発許可基準）といった物流施策の方向性が示された。

第4回物資流動調査では、物流施設に座標データが付加されている特長を活用し、物流施設の1kmメッシュ単位の立地場所を離散選択モデルで推計するモデルが萩野・遠藤（2007）によって開発され、これが、物流施設の立地誘導に係わる施策の立案・評価に活用された。この物流施設立地モデルは、物流施設の立地効用推計値から、1kmメッシュ毎に立地効用の偏差値を算定し、これを「物流施設立地ポテンシャル」として示すことで、物流施設の立地誘導が必要な地域や、圏央道などの高速道路整備によって物流施設の立地誘導の必要性が高まる地域などを明らかにした（図2.4.3）。協議会による「郊外部や臨海部における大規模で広域的な物流施設の立地支援」という物流施策の方向性は、この物流施設立地モデルによる解析結果に基づき提言されたものである。また、平成17年に流通業務総合効率化法が公布され、これに定められる「特定流通業務施設」は、「市街化調整区域に

において開発許可について配慮する」とされていたが、その具体的な運用方針は定められていなかった。協議会では、いかに効率的な物流施設であっても、できるだけ高速道路 IC 近傍を誘導することが望ましいとの認識から、1km メッシュ単位で物流施設立地ポテンシャルが計測可能なモデルの特徴を活かして、新たに整備される圏央道等の高速道路 IC から 2km 圏域、5km 圏域といった圏域別の物流施設立地ポテンシャルを分析し、新たに整備される高速道路 IC 周辺の物流施設の立地誘導の方向性を検討している（図 2.4.4）。

埼玉県が、圏央道の IC 周辺で広域物流施設も含めた産業集積の促進を図るために策定した「田園都市産業ゾーン基本方針（平成 18 年 10 月）」⁴²⁾では、計画策定の対象地域を圏央道の IC から概ね 5km 以内としている。また、「土地利用上合理的な一定の区域内に限定し、モデル的な産業基盤づくりを県が重点的に誘導・支援する」としており、「土地利用上合理的な区域」として、高速道路 IC 周辺は、高速道路 IC から約 1.5km 以内としている。埼玉県における計画策定の経緯は不明であるが、協議会が提案する物流施策の方向性は、構成団体である地方自治体等により具体化されることを想定しており、「田園都市産業ゾーン基本方針」に示される圏央道 IC 近傍の土地利用方針は、第 4 回物資流動調査で示された物流施策の方向性と整合していることから、「田園都市産業ゾーン基本方針」の策定に当たって、物流施設立地モデルの推計結果が基礎資料として活用されたものと考えられる。

b) 居住環境と物流活動のバランスを考慮した都市機能の適正配置の推進

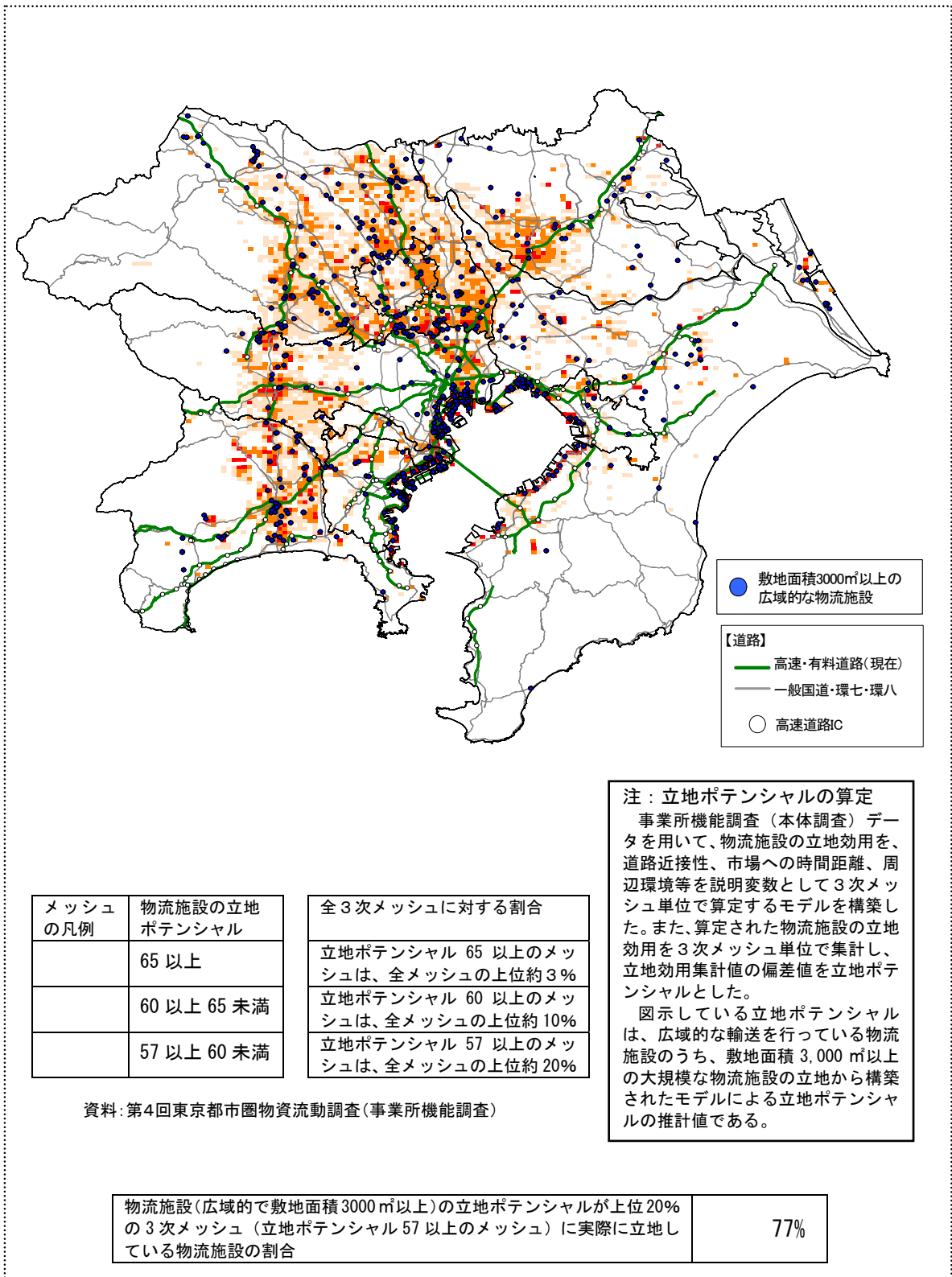
既成市街地内においても、準工業地域などの工業系の用途地域を中心に都市内配送用の物流施設が多数立地して、都市に効率的に物資を輸送するための重要な役割を果たしていることや、流通加工機能の追加といった機能更新のニーズが高いといった実態が整理された。臨海部では、物流施設と住宅との土地利用の混在が発生し、物流施設が 24 時間操業できないことで物流の効率性が低下するとともに、居住環境が悪化するといった都市計画上の課題が整理された。これに対応するため、1)土地利用の混在が生じている物流施設の移転の受け皿の確保、2)物流機能と他の都市機能の計画的な分離（物流機能を確保すべき地区の都市計画のマスタープランへの位置づけなど）、3)都市計画手法を用いた土地利用の混在回避（特別用途地区や地区計画の活用など）といった物流施策の方向性が示された。これらの物流施策の検討においては、企業ヒアリング結果や事業所機能調査（本体調査）の実態データの解析結果が用いられた。

c) 物流の効率化や都市環境の改善を図る物流ネットワークの形成

貨物車の輸送の効率化や国際物流への対応のため、企業では新規格車（総重量 20 t 超）や国際海上コンテナトレーラといった大型貨物車を利用した輸送へのニーズが高まっている実態を整理し、三環状などの高速道路の整備の遅れや重さ指定道路等の大型貨物車に対応した一般道路の不足を原因として、一般道路に過度な交通負荷を与え、大型貨物車が混雑する区間を走行することで輸送の効率性が低下しているといった都市計画上の課題が整

理された。これに対応するため、1)大型貨物車に対応した高速道路による物流ネットワークの形成、2)大型貨物車に対応した一般道路による物流ネットワークの形成（重さ指定道路の拡充など）、3)大型貨物車走行の適正化による都市環境の改善（住宅地や中心市街地への大型貨物車の流入抑制や多様な輸送機関との連携強化など）といった物流施策の方向性が示された。第4回物資流動調査では、「大型貨物車走行実態調査」で、地図で調査された大型貨物車（最大積載重量 10t 超や海上コンテナ車）の走行経路を、デジタル道路地図(DRM)上で経路データを電子化しており、これを用いて、兵藤・Schreiner, S. A. Jr.・高橋(2006)によって、貨物車経路探索モデルが開発された。これは、大型貨物車の経路選択において、所要時間や有料道路料金だけでなく、「重さ指定道路」など、大型貨物車が安心して走行できる道路区間が選択されやすい実態をモデルで表したものであり、協議会の物流ネットワークに係わる物流施策の立案・評価に活用された。この大型貨物車経路選択モデルを用いて、協議会では、「重さ指定道路」など大型貨物車に適した道路が十分にネットワーク化されていないことにより生じる大型貨物車の迂回の状況を分析し、これに基づいて、「重さ指定道路」等の整備の方向性を示した（図 2.4.4）。

東京都が策定した「東京都総合物流ビジョン（平成 18 年 2 月）」⁴³⁾では、「物流上重要な路線における橋梁の耐荷力向上や架け替え等を行い、新規格車や海上コンテナ車などの大型貨物車がフル積載して走行可能な「重さ指定道路」を拡充し、平成 17 年 4 月時点で 744 キロメートルある都内の総延長を、平成 19 年度までに 845 キロメートルに拡充することをめざす。さらにその後も、港湾エリアと背後圏との接続強化、首都圏内の広域的な輸送の効率化等を視野に入れながら重さ指定道路を一層拡充していく」とされた。（図 2.4.5）東京都における計画策定の経緯は不明であるが、協議会が提案する物流施策の方向性は、構成団体である地方自治体等により具体化されることを想定しており、「総合物流ビジョン」に示される、「大型貨物車が通行可能な道路」の整備計画は、第4回物資流動調査で示された重さ指定道路の拡充の方向性と整合していることから、「物流総合ビジョン」の策定に当たって、大型貨物車経路選択モデルの推計結果が基礎資料として活用されたものと考えられる。

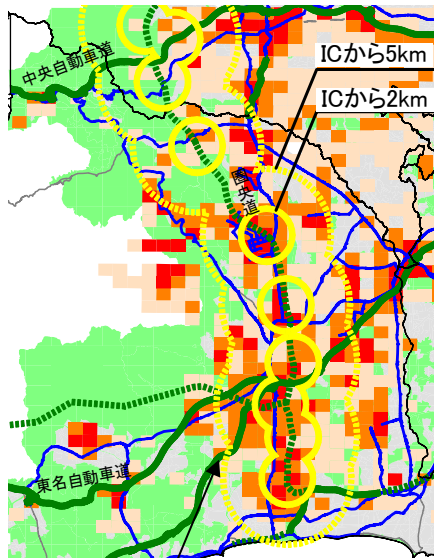


出典：「物流からみた東京都市圏の望ましい総合都市交通体系のあり方(H18.5)(東京都市圏交通計画協議会)」

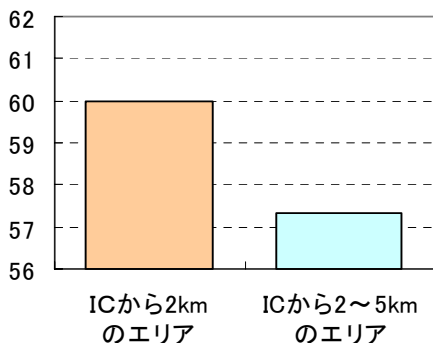
図 2.3.3 大規模で広域的な物流施設の立地ポテンシャルの推計例
 (敷地面積 3,000 m² 以上で、広域的な輸送を行っている物流施設)

◆ 郊外部の高速道路 IC 近傍の大規模で広域的な物流施設の立地ポテンシャル(推計値)

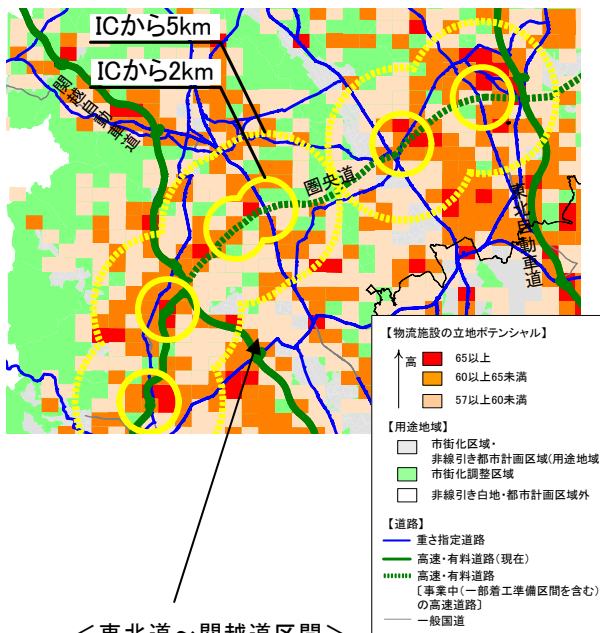
◇ 首都圏中央連絡自動車道
(中央道以南の区間)



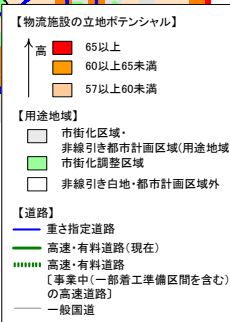
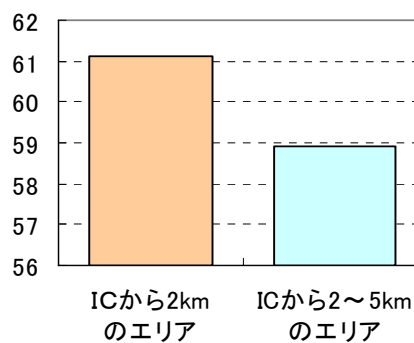
< 中央道以南の区間 >
立地ポテンシャル(推計値)の平均値



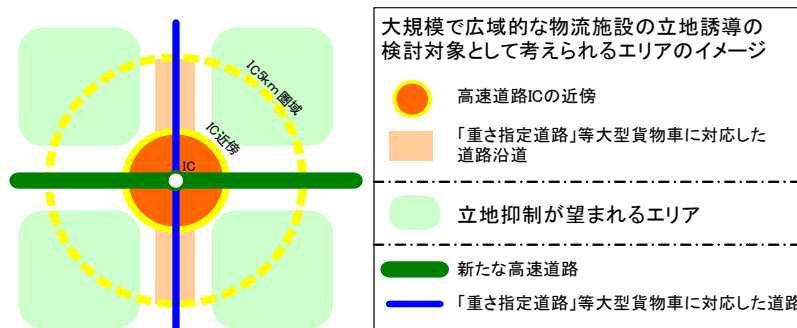
◇ 首都圏中央連絡自動車道
(東北自動車道～関越自動車道区間)



< 東北道～関越道区間 >
立地ポテンシャル(推計値)の平均値

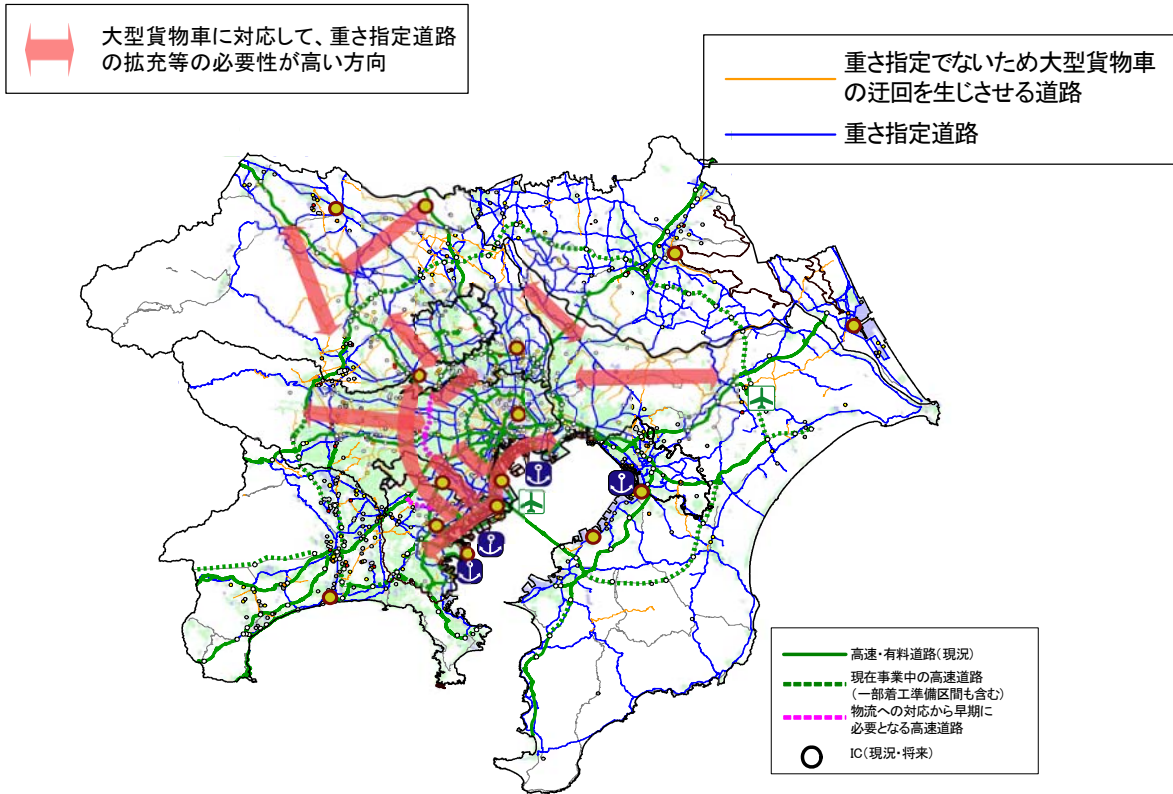


◆ 郊外部の高速道路 IC 近傍での大規模で広域的な物流施設の立地誘導のイメージ



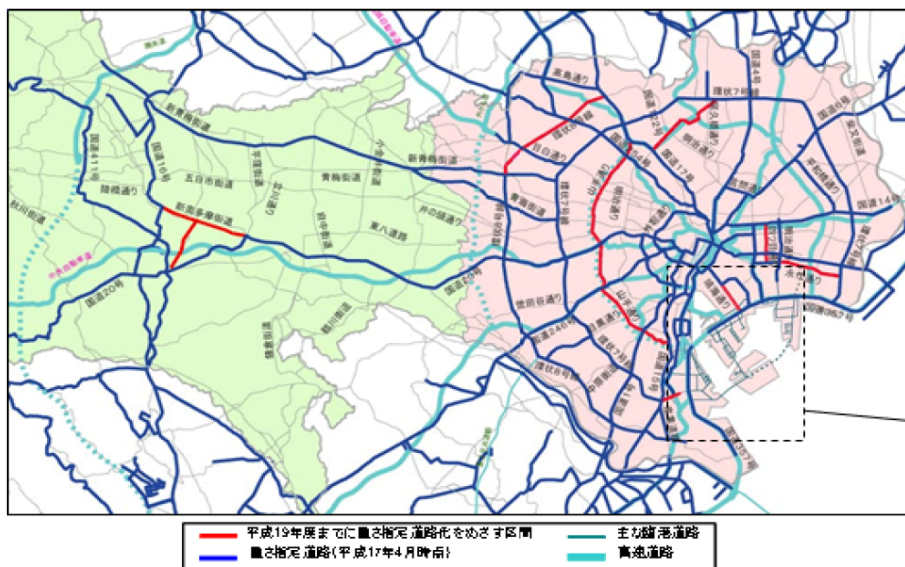
出典：「物流からみた東京都市圏の望ましい総合都市交通体系のあり方(H18.5)(東京都市圏交通計画協議会)」

図 2.3.4 郊外部の高速道路 IC 周辺での物流施設立地ポテンシャルの分析例



出典：「物流からみた東京都市圏の望ましい総合都市交通体系のあり方(H18.5)(東京都市圏交通計画協議会)」

図 2.3.5 大型貨物車に対応した物流ネットワークの整備の方向性の分析例



出典：「総合物流ビジョン(H18.2)(東京都)」

図 2.3.6 「総合物流ビジョン (H18.2) (東京都)」に示される大型貨物車に対応した道路整備

2.3.4 都市の物流施策に係わる計画制度と国・自治体の物流施策

ここでは、東京都市圏の物資流動調査で提言された物流施設立地や物流ネットワークに関係が深い計画制度や国・自治体の物流施策についてレビューする。

① 物流拠点に係わる計画制度

a) 「流通業務市街地の整備に関する法律」に基づく流通業務団地

「流通業務市街地の整備に関する法律（昭和 41 年(1966)公布」（以下、流市法という。）は、東京や大阪などの大都市において、都心にトラックターミナルや倉庫などの物流施設が集中し、都心における交通混雑の原因となっていることや物資流動量の増大に見合う施設規模の拡大や近代化が困難であるといった状況を踏まえ、都心に立地している流通業務施設を、鉄道や道路など交通機関の利用が容易な場所に集中的に立地させることを目的としていた。流市法では、都道府県知事が「流通業務市街地整備の基本方針」を定めることとなっており、施行者は施行計画及び処分計画を定めたうえ土地を買収し造成する。その後、公募により造成後の敷地を、流通業務施設を経営する譲受人に分譲することになる。流通業務団地は、流通業務地区内の都市施設（都市計画法第 11 条）であり、地方公共団体等が事業主体となる。この事業は、流市法にもとづき施行される都市計画事業であり、流通業務団地造成事業と呼ばれている。都市計画で流通業務地区が定められると、その地区内では厳しい土地利用制限がなされ、流市法の定められる「トラックターミナル」、「鉄道貨物駅」、「卸売市場」、「倉庫」といった施設以外は立地できない。流市法に基づく流通業務団地は、もともと大都市を対象にしてきたが、平成 5 年(1993)に法律が改正されて地方都市でも施行できることとなった。東京都市圏では、東京都及び埼玉県で「流通業務市街地整備の基本方針」が策定されており、平和島（昭和 43 年(1968)）、板橋（昭和 46 年(1971)）、足立（昭和 44 年(1969)）、葛西（昭和 52 年(1977)）、越谷（昭和 63 年(1989)）の 5 箇所で流通業務団地が整備されている。

b) 都市計画法の「地域・地区」（都市計画法第 8 条、第 9 条）

都市計画法では、都市計画区域を、市街化区域と市街化調整区域に分け（同法第 7 条）、そのうち、市街化区域では用途地域が指定される。住宅、店舗、事務所、工場といった施設は、用途地域によって立地できる施設が定められている。物流施設に関しては、営業用倉庫が準住宅地域を除く住宅地での立地が規制されている他は、特に定めは無いが、住宅との混在を避けて、多くは、準工業地域、工業地域、工業専用地域に立地しているが、準工業地域や工業地域では、中高層の住宅も立地が認められており、東京都市圏の臨海部の準工業地域や工業地域では、物流施設と住宅との土地利用の混在の問題も発生している。特別用途地区とは、都市計画法第 9 条に定める「用途地域内の一定の地区における当該地

区に特性にふさわしい土地利用の増進、環境の保護等の特別の目的の実現を図るため」の地区である。規制内容については、建築基準法第 49 条の規定により地方公共団体の条例で定めることになっている。準工業地域や工業地域において、工場や流通業務が適切に活動できるよう、住宅立地の抑制を目的に指定される事例がある。

c) 「流通業務の総合化及び効率化の促進に関する法律」に基づく特定流通業務施設

「流通業務の総合化及び効率化の促進に関する法律（平成 17 年（2005 年）公布）（以下、流通業務総合効率化法という。）は、荷主と物流事業者の連携等により、物流効率化を規制緩和、税制、金融措置等で支援し、効率的で環境負荷の小さい物流を促進しようとするものである。この法律では、高速道路インターチェンジ近傍等に立地し、集配送・保管・荷さばき・流通加工といった物流業務を総合的かつ効率的で環境負荷の少ない物流を実施する施設を「特定流通業務施設」とし、この施設を中核として実施する「流通業務総合効率化事業」として認定している。この認定を受ければ、事業許可等の一括取得、物流拠点・施設（特定流通業務施設）に関する税制特例、立地規制に関する配慮、中小企業に対する資金面での支援措置を受けられることになっている。従来、特別積合用のターミナルしか建設が認められなかった市街化調整区域において、「特定流通業務施設」の開発許可について配慮することとされている。東京都市圏では、都市圏郊外部で「首都圏中央連絡道（以下、圏央道という）」といった高速道路の整備が進められており、その沿道の多くは市街化調整区域となっている。そのため、流通業務総合効率化法に基づく特定流通業務施設は、東京都市圏における物流拠点に関係する。

② 物流ネットワークに係わる制度

a) 大型貨物車に対応した「車両制限令」の改正

「車両制限令（昭和 36 年 7 月 17 日政令第 265 号）」は、道路法第 47 条第 1 項に基づき、「道路の構造を保全し、又は交通の危険を防止するため、通行できる車両の幅、重量、高さ、長さ及び最小回転半径等の制限（一般的制限値）」を定めたものである。車両の幅、重量、高さ、長さ及び最小回転半径が、一般的制限値を超える車両が道路法に定める道路を通行するためには、道路管理者に対して特殊車両通行許可申請（以下、特車申請という。）が必要となる。車両制限令は、平成 5 年改正において車両の重量、平成 16 年改正において車両の高さの一般的制限値が改正されている。これらの車両制限令の改正は、従来は、道路の一般的制限値を超えるため特車申請が必要であった車両重量 20 t 超や高さ 3.8m 超といった大型貨物車に対して、申請手続きを簡略化して利便性を上げるものであり、重さ指定道路や高さ指定道路の拡充に伴う大型貨物車の自由走行道路の拡充と併せて、大型貨物車の利用促進といった面で、都市の物流ネットワークに影響する。

- ・重さ指定道路（平成 5 年改正）

車両総重量の最高限度が、高速自動車国道及び道路管理者が指定する道路(重さ指定道路)について、軸距及び長さに応じて車両総重量の一般的制限値が 20 t から最大 25 t まで引き上げられた。

・高さ指定道路(平成 16 年改正)

車両の高さの最高限度について、道路管理者が道路構造の保全及び交通の危険防止上支障がないと認めて指定した道路(高さ指定道路)について、高さの一般的制限値が 3.8m から 4.1m まで引き上げられた。

b) 特殊車両通行許可制度(特車申請制度)

特殊車両通行許可制度は、道路法第 47 条の 2 に規定されている制度で、車両制限令に定める一般的制限値をこえる車両については、道路管理者の許可を得て「特殊車両」として通行することができる。事業者の申請に係る負担の低減を目的として、平成 21 年 5 月より、許可期間が、それまでの最大 1 年間から最大 2 年間に緩和された。

輸入増加に伴って利用が増加している海上コンテナ車は、車両の長さが道路の一般的制限値を超えるため、特車申請が必要となる。特車申請制度の規制緩和は、海上コンテナ車といった特殊車両の利便性向上となる。現在、国土交通省道路局では、「国際物流基幹ネットワーク」を、沿道土地利用も考慮して指定し、これに指定された道路では、40ft 背高コンテナ車の通行支障を優先的に解消する取り組みを行っている。現在、特車申請制度では、道路規格が適合すれば許可がでる仕組みとなっているが、道路規格に応じて通行許可を緩和・強化することで、海上コンテナ車等の経路誘導にも活用可能となる。なお、「国際物流基幹ネットワーク」については、2.5 で詳細に記述する。

③ 第 4 回物資流動調査と関連する国・自治体の物流施策

a) 総合物流施策大綱(国)^{44),45)}

政府により、関係省庁が連携して総合的に取り組むべき物流施策として、総合物流施策大綱が策定されている。平成 9 年(1997)4 月に「総合物流施策大綱」、平成 13 年 7 月(2001)に「新物流施策大綱」、平成 17 年(2005)11 月に「総合物流施策大綱(2005-2009)」⁴⁴⁾。平成 21 年(2009)7 月に「総合物流施策大綱(2009-2013)」⁴⁵⁾が策定された。

総合物流施策大綱(2005-2009)は、第 4 回物資流動調査の施策提言と同時期に策定されたものであり、「①スピーディでシームレスかつ低廉な国際・国内一体となった物流の実現」するための物流施策として、国際・国内の輸送モードの有機的な連携による円滑な物流ネットワークの構築、物流拠点施設におけるロジスティクス機能の高度化など、物流ネットワークや物流拠点に関する施策が示された。また、「②グリーン物流など効率的で環境にやさしい物流の実現」を実現するための物流施策として、環状道路整備や踏切改良等のボトルネック対策、多様で弾力的な料金政策などによる貨物交通のマネジメント策が示され

るとともに、物流業務施設の配置に関しては、「物流活動を効率的に行うためには、物流拠点適切に配置するとともに、その拠点となる地区において、住宅施設等の多様な都市機能との混在を防止し、物流業務施設の集約的な立地誘導を図っていくことが必要である。」としている。また、中心市街地を始めとする都市内においては、きめ細かな交通規制の実施、荷捌き施設の整備により無秩序な荷捌きによる交通渋滞を解消していくことが重要としている。その他、「流通業務の総合化及び効率化の促進に関する法律」等を活用した効率的で環境負荷の小さい物流システムの構築の必要性も示されている。これらの物流施策は、第4回物資流動調査の物流施策の提言と整合するものとなっている。

なお、平成21年(2009)7月に策定された最新の「総合物流施策大綱(2009-2013)」では、今後推進すべき物流政策の基本的方向性として「グローバル・サプライチェーンを支える効率的物流の実現」、「環境負荷の少ない物流の実現等」、「安全・確実な物流の実現等」の3つを柱としている。今後推進すべき具体的な物流施策をプログラムとして、物流ネットワークに関しては、「主要都市間を連絡する規格の高い道路、大都市環状道路、拠点的な空港・港湾へのアクセス道路の整備」、「国際物流基幹ネットワーク上に存在する海上コンテナ車の通行支障区間の早期解消等に重点を置いた整備推進」、「国際物流基幹ネットワークの利用促進に向けた課題整理とその解決への取り組み」、「効率的な料金政策による既存高速道路ネットワークの有効活用・機能強化」といった物流施策が掲げられる。このうち、「国際物流基幹ネットワーク」は2.5で紹介する。物流拠点に関しては「ロジスティクス・ハブの形成」として、「物流総合効率化法の活用により、国際拠点港湾・空港及びその周辺、あるいは高速道路IC・鉄道貨物駅周辺等の物流結節点において、高度の物流サービスが可能な物流施設整備を促進」、「高速道路IC近傍等の区域において、当該都市の需要に応じた集配、保管等機能に加え、地域間物資の集散機能を併せて有する物流拠点について、流市法による流通業務団地等及び土地区画整理事業による整備を促進」といった物流施策が掲げられた。また、このような物流施策の立案のために必要となる統計調査の必要性も述べられており、「効率的で環境にも十分配慮した貨物輸送体系や施設整備計画を検討するため、「全国貨物純流動調査」や主要都市圏における「物資流動調査」を引き続き実施して統計データの蓄積を図る。」と記述されている。

b) 東京都総合物流ビジョン（東京都）（平成18年(2006)2月）⁴³⁾

東京都では、国際競争力強化、暮らし・環境の向上に向け、物流効率化を推進するために東京都が取り組むべき物流施策を取りまとめて「総合物流ビジョン」として公表している。ここで提案されている物流施策は、都市・交通のみならず産業振興政策なども含まれているが、都市計画・交通計画に関わる施策に関しては、「大型車の走行上のボトルネックの解消」、「東京港や圏央道周辺等における広域的機能を担う民間の拠点立地促進」、「繁華街等での事業者や地域の様々な関係者間の連携による物流に配慮したまちづくりの促進」などが示された。これは、第4回東京都市圏物資流動調査に基づき、協議会が提言した「物

流からみた東京都市圏の望ましい総合都市交通体系のあり方」(平成18年(2006)5月)との整合が図られており、第4回物資流動調査で示された物流施策の方向性を、東京都において具体化したものとなっている。

c) 田園都市産業ゾーンづくり(埼玉県)(平成18年(2006)10月)⁴²⁾

「田園都市産業ゾーンづくり」は、物流計画ではないが、高速道路沿道で、物流施設を含めた産業立地を進めるための、土地利用を含めた産業基盤づくりを埼玉県が示したものである。埼玉県では、首都圏中央連絡自動車道(以下、「圏央道」という。)の開通により、その沿線地域において製造、研究開発、広域物流などの産業集積のポテンシャルが向上するとの認識を示し、経済活性化を支える産業基盤づくりの方針を示した。特に、インターチェンジ周辺などで新たな産業集積のポテンシャルが高く、土地利用上合理的な一定の区域に限り、計画的に産業基盤づくりを誘導するとしている。具体的な手法としては、土地利用による産業の誘導が主となっており、1)市街化調整区域の計画的な開発に基づく市街化区域編入、2)一定規模以上の産業基盤づくりにおける市街化調整区域の地区計画の積極的な活用、といった方針が示された。これは、第4回東京都市圏物資流動調査に基づき、協議会が提言した「物流からみた東京都市圏の望ましい総合都市交通体系のあり方」(平成18年(2006)5月)との整合が図られており、第4回物資流動調査で示された物流施策の方向性を、埼玉都において具体化したものとなっている。

d) 千葉県物流戦略(千葉県)(平成19年(2007)6月)⁴⁶⁾

千葉県では、「成田空港や千葉港を活用した国際物流強化」、「魅力ある物流環境の創造」、「生活者や消費者起点の物流システムの構築」といった目標を掲げ、千葉県が取り組むべき物流施策を取りまとめて「千葉県物流戦略」として公表している。ここで提案されている物流施策には、「物流ボトルネックの解消等、効率的な物流ネットワークの構築」として、高規格幹線道路等の整備の推進、重さ指定道路・高さ指定道路の拡大、特殊車両の通行許可の迅速化といった物流施策を示している。また、「郊外部や臨海部における広域的な物流施設の立地支援」として、高速道路IC周辺での物流施設立地に関わる開発許可基準のあり方を検討するとしている。これは、第4回東京都市圏物資流動調査に基づき、協議会が提言した「物流からみた東京都市圏の望ましい総合都市交通体系のあり方」(平成18年(2006)5月)との整合が図られており、協議会が示した物流施策の方向性を、千葉県において具体化したものとなっている。

2.4 近年の都市の物流施策の動向とモデルの方向性

ここでは、まず、企業が社会経済情勢に対応して、物流施設立地や貨物車の利用を変化させていることを確認するために、第4回物資流動調査の「企業アンケート調査」の結果から企業意向を整理する。次に、第4回物資流動調査以降の都市の物流施策の動向を整理し、それに対応した物流施設立地モデル及び大型貨物車経路選択モデルの方向性を整理する。

2.4.1 物流施設立地や貨物車利用に関する企業の意向

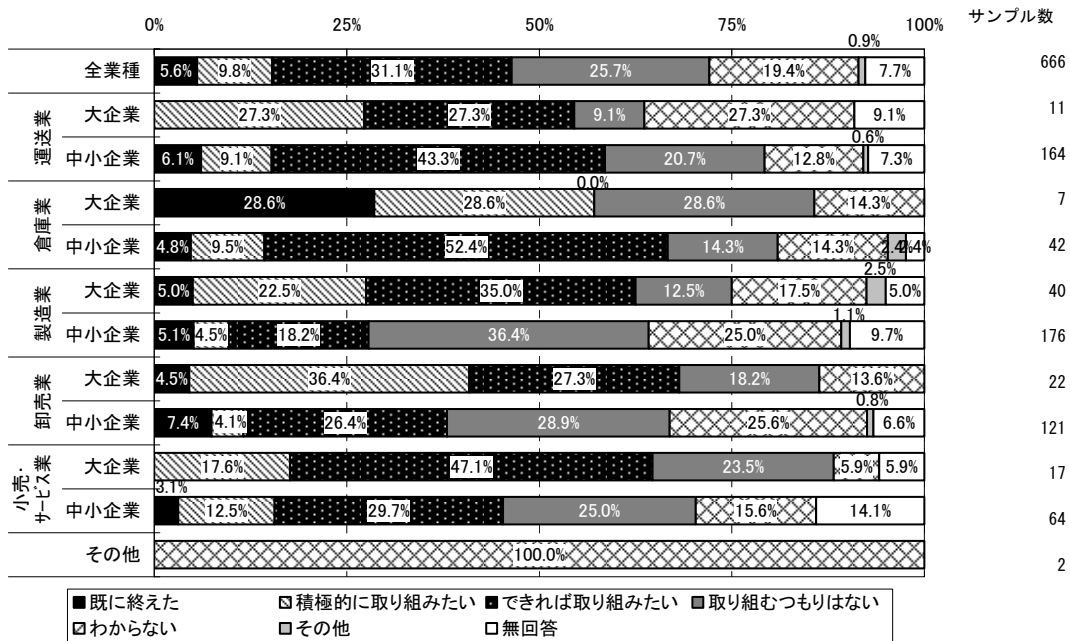
第4回物資流動調査の「企業アンケート調査」では、物流に関する企業の意向を調査しており、集計結果は、「第4回東京都市圏物資流動調査報告書実態調査編(平成18年9月)、東京都市圏交通計画協議会」に示されている。これを用いて、物流施設立地や物資流動に関する企業意向を考察した。なお、この企業アンケート調査は1459企業から回収されている。また、この調査では、次の基準で「大企業」と「中小企業」に区分されている。

- ・ 製造業，運輸業，倉庫業 大企業：従業員300人以上
- ・ 卸売業，サービス業 大企業：従業員100人以上
- ・ 小売業 大企業：50人以上

a) 物流施設の新設，統廃合，移転等に対する企業の意向

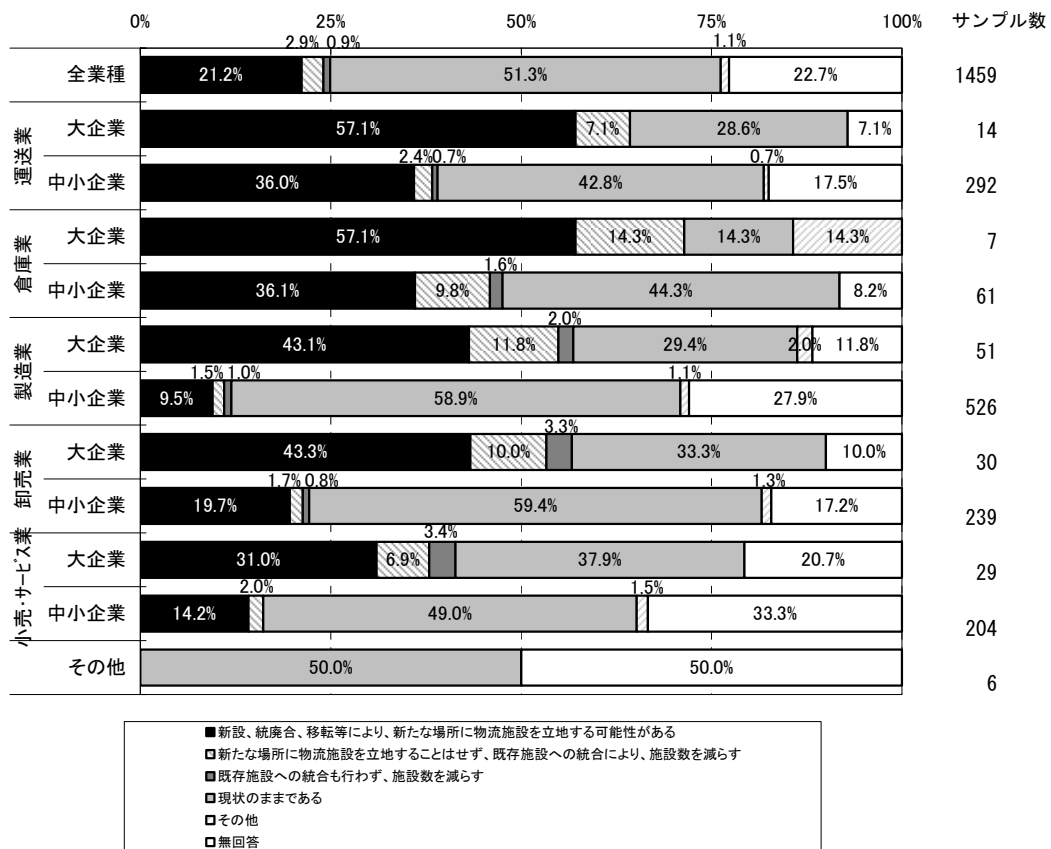
図2.4.1に、企業の物流施設の機能更新に対する意向を示す。物流施設の機能更新に対して、「既に終えた」、「積極的に取り組みたい」、「できれば取り組みたい」を合わせると、約半数弱の企業で機能更新に対する意向を持っていることが示される。図2.4.2に、企業における物流施設の新設，統廃合，移転等に対する企業意向を示す。全体では、約21%の企業で、物流施設を新設，統廃合，移転等により、新たに物流施設を設置する意向を持っている。その割合は、大企業の方が中小企業より強く、特に運送業・倉庫業で物流施設の新設意向が強まっている。これらのアンケート結果からは、企業では、新たな物流ニーズに対応して機能更新を図りつつ、物流施設の新設，統廃合，移転等をしている。

図2.4.3に、新たな物流施設の立地にあたって企業が重要と考える事項を示す。「高速道路の利便性が高いこと」、「一般道路の利便性が高いこと」、「地代・賃料が安いこと」を重要視する企業が多い。業種別にみると、「特別積み合わせ貨物運送事業所」では「高速道路の利便性が高いこと」、倉庫業では「空港が近いこと」、「港湾が近いこと」が重要視されている。図2.4.4に、物流施設立地にあたって企業が問題と考えている事項を示す。「希望場所での用地や施設の確保」が問題視されている他、特に「特別積み合わせ貨物運送事業所」では、「希望場所に他の施設（商業施設や住宅）が立地している」を問題としてあげる企業が多くなっている。



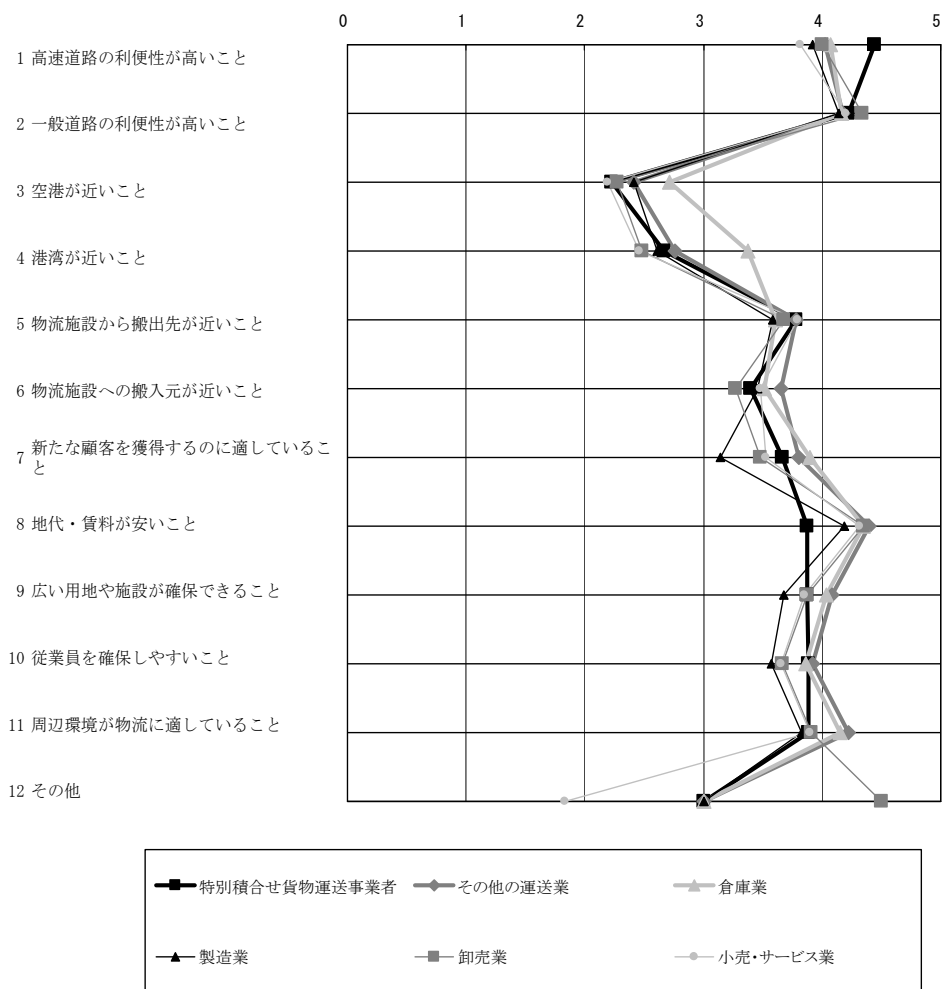
出所：第4回東京都市圏物資流動調査報告書実態調査編(平成18年9月)，東京都市圏交通計画協議会

図 2.4.1 物流施設の機能更新への取り組み意向



出所：第4回東京都市圏物資流動調査報告書実態調査編(平成18年9月)，東京都市圏交通計画協議会

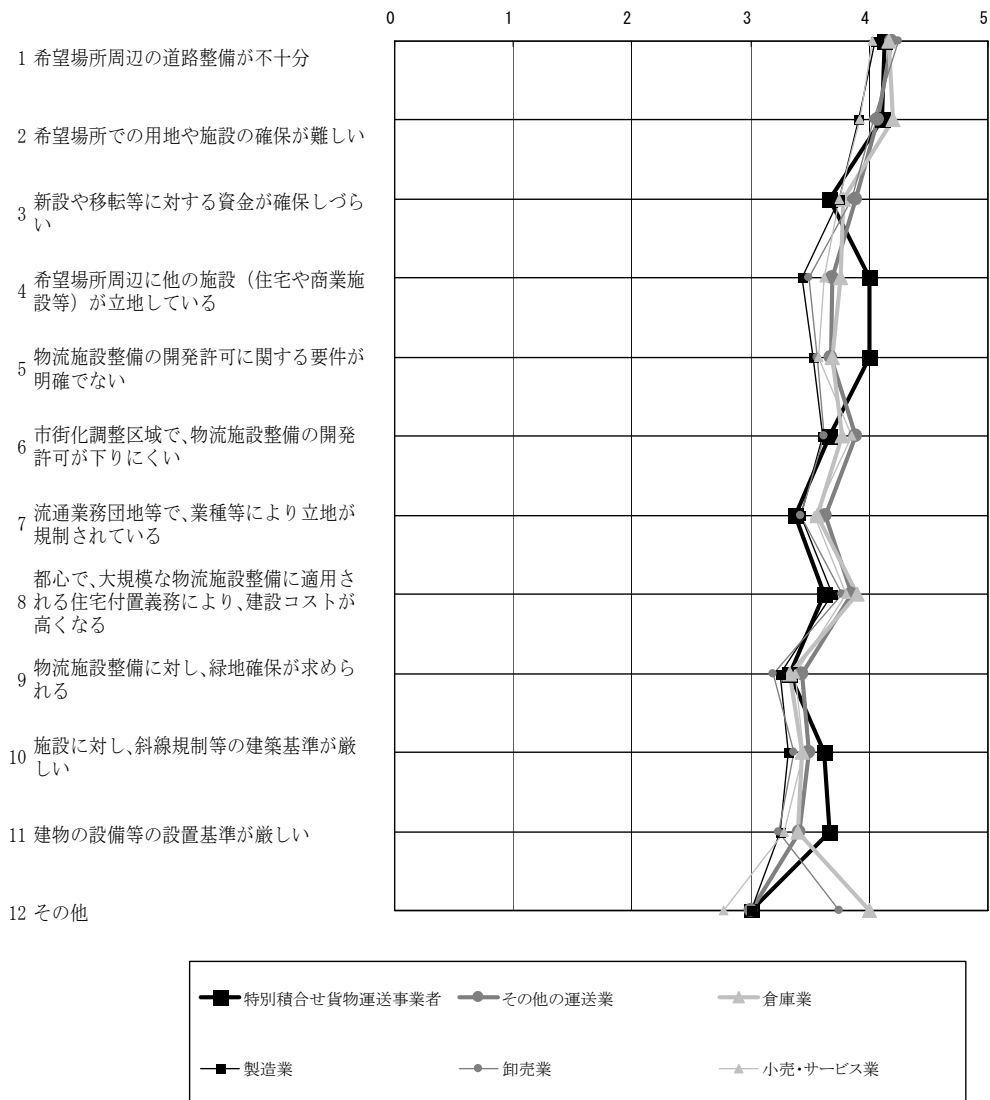
図 2.4.2 物流施設の新設，統廃合，移転等に対する企業の意向



※各項目に対する5段階の重要度の回答結果を、「非常に重要である」を5点、「重要である」を4点、「どちらともいえない」を3点、「あまり重要ではない」を2点、「重要ではない」を1点として得点化して平均得点を算出。

出典：第4回東京都市圏物資流動調査報告書実態調査編(平成18年9月)，東京都市圏交通計画協議会

図 2.4.3 物流施設の立地にあたって重要な事項



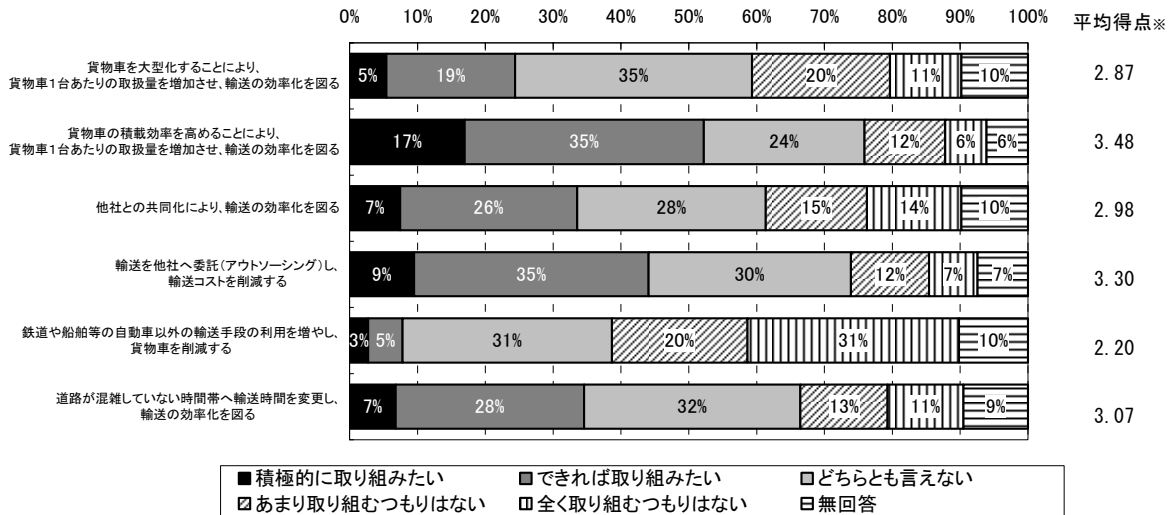
※各項目に対する5段階の重要度の回答結果を、「非常に重要である」を5点、「重要である」を4点、「どちらともいえない」を3点、「あまり重要ではない」を2点、「重要ではない」を1点として得点化して平均得点を算出。

出典：第4回東京都市圏物資流動調査報告書実態調査編(平成18年9月)，東京都市圏交通計画協議会

図 2.4.4 物流施設の立地にあたって問題点

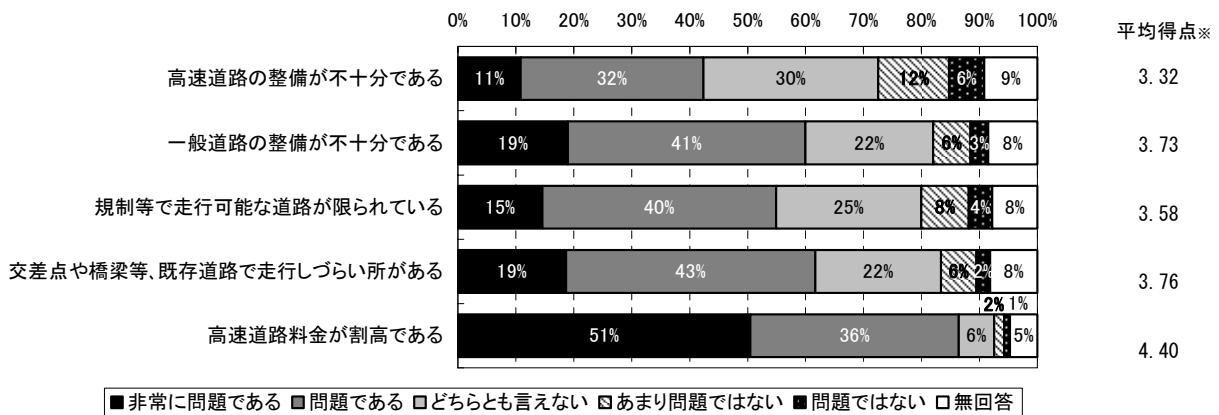
b) 貨物車利用に対する企業の意向

貨物車を利用した輸送の効率化や高度化への取り組みでは、「貨物車の積載率の向上」や「輸送の他社への委託」を重要視する企業が多い(図 2.4.5)。大型貨物車利用に当たっての問題点は、「高速道路料金が割高」の他、「一般道路の整備が不十分」や「交差点や橋梁等、既存道路で走行しづらいところがある」を問題視する企業が多い(図 2.4.6)。



※各項目に対する5段階の重要度の回答結果を、「非常に重要である」を5点、「重要である」を4点、「どちらともいえない」を3点、「あまり重要ではない」を2点、「重要ではない」を1点として得点化して平均得点を算出。
 出典：第4回東京都市圏物資流動調査報告書実態調査編(平成18年9月)，東京都市圏交通計画協議会

図 2.4.5 輸送の効率化や高度化への取り組み方



※各項目に対する5段階の重要度の回答結果を、「非常に重要である」を5点、「重要である」を4点、「どちらともいえない」を3点、「あまり重要ではない」を2点、「重要ではない」を1点として得点化して平均得点を算出。
 出典：第4回東京都市圏物資流動調査報告書実態調査編(平成18年9月)，東京都市圏交通計画協議会

図 2.4.6 大型貨物車の利用における問題点

2.4.2 物流施設立地に関する近年の施策とモデルの方向性

(1) 物流施設立地に関する近年の課題

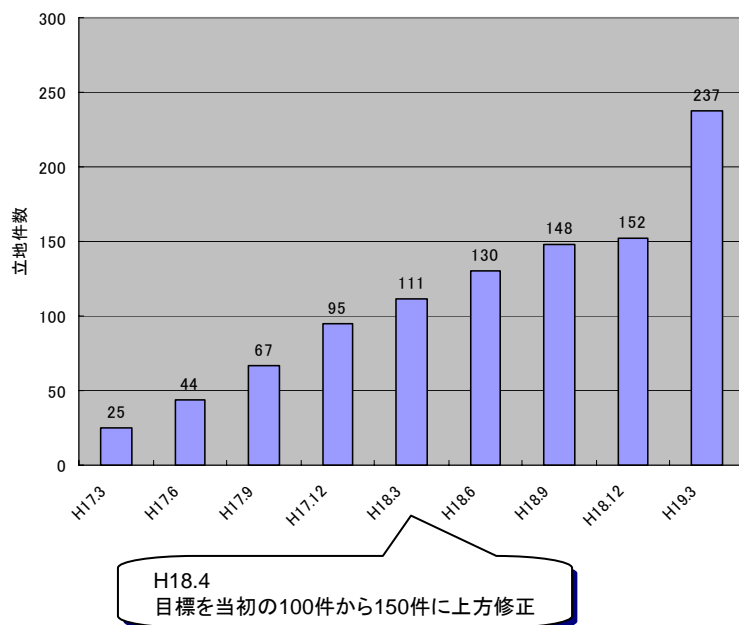
第4回物資流動調査における物流施策の方向性が提言された時点では、流通業務総合効率化法が平成17年(2005)に公布され、特定流通業務施設は、「市街化調整区域において開発許可について配慮する」とされていたため、圏央道のIC付近での、物流施設立地を誘導するための土地利用の方針が、物流施設立地に係わる都市計画上の課題であった。その後、「田園都市産業ゾーン基本方針」に従って、土地区画整理事業等の手法による工業団地が圏央道IC近傍で進められ、これらの用地に物流施設の立地も進んでおり、第4回物資流動調査で提言された物流施策の方向性に従って物流施策が実施されている(図2.4.7)。

一方、郊外部と並んで物流施設の立地ポテンシャルが高いと推計された臨海部においては、住宅と物流施設の土地利用の混在といった問題が発生している。主に準工業地域での、物流施設の住宅の土地利用の混在の問題は、第4回物資流動調査の解析でも指摘されていた。これは、物流施設と住宅が無秩序に混在することにより、物流施設側では、騒音・新道・照明などにより夜間の操業が制約を受け、物流の効率性が低下する。住宅側では、騒音・新道・照明などの面で居住環境が悪くなり、交通安全の低下といった問題も生じる。このような問題は、人口の都心回帰を背景に、臨海部でのマンション等の住宅立地が更に進んだことにより、更に問題が深刻化している可能性がある(図2.4.8)。この物流施設と住宅との土地利用の混在の問題は、物流に関連する企業からだけでなく、最近では、地方自治体の都市計画や産業立地政策の担当者からも指摘されることが多い。「工業専用地域や、地区計画や別途用途地区で住宅立地が抑制された土地は物流企業に人気がある。」との認識は多くの行政担当者であり、物流施設と住宅との混在の問題が、企業と行政の両方で認識されてきている(表2.4.1)。

また、臨海部には、流通業務団地や工業系用途地域(準工業地域、工業地域、工業専用地域)があり、古くから物流施設が立地している、これらの物流施設の老朽化も課題である。臨海部の流通業務団地は昭和40年代から整備されている。その立地場所は物流に適しているが、施設が老朽化して流通加工などの最近の物流ニーズに対応できないケースや、海上コンテナ車を使った輸入貨物の取り扱いニーズが高いにも関わらず敷地内の道路が、海上コンテナ車に対応していないケースがみられる(図2.4.9)。また、臨海部の工業系用途地域では、工場が海外移転した後の施設がそのまま倉庫として利用されているケースが増えているなど、近年の物流ニーズに対応しない物流機能を取り残されている可能性がある。2.2で整理したように、このような、臨海部の物流施設が立地する産業系用地の再整備の必要性について、久米(2008)は、臨海部での物流施設の老朽化の問題を指摘し、産業系用地での物流施設の再整備の必要性やその方策を論じている。

【埼玉県における圏央道沿道での企業誘致の計画と実績】

- ・企業誘致の実施期間：平成17年1月～平成19年3月
- ・埼玉県の目標立地件数：150件
- ・実際の累積立地件数：237件（平成19年3月末終了）



【鶴ヶ島市南西部第一期土地区画整理事業における企業立地事例】

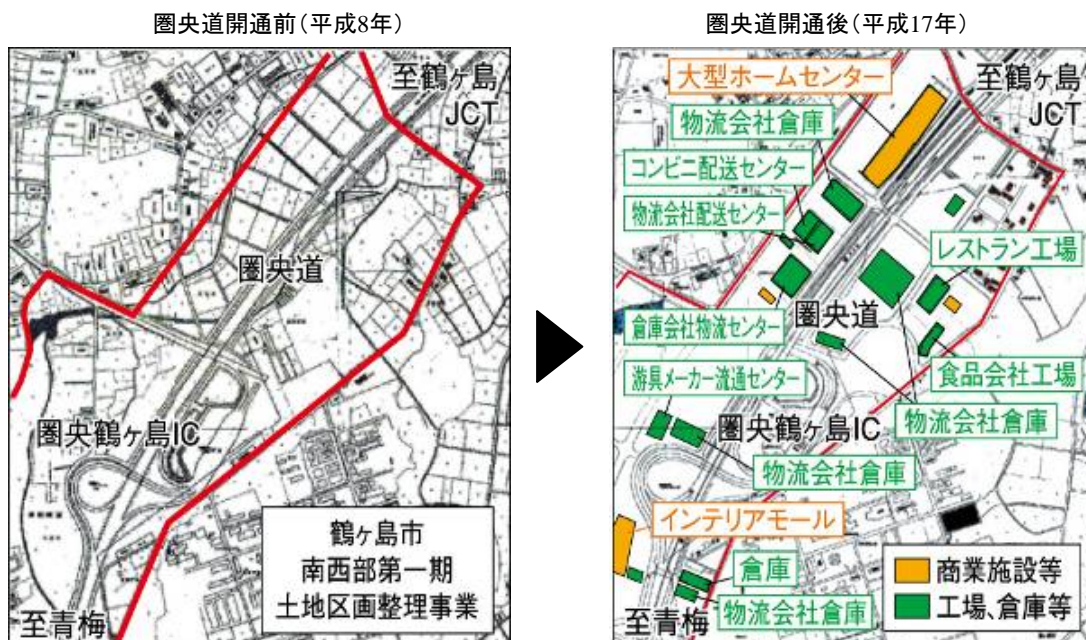
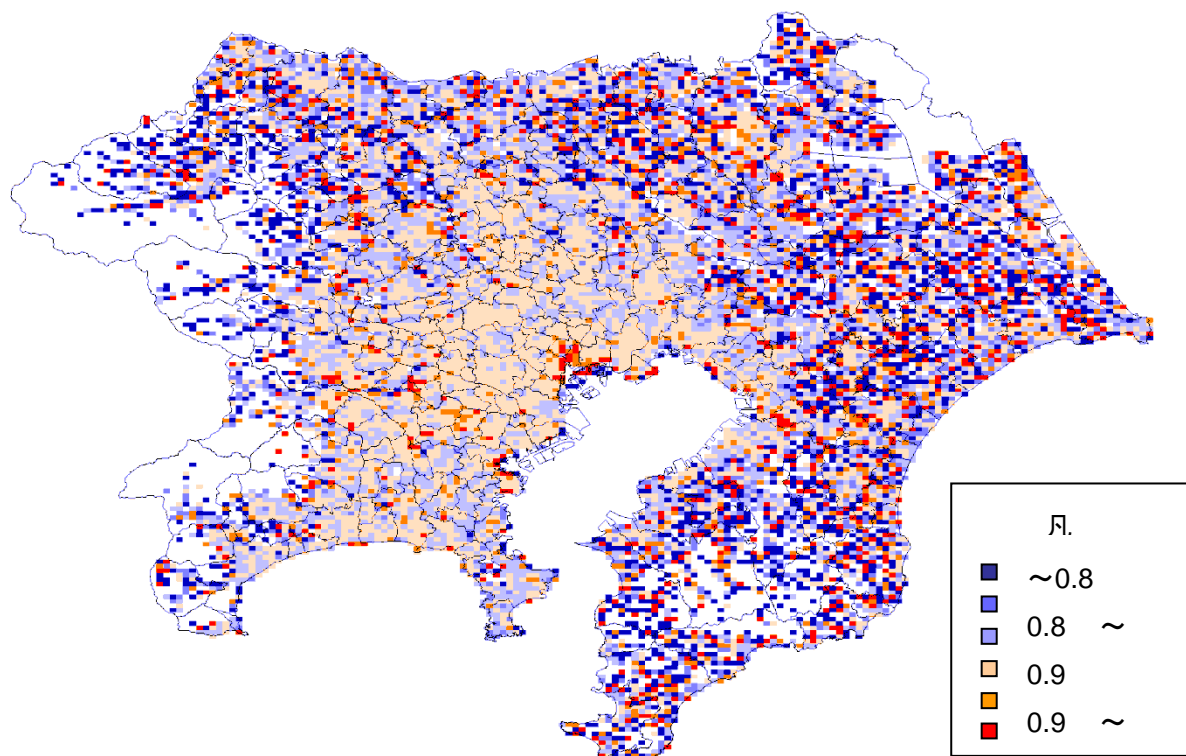


図 2.4.7 東京都市圏郊外部の圏央道沿道における企業立地の状況



出典：「国勢調査（2000年及び2005年）（総務省）」より作成

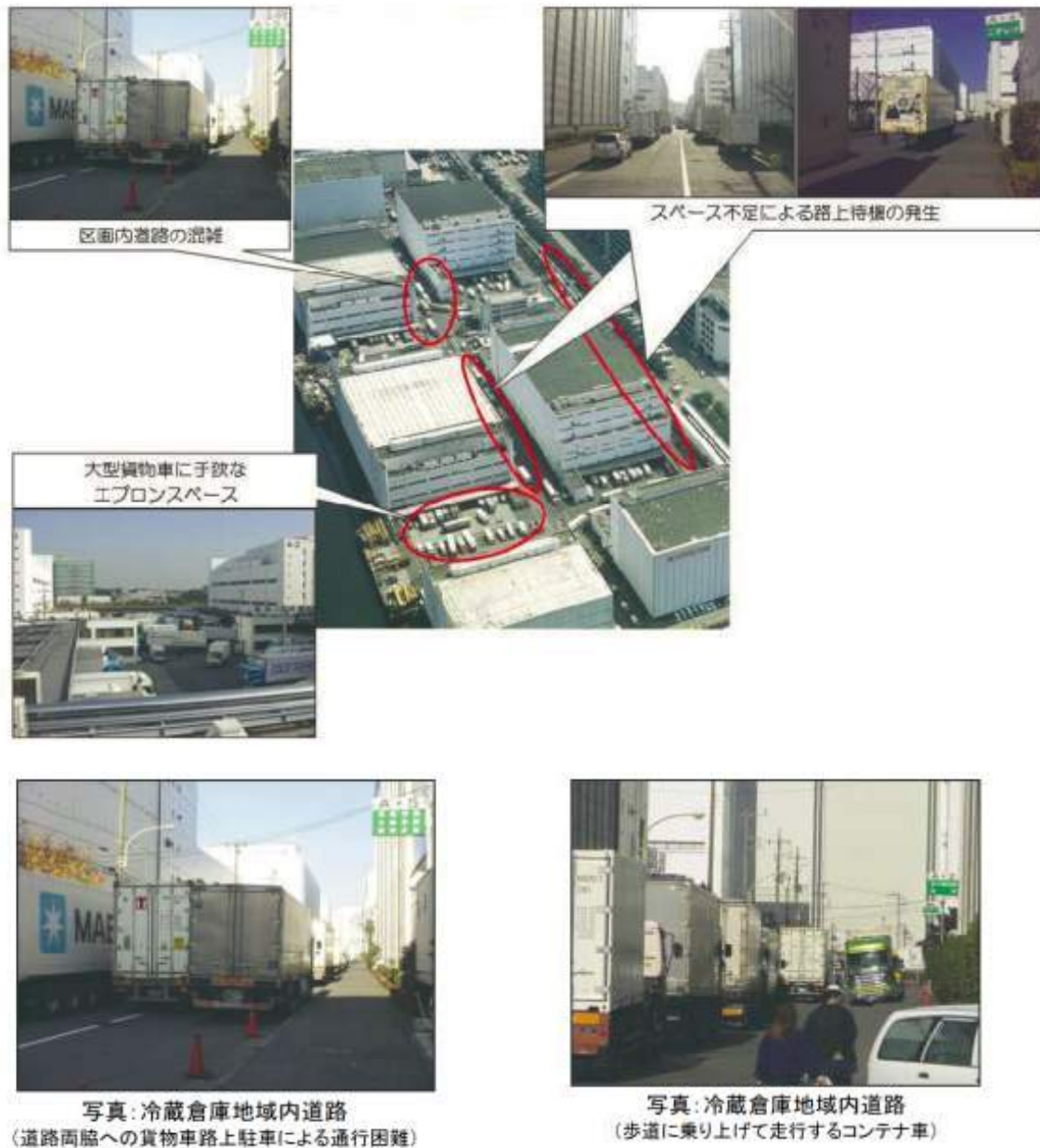
図 2.4.8 東京都市圏におけるメッシュ別人口の増減（2005年/2000年）

表 2.4.1 物流施設と住宅との土地利用の混在に係わる行政や企業の意見

千葉県A市	<ul style="list-style-type: none"> ・ 移転した工場跡地にマンションが立地して物流施設と住宅の混在が発生するケースもみられている。 ・ 幹線道路に面して製造業・物流と住宅の双方に需要がある地区では、地区計画をかけて敷地を分離して、双方の共存を可能とするようなことも行っている。
千葉県B市	<ul style="list-style-type: none"> ・ 臨海部の準工業地域において、新たに立地した住宅と物流施設で混在が発生していることは問題であると認識している。
千葉県C市	<ul style="list-style-type: none"> ・ 埋立地の準工業地域では、元々、地区計画により住宅の立地を規制している。 ・ 最近では、内陸部に存在する工業系用地においても、同様に地区計画によって住宅立地を規制している地区もある。
千葉県D市	<ul style="list-style-type: none"> ・ 臨海部の埋立地では、特別用途地区により住宅立地を規制している。市としては企業立地を促進しているところであるが、住宅立地が規制された用地は、製造業や流通業の企業立地に際して高い評価を受けている。
物流不動産業 E社	<ul style="list-style-type: none"> ・ 近隣住民との問題が発生するため、小学校周辺や一戸建の宅地が近い場所などには立地しないようにしている。 ・ 物流施設であっても、貨物車と人の動線の分離等を計画的に行えば、住宅、商業施設と共存した立地は可能であり、当社でも、防音や景観・環境に配慮して、高層住宅等と共存している施設の事例がある。 ・ 東京都の臨海部は、港湾用地はあるが物流施設の立地用地は少ない。既存倉庫には老朽化した施設も多い。企業単独では対応しきれないため、産業系用地における再開発制度が必要だと考えている。
道路運送業 F社	<ul style="list-style-type: none"> ・ 臨海部での物流施設立地ニーズは高いが、全国から大型貨物車が集まるような拠点施設は、住宅ニーズが高いところに物流施設を配置せず、住宅立地の心配がない工業専用地域等に配置している。 ・ アパレルなど付加価値が高い製品や最近増加している e-コマースなど、リードタイムが短い顧客の物流施設の新規立地が多く、住宅等との共存に配慮した物流不動産業が提供する物流施設を利用しているケースが多い。
百貨店納品 代行業G社	<ul style="list-style-type: none"> ・ 都心への近接性から臨海部に立地している。 ・ 周辺へのマンション立地で、新規の物流施設の立地は難しいと感じている。一方で、新たな道路整備により集配送の利便性は向上している。 ・ 住宅との混在の問題は、騒音・振動や夜間の照明、交通安全などである。 ・ 近隣に学校がある場合、行政から交通安全への配慮に関する指導がある（施設への右折侵入や交差点でのトラックのUターンの禁止など）。

出典：首都圏の羽田・成田両空港を活かした物流・人流機能整備手法調査報告書（平成 23 年 3 月）国土交通省関東地方整備局
江東区臨海部（南部地区）業務機能等導入検討調査報告書（平成 23 年 3 月）独立行政法人都市再生機構

- 東京港に近接するなど立地条件が良く稼働率が高いが、保管物の小口化に倉庫施設が対応せず、保管物の入庫・出庫で非効率が発生。
- 貨物車両の大型化（海上コンテナ利用）によりエプロンスペースが狭隘化。
- 施設が狭いため、繁忙期では周辺道路での路上駐車等が多くなり、周辺道路で渋滞が発生（路線バスにも影響）。



出典：国際競争力強化のための物流施設整備に関するビジョン 国土交通省政策統括官付参事官室（平成21年3月）

図 2.4.9 臨海部における流通業務団地の老朽化の事例⁴⁷⁾

(2) 物流施設立地に関する近年の物流施策

物流施設立地に関する物流施策を表 2.4.2 に示す。このうち、臨海部で生じている物流施設と住宅との土地利用の混在に対応する施策は、表 2.4.2 で網掛けされたものとなる。

都市計画の手法としては、準工業地域であっても地区計画や特別用途地区により住宅立地を抑制することが可能である。また、住宅との土地利用の混在が生じる地区は一般的に地価が高い。老朽化した物流施設を再開発手法により建て替えを進め、流通加工機能などの高度な物流サービスを可能とすることも物流施設の立地を維持するためには有効と考える。また、物流施設と住宅が同じ地区内に立地していても、人と物の動線を分離したり、セットバックや幹線道路等により空間的に分離することで共存することも可能な場合がある。このような取り組みを地区のエリアマネジメントとして考え、ステークホルダー間の協定等により実現していくことが、物流施設と住宅との土地利用の混在の問題に対する一つの方策として考えられる。

表 2.4.2 物流施設立地に関する物流施策

物流施設立地に関する施策		施策の内容
a) 物流施設の立地用地の確保	ア) 流通業務団地、土地区画整理手法、埋め立て等による物流施設の立地用地の確保	・ 高速道路 IC 近傍や臨海部において流通業務団地や土地区画整理手法によって物流施設の立地用地を確保 ・ 埋立地を物流施設の立地用地として活用
	イ) 高速道路 IC 近傍の用途地域指定など土地利用の変更による物流施設の立地用地の確保	・ 新たに整備される高速道路 IC 周辺地区において、物流施設立地に適した地区においては工業専用地域など物流施設に適した用途地域を指定して立地用地を確保
	ウ) 既存産業系用地の物流施設の立地用地として有効活用	・ 高速道路 IC に近接しているなど物流施設に適した工業団地を物流施設の立地用地として活用
	エ) 特別用途地区や地区計画による住宅立地が抑制された立地用地の確保	・ 住宅立地が可能な準工業用途地域や工業地域といった用途地域において、特別用途地区や地区計画により住宅立地を抑制し、土地利用混在の危険性がない用地を確保
b) 産業系用地の再開発等	ア) 老朽化した物流施設が集積する地区での再開発	・ 老朽化した物流施設が集積する地区を対象に再開発事業を実施して土地の高度利用を図り、新たな物流施設の立地スペースを確保
	イ) 老朽化した流通業務団地の再整備	・ 老朽化した流通業務団地を対象に再整備し、新たな物流施設の立地スペースを確保
c) 市街化調整区域での物流施設立地のルール化	ア) 物流施設を含めた市街化調整区域の開発許可基準	・ 市街化調整区域において、物流施設立地の開発を許可する基準を、高速道路 IC との近接などの条件で定める（バラ立ちの抑制）
d) 物流施設と人が共存するための工夫 ※ステークホルダー間の協定等により実現	ア) 人と物流の動線の分離	・ 貨物車専用道路（空間的な分離） ・ 貨物車専用出入口の整備（空間的な分離） ・ 貨物車の時間帯別の侵入規制（時間的な分離） ・ 大型貨物車の侵入規制（貨物車の削減）等
	イ) 物流施設と住宅の分離	・ 建物のセットバックや幹線道路による分離（空間的な分離） ・ 植栽や建物形状による居住環境への配慮 等

※網掛けは、臨海部で生じている物流施設と住宅との土地利用の混在に対応する施策

(3) 物流施設立地モデルの方向性

東京都市圏の郊外部の新たな高速道路 IC 近傍では、第 4 回物資流動調査の解析で懸念されたような市街化調整区域での物流施設のバラ立ちは生じておらず、高速道路 IC 近傍での工業団地等の造成が進んだことで、これらの用地への物流施設の立地誘導が進んでいる(図 2.4.7)。一方、物流施設の立地ポテンシャルが、郊外部と並んで高いと推定された臨海部では、物流施設と住宅の土地利用の混在による問題は解決されておらず、人口の都心回帰を背景に住宅立地が進んだことから、更に深刻化していると考えられる(表 2.4.1, 図 2.4.8)。また、臨海部の流通業務団地や古くからの工業系用途地域では、物流施設が老朽化して、流通加工など新たな物流のニーズに対応せず、物流が非効率になっている可能性がある(表 2.4.1, 図 2.4.9)。物流施設は、一般に住宅や商業施設と比べると地価負担力が小さく、物流施設としての立地ポテンシャルが高い場所であっても、物流施設ではなく、住宅や商業施設が立地する可能性がある。一方、最新の「総合物流施策大綱(2009-2013)」では、経済構造の一層のグローバル化に迅速かつ的確な対応が必要としており、今後推進すべき物流政策の基本的方向性として「グローバル・サプライチェーンを支える効率的物流の実現」という方向が示されている。臨海部は、現在、物流施設が数多く集積しているとともに、東京港・横浜港といった国際港湾や羽田空港にも近接する地域であり、臨海部で物流機能を維持・向上させることは、我が国の国際競争力の視点から重要である可能性は高い。

このような物流の課題に対しては、臨海部の工業系用途地域を対象にした、住宅や商業施設の立地規制(特別用途地域や地区計画による立地規制)や、工場や流通業務施設を対象にした市街地再開発の制度化やその実施といったものが考えられるが、このような施策の実施を判断するためには、物流と住宅等の土地利用の混在の状況を表し、住宅立地などによる影響を評価するためのモデルが必要となる。第 4 回調査で採用された萩野・遠藤(2007)の「物流施設立地モデル」は、1km メッシュというマイクロなゾーン区分で分析が可能であり、人口集積が物流施設の立地に及ぼす影響を計測できる仕組みをモデルに組み込むことで、物流と住宅の土地利用の混在の問題を分析するモデルに拡張可能と考える。久米(2008)は、港湾域の物流拠点再整備の必要性やその方策を論じているが、本研究の第 3 章における研究は、物流施設と住宅との土地利用の混在の問題も含めて、久米(2008)が提案している港湾域の物流拠点再整備の必要性を裏付けるものとなる。

以上から、第 3 章では、人口集積等が物流施設の立地に及ぼす影響をモデル化する方向で研究を進めることとする。

2.4.3 大型貨物車経路に関する近年の物流施策とモデルの方向性

(1) 大型貨物車経路に関する近年の課題

第4回物資流動調査の物流施策の方向性が提言された時点では、車両制限令の平成5年(1993)改正及び平成16年(2004)改正において車両の重さや高さの一般的制限値が改正され車両重量20t超や高さ3.8m超といった大型貨物車に対する申請手続きの簡略化が図られていたが、東京都市圏では「重さ指定道路」や「高さ指定道路」は十分にネットワーク化されておらず、このような大型貨物車に対応した道路ネットワークを拡充するという施策の方向性が示された。このうち、重さ指定道路については、橋梁の耐荷重強化等が図られ、2010年時点で、東京都市圏の直轄国道の延長のほとんどが重さ指定道路となっている。

一方で、国が取り組むべき物流施策の方向性を示した「総合物流施策大綱(2009-2013)」では、経済構造の一層のグローバル化への迅速かつ的確な対応が必要としており、今後推進すべき物流政策の基本的方向性として、物流ネットワークに関しては、「国際物流基幹ネットワーク上に存在する海上コンテナ車の通行支障区間の早期解消等に重点を置いた整備推進」、「国際物流基幹ネットワークの利用促進に向けた課題整理とその解決への取り組み」、「効率的な料金政策による既存高速道路ネットワークの有効活用・機能強化」といった物流施策が掲げられる。このうち、「国際物流基幹ネットワーク⁴⁹⁾(平成18年(2006)6月公表)」は、国土交通省により、国際標準コンテナ車(フル積載時44t、高さ4.1m)が積み替えなく通行可能とすべきとされた幹線道路ネットワークであり、約2万9千kmが選定され、このうち、国際標準コンテナ車が通行できない47区間(約560km)を緊急対策事業により解消していくとされている(図2.4.10)。経済構造のグローバル化に伴って、海上コンテナ車の利用ニーズが高まっているが、海上コンテナ車が道路を走行するためには、「重さ」、「高さ」だけでなく、交差点の折進障害など「車両の長さ」に関しても高い道路規格が求められる。また、海上コンテナ車は、交通事故が発生すると重大事故に繋がる。「総合物流施策大綱(2009-2013)」には、「国際物流基幹ネットワークの利用促進に向けた課題整理」が示されているが、海上コンテナ車に適した道路に海上コンテナ車を誘導して、都市環境の改善や交通安全を高めるための施策の重要性が示されている。

また、国では、経済のグローバル化の流れを受け、釜山港等の東アジア主要港と我が国の港湾との国際競争が激しくなる中、我が国の港湾の国際競争力を強化するため、新成長戦略(2010年6月閣議決定)に基づき、港湾整備においても、戦略的な「選択」と「集中」が必要であるとして、2010年8月に国際コンテナ戦略港湾として、阪神港と京浜港(東京港、川崎港、横浜港)が選定されている⁵⁰⁾。横浜市・川崎市・東京都等が策定した京浜港の国際コンテナ戦略港湾としての計画書⁵¹⁾では、京浜港の取扱貨物量を平成20年(2007)から平成27年(2015)までに約1.4倍にするとされており、東京都市圏において、海上コンテナ車による貨物輸送が増加する可能性が示されている(図2.4.11)。

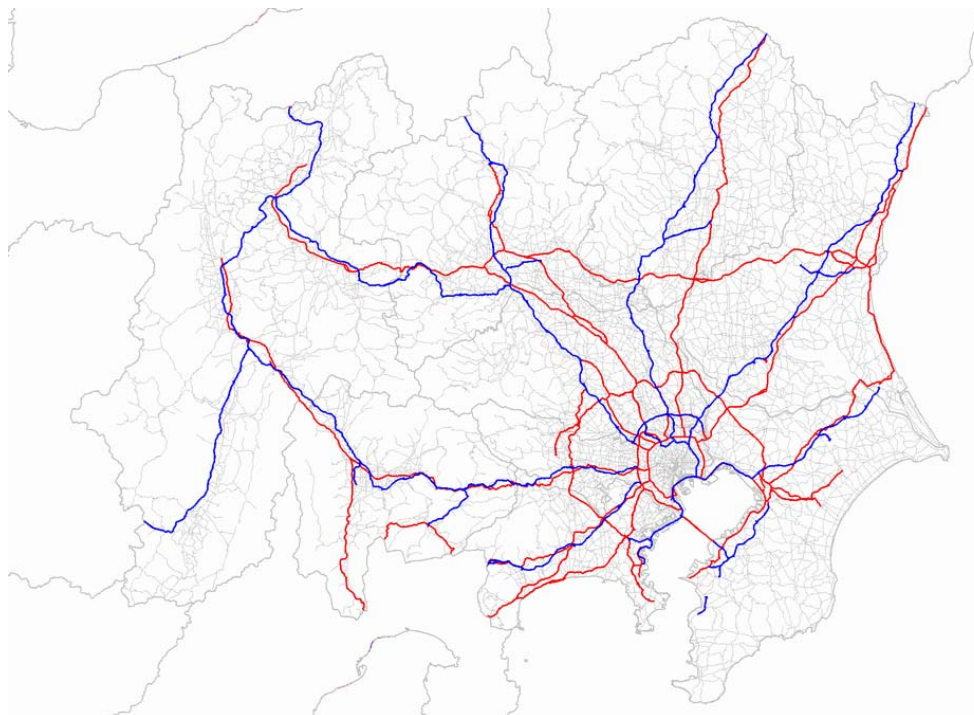
【国際物流基幹ネットワークの概要】

現在の供用区間を対象に、国際標準コンテナ車の通行を可能とすべき、高規格幹線道路をはじめとする幹線道路ネットワーク約2万9千kmを国が選定。このうち、橋梁の強度等の物理的な支障により、現在国際標準コンテナ車が通行できない区間（国際コンテナ通行支障区間）が約560km（47区間）あり、緊急対策事業（橋梁補強やバイパス整備等）により早急に解消を図る。

【国際物流基幹ネットワークの選定基準】

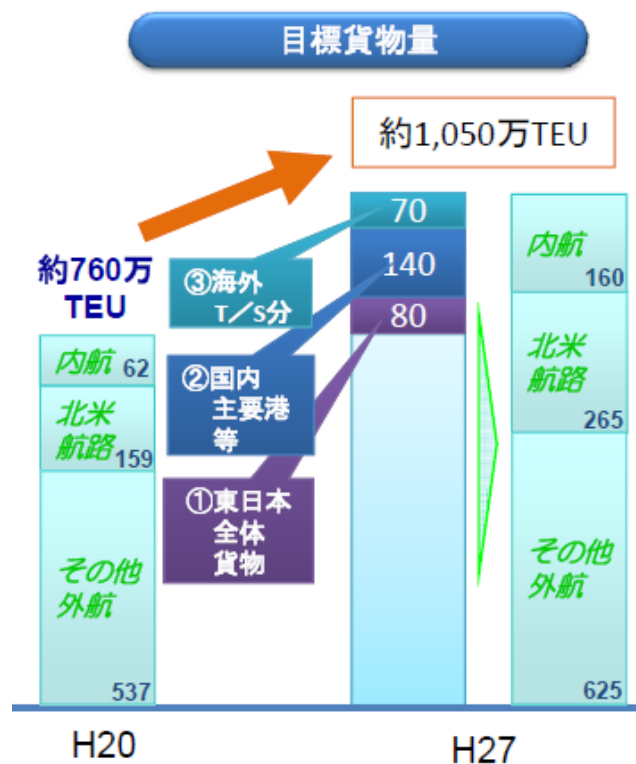
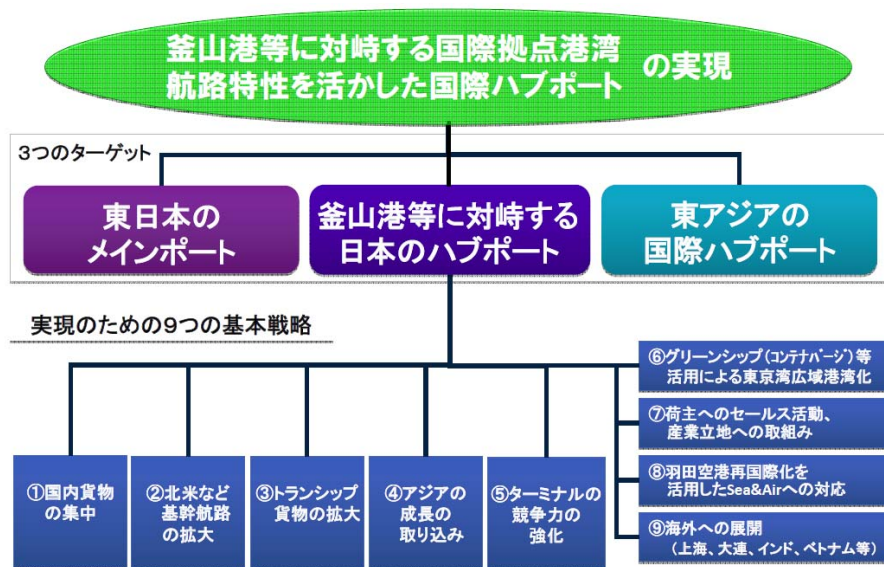
- ① 高規格幹線道路の全線
 - ② 高速自動車国道とあわせて全国的な幹線道路網を構成する道路のうち、
 - ・ 全国的な自動車交通網を構成する自動車専用道路である区間
 - ・ 都道府県庁所在地その他政治上、経済上、文化上特に重要な都市を連絡する区間
 - ・ 特定重要港湾・重要港湾又は重要な飛行場と前述の区間を連絡する区間但し、以下の区間を除く
 - ・ 指定をするためにトンネルの拡幅等大規模な対策が必要な箇所について、現時点で指定の必要性・緊急性が十分でないと判断される箇所
 - ③ ①及び②の道路の他、都市の環状道路や高速道路へのアクセス道路のうち、道路管理者が国際物流の観点から重要と考える道路
 - ④ ①、②及び③の道路と物流拠点又は港湾・空港を結ぶ道路、及び物流拠点と港湾等を相互に結ぶ道路のうち、国際物流にかかわる輸送ニーズが極めて高いと考えられる道路
- ※ 路線の設定に当たっては、生活環境の観点等にも配慮するものとする。

【関東ブロックにおける国際物流基幹ネットワーク指定路線】



出典：国土交通省関東地方整備局ホームページより作成

図 2.4.10 国際物流基幹ネットワーク（国土交通省道路局）の概要



出典：「京浜港国際コンテナ戦略港湾計画書（横浜市・川崎市・東京都・(財)横浜港埠頭公社・東京港埠頭(株)）」

図 2.4.11 京浜港国際コンテナ戦略港湾計画書の概要

(2) 大型貨物車経路に関する近年の物流施策

大型貨物車経路に関する物流施策を表 2.4.3 に示す。このうち、道路改良などにより、海上コンテナ車のボトルネックの解消を図る施策は、表 2.4.3 で網掛けされたものとなる。大型貨物車のボトルネックとしては、橋梁等の耐荷重不足、トンネル等での高さ不足、交差点における折進障害といったものがあり、これらをボトルネックの解消により海上コンテナ車の走行をスムーズにすることができる。

また、住宅地や中心市街地へ大型貨物車が流入することで、景観や交通安全などの面で都市環境が悪化する。高速道路 IC への折進障害や、直轄国道の大型貨物車のボトルネックを優先的に解消することで、積極的に大型貨物車を幹線道路に誘導することで都市環境の改善を図ることも物流施策として考えられる。

表 2.4.3 大型貨物車経路に関する物流施策

大型貨物車経路に関する施策		施策の内容
a) 大型貨物車に対応した高速道路ネットワークの形成	ア) 三環状道路等の整備（東京都圏）	中央環状線、外かく環状道路、首都圏中央連絡自動車道といった高速道路を整備して大型貨物車に対応した高速道路ネットワークを形成。
b) 大型貨物車のボトルネックの解消	イ) 重さ指定道路の拡充（橋梁の耐荷重強化）	・橋梁の耐荷重強化などを実施して、フル積載の新規格車（総重量 20 t 超）や海上コンテナ車のボトルネックを解消。
	ロ) 高さ指定道路の拡充	・道路改良等により高さ制限（3.8m 未満）の箇所を解消し、40ft 背高コンテナ車を積載した海上コンテナ車の走行を可能とする。 ・トンネルなど改修が困難なボトルネックについてはバイパスなどの新設を行う。
	ハ) 交差点の折進障害の解消	・交差点の形状の変更などにより、海上コンテナ車の折進障害を解消。 ⇒左折箇所の切り込み、交差点への進入路の付け替え等
c) 大型貨物車走行の適正化による都市環境の改善	ア) 住宅地や中心市街地への大型貨物車の流入抑制	・住宅地や中心市街地への流入を抑制して都市環境の改善を図る。
	イ) 料金政策等による幹線道路への誘導	・料金政策によって高速道路の利用を促進したり、特殊車両通行許可申請において幹線道路利用を優遇することにより、生活道路から幹線道路への転換を促進して、都市環境の改善を図る。
	ロ) ボトルネックの優先的な解消による幹線道路への誘導	・大型貨物車を積極的に誘導する道路に対して、大型貨物車のボトルネックを優先的に解消することで転換を促進して、都市環境の改善を図る。

※網掛けは、道路の改良によって海上コンテナ車のボトルネックを解消する施策

(3) 貨物車経路選択モデルの方向性

第4回物資流動調査の物流施策の方向性で示された「重さ指定道路」、「高さ指定道路」といった、大型貨物車に対応した道路ネットワークの整備が進んでいる。一方で、「総合物流施策大綱(2009-2013)」に示される「グローバル・サプライチェーンを支える効率的物流の実現」のためにも海上コンテナ車に対応した物流ネットワークの整備や、そこへの経路誘導といった物流施策の必要性が高まっているが、杉山・柴崎・渡部・藤原・五十嵐(2009)など、通行支障箇所に関する研究はあるが、海上コンテナ車の経路選択特性の研究は少ない。一方で、海上コンテナ車が道路を通行するために必要な特車申請は、平成18年(2006)から電子申請することが可能となり、海上コンテナ車の経路情報が電子データとして蓄積され始めている。また、この電子申請のシステムに組み込まれている道路データ(道路情報便覧)には、海上コンテナ車の道路上の通行障害区間のデータが含まれており、これを用いて、兵藤・シュライナー・高橋(2006)の大型貨物車経路選択モデルを、海上コンテナ車の経路選択モデルに拡張することは十分に可能である。また、特車申請による海上コンテナ車経路情報や、道路上の通行支障区間情報を含む道路情報便覧データは毎年更新されており、自動的に毎年更新される経路情報や通行支障区間情報を物流ネットワークの解析ツールとして活用する手法を開発することは、民間企業で行っている貨物車プローブデータなども統合することで、貨物車経路を分析するための新たなプラットフォームとしての活用の可能性もあると考える。

東京港・横浜港といった我が国の重要な国際港湾を有する東京都市圏においては、大型貨物車の経路として重要な道路区間は、海上コンテナ車がスムーズに通行できるような道路規格が求められるとともに、重大事故の危険性を回避するため、乗用車と貨物車の道路ネットワークをできるだけ分離するといった視点で計画する必要性も高い。

以上から、第4章では、大型貨物車経路選択モデルを、海上コンテナ車の経路選択モデルへ拡張する方向で研究を進めることとする。

2.5 第2章のまとめ

本章をまとめると、以下のようになる。

2.2では、都市の物流施策に係わる既存研究をレビューした。人の交通需要推計で用いられ、過去の物資流動調査で採用されている、四段階推定法による物資流動量の将来交通需要推計に関する既存研究は、主に物資流動量から貨物車台トリップ数を推計するステップを対象にして、ロードプライシング評価のためのモデルの改良や推計精度向上といった視点から研究が進められていることを明らかにした。広域物流拠点や都市内配送拠点に関しては、企業のコスト最小化の行動から物流施設の最適配置を推計するモデルに関して多くの研究がある。第4回物資流動調査で採用された萩野・遠藤(2007)のモデルは、企業のコスト最小化の行動は明示的に扱っていないが、物流施設立地の実態データから立地行動をモデル化して、都市計画による物流施設の立地誘導等の施策立案に必要な土地利用や交通条件をモデルに組み込んでいる点に特徴があることを明らかにした。大型貨物車に対応した道路ネットワークに関しては、海上コンテナ車のボトルネック箇所を調べる既存研究はあるが、第4回調査で採用された兵藤・Schreiner・高橋(2006)の「大型貨物車経路選択モデル」のように、大型貨物車に対応した道路規格から経路選択モデルを構築した既存研究はないことを明らかにした。その結果、既存研究との関係からは、第3章や第4章の分析のベースになるモデルとして、萩野・遠藤(2007)の物流施設立地モデルや兵藤・Schreiner・高橋(2006)の大型貨物車経路選択モデルをベースとすることが妥当であるとした。

2.3では、東京都市圏の物資流動調査の調査内容や提言された物流施策についてレビューした。第1回調査及び第2回調査では、主に広域物流拠点整備計画や物流ネットワーク整備計画を対象にして物資流動を調査する形式で調査が実施されたこと、第3回調査では、東京区部の流通業務団地が整備されたことを受け、物資流動の調査が縮小される一方で、「都市内集配送拠点」や「端末物流対策」など、物流施策の変化に応じて調査内容も変化していることを明らかにした。また、第4回調査では、物流施設の配置や施設の特徴等を網羅的に調査するなど大きく調査内容が変更され、併せて、「大型貨物車走行実態調査」など、物流施策の検討に必要な情報が「補完調査」として実施されている経緯を整理した。これらのレビューの結果、東京都市圏の物資流動調査は、対象とする物流施策の変化に対応して、調査内容が変更されてきた経緯を明らかにした。

2.4では、東京都市圏の物資流動調査で提言された物流施策とモデルとの関係を整理した。第1回調査及び第2回調査では、主に広域物流拠点整備計画や物流ネットワーク整備計画の立案には、四段階推定法による物資流動量の将来交通需要推計が用いられてきたが、物資流動量と広域物流拠点整備計画との関係は曖昧であり、2.2で整理した広域物流拠点の配置に関する多くの既存研究は、物流施設立地モデルから広域物流拠点の配置を検討してい

る点で、現在からみると疑問があることを整理した。一方、第4回調査で採用された、萩野・遠藤(2007)の「物流施設立地モデル」や兵藤・Schreiner・高橋(2006)の「貨物車経路選択モデル」による分析結果は、協議会が提案した物流施策だけでなく、地方自治体の物流施策の検討にも活用されており、東京都市圏の物流施策への対応から考えると、第3章や第4章の分析のベースになるモデルとして、萩野・遠藤(2007)の物流施設立地モデルや兵藤・Schreiner・高橋(2006)の大型貨物車経路選択モデルをベースとすることが妥当であるとした。

2.5では、第4回物資流動調査以降の都市の物流施策の動向を整理し、第3章の「物流施設立地モデル」や、第4章の「大型貨物車経路選択モデル」の方向性を明らかにした。第3章の物流施設立地モデルに関しては、郊外部では圏央道IC近傍の工業団地整備など、第4回物資流動調査で提言された方向性で物流施策が実施されているが、臨海部においては、住宅と物流施設の土地利用の混在による問題が深刻化しており、それに対応するためには、物流施設と住宅とが共存するための工夫（人と物の動線の分離、物流施設と住宅との空間的な分離等）、臨海部の工業系用途地域を対象にした住宅立地規制（特別用途地域や地区計画による立地規制）、物流施設の立地に適した産業系用途地域での市街地再開発事業といった都市計画からの物流施策が必要となっていることから、人口集積が物流施設立地に及ぼす影響をモデルに組み込むこととした。第4章の大型貨物車経路選択モデルに関しては、海上コンテナ車の利用ニーズが高まっているが、海上コンテナ車の経路では、道路の重さ指定、高さ指定だけでなく、交差点の折進障害など、「車両の長さ」に係るボトルネックの解消が求められることから、海上コンテナ車の通行支障を説明変数としてもモデルに組み込みながら、大型貨物車経路選択モデルを海上コンテナ車の経路選択モデルに拡張することとした。

第2章に関連する参考文献

- 1) 鹿島茂(1989)：「産業連関表をベースとした貨物輸送量の推計」，土木計画学研究・講演集，No.12，pp.465-472
- 2) 細谷涼子・佐野可寸志・加藤浩徳・家田仁・福田敦(2003)：「企業行動構造を明示的に考慮した大都市圏物流施策評価モデルの構築」，土木計画学研究・論文集，Vol.20 No.3，pp.759-769
- 3) 佐野可寸志・小根山裕之(1996)：「都市内物流における貨物車交通量変換モデル」，土木計画学研究・論文集，No.13，pp.649-655
- 4) 高橋洋二・望月明彦・栄武男(1993)：「広域物流拠点及び集配拠点の整備の方向」，土木計画学研究・講演集，No.16(2)，pp.25-28
- 5) 高橋洋二・苦瀬博仁・兵藤哲朗・清水真人(1996)：「物資流動調査にもとづく物流施設の整備効果に関するシミュレーション分析」，国際交通安全学会誌，第21号 No.4，pp.24-35
- 6) 苦瀬博仁・久保幹夫・二階堂亮・管智彦(1996)：「配送コストと施設コストにもとづく物流施設の最適数と最適配置に関するモデル分析」，日本物流学会論文集，第5号，pp.12-20
- 7) 谷口栄一・則武通彦・山田忠史・泉谷透(1998)：「物流ターミナルの最適規模および配置の決定法に関する研究」，土木学会論文集，No.583/IV-38，pp.71-81
- 8) 坪井竹彦・高橋洋二・兵藤哲朗・田中啓介(2002)：「首都圏の耐久消費財の配送行動に着目した拠点理知に関する実証的研究」，第22回交通工学研究発表会論文報告集土木学会論文集，pp.245-248
- 9) 萩野保克・遠藤弘太郎(2007)：「立地選択モデルを用いた東京都市圏における物流施設の立地ポテンシャル分析」，土木計画学研究・論文集，No.24，pp.103-110
- 10) 田中康仁・小谷通泰・小林護(2010)：「京阪神都市圏における物流施設の立地選択モデルの構築」，土木計画学研究・論文集，Vol.27，No.4，pp.675-682
- 11) 久米秀俊(2008)：「最近のロジスティクスニーズに対応した港湾域物流拠点の整備に関する研究」，運輸政策研究，vol.10No.43，pp.71-74
- 12) 松本昌二(1990)：「都市内物流に関するロジスティック費用と顧客サービスのトレードオフ」，土木学会論文集，第413号/IV-12，pp.31-38
- 13) 家田仁・佐野可寸志・常山修治(1992)：「マクロ集配計画モデルの構築とその「地区型共同集配」評価への適用」，土木計画学研究・論文集，No.10，pp.247-254
- 14) 家田仁・佐野可寸志・小林伸司(1993)：「荷合せトラック物流における都市内集配活動のモデル化とその推定」，土木計画学研究・論文集，No.11，pp.215-222
- 15) 兵藤哲朗・高橋洋二・久保幹夫・苦瀬博仁・松尾靖浩(1996)：「交通管理政策が都市内貨物集配に与える効果の定量的シミュレーション分析」，第31回日本都市計画学会学

術研究論文集, pp.433-437

- 16) 谷口栄一・山田忠史・細川貴史(1999):「都市内集配トラックの配車配送計画の高度化・共同化による道路交通への影響分析」, 土木学会論文集, No.625/IV-44, pp149-159
- 17) 吉本隆一(1993):「物流施設整備と道路交通システム」, 土木計画学研究・講演集, No.16(2), pp.17-20
- 18) 兵藤哲朗・S. A. Schreiner Jr.・高橋洋二(2006):「東京都市圏物資流動調査を用いた大型貨物車走行経路のモデル分析」, 土木計画学研究・論文集, Vol. 24, No.3, pp.405-412
- 19) 渡辺豊・苦瀬博仁・新谷洋二(1989):「輸出入コンテナ貨物の陸上輸送における一貫輸送と積み替え輸送の選択に関する研究」, 土木計画学研究・講演集, No.12, pp.473-480
- 20) 渡辺豊(1989):「輸出入コンテナの港湾間道路輸送における経路選択に関する研究」 土木計画学研究・論文集, No.8, pp.65-72
- 21) 柴崎隆一・山鹿知樹・鹿野隆・小島肇(2005):「港湾地域及び背後圏における国際海上コンテナ用セミトレーラ連結車の流動状況の推察」, 高速道路と自動車, Vol.48, No.6, pp.20-31
- 22) 柴崎隆一・渡部富博・鹿野隆(2005):「国際海上コンテナの国内輸送ネットワークにおける通行上の制約に関する分析と解消効果の試算」, 運輸政策研究, Vol.7, No.4, pp. 15-26
- 23) 杉山信太郎・柴崎隆一・渡部富博・藤原健一郎・五十嵐一智(2009):「国際海上コンテナの国内自動車輸送における交差点通行上の制約と迂回損失に関する分析」, 土木計画学研究・講演集, Vol. 39, CD-ROM
- 24) 東京都市圏交通計画委員会(1975):「東京都市圏物資流動調査報告書(実態調査編)」
- 25) 東京都市圏交通計画委員会(1975):「東京都市圏物資流動調査報告書(予測編)」
- 26) 東京都市圏交通計画委員会(1975):「東京都市圏物資流動調査報告書(物流施設需要推計編)」
- 27) 東京都市圏交通計画協議会(1985):「昭和59年度東京都市圏総合都市交通体系調査報告書(物資流動調査実態調査編)」
- 28) 東京都市圏交通計画協議会(1985):「昭和59年度東京都市圏総合都市交通体系調査報告書(物資流動調査予測編)」
- 29) 東京都市圏交通計画協議会:「東京都市圏総合都市交通体系調査報告書(平成6年物資流動調査実態調査編)」
- 30) 東京都市圏交通計画協議会:「東京都市圏総合都市交通体系調査報告書(平成6年物資流動調査予測・計画編)」
- 31) 東京都市圏交通計画協議会(2006):「第4回東京都市圏物資流動調査報告書実態調査編」
- 32) 東京都市圏交通計画協議会(2006):「物流からみた東京都市圏の望ましい総合都市交通体系のあり方」
- 33) 田宮佳代子・萩野保克・澤江暁子・苦瀬博仁(2006):「都市交通計画からみた東京都市

- 圏の物流の実態 第4回東京都市圏物資流動調査から」, 土木計画学講演集
- 34) 東京都市圏交通計画協議会(2006):「端末物流対策の手引き～まちづくりの中での物流への取り組み」
 - 35) 苦瀬博仁・高田邦道・高橋洋二編著(2006):「都市の物流マネジメント」, 日本交通政策研究会研究双書22
 - 36) 苦瀬博仁(1999):「付加価値創造のロジスティクス」, 税務経理協会
 - 37) 苦瀬博仁(2007):「都市における物流マネジメントー系譜と思想ー」, 都市計画, Vol.56, No.2, pp.5-8
 - 38) 徳永幸久(2007):「国土交通省における都市内物流施策の動向」, 都市計画, Vol.56, No.2, pp.9-14
 - 39) 兵藤哲朗(2007):「都市圏物資流動調査における新たなモデリング」, 都市計画, Vol.56 / No.2, pp.15-22
 - 40) 竹林秀基(2007):「物流からみた東京都市圏の望ましい姿」, 都市計画, Vol.56, No.2, pp.23-30
 - 41) 萩野保克(2007):「大規模物流拠点と都市づくり」, 都市計画, Vol.56, No.2, pp.43-48
 - 42) 埼玉県(2006):「田園都市産業ゾーン基本計画, ～圏央道さいたま 緑の産業オアシスづくりをめざして～」
 - 43) 東京都(2006):「総合物流ビジョン～東京からはじまる物流革命～」
 - 44) 国土交通省(2005):「報道発表資料:“総合物流施策大綱(2005-2009)について”」
 - 45) 国土交通省(2009):「報道発表資料:“総合物流施策大綱(2009-2013)について”」
 - 46) 千葉県(2007):「「千葉県物流戦略」による物流施策の総合的展開」
 - 47) 国土交通省政策統括官付参事官室(2009):「国際競争力強化のための物流施設整備に関するビジョン」
 - 48) 国土交通省関東地方整備局(2011):「首都圏の成田・羽田両空港を活かした物流・人流機能整備手法調査報告書」
 - 49) 国土交通省道路局(2006):「報道発表資料:国際物流基幹ネットワークについて」
 - 50) 国土交通省(2010):「報道発表資料:“国際コンテナ戦略港湾の選定結果について”」
 - 51) 横浜市・川崎市・東京都・(財)横浜港埠頭公社・東京港埠頭(株)(2010):「京浜港国際コンテナ戦略港湾計画書」

第3章 人口集積等を考慮した物流施設立地のモデル分析

3.1 本章の目的と構成

3.1.1 本章の目的

第2章で示したとおり、東京都市圏の郊外部の新たな高速道路IC近傍では、第4回物資流動調査の解析において懸念されたような市街化調整区域での物流施設のバラ立ちは現時点では生じておらず、高速道路IC近傍での工業団地等の造成が進んだことで、これらの用地への物流施設の計画的な立地誘導が進んでいる。一方、物流施設の立地ポテンシャルが、郊外部と並んで高いと推定された臨海部では、物流施設と住宅の土地利用の混在による問題は解決されておらず、人口の都心回帰を背景に人口集積が進んだことから、土地利用の混在の問題は更に深刻化していると考えられる。また、臨海部の流通業務団地や古くからの工業系用途地域では、物流施設が老朽化して、流通加工など新たな物流のニーズに対応しないといった問題が生じている。物流施設は、一般に住宅や商業施設と比べると地価負担力が小さく、物流施設としての立地ポテンシャルが高い場所であっても、物流施設ではなく、住宅や商業施設が立地する可能性がある。一方、最新の「総合物流施策大綱(2009-2013)」では、経済構造の一層のグローバル化に迅速かつ的確な対応が必要としており、今後推進すべき物流政策の基本的方向性として「グローバル・サプライチェーンを支える効率的物流の実現」という方向が示されている。臨海部は、東京港・横浜港といった国際港湾や羽田空港にも近接する地域であり、臨海部で物流施設立地を維持し、老朽化した物流施設を建て替え等で更新していくことは、我が国の国際競争力の視点から重要である可能性は高い。

このような物流の課題に対しては、物流施設と住宅とが共存するための工夫（人と物の動線の分離、物流施設と住宅との空間的な分離等）、臨海部の工業系用途地域を対象にした住宅立地規制（特別用途地域や地区計画による立地規制）、物流施設の立地に適した産業系用途地域での市街地再開発事業といった都市計画の施策が考えられるが、このような施策の合理性を判断するためには、人口集積等と物流施設立地の競合関係を定量的に評価することが必要となる。そこで、本章では、人口集積等が物流施設の立地に及ぼす影響をモデル化して、東京都市圏をケーススタディとしてシミュレーションを実施し、東京都市圏臨海部において、人口集積等と物流施設立地が両立するための物流施策の必要性を論じる。

3.1.2 本章の構成

本章は、以下のように進める（図3.1.1）。

3.2では、人口集積等が物流施設立地に及ぼす影響をモデル化するために、物流施設立地に関する既存研究のレビューを行う。

物流施設立地に関しては、第2章で示したとおり、コスト最小化といった企業行動から施設立地を記述するモデルや、第4回物資流動調査で採用された、萩野・遠藤(2007)の離散選択モデルによる施設立地モデルなどがある。また、複数の種類の施設立地が相互に影響するモデルは、都市計画・交通計画の分野では、土地利用・交通モデルにおける土地利用均衡モデルの中で研究されている。そのため、既存研究は、「①企業のコスト最小化行動から物流施設立地をモデル化した既存研究」、「②離散選択ロジットモデルで施設立地をモデル化した研究事例」、「③異なる施設の立地競合を土地利用均衡でモデル化した研究事例」の3種類を取り上げ、①及び②から、実際の物流施設立地データを用いて実証的なモデルを構築する視点から既存研究のレビューを行う。③に関しては、物流施設立地モデルを、住宅や商業施設といった他の施設立地との競合関係をモデル化する際の理論や、それを実証的なモデルとして適用する際の方法論を中心にレビューする。これらの知見から、本章における物流施設立地モデルの方向性を明らかにする。

3.3では、第4回物資流動調査を集計して、東京都市圏臨海部における物流施設と住宅との土地利用の混在の状況を分析し、物流施設と住宅など他の施設との立地の競合をモデルに組み込むという、本研究におけるモデル拡張の方向性が妥当であることを、東京都市圏の物流施設立地実態から明らかにする。

3.4では、上記の分析結果を踏まえ、物流施設以外の立地も含めた施設立地を表す全体モデルを構築し、それぞれの施設立地を定式化した上で、施設立地モデルを推定する。

3.5では、東京都市圏の将来の人口集積を想定して、本章で構築した物流施設立地モデルを用いて、将来、東京都市圏の臨海部において、物流施設立地が現状よりも困難になる可能性があることを、モデルを用いたシミュレーション結果から分析し、東京都市圏臨海部において、人口集積等と物流施設立地が両立するための物流施策の立案におけるモデルの活用可能性について論じる。

3.6で、本章の成果や今後の課題を取りまとめる。

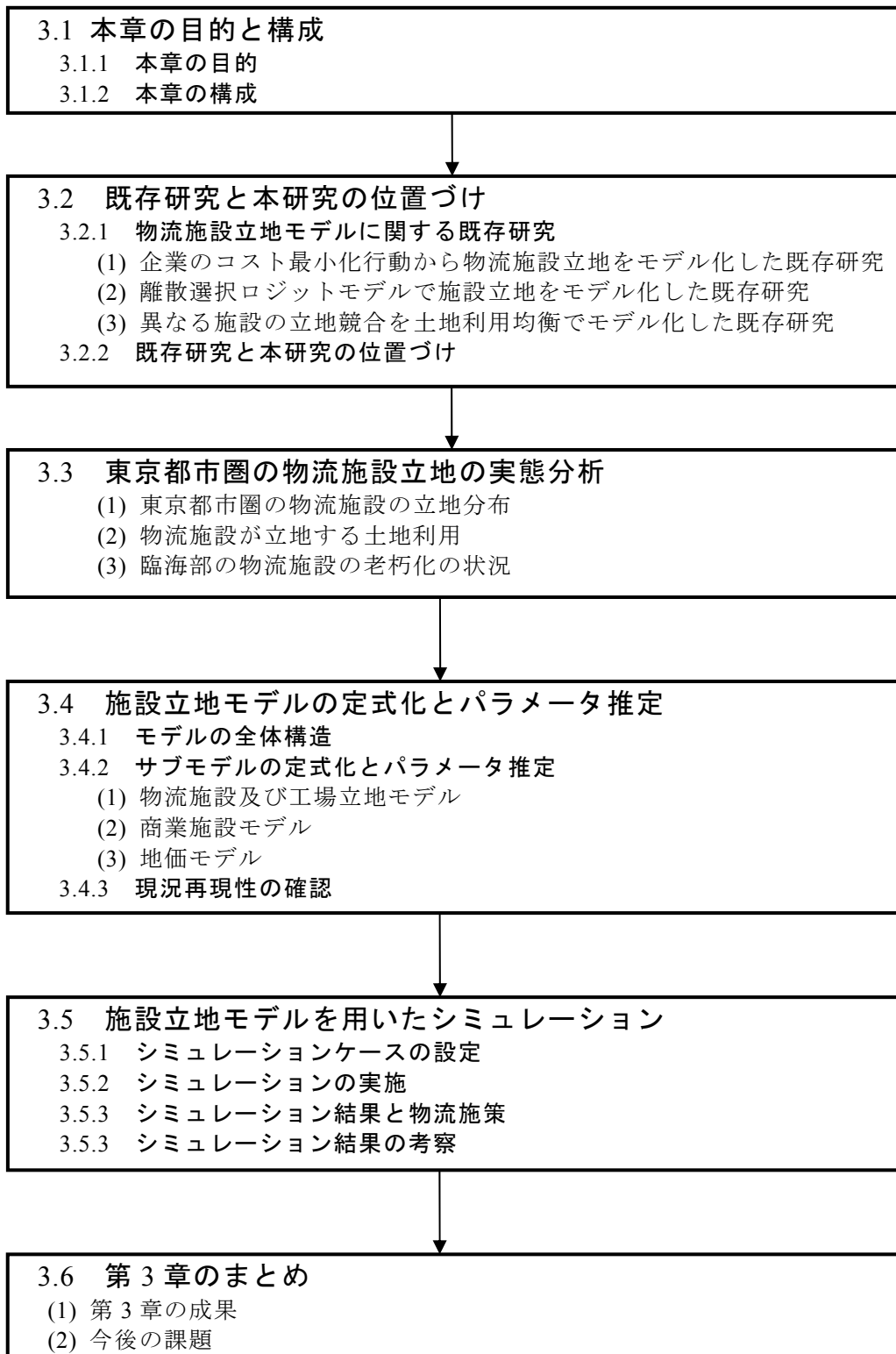


図 3.1.1 第3章の研究の進め方

3.2 既存研究と本研究の位置づけ

3.2.1 物流施設立地モデルに関する既存研究

第2章で既にレビューしたように、都市の物流システムにおいて交通結節点となる物流施設立地に関しては、第2章に示したとおり、コスト最小化といった企業行動から施設立地を記述するモデルや、第4回物資流動調査で採用された、萩野・遠藤(2007)¹⁾の離散選択モデルによる施設立地モデルなどがある。本研究では、萩野・遠藤(2007)の施設立地モデルを、東京都市圏臨海部で深刻化していると考えられる物流施設と住宅との土地利用混在の状況を再現し、これに対応する物流施策の立案に活用可能なモデルに拡張することを目的としている。萩野・遠藤(2007)の物流施設立地モデルでは、人口集積が物流施設立地に及ぼす影響は、モデルに導入されているメッシュ人口や地価といった説明変数によって考慮されているが、人口集積の増加による地価の上昇といった動的な変化が内生されたモデルではない。複数の種類の施設立地が相互に影響するモデルは、都市計画・交通計画の分野では、土地利用・交通モデルにおける土地利用均衡モデルの中で研究されている。

ここでは、「①企業のコスト最小化行動から物流施設立地をモデル化した既存研究」、「②離散選択ロジットモデルで施設立地をモデル化した研究事例」、「③異なる施設の立地競合を土地利用均衡でモデル化した研究事例」の3種類の既存研究をレビューする。既存研究のレビューの視点は、①に関しては、企業行動をどのように捉えてモデル化しているのかであり、②に関しては、どのような方法論で施設立地をモデル化しているかである。実際の物流施設立地データを用いて実証的なモデルを構築するためには、①と②の双方からのレビューが必要であると考えた。③に関しては、ミクロ経済学の理論に基づき展開されたモデルを、交通基盤整備の便益計測など実証的なモデルに適用する方向で研究が続けられている分野である。本研究では、物流施設立地モデルを住宅や商業施設といった他の施設立地との競合関係を含めてモデル化のための方法論を、土地利用均衡モデルの理論や実証的なモデル分析のレビューを通じて整理する。

(1) 企業のコスト最小化行動から物流施設立地をモデル化した既存研究

物流施設の最適規模や最適立地場所などを企業行動からモデル化した既存研究としては、苦瀬・久保・二階堂・管(1996)²⁾の、施設コストと配送コストの最小化から最適配置が決まるモデル。谷口・則武・山田・泉谷(2003)³⁾の、「(a)トラックの輸送費と物流ターミナルの総物流費用の最小化」、「(b)CO₂排出量の最小化」、「(c)乗用車と貨物車の総走行費用の最小化」といった目的関数を設定し、物流施設の配置と施設規模（トラックターミナルのバース数）を計測するモデルなどがある。これらのモデルにおいて、物流施設立地という企業行動を、どのような視点からモデル化しているのかをレビューする。

苦瀬・久保・二階堂・管(1996)は、物流施設の最適配置数と最適物流施設配置を、それぞれを構成するコストを定義し、最適施設数・最適物流施設配置の順に、それぞれのコストを最小化する企業行動としてモデル化している。最適施設数モデルでは、施設数が増えれば、配送コストは下がるが施設コストは増加し、その合計を最小化する点で最適施設数が決定されるとしてモデル化している。その際、施設コストと配送コストの合計を最小化することでモデル化している。また、施設コストは施設費と建設費の合計とし、設備費は地価・建設費・償却年数・リース年数・稼働日数の関数、運営費は人件費の関数としてモデル化している。配送コストは、変動費と固定費の合計とし、変動費は総輸送距離・運転手時給・車両平均速度・車両燃料費の関数、固定費は車両購入費・車両台数・車両償却年数・車両稼働日数の関数としてモデル化している。また、最適配置モデルでは、施設コストと配送コストの合計を最小化することでモデル化している。その際、施設コストは施設費と建設費の合計とし、設備費は地価・建設費・償却年数・リース年数・稼働日数の関数、運営費は人件費の関数としてモデル化している。配送コストは、変動費と固定費の合計とし、変動費は総輸送距離・運転手時給・車両平均速度・車両燃料費の関数、固定費は車両購入費・車両台数・車両償却年数・車両稼働日数の関数としてモデル化している。最適配置では、施設配置を郊外にすれば施設費は下がるが配送費は上昇し、その合計を最小化する点で最適施設数が決定されるとしてモデル化している。その際、施設費は最適施設数モデルと同じであるが、施設数が最適配置数モデルにより所与であるため、それぞれの配送圏を設定して総輸送距離を再計算してモデルに導入している。

谷口・則武・山田・泉谷(2003)のモデルでは、予め、分析対象としている近畿圏で物流施設立地場所の候補地と道路ネットワークを設定して、交通量配分と組み合わせて物流施設の最適規模（トラックターミナルのバース数）と最適配置を求めている。具体的には、道路ネットワークにおける交通量配分の結果から、道路ネットワーク上のノードに仮想的に配置された物流施設を経由する配送車台数が推計され、これから物流施設規模（バース数）を決定して施設コストを算定している。また、配分交通量計算結果からは、配送費用やCO₂排出量などが算定され、これにより、「(a)トラックの輸送費と物流ターミナルの総物流費用の最小化」、「(b)CO₂排出量の最小化」、「(c)乗用車と貨物車の総走行費用の最小化」といった目的関数に応じて物流施設の最適規模と最適配置が算定されるモデルとなっている。

これらのモデルに共通しているのは、企業における配送費や施設費を緻密に積み上げ、物流施設の配置によって、これらのコストが変動する形でモデル化し、物流施設の規模（施設数）や最適配置場所を推計している点である。

(2) 離散選択ロジットモデルで施設立地をモデル化した既存研究

施設立地モデルに離散選択ロジットモデルを適用した既存研究としては、主に工場施設立地モデルとして、次のようなものがある。萩野・遠藤(2007)の物流施設立地モデルも含めて、以下でレビューする。

林・磯辺(1984)⁶⁾は、離散選択ロジットモデルを、工場立地選択モデルに適用している。これは、愛知県を分析対象地域として、既存の工業立地量と経済フレームから与えられる新規工場立地量から愛知県の総工場立地需要を想定し、離散選択ロジットモデルにより地域別の工場立地量を推計するモデルである。このモデルでは、ネスティッドロジットモデルを採用し、広域レベル（愛知県を13区分した地域）と局地レベル（愛知県内の103市区町村）の2段階に分けてモデルを推定している。林・磯辺（1984）は、ネスティッドロジットモデルを採用した理由を、「企業は、それぞれ土地固有の立地因子に基づいて立地を選ぶが、市区町村（103個）を選択肢とした多項選択モデルの構築は困難である。」とし、モデルのパラメータ推定上の課題を示している。このモデルの説明変数は、局地立地選択モデルでは、工業用途地域面積、高速道路インターチェンジまでの距離などであり、広域立地選択モデルでは、仕入輸送時間や局地立地選択モデルの logsum 変数となっている。

宮本・松井(1984)⁷⁾や宮本・中村ら(1985)⁸⁾は、林・磯辺(1984)と同様に、ネスティッドロジットモデルで工場立地選択モデルを推定している。この研究では、札幌市を中心とした道央圏域を対象にして、広域立地レベルを33市区町村、局地立地レベルを1kmメッシュとしている。その際、局地立地レベルの推定では、工場の立地可能面積を工場立地の容量制約として与え、その制約下で工場立地が成立するとしてモデルを構築している。岩崎・相茶ら(1995)⁹⁾は、工場立地モデルを、関東地域の1都7県の都県を広域立地レベル、それを67地域に区分した地域を局地立地レベルとしてネスティッドロジットモデルでモデル構築しているが、宮本・中村ら(1985)が制約条件として取り扱った工業の立地可能面積を、モデルの説明変数として取り扱って、与えてモデルを構築している。この規模変数の導入の考え方は、東京都市圏で採用された萩野・遠藤(2007)のモデルと同様である。

また、施設立地モデルを離散選択モデルで推計する際の選択肢集合の取り扱いについてレビューする。加藤・岩崎ら(1995)¹⁰⁾は、全国を353ゾーンに区分して、民間研究所立地選択モデルを離散選択ロジットモデルで推定しているが、その際、ネスティッドロジットモデルではなく、多項選択ロジットモデルで推定している。離散選択ロジットモデルを用いて立地選択を分析する際の問題点として、林・磯辺(1984)が指摘しているように、パラメータを推定の方法論の問題の他、「立地選択主体が地域全体の情報を正確に把握し、膨大な選択肢を同時に評価しているのか。」という問題がある。多くの研究でネスティッドロジットモデルが採用されているのは、これらの問題を解決するためでもある。加藤・岩崎ら(1995)は、民間研究所の立地は、その企業の本社への近接性が影響するとの企業アンケート調査結果に着目し、研究所を立地させる企業が認識する選択肢の数が、距離により逓減すると仮定してモデルを推定している。具体的には、膨大な数の選択肢からパラメータを推定することが困難であるとして、3.2.1 に示した萩野・遠藤(2007)のモデルと同様に選択

肢部分集合を選定しているが、その際に、対象とする選択肢が本社からの距離によって通減するように操作して選択肢部分集合を設定する方法をとっている。また、この研究では、部分選択肢集合を徐々に増やしてパラメータ推定した結果、19の選択肢で十分に安定的なパラメータが得られたとしている。

萩野・遠藤(2007)は、第4回物資流動調査の物流施設立地データ（座標データ）を活用して、1kmメッシュ単位の物流施設立地モデルを多項選択ロジットモデルで推定しており、萩野・遠藤(2007)や、Hyodo et. al.(2008)¹¹⁾によって、国内、国外の学会で発表され、GISを活用して、1kmメッシュというミクロなゾーン区分で物流施設の立地行動をモデル化した研究事例として評価を受けている。このモデルは、本研究で構築する施設立地モデルのベースとなるものであり、モデルの詳細を以下でレビューする。

【萩野・遠藤(2007)の物流施設立地モデル】

① モデル構築の基本的考え方

このモデルは、東京都市圏における物流施設の立地ポテンシャルが高い場所を定量的に推計し、物流施設の立地誘導を図るべき地域の選定や、立地誘導効果を分析する事を目的として構築されたものである。具体的には、第4回物資流動調査¹²⁾の事業所機能調査（本体調査）のサンプルデータを用いて、東京都市圏内の1kmメッシュ別の立地選択確率を推計する離散選択ロジットモデルである。

分析対象地域は、東京都市圏全域であり、ゾーン区分は、国土数値情報の3次メッシュ区画（1kmメッシュ）としている。このとき、1kmメッシュ数の東京都市圏の合計は15,230である。事業所機能調査（本体調査）で調査された物流施設のサンプルのうち、比較的最近の立地選好をモデル化するため、1990年以降に立地したサンプルがパラメータ推定に用いられている。モデルに用いられた物流施設の区分は表3.2.1のとおりである。物流施設の輸送圏域から大きく「広域的物流施設」と「都市内配送センター」に分け、それぞれをさらに敷地面積や業種によって2区分してモデルが推定されている（表3.2.1）。

表 3.2.1 モデルの推定区分

広域的 物流施設	モデル 1	敷地面積 3,000 m ² 以上	主たる搬出圏域が「東京都市圏域」以遠および「都道府県を越える」物流施設でも平均輸送距離が 40km を超える施設
	モデル 2	敷地面積 3,000 m ² 未満	
都市内配送 センター	モデル 3	運輸・倉庫業	広域的物流施設以外の物流施設
	モデル 4	その他業種	

② モデルの定式化

モデルの定式化は、次のとおりである。あるゾーン i に含まれる立地可能な敷地ロットの集合を J_i とし、個々のロットの立地効用関数を v_j ($j \in J_i$) とすれば、個々のロットの集合

体であるゾーン i の選択確率 P_i は次式で表される。

$$P_i = \frac{\sum_{j \in J_i} \exp(v_j)}{\sum_n \sum_{k \in J_n} \exp(v_k)} \quad (3.2.1)$$

$$= \frac{\exp(V_i)}{\sum_n \exp(V_n)}$$

ただし、

$$V_i = \ln \sum_{j \in J_i} \exp(v_j) \quad (3.2.2)$$

とされている。Ben-Akiva et.al.(1984)¹⁴⁾は、式(3.2.2)を具体的に観測可能な変数を用いて定式化するために、以下で定義されるゾーン i の平均効用関数 \bar{v}_i を導入している。

$$\bar{v}_i = \frac{1}{M_i} \sum_{j \in J_i} v_j \quad (3.2.3)$$

M_i : ゾーン i の立地可能な敷地ロットの数 (J_i の要素数)

この \bar{v}_i はゾーン i 内の個々の立地可能なロットの効用関数の算術平均であり、観測可能なゾーン i の平均的な特性変数によって説明可能と期待できるものである。そこで式(3.2.2)を、 \bar{v}_i を用いて以下のように変形している。

$$V_i = \ln[\exp(\bar{v}_i) \sum_{j \in J_i} \exp(v_j - \bar{v}_i)]$$

$$= \bar{v}_i + \ln[\sum_{j \in J_i} \exp(v_j - \bar{v}_i)] \quad (3.2.4)$$

$$= \bar{v}_i + \ln[\frac{1}{M_i} \sum_{j \in J_i} \exp(v_j - \bar{v}_i)] + \ln M_i$$

上式の第2項はゾーン i における個々のロットの効用関数値の変動に関する測度である。第3項はゾーン i 内の立地可能な敷地ロットの数に関する項であり、ゾーン i の規模に関する測度とみなしうる。第2項も第1項と同様にゾーン i の特性変数の関数として説明できると仮定すれば、ゾーン (3次メッシュ) 選択ロジットモデルは以下の形式となる。

$$P_i^r = \frac{\exp(\bar{v}_i^r + \ln M_i)}{\sum_j \exp(\bar{v}_j^r + \ln M_j)} \quad (3.2.5)$$

$$= \frac{\exp(V_i^r)}{\sum_j \exp(V_j^r)}$$

ただし、

P_i^r : セグメント r の物流施設がゾーン (3次メッシュ) i を選択する確率
 \bar{v}_i^r : ゾーン i 内の立地可能な敷地ロットの平均効用とそのばらつきを表す効用関数 (確定項)
 V_i^r : ゾーン i の効用関数

である。ここでゾーン*i*内の立地可能な個々の敷地ロットの数を表わす M_i については、直接観測することができない。そこでゾーン*i*の観測可能な規模を表す変数 S_i に対して、

$$M_i = \alpha \cdot S_i \quad (3.2.6)$$

S_i : ゾーン*i*の規模変数 (可住地面積－宅地面積など)

α : パラメータ

を仮定している。これを式(3.2.4)に代入すると、結局 α は分母分子でキャンセルされ、消去される。さらにゾーン*i*内の立地可能な敷地ロットの平均効用とそのばらつきを表す効用関数の確定項 \bar{v}_i^r が、ゾーン*i*の特性変数 x_{ki} ($k=1,2,\dots$)の線形関数によって表されると仮定すると、式(3.2.5)のロジットモデルの効用関数は、以下のように定式化される。

$$V_i^r = \sum_k \beta_k^r x_{ki} + \ln S_i \quad (3.2.7)$$

x_{ki} : ゾーン*i*内の敷地の平均的な立地効用を表す*k*番目の変数 (立地要因変数)

β_k^r : パラメータ

このモデルのパラメータ推定においては、規模変数の項 $\ln S_i$ の係数を1に固定し、 β_k^r を通常のロジットモデルと同様に推定している。

③ 立地選択モデルの説明変数

式(3.2.7)を構成する具体的な説明変数としては、東京都市圏物資流動調査で実施した物流施設立地に際して重要視する要因に関する「企業アンケート調査」の結果を踏まえるとともに、データの入手可能性を勘案して、表3.2.2に示すような変数が候補として検討されている。また、式(3.2.6)に示す規模変数 S_i としては、可住地面積から一般建物面積を減じた数値が採用されている。「企業アンケート」では、道路の利便性、立地コスト、広い用地の確保、従業員の確保、物流に適した周辺環境などを企業が重要視していることが明らかになっている。ここで、市街化調整区域ダミーについては、近年、圏央道沿線といった郊外部において開発許可によって市街化調整区域内に立地する物流施設が多くなっていることから、立地の容易さを表す変数として導入されている。

④ パラメータの推定

今回推定するロジットモデルにおいては、パラメータの推定上、選択肢数が首都圏全域における3次メッシュ数(15,230)となり、パラメータ推定に要する計算量が膨大になること、安定した収束解が得られない場合などの問題があり、通常の方法では推定が困難である。しかし、ロジットモデルの場合には、選択肢の全体集合の中から無作為に少量の選択肢集合の部分集合を選択してパラメータの推定を行っても、サンプル数が十分に大きければ、同一のパラメータに収束することが知られている^{13),14)}ため、サンプル毎に15,230区画の中から実際に立地している区画以外のメッシュを無作為に199区画抽出し、合計200区画の要素を有する部分選択肢集合を抽出し、最尤法によりパラメータを推定している。パラメータの推定結果は、表2.3.3のとおりである。

⑤ 物流施設立地ポテンシャルの推計

このモデルでは、本立地選択モデルの効用関数式(3.2.7)によりメッシュ区画ごとに算定される効用値を用いて、式(3.2.8)に示す効用値の偏差値を「立地ポテンシャル」として定義して、1kmメッシュ単位で、物流施設が立地しやすい地域を分析している。

$$P_i^r = \frac{10 \times (V_i^r - \overline{V^r})}{\sigma^r} + 50 \quad (3.2.8)$$

ただし、

P_i^r : セグメント r , メッシュ i のポテンシャル

V_i^r : セグメント r , メッシュ i の立地効用

$\overline{V^r}$: セグメント r の立地効用の平均値

σ^r : セグメント r の立地効用の標準偏差

表 2.3.2 立地選択モデルの説明変数

説明変数	説明変数の算定方法	説明変数の考え方
人口密度 (P_i)	$P_i = pop_i / ha_i$ (千人/km ²) pop_i : ゾーン i の人口 (千人) ha_i : ゾーン i の可住地面積 (km ²)	物流施設が、周辺に住宅立地が少ない地域を立地場所を選択する傾向を表す変数
通勤圏内の労働力人口 (RP_i)	$RP_i = \sum_j (Rpop_j)$ (千人) $Rpop_j$: ゾーン i から 45 分圏内ゾーン j の労働力人口 (千人)	流通加工機能等で必要となる労働力の確保の容易性を表す変数
加工組立業への近接性 (ACC_i)	$ACC_i = \sum_j C_j \exp(-\gamma \cdot \log(d_{ij}))$ C_j : 地域 j の加工組立型工業出荷額 (万円) d_{ij} : 地域 ij 間の道路距離 (km) γ : パラメータ (=1.1)	広域的な物流施設への搬入元である加工組立型産業への近接性を表す変数 パラメータ γ としては、事前に首都圏目別 OD 表を用いて分布交通量モデルを推定し、そのパラメータ 1.1 を採用した。
京浜港までの時間距離	東京港までの一般化費用 (分)	主要港湾までの近接性を表す変数
成田空港までの時間距離	成田空港までの一般化費用 (分)	国際空港までの近接性を表す変数
高速道路 IC までの距離	ゾーン中心から最寄高速道路 IC までの道路距離 (km)	高速道路 IC への近接性を表す変数
地価	公示地価の平均値 (千円/km ²)	物流施設の立地コストを表す変数
市街化調整区域ダミー	ゾーン内に市街化調整区域があれば 1, その他の場合 0	物流施設に適した立地用地確保の容易性を表す変数
用途地域	次の土地利用のゾーン内の対可住地面積比 ・準工業地域, 工業地域, 工業専用地域	物流施設に適した立地用地確保の容易性を表す変数
地域特性変数 (ダミー変数)	以下の地域別ダミー (1or0) ・市街部, 臨海部, 郊外部	地域特性を表す変数で、東京都市圏を 3 区分した ⁶⁾
敷地面積 (GA_k) (地域特性変数との組合せ)	$GA_k = ga_k \times$ 地域特性変数 (ダミー変数) GA_k : k サンプルの敷地面積変数 ga_k : k サンプルの敷地面積 (m ²)	郊外部での大規模な物流施設の立地の容易性を表す変数
コンテナ利用の有無 (CN_k) (地域特性変数との組合せ)	$CN_k = cn_k \times$ 地域特性変数 (ダミー変数) CN_k : k サンプルのコンテナ利用の有無変数 cn_k : k サンプルの国際海上コンテナの搬出入の有無	郊外における国際海上コンテナの取扱施設の立地のしやすさを表す変数
従業者数 (EN_k) (地域特性変数との組合せ)	$EN_k = en_k \times$ 地域特性変数 (ダミー変数) EN_k : k サンプルの従業者数変数 en_k : k サンプルの従業者数 (人)	郊外において、流通加工機能等で必要となる労働力の確保の困難さを表す変数
道路密度 (RD_i)	$RD_i = (ra_i / a_i)$ RD_i : ゾーン i の道路密度変数 ra_i : ゾーン i の道路面積 (km ²) a_i : ゾーン i の面積 (km ²)	道路の利便性を表す変数
メッシュの規模変数 (S_i)	$S_i = ha_i - ba_i$ ha_i : i メッシュの可住地面積 (km ²) ba_i : i メッシュの一般建物面積 (km ²)	物流施設が立地可能な用地の総量を表す変数

表 2.3.3 パラメータの推定結果

説明変数		パラメータ (カッコ内t値)	広域的物流施設		都市内配送センター	
			モデル1 敷地面積 3,000m ² 以上	モデル2 敷地面積 3,000m ² 未満	モデル3 運輸・倉庫業	モデル4 その他業種
ln(人口密度※1)	(千人/km ²)		-0.3634 (-4.918)	-0.2876 (-4.653)	-0.2971 (-4.715)	-0.2443 (-2.452)
ln(通勤圏内の労働力人口)	(千人)		0.9672 (5.401)	1.0244 (6.678)	0.7705 (5.637)	0.6214 (3.328)
ln(加工組立業への近接性)			0.5361 (1.404)			0.8332 (2.083)
ln(京浜港までの時間距離)	(分)			-0.4850 (-1.777)	-0.3986 (-1.471)	
成田空港までの時間距離	(分)					
ln(ICまでの距離)	(km)		-0.1566 (-1.731)	-0.1575 (-2.078)	-0.1414 (-1.621)	-0.1044 (-1.017)
ln(地価)	(千円/m ²)		-0.8878 (-3.932)	-0.6117 (-3.440)		-0.2761 (-1.158)
市街化調整区域	該当:1 非該当:0		0.2831 (1.516)			0.2659 (1.294)
用途地域	準工業地域	対可住地面積比	3.1014 (7.715)	2.3507 (7.053)	3.0846 (8.918)	2.8124 (6.411)
	工業地域	対可住地面積比	3.5490 (6.922)	3.4662 (8.820)	3.8045 (9.028)	1.1305 (1.307)
	工業専用地域	対可住地面積比	3.6174 (11.182)	2.6897 (7.594)	3.2420 (9.669)	2.0056 (3.709)
地域特性ダミー	内陸部	該当:1 非該当:0		-0.1695 (-0.910)		
	臨海部	該当:1 非該当:0		-0.8910 (-3.102)		6.4518 (3.794)
	郊外部	該当:1 非該当:0	-6.5950 (-2.419)			
ln(サンプル敷地面積) × 地域特性ダミー	内陸部				-0.0354 (-1.256)	-0.0833 (-2.165)
	臨海部				-0.1544 (-3.667)	-1.0206 (-3.970)
	郊外部		0.8501 (2.729)			
コンテナ利用の有無 × 地域特性ダミー	臨海部					
	郊外部					-1.0952 (-1.838)
従業者数 × 土地特性ダミー	臨海部					
	郊外部		-0.0048 (-2.519)			
ln(ゾーン内道路密度)			0.4042 (1.748)	1.1728 (5.336)	0.4550 (2.072)	0.6022 (2.499)
ln(メッシュ内道路延長)						
ln(立地可能面積※2)	(km ²)		1.0000 (-)	1.0000 (-)	1.0000 (-)	1.0000 (-)
初期尤度			-899.5	-1248.1	-1007.5	-633.7
最終尤度			-718.6	-1019.2	-796.2	-633.7
自由度調整済み尤度比			0.201	0.183	0.209	0.129
行政区別の実績立地数と推計立地数の単相関係数			0.593	0.625	0.783	0.645
サンプル数			168	237	189	139

※1 人口密度:(ゾーン夜間人口)/(可住地面積)

※2 立地可能面積:(可住地面積)-(一般建物面積)

(3) 異なる施設の立地競合を土地利用均衡でモデル化した研究事例

本研究では、萩野・遠藤(2007)の離散選択ロジットモデルによる物流施設立地モデルをベースにして、近年の人口の都心回帰を背景とした、臨海部における物流施設と住宅等の土地利用の混在が表現できるモデルへの拡張を図る。異なる種類の施設立地の競合関係を表現するモデルとしては、土地市場の需給均衡によって施設立地が決定される土地利用均衡モデルで取り扱われている研究があり、ここでは、土地利用均衡モデルをレビューする。土地利用均衡モデルは、都市計画や交通計画の分野では、土地利用・交通モデルとして、古くから多くの研究があり、近年は、交通基盤整備等の便益計測をより精緻に行うことを目的として研究が進められている。土地利用均衡モデルについては、上田・堤・武藤・山崎(2009)¹⁷⁾が、主として土地供給者の行動の表現から、土地利用均衡モデルを類型化して代表的な研究事例をレビューしている。一般的に、土地利用者（立地主体）の行動は利潤や効用により表現されるためロジットモデルで推定される場合が多いが、土地供給者の行動の取り扱いはモデルによってさまざまである。上田・堤・武藤・山崎(2009)は、土地供給者の行動の取り扱いから、土地利用均衡モデルを次のように類型している。なお、下記で示した既存研究は、上田・堤・武藤・山崎(2009)が、類型化に際して参照している既存研究である。

a) 外生的な土地供給

もっとも単純な土地供給関数であり、土地供給者の行動をモデル化せず外生的に与えるものである。森杉・大野・宮城(1991)¹⁸⁾の住宅環境整備の便益計測の研究などがある。

b) 土地供給者が選択する土地利用タイプを表現するモデル

土地需要者の行動だけでなく、土地供給者の行動もロジットモデルで表現するモデルである。林・土井・奥田(1989)¹⁹⁾が、都市交通改善による開発利益の計測に用いた研究や、尹・青山ら(2000)²⁰⁾が、兵庫県の市区町村別ゾーンを対象に、土地供給者の行動を用途地域別面積（住宅、商業、工業）として研究した事例がある。この土地利用均衡モデルは異なる施設種類間の競合関係を取り扱っており、物流施設と住宅との競合関係を表現しようとする本研究の目的に合致している。

c) 土地利用タイプ毎に利用可能ゾーンを特定し土地利用行動を表現するモデル

土地利用タイプごとに利用可能なゾーンを特定して土地利用行動を表現するモデルである。上田(1995)²¹⁾が、鉄道整備の効果計測に用いた研究がある。

ここでは、上記の 2)、3)として例示されている既存研究を対象にレビューする。その際、土地利用近郊モデルにおける土地利用者や土地供給者の行動に関して、既存研究におけるモデルでの取り扱いを理解するため、その定式化も含めてレビューする。

① 土地利用者の行動

土地利用均衡モデルによる土地利用者（立地主体）の行動は、土地利用者が効用（利潤）

を最大とするゾーンへ立地しようとするが、不確実性を伴うため、立地行動は確率的選択行動として表され、具体的には、ロジットモデルにより立地選択行動が表される。また、土地利用均衡モデルでは、土地市場での均衡、すなわち、土地利用者の需要量と土地供給量が一致する（均衡する）状態で土地の利用量が決まる。土地利用均衡モデルにおける土地利用者の効用は、一般的に、土地への地代（地価）に対する消費者余剰と、その立地場所に応じた効用（粗効用）からなる「立地余剰」として定式化されており、本研究でレビューした3つの既存研究でも同様である。

$$v_i = f(R_i) + W_i \quad (3.2.9)$$

v_i : ゾーン i ($i=1, \dots, m$)での立地余剰

$f(R_i)$: 土地に関する消費者余剰

R_i : ゾーン i での地代（地価）

W_i : ゾーン i での粗効用（立地場所に応じた効用）

また土地消費者余剰は、土地需要係数を式(3.2.10)と仮定することにより、式(3.2.11)のように定義されている。

$$f(R_i) = \int_{R_i}^{\infty} \max\{0, q_d(R_i)\} \quad (3.2.10)$$

$$q_d(R_i) = c - d \cdot R_i \quad (3.2.11)$$

$q_d(R_i)$: 立地者一人当たりの土地需要関数

c, d : パラメータ (>0)

② 土地供給者の行動

a) 林・土井・奥田(1989)のモデルにおける土地供給者の行動

林・土井・奥田(1989)は、名古屋都市圏を対象に、鉄道整備が行われた場合の便益を、土地利用交通モデルを用いて、世帯や企業（商業業務活動）の立地変更も含めて計測している。林・土井・奥田(1989)のモデルのうち、商業業務モデルを例に、モデルの概要をレビューする。商業業務モデルでは、活動（業種）別に、立地均衡を表現するため、活動間での各土地への付け値地価の最大化という概念をモデルに導入している。ここでいう付け値とは、各活動が一定の立地余剰水準を維持する上での、土地に対する最大支払意思額である。このとき、各活動主体の行動のばらつきを考慮し、式(9)のように立地余剰および付け値地価の確率変動を考えている。このようにして立地選択および立地競合をそれぞれ確率論的に扱った場合、商業業務活動立地に関する均衡状態を、「①各活動 k は、都市圏において期待最大立地余剰 ω^k を達成できるような立地場所を選択している」、「②都市圏内の各ゾーン i においては、活動主体間の立地競合の結果、最大付け値地価の期待値 μ_i が実際の

地価として実現されている」の2つの条件で定義している。

$$\tilde{\pi}_i^k = \pi_i^k + \varepsilon_i^k \quad (3.2.12)$$

$$\tilde{b}_i^k = b_i^k + \eta_i^k \quad (3.2.13)$$

π_i^k : 業種 k の活動が、ゾーン i への立地によって得られる立地余剰（従業者 1 人当たり）の確定項（ $\pi_i^k = \prod_i^k e^k, e^k$; 業種 k の活動の平均雇用規模）

b_i^k : 業種 k の活動のゾーン i の土地に対する付け値地価の確定項

$\varepsilon_i^k, \eta_i^k$: 立地余剰および付け値地価の確率変動項（おのおの、分散パラメータ β_k および β^b をもつ独立な Gumbel 分布に従うと仮定）

林・土井・奥田（1989）のモデルの、具体的な均衡条件式は式(3.2.14), 式(3.2.15)である。式(3.2.14)は、地価 P_i^c が所与である場合に、各活動が期待最大立地余剰水準(ω^{k*})を達成するために、どのような立地選択(E_i^{k*})を行っているのかを表し、式(3.2.15)は、各ゾーンにおいて、どのような活動の参入状態(E_i^{k*})の下で、最大付け値地価(μ_i^*)が形成されているかを表している。

$$\omega^{k*} = \frac{W_i^k - l_i^k P_i^c}{e^k} - 1/\beta_k \ln \frac{E_i^{k*}}{E^k L_i/l_i^k} \quad (3.2.14)$$

$$\mu_i^* = b_i^k - 1/\beta^b \ln \frac{E_i^{k*}}{E^k L_i/l_i^k} \quad (3.2.15)$$

(*は均衡での値を表す)

L_i : ゾーン i の土地供給面積（商業用途）

E^k : 都市圏内の業種 k の総従業者数

l_i^k : 業種 k の活動がゾーン i に立地する際に需要する土地面積

β_k, β^b : パラメータ

さらに、 $\mu_i = P_i^c$ という価格形成条件を考え、式(3.2.16), 式(3.2.17)を得ている。式(3.2.16)は、交通条件等に依存した土地使用価値 W_i^k に基づき、均衡状態において、各ゾーンの地価水準 μ_i^* およびそこに立地する活動の立地余剰水準 ω^{k*} がどのように形成されるかを表している。また、式(3.2.17)は、立地余剰概念を導入することにより、付け値地価関数が各土地の使用価値 W_i^k および各活動が維持する立地余剰水準 ω^{k*} に関する線形関数として特定化できることを示している。

$$W_i^k - (e^k / \beta_k) \ln \frac{E_i^{k*}}{E^k L_i/l_i^k} = l_i^k \mu_i^* + e^k \omega^{k*} \quad (3.2.16)$$

$$b_i^k = \frac{W_i^k}{l_i^k} - \frac{e^k}{l_i^k} \omega^{k*} + (1/\beta^b - 1/\beta_k \frac{e^k}{l_i^k}) \ln \frac{E_i^{k*}}{E^k L_i/l_i^k} \quad (3.2.17)$$

尹・青山ら(2000)は、兵庫県の市区町村別ゾーンを対象に、土地利用者の行動を人口、商業販売額、工業出荷額といった統計値から、土地供給者の行動を用途地域別面積（住宅、商業、工業）としてモデルを構築している。その際、土地利用者の利潤・効用から、土地

利用タイプ別に期待最大地代（土地利用タイプ別の土地利用者が、最も高い地代を付ける確率）により、土地タイプに対応した土地供給が行われるとするモデル（「ランダム付け値理論」）であり、土地供給者による土地供給行動が明示的に取り使われている。

b) 尹・青山ら(2000)のモデルにおける土地供給者の行動

尹・青山ら(2000)のモデルでも、林・土井・奥田(1989)のモデルと同様に、異なる主体間の土地をめぐる競争は付け値概念を用いて表現している。林・土井・奥田(1989)は地価の変化のみ明示的に取り扱っているが、尹・青山ら(2000)のモデルでは、立地主体は、立地配分モデルでゾーンを選択した後、土地供給モデルからの土地供給面積に対して付け値競争を行い、土地供給者は式(3.2.19)で示すように、最大付け値をつける確率によって土地を供給するという考えに基づき、土地供給の変化も明示化している。その際、各ゾーン I において立地主体 M が最大付け値をつける確率 Θ_{IM} を求めている。尹・青山ら(2000)のモデルの推定に当たっては、立地需要のデータは夜間人口、工業従業者、商業従業者数、土地供給面積データは用途地域別面積を用いている。

$$\Theta_{IM} = \frac{\exp(\omega_2 \ln B_{MI} + \frac{\omega_2}{\omega_1} \ln A_{MI})}{\sum_M \exp(\omega_2 \ln B_{MI} + \frac{\omega_2}{\omega_1} \ln A_{MI})} \quad (3.2.18)$$

$$F_{MI} = S_I \cdot \Theta_{IM} \quad (3.2.19)$$

Θ_{IM} : ゾーン I において立地主体 M が最大付け値をつける確率

B_{MI} : 立地主体 M の付け値地代

F_{MI} : ゾーン I での立地主体 M への供給面積

A_{MI} : ゾーン I における立地主体 M の立地需要主体数

S_I : 土地供給量

ω_1, ω_2 : 地代収入以外の収益を表す係数

なお、 t 期の地代 r_t が、 $t+1$ 期 r_{t+1} に増加すると、自分の土地利用面積を L_t から L_{t+1} までに減らし、地代収入を z_t から z_{t+1} まで増やすことにより、自らの土地利用と地代から得られる効用水準 $U_{s,t+1}$ を最大にするように土地を供給すると仮定しており、土地供給者の全体土地供給量 S_I は、不確実性を表す誤差項 λ_4 を導入して、次式で表している。

$$S_I = L_{I,t} - L_{I,t+1} = L_{I,t} \left\{ \lambda_1 + \lambda_2 \frac{L_{I,t+1}^{FIX}}{L_{I,t}} - \lambda_3 \frac{r_{I,t}}{r_{I,t+1}} \right\} + \lambda_4 \quad (3.2.20)$$

S_I : 土地供給量, $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$: パラメータ

$L_{I,t}$: t 期における供給可能面積 (t 期における土地供給者自身の土地利用面積)

$L_{I,t+1}^{FIX}$: $t+1$ 期における留保層に対する供給面積

$r_{I,t}$: t 期におけるゾーン I の地代

$r_{I,t+1}$: $t+1$ 期におけるゾーン I の地代

モデルの具体的な推定は、以下のように行っている。満足度関数 $\Lambda(W_{MI})$ を、以下のログサム関数として定義して、

$$\Lambda(W_{MI}) = \frac{1}{\omega_2} \ln \sum_M \exp \left(\omega_2 \left(\ln B_{MI} + \frac{1}{\omega_1} \ln A_{MI} \right) \right) \quad (3.2.21)$$

$$\text{ただし, } W_{MI} = \ln B_{MI} + \frac{1}{\omega_1} \ln A_{MI} \quad (3.2.22)$$

そして、満足度関数 $\Lambda(W_{MI})$ は共役性理論から式(3.2.23)のように表記でき、式(3.2.18)～式(3.2.23)より式(3.2.24)を得ている。

$$\Lambda(W_{MI}) = \sum_M W_{MI} \Theta_{IM} - \frac{1}{\omega_2} \sum_M \Theta_{IM} \ln \Theta_{IM} \quad (3.2.23)$$

$$\text{ただし, } \ln B_{MI} = \sum_M \Theta_{IM} \ln B_{MI} + \chi_{M1} \ln \left(\frac{F_{MI}}{S_I} \right) + \chi_{M2} \quad (3.2.24)$$

χ_{M1}, χ_{M2} : パラメータ

ここで、平均付け値地代 $\overline{B_I}$ との間に式(3.2.25)に示すような関係を仮定して、式(3.2.24)、式(3.2.25)から平均付け値地代 $\overline{B_I}$ と立地主体 M の付け値地代 B_{MI} の関係を表す式(3.2.26)を得ている。

$$\sum_M \Theta_{IM} \ln B_{MI} = \eta_1 \ln \overline{B_I} + \eta_2 \quad (3.2.25)$$

η_1, η_2 : パラメータ

そこで、

$$B_{MI} = \psi_{M1} (B_{MI})^{\psi_{M2}} \left(\frac{F_{MI}}{S_I} \right)^{\psi_{M3}} \quad (3.2.26)$$

$\overline{B_I}$: 平均付け値地代

$\psi_{M1}, \psi_{M2}, \psi_{M3}$: パラメータ

均衡解の算出は、以下の、土地均衡市場条件を定義し、式(3.2.27)～式(3.2.29)から得られる解を用いて、「立地主体一人当たり土地占有単位面積」が収束するまで繰り返し計算してパラメータを求めている。

$$D_I - S_I = 0 \quad (\text{for all } I) \quad (3.2.27)$$

$$q_{MI,t} = \partial_{M1} \cdot r_{MI} + \partial_{M2} \cdot q_{MI,t-1} + \partial_{M3} \quad (3.2.28)$$

$$D_I = \sum_M A_{MI} \cdot q_{MI} \quad (3.2.29)$$

D_I : ゾーン I における土地需要面積

A_{MI} : ゾーン I における立地主体 M の立地需要主体数

r_{MI} : 地代

$\partial_{M1}, \partial_{M2}, \partial_{M3}$: パラメータ

$q_{MI,t}$: 住宅, 商業業務, 工業立地者一人当たりの土地占有単位面積

c) 上田(1995)のモデルにおける土地供給者の行動

上田(1995)は, 首都圏北部における鉄道整備の効果計測を計測するモデルを構築している. このモデルでは, 土地市場による需給均衡だけでなく, 建物市場における需給均衡も含めてモデル化している. 建物を使用する立地者の立地場所選択行動は他の既存研究と同様に立地余剰によりモデル化し, 立地均衡と, 土地や建物の市場均衡を同時に満たすパラメータを推定している. その際, 土地供給者, 建物供給を行う開発者の行動を, それぞれロジットモデルにより表現している点に特徴がある. 開発者(建物供給者)はゾーンごとに, 資材と土地を生産要素材として利潤を最大化するように, 毎期の土地需要面積及び建物床供給面積を決定するとしてモデル化している.

$$\pi_i = \max_{Q_i} [R_i \cdot Q_i - C(Q_i)] \quad (3.2.30)$$

$$\text{s.t. } C(Q_i) = \min_{L_i, K_i} (P_i \cdot L_i + I \cdot K_i) \quad (3.2.31)$$

$$\text{s.t. } Q_i = A \cdot L_i^a \cdot K_i^b \quad (3.2.32)$$

π_i : ゾーン i での開発者の利潤

R_i : ゾーン i での建物地代

Q_i : ゾーン i での開発者の建物生産面積

$C(Q_i)$: ゾーン i での開発者の建物生産費用

P_i : ゾーン i での土地地代

L_i : ゾーン i で開発者に供給された土地面積

I : 土地以外の資材価格

K_i : 土地以外の資材投入量

a, b, A : パラメータ (>0)

式(3.2.30)~(3.2.32)の最適化問題を解いて利潤関数は次式のように求めている.

$$\pi_i = \varphi_1 \cdot R_i^{\frac{1}{1-a-b}} \cdot P_i^{\frac{a}{1-a-b}} \quad (3.2.33)$$

$$Q_{si} = \varphi_2 \cdot R_i^{\frac{a+b}{1-a-b}} \cdot P_i^{\frac{1}{1-a-b}} \quad (3.2.34)$$

土地需要関数は式(3.2.33)の利潤関数から式 (3.2.35) を求めている.

$$L_{di} = \varphi_3 \cdot R_i^{\frac{1}{1-a-b}} \cdot P_i^{\frac{1}{1-a-b}} \quad (3.2.35)$$

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$: パラメータ

土地供給者は保有・賃貸に関する選択を行うものと考え, その選択行動を確率論に立脚し, バイナリー・ロジットモデルで表現し, その効用項は以下のように定義している.

(保有することによって得られる効用 {1m²あたり})
 = (来期以降の予想地代) - (来期以降の予想固定資産税額)

来期の地代を前期までの地代の外挿によって算出された地代であると農地保有者が予想しているものとして,

(賃貸することによって得られる効用 {1m²あたり})
 = (今期の地代) - (今期の固定資産税額)

$$L_s^a = \frac{\exp[\eta \cdot (P_i - \tau \cdot LP_i)]}{\exp[\eta \cdot (P_i - \tau \cdot LP_i)] + \exp[\eta \cdot \{(P_i - \tau \cdot LP_i) + X_i\}]} \cdot L_t^a$$

$$= \frac{L_t^a}{1 + \exp[\eta \cdot \{(1 - \frac{\tau}{i + \tau})(P_i - P_i) + X_i\}]} \quad (3.2.36)$$

L_s^a : 新規土地供給面積

L_t^a : t 期の農地面積

P_i : $t-1$ 期までの地代の外挿によって得られる来期($t+1$ 期)以降の地代

LP_i : $t-1$ 期までの地代の外挿によって得られる来期($t+1$ 期)以降の地価

P_t : t 期の地代

LP_t : t 期の地価

X_t : t 期での地代以外の効用項

τ : 固定資産税率

i : 利子率

η : パラメータ

今期の土地供給面積は前期の土地供給面積と新規土地供給面積の和で求めている。

$$L_{st} = L_{st-1} + L_s^a \quad (3.2.37)$$

L_{st} : t 期の土地供給面積

L_{st-1} : $t-1$ 期の土地供給面積

各地域に立地した主体は建物・土地の市場で財の需要あるいは供給を行い, 各立地量が固定された状態で考えると, 各市場で集計された需要と供給がバランスし, 市場が清算されるところで市場均衡価格が決定され, 市場均衡条件を以下のように定義している。

建物市場においては

$$N_i \cdot q_d(R_i) - Q_s(R_i, P_i) = 0 \quad (\text{for all } i) \quad (3.2.38)$$

$N_{(k)}$: 全地域における総立地量 (立地者属性 k)

$q_d(R_i)$: 立地者一人当たりの建物需要係数 (床面積)

土地市場においては

$$L_d(R_i, P_i) - L_s(P_i) = 0 \quad (\text{for all } i) \quad (3.2.39)$$

3.2.2 既存研究と本研究の位置づけ

離散選択モデルを用いた施設立地モデルに関しては、既存研究においても、選択肢集合の設定に関して配慮がなされており、その理由の一つは、「立地選択者が分析対象とする全ての地域の情報を持って立地選択を行っているか」に対する疑問であり、二つ目の理由は、離散選択モデルのパラメータの推定が困難というものである。前者に対しては、多くの既存研究で、ネスティッドロジットモデルを適用して、空間的に二段階に分けてモデルを推定することで解決している。また、加藤・岩崎ら(1995)は、民間研究所の立地は、その企業の本社への近接性が影響するとの企業アンケート調査結果に着目し、研究所を立地させる企業が認識する選択肢の数が、距離により逓減すると仮定してモデルを推定している。一方、第4回物資流動調査で採用された、萩野・遠藤(2006)のモデルは、首都圏全域における全ての1Kmメッシュでモデルを構築している。すなわち、このモデルでは、物流施設の立地を予定している意思決定者は、首都圏全域の立地可能なメッシュ全てを想定し、その属性を比較した結果、現在の立地場所に立地したものと仮定したものである。この仮定はかなり強い仮定である可能性があるが、主に広域的な物流施設に関しては、第4回物資流動調査の企業ヒアリング調査において、広域的な物流施設は、臨海部の工業系用途地域と郊外部の工業団地・市街化調整区域の両方を選択肢として、交通サービスや地価などの条件も併せて立地場所を選択しているケースがあることが報告されており、本研究でも、萩野・遠藤(2006)のモデルと同様に、多項選択モデルを採用することとする。林・磯辺(1984)など、工場立地選択モデルにネスティッドロジットモデルを採用しているモデルでは、広域的な施設立地においては、「仕入先からの搬入時間」を説明変数として導入しており、これは、苦瀬・久保・二階堂・管(1996)や谷口・則武・山田・泉谷(2003)の物流施設立地モデルで、企業のコスト最小化行動をモデル化しているのと同じ考え方に基づくものである。第4回物資流動調査の物流施設サンプルは、市区町村単位の搬入・搬出データが調査されており、これから搬入・搬出物資流動量(トンキロなど)を集計可能であり、集配送コストをモデルに導入することは集計上可能である。これを1kmメッシュ単位の多項選択モデルに導入することは、選択肢数分の集配送コストを設定する必要があることから計算処理上困難であるが、ネスティッドロジットモデルの広域モデルへの導入は十分に可能である。このようなモデルの改善については、総合的な物流施策の評価モデルの可能性として、第5章で分析する。

また、本研究では、萩野・遠藤(2007)の物流施設立地モデルをベースにし、東京都市圏の臨海部における物流施設と住宅の競合関係が表現できるモデルへの拡張を図る。その際、土地市場の需給均衡によって施設立地が決定される、土地利用均衡モデルの概念をモデルに組み込む必要があると考え、土地利用均衡モデルの既存研究をレビューした。

林・土井・奥田(1989)や上田(1995)の既存研究は、交通基盤整備等による便益計測を、ミクロ経済学の理論に沿って精緻に行うことを目的としており、

上田(1995)は、異なる土地利用形態を想定して土地供給者の行動をモデル化しているが、ゾーン単位で利用できる土地利用を限定しており、準工業地域内で異なるタイプの土地利

用が混在している現象を表現するのには適さない。

尹・青山ら(2000)や林・土井・奥田(1989)のモデルは、異なる立地主体における競合関係を取り扱っており、本研究の目的に合致している。特に、尹・青山ら(2000)のモデルは土地利用タイプ別に期待最大地代(土地利用タイプ別の「最大地代を付ける確率」)を仮定し、これによって土地タイプ別の土地供給が表現されている。これは、東京都市圏の臨海部で実際に生じている現象を表わすのに適した土地利用均衡モデルである。高層マンションがどんどん建設されている状況は、住宅建設が「最大地代を付ける確率」が最も高く、物流施設の地価負担力は一般的に住宅と比べて小さいが、まれに高い地代(地価)を提示して新規立地する物流施設があることは、「最大地代を付ける確率」から表現できる。一方で、尹・青山ら(2000)のモデルに用いられているデータをみると、土地利用者の行動は、市区町村別の人口、商業販売額、工業出荷額といった統計データでモデル化し、土地供給者の行動は、用途地域(住宅、商業、工業)の面積で表現している。これは、用途地域別の土地では、それぞれの用途に応じた単一の利用のみがなされることが前提であり、準工業地域の中で、住宅、物流施設、工場といった異なる利用が混在している実態とはかけ離れている。そのため、尹・青山ら(2000)の土地利用均衡モデルを、そのまま本研究に適用するのは困難である。モデル構築には、実際の利用目的に応じた、区画別や建物別のデータが必要になるが、そのようなデータは現時点では利用できない。

また、林・土井・奥田(1989)や尹・青山ら(2000)のモデルは、土地供給者の行動を、「根付け値地価」の変化として取り扱っており、立地余剰から算出される施設立地量と付け値地価から均衡条件を定式化して、均衡条件を満たすパラメータを繰り返し計算で求めている。林・土井・奥田(1989)のモデルは、名古屋都市圏を12に区分したゾーン、尹・青山ら(2000)のモデルは、兵庫県の市区町村ゾーンで推定されているが、本研究で取り扱う物流施設の立地モデルは1kmメッシュである。1kmメッシュで、異なる土地利用パターン相互の競合も含めて厳密な均衡式を設定して、そのパラメータを収束計算により求めることは困難であると判断した。

そのため、尹・青山ら(2000)や林・土井・奥田(1989)の土地利用均衡モデルを、厳密に導入するのではなく、そのモデルの概念やサブモデルの考え方を部分的に組み込みながら、物流施設と住宅との混在が生じている現状を表現するモデルに拡張することが妥当であると判断した。

3.3 東京都市圏の物流施設立地の実態分析

本章では、人口集積等が物流施設の立地に及ぼす影響をモデル化する。ここでは、その必要性を確認するため、主第4回物資流動調査を集計して、東京都市圏の臨海部を中心に、物流施設と住宅との土地利用の混在の実態を分析する。なお、本研究では、第4回物資流動調査の定義に従い、物流施設を、配送圏域から「広域物流施設」と「都市内配送施設」に分け、敷地面積から「大規模物流施設」を区分し、その定義を1.6に示した。ここでの分析は、この定義にしたがって行う。

(1) 東京都市圏の物流施設の立地分布

図3.3.1に、大規模物流施設を対象に、広域物流施設と都市内配送施設別に、東京都市圏全域での物流施設立地分布を、土地利用や道路ネットワークと併せて示した。広域物流施設は、臨海部や郊外部の高速道路に沿って分布している。都市内配送施設は、臨海部を中心に立地している。臨海部における人口の増加は、広域物流施設と都市内配送施設の両方に影響する可能性がある。

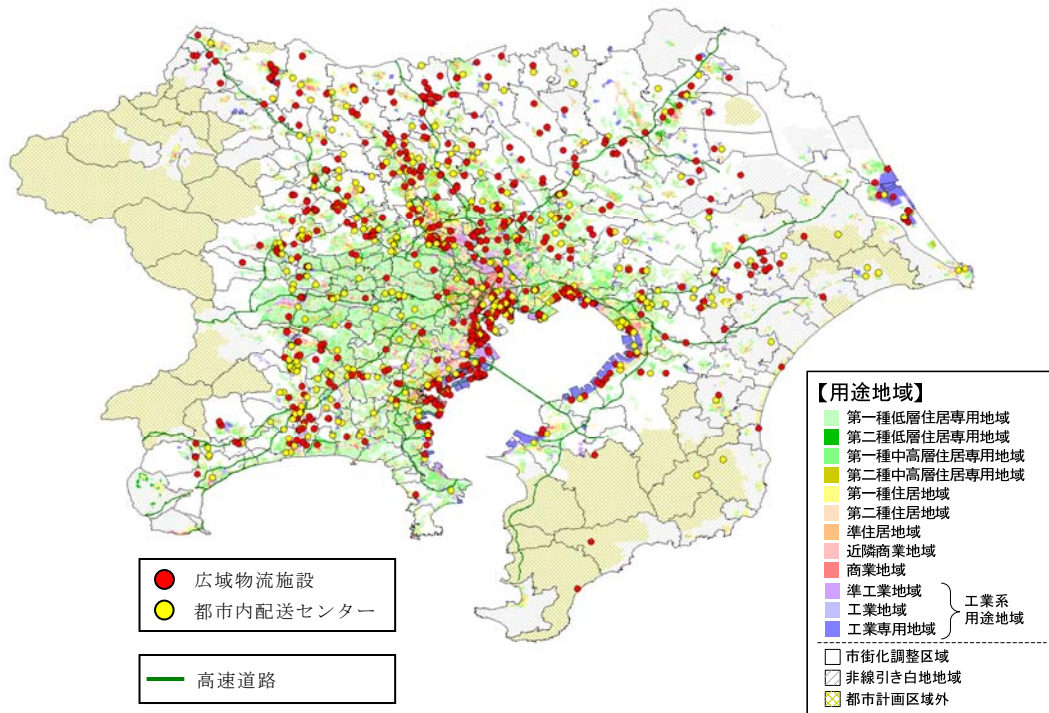
(2) 物流施設が立地する土地利用

図3.3.2に、広域物流施設を対象に、東京都の中央区・港区、江東区、品川区といった臨海部に立地する物流施設の土地利用別のシェアを示す。準工業地域のシェアが最も高く(約65%)、工業系用途地域(準工業地域、工業地域、工業専用地域)の合計で約80%を占めている。準工業地域では、物流施設や工場だけでなく、中高層住宅の立地も可能である。このような、準工業地域において、物流施設と住宅の土地利用が混在することによる問題は、第4回物資流動調査の報告書(2006)¹²⁾に、「企業ヒアリング調査」の結果から整理されている。ここでは、住宅は、騒音・振動・照明などの面で居住環境が悪化するほか、住宅の近傍で貨物車交通が発生するため交通安全が低下する危険性があるとしている。また、物流施設においても、夜間の操業が制約されることにより、物流の効率性が低下するとしている(図3.3.3)。

(3) 臨海部の物流施設立地の立地年次

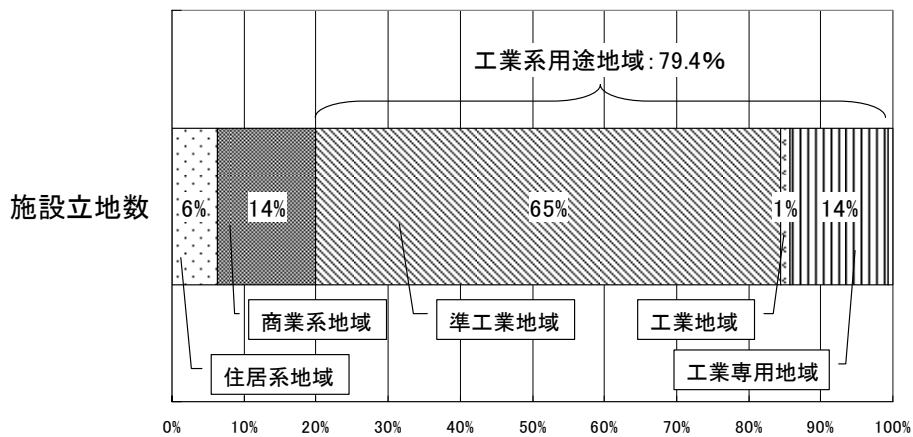
図3.3.4に、大規模物流施設を対象に、東京都の中央区・港区、江東区、品川区といった臨海部に立地する物流施設の立地年次別のシェアを示す。第4回物資流動調査の調査対象は、企業意向調査から収集された一部のデータを除くと、2001年の事業所データから抽出されたデータである。1979以前に立地した物流施設が全体の40%以上を占めている。また、これらの物流施設の立地年次別に、流通加工機能を持つ施設の割合を、図3.3.5に示す。古い物流施設ほど流通加工機能といった高度な物流機能を持たない施設が多い。このような

物流施設は、地価負担力も相対的に低い可能性が高いと考えられる。



※敷地面積 3,000 m²以上の広域物流施設を表示

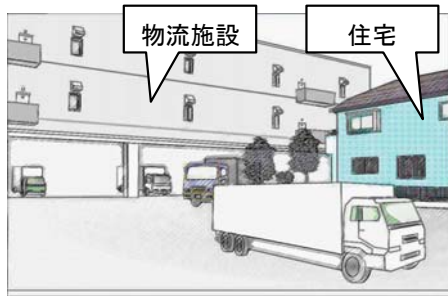
図 3.3.1 東京都市圏の物流施設の立地状況



※1 敷地面積 3,000 m²以上の大規模物流施設のみを対象に集計
 ※2 東京都臨海部：中央区、港区、江東区、品川区、大田区

図 3.3.2 東京都臨海部における物流施設立地数の用途地域別シェア

(事例①)

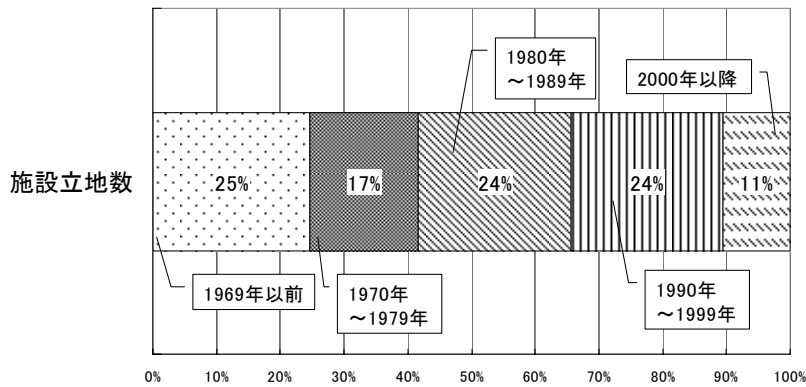


(事例②)



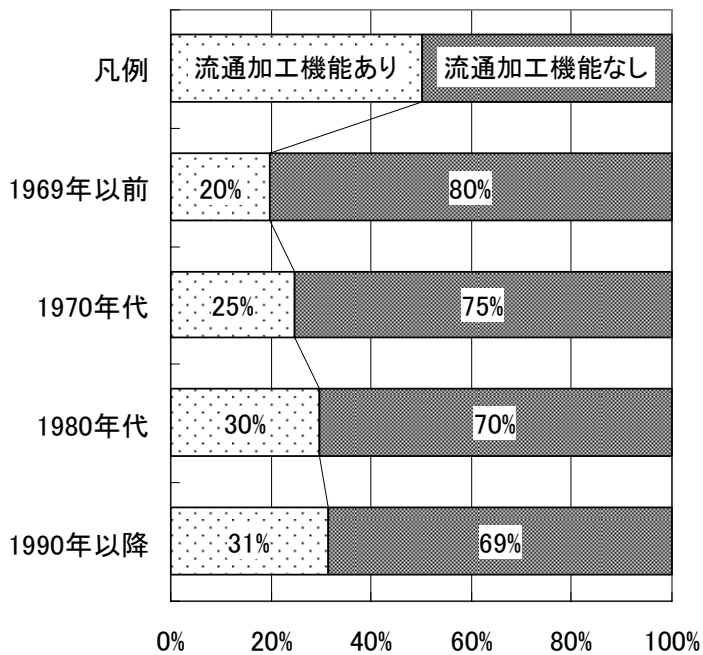
出典：「物流からみた東京都市圏の望ましい総合都市交通体系のあり方(H18.5)(東京都市圏交通計画協議会)」

図 3.3.3 東京都臨海部における物流施設と住宅との混在の事例



※東京都臨海部：中央区、港区、江東区、品川区、

図 3.3.4 東京都臨海部の物流施設立地数の立地年次シェア



※東京都臨海部：中央区、港区、江東区、品川区、

図 3.3.5 東京都臨海部の立地年次別の流通加工機能の有無

3.4 施設立地モデルの定式化とパラメータ推定

3.4.1 モデルの全体構造

3.2.4 でレビューしたとおり，土地利用均衡モデルでは，土地の需要と供給を地価・地代を含めて連立方程式として定式化して均衡解を求めている．また，本研究では，物流施設立地モデルを，住宅等との競合間も含めたモデルに拡張しようとしているが，それには，尹・青山ら(2000)のモデルのように，土地利用タイプ別に期待最大地代（土地利用タイプ別の「最大地代を付ける確率」）を仮定し，これによって土地タイプ別の土地供給が表現されるモデルが望ましいが，東京都市圏の臨海部で実際に生じている現象を表わすには，用途地域別面積ではなく，実際の利用（住宅，物流施設，工場など）に対応したデータが必要であることを明らかにした．そのため，本研究では，土地利用均衡モデルを厳密に構築するのではなく，土地需要（施設立地）を説明変数とする地価モデルを別途構築し，かつ，施設立地モデルに地価を説明変数として組み込むことで，施設立地と地価が相互に影響する構造とし，土地利用均衡の概念を実証的な施設立地モデルに導入する．

具体的なモデルの全体構造を図 3.4.1 に示す．施設立地モデルは大きく物流施設，工場，商業施設からなり，物流施設及び工場は，第 4 回東京都市圏物資流動調査データを用いて施設の 1km メッシュ単位の立地選択を推計する離散選択モデルとした．商業施設は商品販売額（2002 年商業統計）のメッシュ別シェアを推計する集計型ロジットモデルで構築した．都市圏全体の物流施設や工場の総立地件数，総商品販売額は外生変数であり，施設立地モデルで算出されるメッシュ選択確率によりメッシュ別立地量が推計される．メッシュ人口は外生変数とした．東京都市圏の臨海部生じている人口の都心回帰の影響をモデルで表現するためである．

施設立地モデルにはメッシュ別地価が説明変数として導入され，地価が上昇すると施設立地は抑制される．一方，地価モデルでは，地価は施設立地モデルで算出されるメッシュ別の施設立地量（土地需要）と立地可能面積（土地供給）で算出される構造とした．メッシュ別の地価推計値は施設立地モデルにフィードバックされ，地価の変動が十分に小さくなるまで繰り返し計算している．具体的には，メッシュ別の地価の変化率が全てのメッシュで 2%未満になるまで計算を繰り返した．厳密な土地利用均衡モデルでは，ゾーンごとに土地需要量と土地供給量を一致させることを均衡条件としているが，これを近似的に求めるモデルとなっている．

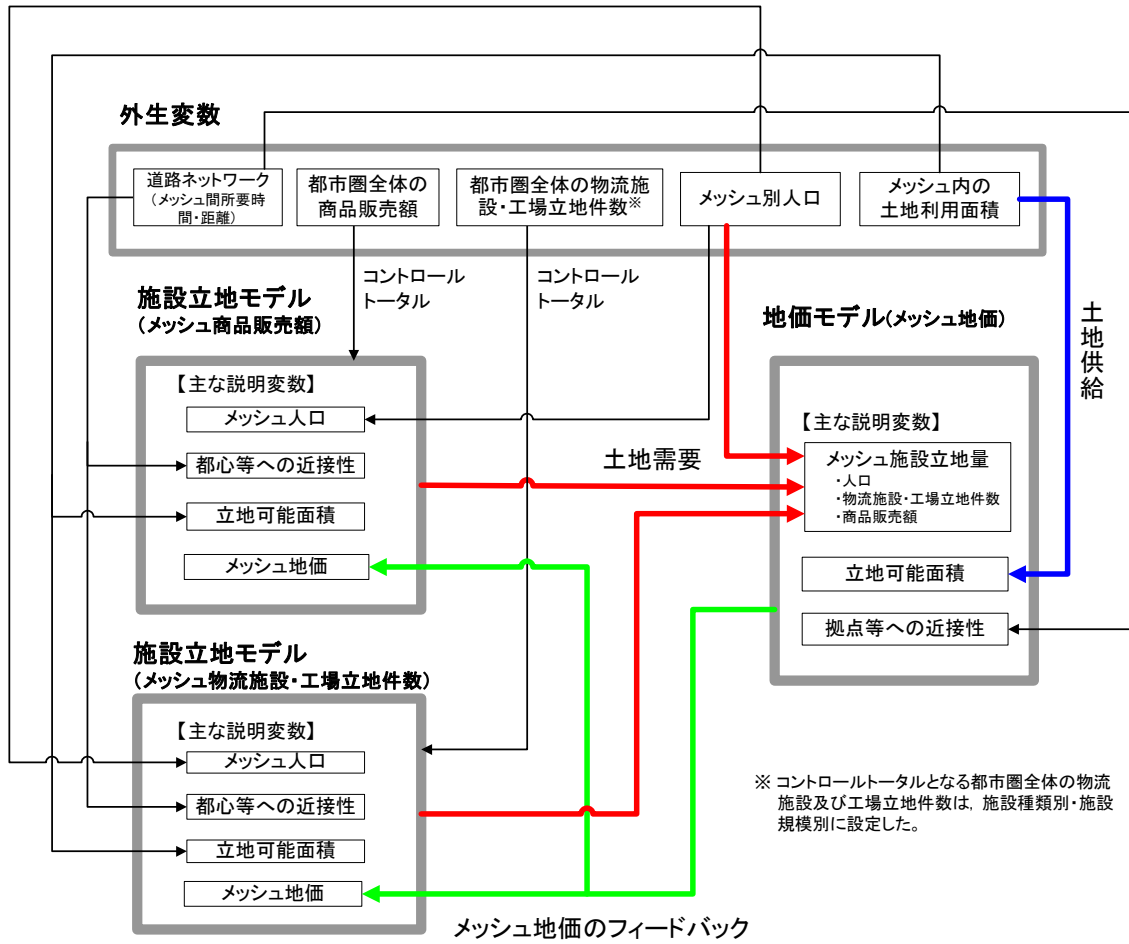


図 3.4.1 分析モデルの全体構造

3.4.2 サブモデルの定式化とパラメータ推定

(1) 物流施設及び工場立地モデル

a) モデルの基本的な考え方

3.2.1 に示したとおり，萩野・遠藤(2007)は，第4回物資流動調査の物流施設サンプルを用いて，東京都市圏内の1kmメッシュ別の立地選択確率を予測する離散選択ロジットモデルを推定している．東京都市圏物資流動調査では，物流施設だけでなく工場も調査しており，本研究では，萩野・遠藤(2007)の施設立地モデルを，工場立地にも拡張して分析に用いた．モデル区分は，物流施設は，輸送圏域から広域的物流施設と都市内配送施設に区分して推定した．工場は，業種別・延べ床面積別に推定した．その際の延べ床面積区分の基準値は，工場等制限法（昭和47年(1972)制定）で首都圏の既成市街地で立地制限される基準面積である500㎡とした(表3.4.1)．東京都市圏全域の1kmメッシュ数は15,230であり，選択肢集合は非常に多く，パラメータ推定に要する計算量は膨大で，安定した収束解が得られないなどの問題がある．しかし，ロジットモデルは，選択肢の全体集合の中から無作為に少量の選択肢集合の部分集合を選択してパラメータの推定を行っても，サンプル数が十分に大きければ，同一のパラメータに収束することが，屋井(1986)¹³⁾やAkiva et al.(1984)¹⁴⁾の研究で明らかになっており，萩野・遠藤(2007)も，サンプル毎に15,230区画から実際に立地している区画以外を無作為に199区画抽出し，合計200区画の部分選択肢集合を抽出して最尤法で推定する手法をとっていることから，本研究でも同様の手法でパラメータ推定した．なお，加藤・岩崎ら(1996)の全国353ゾーンの民間研究所立地モデルでは，19の要素数で十分に安定的なパラメータが得られたとしており，本研究の200という要素数は十分な数と判断できる．

表 3.4.1 物流施設及び工場の施設立地モデルの区分

区分		備考	
物流	① 広域的物流施設	搬出圏域が都市圏以遠，または平均輸送距離40km超	
	② 都市内配送センター	広域物流施設以外の物流施設	
工場	基礎素材型	③ 延べ床面積500㎡未満	化学系製造業及び鉄鋼系製造業の工場
		④ 延べ床面積500㎡以上	
	加工組立型	⑤ 延べ床面積500㎡未満	金属製品製造業及び機械系製造業の工場
		⑥ 延べ床面積500㎡以上	
	生活関連型	⑦ 延べ床面積500㎡未満	軽工業品製造業及び雑工業品製造業の工場
		⑧ 延べ床面積500㎡以上	

b) モデルの定式化

萩野・遠藤(2007)の物流施設立地モデルは、3.2.1 でレビューしたとおり、式(3.2.1), 式(3.2.2) であり、本研究でもこれを基本式としてモデル構築する。

$$PR_i^r = \frac{\exp(\bar{v}_i^r + \ln M_i^r)}{\sum_j \exp(\bar{v}_j^r + \ln M_j^r)} = \frac{\exp(V_i^r)}{\sum_j \exp(V_j^r)} \quad (3.4.1)$$

PR_i^r : セグメント r の施設がゾーン (3 次メッシュ) i を選択する確率

\bar{v}_i^r : ゾーン i 内の立地可能な敷地ロットの平均効用とそのばらつきを表す効用関数(確定項)

V_i^r : ゾーン i の効用関数

M_i^r : ゾーン i の施設 r の立地可能な敷地ロット数

$$V_i^r = \sum_k \beta_k^r x_{ki} + \ln M_i^r \quad (3.4.2)$$

x_{ki} : ゾーン i 内の立地効用を表す k 番目の変数

β_k^r : パラメータ

ここで、 M_i^r は観測不可能な変数であるため、これとゾーン別の観測可能な指標と関連づける必要がある。さらに、土地特性(用途地域等)による立地選択確率の変化を考慮するため、本研究では次のように変数を設定した。まず、土地特性(用途地域) m を有する地域にある個々の敷地ロットの効用の平均とそのばらつきを表わす効用関数(以下、平均効用という。)を \bar{v}_{im}^r 、その敷地ロットの数を M_{im}^r としたとき、当該ゾーンの効用関数は次式で表わされる。

$$\begin{aligned} V_i^r &= \bar{v}_i^r + \ln M_i^r = \ln \sum_m M_{im}^r \exp(\bar{v}_{im}^r) \\ &= \ln \left\{ \exp(\bar{v}_{ia}^r) \sum_m M_{im}^r \frac{M_{im}^r}{M_i^r} \exp(\bar{v}_{im}^r - \bar{v}_{ia}^r) \right\} \\ &= \bar{v}_{ia}^r + \ln M_i^r + \ln \sum_m \frac{M_{im}^r}{M_i^r} \exp(\bar{v}_{im}^r - \bar{v}_{ia}^r) \\ &= \bar{v}_{ia}^r + \ln M_i^r + \ln \sum_m \eta_{im}^r Rate_{im}^r \end{aligned} \quad (3.4.3)$$

ただし

$$M_i^r = \sum_m M_{im}^r \quad (3.4.4)$$

$$Rate_{im}^r = \frac{M_{im}^r}{M_i^r} \quad (3.4.5)$$

$$\eta_{im}^r = \exp(\bar{v}_{im}^r - \bar{v}_{ia}^r) \quad (3.4.6)$$

とおいている．ここで，

\bar{v}_{ia}^r : 施設 r が立地するのに適した代表的な用途地域 a の平均効用である．

いま， η_{im}^r がゾーン i によって一定と仮定し，パラメータとみなせば，

$$\eta_{im}^r = \eta_m^r \quad (= \text{一定}) \quad (3.4.7)$$

であり，式(3.4.3)は

$$V_i^r = \bar{v}_i^r + \ln M_i^r = \bar{v}_{ia}^r + \ln M_i^r + \ln \sum_m \eta_m^r \text{Rate}_{im}^r \quad (3.4.8)$$

となる．

いま， M_i^r について観測可能なゾーン i の規模を表わす変数 $S_i^r = \sum_m S_{im}^r$ との間に以下の関係を仮定する．

$$M_i^r = \alpha S_i^r \quad (\alpha : \text{パラメータ}) \quad (3.4.9)$$

$$M_{im}^r = \alpha S_{im}^r \quad (3.4.10)$$

$$\therefore R_{im}^r = \frac{S_{im}^r}{S_i^r} \quad (3.4.11)$$

このとき式(3.4.8)は

$$V_i^r = \bar{v}_i^r + \ln(\alpha S_i^r) = \bar{v}_{ia}^r + \ln(\alpha S_i^r) + \ln \sum_m \eta_m^r \text{Rate}_{im}^r \quad (3.4.12)$$

となる．

本式の第3項は，以上までの検討により，用途地域の違いによる選択可能な敷地ロット数の違いや効用水準の違いを表わす項で位置づけられるが，本項は非線形式であり，パラメータ η_m^r の推定が複雑となる．また，安定的な推定値を得るのが難しくなると考えられる．

そこで，本研究では，この第3項について次式のような線形式への近似を行った．

$$V_i^r = \bar{v}_i^r + \ln(\alpha S_i^r) \cong \bar{v}_{ia}^r + \ln(\alpha S_i^r) + \sum_m \gamma_m^r \ln \text{Rate}_{im}^r \quad (3.4.13)$$

α, γ_m^r : パラメータ

結局，式(3.4.1)において推定すべき効用関数は以下のような形式となる．

$$V_i^r = \sum_k \beta_k^r x_{ki} + \sum_m \gamma_m^r \ln \text{Rate}_{im}^r + \ln S_i^r \quad (3.4.14)$$

ここで上式においては，キャンセルアウトされる $\ln \alpha$ は無視している．また式(3.4.2)における多項式は，ゾーン i の平均的な効用を表わす関数を意味していたが，式(3.4.14)におい

ては施設 r にとって代表的な用途地域 a についての平均効用を意味する。具体的に規模変数 S_i^r , S_{im}^r として用途地域等の面積 LS_i^r , LS_{im}^r を用いるとすれば,

$$S_i^r = LS_i^r \quad (3.4.15)$$

$$Rate_{im}^r = LS_{im}^r / LS_i \quad (3.4.16)$$

LS_i : ゾーン i の市街化区域と市街化調整区域の合計面積 (ゾーン i の規模変数)

LS_{im}^r : ゾーン i の施設 r に関する土地特性 (用途地域等) m を有する土地の面積

となり, 式(3.4.14)に代入すれば, 推定すべき効用関数は次式となる.

$$V_i^r = \sum_k \beta_k^r x_{ki} + \sum_m \gamma_m^r \ln Rate_{im}^r + \ln LS_i \quad (3.4.17)$$

本式は, ゾーン i の効用関数が用途地域等別の面積割合 R_{im}^r によって変化することを表わしている。実際のパラメータ推定では, メッシュの規模変数に係る項 $\ln LS_i$ の係数を 1 に固定してパラメータ β_k^r と γ_m^r を通常のリジットモデルと同様に推定することができる。説明変数の候補を表 3.4.2 に示す。通勤圏内労働力人口や高速道路 IC までの距離といった変数は, 道路ネットワークを別途作成して, メッシュ間の所要時間や道路距離を計算して設定した。

ここで, 3.2.1 で整理したとおり, 土地利用均衡モデルでは, 一般的に, 式(3.2.9)で定義される立地余剰により土地需要を推計している。式(3.2.9)を再掲すると,

$$v_i = f(R_i) + W_i \quad (3.2.9)$$

ここで, 土地利用均衡モデルでは, v_i はゾーン i ($i=1, \dots, m$) での立地余剰, $f(R_i)$ は土地に関する消費者余剰, R_i はゾーン i での地代 (地価), W_i はゾーン i での粗効用 (立地場所に応じた効用) である。消費者余剰 ($f(R_i)$) は R_i の関数である。 LS_i はメッシュに対応した粗効用 W_i を構成する一要素であり, 本研究の効用関数式(3.4.17)の x_{ki} に地価の変数が導入されれば, 式(3.4.17)は土地利用均衡モデルにおける立地余剰を表す式となっている。

c) パラメータ推定

物流施設及び工場の施設立地モデルのパラメータは, 第 4 回物資流動調査の立地データのうち 1990 年以降に立地したデータを用いて推定した。メッシュの立地規模に関する項 $\ln LS_i$ の係数は 1 に固定してパラメータ β_k^r と γ_m^r を通常のリジットモデルと同様に推定した。説明変数の候補は, 表 3.4.2 に示す。通勤圏内労働力人口や高速道路 IC までの距離といった変数は, 道路ネットワークを別途作成して, メッシュ間の所要時間や道路距離を計算して設定した。

パラメータ推定結果を表 3.4.4 に示す。主要な説明変数について概ね信頼性の高いパラメータが得られた。人口密度のパラメータは負であり, 物流施設が住宅との近接を嫌う傾向

を表している。また、広域物流施設の敷地面積 3,000 m²以上施設のダミー変数により立地効用は敷地面積規模別に推計でき、都市圏全体の物流施設立地件数（外生変数）も敷地面積別に設定しているため、広域物流施設は敷地面積規模別に立地件数を推計できる。

表 3.4.2 物流施設及び工場の施設立地モデルの説明変数候補

説明変数	説明変数の算定方法
人口密度 (PD_i)	$PD_i = pop_i / ha_i$ (千人/ km^2) pop_i : ゾーン i の人口 (千人) ha_i : ゾーン i の可住地面積 (km^2)
通勤圏内労働力人口 (RP_i)	$RP_i = \sum_j (Rpop_j)$ (千人) $Rpop_i$: ゾーン i から通勤域内ゾーン j の労働力人口 (千人) (東京 PT 調査から 45 分と設定)
製造業への近接性 (基礎素材型)	$\sum_j A_j \exp(-\alpha \cdot \log(d_{ij}))$ A_j : 地域 j の基礎素材型工業出荷額 (万円) d_{ij} : 地域 ij 間の道路距離 (km) α : パラメータ (=1.6) (東京都市圏物資流動調査の品目別 O D 表から推定した分布交通量モデルのパラメータ)
製造業への近接性 (加工組立型)	$\sum_j B_j \exp(-\beta \cdot \log(d_{ij}))$ B_j : 地域 j の加工組立型工業出荷額 (万円) d_{ij} : 地域 ij 間の道路距離 (km) β : パラメータ (=1.1) (東京都市圏物資流動調査の品目別 O D 表から推定した分布交通量モデルのパラメータ)
製造業への近接性 (生活関連型)	$\sum_j C_j \exp(-\gamma \cdot \log(d_{ij}))$ C_j : 地域 j の生活関連型工業出荷額 (万円) d_{ij} : 地域 ij 間の道路距離 (km) γ : パラメータ (=0.5) (東京都市圏物資流動調査の品目別 O D 表から推定した分布交通量モデルのパラメータ)
高速道路 IC までの距離	ゾーン中心から最寄高速道路 IC までの道路距離 (km)
地価	工業系用途地域の公示地価 (千円/ m^2) (2000 年)
用途地域別面積シェア	市街化区域, 市街化調整区域合計面積に対する各用途面積割合 (%)
敷地面積 3000 m^2 以上施設ダミー	物流施設について, 敷地面積 3000 m^2 以上で 1, それ以外は 0 とするダミー変数 (敷地面積 3000 m^2 は東京都市圏物資流動調査で流通加工機能を持つために必要な敷地面積とされた値)
道路密度 (RD_i)	$RD_i = (ra_i / a_i)$ RD_i : ゾーン i の道路密度変数 ra_i : ゾーン i の道路面積 (km^2) a_i : ゾーン i の面積 (km^2)
用途地域等面積シェア	メッシュ内の用途地域等面積の規模変数 (下記) に対する割合
メッシュの規模変数 (LS_i)	メッシュ内の市街化区域, 市街化調整区域の合計面積

表 3.4.3 物流施設及び工場の施設立地モデルの推定結果

変数		物流施設		工場						
		広域 物流施設	都市内 配送 センター	基礎素材型		加工組立型		生活関連型		
				延べ床面積 500㎡未満	延べ床面積 500㎡以上	延べ床面積 500㎡未満	延べ床面積 500㎡以上	延べ床面積 500㎡未満	延べ床面積 500㎡以上	
ln(人口密度)	(千人/㎢)	-0.2871 (-6.593)	-0.2522 (-5.020)		-0.1753 (-2.479)					-0.2018 (-4.113)
ln(通勤圏内労働力人口)	(千人)	0.9399 (7.829)	0.8646 (6.104)	0.8346 (3.504)			0.5907 (4.331)			
ln(製造業への近接性(素材型))				0.7474 (3.138)		0.3352 (1.793)				
ln(製造業への近接性(加工組立型))					1.2130 (3.213)	1.7555 (7.062)	1.4346 (5.200)			
ln(製造業への近接性(生活関連型))					2.9706 (4.352)	0.7000 (1.126)		5.7039 (10.361)	3.6028 (7.264)	
ln(メッシュ内道路密度)		0.5692 (3.318)	0.7805 (4.115)			0.2977 (1.593)		0.3457 (1.653)	0.2807 (1.542)	
ln(地価)	(千円/㎡)	-0.5107 (-3.224)	-0.2188 (-1.357)	-0.6977 (-2.837)	-0.9791 (-3.546)	-0.2947 (-1.475)	-1.1716 (-6.251)	-0.3830 (-2.231)	-0.6446 (-4.200)	
ln(用途地域面積シェア)	準工業地域+工業地域 (%)	0.2464 (9.629)	0.2396 (8.722)	0.2603 (6.022)	0.2469 (5.962)	0.2821 (10.288)	0.3382 (11.250)	0.1731 (6.592)	0.3508 (11.579)	
	工業専用地域 (%)	0.1541 (4.815)	0.1574 (5.291)		0.3325 (9.039)	0.1308 (4.481)	0.2564 (9.928)		0.1710 (5.964)	
	市街化調整区域 (%)	0.0531 (1.915)	0.0650 (2.466)		0.0836 (2.199)	0.0838 (3.488)	0.1040 (3.924)			
ln(用途地域面積シェア)×敷地面積3,000㎡以上施設ダミー	工業専用地域 (%)	0.1618 (3.595)								
	市街化調整区域 (%)	0.1149 (2.600)								
ln(メッシュの規模変数)	(㎢)	1.0000 (-)	1.0000 (-)	1.0000 (-)	1.0000 (-)	1.0000 (-)	1.0000 (-)	1.0000 (-)	1.0000 (-)	
初期尤度		-1862.9	-1533.2	-635.1	-746.8	-1817.8	-1436.6	-1451.1	-1478.9	
最終尤度		-1606.4	-1362.7	-563.4	-644.8	-1576.0	-1239.4	-1158.6	-1270.6	
尤度比		0.138	0.111	0.113	0.137	0.133	0.137	0.202	0.141	
自由度調整済み尤度比		0.133	0.107	0.107	0.127	0.129	0.133	0.199	0.137	
サンプル数		353	291	120	139	343	272	276	276	

下段のカッコ内はt値

(2) 商品販売額モデル

a) モデルの基本的な考え方

商業集積に関しては、物資流動調査に施設立地データが無い場合、メッシュ別商品販売額（2002年商業統計）を用いて、商品販売額のメッシュ別シェアを推計する集計型ロジットモデルとした。具体的には、まずモデルの形式としては式(3.4.1)、式(3.4.17)と同様であるが、本モデルの推定に用いることができるデータは、メッシュ別の商品販売額データのみであり、非集計型モデルのようなパラメータ推定は不可能である。そこで、本モデルでは、東京都市圏における商品販売額全体に占めるメッシュ別のシェアを被説明変数とする集計型ロジットモデルとした。

b) モデルの定式化

集計型ロジットモデルのパラメータを推定するための簡便な方法としては、ロジットモデルの IIA 特性を利用し、モデル式を線形化して重回帰分析を適用してパラメータ推定する方法が考えられる。具体的には、式(3.4.1)から、

$$\frac{PR_i^r}{PR_B^r} = \frac{\exp(V_i^r)}{\sum_j \exp(V_j^r)} \cdot \frac{\sum_j \exp(V_j^r)}{\exp(V_B^r)} = \exp(V_i^r - V_B^r) \quad (3.4.18)$$

と変形できる。ここで、

PR_B^r : 代表メッシュ B の商品販売額シェア

V_B^r : 代表メッシュ B の効用関数

とされている。代表メッシュ B としては、例えば最も商品販売額が大きなメッシュを選択すればよい。このとき、

$$\begin{aligned} \ln \frac{PR_i^r}{PR_B^r} &= V_i^r - V_B^r \\ &= \sum_k \beta_k^r (x_{ki} - x_{kB}) + \sum_m \gamma_m^r (\ln Rate_{im}^r - \ln Rate_{iB}^r) + \ln Ls_i + \ln Ls_B \end{aligned} \quad (3.4.19)$$

となり、パラメータ β_k^r , γ_m^r について線形関数となるため、重回帰分析でもパラメータ β_k^r , γ_m^r の推定が可能となる。また、推定に用いるサンプル数も代表メッシュ B とその他すべてのメッシュの値の比や差を用いるため、理論上、最大で全メッシュ数-1 件のサンプルが利用可能となる。

しかしながら、この方法によるパラメータ推定では、線形化するために被説明変数の比をとって対数をとるなどの変換を施しているため、モデルにとって最良のパラメータを推定している保証はないという問題がある。

そこで本研究では、以下のように最尤法の適用を検討した。すなわち式(3.4.19)を用い

ば

$$\frac{PR_i^r}{PR_i^r + PR_B^r} = \frac{PR_i^r / PR_B^r}{PR_i^r / PR_B^r + 1} = \frac{\exp(V_i^r - V_B^r)}{\exp(V_i^r - V_B^r) + 1} = \frac{\exp(V_i^r)}{\exp(V_i^r) + \exp(V_B^r)} \quad (3.4.20)$$

となり、メッシュ i とメッシュ B の 2 項選択ロジットモデルに帰着できる。この 2 項選択モデルは理論上、最大で東京都市圏のメッシュ数-1 個分設定できるため、全メッシュ数-1 個のサンプルを用いて最尤法によるパラメータ推定が可能となる。ここで、商業施設立地の効用 V_i^r を表す式(3.4.19)は、 (x_{ki}) 及び (x_{kb}) に地価に関する項が含まれれば、物流施設・工場立地モデルと同様に、土地利用均衡モデルにおける立地余剰を表すものとなる。

c) パラメータ推定

具体的には、基準となる選択肢（メッシュ）を 1 つ設定し、各メッシュと基準メッシュとの選択確率を被説明変数とするモデルの形式に変換して最尤法によりパラメータを推定した。その結果、表 3.4.4 に示すように主要な説明変数について信頼性の高いパラメータを得ることができた。

表 3.4.4 商品販売額モデルの推定結果

変数	単位	パラメータ
ln(買物圏(25分圏)人口 [※])	(人)	0.3544 (5.101)
ln(商業地地価)	(千円/㎡)	-0.0653 (-1.068)
ln(最寄りICまでの距離)	(km)	-0.1447 (-2.694)
ln(中心駅までの距離)	(km)	-0.1086 (-2.351)
ln(東京駅までの距離)	(km)	-0.1935 (-2.015)
地域ダミー (東京都中央区)	該 当 : 1 非該当 : 0	1.7015 (1.617)
地域ダミー (東京都心2区 : 千代田区、港区)	該 当 : 1 非該当 : 0	2.0645 (3.119)
ln(商業系用途地域面積シェア)	(%)	0.2528 (14.321)
ln(メッシュの規模変数)	(㎡)	1.0000 (-)
初期尤度		-3865.4
最終尤度		-2348.2
尤度比		0.393
自由度調整済み尤度比		0.390
サンプル数		5,800

※H22東京都市圏PT調査の私事目的平均所要時間より25分と設定

下段のカッコ内は t-値

(3) 地価モデル

a) モデルの基本的な考え方

本研究の地価モデルは、「公示地価（2000年）」の地価データから、東京都市圏内の施設種類毎の地価データを収集して、重回帰モデルによるモデルを推定した。その際、施設種類は、商業施設、物流施設・工場に2区分した、地価モデルは、土地利用均衡モデルのベースとなっているミクロ経済学の需要関数の考え方に基づき、公示地価における地価計測地点のメッシュにおける、土地需要量（施設立地量）と土地供給量（用途面積）を説明変数として導入して推定する。その際、また、物流施設・工場の立地においては、これらの施設のみが立地可能な「工業専用地域」と、中高層住宅や商業施設など多様な施設立地が可能な「準工業地域」、「工業地域」では、地価の構成要素が異なるため、区分して推定した。

b) モデルの定式化

本研究の地価モデルは、ミクロ経済学の需要関数から定式化した。一般的にミクロ経済学の需要関数は式(3.4.21)で示される。

$$L_{di} = Y_i / R_i \quad (3.4.21)$$

ここで、 L_{di} はゾーン*i*の土地需要、 Y_i はゾーン*i*の経済活動規模、 R_i はゾーン*i*の地価である。本研究では、経済活動規模は、物流施設・工場立地件数、商品販売額、人口で表される。土地の需要供給が均衡すれば土地需要（ L_{di} ）と土地供給（ L_{si} ）は一致するため、地価は式(3.4.22)として求められ、地価モデルは式(3.4.23)で定式化される。 Y_i はゾーン*i*の施設立地量、 α 、 β 、 γ はパラメータである。

$$R_i = Y_i / L_{si} \quad (3.4.22)$$

$$\ln(R_i) = \alpha \ln(Y_i) - \beta \ln(L_{si}) + \gamma \quad (3.4.23)$$

東京都市圏全域で実証的に地価を推定するためには、式(3.4.22)以外にも地域特性を表す変数が必要となり、それらを式(3.4.23)に加えて、式(3.4.24)のモデルを推定することとした。

$$\ln(R_i) = \alpha \ln(Y_i) - \beta \ln(L_{si}) + \gamma + \sum_k \delta_k \ln(X_{ki}) \quad (3.4.24)$$

δ_k はパラメータ、 X_{ki} は*i*ゾーンの*k*番目の地域特性を表す変数であり、具体的には、高速道路 IC までの距離、土地特性ダミー（臨海部か否か）、メッシュ代表用途ダミー（工業専用地域面積が最も大きいメッシュか）といった変数を用いた。

ここで、3.2.1 で整理したとおり、土地利用均衡モデルでは、土地需要関数を式(3.2.11)で定式化している。

$$q_d(R_i) = c - d \cdot R_i \quad (3.2.11)$$

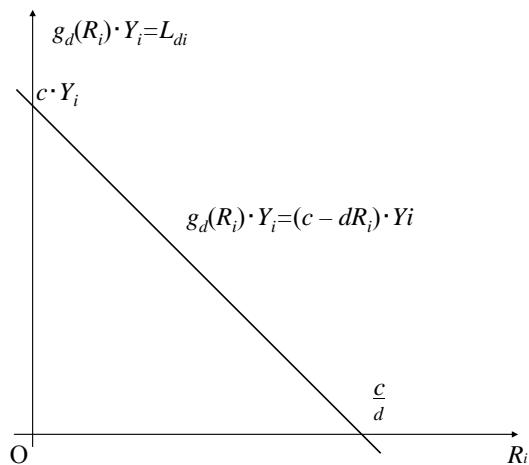
$q_d(R_i)$: 立地者一人当たりの土地需要関数
 c, d : パラメータ (>0)

土地利用均衡モデルによる土地需要関数 (式(3.2.11)) と本研究の地価モデルの基本式とした土地需要関数 (式(3.4.21)) の関係性をグラフとして図 3.4.2 に示す。

需要関数を直線で想定するか、曲線で想定するかの違いはあるものの、同一の考え方に基づいていることが示される。

【土地利用均衡モデルの土地需要関数】

(式(3.2.11))



【本研究の地価モデルの土地需要関数】

(式(3.4.20))

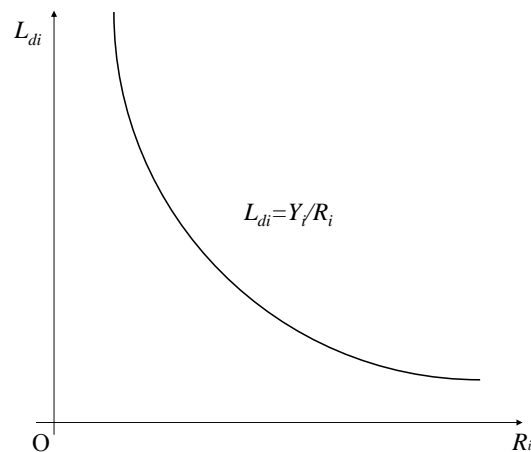


図 3.4.2 土地需要関数のイメージ

また、本研究の地価モデルを、土地の利用目的別の競合関係を取り扱っている、尹・青山ら(2000)の土地利用均衡モデルと比較する。尹・青山ら(2000)のモデルでは、土地利用者の効用を用いて「ランダム値付け理論」に基づき土地利用タイプ別の土地供給量が決まる。土地利用タイプ別の地価は、土地需要量と土地供給量の均衡により決定される。表 3.4.5 の工業専用地域以外のモデルでは、人口、商業販売額、工場立地件数など異なる種類の施設立地量が説明変数として導入されている。尹・青山ら(2000)のモデルでは、これらの変数から土地供給量が算出されて、需給均衡から地価が決定されるが、本研究の地価モデルは、需給均衡の部分は定式化されておらず、施設立地量と地価を繰り返し計算して近似的に表現しているものとなっている。

c) パラメータ推定

地価モデルの推定結果を表 3.4.5 に示す。モデルの被説明変数は、商業施設及び物流施設・工場の公示地価(2000年)であり重回帰モデルで推定した。工業専用地域は住宅立地ができないため、物流施設・工場の地価は工業専用地域とそれ以外で区分して推定した。施設立

地量を表す変数は、工業専用地域以外は人口、商品販売額も導入した。土地供給量を表す変数は、商業施設は商業用途地域面積、物流施設・工場の工業専用地域面積や工業系用途地域面積を用いた。地価モデルで推計された地価は、図 3.4.5 の全体モデルに従って施設立地モデルにフィードバックされる。同一メッシュに工業専用地域とそれ以外が存在する場合、工業専用地域が最も面積が大きい場合は工業専用地域の地価モデル、それ以外には工業専用地域以外の地価モデルを適用して推計した。

表 3.4.5 に示す地価モデルの決定係数は 0.407~0.632 であり、一般的にヘドニックアプローチなどで用いられる地価モデルの決定係数が概ね 0.8 程度であることからみると必ずしも高くない。これは、東京都市圏全域を一つのモデルで表現しているためと考えられ、メッシュの地価水準を正確に推計するための精度としては課題が残るが、「施設立地を表す変数」の t 値はある程度確保されており、人口配置の変化に対する感度を計測するという本研究の目的からは利用可能と考えた。

表 3.4.5 地価モデル（商業施設、物流施設・工場）の推定結果

変数	単位	商業施設	物流施設・工場		
			工業専用地域	工業専用地域以外	
定数項	-	6.2863 (27.097)	15.0718 (13.011)	9.9503 (11.644)	
施設立地量を表す変数	ln(メッシュ人口)	(人)	0.2134 (11.664)		0.1317 (3.790)
	ln(メッシュの商品販売額)	(万円/年)	0.4023 (40.539)		0.1370 (4.254)
	ln(メッシュ工場立地件数) (生活関連型500㎡未満)	(件)			0.0128 (3.491)
	ln(物流施設立地件数) (3000㎡以上広域物流施設)	(件)		0.0655 (1.815)	
	ln(工場立地件数) (500㎡以上工場)	(件)		0.0243 (5.792)	
土地供給量を表す変数	ln(商業地域面積)	(㎡)	-0.0983 (-6.181)		
	ln(工業専用地域面積)	(㎡)		-0.1655 (-1.980)	
	ln(工業系用途地域面積 [※])	(㎡)			-0.0613 (-1.038)
ln(高速道路 I C までの距離)	(km)		-0.2080 (-3.140)		
土地特性ダミー（臨海部）	該当：1 非該当：0	0.0552 (1.910)	0.5559 (4.447)	0.2403 (2.270)	
メッシュ代表用途ダミー（工業専用地域面積が最も大きいメッシュか）	該当：1 非該当：0		0.2506 (2.148)		
自由度調整済み決定係数		0.632	0.564	0.407	
サンプル数		2,388	117	111	

※工業系用途面積：準工業地域，工業地域，工業専用地域

下段のカッコ内は t-値

3.4.3 現況再現性の確認

ここでは、地価関数も含めて全体モデルを連動させて、地価の変動が十分に小さくなるまで繰り返し計算して現況の施設立地需要量を推計し、その再現性を確認した。その際、メッシュ別の地価の変化率が全てのメッシュで2%未満になるまで計算を繰り返した。萩野・遠藤(2007)は、離散型ロジットモデルでメッシュ毎に算定される効用値（立地効用）から、式(3.4.25)に定義する立地ポテンシャルを算出し、立地ポテンシャルが高いメッシュに実際に立地する施設数で再現性を評価しており、本研究でも同様の手法を用いた。

$$PT_i^r = \frac{10 \times (V_i^r - \overline{V^r})}{\sigma^r} + 50 \quad (3.4.25)$$

PT_i^r : セグメント r , メッシュ i の立地ポテンシャル

V_i^r : セグメント r , メッシュ i の立地効用

$\overline{V^r}$: セグメント r の立地効用の平均値

σ^r : セグメント r の立地効用の標準偏差

本研究における推計結果では、立地ポテンシャルが上位 20% タイルのメッシュに概ね 75% 以上の施設が立地している。萩野・遠藤(2007)では、広域的な物流施設について、立地ポテンシャルが上位 20% タイルのメッシュに実際に立地している施設は 77% であり、ほぼ同水準で推計されている（表 3.4.6）。なお、工場の延べ床面積 500 m² 以上で比較的低い。これは工場等制限法で、昭和 47 年から既成市街地での立地が制限されている影響があると考えられる。なお、広域物流拠点（敷地面積 3,000 m² 以上）を対象に、立地ポテンシャル上位 20% タイルと実際の施設立地を図 3.4.3 に例示する。

商品販売額に関しては、図 3.4.4 に示すように市区町村別の推計値と実績値を比較した。推計値と実績値の相関係数は 0.875 であるが、図中で最も実績の販売額が大きいのは東京都中央区や千代田区であり、モデルの推計値は過小である。これは、銀座・有楽町といった商業地におけるブランド力などは、本研究の商業施設立地（商業販売額）モデルでは表現できていないため、十分にモデルで再現できていないと考えられる。そのため、商業施設立地（商業販売額）モデルに関しては、メッシュ別に現況推計値と実績値の乖離分を算出し、シミュレーションではこれを補正值として用いた。

表 3.4.6 立地ポテンシャルの上位 20%メッシュでの施設立地割合

物流	広域的物流施設	敷地面積 3000 m ² 未満	75.0%
		敷地面積 3000 m ² 以上	75.1%
	都市内配送施設		79.0%
工場	基礎素材型	延べ床面積 500 m ² 未満	77.1%
		延べ床面積 500 m ² 以上	66.8%
	加工組立型	延べ床面積 500 m ² 未満	82.3%
		延べ床面積 500 m ² 以上	72.5%
	生活関連型	延べ床面積 500 m ² 未満	82.3%
		延べ床面積 500 m ² 以上	65.8%

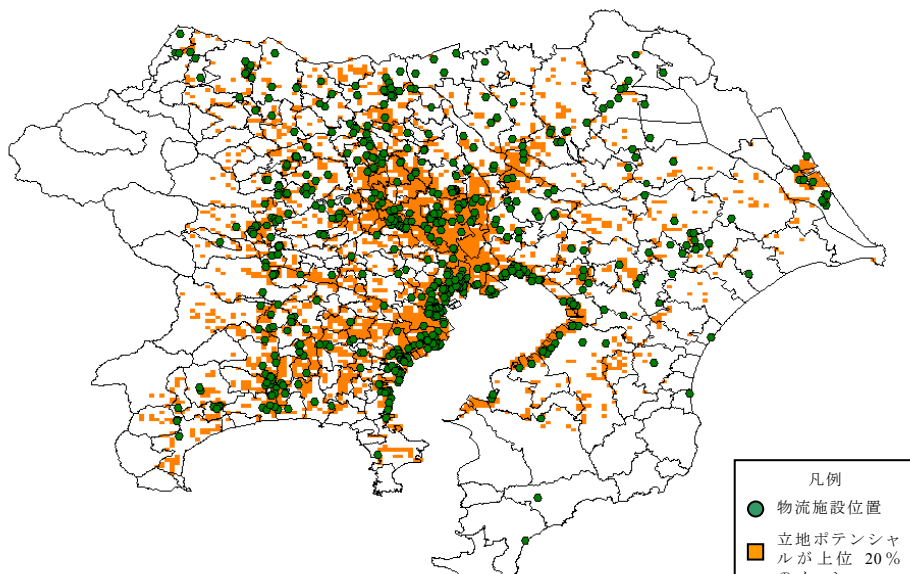


図 3.4.3 立地ポテンシャルが上位 20%メッシュと施設立地
(3000 m²以上の広域的物流施設の例)

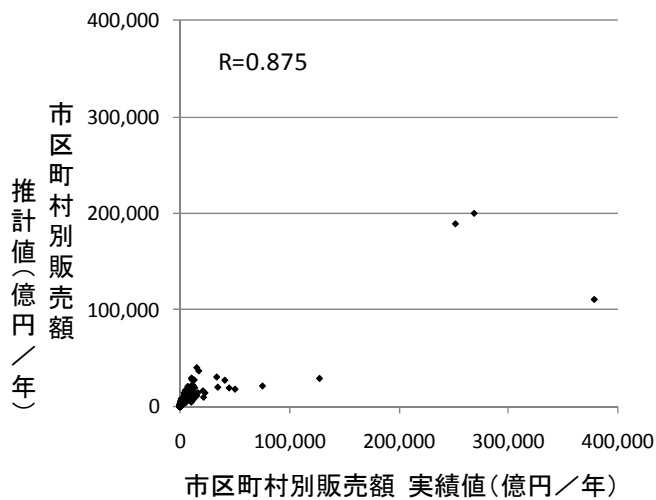


図 3.4.4 商品販売額の市町村別推計値と実績値

3.5 施設立地モデルを用いたシミュレーション

3.5.1 シミュレーションケースの設定

本研究で構築した施設立地モデルでは、図 3.4.1 に示した通り、東京都市圏のメッシュ別人口を外生変数としており、東京都市圏のメッシュ別人口が変化した場合の物流施設の立地効用に与える影響を分析することができる。そこで、本研究で構築した施設立地モデルを用いて、将来、人口集積が変化した場合を想定して、物流施設立地に与える影響を計測した。具体的には、表 3.5.1 に示すシミュレーションケースを設定して計測を行った。

その際、現況のメッシュ別人口は、「国勢調査（2000 年）（総務省）」のメッシュ別人口を用いた。将来のメッシュ別人口は、社会移動として近年の人口の都心回帰が反映されている「国立社会保障・人口問題研究所」の「将来市区町村別人口推計値（平成 20 年 12 月推計）」の 2020 年の市区町村別人口をコントロール値として、2000 年から 2005 年にかけての国勢調査のメッシュ別人口の変化率により設定した。メッシュ別の将来人口の設定結果を、2000 年から 2020 年にかけての変化として図 3.5.1 に示す。東京都心部や多摩地域で人口が増加し、郊外部で減少すると想定される。

表 3.5.1 シミュレーションケースの設定

	メッシュ人口	設定方法
ケース①	現況(2000年)のメッシュ人口	「国勢調査（2000 年）（総務省）」のメッシュ別人口を使用
ケース②	将来(2020年)のメッシュ人口	「将来市区町村別人口推計値（平成 20 年 12 月推計）（国立社会保障・人口問題研究所）」の 2020 年の市区町村別人口をコントロール値として、国勢調査の 2000 年から 2005 年にかけてのメッシュ別人口の変化率により設定した。

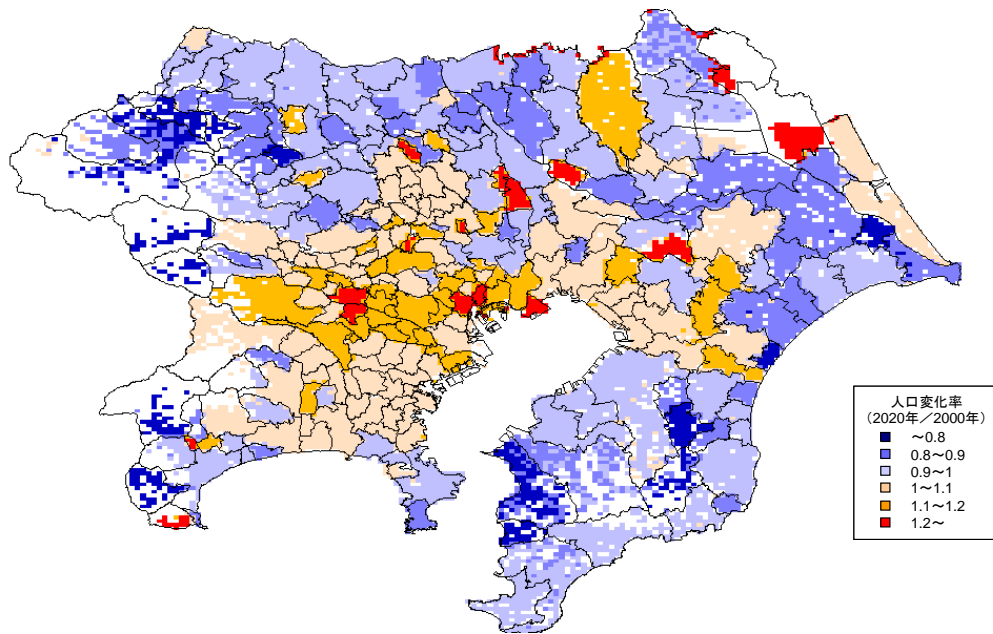


図 3.5.1 メッシュ別人口の設定結果 (2020 年 / 2000 年)

3.5.2 シミュレーションの実施

現状のメッシュ別人口（ケース①）と将来のメッシュ別人口（ケース②）における物流施設立地件数の推計結果の変化を，図 3.5.2～図 3.5.4 に物流施設の施設区分ごとに示す．また，工場・物流施設の変化を図 3.5.5 に示す．

広域物流施設（敷地面積 3,000 m²以上）の立地件数は，東京都の臨海部を中心に減少し，郊外部で増加すると試算された．ここに表示したメッシュは，いずれも物流施設の立地ポテンシャルが高いメッシュ（上位 20%以上）であり，現状で東京都市圏の物流に大きな役割を果たしている地区である．このことは，将来の人口変化により，首都圏の物流機能が大きく臨海部から郊外部に立地が変化することを示している（図 3.5.2～図 3.5.4）．一方，臨海部の地価は上昇すると試算された（図 3.5.5）．このことは，臨海部で物流機能を維持するためには，物流施設の立地更新に伴って，流通加工機能を持つなど，施設の高機能化を進めることにより，地価負担力を高める必要があることを示している．

物流施設立地件数（広域的物流施設，敷地面積 3,000 m²以上）の変化

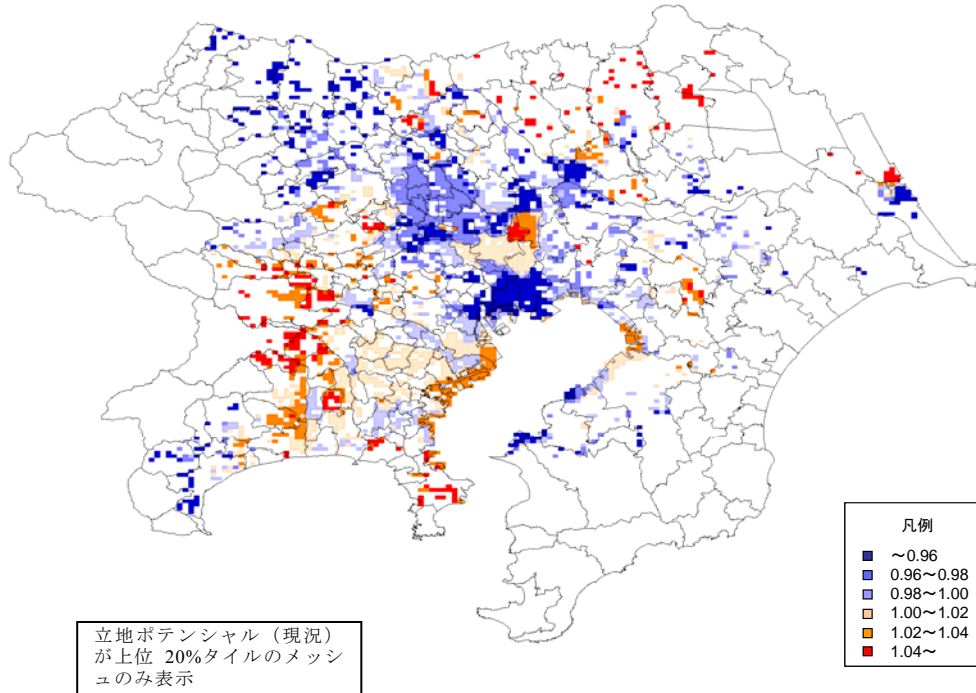


図 3.5.2 物流施設立地の変化（広域的物流施設，敷地面積 3,000 m²以上）
（ケース②／ケース①）

物流施設立地件数（広域的物流施設，敷地面積 3,000 m²未満）の変化

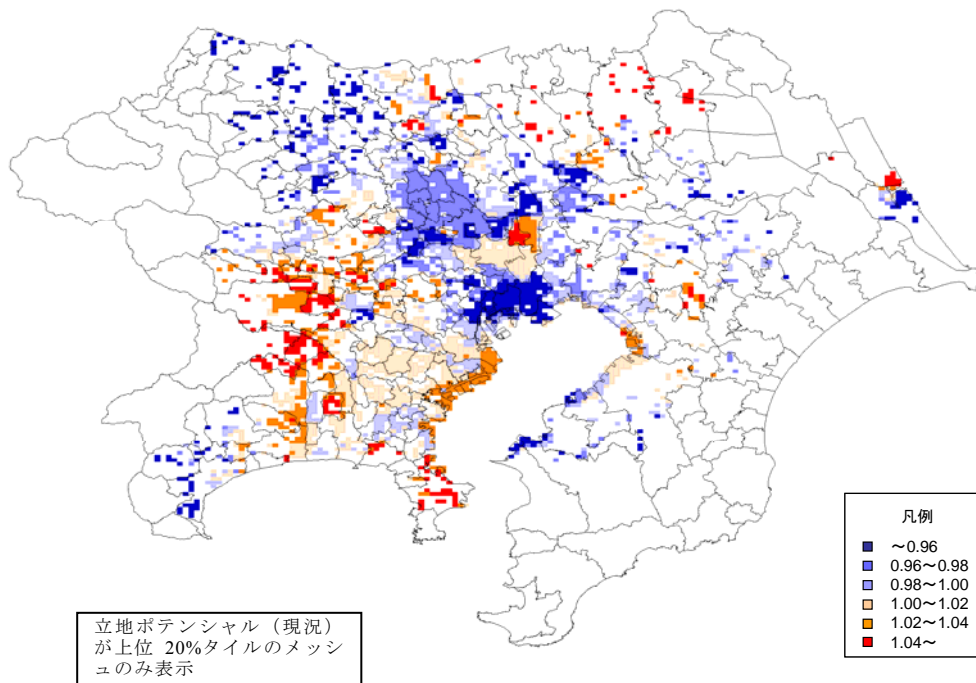


図 3.5.3 物流施設立地の変化（広域的物流施設，敷地面積 3,000 m²未満）
（ケース②／ケース①）

物流施設立地件数（都市内配送施設）の変化

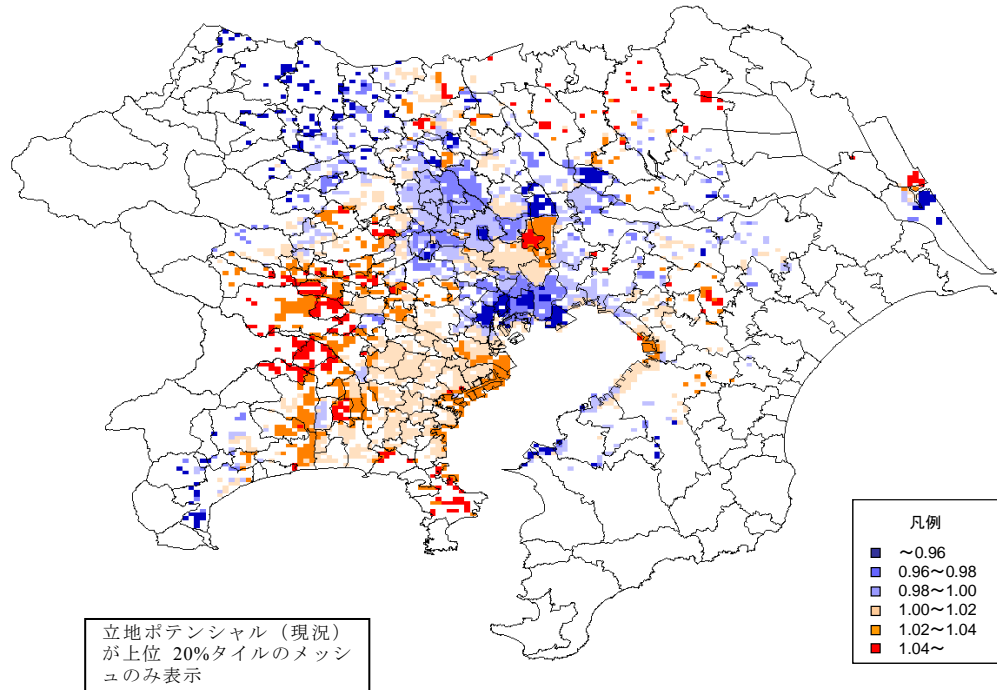


図 3.5.4 物流施設立地の変化（都市内配送施設）
（ケース②／ケース①）

工場・物流施設の地価の変化

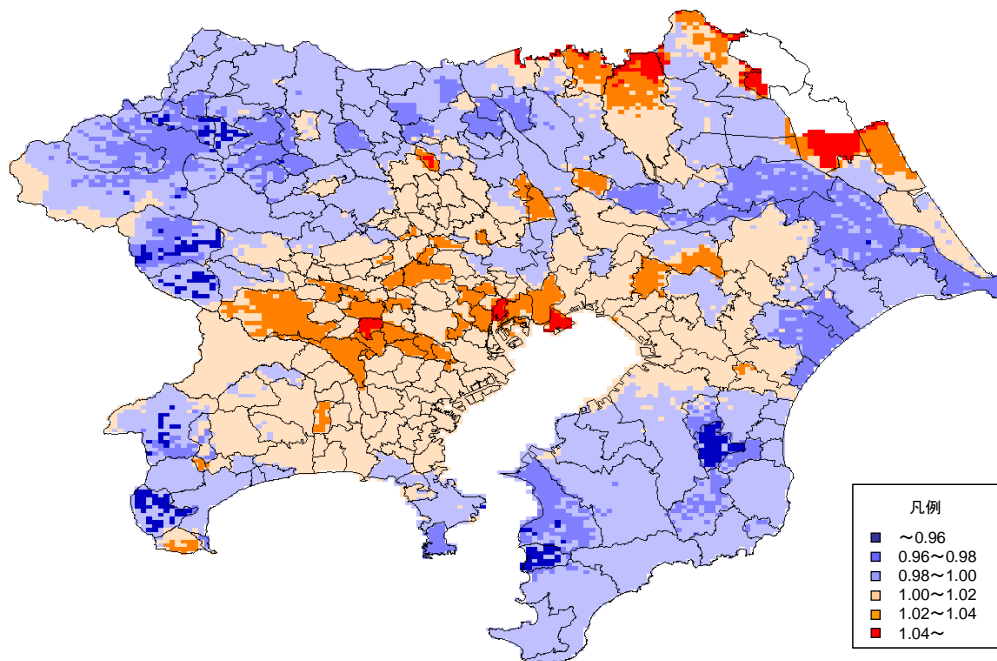


図 3.5.5 物流施設立地と地価の変化（ケース②／ケース①）

3.5.3 シミュレーション結果と物流施策

図 3.5.6 は、モデルによる都市内配送センターの立地量変化の推計結果に、実際の都市内配送センターの立地をプロットしたものである。シミュレーションの結果、都市内配送センターの立地量が減少すると推計されたメッシュは、臨海部で都市内配送センターの立地を維持するためには、物流施設立地に関する都市計画の施策が必要となる地区である。

物流施設と住宅との土地利用の混在に対する物流施策は、第 2 章の表 2.4.2 に示した通りであるが、都市内配送センターの立地が減少する地域では、貨物車専用道路や貨物車専用出入口の整備、貨物車の侵入規制による「人と物の動線の分離」、建物のセットバックや幹線道路による「物流施設と住宅との分離」といった、物流施設と人が共存するための物流施策により、土地利用の混在による悪影響をできるだけ低減させる必要である。このような物流施策の実現のためには、地区のエリアマネジメントを行う際に、このような物流施策を盛り込んで実現化に取り組むことが想定される。また、都市内配送センターの立地が減少すると推計された地区からの立地の受け皿の確保も重要である。図 3.5.6 では、都市内配送センターの立地が減少する地区の近傍に流通業務団地や埋立地が存在していることがわかる。老朽化した流通業務団地の再整備により新たな立地スペースを確保すること¹⁵⁾や、埋立地を物流施設立地用地として活用する¹⁶⁾といった物流施策が考えられる。また、物流施設立地の受け皿となる地区では、地区計画や特別用途地区といった都市計画の手法により住宅立地を抑制して、新たな土地利用の混在問題の発生を予防することが重要である。

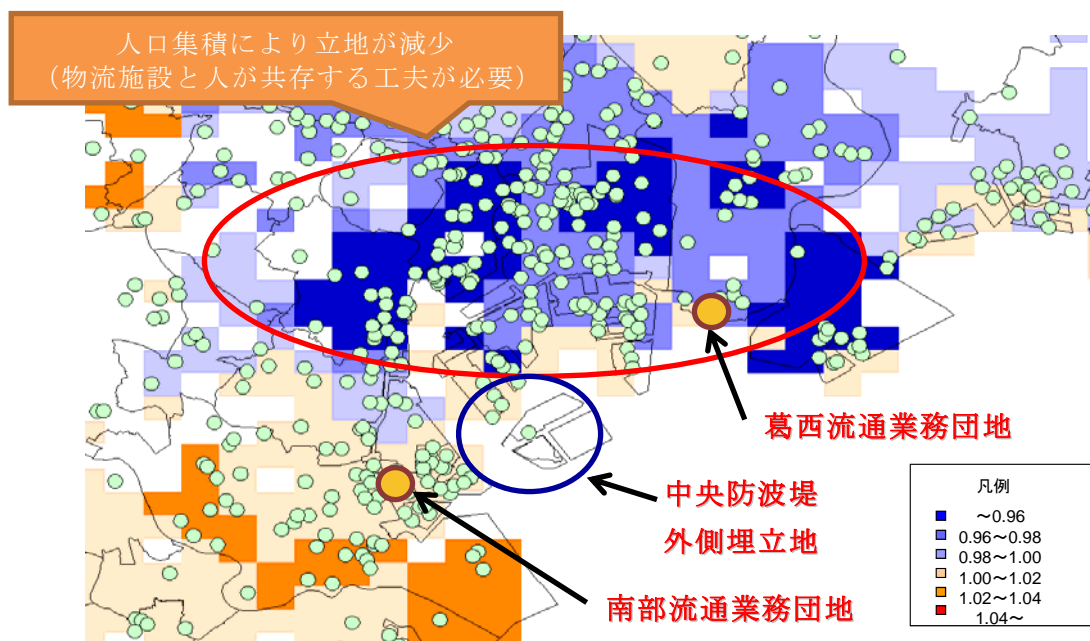


図 3.5.6 都市内配送センターの立地量変化（ケース②／ケース①）と施設立地の実績

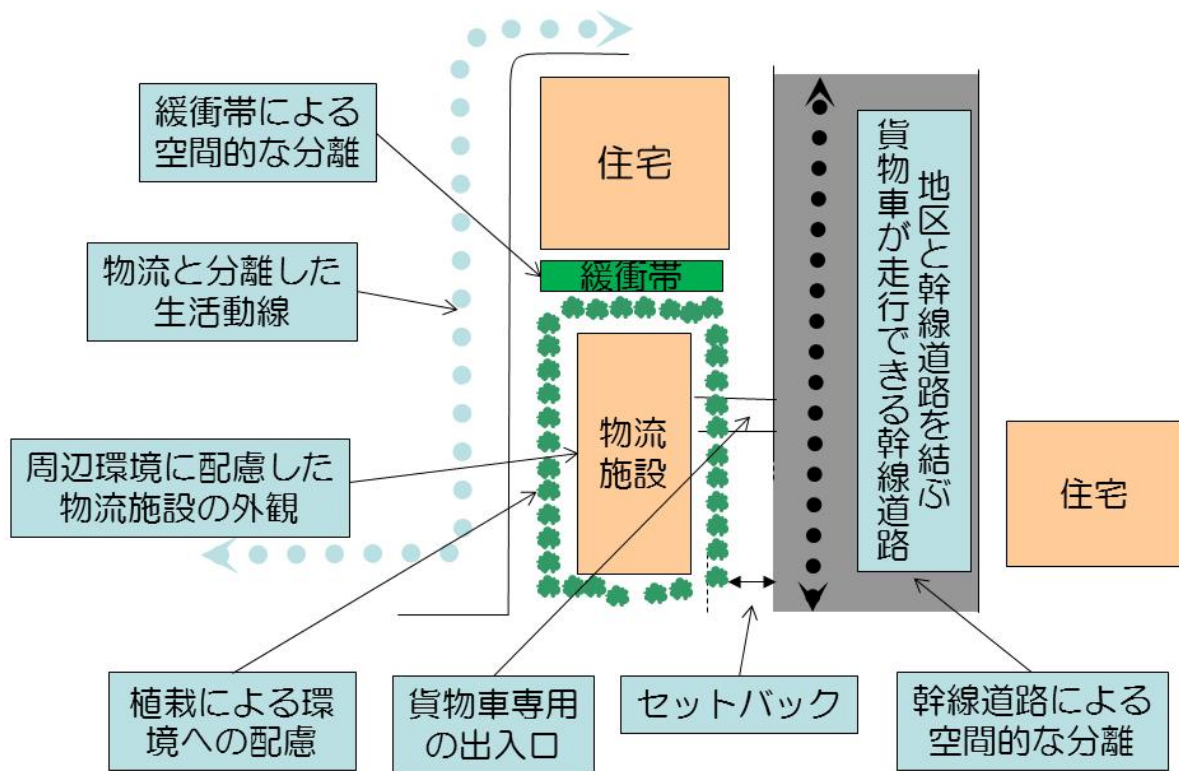
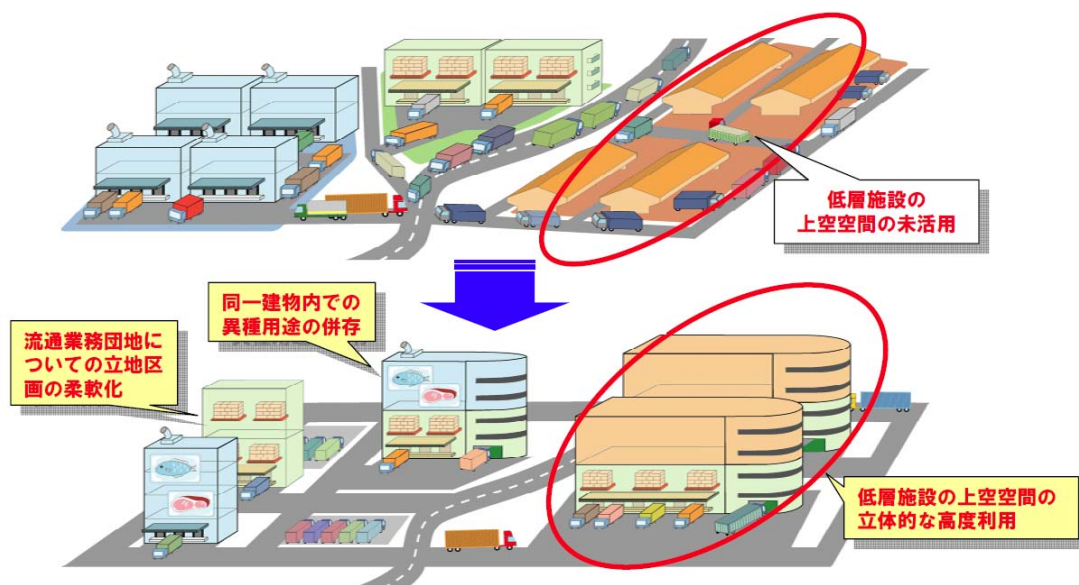


図 3.5.7 物流施設と人の共存のイメージ



出典：プロロジスパンフレット

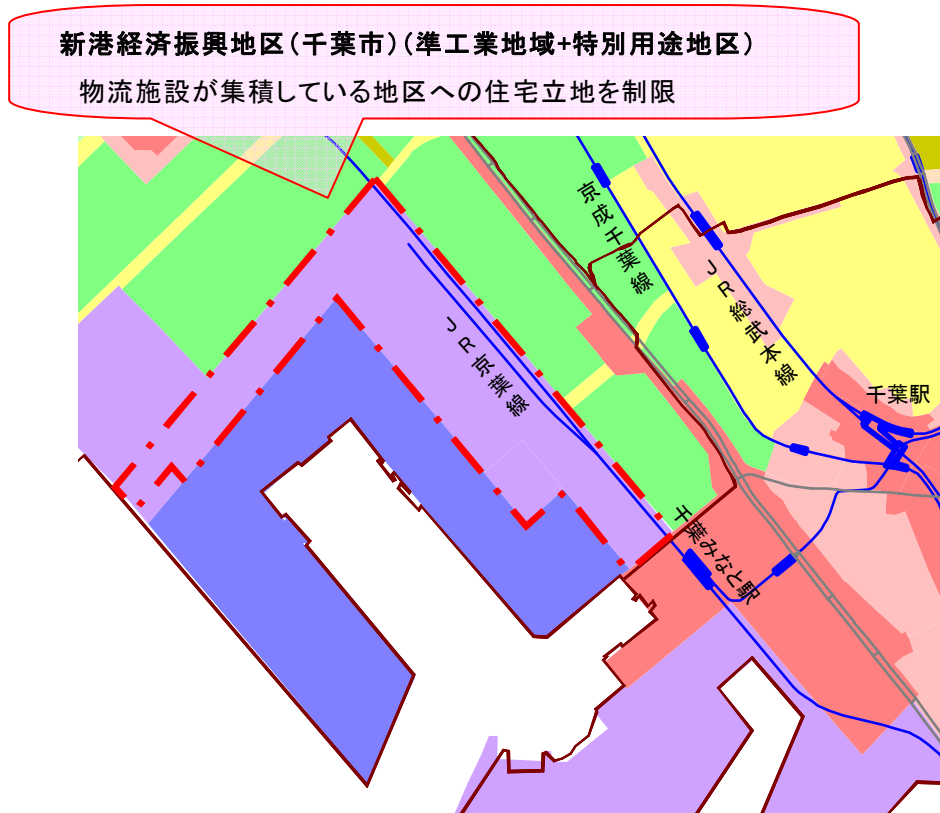
図 3.5.8 物流施設と住宅を計画的に配置した事例



出

典：「国際競争力強化のための物流施設整備に関するビジョン」（国土交通省政策統括官）

図 3.5.9 流通業務団地の再整備による新たな物流施設の立地スペース確保のイメージ



出典：「物流からみた東京都市圏の望ましい総合都市交通体系のあり方(H18.5)(東京都市圏交通計画協議会)」

図 3.5.10 地区計画や特別用途地区による住宅立地を抑制している事例

3.5.4 シミュレーション結果の考察

東京都市圏では、郊外部や臨海部の物流施設が、全国や海外との物流の中継拠点として重要な機能を果たしている。特に、臨海部では、京浜港の国際コンテナ戦略港湾指定や羽田空港再国際化といった動向から物流拠点としての役割がますます増加すると考えられるが、本研究の施設立地モデルを用いたシミュレーションでは、将来の人口集積を前提とした場合、臨海部の物流施設立地が現在よりも困難になることが示された。

「国立社会保障・人口問題研究所」の将来人口推計を前提とすると、東京都市圏の将来人口は、臨海部を含む東京都心部や多摩地域で増加し、郊外部で減少すると想定される。現在は、臨海部や圏央道沿道などの郊外部で物流施設が立地しているが、本研究のシミュレーション結果では、臨海部と郊外部の物流施設立地のバランスが、将来変化し、より郊外部に立地がシフトすると推計された。臨海部には、国際物流を取り扱う物流施設や、都心への高付加価値品の配送などを担う物流施設が多いと想定され、臨海部において、物流施設立地を維持するための物流施策が必要であることが示される。第1章でも示した通り、臨海部埋立地のうち、準工業地域であっても特別用途地区や地区計画により住宅立地を抑制している地区があり、住宅との混在の危険がないため企業にも人気がある。本章のシミュレーション結果は、物流施設と人が共存するための工夫、流通業務団地の再整備や埋立地の物流施設立地用地としての活用、特別用途地区や地区計画による住宅立地抑制といった物流施策によって、物流施設と住宅との土地利用の混在の問題を低減させることが、臨海部で物流施設立地を維持するために必要であることを示している。

一方、臨海部の物流施設には老朽化して流通加工など近年の物流ニーズに対応しない施設が数多く存在している。住宅や商業施設など多様な施設立地のニーズが存在する臨海部では、本研究のシミュレーションでも、人口や商業の集積の増加により地価が上昇すると推計された。物流施設の立地を維持するためには、土地の高度利用を図って地価負担力を高めることが重要であり、老朽した物流施設の建て替えによる施設の更新を図っていく必要があることが示される。

また、本研究で将来人口を想定した2020年には、本章で実施したシミュレーションで物流施設の立地が増加すると推計された都市圏郊外部で建設中の圏央道が概ね完成する時期に重なっている。高速道路ICへの近接も物流施設立地に影響することから、将来の人口集積の変化だけでなく、圏央道の完成も郊外部での物流施設立地を促進させる要因となる。一方で、京浜港の国際コンテナ戦略港湾指定にむけた計画書³²⁾では、将来の目標貨物量(コンテナ取扱量)は、2008年と比べて2015年には約1.4倍になると示されており、臨海部で物流施設立地を維持させる必要性は高まると考えられる。圏央道整備による影響も含めた物流施設立地の推計は、第5章で取り扱うが、将来の人口集積の変化によって、都市圏全域で物流施設立地が変化するという本章のシミュレーション結果は、物流施設立地に関する物流施策は、都市圏全域で調整して立案すべきであることを示している。

3.6 第3章のまとめ

(1) 第3章の成果

3.2では、萩野・遠藤(2007)の物流施設立地モデルで採用されている離散選択ロジットモデルを用いた施設立地モデルの研究や、物流施設の最適配置を企業のコスト最小化としてモデル化している研究を対象にして、既存研究をレビューした。その結果、離散選択モデルを施設立地モデルに適用する際の、選択肢集合の設定に係わる課題に対して、既存研究では、広域立地と局地立地といった空間的に区分するネスティッドロジットモデルを適用している研究が多く、そのうち、広域立地に関しては、企業のコスト最小化行動をモデルに導入できる可能性があることが明らかになった。これらの知見は、本章における物流施設立地モデル構築には、直接関係しないが、物流施策を総合的に評価するモデルの可能性の分析を目的とする第5章に対して、重要な知見となる。また、土地利用均衡モデルの既存研究レビューでは、尹・青山ら(2000)のモデルのように、土地利用タイプ別に期待最大地代（それぞれの土地利用が「最大地代を付ける確率」）を仮定し、これによって土地利用タイプの土地供給が表現されるモデルが理論的には望ましいことを明らかにした。この土地利用均衡モデルを、直接、本研究のモデルに適用することは、モデル構築に利用するデータの制約からは困難であるが、その概念は、本研究の物流施設立地モデルに導入可能であることなど、3.3で行った物流施設立地モデルの定式化に対する重要な知見を得た。

3.3では、第4回物資流動調査を集計して、主として東京都市圏臨海部における物流施設と住宅との土地利用の混在が深刻化している状況を分析し、本章における物流施設立地モデル拡張の方向性が妥当であることを明らかにした。

3.4では、上記の分析結果を踏まえ、物流施設立地モデルを定式化して、モデルのパラメータを推定し、モデルの現況再現性を検証した。

3.5では、東京都市圏の将来の人口集積を想定して、本章で構築した物流施設立地モデルを用いて、将来、現在の人口の都心回帰の状況が続いた場合には、東京都市圏の臨海部において、物流施設立地が現状よりも困難になる可能性があることをモデルによる推計結果から明らかにした。このような課題に対しては、人口集積と物流施設立地が両立するための物流施策が必要であるが、シミュレーションの結果から、このような物流施策が必要となる地区をメッシュ単位で特定することができるなど、物流施設立地に関する物流施策の立案におけるモデルの活用可能性を示した。

本章の分析結果をまとめると次のとおりである。

- ・ 人口の都心回帰が今後も進行すると、物流施設と住宅等との土地利用の混在の問題の深刻化や地価の上昇により、東京都市圏臨海部では、物流施設立地が現在よりも困難になる。
- ・ 一方、京浜港（東京港、横浜港、川崎港）が国際コンテナ戦略港湾に指定されるなど、国際物流の重要性は増すと想定されており、臨海部での物流施設立地は、人口集積とのバランスも考慮しつつ、適切に確保する必要がある。

- ・ そのためには、物流施設と人々が共存するための工夫や、流通業務団地の再整備や新たな埋立地の物流施設立地用地としての活用、物流施設が集積するエリアでの都市計画手法による住宅立地抑制といった物流施策が重要となる。
- ・ また、人口集積の増加により、地価水準は現在よりも高くなると想定されることから、老朽化した物流施設の建て替えによる施設の更新を図るため、産業系用地の再開発といった新たな都市計画手法の必要性も示される。
- ・ 本研究のモデルによるシミュレーションの結果からは、物流施設の立地を維持するために、物流施設と人々が共存するための工夫が必要となる地区（メッシュ）を特定することができ、物流施設の移転の受け皿としての可能性がある埋立地や流通業務団地が特定できることを示し、物流施設立地に関する物流施策の立案におけるモデルの活用可能性を示した。

(2) 今後の課題

本章で行った研究の、今後の課題は次のように整理される。

a) 政策変数に対するモデルの感度の検証

本研究の施設立地モデルのように、一時点のデータを用いて構築されたモデルを、施策評価に用いる際には、説明変数や被説明変数が観測されている過去や将来を対象に被説明変数を推計し、正しく推計できているかを確認してから施策評価に用いることが普通である。本研究の施設立地モデルはこのような検証を経ていないので、3.5で行ったシミュレーション結果も、施設移転量推計値の絶対量はどこまで正確であるかは判断できない。土地利用均衡モデルに関する既存研究でも、立地余剰がある一定水準を超えると施設の移転が始まるという閾値を導入している研究もある。その場合、施設の移転が始まるまでの間は、土地利用の混在による外部不経済を物流施設が受け続けることになり、その外部不経済の指標化も研究対象となりえる。物流施設を網羅的に調査する試みは第4回調査で初めて行われたものである。次回調査以降でも物流施設立地を調査することで、物流施設立地の時系列比較が可能となるため、次の物資流動調査データを用いた検証が課題となる。

また、本研究の立地モデルに使用した物流施設の立地データでは、施設の立地時期はわかるが、その施設が移転・統合・新設のどれで立地したのかは不明である。企業では、複数の物流施設を集約して大規模な施設を立地させる動きがあり、移転・統合と新設では立地行動に違いがある可能性はある。次の物資流動調査で立地データが収集されれば、物流施設立地数と総面積の比較などによって時系列の変化を確認することができる。立地モデルの説明変数の感度の検証と併せて、次の物資流動調査データを活用した今後の課題となる。

b) 物流施設の集配送コストのモデルへの明示的な導入

物流施設立地のモデル化に関する既存研究には、物流施設の規模や立地場所選択を、企業のコスト最小化行動などから詳細に記述する研究があった。第4回物資流動調査の物流施設データには、当該施設の搬入・搬出データが調査されており、本研究の1kmメッシュ単位のモデルではデータ処理上難しいが、ネスティッドロジットモデルなどモデル構造を

工夫することで、「集配送コスト」などを明示的にモデルに導入することが可能だと思われ、今後の課題である。

c) 厳密な土地利用均衡による物流施設立地モデルの構築

本研究で構築した物流施設立地モデルは、モデル構築に用いたデータの制約もあり、厳密な土地利用均衡モデルではないが、例えば、住宅などの施設への供給面積といったデータを収集・整理することで、土地利用・交通モデルに用いられている、土地利用均衡モデルへの応用は可能である。その際、尹・青山ら(2000)の研究のレビューから得られた知見からは、必ずしも1kmといったミクロな分析ゾーンでなくても、土地利用の混在の問題は、十分に分析可能である。これらのデータの収集・整理に当たっては、実態調査の方法の他、例えば、建築着工に関する統計データなどから推計する方法も含めて幅広く検討すべきである。

d) 土地利用・交通モデルへの発展

本研究でレビューした土地利用均衡モデルは、都市計画・交通計画では、主として、土地利用・交通モデルで取り扱われているものである。この土地利用・交通モデルは、交通施設整備等のインパクトを土地利用変化と交通需要変化の両面から捉え、開発利益も含めて精緻に便益計測を行おうとするものである。このような土地利用・交通モデルは、物流においては、単に交通基盤の整備効果にとどまらず、本研究で取り扱ったような、住宅との競合問題など、より広い社会経済変化が対象となり、適用範囲は広いと考える。なお、第5章では、第3章で取り扱う貨物車経路選択モデルも含めて、このような総合的な物流評価モデルの方向性を検討する。また、ネステッドロジットモデルにより、企業のコスト最小化行動を反映するといったモデル推定の方法論に関する課題も、土地利用・交通モデルへの拡張の中で取り扱うことにより、より理論的なモデルへの展開を図ることができる可能性がある。

第3章に関連する参考文献

- 1) 萩野保克・遠藤弘太郎(2007)：立地選択モデルを用いた東京都市圏における物流施設の立地ポテンシャル分析」, 土木計画学研究・論文集, No.24, pp.103-110
- 2) 苦瀬博仁・久保幹夫・二階堂亮・管智彦(1996)：「配送コストと施設コストにもとづく物流施設の最適数と最適配置に関するモデル分析」, 日本物流学会論文集, 第5号, pp.12-20
- 3) 谷口栄一・則武通彦・山田忠史・泉谷透(1998)：「物流ターミナルの最適規模および配置の決定法に関する研究」, 土木学会論文集, No.583, IV-38, pp.71-81
- 4) 高橋洋二・望月明彦・栄武男(1993)：「広域物流拠点及び集配拠点の整備の方向」, 土木計画学研究・講演集, No.16(2), pp.25-28
- 5) 高橋洋二・苦瀬博仁・兵藤哲朗・清水真人(1996)：「物資流動調査にもとづく物流施設の整備効果に関するシミュレーション分析」, 国際交通安全学会誌, 第21号 No.4, pp.24-35
- 6) 林 良嗣・磯部友彦(1984)：「非集計手法を用いた工業立地モデル化の一方法」, 土木計画学・論文集, No.1, pp.155-162
- 7) 宮本和明・松井紀尚(1984)：「非集計分析に基づく工業立地予測モデル」, 第39回年次学術講演会第4部, pp.71-72
- 8) 宮本和明・中村英夫・増田博行・清水英範(1985)：「非集計行動モデルに基づく土地利用モデルの構成」, 土木計画学研究・講演集, No.7, pp.149-156
- 9) 岩崎義一・相茶正彦・遠藤弘太郎・土居厚司・瀬口哲夫・加藤勝敏(1995)：「非集計分析に基づく工業立地因子を考慮した移転工場の立地予測モデルの開発に関する研究」, 土木計画学研究・論文集, No.12, pp.239-246
- 10) 加藤勝敏・岩崎義一・相茶正彦・遠藤弘太郎・鈴木千広・瀬口哲夫(1996)：「非集計ロジックモデルを用いた民間研究所の立地要因に関する研究」, 土木計画学研究・論文集, No.13, pp.241-246
- 11) T. Hyodo・H.Kuse・Y. Hagino・H. Takebayashi・K.Endo(2008)：「Modeling Logistics Location Choice and Truck Route Choice Behavior by Tokyo Metropolitan Region Freight Survey」, Innovation in City Logistics, pp. 231-248
- 12) 東京都市圏交通計画協議会(2006)：「物流からみた東京都市圏の望ましい総合都市交通体系のあり方」
- 13) 屋井鉄雄(1986)：「非集計行動モデルによる交通需要予測手法」, 交通と統計, No.15,16 合併号
- 14) Mosh Ben-Akiva et al.(1984)：「Disaggregate Trip Distribution Models」, 土木学会論文集, No.347/IV-1, pp.1-17
- 15) 国土交通省政策統括官付参事官室(2009)：「国際競争力強化のための物流施設整備に関するビジョン」
- 16) 東京都(2006)：「総合物流ビジョン～東京からはじまる物流革命～」
- 17) 上田孝行・堤盛人・武藤慎一・山崎清(2009)：「わが国における応用都市経済モデルー特徴と発展経緯ー」, 計画・交通研究会ワーキングペーパーシリーズ, No.09-3

- 18) 森杉壽芳・大野栄治・宮城俊彦(1991):「住環境整備による住み替え便益の定義と計測モデル」, 土木学会論文集, No.425, pp.117-125
- 19) 林良嗣・土井健司・奥田孝明(1989):「外部経済効果を考慮した都市交通改善がもたらす開発利益の帰着分析モデル」, 土木学会論文集, No.407, pp.67-76
- 20) 尹鍾進・青山吉隆・中川大・松中亮治(2000):「立地変動を考慮した実用的な土地利用・交通モデルの構築」, 土木計画学研究・論文集No.17, pp.247-256
- 21) 上田孝行(1995):「交通・立地分析モデルによる都市交通プロジェクトの影響分析」, 日本交通政策研究会シリーズ A-184
- 22) 田口博司・武藤真一・秋山孝正・高松諭(2001):「経済均衡を前提とした都市環状道路整備交通現象変化の分析」, 第21回交通工学研究発表会論文報告集, pp.49-52
- 23) 佐藤徹治・樋野誠一・(2006):「貨物流動の実態を踏まえた応用一般均衡型土地利用・交通モデル」, 土木計画学研究・講演集, No.33, PP.231
- 24) 久米秀俊(2008):「最近のロジスティクスニーズに対応した港湾域物流拠点の整備に関する研究」, 運輸政策研究, vol.10, No.4, pp.71-74
- 25) 東京都市圏交通計画協議会(2006):「物流からみた東京都市圏の望ましい総合都市交通体系のあり方」
- 26) 渡辺豊(1993):「複数線形統合トビットモデルによる物流施設の立地分布変動モデルに関する研究」, 土木計画学研究・論文集, No.11, pp199-206
- 27) 田中康仁・小谷通泰・原田亜紀子(2003):「近畿圏におけるトラック事業所の空間分布特性の分析と立地モデルの作成」, 土木計画学研究・論文集, Vol.20, No.3, pp673-679
- 28) 桜田崇治・石黒一彦・稲村肇(1999):「流通施設としての倉庫の立地分析」, 土木計画学研究・講演集, No.22(2) pp721-724
- 29) Manski C. F.(1991):「The Structure of Random Utility Models, Theory and Decision」, Vol.8, pp.229-254
- 30) 森川高行・竹内博史・加古裕次郎(1991):「定量的観光魅力度と選択肢集合の不確実性を考慮した観光目的地選択分析」, 土木計画学研究・論文集, No.9, pp.117-124
- 31) 林良嗣・富田安夫(1988):「マイクロシミュレーションとランダム効用モデルを応用した世帯のライフサイクルー住宅地ー人口属性構成予測モデル」, 土木学会論文集, No.395/IV-9, pp.85-94
- 32) 兵藤哲朗(2007):「都市圏物資流動調査における新たなモデリング」, 都市計画, Vol.56, No.2, pp.15-22
- 33) 竹林秀基(2007):「物流からみた東京都市圏の望ましい姿」, 都市計画, Vol.56, No.2, pp.23-30
- 34) 萩野保克(2007):「大規模物流拠点と都市づくり」, 都市計画, Vol.56, No.2, pp.43-48
- 35) 横浜市・川崎市・東京都・(財)横浜港埠頭公社・東京港埠頭(株)(2010):「京浜港国際コンテナ戦略港湾計画書」

第4章 物流の国際化に対応した大型貨物車経路のモデル分析

4.1 本章の目的と構成

4.1.1 本章の目的

第2章で示したとおり、第4回物資流動調査の物流施策が提言された時点では、東京都市圏では「重さ指定道路」や「高さ指定道路」といった道路が十分にネットワーク化されていなかったため、これらの大型貨物車の自由走行道路を拡充するという、物流施策の方向性が示された。その後、重さ指定道路については、橋梁の耐荷重強化が図られ、2010年時点で、東京都の直轄国道延長のほぼ100%が重さ指定道路となっている。

一方で、国が取り組むべき物流施策の方向性を示した「総合物流施策大綱(2009-2013)」では、今後推進すべき物流政策の基本的方向性として、道路ネットワークに関しては、「国際物流基幹ネットワーク上に存在する海上コンテナ車の通行支障区間の早期解消等に重点を置いた整備推進」、「国際物流基幹ネットワークの利用促進に向けた課題整理とその解決への取り組み」、「効率的な料金政策による既存高速道路ネットワークの有効活用・機能強化」といった物流施策が掲げられている。また、国では、経済のグローバル化の流れを受け、我が国の港湾の国際競争力を強化するため、新成長戦略(2010年6月閣議決定)に基づき、戦略的な「選択」と「集中」が必要であるとして、2010年8月に阪神港と京浜港(東京港、川崎港、横浜港)が国際コンテナ戦略港湾に選定された。横浜市・川崎市・東京都等が策定した京浜港の計画書では、京浜港の取扱貨物量を平成20年(2007)から平成27年(2015)までに約1.4倍にするとしており、海上コンテナ車による貨物輸送が、東京都市圏で増加する可能性が示されており、今後、海上コンテナ車に対応した道路ネットワークの必要性が高まると考えられる。これに対して、海上コンテナの流動実態を詳細に調べたり、重さや高さ超過で走行不可能なボトルネック箇所を既存統計で丹念に調べ上げる試みが多くなされつつあるが、その走行経路を道路条件などを加味して推計する方法論を研究した事例は少ない。また、海上コンテナ車など道路の一般的制限値を超える大型車両は、道路の通行に際して、道路管理者への特殊車両通行許可申請(以下、特車申請という。)が必要である。平成17年度以降、この特車申請は電子データで行うことが可能であり、現在、経路情報を含む膨大な電子データが蓄積されている。

東京港・横浜港といった我が国の重要な国際港湾を有する東京都市圏においては、大型貨物車経路で重要な道路区間は、海上コンテナ車がスムーズに通行できるような道路規格が求められるとともに、重大事故の危険性を回避するため、乗用車と貨物車の道路ネットワークをできるだけ分離するといった視点で計画する必要性が高いが、海上コンテナ車の経路選択特性は十分に解明できておらず、どのような規格の道路によって海上コンテナ車に対応した道路ネットワークを構築すべきかが物流施策を実施する上での課題となっている。そこで、本章では、特車申請電子データから海上コンテナ車の経路データを作成する

とともに、道路情報便覧から海上コンテナ車の通行支障に関する道路ネットワークデータを収集して、海上コンテナ車の経路選択モデルを構築する。また、この経路選択モデルを用いたシミュレーションによって、海上コンテナ車経路に関する物流施策へのモデルの活用について論じる。

4.1.2 本章の構成

本章は、以下のように進める（図4.1.1）。

4.2では、大型貨物車経路選択モデルを、海上コンテナ車の経路選択モデルに拡張するために、既存研究のレビューを行う。その際、道路ネットワーク上の経路選択モデルに関しては、その推定に当たって、選択肢集合の取り扱いが課題となるため、兵藤ら(2007)が採用した「重複率最大化モデル」のほか、大型貨物車の経路選択モデルの推定に関する方法論に関して最新の研究事例をレビューし、本研究の経路選択モデルで採用する推定方法を決定する。また、海上コンテナ車は、重さ・高さ・長さの面で選択可能な道路区間に物理的な制約がある。このような海上コンテナ車のボトルネック箇所を調べる研究が行われており、これらの既存研究のレビューを行い、本研究における経路選択モデルへの組み込みの可能性を分析する。

4.3では、海上コンテナ車の道路上のボトルネック箇所に関する既存研究のレビューの結果も踏まえ、海上コンテナ車の経路データ及び分析に用いる道路ネットワークを作成し、東京都市圏の東京港・横浜港を利用する海上コンテナ車の経路選択実態を分析する。

4.4では、上記の分析結果を踏まえ、海上コンテナ車の経路選択モデルを定式化して、そのパラメータ推定を行う。その際、4.2のレビュー結果を踏まえ、経路選択モデルの推定方法の改善も併せて行う。

4.5では、本研究で構築した海上コンテナ車経路選択モデルを用いて、海上コンテナ車を利用する物資流動を道路上に配分し、新たな高速道路整備や交差点における海上コンテナ車の折進障害の除去といった施策の効果を計測し、海上コンテナ車を想定した大型貨物車経路に関する物流施策の立案へのモデルの活用について論じる。

4.6で、本章の成果を取りまとめる。

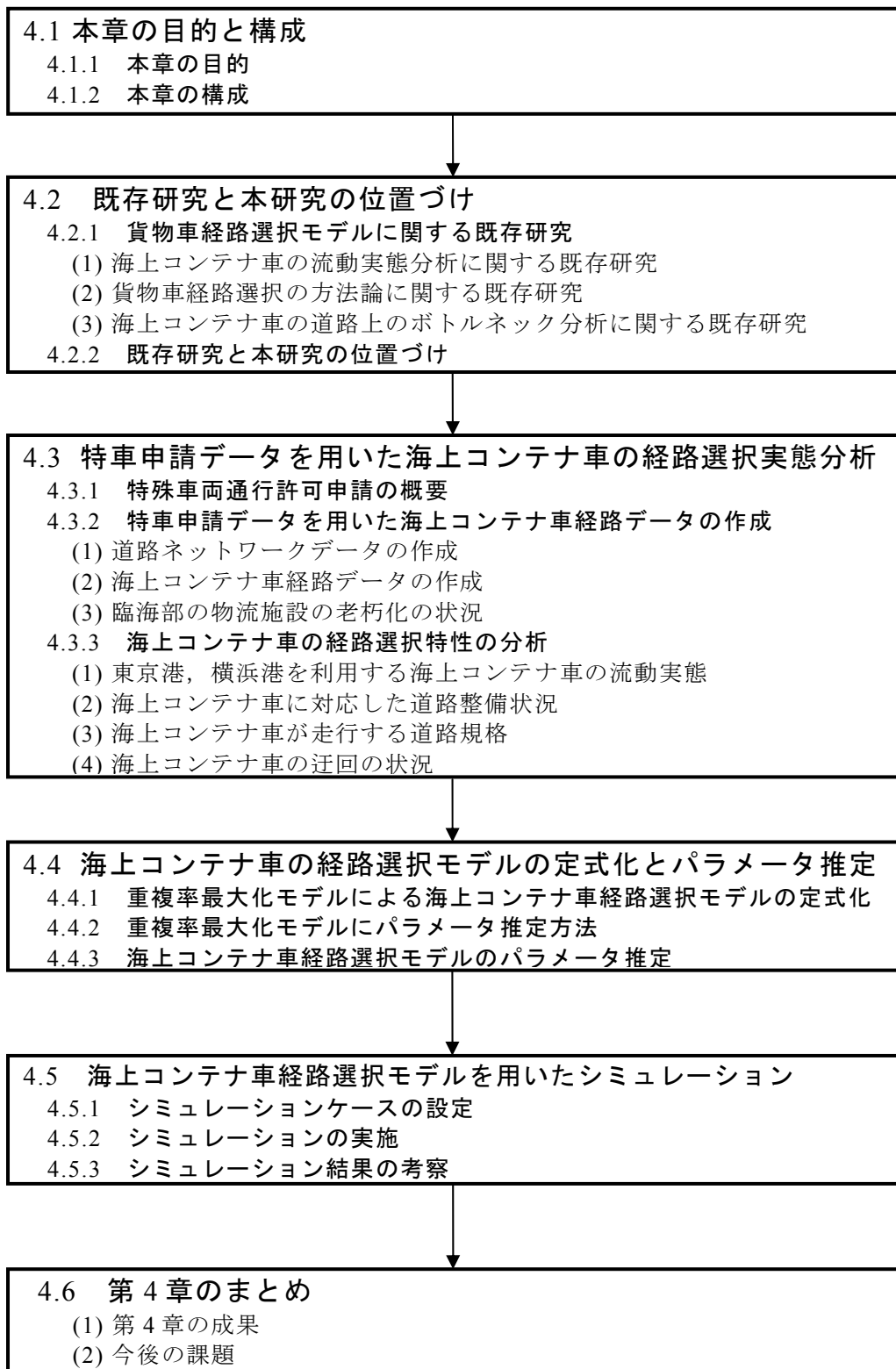


図 4.1.1 第4章の研究の進め方

4.2 既存研究と本研究の位置づけ

4.2.1 大型貨物車経路選択モデルに関する既存研究

第2章では、第4回物資流動調査では、「大型貨物車走行実態調査」で調査された大型貨物車の走行経路データを用いて経路選択モデルが開発され、都市圏における「重さ指定道路の拡充」といった大型貨物車に対応した物流ネットワーク整備が、物流施策の方向性として提言されたことを整理した。また、現時点では、大型貨物車経路に対しては、海上コンテナ車経路におけるボトルネックの解消といった物流施策が必要であることを整理した。海上コンテナ車経路に関する既存研究としては、海上コンテナ車の流動量を網羅的に調査するデータが無いため、その流動実態を調査して、流動特性を分析する研究が行われている。また、大型貨物車の経路選択モデルの推定に関する方法論や、海上コンテナ車の経路に影響を与えるボトルネックの特定に関する研究も行われている。ここでは、これらの既存研究をレビューし、本研究における大型貨物車経路選択モデルの方向性を明らかにする。

(1) 海上コンテナ車の流動実態分析に関する既存研究

渡辺・苦瀬・新谷(1989)¹⁾は、輸出入コンテナの陸上輸送に着目し、目的地までコンテナのまままで一貫輸送されるか、港周辺で積み替えられるかを、集計ロジットモデルで推計している。渡辺・苦瀬・新谷(1989)が分析に用いたデータは昭和61年(1986)の「輸出入コンテナ貨物流動調査(運輸省港湾局(当時))」である。萩野・塚田・皆川(2006)²⁾は、平成15年(2003)の「港湾統計(陸上出入貨物調査)(国土交通省港湾局)」や「輸出入コンテナ貨物流動調査(国土交通省港湾局)」等の統計データからコンテナ貨物のODデータを輸出・輸入別、品目別に作成して、これを道路上に配分して主要幹線道路の特徴を、輸出・輸入割合や品目構成などから分析している。その際、道路上への配分モデルは、一般化費用最小経路に全てのOD交通量を配分するものであり、道路規格等による貨物車の経路選択特性は組み込まれていない。

自動車交通の実態を全国で調査する一般的な調査としては、「道路交通情勢調査(道路交通センサス)(国土交通省道路局)」があり、車種別の自動車ODや道路断面交通量などを調査しているが、いずれも、海上コンテナ車は区分されない。そのため、海上コンテナ車の道路利用実態を別途調査して、道路上の海上コンテナ車の利用実態を分析する研究が行われている。小田・竹下・池田(1992)³⁾は、昭和60年(1984)と平成3年(1991)に運輸省(当時)が実施した全国主要港湾(26港湾)の周辺道路において海上コンテナ車を区分して実施した断面交通量から、主要港湾周辺における道路交通の特徴を、交通需要の時間分布や大型貨物車混入率などから分析している。柴崎・山鹿・角野・小島(2005)⁴⁾は、横浜港・常陸那珂港の周辺道路(各6箇所)と、東京都心からの距離帯別に高速道路及び一般道路上(39箇所)で海上コンテナ車の断面交通量調査を実施して、距離帯別の高速道路利用率などの道路利用実態を分析している。

(2) 大型貨物車経路選択モデル推定の方法論に関する既存研究

渡辺(1990)⁶⁾は、輸出入コンテナの陸上輸送における経路選択を、道路の車線数、幅員、右折回数・左折回数などを説明変数として、離散選択型ロジットモデルで推計している。コンテナ車の経路選択実態を定期的に調査している統計データはなく、渡辺(1990)の経路選択モデルでは、社団法人日本海上コンテナ協会が実施したアンケート調査結果を用いて大井埠頭と本牧埠頭の間の669トリップを用いてモデルを構築している。その際、経路選択肢として、国道1号、国道15号、首都高速道路（横羽線）の3ルートを設定してモデルを構築している。一般的に、道路ネットワーク上での経路選択は複雑であり、離散選択型ロジットモデルを適用する際、選択肢集合の取り扱いが問題となるが、渡辺(1990)の研究では、分析対象とするODや、経路の選択肢を予め定めることで、モデルを推定している。

第4回物資流動調査では、兵藤ら(2007)⁷⁾によって開発された、実経路を直接表現する「重複率最大化モデル」による大型貨物車走行経路選択モデルが採用された。その理由は、①重複率最大化モデルが、鈴木・高橋・兵藤(1998)⁸⁾やHyodo・Suzuki・Takahashi(2000)⁹⁾、笹井・兵藤・鈴木・高橋(2004)¹⁰⁾によって、自転車経路選択モデルとして実証的に推定された解析の実績があり、重さ・高さといった道路規格が影響する大型貨物車の経路選択行動が、歩道設置など「走り易さ」が影響する自転車の経路選択行動と類似性が高いと判断されたこと、②モデルのパラメータの推定アルゴリズムが簡単であり、実用性に富むこと、③他の経路選択モデルに比して選択肢集合を設定する必要がなく、選択肢集合形成に関わる解の変動がないことがあげられる。

以下では、兵藤ら(2007)によって開発された「重複率最大化モデル」による大型貨物車走行経路選択モデルについて、その開発の背景となった自転車経路選択モデルでの適用も含めてレビューする。

① 重複率最大化モデルによる貨物車経路選択モデル

a) 自転車経路選択モデルにおける重複率最大化モデル

重複率最大化モデルとは、選択肢集合を取り扱わず、推計経路（認知最短経路）と実経路の重複(overlapping)率が最大となるように、リンク距離関数を操作する方法論である。第4回物資流動調査の大型貨物車経路選択モデルのプロトタイプとなった、重複率最大化モデルを用いた自転車経路選択モデルの考え方は、次の通りである。

自転車利用者の経路選択は、走行距離だけではなく、歩道設置による「走り易さ」といった要因も選択要因となる。このような経路選択行動を表現するため、自転車利用者は、「走り易い道路区間」の走行距離を通常より小さく認識しているとして「認識距離」を仮定し、これを最小にする経路を選択すると考えたものである。

以下に、自転車の経路選択モデルに用いられた重複率最大化モデルについて記述する。

n 番目サンプルの実利用経路延長 X_n を式 (1) , n 番目サンプルの迂回率は式 (2) に示す。ここで δ_a は n 番目サンプルが a 番目リンクを通過する際に 1, それ以外に 0 をとるダミー変数である。 l_a は a 番目リンクの延長距離である。 δ_{na}^{**} は n 番目サンプルの出発地と目的地の最短距離経路に a 番目リンクが含まれていれば 1, そうでなければ 0 をとるダミー変数である。 l_a は a 番目リンクのリンク延長距離である。

$$X_n = \sum_a^a \delta_{na} \cdot l_a \quad (4.2.1)$$

$$DT_n = \frac{X_n}{\sum_a \delta_{na}^{**} \cdot l_a} \quad (4.2.2)$$

ここで、各サンプルの利用経路延長を重みとして、サンプル全体の重み付き迂回率を次のように定義される。

$$DT = \frac{\sum_n X_n \times DT_n}{\sum_n X_n} \quad (4.2.3)$$

つぎに「認識距離」の概念を導入する。認識距離とは運転者が実際に感じていると想定した距離のことである。自転車利用者は必ずしも目的地までの最短経路を通行するとは限らず、歩道の設置などの「走りやすさ」に応じて走行経路を選択していると考え、実距離ではなく、状況に応じて変化する認識距離が最小となる経路を選ぶと仮定する。以下に認識距離の定式化について記す。リンクの属性により認識される経路長が異なるという仮説に基づき、 a 番目のリンクの認識距離を以下の式で表現する。

$$l_a^*(\beta) = l_a \cdot \prod_k \beta_k^{Z_{ak}} \quad (4.2.4)$$

ここで、 Z_{ak} は a 番目リンクにおける k 番目属性変数（歩道設置等）について条件を満たすときは 1, それ以外は 0 をとるダミー変数である。 β_k は k 番目属性にかかる未知パラメータである。パラメータ推定の目的関数は、実経路と認識距離最小経路の距離重み付き重複率である。そこで次式のような n 番目サンプルの重複率を定義する。

$$D_n(\omega, \beta) = \frac{\sum_a \delta_{na} \cdot \delta_{na}^*(\omega, \beta) \cdot l_a}{X_n} \quad (4.2.5)$$

ここで X_n は n 番目サンプルの実際の走行経路長である。 δ_{na} は n 番目サンプルがリンク a を通過する際に 1, それ以外のときは 0 をとるダミー変数である。 $\delta_{na}^*(\omega, \beta)$ はパラメータ値が (ω, β) のとき、 n 番目サンプルの認識距離最小経路にリンク a が含まれる場合に 1, それ以外のときは 0 をとるダミー変数である。式(4.2.5)で示した重複率が大きいほど実経路

をよりの確に説明していることになる。そこで各サンプルの走行経路長を重みとして、サンプル全体の距離重み付き重複率を式(4.2.6)のように定義する。未知パラメータ (ω, β) は式(4.2.6)を最大化するように求めればよい。

$$D(\omega, \beta) = \frac{\sum_n X_n \cdot D_n(\omega, \beta)}{\sum_n X_n} = \frac{\sum_n \sum_a \delta_{na} \cdot \delta_{na}^*(\omega, \beta) \cdot l_a}{\sum_n X_n} \quad (4.2.6)$$

一般的には最短経路などのネットワーク変数は離散的であるため、この重複率をパラメータで微分することは不可能であり、目的関数の勾配等を算出することはできない。そこで、パラメータの値を任意の区間で移動させ、それぞれのパラメータに対する重複率（式(4.2.6)の値）を算出し、目的関数の等高線図を作成し、重複率が最大となるパラメータを視認することで、推定されている。

b) 重複率最大化モデルの大型貨物車経路選択モデルへの適用

自動車の経路選択は、一般に、時間評価値を定めた上で、所要時間と走行費用（有料道路料金や燃料費など）から定義される「一般化費用(Generalized Cost)」を最小とする経路で表現される。第4回物資流動調査では、式(4.2.4)で定義したリンク長 (l_a) を、一般化費用に置き換え、「認識一般化費用」を定義することにより、重複率最大化モデルを大型貨物車経路選択モデルに適用している。式(4.2.4)を一般化費用に拡張すると、「認識一般化費用」は次式で定義される。

$$GC_a^*(\beta) = (\text{Cost}_a + \omega \cdot \text{Time}_a) \cdot \prod_k \beta_k^{Z_{ak}} \quad (4.2.7)$$

ここで、 GC_a^* はリンク a を走行する際の認識一般化費用を表している。 Cost_a はリンク a の走行費用（有料道路利用料金と燃料費の合計）、 Time_a はリンク a の所要時間である。一般化費用に掛かる Z_{ak} はリンク a における k 番目属性変数でありダミー変数である。 β_k は k 番目属性にかかる未知パラメータである。 ω は時間評価値であるが、未知パラメータであり、モデルの推定結果から直接その値を得ることができる。パラメータ推定の目的関数は、実経路と認識一般化費用最小経路の距離重み付き重複率であり、自転車の経路選択モデルの場合と同様に、式(4.2.6)に示される重複率を算出し、目的関数の等高線図を作成し、重複率が最大となるパラメータを視認することで、推定されている。

c) 重複率最大化モデルによる大型貨物車経路選択モデルの推定

第4回物資流動調査で開発された大型貨物車経路選択モデルは、「補完調査」である「大型貨物車走行実態調査（大型貨物車走行ルート調査）」で収集された貨物車走行ルートのうち、車両が「特殊大型車両」、「海上コンテナ車」、「10トン以上の貨物車」を抜粋して得られた598サンプルの走行経路データを用いて推定された。

経路選択モデルの推定に必要な「リンク走行時間」は、平成10年度東京PT調査で実施された配分交通量推計結果から得られた所要時間が用いられた。大型貨物車の走行経路に

影響を及ぼすリンク属性は、道路種類（有料道路、無料道路、高速道路、一般道）、地域区分（市街地、国道16号線以内、環状7号線以内、港湾地区）、車線数、車道幅員、高さ指定道路ダミー、高さ指定道路ダミーを候補として推定されており、第4回物資流動調査で採用された大型貨物車経路選択モデルは、時間評価値と高さ指定道路ダミーを説明変数とする表4.2.1に示すモデルである。

パラメータは、時間表価値と高さ指定道路ダミーのパラメータ値を任意の区間で移動させ、それぞれのパラメータに対する重複率（式(4.2.6)の値）の等高線図を作成し、重複率が最大となるパラメータを視認することで推定されている。そのため、パラメータの有意性に関する統計的な検証がなされていないとの留意点はあったが、高さ指定道路ダミーを用いない最短一般化費用経路の重複率は0.564であり、高さ指定道路ダミーを用いることで実走行経路の再現性は高まるため、モデルとしての実用性は確保されていると判断された。

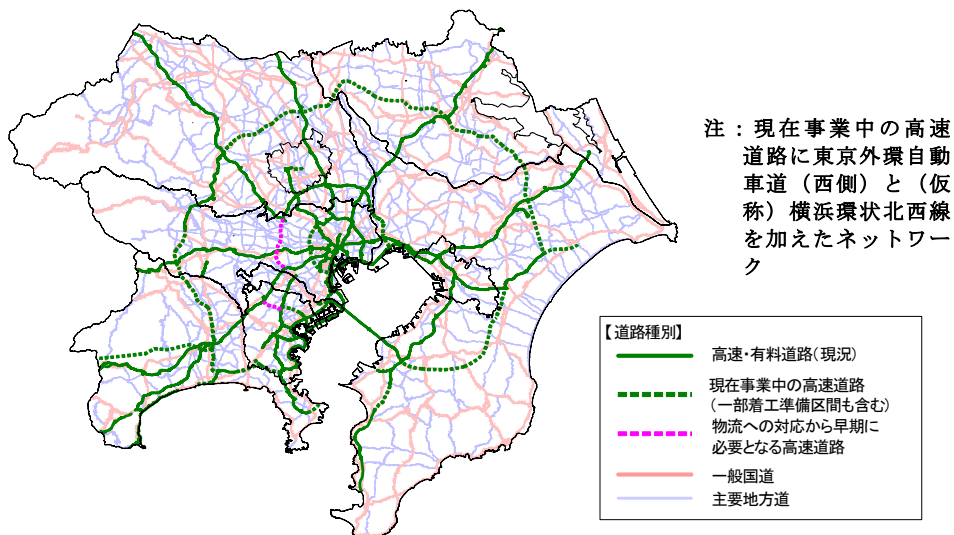
表4.2.1 第4回物資流動調査で採用された大型貨物車経路選択モデル

パラメータ	推定値
時間評価値 (Cost) (円/分)	80.0
高さ指定道路ダミー (β) (高さ指定の場合に1,その他を0とするダミー変数)	0.790
重複率	0.651

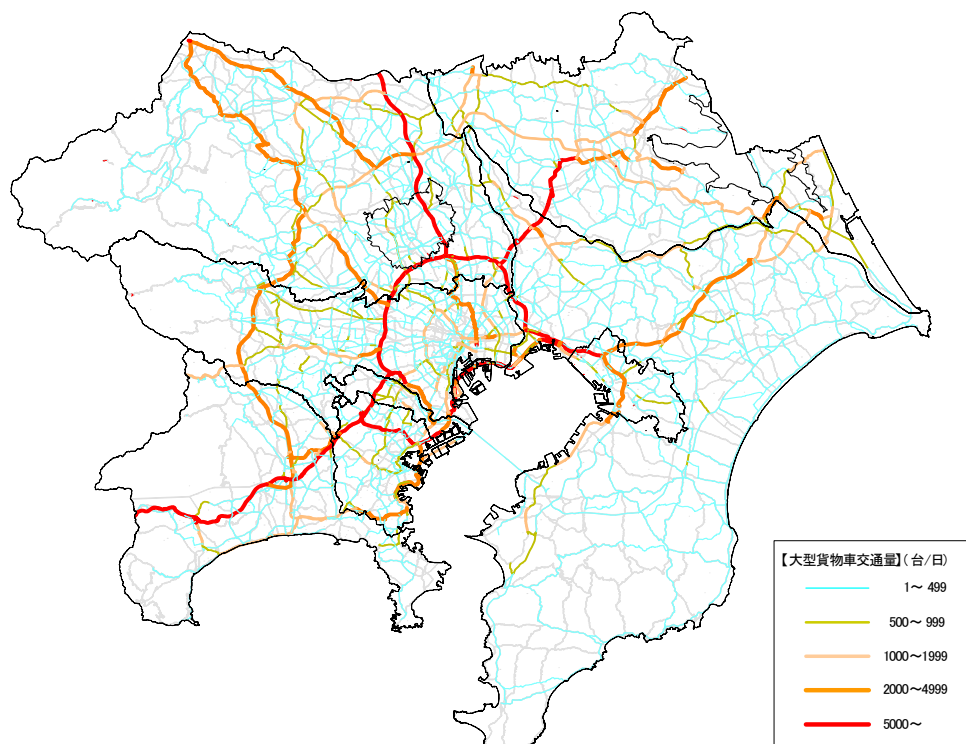
d) 第4回物資流動調査における大型貨物車経路選択モデルの活用

第4回物資流動調査で提言された「大型貨物車に対応した物流ネットワークの構築」の検討に当たっては、物資流動調査で東京都市圏の市区町村間で集計可能な大型貨物車（最大積載重量10t以上）の貨物車交通量を、この大型貨物車経路選択モデルを用いて配分し、新たな高速道路の整備に伴う大型貨物車の経路変化が計測され、都心を通過する大型貨物車交通の削減による都市環境の改善といった視点から政策評価が行われた（図4.2.1）。

【大型貨物車に対応した高速道路の物流ネットワーク^註】



【大型貨物車の走行台数（経路選択モデルによる推計値）】



出典：「物流からみた東京都市圏の望ましい総合都市交通体系のあり方(H18.5)(東京都市圏交通計画協議会)」

図 4.2.1 大型貨物車経路選択モデルによる大型貨物車の配分交通量推計の例

② 重複率最大化モデル以外の貨物車経路選択モデルに関する既存研究

「重複率最大化モデル」は、選択肢集合を扱わない経路選択モデルの推定手法であった。自動車の経路選択モデルに用いられる道路ネットワークは複雑であり、離散選択モデルを経路選択モデルに適用する場合には、選択肢集合が膨大になり、いわゆる IIA 特性が満たされないケースが多く生じるなど、「経路重複」と「選択肢集合の形成」の両立が課題となる。このような経路選択モデルの課題に対して、離散選択モデルで推計される効用項に重複に関わる補正項を導入する Path Size Logit モデルの適用や、選択肢集合の形成ルールとして Dial アルゴリズムの適用といった研究が進められている（例えば、兵藤・遠藤ら(2009)¹¹⁾）。ここでは、兵藤・遠藤ら(2009)が提案している経路選択モデルを対象にレビューする。

a) 重複率最大化モデルへの Dial アルゴリズムの組み込み

重複率最大化モデルに、選択肢集合の形成ルールとして Dial のアルゴリズムを組み込めば、Dial アルゴリズムの選択肢集合を扱い得るモデルに拡張することができる。

笹井ら(2004)は、自転車の経路選択モデルを対象に、「Dial アルゴリズムを組み込んだ重複率最大化モデル」を推定している。これは、通常の実乗率最大化モデルが最短認識経路という唯一の経路のみを扱うのに対し、Dial アルゴリズムで規定される（限定された）経路を対象と可能になるように、パラメータ推定式を定義したモデルである。簡単にその概略を紹介する。まず、Dial アルゴリズムで得られる選択肢間のリンク別選択確率を $q_{na}(\omega, \beta, \theta)$ とする。この選択確率は、Dial アルゴリズムのスケールパラメータ θ を設定すれば、確率的均衡配分モデルで使用されている Dial アルゴリズムプログラムを援用し、推計可能である。重複率最大化モデルでは、認識最短経路の特定リンク通過の有無を表すダミー変数を導入していたが、ここではその代わりに、導入された選択確率を用いて、重複率最大化モデルの式(4.2.6)を次のように置き換えている。

$$D(\omega, \beta, \theta) = \frac{\sum_n \sum_a \delta_{na} \cdot q_{na}(\omega, \beta, \theta) \cdot l_a}{\sum_n X_n} \quad (4.2.8)$$

この目的関数の最大化によりパラメータ推定を行うのが、「Dial アルゴリズムを組み込んだ重複率最大化モデル」（以下、「Dial 組み込みモデル」）であった。笹井ら(2004)においては、3都市の自転車利用経路調査結果から、本モデルと重複率最大化モデルとの比較を行い、殆どのケースで、推定パラメータの一つであるスケールパラメータ θ は、無限大になると報告されている。Dial アルゴリズムの性質から、スケールパラメータ(θ)が無限大の場合、推計される経路は一本の最短経路に集約されることが知られている。これはすなわち、「Dial 組み込みモデル」は重複率最大化モデルを一ケース（スケールパラメータが無限大のケース）とする、より一般的なモデルであるが、得られたデータに関しては、最

適モデルとしては重複率最大化モデルであったことを表していた。なお、標準的テキスト（土木学会(1998)¹²⁾）で紹介される Dial アルゴリズムについて引用すると次のとおりである。

Step 0: (準備)

(a) 起点 r から他の全てのノードへの最小交通費用 $c(i)$ を計算：

$$c(i) \leftarrow C \min[r \rightarrow i] \quad (4.2.9)$$

(b) 全リンクでリンク尤度 $L[i \rightarrow j]$ を計算：

$$L[i \rightarrow j] = \begin{cases} \exp[\theta\{c(j) - c(i) - t_{ij}\}] & c(i) < c(j) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4.2.10)$$

Step 1: (前進処理)

起点 r から $c(i)$ の値の昇順 (r から近い順) にノードを考える。各ノード i から流出するリンクのリンク・ウェイト $w[i \rightarrow j]$ を次式により計算：

$$w[i \rightarrow j] = \begin{cases} L[i \rightarrow j] & \text{for } i = r \\ L[i \rightarrow j] \sum_{m \in I_i} w[m \rightarrow i] & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4.2.11)$$

なお、 I_i はノード i に流入するリンク始点集合である。

Step 2: (後退処理)

$c(j)$ の値の降順 (r から遠い順) にノードを考える。ノード i からノード j に流入するリンクの交通量 x_{ij} を次式で計算。

$$x_{ij} = \left(Q_{rj} + \sum_{m \in O_j} x_{jm} \right) \frac{w[i \rightarrow j]}{\sum_{m \in I_j} w[m \rightarrow j]} \quad (4.2.12)$$

なお、 Q_{rj} は rj 間の OD 交通量、 O_j はノード j に流出するリンク終点集合。

このアルゴリズムのリンク尤度 $L[i \rightarrow j]$ が 1 となる場合、 i から j にいたるリンクを最短経路が通過することになる。前述した、 $\theta \rightarrow 0$ においては、Dial アルゴリズムで限定された経路（式(4.2.10)で $c(i) < c(j)$ を満たすリンクを連ねる経路）ですべてのリンク尤度が 1 になるため、それら経路が等しく最短経路となる。そのため、式(4.2.11)の前進処理は、起点から有効リンクを通過する選択枝数を順次計算するプロセスとなる。結果として、式(4.2.12)の後退処理で、経路選択枝数の逆数に、当該リンクを通過する経路数を乗じた確率が推計されていることになる。また、同時に、前進処理において着ノードのリンク・ウェイト値は ij 間の経路選択枝の総数に等しくなる。

b) Path Size Dial Logit Model (PSDL モデル)

離散選択モデルを交通ネットワークに適用する場合、選択枝集合間で経路が重複し、いわゆる IIA 特性が満たされないケースが多く生じる。故に MNL モデルの基本前提が満たされないため、これを克服する方法の一つとして、Path Size Logit モデルがある。このモデルは、効用項に重複に関わる補正項を導入ものである。特定のリンクが複数の経路を有す

る（経路が重複している）場合、経路という選択肢が、そのリンクで「集計」されていると考える。選択肢の集計を考慮した効用関数の推定方法は、一般には目的地選択モデルにおける規模変数の導入（ $V_i^* = V_i + \ln[M_i]$ ：ここで M_i は選択肢 i の規模を表す変数）として知られるが、この選択肢効用をリンク効用（ V_a ）に、規模変数をリンク a を通過する経路数に置き換えた方法と見なせる。具体的な補正項の式は、

$$PS_i = \sum_{a \in \Gamma_i} \left(\frac{l_a}{L_i} \right) \sum_{j \in C} \delta_{aj} \quad (4.2.13)$$

である。ここで、 L_i は経路 i の経路長、 Γ_i は経路 i のリンク集合、 δ_{aj} は経路 j へのリンク a の包含ダミー変数である。推定効用関数は、 $V_i^* = V_i + \beta_{PS} \cdot \ln[PS_i]$ となり、共通変数としてパラメータ β_{PS} を推定することになる。

兵藤ら(2007)は、Dial のアルゴリズムに、Path Size 項を補正項として利用する方法論として、Path Size Dial Logit Model（以下、PSDL モデルという。）を提案している。これにより、Path Size Logit モデルの Logit モデルに補正項を加えた簡便な方法で経路重複問題を緩和する特徴を生かし、Dial アルゴリズムの欠点である、経路重複問題が克服されず、重複が多い経路とそうでない経路間で同様の確率を与えることが化網であるとしている。

兵藤ら(2007)は、OD ペア rs の k 番目経路が、「 $r \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow \dots \rightarrow Y \rightarrow Z \rightarrow s$ 」あるとき、この経路が選択される確率 P_k は、Dial アルゴリズムの Step 2 の操作から、次式に示す Logit 型の経路選択モデルが導かれことを証明している。ここで、 C_k は k 番目経路の費用である。

$$P_k = \frac{\exp[-\theta C_k]}{\sum_{k'} \exp[-\theta C_{k'}]} \quad (4.2.14)$$

また、これに Path Size 項を補正項として含んだ Logit 型の経路選択モデル（PSDL モデル）として、次式のモデル提案している。

$$P_k = \frac{\exp[-\theta C_k + \beta_{PS} PS_k]}{\sum_{k'} \exp[-\theta C_{k'} + \beta_{PS} PS_{k'}]} \quad (4.2.15)$$

兵藤ら（2007）は、PSDL モデルを、第 4 回物資流動調査の大型貨物車走行経路データに適用している。まず、スケールパラメータ（ θ ）であるが、経験的に、確率均衡モデルでは、 $\theta=10 \sim 100[1/\text{hour}]$ 程度であることが知られている。兵藤ら(2007)は、 θ は、0.001 から約 1 まで変化させ、「時間価値」と「重さ指定道路」の 2 変数モデルを、PS 項にかかる β_{PS} を変化させながら、重複率最大化モデルを推定している。図が、その推定結果の一例であり、 θ は 0.001 から 1.024 まで 6 段階に、Path Size パラメータは 0 から 12 まで 7 段階に変化さ

せ、重複率（式(4.2.8)）を推計している．その結果、PS 項を導入することにより、「重複率最大化モデル」（この場合は $\theta=1.024$ に相当）以上の重複率が得られるケースがあり、 θ が大きい場合は、PS 項は効果を発揮しないが、 θ が小さいケース、すなわち代替経路が大きくなる場合は、十分説明力向上に寄与している．

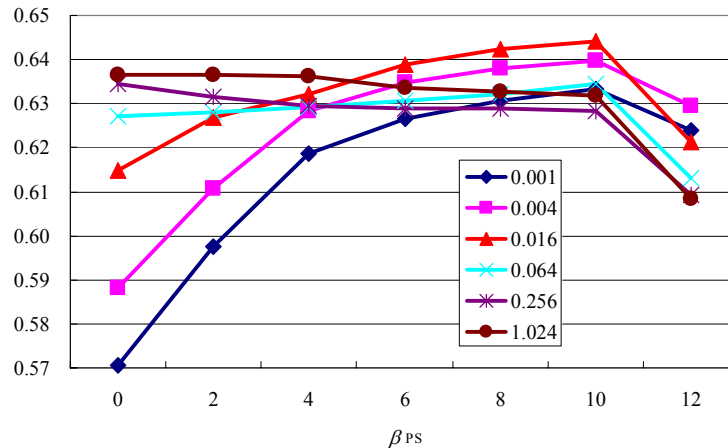


図 4.2.2 θ 値別の β_{PS} と重複率との関係

PSDL モデルは実務への応用事例もある．国土交通省(2007)²²⁾では、PSDL モデルを用いて、道路交通センサス（OD 調査）から集計される東京都市圏の普通貨物車 OD 交通量を、463,560 リンク、369,798 ノードの道路ネットワーク上に経路配分している．その際、推計交通量と代表的な観測断面交通量との適合性を判断指標としている．具体的には、次式の $Z(\phi)$ で表わされる普通貨物車の観測断面交通量と推計された断面交通量の偏差平方和を最小にするパラメータを特定している．

$$\min .Z(\phi) = \sum_a \left(\sum_h x_a^h(\phi) - X_a \right)^2 \quad (4.2.16)$$

ここで、 $x_a^h(\phi)$ はパラメータベクトル ϕ を有する評価地点 a （東京都市圏 155 箇所）の推計リンク交通量、 X_a は道路交通センサスより得られる評価地点 a の観測断面交通量である．断面交通量の観測データは実経路データよりは、一般的には得やすい指標であるため、より実用性の高い推定方法といえる．経路選択の効用項には、予め算出したリンク別所要時間・費用と、物流センサスデータを用いた代表輸送手段分担モデル（集計型ロジットモデル）から別途算出した時間価値 w 、並びにその未知補正項 α から推計される、式(4.2.17)からなる一般化費用を用いている．

$$GC_{ai}^*(\alpha, w_i) = \text{Cost}_a + \alpha \cdot w_i \cdot \text{Time}_a \quad (4.2.17)$$

このモデルでは、未知パラメータ ϕ は、 α と PSDL の補正項 β_{ps} 、そしてスケールパラメータ θ の3つである。パラメータ推定には、導関数を用いない代表的な非線形最適化手法である、滑降シンプレックス法を用いた。本手法の適用に当たっては、Press ら(1988)によるアルゴリズムを参考にしている。パラメータ推定結果は表 4.2.2 の通りである。スケールパラメータおよび補正項パラメータともに、兵藤(2007)らによる推定結果(図 4.2.2)と大きな違いのない値で推定されているとしている。

表 4.2.2 道路交通センサスの大型貨物車を対象にした PSDL モデルの推定例

パラメータ	推定結果
θ	0.004
β_{ps}	7.402
α	3.444

(3) 海上コンテナ車の道路上のボトルネック分析に関する既存研究

近年、道路構造から、道路上の海上コンテナ車のボトルネック箇所を丹念に調べ上げる研究がなされつつある。ここでは、これらの既存研究についてレビューする。

柴崎・渡部・角野(2004,2005)^{13),14)}は、特殊車両通行許可申請において、海上コンテナ車が通行を許可されない道路区間を「海上コンテナ車のボトルネック」として捉え、コンテナの貨物積載状況やコンテナサイズ別に、重さ不足・高さ不足・曲線障害といった海上コンテナ車のボトルネック箇所を道路情報便覧から特定し、道路ネットワーク上にボトルネックが存在することによる経済損失額を計測している。この研究では、道路情報便覧の情報に基づき、①フル積載や背高コンテナでない海上コンテナ車、②フル積載の海上コンテナ車、③背高コンテナ用の海コン車(背高コンテナ車)の3種類ごとに、物理的な通行可能な条件を次に示すとおり設定し、条件に該当しない区間を通行不能箇所(ボトルネック)として抽出している。ノーマル海コン車の通行可能条件としては、「道路情報便覧において指定道路とされている区間」はすべて通行可能とし、指定道路外の区間についても、幅員・曲線・高さのや橋梁の道路構造を丹念に調べて「通行不能箇所(ボトルネック)」を明らかにしている。橋梁に関しては、道路管理者等へのヒアリング結果に基づき、設計年度を代替判定基準とし、どの年次の道路橋示方書によって設計されているかで判別している。その際、「昭和31年もしくはそれ以降の道路橋示方書」に準じて設計されている橋梁は、「①フル積載や背高コンテナでない海上コンテナ車」が通行可能と判定し、「昭和48年もしくはそれ以降の道路橋示方書」に準じて設計されている橋梁は、「②フル積載の海上コンテナ車」が通行可能と判定している。また、幅員・曲線・高さに関する通行障害については、標準的な海上コンテナ車(幅2.5m、長さ6.5m、高さ3.8m)を想定し、特殊車両通行許可条件から、この車両がB条件以上(徐行等の条件は付くが通行可能であるもの)で通行可能であるかどうかを基準に判定している。背高コンテナ車の通行可能条件は、道路情報便覧に収録されている全区間のうち、幅員・曲線・重量に関して通行障害が存在せず、

かつ上空障害がひとつも存在しないか、かつ区間内のすべての上空障害が高さ4.1mのセミトレーラに対してB条件で通行可能な区間は通行可能としている。柴崎・渡部・角野(2004,2005)は、このような通行条件を道路ネットワーク上でデータ化して、輸出入コンテナ貨物流動調査から作成した海上コンテナ車のOD表を一般化費用最小ルートに配分して、通行支障解消した場合の時間短縮効果などの経済的な分析を行っている。

更に、杉山・柴崎・渡部・藤原・五十嵐(2009)¹⁵⁾は、海上コンテナ車は全長が長く、右左折（折進）で通行が許可されない「折進障害箇所」の特定と、その経済損失を計測している。この研究では、海上コンテナ車は全長が長いため、構造上の制約から交差点を右左折して通行すること（「折進」という）が許可されない箇所がボトルネック区間同様数多く存在することに着目して、道路管理者が、下表に示す車両長による分類毎に交差点での折進の可否を検討していることから、海上コンテナ車を道路管理者が分類している車両町による分類上に対応させて整理し、海上コンテナ車の交差点における折進規制をデータ化して道路ネットワークに付加して、これら交差点での折進規制がもたらす経済損失を算出している（表 4.2.3）。

表 4.2.3 車両長による車両分類と海上コンテナ車との対応

車両分類	各車両分類の内容 (セミトレーラかつ幅員 2.5m)	海上コンテナ車との対応
0	20.0 ≥ 車両長さ > 17.0m	45ft コンテナ車
I	17.0 ≥ 車両長さ > 14.0m	40ft コンテナ車
II	14.0 ≥ 車両長さ > 12.0m	20ft コンテナ車
III	12.0 ≥ 車両長さ	-

4.2.2 既存研究と本研究の位置づけ

国の「総合物流施策大綱(2009-2013)」では、経済構造の一層のグローバル化への迅速かつ的確な対応が必要としており、今後推進すべき物流政策の基本的方向性として、物流ネットワークに関して、「国際物流基幹ネットワーク上に存在する海上コンテナ車の通行支障区間の早期解消等に重点を置いた整備推進」や「国際物流基幹ネットワークの利用促進に向けた課題整理とその解決への取り組み」といった物流施策が掲げられている。また、海上コンテナ車の横転など重大事故が社会問題となっており、海上コンテナ車に対応した適切な走行経路の確保や誘導の重要性が増している。

柴崎・渡部・鹿野(2004,2005)や杉山・柴崎ら(2009)は、海上コンテナ車の通行支障箇所を道路情報便覧からデータ化して道路ネットワークに組み込み、海上コンテナ車の道路上のボトルネック箇所を分析している点で先進的である。柴崎・渡部・鹿野(2005)は、主に海上コンテナ車の「重さ」と「高さ」に着目し、更に、杉山・柴崎ら(2009)は、更に、海上コンテナ車の交差点での折進という「長さ」も加えて海上コンテナ車のボトルネック箇所を分析しており、海上コンテナ車に適した物流ネットワークに必要な道路規格を明らかにしている点で重要である。また、これらの論文では、海上コンテナ車のODを道路ネットワークに配分して、ボトルネック箇所の存在による経済損失額を迂回による走行時間や距離の増加から算出することで、海上コンテナ車に対応した物流ネットワークの必要性も論じている。その際、柴崎・渡部・鹿野(2005)や杉山・柴崎ら(2009)の研究では、海上コンテナ車の経路選択を、一般化費用最小ルートを前提として配分しており、海上コンテナ車の経路選択行動の分析は行っていない。海上コンテナ車に対応した物流ネットワークの構築を考えた場合、道路情報便覧に含まれる全ての通行支障区間を解消することは、近年の公共事業が「選択と集中」により、より効率的・効果的に実施しようとしている傾向から考えて困難であり、より効果の高い支障区間を優先的に整備していくことが合理的と考える。そのためには、海上コンテナ車の経路選択特性も含めて分析して、海上コンテナ車経路に対応した物流施策を評価する必要がある。そのため、本研究では、柴崎・渡部・鹿野(2005)や杉山・柴崎ら(2009)と同様に、海上コンテナ車の通行支障箇所を道路情報便覧からデータ化して道路ネットワークに組み込んだ上で、ネットワーク条件と海上コンテナ車の経路選択との関係を表す経路選択モデルを構築して分析する。その際、4.3で詳細に述べるが、モデル構築に必要な海上コンテナ車の経路データは、特車申請データから作成して分析に用いる。

経路選択モデルのパラメータ推定方法としては、兵藤ら(2007)の「重複率最大化モデル」も、兵藤・遠藤ら(2009)が提案している「PSDLモデル」もいずれも適応は可能であると考えられる。一方で、兵藤・遠藤ら(2009)は、PSDLモデルの特性について、「スケールパラメータ(θ)が大きい場合は、PS項は効果を発揮しないが、 θ が小さく代替経路が大きくばらつく場合は、十分説明力向上に寄与する」としている。これは、事業者が海上コンテナ車の経路申請をする際に、複数の経路選択を行っている場合には、PDSLモデルが有効で、特定の経路で申請している場合には、重複率最大化モデルもPDSLモデルも同様

の結果が得られることを示している。事業者は、特定の OD ペアでも複数経路を申請することが可能であるが、本研究の経路選択モデルに用いた東京港発着の経路データでは、65%強は1経路のみを申請している(図 2.2.3)。特車申請では経路別の実際の利用頻度は不明であるが、国土交通省国土技術政策総合研究所(2010)¹⁶⁾が、首都圏のコンテナ事業者の実経路を調査した事例では、事業者が同一箇所へ輸送する際に想定している平均経路数は1.28である(図 2.2.4)。そのため、少なくとも、東京港を発着とする海上コンテナ車の経路選択においては、代替経路のばらつきはそれほど大きくないと考えられ、PSDLモデルを採用せずに、重複率最大化モデルを用いても経路選択特性は分析可能と判断した。また、兵藤・遠藤ら(2009)のPDSLモデルの推定に当たっても、スケールパラメータ(θ)やPSDLの補正項(β_{PS})を変動させて重複率が最大になる組み合わせを求めたり、大型貨物車の断面交通量の再現性から、これらのパラメータを求めたりしているが、海上コンテナ車に関する断面交通量調査は無く、PSDLモデルのパラメータ推定やその検証のための情報も不足している。

以上から、本章における経路選択モデルには、東京都市圏の物資流動調査で採用された「重複率最大化モデル」を用いることとした。なお、現時点では判別できないが、事業者が海上コンテナ車の経路申請をする際に、複数の経路選択を行っている場合には、PDSLモデルが有効であり、その判断をするための情報や、モデル構築のために必要となる情報については、第6章で整理する。

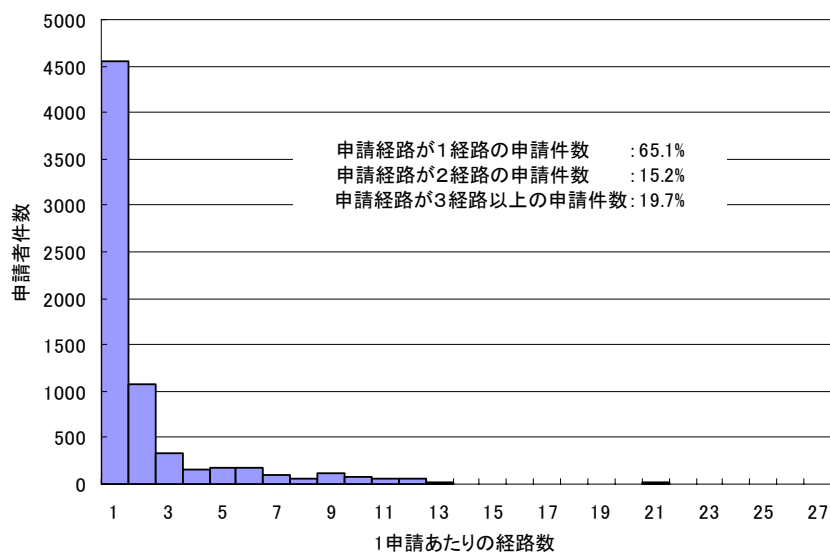
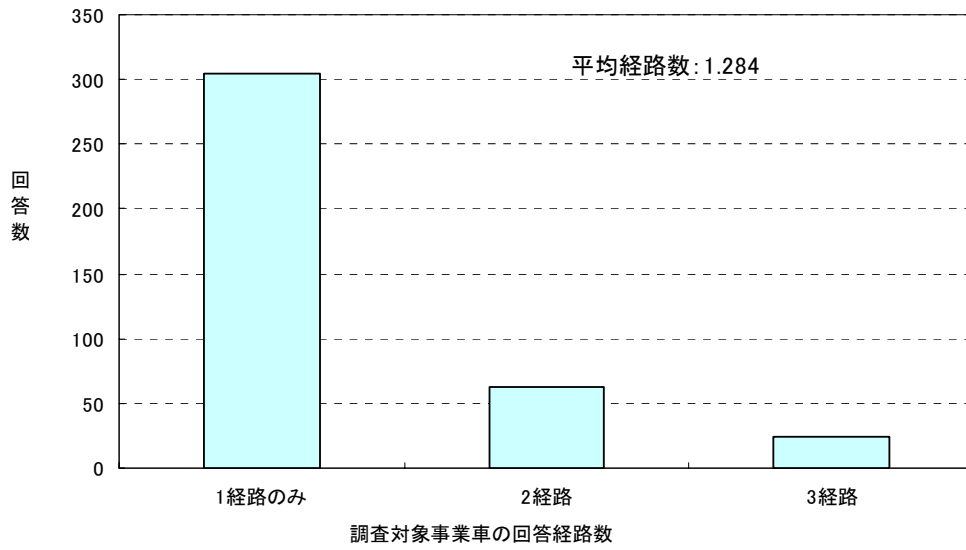


図 4.2.3 東京港発着の1申請あたりの申請経路数分布



注：「大型貨物車輸送経路調査」は事業者には、同一の搬入・搬出先への輸送において代替経路を第3経路まで調査している。

出典：国土交通省国土技術政策総合研究所が2009年11月に海上コンテナ車を対象に実施した「大型貨物車輸送経路調査」より集計。

図 4.2.4 国土交通省国土技術政策総合研究所の事業所調査における同一搬入・搬出先で想定されている経路数分布と平均経路数

4.3 特車申請データを用いた海上コンテナ車の経路選択実態分析

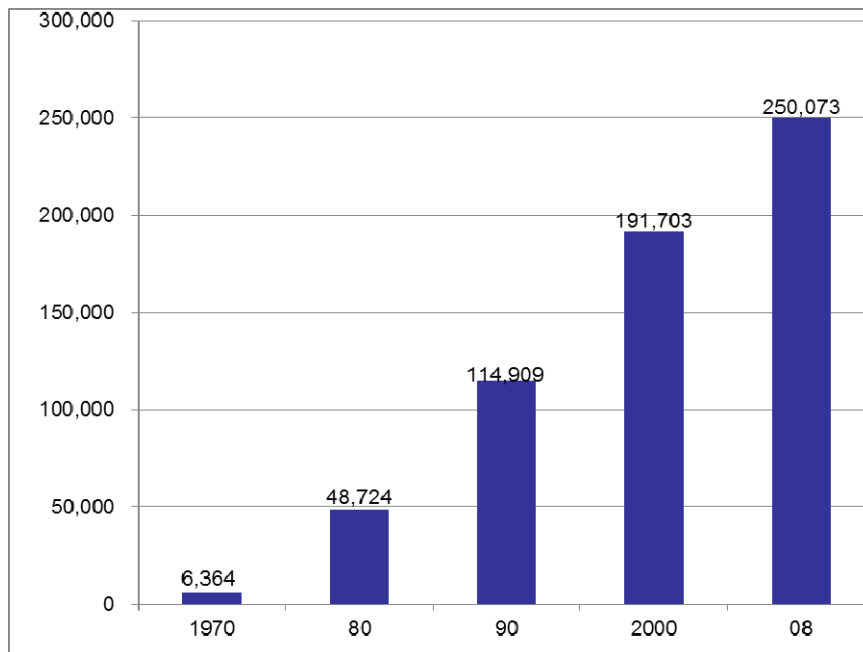
本研究では、特車申請データから海上コンテナ車の経路データを作成し、経路選択モデルを構築する。ここでは、まず、海上コンテナ車の道路上の通行規制と特車申請との関係を整理する。その上で、海上コンテナ車の通行支障区間を組み込んだ道路ネットワークデータを道路情報便覧から作成し、その道路ネットワーク上に、特車申請データから海上コンテナ車の経路データを作成する。また、これらのデータを用いて、特車申請データからみた海上コンテナ車の経路選択特性を分析する。

4.3.1 海上コンテナ車の通行規制と特殊車両通行許可申請

(1) 海上コンテナの利用の動向

海上コンテナ輸送に使用されるコンテナについては、国際標準化機構(ISO)によって外形寸法、内寸寸法、強度、コンテナの積み上げや固定に必要な隅金具などが決められており、国際的な船やトレーラー等によるスムーズな複合一貫輸送に大いに貢献している。ISO規格では、海上コンテナは、長さが10ft、20ft、30ft、40ft、45ftの5種類であるが、10ftや30ftコンテナは、国際的な海上輸送で使用されている例は少なく、20ft、40ft、45ftが一般的である。我が国の陸上輸送では20ftと40ftが主流である。国土交通省道路局において「国際標準コンテナ車が積み替えなく輸送を可能とするネットワーク」として指定している「国際コンテナ基幹ネットワーク（2006年6月公表）」でも、国際標準コンテナとして想定しているのは「40ft背高コンテナ」である。なお、我が国で鉄道用コンテナとして主に使用されている12ft（最大積載重量5t）のコンテナは、ISO規格には含まれていない。

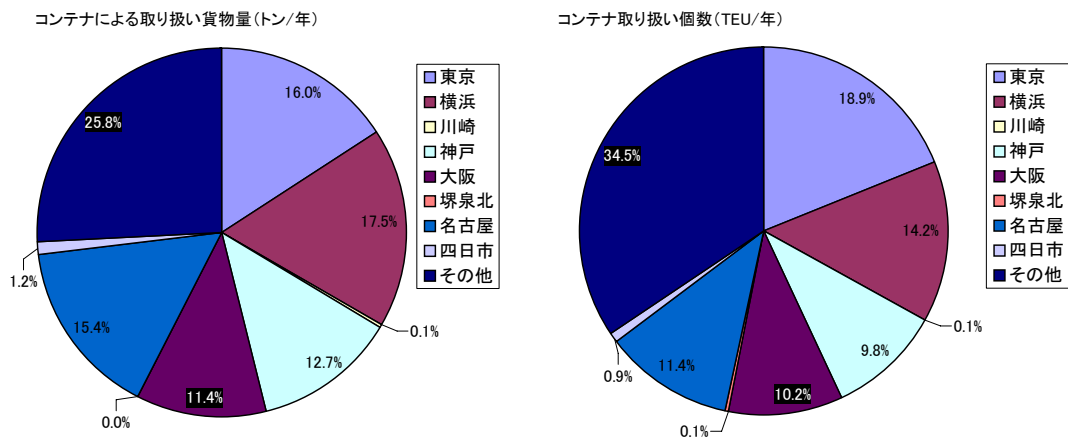
図4.3.1は、我が国の海上コンテナ（定期便）の取扱量の推移を示したものであり、海上コンテナの取り扱いが大きく増加している。図4.3.2は、我が国の外貿コンテナ取り扱いを、港湾別に取り扱い貨物量と取り扱いコンテナ個数（20ftに換算したTUEで表示）で示したものである。取り扱い個数の1位は東京港で全体の約20%、2位が横浜港で全体の約14%を占めており、東京都市圏にある東京港や横浜港での取り扱い量が多くなっている。図4.3.3は、東京港及び横浜港の外貿コンテナ貨物量と、それぞれの港湾貨物量に占めるコンテナ貨物のシェアの推移を示したものである。東京港のコンテナ貨物は全体の約95%を占めている。図4.3.4は、我が国の外貿コンテナ取り扱い個数をコンテナサイズ別に示したものである。約73%が40ftコンテナである。



注) コンテナ取扱貨物量は定期貨物であり、定期船貨物量の内数

出典：国土交通省港湾局調べ「外貿定期船取扱貨物量に占めるコンテナ取扱貨物量」をもとに作成

図 4.3.1 我が国のコンテナ取扱量（定期）の推移



出典：港湾統計(2009年)より集計

図 4.3.2 我が国の外貿コンテナ取り扱い港湾シェア（2009年度）

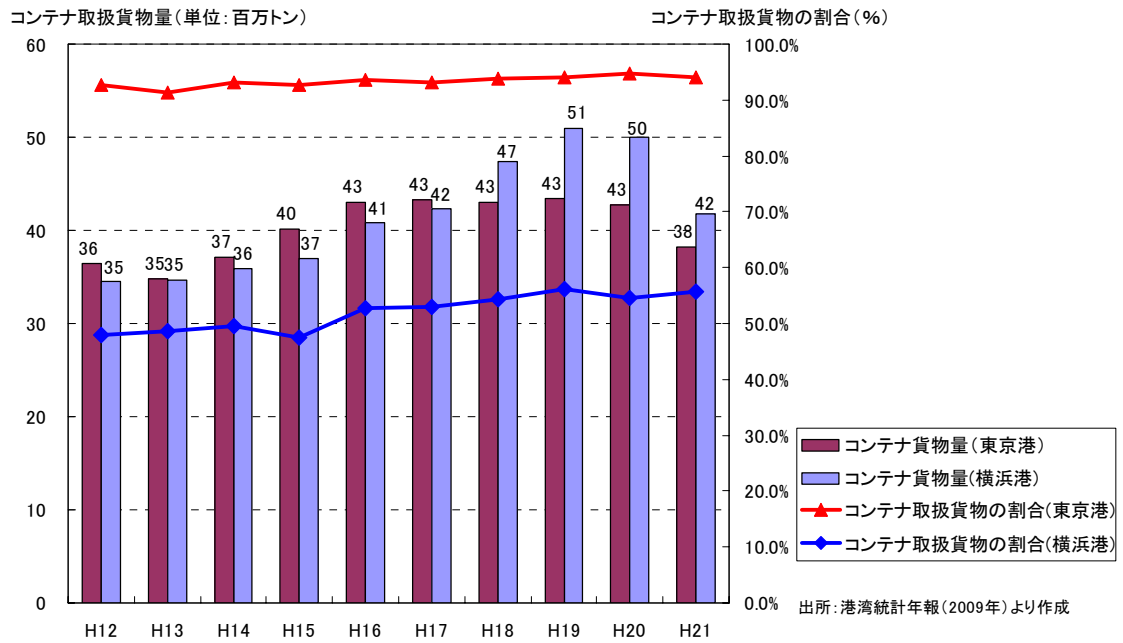
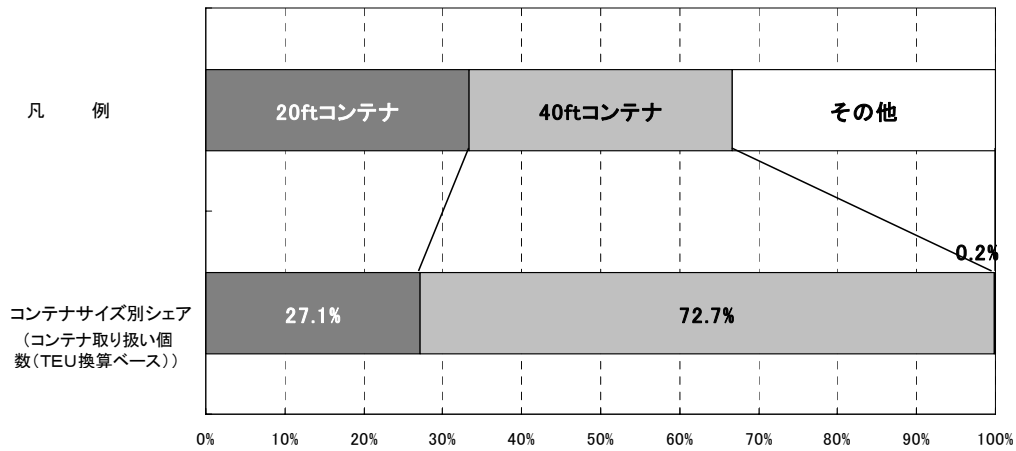


図 4.3.3 東京港・横浜港の外貿コンテナ取り扱いの推移



出典: 港湾統計より集計

図 4.3.4 我が国の海上コンテナによる外貿輸送のコンテナサイズ構成比 (2009年度)

(2) 海上コンテナ車の通行規制

車両の高さや重量などの制限については、道路法第 47 条第 1 項の規定に基づき制定された車両制限令により、表 4.3.1 に示す一般制限値などが定められている。この制限値の範囲内であれば、通行許可無しに通行が可能であり、この制限値をどれか 1 つでも超える車両は特殊車両とされ、車両の通行許可の手続き等を定める省令に従って特殊車両通行許可を受けなければならない。総重量については、バン型、コンテナ用、タンク型などのセミトレーラー連結車やフルトレーラー連結車の最遠軸距に応じた総重量の制限値の特例があり、軸距に応じて、高速自動車国道では最大で 36t まで、重さ指定道路やその他の道路では最大で 27t までの総重量の海上コンテナ輸送等のトレーラーが許可無しに通行が可能となっている。国際海上コンテナ車の通行に関しては、道路法により車両の幅、重量、高さ、長さなど、車両制限令などの規定を受けるほか、貨物のはみ出し制限など、交通安全上の観点から道路交通法の規定、さらには、自動車の車両本体の安全性の確保の観点から、道路運送車両法の保安基準の規定が関わる。

表 4.3.1 車両の一般的制限値と特例

幅	2.5m	
長さ	12.0m ※ 高速自動車国道を通行するセミトレーラー連結車またはフルトレーラー連結車で、積載貨物のはみ出しがなければ、セミトレーラーは 16.5m、フルトレーラーは 18m まで特例で認められる。	
高さ	4.1m 高さ指定道路 3.8m 高さ指定道路以外	
重さ	総重量 20～25t 重さ指定道路 20t 重さ指定道路以外 ※ バン型、コンテナ用、タンク型などのセミトレーラー連結車またはフルトレーラー連結車は、最遠車軸距に応じて、高速自動車国道で 25～36 t、一般道路の重さ指定道路で 25～27t、その他道路で 24～27 t まで特例で認められる。	
	軸重	10.0t
	隣接軸重	18.0t 隣り合う車軸距 1.8m 未満 19.0t 隣り合う車軸距が 1.3m 以上,軸重が 5 t 以下 20.0t 隣り合う車軸距 1.8m 以上
	輪荷重	5.0t
最小回転半径	12.0m	

■特例5車種

1)バン型セミトレーラ



2)タンク型セミトレーラ



3)幌枠型セミトレーラ



4)コンテナ用セミトレーラ



5)自動車運搬用セミトレーラ



◎フルトレーラ

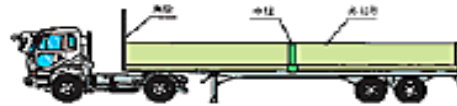


※フルトレーラ連結車については、トラックおよびトレーラの双方が同一の種類車両である必要はなく、それぞれが(1)～(5)に該当すればよい。

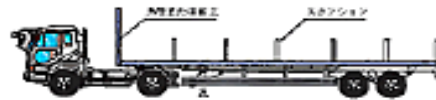
■追加3車種

貨物の落下を防止するために十分な強度のあおりなどや固縛装置を有していなければいけません。

1)あおり型セミトレーラ

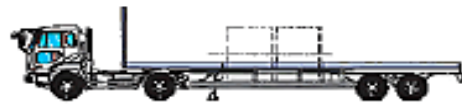


2)スタンション型セミトレーラ

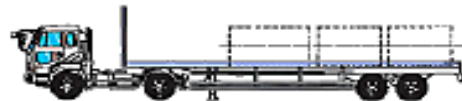


3)船底型セミトレーラ

タイプⅠ



タイプⅡ



出典：国土交通省関東地方整備局 HP

図 4.3.5 「長さ」や「重さ」で一般的制限値の特例が認められる車種

渡部・二田・柴崎・赤倉(2008)¹⁷⁾は、特殊車両の通行規制に関して、関連する法規を横断的に整理している。このうち、海上コンテナ車の通行規制に関する部分を整理すると次の通りである。

a) 重量規制

道路法の車両制限令に関しては、表 4.3.1 に示す一般的制限値や、最遠軸距に応じた総重量の制限値の特例の範囲であれば、高速自動車国道や重さ指定道路などを、海上コンテナ車は通行許可無しに通行可能である。しかしながら、例えば 40ft コンテナに積載可能重量一杯の貨物を積載すると、コンテナのみで 30.48t、これにトラクターヘッドやシャーシ重量などもあわせた総重量は 40t を超えることとなる。従来、20ft コンテナでは 20.32t、40ft コンテナでは 24 t までのコンテナしか積載できなかったが、規制緩和により、1998 年（平成 10 年）4 月に、20ft では 24t、40ft では 30.48t までのコンテナ車の走行が可能となっている。ただし、高速自動車国道及び道路管理者が指定する「重さ指定道路」において、フル積載（コンテナ自重を含めたコンテナの総重量が、20ft コンテナでは 24t、40ft コンテナでは 30.48t）以内での走行が、徐行及び連行禁止を条件とする B 条件と呼ばれる走行条件下での許可となるほか、シャーシの後輪部分に車軸が 2 つあるいわゆる 2 軸シャーシで

はなく、車軸が3つある3軸シャーシの使用という条件がついている。道路交通法については、重量についての規定は特になく、車両の保安基準については、セミトレーラーは、連結中心から最後軸中心までの距離に応じて20～28tの規定がある。

b) 高さ規制

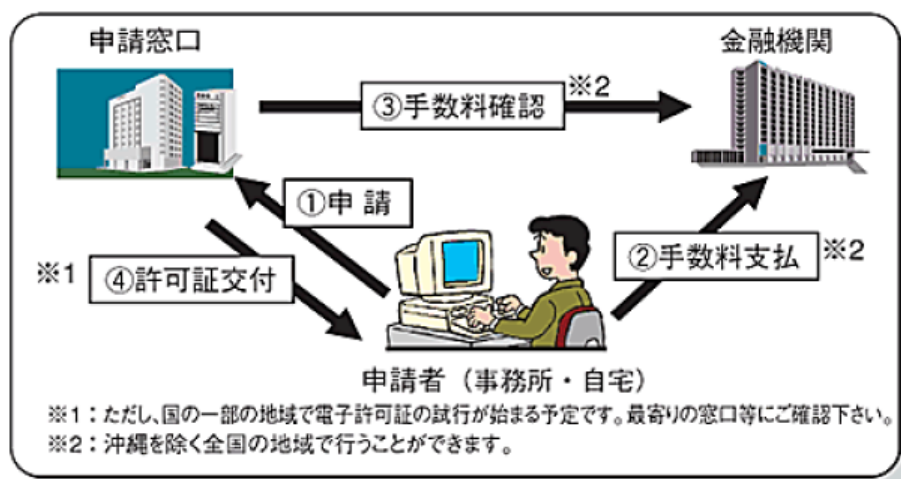
背高コンテナを通常のセミトレーラー連結車に積載すると、車両の高さが3.8mを上回り、4.1mほどの高さとなる。従来、この背高海上コンテナの通行に関しては、事前に警察庁交通局交通規制課長及び国土交通省道路局道路交通管理課長が審査のうえ指定した経路（これを「指定経路」とよぶ）のみが通行許可対象であった。この指定経路制度は、平成16年(2004)2月の車両制限令改正に伴い廃止され、道路管理者が支障がないと認めて指定した「高さ指定道路」となり、現在は通行する車両の高さが4.1mまでの車両は、高さ指定道路であれば許可申請は不要である。道路交通法による高さに関する規定は、上述の車両制限令と同じ、車両の保安基準は、貨物の積載の状況は問わず、車両の高さ自体が3.8mという規定となる。

c) 長さ規制

長さに関しては、高速自動車国道のみを通行するのであれば、セミトレーラーでは長さ16.5mまで、フルトレーラーでは18mまでは許可が不要である。しかしながら、実際には、高速自動車国道のみを通行するケースは想定されず、12mを超える車両については、通行許可の申請が必要となる。海上コンテナ車の通行許可の申請に関して言えば、セミトレーラー連結車では17m、フルトレーラー連結車では19mまでならば通行許可がなされることとなっている。一般的なコンテナ積載用のシャーシの全長は、20ftコンテナ専用は約9～11m、40ftコンテナ専用や20ftと40ft兼用シャーシでは約12～13m、トラクターヘッドとの連結部からシャーシ後端までの車長でも、20ftコンテナ専用は約8～11m、40ft専用や20ftと40ft兼用で11～12mであり、シャーシを牽引するトラクターヘッドの車両長さを勘案すると、その長さは12mを超えることとなり、長さについての通行許可が必要となる。なお、道路交通法では、長さに関する規定は、自動車の長さの10%以上を超えたはみ出しの禁止規定があるほか、車両の保安基準については、セミトレーラー連結車は、連結装置中心から車両後端までの距離が12m、トラクターヘッドは車長12mとの規定がある。車両制限令の長さに関しては、45ftコンテナを輸送しようとする、通例の40ftコンテナのシャーシとトラクターヘッドの双方を併せた長さが16m程度であるから、5ft(約1.5m)コンテナが長くなると、車両長さが通行許可の許容値である17mを超えることとなる。また道路交通法の10%を超える貨物のはみ出し禁止の規定にも留意が必要となる。

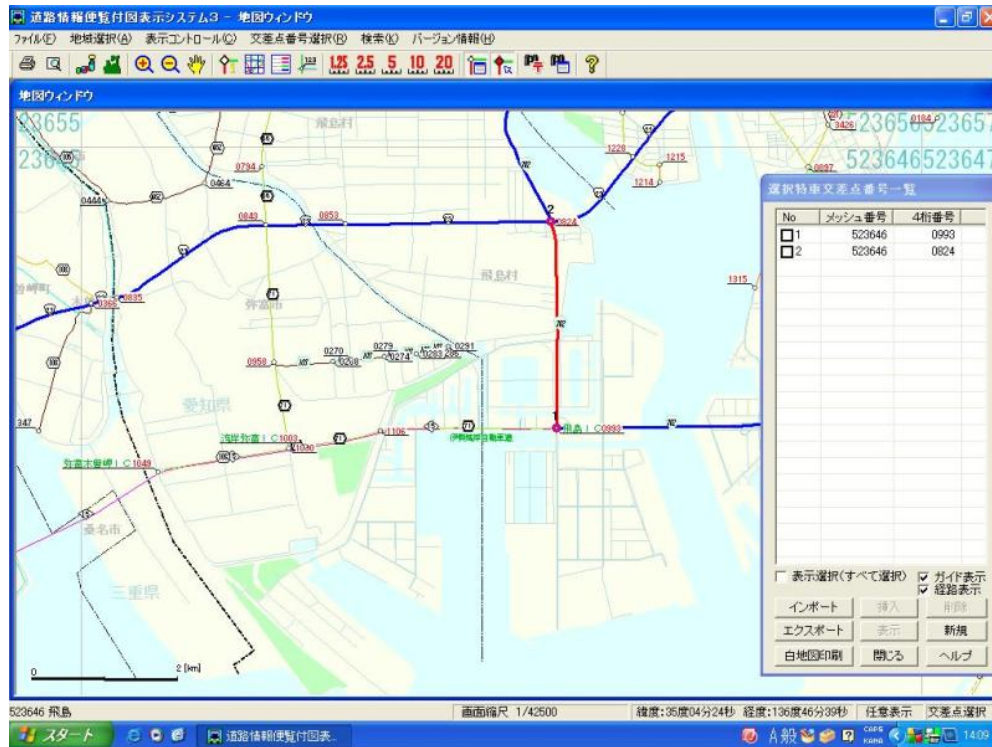
(3) 特殊車両通行許可申請（特車申請）

車両の高さや重量などの制限については、道路法第 47 条第 1 項の規定に基づき制定された車両制限令により、表 4.3.1 に示す一般制限値やその特例が定められている。この制限値や特例の範囲内であれば、通行許可無しに通行が可能であるが、この「高さ」、「長さ」等の制限値をどれか 1 つでも超える車両は特殊車両とされ、車両の通行許可の手続き等を定める省令に従って特殊車両通行許可を受けなければならない。海上コンテナ車については、前述のとおり、一般的なコンテナ貨物積載用のシャーシの全長は、20ft コンテナ専用は約 9～11m、40ft コンテナ専用や 20ft と 40ft の兼用シャーシでは約 12～13m、トラクターヘッドとの連結部からシャーシ後端までの車長でも、20ft コンテナ専用は約 8～11m、40ft 専用や 20ft と 40ft 兼用で 11～12m であり、シャーシを牽引するトラクターヘッドの車両長さを勘案すると、その長さは 12m を超えることとなり、長さについての通行許可が必要となる。長さの特例がある高速自動車国道を利用する場合でも一般道路を走行する経路部分で、「長さ」の制限値を超えるため、道路を通行するに当たっては、道路管理者の通行許可を得る必要が生じる。この特殊車両通行許可申請は、平成 18 年(2006)からは、web から申請用プログラムをダウンロード、若しくは申請プログラムのデータが入った CD-R を入手することで、電子データで申請することが可能となった。また、この電子データでの申請では、事業者は、パソコンの画面上での通行経路を指定するため、海上コンテナ車の経路情報が電子データとして蓄積されている（図 4.3.6、図 4.3.7）。特車通行許可件数・台数は増加傾向にある（図 4.3.8）。



出典：国土交通省関東地方整備局 HP

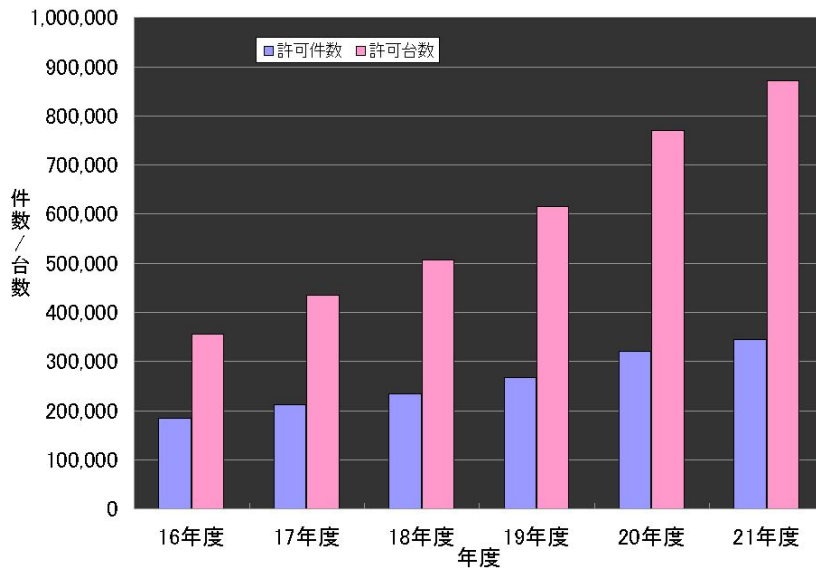
図 4.3.6 オンラインでの申請・許可



出典：特車電子申請書作成システム（CD-ROM）

図 4.3.7 特車電子申請における経路情報の入力画面

	17年度	18年度	19年度	20年度	21年度
許可件数	212,110	234,237	267,744	320,613	344,398
許可台数	435,068	507,654	615,117	770,722	871,309



出所：国土交通省関東地方整備局 HP

図 4.3.8 通行許可実績の推移 (許可件数, 許可台数)

4.3.2 特車申請データを活用した海上コンテナ車経路データの作成

(1) 道路ネットワークデータの作成

① 道路情報便覧データからの道路ネットワークの作成

杉山・柴崎ら(2009)¹⁵⁾は、道路情報便覧データから海上コンテナ車の通行支障区間を収集して海上コンテナ車の経路選択を分析している。この道路情報便覧は、特車申請の電子申請システムに用いられるものであり、ネットワークのリンク（道路情報便覧ではスパンという）、ノード（道路情報便覧では交差点という）別に特車申請に係わる道路の通行支障データが網羅されている（図 4.3.9）。道路情報便覧では、リンク（スパン）は方向別、ノード（交差点）は、ノードを通過する方向別に通行支障情報が収録されているが、ネットワークデータとしては、リンクは方向別に分離されたものではなく、ノードも1つの点として取り扱われている。この道路情報便覧データをモデル推定に用いるためには、スパンを上下方向に二条化する必要がある。また、交差点においては、折進別の規制を表現するために、折進方向別リンクを用いて交差点を展開する必要がある。具体的には、図 4.3.10 において、①のような形状をしているスパンと交差点ノードに対し、まず②のように方向別にダブルリンク化し、さらに③に示すように交差点を、直進、右左折別の有向リンクによって表現し、折進規制を道路ネットワーク上で表現できるよう加工した（図 4.3.10）。

また、道路情報便覧に収録されている海上コンテナ車の通行支障のうち交差点の折進規制に関しては、車両幅・長さ別に規定されている。杉山・柴崎ら(2009)は、現状の海上コンテナ車の車両サイズから、20ft コンテナ車・40ft コンテナ車・45ft コンテナ車と道路路情報便覧における車両分類を対応させている。本研究においても、杉山・柴崎ら(2009)の既存研究に従い、平成 20 年度(2008)の道路情報便覧から、交差点における車両サイズ別の通行支障データを収集し、海上コンテナ車の交差点における折進障害データを設定し、道路ネットワークデータに加えて分析に用いた（表 4.3.2）。なお、道路情報便覧における交差点折進規制は、「対向車線を侵さず折進可」、「対向車線を侵して折進可」、「対向車線を侵しても折進不可」といった区分がされている。

道路情報便覧データは全国を網羅しているが、本研究では、特車申請から作成した海上コンテナ車経路データを東京港・横浜港発着のものとしたため、道路ネットワークも関東地域（東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県、茨城県、栃木県、群馬県）を対象に作成した（図 4.3.11）。関東地域で、上下分離し、交差点リンクを追加して作成した道路ネットワークのノード数は 81,048、リンク数は 126,758 である。

①スパンデータ

スパン情報	スパン長、道路種別、管理者、 重さ高さ指定状況 等
狭小幅員箇所	狭小幅員延長 幅員、制限標識の有無 等
曲線部障害箇所	曲線部障害延長 曲線半径、幅員 等
橋梁情報	橋長、制限標識の有無、 構造物名称、設計荷重 等
上空障害箇所	障害延長、制限標識の有無、 構造物名称、空間高 等
通行規制	起終点交差点番号、規制期間、 時間帯、車両幅、車両長さ 等

②交差点データ

交差点情報	所在地、地先名、交差点名、 交差点障害区分 ^注 等
交差点折進可否	Fromスパン番号、 Toスパン番号、 車両分類別折進可否 等

注) 交差点障害区分は、「対向車線を侵さず折進可」、「対向車線を侵して折進可」、「対向車線を侵しても折進不可」の3パターンからなる。

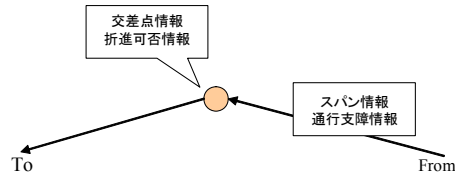


図 4.3.9 道路情報便覧データの概要

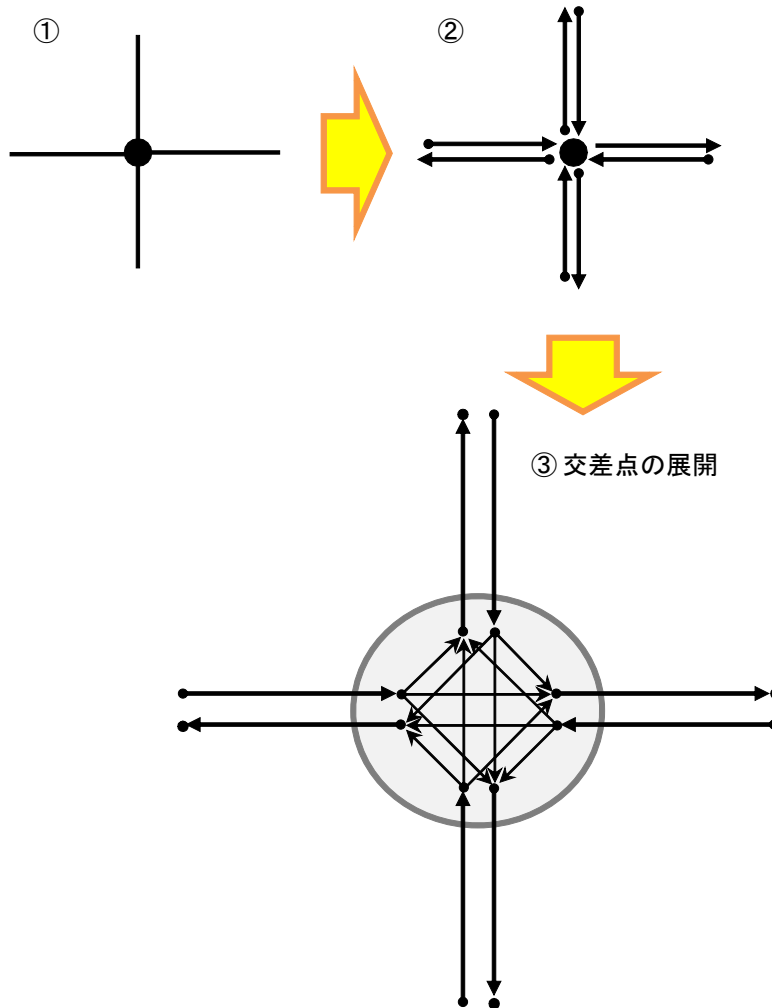


図 4.3.10 道路情報便覧データの加工イメージ

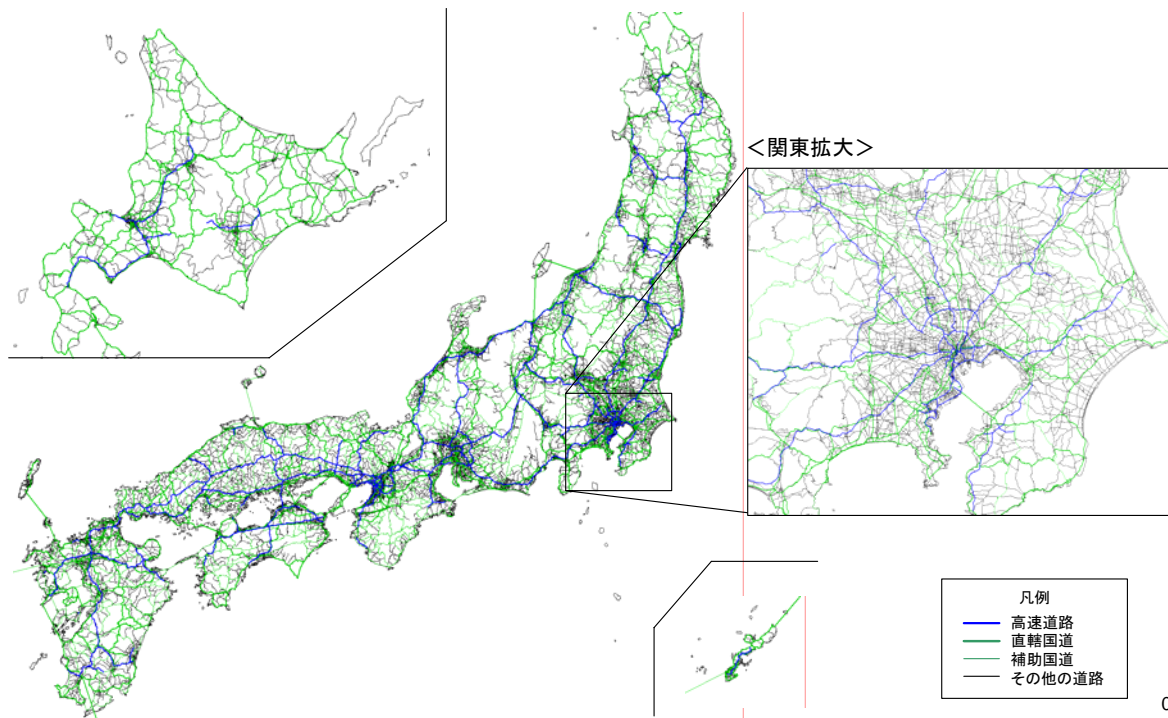
表 4.3.2 道路情報便覧の車両分類とコンテナサイズの対応

車両分類	45ftコンテナ と設定			40ftコンテナ と設定			20ftコンテナ と設定			Ⅲ
	0 1	0 2	0 3	I 1	I 2	I 3	Ⅱ 1	Ⅱ 2	Ⅱ 3	
車両幅	2.5	3.0	3.5	2.5	3.0	3.5	2.5	3.0	3.5	2.5
セミトレーラ長さ	≤20.0	≤19.0	≤18.0	≤17.0	≤16.0	≤15.0	≤14.0	≤13.0	≤12.0	≤12.0

道路情報便覧に含まれる 交差点折進可否情報	車両分類〇〇が対向車線を侵さず折進可
	車両分類〇〇が対向車線を侵して折進可
	車両分類〇〇が対向車線を侵しても折進不可

出所)国際海上コンテナの国内自動車輸送における交差点通行上の制約と迂回損失に関する分析、柴崎ら(2009)

0



0

図4.3.11 道路情報便覧データから作成した道路ネットワーク

② 道路ネットワークへの所要時間データの付加

海上コンテナ車の経路選択モデルを構築するためには、リンク別の所要時間や有料道路料金といったデータが必要となるが、道路情報便覧には、これらの情報は収録されていない。本研究では、リンクの有料道路料金は別途設定してネットワークデータに加えた。リンクの所要時間は、道路情報便覧のネットワークと「平成 17 年度道路交通センサス（一般交通量調査）（国土交通省道路局）」の調査区間とをマッチングし、道路交通センサスで調査されている 24 時間の断面交通量から日平均速度を推計して設定した。具体的には、以下の手順でリンク別の日平均走行速度を設定した。

- a) 道路交通センサス（一般交通量調査）の調査区間別に交通容量と自由走行速度を設定。
- b) 道路交通センサス（一般交通量調査）の 24 時間交通量を用いて BPR 関数より日平均速度を推計。
- c) 道路情報便覧と道路交通センサス（一般交通量調査）区間を対応させ、道路情報便覧のスパン別に平均所要時間を設定。
- d) センサス区間に対応とれない道路情報便覧のスパンに対しては、行政区別道路種別の平均値を用いて設定。

a) 道路交通センサス（一般交通量調査）の調査区間別の交通容量と自由走行速度の設定

日交通容量は、道路交通センサス（一般交通量調査）報告書の混雑度の算定式（式 4.3.1）に従い、平成 17 年度道路交通センサスの混雑度から算定した。

$$C_{24} = T_{12} \cdot (1 + (E - 1) \cdot P_t) / \text{混雑度} \cdot \text{昼夜率} \quad (4.3.1)$$

$$\left[\begin{array}{l} C_{24} = C_{12} \cdot \text{昼夜率} \\ C_{12} = A_{12} / \text{混雑度} \\ A_{12} = T_{12} \cdot F \\ F = 1 + (E - 1) \cdot P_t \end{array} \right]$$

C_{24} : 乗用車換算日交通容量 (pcu/日)

C_{12} : 乗用車換算 12 時間交通容量 (pcu/12h)

A_{12} : 乗用車換算 12 時間交通量 (pcu/12h)

T_{12} : 12 時間交通量 (台/12h)

F : 拡大率

E : 大型車の乗用車換算係数

P_t : ピーク時重方向大型車混入率

リンク a の自由走行速度 (t_{a0}) は、単位距離あたり自由旅行時間は既存研究¹⁹⁾に従い、

式 4.3.2 に従って計算した。

$$t_{a0} = 0.549 + 0.339 \times 60 / \text{規制速度}(km/h) + 0.132 \times \text{信号交差点密度}(/km) \quad (4.3.2)$$

b) BPR 関数による日平均速度の推計

道路交通センサス（一般交通量調査）の調査区間別の日平均速度は、式 4.3.3 の BPR 関数^{註)}を用いて設定した²⁰⁾。

$$t_a(x_a) = t_{a0} \cdot \left\{ 1 + \alpha \cdot \left(\frac{x_a}{C_a} \right)^\beta \right\} \quad (4.3.3)$$

t_a : リンク a の単位距離あたり旅行時間 (分/km)

t_{a0} : リンク a の自由旅行速度 (分/km) [⇒ $1/V_{max} \times 60$ とした]

x_a : リンク a の日交通量 (pcu/日) [⇒車種別リンク交通量より計算]

C_a : リンク a の日交通容量 (pcu/日) [⇒ Q_{max} とした]

$\alpha = 0.48$ 、 $\beta = 2.82$

出典) 「道路交通需要予測の理論と適用 第 I 編」 土木学会

c) 道路情報便覧と道路交通センサス（一般交通量調査）との対応

「デジタル道路地図（(財)デジタル道路地図協会）」（以下、DRM という。）のリンク情報には、道路情報便覧のспан番号と、道路交通センサス（一般交通量調査）の調査区間番号の両方の情報が収録されている。これを用いて、道路情報便覧のспанと道路交通センサス（一般交通量調査）の調査区間を対応させ、②の日平均旅行速度の設定結果を、道路情報便覧のспанに付加した。

d) 道路交通センサス（一般交通量調査）の調査区間と対応しない道路情報便覧спанの日平均旅行速度の設定

道路情報便覧のспанの一部では、道路交通センサス（一般交通量調査）が実施されていないため、③の処理で道路交通センサス（一般交通量調査）と対応できないспанが存在する。これらのспанについては、③の結果から市区町村別道路種別の平均値を算定して、この平均値を与えた。

^{註)} BPR 関数とは、代表的なリンクパフォーマンス関数（リンク交通量とリンク旅行時間の関係式）の 1 つで、米国道路局（US Bureau of Public Road）が 1964 年の交通量配分マニュアルで示した関数であり、実用的なものとして研究や実務の場面において古くから利用されている。

(2) 海上コンテナ車経路データの作成

① 海上コンテナ車の申請経路データの作成

特車申請では、利用する交差点が電子データ化されている。この交差点データは道路情報便覧データの交差点ノードと同一であるため、特車申請電子データを図 4.3.5 の道路情報便覧道路ネットワークに対応させることで申請経路データを作成することができる。本研究では、近年、コンテナ貨物の取り扱いが増加している東京港に発着点を持つ海上コンテナ車の特車申請を対象に、平成 20 年度(2008)の海上コンテナ車の経路情報を作成して分析に用いた。平成 20 年度(2008)の海上コンテナ車による申請件数は、15, 895 件である。このうち、本研究で通行支障区間などを道路ネットワーク上でデータ化する 1 都 6 県（東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県、茨城県、群馬県、栃木県）内々のデータは 3,763 サンプル（申請件数）であった。このうち背高コンテナ車は 1,580 サンプル（申請件数）であった。

図 4.3.12, 図 4.3.13 に本研究で作成した東京港発着の海上コンテナ車の経路データを図示する。なお、特車申請では、背高コンテナ車（高さ 3.8m 超）は区分できるが、40ft コンテナ車と 20ft コンテナ車など、長さによる車両の区分は出来ない。また、同一のコンテナトレーラで複数経路を申請できるため、事業者が申請した特車申請経路を実際に海上コンテナ車が走行しているとは限らない。また、特車申請には、申請経路別の貨物輸送量や海上コンテナ車走行台数の情報は収録されていない点に留意する必要がある。

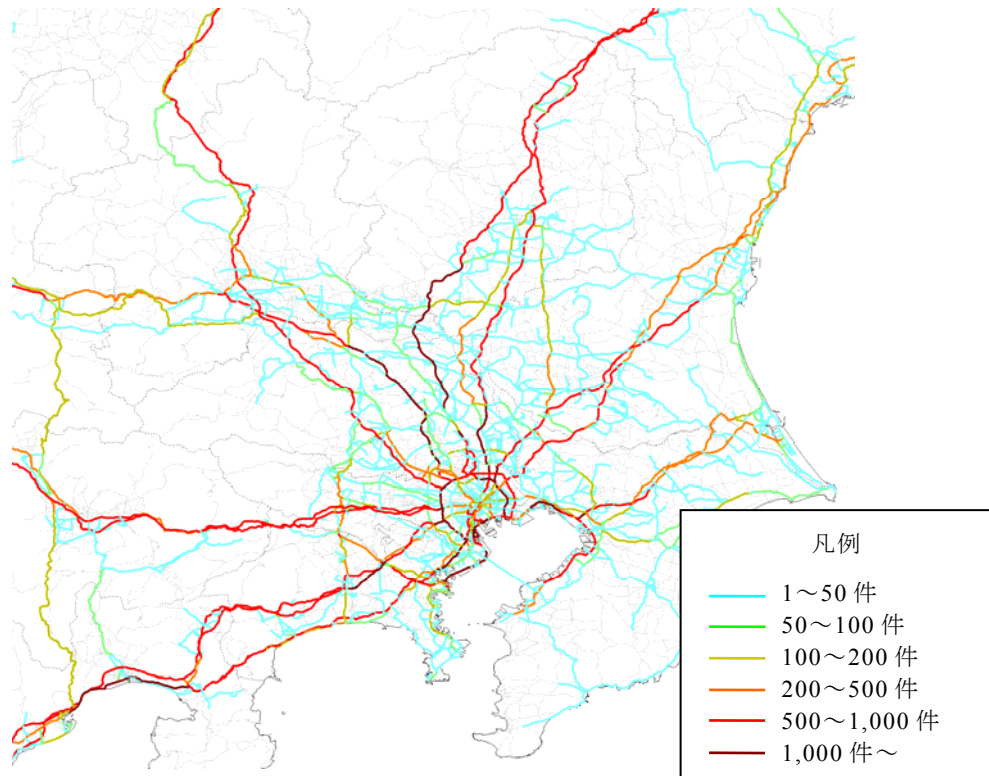


図 4.3.12 東京港発着の海上コンテナ車の経路データ (全コンテナ車)

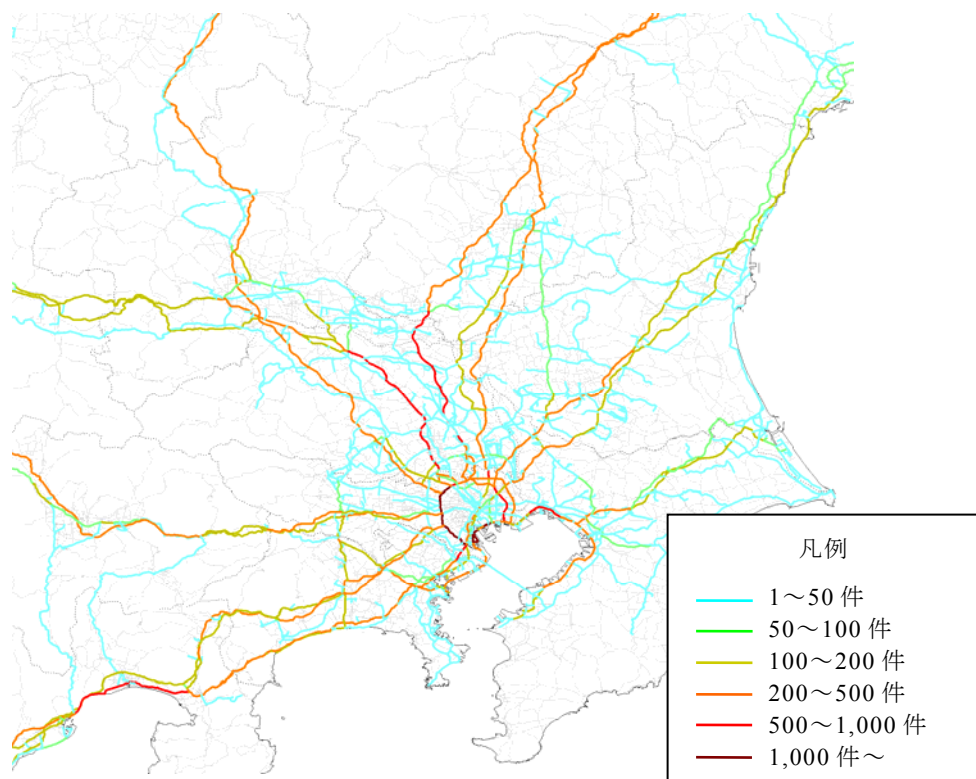


図 4.3.13 東京港発着の海上コンテナ車の経路データ (背高コンテナ車)

② 海上コンテナ車の申請経路への貨物流動量の付加

特車申請には、申請経路別の貨物輸送量や海上コンテナ車走行台数の情報は収録されていない。そのため、本研究では、東京港を対象に、海上コンテナ車による市区町村間の貨物輸送量のデータを別途作成して、海上コンテナ車の「申請1件当りの貨物輸送量」を設定することで、特車申請件数を貨物輸送量に変換して分析に用いた。具体的には、次の手順で貨物輸送量を設定した。

a) 東京港の海上コンテナ車による市区町村間貨物輸送量の設定

まず、東京港の海上コンテナ車による貨物流動量を、複数の統計データから作成した。具体的な算定手順は、次に示すとおりである（図4.3.14）。

Step1：仕出先（仕向元）別・輸出入別貨物流動データ（1ヶ月値）作成

東京港のデータが収録されている平成15年(2003)の「陸上出入貨物調査」データを用いて、東京港の仕出先（仕向元）別・輸出入別貨物流動量（フレートトンの1ヶ月値）を作成した。港湾からの陸上輸送のOD表が集計可能な、この「陸上出入貨物調査」は、東京港では、2003年以降調査が実施されていない。また、「陸上出入貨物調査」データでは、港湾と同一都道府県以外の地域では、仕出（仕向）地は都道府県単位となる。そのため、東京港の流動量は、東京都以外では道府県単位でしか集計できないため、H17道路交通センサスデータから、東京港からの普通貨物車による貨物流動量を集計し、都道府県ごとに市区町村別貨物量割合を算出し、その割合で、仕出先（仕向元）別・輸出入別貨物流動量を分割して設定した。

Step2：8品目別・仕出（仕向）地別・輸出入貨物データの年間値への拡大

「港湾統計年報」に収録されている「コンテナシャーシ輸出入貨物量」では、港湾別に海上コンテナによる年間貨物量が輸出入別に集計可能である。平成20年度(2008)の「港湾統計年報」を用い、東京港の「コンテナシャーシ輸出入貨物量」の平成20年度(2008)（フレートトン単位）を集計し、輸出入別にStep1で集計される東京港全体の貨物流動量（1ヶ月値）との比率を算定し、これを年間値への閣外係数として東京港から仕出先（仕向元）の市区町村への年間貨物流動量（フレートトン）を作成した。

Step3：メトリックトンへの変換

「第8回物流センサス(2005)」で集計される年間輸出出荷量（メトリックトン）（平成17年(2005)）と港湾統計年報の年間輸出出荷量（フレートトン）（H17年(2005)），両者の品目別輸出入量から、フレートトンを変換する係数（物流センサス／港湾統計）を算出した。この8品目別の「フレートトン⇒メトリックトンコンバータ」を、STEP2の8品目別・仕出（仕向）地別・輸出入別貨物流動データに乗じることで、メトリックトンベースに変換した。

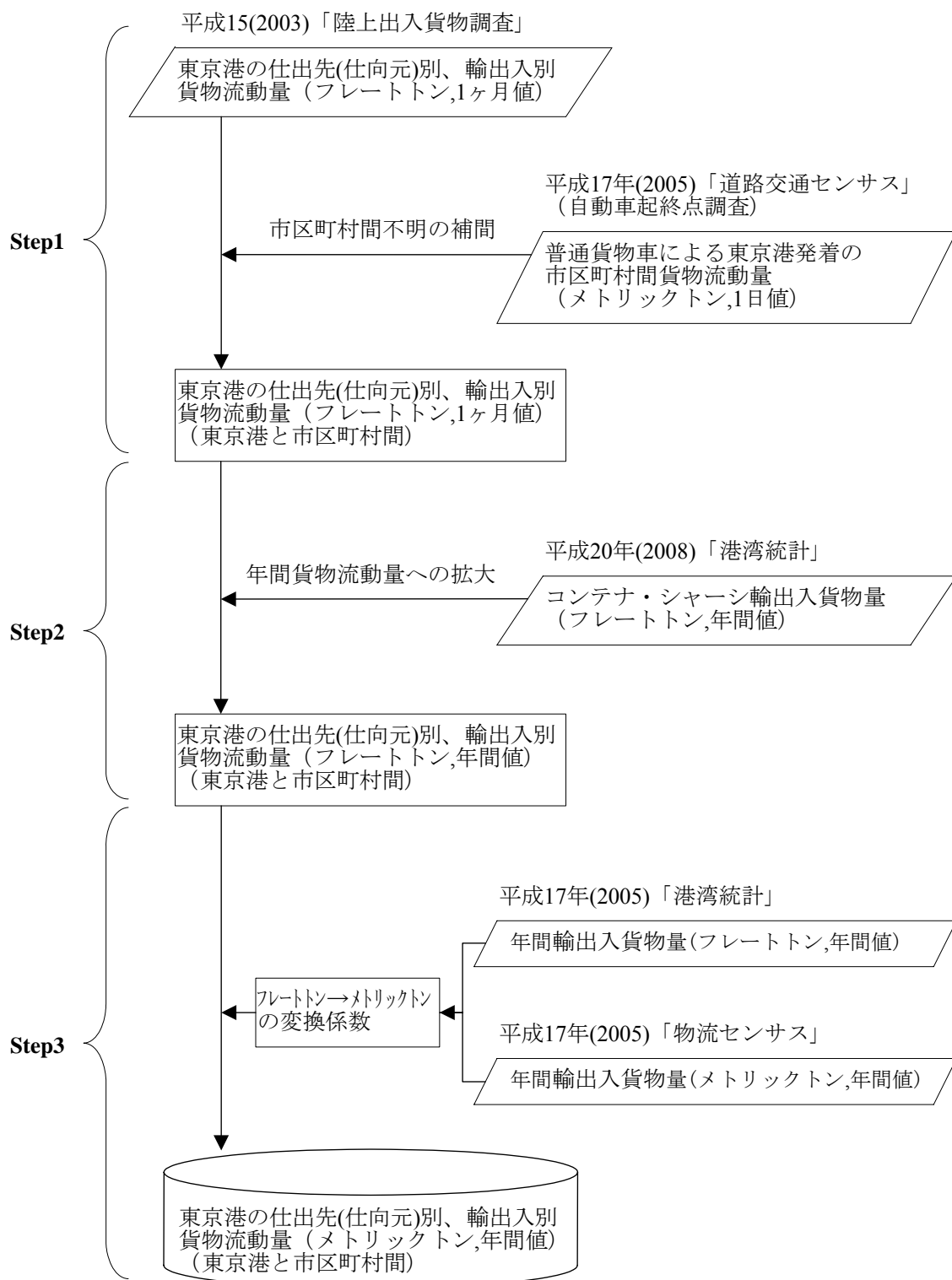


図 4.3.14 東京港の海上コンテナ車による貨物流動量の作成手順

b) 特車申請件数の貨物流動量への変換

a)で作成した、東京港の海上コンテナ車による貨物流動量（メトリックトンの年間値）を用いて、特殊車両通行許可申請データのうち、国際海上コンテナの申請件数をメトリックトン（年間値）に変換した。変換の具体的な手順は以下のとおりである（図 4.3.15）。

Step1：申請件数を貨物流動量に変換する変換係数の算出（一次値）

a)で作成した「海上コンテナ車による市区町村間貨物流動量データ」を用いて、東京港と発地（または着地）の都道府県でマッチングさせ、貨物流動量への変換係数（特車申請1件当りの貨物輸送量）を設定した。ここで、市区町村単位でマッチングして変換係数を計算することも可能であるが、申請件数と OD データのいずれかでデータが存在しないと変換係数が付与できず、いずれかのデータが存在しない市区町村が存在することから、都道府県単位で変換係数を算出することとした。

[Step2：港湾別の輸出・輸入貨物量による変換係数の補正]

Step1 で設定した東京港の輸出入別貨物流動量の合計値が、a)で設定した輸出入別の貨物流動量の合計値に整合するように、Step1 で設定した貨物流動量への変換係数を補正した。

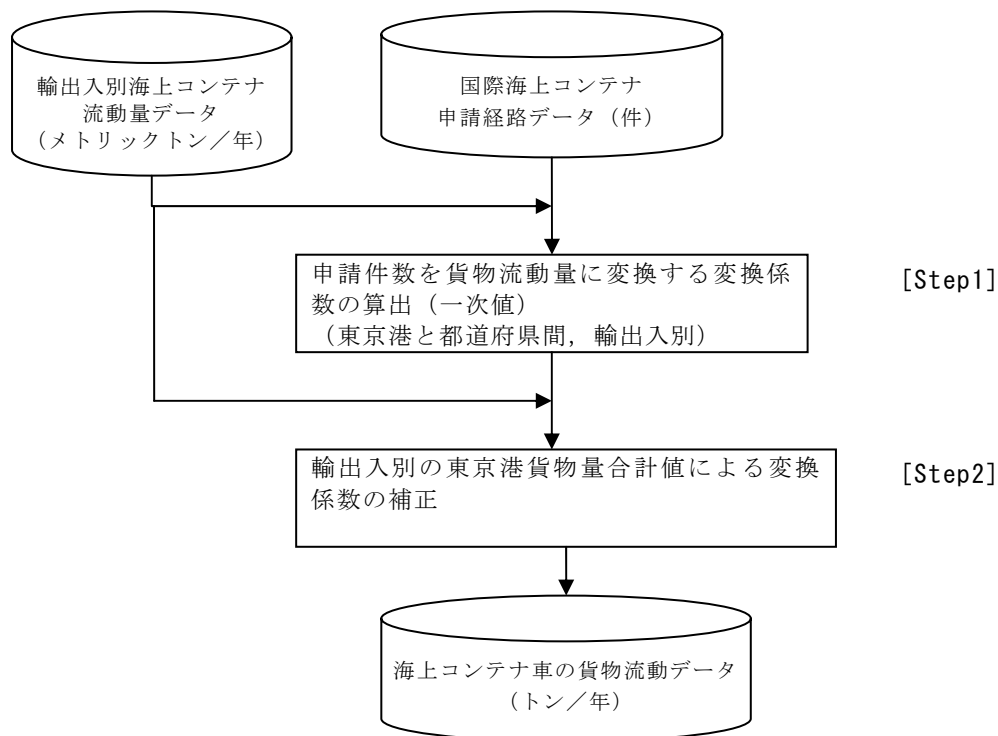


図 4.3.15 海上コンテナ車申請件数の貨物流動量への変換フロー

4.3.3 海上コンテナ車の経路選択特性の分析

ここでは、特車申請データから作成した東京港発着の海上コンテナ車経路データを用いて、海上コンテナ車の経路選択特性を分析する。

(1) 東京港を利用する海上コンテナ車の流動実態

図 4.3.16 は、東京港発着の海上コンテナ車の流動を、1都6県の主要地方道以上を対象に表示したものである。東京都心部において流動量が多いことが確認された。また、図 4.3.17 は、東京都心部の海上コンテナ車の流動量を示したものであるが、皇居周辺や銀座といった繁華街エリアを通過する道路区間で海上コンテナ車の流動が多いことが確認された。

図 4.3.18 は、一般道路で国際海上コンテナの流動量が多い国道4号（環状7号線～日本橋間）を例として、同路線上の国際海上コンテナ流動の発着地を示したものである。国道4号を利用して京浜港から北関東地域、東北地域の広い範囲で海上コンテナを利用して輸送されている実態が示される。なお、事業者は通行の可能性がある経路を全て申請するため、特車申請があっても実際にその区間を走行しているとは限らない。しかしながら、事業者へのヒアリングでは、混雑がなく、時間制約が強くない場合には、繁華街エリアの一般道路を利用する場合も多いとのことである。

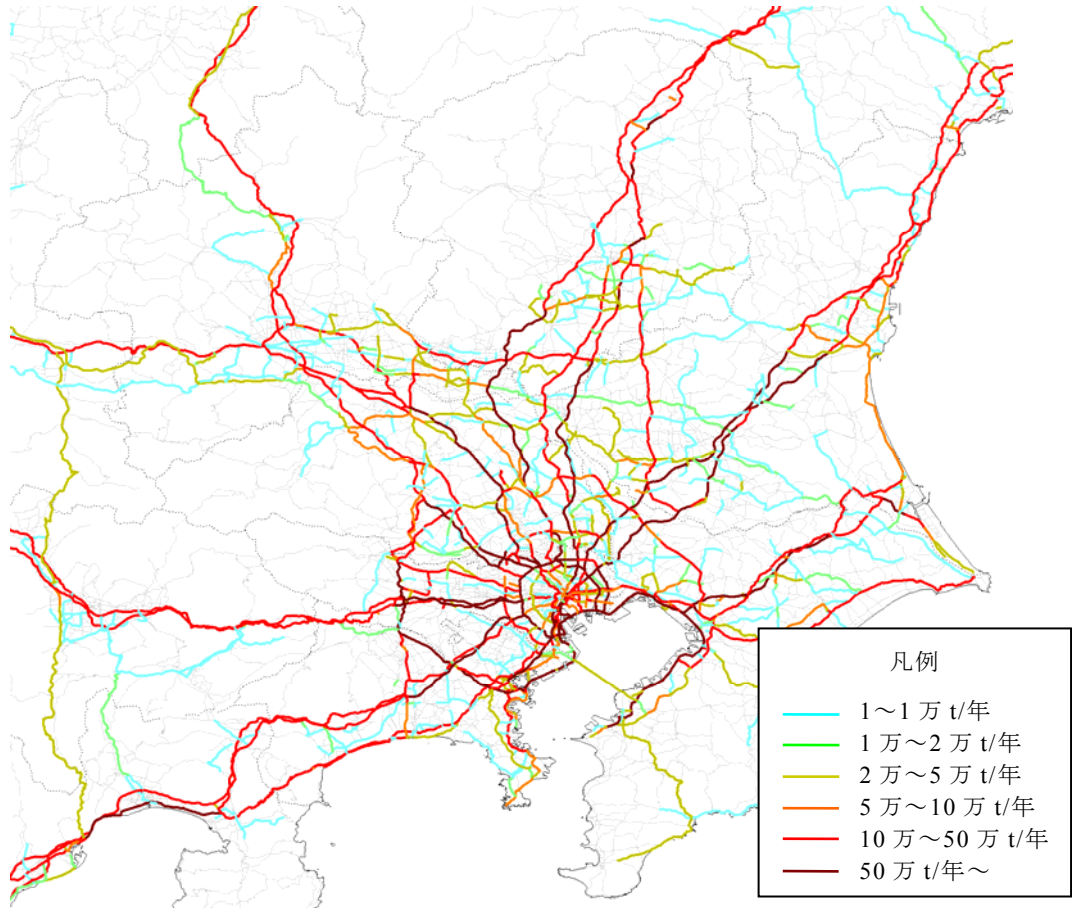


図 4.3.16 関東ブロックの海上コンテナ輸送トン数（年間）

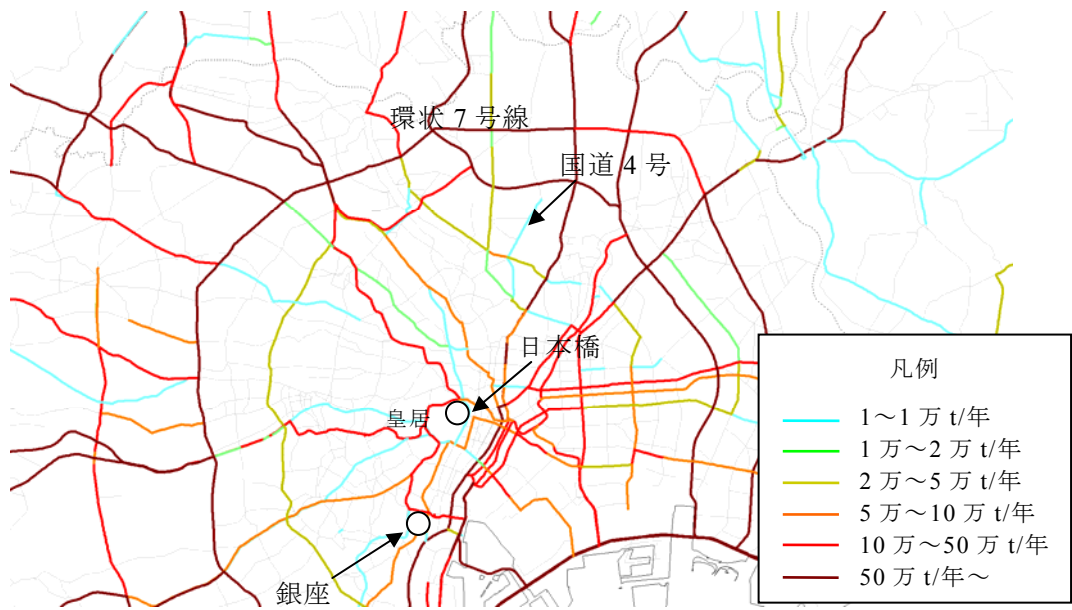


図 4.3.17 東京都心部の海上コンテナ輸送トン数（年間）

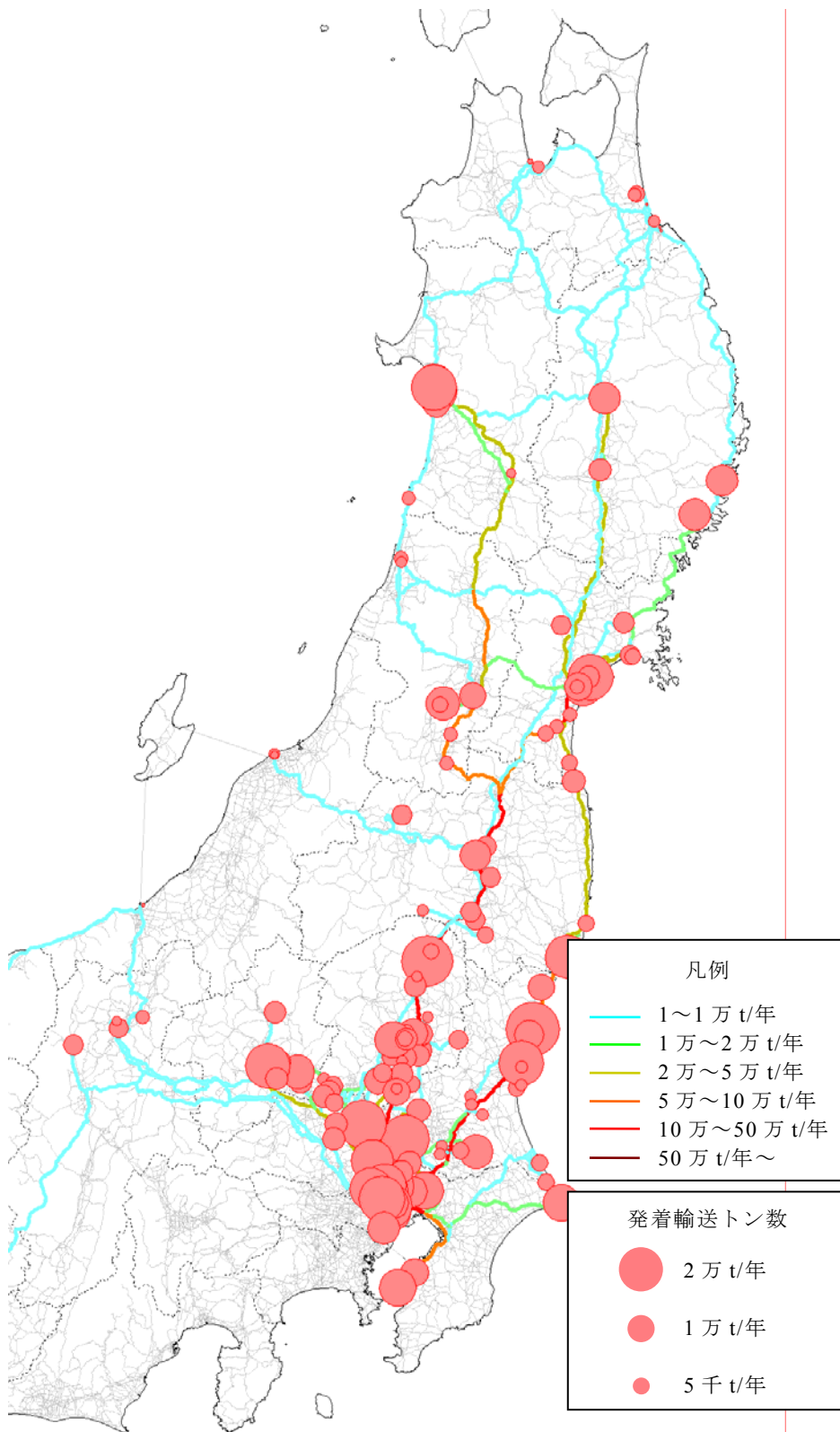


図 4.3.18 国道 4 号（環状 7 号線～日本橋間）を通過する海上コンテナ流動の発着輸送トン数（年間）

(2) 海上コンテナ車に対応した道路整備状況

関東地域における道路整備状況を、海上コンテナ車への対応から分析した。車両総重量 20t 以上の車両が特車申請をしなくても自由に走行可能な「重さ指定」の状況（未指定の区間）を、図 4.3.19 では主要地方道以上の道路を対象に、図 4.3.20 では国道以上の道路を対象に図示した。

主要地方道以上では、重さ指定ではない道路区間が多く存在しているが、国道以上で見ると関東地域の周辺部を除くと重さ指定ではない道路区間は少なく、国道レベルでは大型貨物車に対応した道路整備が進んでいることが示される。また、高さ 3.8m を越える車両が自由に通行可能な「高さ指定道路」の状況を国道以上の道路で見ると、東京都心の首都高速道路などが高さ指定となっておらず、高さ未指定の道路区間は、重さ未指定の場合よりも多くなっている（図 4.3.21）。

一方、海上コンテナ車の交差点の折進規制がある交差点を図 4.3.22 に示した。これは、交差点前後いずれの道路も重さ指定であるが、「40ft コンテナ車が対向車線を侵しても折進不可」となっている交差点を図示したものである。当然、交差点には複数の折進方向が存在するが、その中で一方向でも折進不可となっている交差点を示した。リンク（道路区間）としては海上コンテナ車の走行に対応している道路であっても、ノード（交差点）としては必ずしも十分に対応していない可能性があることが示される。

また、交差点前後の道路の状況と交差点での 40ft コンテナ車の折進障害の状況を表 4.3.3、表 4.3.4 に示す。交差点前後の道路がいずれも重さ指定道路や 6 車線以上の多車線道路の交差点であっても、「対向車線を侵して折進可」や「対向車線を侵しても折進不可」といった規制がある交差点が約 3 割存在していることが示される。

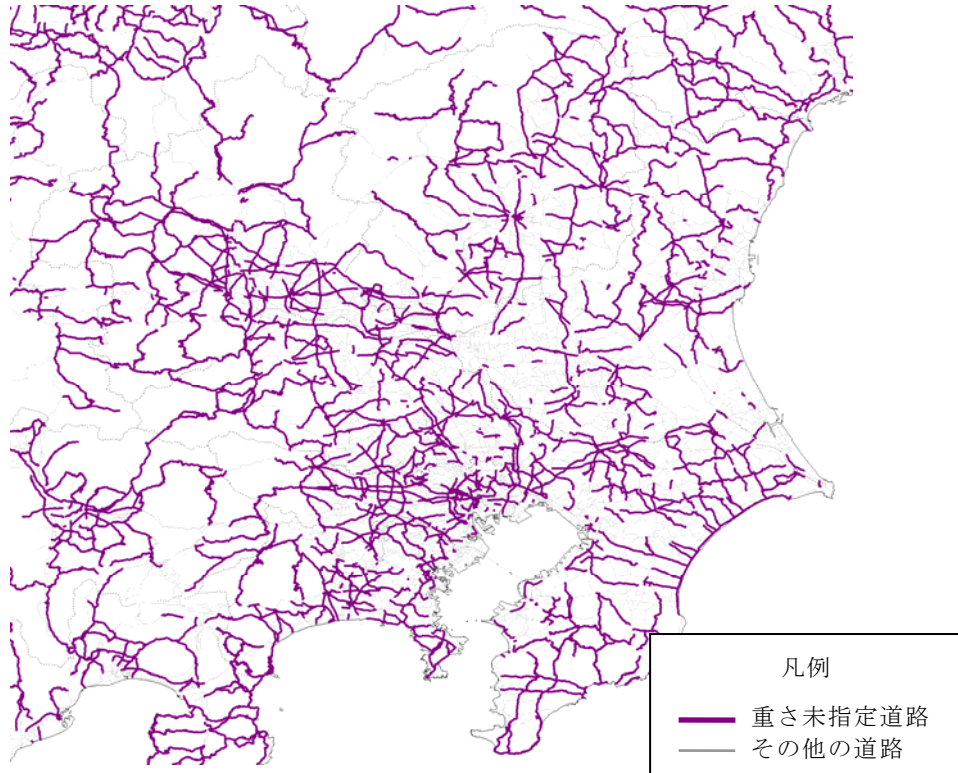


図 4.3.19 主要地方道以上の道路の重さ指定の状況（1都6県）

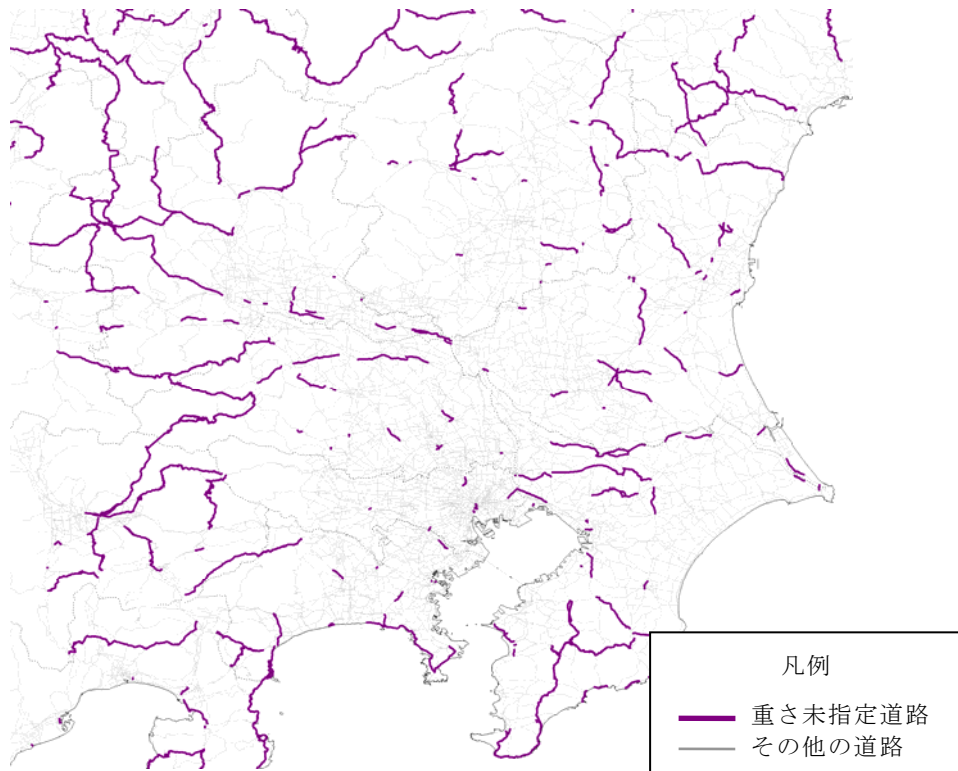


図 4.3.20 国道以上の道路の重さ指定の状況（1都6県）

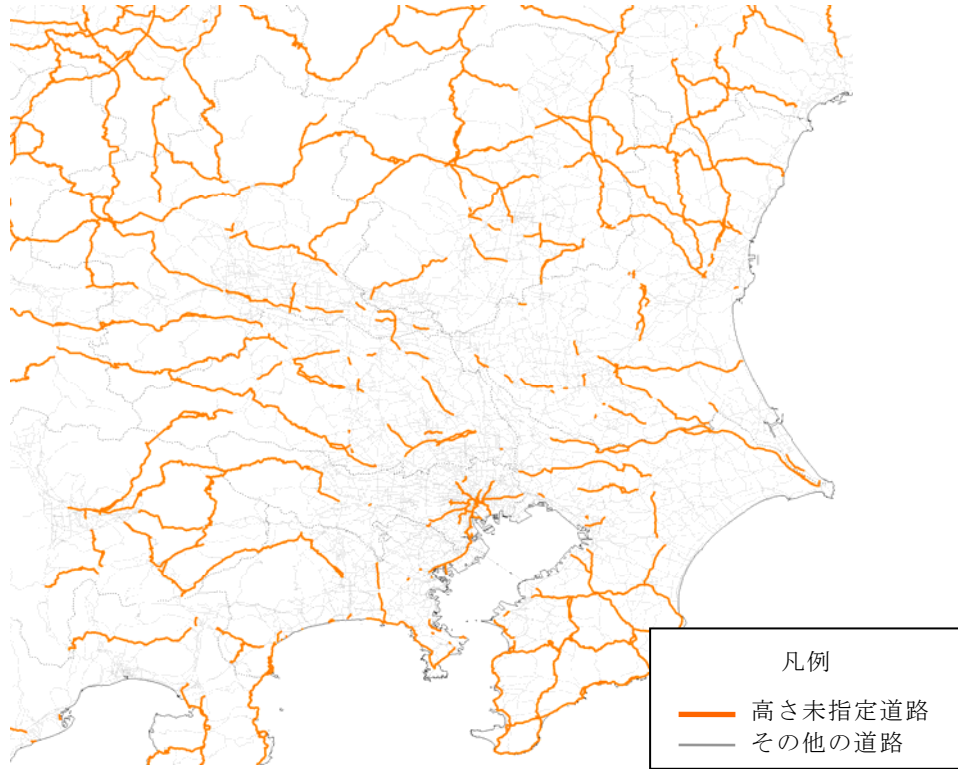


図 4.3.21 国道以上の道路の高さ指定の状況（1都6県）

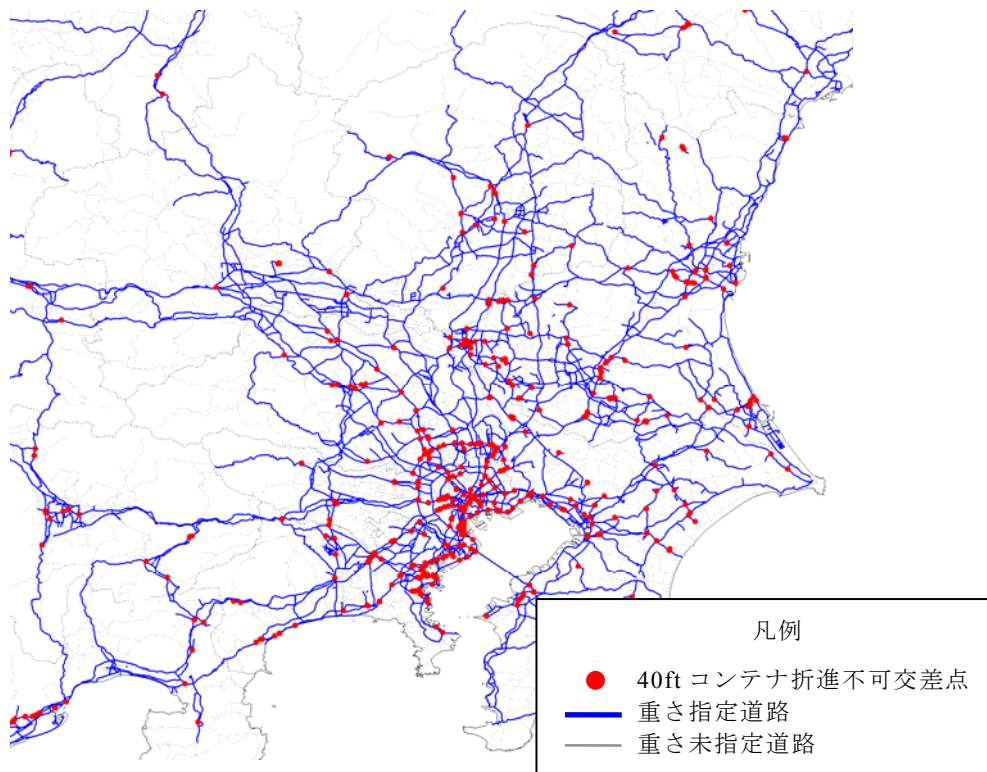


図 4.3.22 重さ指定道路上での 40ft コンテナ車の折進不可交差点（1都6県）

表 4.3.3 40ft コンテナ車の折進区分別の交差点数（1都6県）

（交差点前後の道路の重さ指定有無別）

交差点前後の重さ指定		対向車線を侵さず折進可	対向車線を侵して折進可	対向車線を侵しても折進不可	合計
重さ指定	重さ指定	16,299 (70%)	4,916 (21%)	1,905 (8%)	23,120 (100%)
重さ指定	未指定	10,366 (62%)	4,810 (29%)	1,509 (9%)	16,685 (100%)
未指定	未指定	23,629 (52%)	15,338 (33%)	6,835 (15%)	45,802 (100%)

（交差点前後の道路の高さ指定有無別）

交差点前後の高さ指定		対向車線を侵さず折進可	対向車線を侵して折進可	対向車線を侵しても折進不可	合計
高さ指定	高さ指定	11,725 (72%)	3,281 (20%)	1,259 (8%)	16,265 (100%)
高さ指定	未指定	8,942 (64%)	3,794 (27%)	1,148 (8%)	13,884 (100%)
未指定	未指定	29,627 (53%)	17,989 (32%)	7,842 (14%)	55,458 (100%)

表 4.3.4 40ft コンテナ車の折進区分別の交差点数（1都6県）

（交差点前後の道路の車線数別）

交差点前後の道路の車線数		対向車線を侵さず折進可	対向車線を侵して折進可	対向車線を侵しても折進不可	合計
6車線以上	6車線以上	1,594 (69%)	447 (19%)	255 (11%)	2,296 (100%)
4車線以上	6車線以上	1,009 (72%)	183 (13%)	204 (15%)	1,396 (100%)
4車線以上	4車線以上	7,143 (72%)	1,798 (18%)	974 (10%)	9,915 (100%)
2車線以上	6車線以上	920 (68%)	346 (25%)	94 (7%)	1,360 (100%)
2車線以上	4車線以上	7,004 (67%)	2,666 (26%)	746 (7%)	10,416 (100%)
2車線以上	2車線以上	32,624 (54%)	19,624 (33%)	7,976 (13%)	60,224 (100%)

(3) 海上コンテナ車の経路選択の特性

図 4.3.23 に、ネットワーク全体と海上コンテナ車申請経路の道路種別延長構成比を示す。高速道路及び直轄国道の延長は、ネットワーク全体では約 4 割弱であるが、海上コンテナ車申請経路では約 9 割を占める。また、図 4.3.24 は重さ・高さ指定別にみたものであるが、重さも高さも指定がない道路はネットワーク全体で約 6 割弱を占めるが、申請経路の 9 割以上はいずれかの指定道路となっている。海上コンテナ車が、大型貨物車に対応した規格の高い道路を優先的に走行している傾向が示される。

表 4.3.5 は、海上コンテナ車の申請経路上の交差点での交差点の折進障害の状況を集計したものである。海上コンテナ車の申請経路では、ほとんどが折進規制が無い「対向車線を侵さずに折進可能」の交差点を利用しているが、ネットワーク全体では約 4 割の交差点が何らかの折進規制があり、海上コンテナ車が「交差点の曲がり易さ」も考慮して経路を選択している可能性が示される。

国土交通省国土技術政策総合研究所が、2009 年 11 月に首都圏のコンテナ事業者を対象に海上コンテナ車等の実経路を調査した「大型貨物車輸送経路調査」¹⁶⁾ から、経路選択理由を集計した（表 4.3.6 及び表 4.3.7）。この調査では、海上コンテナ車のほか、海上コンテナ車以外の車両も調査している。海上コンテナ車は、コンテナ貨物車以外に比べて、「9. 特種車両通行許可申請の許可の取得しやすさ」、「10. 高さが足りず通行不可能な箇所が少ない」等が経路選定の理由として割合が高い。海上コンテナ車の車種を詳細にみると、40ft コンテナ車は、20ft コンテナ車等の他の車種に比べて、「3) 曲がりにくい交差点の少なさ」を経路選択の理由とする割合が高い（表 4.3.6）。

また、海上コンテナ車が高速道路を利用する場合、「1. 混雑の少なさ」といった道路交通状況や、「4. 交差点の少なさ」といった走行性を理由にしている。他方、一般道路のみを利用する場合は、高速利用の場合と比べて、「3. 曲がりにくい交差点の少なさ」、「7. 十分な道路幅」などの要因により経路が選択されている（表 4.3.7）。

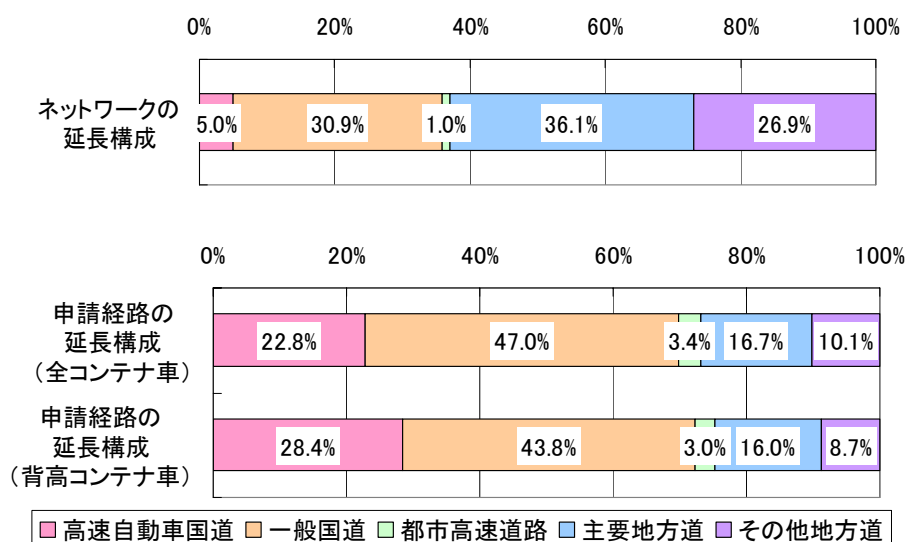


図 4.3.23 申請経路における道路種別の延長構成比 (1都6県)

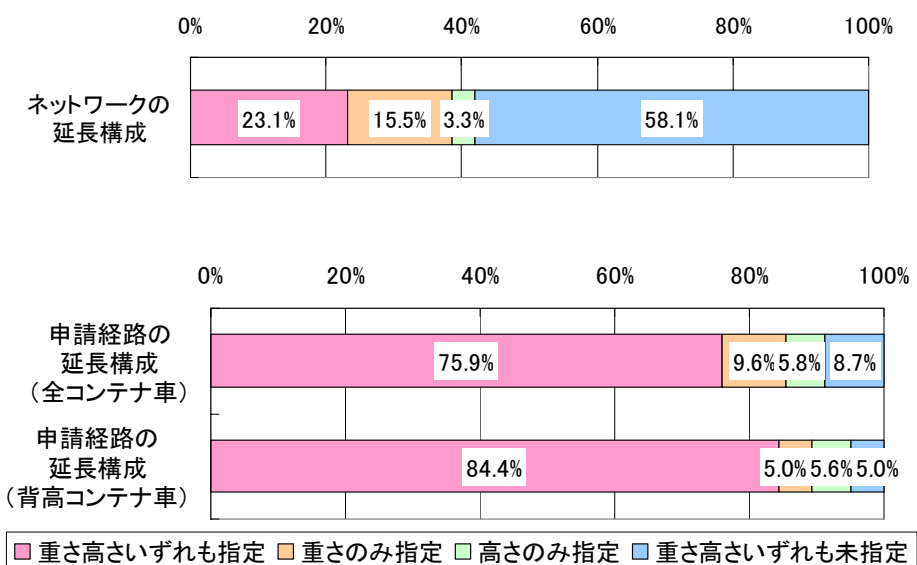


図 4.3.24 申請経路における重さ高さ指定状況別の延長構成比 (1都6県)

表 4.3.5 申請経路における交差点折進障害区分別利用状況 (1都6県)

交差点の折進障害区分	申請経路上での交差点リンクの利用状況		道路ネットワーク上の交差点リンク数
	全コンテナ車	背高コンテナ車	
対向車線を侵さず折進可	168,597 97.6%	67,701 97.5%	50,294 58.7%
対向車線を侵して折進可	3,996 2.3%	1,704 2.5%	25,064 29.3%
対向車線を侵しても折進不可	120 0.1%	54 0.1%	10,249 12.0%
合計	172,713 100.0%	69,459 100.0%	85,607 100.0%

表 4.3.6 海上コンテナ車を含む大型貨物車の経路選択理由
 (国土交通省国土技術政策総合研究所の実態調査より)

経路選択理由	コンテナ貨物車				コンテナ 貨物車以外	総計
	a.背高コンテナトレーラー	b.40ftコンテナトレーラー	c.20ftコンテナトレーラー	合計		
1)混雑が少ない、道路が空いている	113 (48.9%)	196 (57.0%)	129 (50.2%)	438 (49.2%)	62 (63.3%)	500 (53.8%)
2)急勾配、急カーブが少なく運転しやすい	21 (9.1%)	51 (14.8%)	34 (13.2%)	106 (11.9%)	24 (24.5%)	130 (14.0%)
3)曲がりにくい交差点が少ない	36 (15.6%)	66 (19.2%)	40 (15.6%)	142 (16.0%)	17 (17.3%)	159 (17.1%)
4)交差点が少なくスムーズな走行が可能である	26 (11.3%)	62 (18.0%)	44 (17.1%)	132 (14.8%)	22 (22.4%)	154 (16.6%)
5)住宅地から離れており環境への心配がない	26 (11.3%)	53 (15.4%)	32 (12.5%)	111 (12.5%)	17 (17.3%)	128 (13.8%)
6)歩道が縁石で区別されているなど 歩行者に対して安全である	23 (10.0%)	41 (11.9%)	23 (8.9%)	87 (9.8%)	5 (5.1%)	92 (9.9%)
7)道路(車線)幅が十分にある	79 (34.2%)	155 (45.1%)	91 (35.4%)	325 (36.5%)	59 (60.2%)	384 (41.3%)
8)中央分離帯によって走りづらい 箇所が少ない	12 (5.2%)	43 (12.5%)	28 (10.9%)	83 (9.3%)	10 (10.2%)	93 (10.0%)
9)特殊車両通行許可申請の対象 であり通行許可が取得しやすい	54 (23.4%)	82 (23.8%)	64 (24.9%)	200 (22.5%)	5 (5.1%)	205 (22.0%)
10)高さが足りず通行不可能な箇所がない	23 (10.0%)	52 (15.1%)	30 (11.7%)	105 (11.8%)	5 (5.1%)	110 (11.8%)
11)重量制限により通行不可能な箇所がない	18 (7.8%)	28 (8.1%)	16 (6.2%)	62 (7.0%)	8 (8.2%)	70 (7.5%)
12)通行料金の負担がない、 あるいは負担が少ない	52 (22.5%)	94 (27.3%)	75 (29.2%)	221 (24.8%)	22 (22.4%)	243 (26.1%)
13)その他	20 (8.7%)	17 (4.9%)	25 (9.7%)	62 (7.0%)	3 (3.1%)	65 (7.0%)
合計	231 (100.0%)	344 (100.0%)	257 (100.0%)	890 (100.0%)	98 (100.0%)	930 (100.0%)

注) 「経路選択理由」は重複回答が可能であるため、構成比の合計は 100%にはならない。「合計」欄の数字は、「経路選択理由」に回答している輸送経路数である。

※ () 内は総経路数に占める割合

出典：国土交通省国土技術政策総合研究所が 2009 年 11 月に海上コンテナ車を対象に実施した「大型貨物車輸送経路調査」を集計。

表 4.3.7 高速利用有無別・ルート選択理由別の海上コンテナ車の経路選択理由
(国土交通省国土技術政策総合研究所の実態調査より)

経路選択理由	高速利用有無		
	0)高速利用あり	1)高速利用なし	総計
1)混雑が少ない、道路が空いている	307 (55.4%)	128 (46.7%)	435 (52.5%)
2)急勾配、急カーブが少なく運転しやすい	63 (11.4%)	43 (15.7%)	106 (12.8%)
3)曲がりにくい交差点が少ない	80 (14.4%)	62 (22.6%)	142 (17.1%)
4)交差点が少なくスムーズな走行が可能である	104 (18.8%)	26 (9.5%)	130 (15.7%)
5)住宅地から離れており環境への心配がない	55 (9.9%)	55 (20.1%)	110 (13.3%)
6)歩道が縁石で区分されているなど歩行者に対して安全である	33 (6.0%)	54 (19.7%)	87 (10.5%)
7)道路(車線)幅が十分にある	196 (35.4%)	127 (46.4%)	323 (39.0%)
8)中央分離帯によって走りづらい箇所が少ない	47 (8.5%)	36 (13.1%)	83 (10.0%)
9)特殊車両通行許可申請の対象であり通行許可が取得しやすい	129 (23.3%)	68 (24.8%)	197 (23.8%)
10)高さが足りず通行不可能な箇所がない	70 (12.6%)	35 (12.8%)	105 (12.7%)
11)重量制限により通行不可能な箇所がない	33 (6.0%)	28 (10.2%)	61 (7.4%)
12)通行料金の負担がない、あるいは負担が少ない	107 (19.3%)	111 (40.5%)	218 (26.3%)
13)その他	49 (8.8%)	13 (4.7%)	62 (7.5%)
総計	554 (100.0%)	274 (100.0%)	828 (100.0%)

注) 「経路選択理由」は重複回答が可能であるため、構成比の合計は 100%にはならない。「合計」欄の数字は、「経路選択理由」に回答している輸送経路数である。

※ () 内は高速利用有無別の総経路数に占める割合

出典：国土交通省国土技術政策総合研究所が 2009 年 11 月に海上コンテナ車を対象に実施した「大型貨物車輸送経路調査」を集計。

(4) 海上コンテナ車の迂回の状況

ここでは、海上コンテナ車申請データの起終点間の最短時間経路を道路ネットワーク上で算定し、これと実際の申請経路を比較することによって、海上コンテナ車の迂回の状況を確認した。本研究では、最短時間経路での経路長と実際の申請経路の経路長の比を「迂回率」と定義して分析を行った。図4.3.25は全コンテナ車、図4.3.26は背高コンテナ車を対象に、海上コンテナ車の迂回の状況を示したものである。全コンテナ車、背高コンテナ車とも、最短時間経路と比べて2割以上迂回する申請が、全体の約8割を占めている。また、サンプル全体での平均迂回率（経路長を重みとして加重平均したもの）も約2.1弱であった。海上コンテナ車が、規格が高い道路を優先し、大型貨物車に対するボトルネック箇所を避けて走行しているため、迂回が生じている可能性があることが示される。なお、特車申請データには経路が全く同一の申請サンプルが複数存在する。図4.3.25、図4.3.26では、経路が同一であるサンプルの重複を除いて集計した。

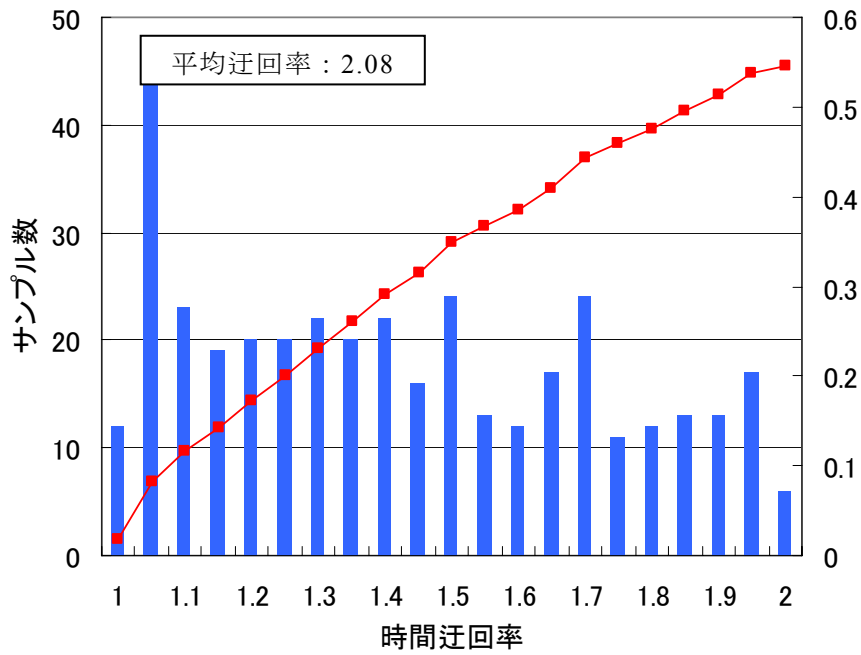


図 4.3.25 最短時間経路に対する申請経路の迂回状況
(東京港発着の全コンテナ車)

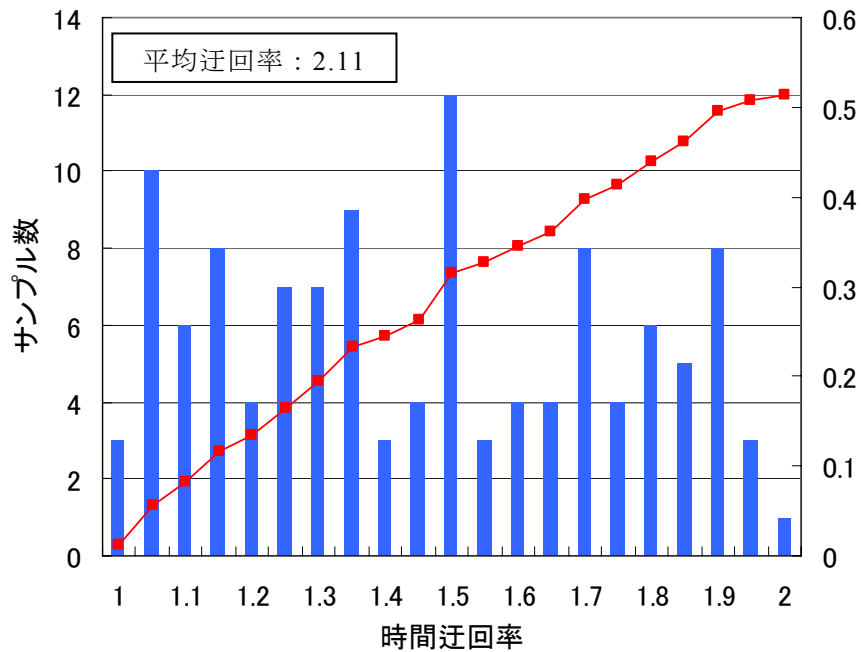


図 4.3.26 最短時間経路に対する申請経路の迂回状況
(東京港発着の背高コンテナ車)

4.4 海上コンテナ車の経路選択モデルの定式化とパラメータ推定

4.4.1 重複率最大化モデルによる海上コンテナ車経路選択モデルの定式化

本研究では、第4回物資流動調査の大型貨物車経路選択モデルでも採用されている「重複率最大化モデル」を用いて、海上コンテナの経路選択モデルを構築して、海上コンテナ車の経路選択特性を分析した。

4.2で記述した通り、重複率最大化モデルは、推計経路と実経路の重複(overlapping)距離を最大化するようにリンクの距離や一般化費用を操作する方法であり、選択肢集合を取り扱うことなく経路分析が可能である。また、東京都市圏物資流動調査の大型貨物車経路選択モデルでは、時間や費用だけではなく道路構造等による「走り易さ」も選択要因となり、具体的には、「重さ指定道路」である道路区間を、ドライバーは「走り易い道路区間」の一般化費用を通常より小さく認識していると考えて、この「認識一般化費用」を最小にする経路を選択するとしてモデルが推定されている。本研究でもこの仮説に従って、「認識一般化費用」を用いた海上コンテナ車経路選択モデルを推定した。以下に、4.2で記述した、「重複率最大化モデル」の定式化について再掲する。

重複率最大化モデルにおける、「認識一般化費用」は式(4.4.1)に示される。

$$GC_a^*(\beta) = (\text{Cost}_a + \omega \cdot \text{Time}_a) \cdot \prod_k \beta_k^{Z_{ak}} \quad (4.4.1)$$

ここで、 GC_a^* はリンク a を走行する際の認識一般化費用を表している。 Cost_a はリンク a の走行費用（有料道路利用料金と燃料費の合計）、 Time_a はリンク a の所要時間である。燃料費は、リンク延長に燃費を乗じて設定した。燃費は「平成17年度分自動車輸送統計年報（国土交通省）の「営業用普通貨物車1kmあたり燃料消費量」から0.25[L/km]、軽油価格は、平成17年11月の全国値（石油情報センター）から107[円/L]と設定した。一般化費用に掛かる Z_{ak} はリンク a における k 番目属性変数でありダミー変数である。 β_k は k 番目属性にかかる未知パラメータである。 Z_{ak} は海上コンテナ車の経路選択に影響を及ぼしていると想定される要因を候補として推定しており、交差点の折進障害も含めて検討する。パラメータ推定の目的関数は、式(4.4.2)に示す実経路と認識一般化費用最小経路の距離重み付き重複率である。未知パラメータ (ω, β) は式(4.4.2)を最大化するように求めればよい。

$$D(\omega, \beta) = \frac{\sum_n X_n \cdot D_n(\omega, \beta)}{\sum_n X_n} = \frac{\sum_n \sum_a \delta_{na} \cdot \delta_{na}^*(\omega, \beta) \cdot l_a}{\sum_n X_n} \quad (4.4.2)$$

4.4.2 重複率最大化モデルのパラメータ推定方法

重複率最大化モデルの未知パラメータ (ω, β) は、前述の式(4.4.2)を最大化するように求めればよいが、一般的に最短経路などのネットワーク変数は離散的であるため、この重複率をパラメータで微分することは不可能であり目的関数の勾配等を算出することはできない。そこで、本研究における重複率最大化モデルのパラメータは、以下の 2 つの方法で推定した。

a) パラメータ値を任意に移動させて重複率を最大とするパラメータ値を推定する方法（推定方法A）

パラメータ値を任意の区間で移動させ、それぞれのパラメータの組み合わせに対する重複率（式(4.4.2)の値）の等高線図を作成し、視認により重複率を最大とするパラメータの組み合わせを得る方法であり、第 4 回物資流動調査の「重複率最大化モデル」の推定でも採用された手法である。

本研究では、この方法を「推定方法A」とする。この方法では、説明変数が 3 変数以上になると視認での対応が困難となるため推定できない。本研究の重複率最大化モデルでは時間評価値 (ω) が未知のパラメータとなるため、時間評価値 (ω) に加え、道路構造による認識一般化費用低減パラメータ (β) を 1 種類導入した場合のみに適用可能な推定方法である。

b) 遺伝的アルゴリズムによるパラメータ推定（ブートストラップ法の適用）（推定方法B）

遺伝的アルゴリズム（Genetic Algorithm：以下 GA）とは、ある範囲内で定義された変数 x の関数の最大値あるいは最小値を与える x の値を求める最適化・探索アルゴリズムの一種であり、Hyodo et al.(2000)⁹⁾で経路選択モデルのパラメータ推定に採用されている。本研究においては、説明変数が 3 変数以上の推定の場合、推定方法Aではパラメータを推定することが困難であるため、この GA による推定手法を用いてパラメータ推定を行った。

GA は生物の進化の過程にヒントを得た比較的単純な基本原理を基にしており、ほとんどあらゆる最適化・探索問題に適用可能な枠組みである。GA では、遺伝子をもつ仮想的な生物の集団を計算機内に設置し、あらかじめ定めた環境に適応している個体が、子孫を残す確率が高くなるよう世代交代シミュレーションを実行し、遺伝子および生物集団を進化させる。このため、これらの仮想生物の進化によって与えられた工学的課題の解が得られるように GA のプログラミングを行う必要がある。GA は実際のプログラミングの詳細を規定しない緩やかな枠組みであるため、各種の規制やパラメータの設定方法等、不確定要素が多い方法論であることが欠点として指摘されることが多いが、緩やかな枠組みであるために応用範囲が広いともいえる。

本研究では、未知パラメータを 7 ビット (=0~127) の解像度で表し、次に示す遺伝子数、

親の数，世代数，突然変異率，スケールパラメータ（線形 scaling）で交配させる方法を用いた。

遺伝子のビット数	7
遺伝子数	20
親の数	4
世代数	50
突然変異率	0.05
スケールパラメータ（線形 scaling）	2.0

GA には突然変異率という要素が組み込まれているため，最大値を与えるポイントが離散的に移動する可能性がある。推定値に安定性，信頼性を持たせるためには，初期値を変え，複数回パラメータ推定を行い，その中で最も適合度の高い値を得る方法が望ましいとされている。本研究では，ブートストラップ法を用い，推定回数を増加させてパラメータを推定する方法を用いて，GA による推定値に安定性，信頼性を確認することとした。

ブートストラップ法とは，ある標本集団から母集団の性質を推定するための手法である。この手法では，標本集団から，重複を許して標本集団と同じサンプル数のデータをランダムに抽出（復元抽出）し，新しいデータセットでパラメータ推定を繰り返す。これにより復元抽出したデータセットの数と同数のパラメータ推定値を得ることで，推定値の統計値の性質（平均値や平均値分散など）を導くことができる。本研究では，背高コンテナ車の特車申請経路データをオリジナルデータとし，オリジナルデータから復元抽出を 100 回行って 100 セットの経路データを得て，それぞれで GA によるパラメータ推定を行った。「推定方法 B」では，この 100 個のパラメータの最頻値を「パラメータ推定値」とした。また，100 個のパラメータを集計して得られる統計値はオリジナルデータに対する統計値を推定したこととなり，これを用いてパラメータ推定値の評価を試みた。具体的には，ブートストラップ法により，100 セット得られたパラメータの最頻値からパラメータ推定値 (μ) を決定し，パラメータ推定値 (μ) を，パラメータ推定値 (μ) に対する標準偏差 (σ) で除した値を評価指標 (μ/σ) として算定した。サンプル数が大きい場合には，t 分布は正規分布に近似するため，ブートストラップ法で得られた 100 個のパラメータが正規分布に従っている場合には，この評価指標は t 値に相当する。「重複率最大化モデル」は実用性に優れるが，パラメータの統計的な検定がなされていない点が課題であった。ブートストラップ法を適用することにより，モデルに導入した説明変数の妥当性を評価するための参考指標として，この評価指標を算出することとした。

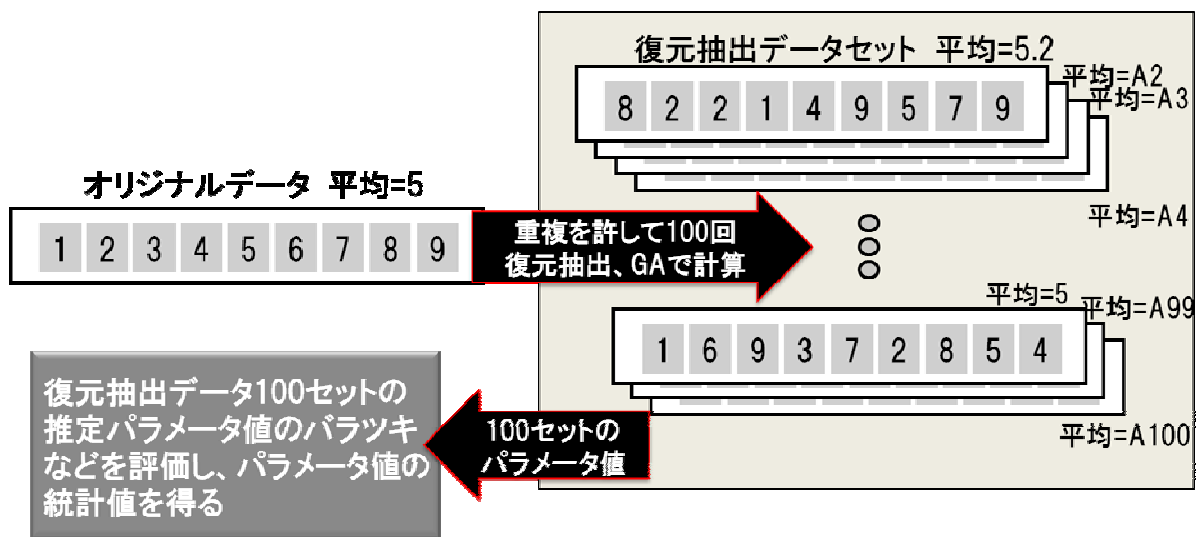


図 4.4.1 ブートストラップ法のイメージ

4.4.3 海上コンテナ車経路選択モデルのパラメータ推定

第 4 回物資流動調査では、重さ指定の有無を説明変数として経路選択モデルを推定しており、重さ指定の有無を説明変数の候補とし、重さ指定がある場合に 1、それ以外を 0 とするダミー変数で導入した。パラメータが 0 に近いほど認識一般化費用を小さくする。また、海上コンテナ車の申請経路データの分析から、海上コンテナ車の経路選択に交差点の折進障害が影響している可能性があるため、交差点の折進障害も説明変数候補とした。具体的には、40ft コンテナ車に対して「対向車線を侵して折進可」と「対向車線を侵しても折進不可」の場合に折進障害があると想定し、折進障害がある場合に 1、それ以外を 0 とするダミー変数で導入した。この場合、重複率最大化モデルでは、パラメータが 1.0 を超えることが想定される。

なお、経路選択モデルは、背高コンテナ車のみサンプルで推定した。前述の通り、特車申請では長さの区分は出来ないが、背高コンテナ車のほとんどは 40ft コンテナ車であるため、交差点折進障害の影響をより正確に捉えることが出来ると考えられるためである。また、背高コンテナ車のみを分析対象にしたことから、重さ指定道路ダミーに加え、高さ指定道路ダミーも説明変数候補とした。

ここでは、時間評価値と高さ指定道路ダミーをパラメータとする経路選択モデルを例に、推定方法 A と推定方法 B によるパラメータの推定結果を比較した。なお、特車申請データには経路が全く同一のサンプルが存在する。経路が同一のサンプルの重複を除いてパラメータ推定に用いた。また、距離帯別に海上コンテナ車の経路選択特性が異なる可能性があるため、経路長が 100km 以上のサンプルを用いてパラメータ推定を行った（サンプル数 371 サンプル）。

図 4.4.2 は推定方法 A での推定結果である。図は重複率を等高線で表したものであり、図中で色が薄いところが重複率が高い部分となっている。推定方法 A では、視認より重複率が最大となるパラメータを選定した。

図 4.4.3 は推定方法 B による推定結果である。この場合、ブートストラップ法により経路データを復元抽出して GA によるパラメータ推定を 100 回繰り返している。図中の色が薄い部分は、ブートストラップ法で得られた 100 個のパラメータの出現頻度が高くなっている部分を確率密度関数で図示したものである。推定方法 B では、この最頻値をパラメータ推定値としている。

変数	重複率	時間価値 (円/分)	高さ指定道路 ダミー
パラメータ	0.47518	3400.000	0.10000

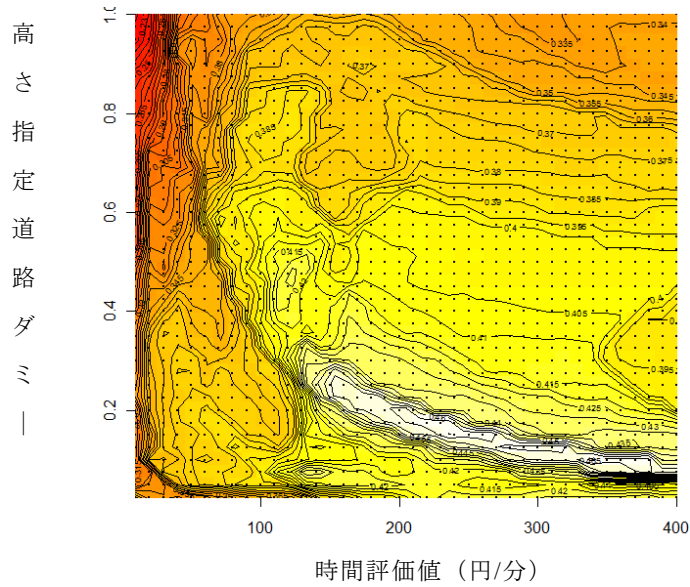


図 4.4.2 推定方法 A によるパラメータの推定例
(時間評価値及び高さ指定道路ダミー)

変数	重複率	時間価値 (円/分)	高さ指定道路 ダミー
パラメータ	0.47255	206.875	0.18125

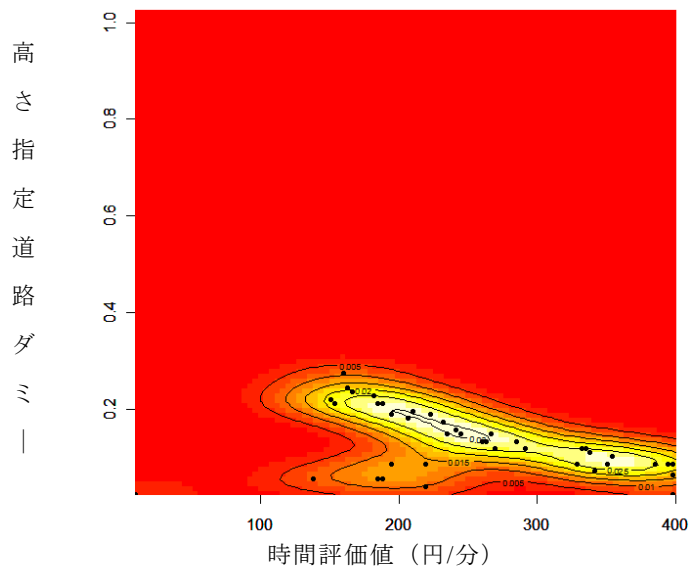


図 4.4.3 推定方法 B によるパラメータの推定例
(時間評価値及び高さ指定道路ダミー)

ブートストラップ法を用いた推定方法 B では、復元抽出された 100 個のデータセットから、GA による 100 個のパラメータを得ることができる。この 100 個のパラメータの最頻値で与えられるパラメータ推定値(μ)を、その最頻値に対する標準偏差(σ)で除した値を評価指標として算定した。ブートストラップ法で得られた 100 個のパラメータが正規分布に従っている場合には、この評価指標は t 値に相当する。本研究で、ブートストラップ法で得られたパラメータ推定値の分布は、必ずしも正規分布に従っているとはいえないものも含まれるため、厳密には t 値とはいえない場合もあるが、モデルに導入した説明変数の妥当性を評価するための参考指標として、この評価指標を算出することとした。図 4.4.4, 4.4.5, 4.4.6 に、時間評価値、高さ指定道路ダミー、交差点折進障害ダミーの 100 個のパラメータの頻度分布、パラメータ推定値(μ)、標準偏差(σ)、評価指標(μ/σ)を示す。

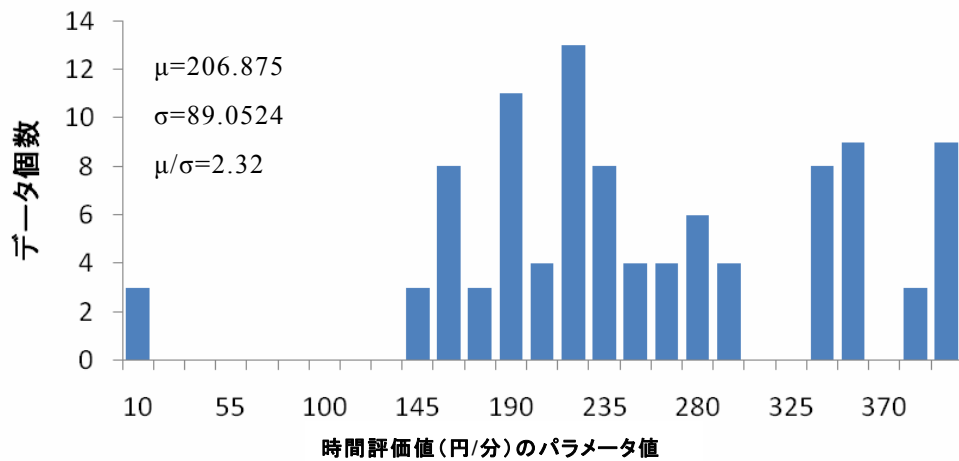


図 4.4.4 時間評価値のパラメータの頻度分布
(時間評価値と高さ指定道路ダミーを説明変数とするモデル)

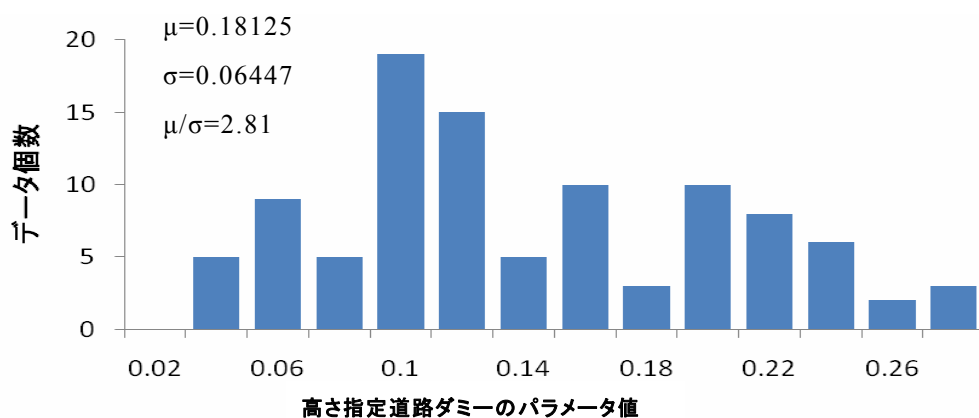


図 4.4.5 高さ指定道路ダミーのパラメータの頻度分布
(時間評価値と高さ指定道路ダミーを説明変数とするモデル)

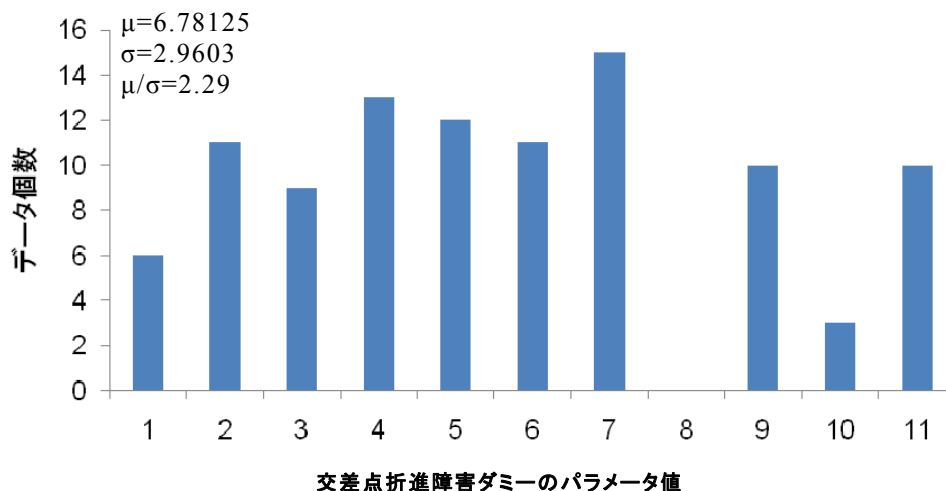


図 4.4.6 交差点折進障害ダミーのパラメータの頻度分布
(時間評価値と交差点折進障害ダミーを説明変数とするモデル)

表 4.4.1 に、道路構造を表す変数として、重さ指定道路ダミー、高さ指定道路ダミー、交差点折進障害ダミーを説明変数として導入した海上コンテナ車の経路選択モデルの推定結果を示す。道路構造を表す説明変数を 1 変数導入した、時間評価値を含めて 2 変数のモデルの場合には、推定方法 A と推定方法 B の両方でパラメータ推定が可能となる（モデル 1, 2, 3）。これらのモデルでは、推定方法 A, B で、重複率がほぼ同水準のモデルが構築されている。大型貨物車を対象にした既存研究^{4) 5) 6)}では、重複率は概ね 0.5~0.6 で推計されている。モデル 1 及びモデル 2 の重複率はこれと比べるとやや低い。海上コンテナ車の経路選択条件が一般の大型貨物車と比べて厳しいこと、対象とした経路データが東京港発に限定されたものであることなどが要因として考えられる。また、モデル 2 のパラメータ推定値は、推定方法 A, B で異なっている。与えられたサンプルだけでは重複率を最大にするパラメータは推定方法 A の推定値となるが、サンプルが一部変わるだけで推定値が異なってくる可能性がある。ブートストラップ法の復元抽出により、最頻値として得られた推定方法 B のパラメータの方が、推定値の安定性、信頼性は高いと考えている。

また、道路構造を表す説明変数を 2 変数導入した、時間評価値を含めて 3 変数のモデルの場合には、推定方法 B のみパラメータ推定が可能となる。道路構造を表す変数として、重さ指定道路ダミーまたは高さ指定道路ダミーに、交差点折進障害ダミーを加えたモデル（モデル 4,5）の推定結果をみると、交差点折進障害ダミーのパラメータの評価指標値（表 4.4.1 中の括弧内の数値）は、他の説明変数の値と比べて比較的高い値となっている。前述の通り、この評価指標は厳密には t 値とはいえないため、絶対的な数値での評価は難しいが、他の変数との相対的な比較においては、交差点折進障害ダミーが、重さ指定道路ダミーや高さ指定道路ダミーと同様に海上コンテナ車の経路選択に寄与している可能性が示されている。

表 4.4.1 海上コンテナ車（背高）の経路選択モデルのパラメータ推定結果

	モデル 1		モデル 2		モデル 3		モデル 4	モデル 5
	推定方法 A	推定方法 B	推定方法 A	推定方法 B	推定方法 A	推定方法 B	推定方法 B	推定方法 B
時間評価値 (円/分)	280.000	288.125 (2.93)	340.000	206.875 (2.32)	180.000	175.625 (3.98)	203.750 (2.21)	228.750 (2.24)
重さ指定道路 ダミー	0.12500	0.11875 (1.32)	—	—	—	—	0.18125 (1.83)	—
高さ指定道路 ダミー	—	—	0.10000	0.18125 (2.81)	—	—	—	0.18125 (2.18)
交差点折進障害 ダミー	—	—	—	—	1.25000	1.15625 (0.40)	10.4531 (4.53)	8.10938 (2.84)
重 複 率	0.46650	0.46687	0.47518	0.47255	0.36310	0.36314	0.47508	0.46778
サンプル数	371	371	371	371	371	371	371	371

※1：推定方法 A は、パラメータ値を任意に移動させて重複率を最大にするパラメータ値を推定したもの。

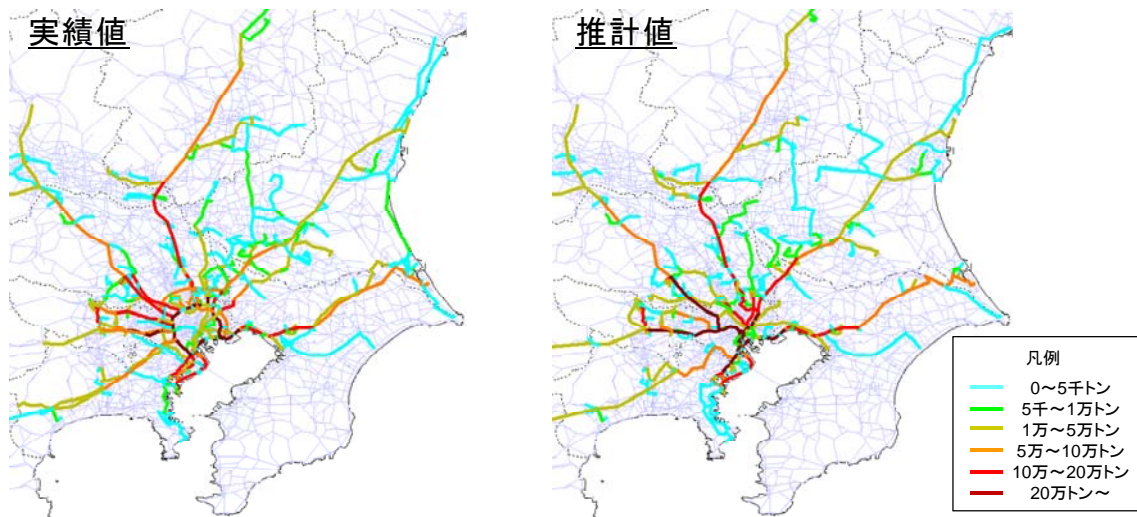
※2：推定方法 B では、ブートストラップ法の復元抽出により 100 個の経路データセットを用意して遺伝的アルゴリズムで 100 個のパラメータを推定する。その 100 個のパラメータの最頻値をパラメータ推定値とした。

※3：下段の括弧内は、最頻値で得られるパラメータ推定値を、最頻値に対する標準偏差で除して算定したパラメータの評価指標。

4.4.4 現況再現性の確認

特殊車両通行許可申請データから作成した海上コンテナ車（背高）の流動を，本研究で構築した海上コンテナ車（背高）の経路選択モデルを用いて配分し，実績値との比較を行った．図4.4.7は，道路上の海上コンテナ車（背高）の流動量の推計値を実績値と比較したものである．東京都心部の流動量は，推計値の方が実績値よりも多くなっている．実際の経路選択においては，事業者が都市環境に配慮しているなど，モデルに導入されていない要因がある可能性があるものの，東京都心地域以外は，概ね，推計値と現況値は整合している．

表4.4.2は，道路種類別に海上コンテナ車（背高）の輸送トンキロの推計値と実績値を比較したものである．主要地方道の輸送トンキロがやや過小推計となっているが，概ね道路種類別の輸送トンキロの推計値は実績値を再現している．



※配分対象ODは1都6県内に発地と着地の両方を持つODに限定配分
 ※表4.4.1のモデル4を用いて配分

図4.4.7 海上コンテナ車の配分結果の推計値と実績値の比較

表4.4.2 海上コンテナ車の輸送トンキロ推計値の実績値との比較

(背高コンテナ車の道路種類別の輸送トンキロ(千トンキロ/年))

	高速道路	一般国道	主要地方道	その他道路	合計
実績値	65,201 (44%)	34,140 (23%)	44,313 (30%)	3,728 (3%)	147,383 (100%)
推計値	73,414 (51%)	41,881 (29%)	20,641 (14%)	7,088 (5%)	143,024 (100%)

※配分対象ODは1都6県内に発地と着地の両方を持つODに限定配分
 ※表4.4.1のモデル4を用いて配分

4.5 海上コンテナ車経路選択モデルを用いたシミュレーション

ここでは、4.3.2 で作成した背高コンテナ車の流動量データを、4.4 で構築した背高コンテナ車の経路選択モデルを用いて道路ネットワーク上に配分し、将来の道路整備や交差点改良による効果を、シミュレーションにより分析した。

4.5.1 シミュレーションケースの設定

シミュレーションのケースは、表 4.5.1 に示す 3 つのケースで行った（表 4.5.1）。

ケース①は、現況の道路ネットワークへの配分である。ケース②は、現況の道路ネットワークに、東京都市圏で想定されている 3 環状道路（図 4.5.1）の整備を想定したケースである。ケース③は、現況の道路ネットワークにおいて、40ft 背高コンテナの折進障害を交差点改良等により解消した場合を想定したケースである。

なお、シミュレーションに用いた経路選択モデルは、表 4.4.1 のモデル 4 である。

表 4.5.1 シミュレーションケースの設定

	流動量	道路ネットワーク
ケース①	東京港発着の背高コンテナ車 経路データ（2008）の発着 地間の流動量	現況（2008 年）の道路ネットワーク
ケース②		現況の道路ネットワークに三環状道路を整備（図 4.5.1 参照）
ケース③		現況の道路ネットワークにおける交差点折進障害を解消



出典：国土交通省関東地方整備局 HP

図 4.5.1 推計ネットワーク

4.5.2 シミュレーションの実施

(1) 3環状道路の整備効果

東京都市圏において3環状道路を整備した場合（ケース②）と、現況（ケース①）の背高コンテナ車流動量の配分を行い、3環状道路の整備効果を計測した。

ケース①及びケース②の背高コンテナ車流動量の配分結果を図4.5.2、図4.5.3に、ケース②とケース①の配分結果の差分を図4.5.4に示す。また、表4.5.2に、ケース①とケース②で流動量に差が生じる主要路線の道路状況（車線数及び混雑度）を示す。

東京港発着の背高コンテナ車の流動に対しては、将来の3環状道路の整備により高速道路や都市高速道路の利便性が向上し、関越自動車道や東北自動車道で流動量が増加すると推計された（図4.5.4）。一方、一般道路の流動量をみると、混雑度が比較的高い国道4号の道路区間や、4車線である国道294号の道路区間での流動量は減少しており、3環状道路の整備によって、より背高コンテナ車に適した規格の道路への転換が図られ、背高コンテナ車の走行性が改善することが示される（図4.5.4、表4.5.2）。

なお、国土交通省が実施した事業所ヒアリング調査によると、海上コンテナ車の国道294号の利用理由は、「東京港から北関東地域への輸送においては、東北自動車道を利用した経路は、常磐自動車道から国道294号を利用した経路に比べて、料金負担が大きい割には時間短縮が十分でない。」とのことである（表4.5.3）。本研究によるシミュレーション結果は、3環状道路整備により高速道路のネットワーク化が進み、海上コンテナ車の高速道路利用の阻害要因が小さくなることを示している。

また、道路種類別の輸送トンキロを集計しても高速道路利用率は増加している（表4.5.3）。高速道路や都市高速道路は、他の道路と比べて平均車線数は多く、3環状道路整備により、背高コンテナ車に適した規格の道路の利用が進むとともに、交通事故の危険性も減少する可能性が示される。また、死傷事故率（走行台キロ当たりの事故発生件数）が大きい主要地方道の利用が減少していることから交通事故削減の効果もあると考えられる（表4.5.4）。

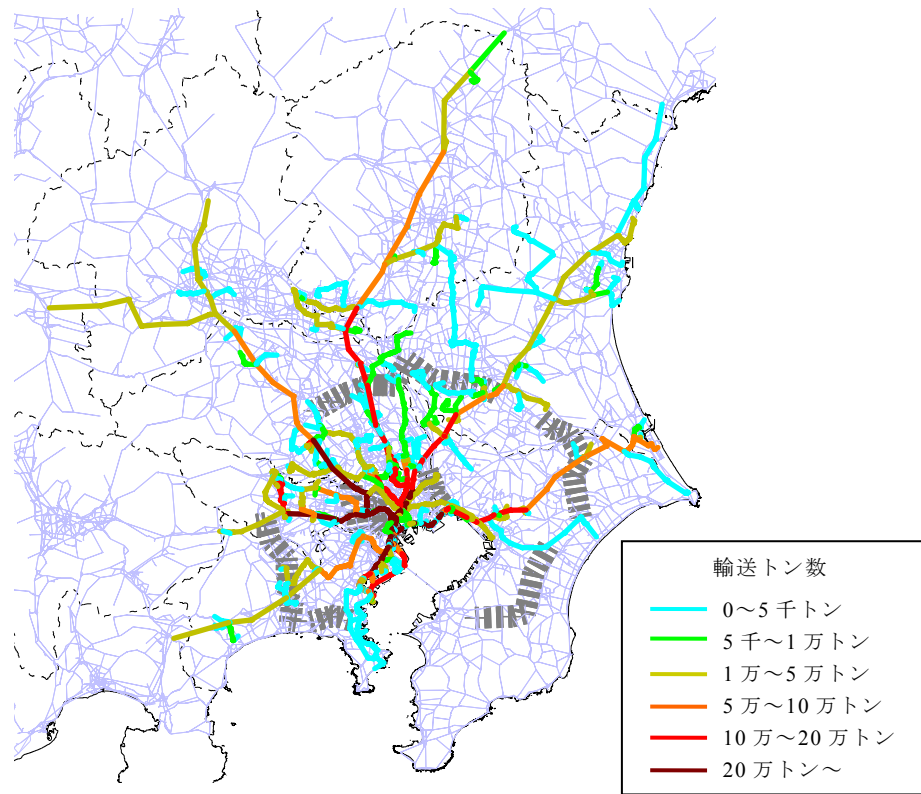


図 4.5.2 背高コンテナ車流動量の配分結果 (ケース①)

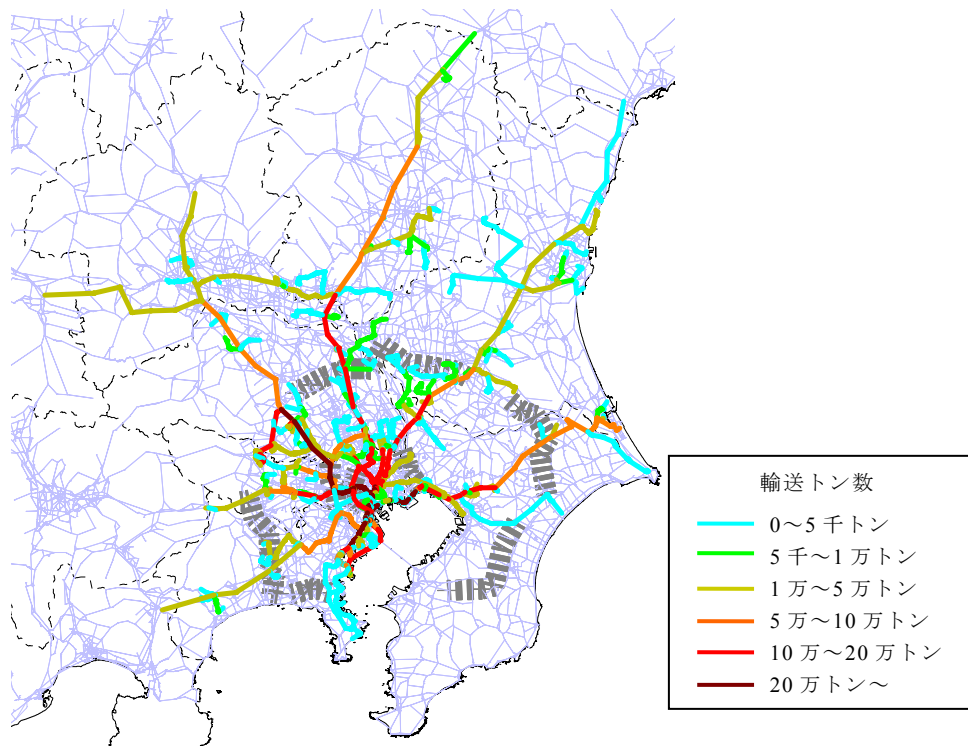


図 4.5.3 背高コンテナ車流動量の配分結果 (ケース②)

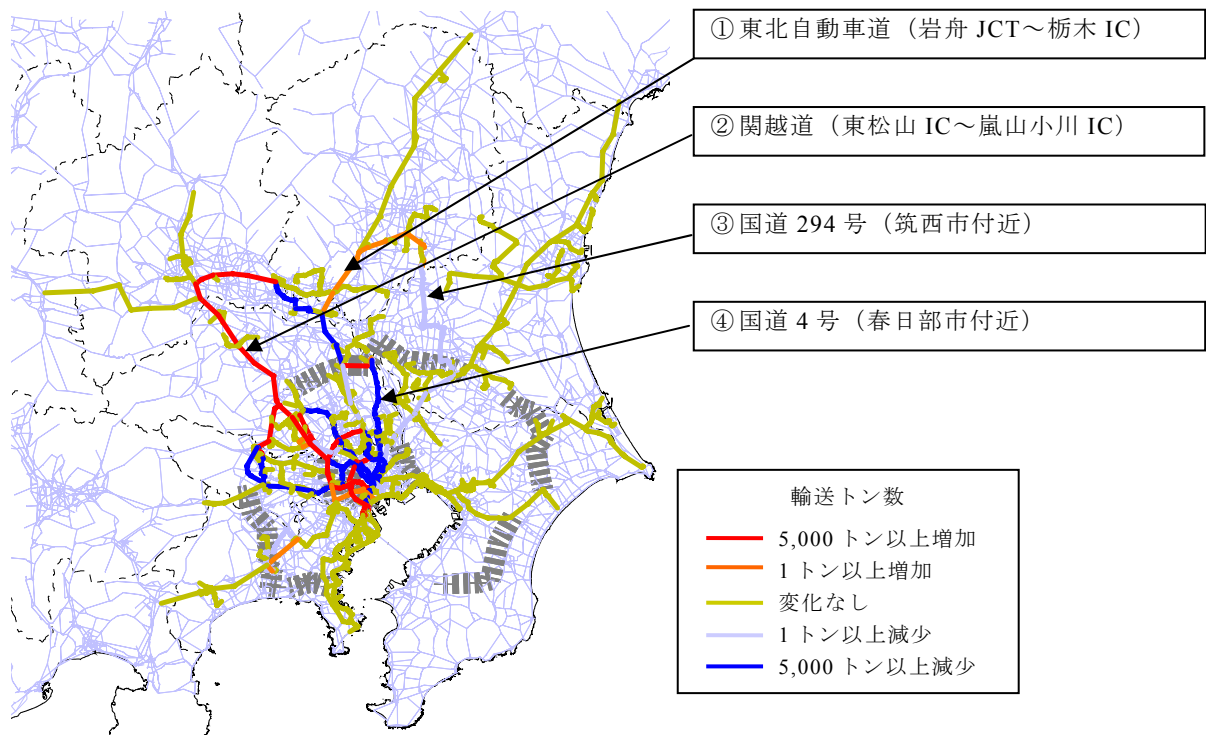


図 4.5.4 3環状道路整備による交通量の変化（ケース②ーケース①）

表 4.5.2 3環状整備により交通量が変化する主要区間の交通状況

	背高コンテナ車流動量配分結果(トン/年)			現況の道路の状況*	
	ケース①(a)	ケース②(b)	(b)/(a)	車線数	混雑度
東北自動車道 (岩舟JCT～栃木IC)	88,941	93,189	105%	6	0.51
関越自動車道 (東松山IC～嵐山小川IC)	66,422	81,573	123%	6	0.69
国道294号 (筑西市付近)	4,248	0	0%	4	0.83
国道4号 (春日部市付近)	5,997	0	0%	4	1.17

※：車線数及び混雑度は平成17年度道路交通センサス

表 4.5.3 国道 294 号の利用理由（事業者ヒアリングより）

- 東京港から北関東地域への輸送を行う場合、現状では、東北自動車道を利用した場合の時間短縮効果は、高速道路料金負担の割にはあまり大きくないため、常磐自動車道を経由して国道 294 号を北上する経路を採用することが多い。（東京港のコンテナ貨物を取り扱う大手フォアオーダー事業者）

出典：「道路における合理的な物流ネットワークの構築に向けた検討業務報告書（2010）（国土交通省）」

表 4.5.4 道路種類別の背高コンテナ車流動量（輸送トンキロ）変化（ケース①，ケース②）

	背高コンテナ車による流動量（推計値） （千トンキロ／年）				合計
	高速道路・都市 高速道路	一般国道	主要地方道	都道府県道・市 町村道・その他	
ケース① (a)	73,414	41,881	20,641	7,088	143,025
ケース② (b)	80,314	44,304	16,212	7,188	148,019
変化率 (b-a)/a×100	9.4%	5.8%	-21.5%	1.4%	3.5%

表 4.5.5 道路種類別の交通状況（平均車線数，平均混雑度，交通事故率）（1都6県）

	高速道路・都市 高速道路	一般国道	地方地方道	都道府県道・市 町村道・その他	合計
平均車線数	4.73	4.01	3.57	3.29	3.80
平均混雑度	0.78	1.17	1.08	0.98	1.05
平均死傷事故率 (件数/億台キロ)	-	104.02	134.34	82.64	89.62

出典：車線数及び混雑度は，平成17年度道路交通センサス

死傷事故率は，平成20年度交通事故統合データ（ITARDA）である。ITARDAには，高速道路・都市高速道路のデータは含まれない。

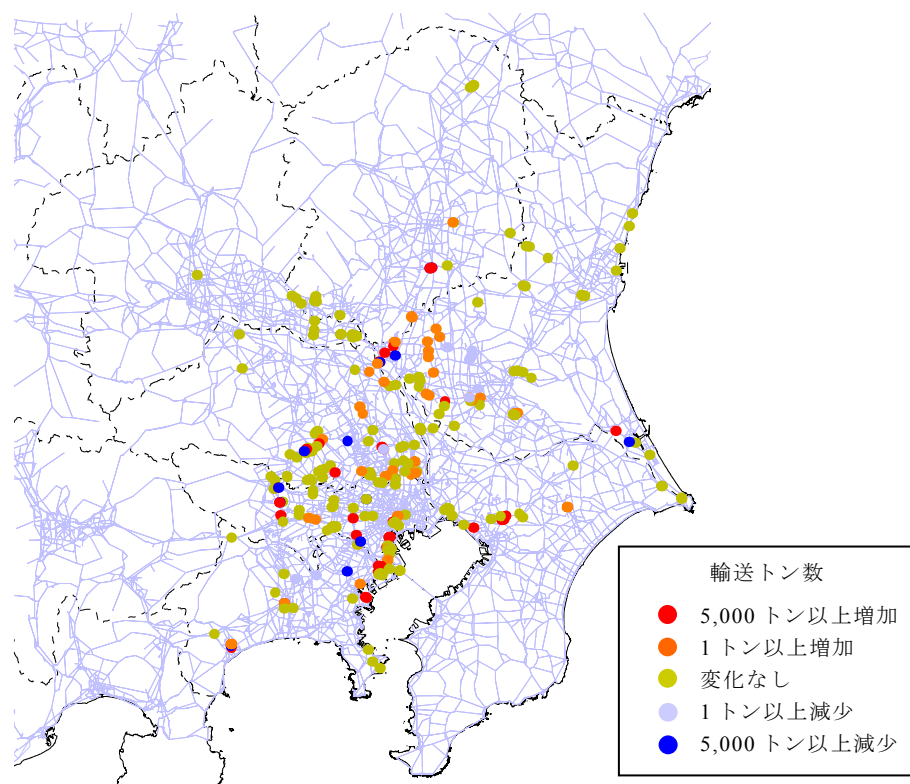
(2) 折進障害交差点の改良効果

40ft 背高コンテナ車に対する交差点の折進障害交差点を解消した場合（ケース③）と、現況（ケース②）の背高コンテナ車流動量の配分を行い、折進障害交差点の改良効果を計測した。

現況（ケース①）と比べたときのケース③の交差点での背高コンテナ車流動量の変化を図 4.5.5 に図示する。また、表 4.5.6 は、交差点前後の道路の道路種類によって交差点に接続する道路種類を分類し、その道路種類別に、流動量が増加した交差点数を集計したものである。その際、交差点への進入・退出の道路のうち、より高規格な道路種類を選んだ。また、そのうち、交差点の流動量が 5,000 トン／年以上増加すると推計された交差点の一覧を表 4.5.7 に示す。

交差点での 40ft 背高コンテナ車の折進障害を無くすことによって流動量が増加すると推計された交差点には、交差点の進入または退出のいずれかが高速道路や一般国道の交差点が多い（表 4.5.5, 表 4.5.7）。このことは、高速道路や一般道路といった単路部の規格が高い道路の利用が、交差点の折進障害により影響を受けているとことを示している。

表 4.5.8 は、このような 40ft 背高コンテナ車の折進障害交差点の障害を改善した場合（ケース③）の背高コンテナ車流動量を、道路種類別の輸送トンキロで示したものであるが、交差点の改良により、高速道路・都市高速道路を中心に利用率が増加すると推計された。



※ 配分により流動量が確認された折進障害交差点のみを表示

図 4.5.5 交差点改良によって流動量が増加する交差点（ケース③ーケース①）

表 4.5.6 流動量が増加する交差点の道路種別

（交差点への進入・退出のうち規格が高い道路種別で表示）

交差点への進入・退出の道路のうち、規格が高い道路種別	流動量が増加する交差点		流動量が増加しない交差点	流動量が減少する交差点	
	増加が 5,000 トン/年以上	増加が 5,000 トン/年未満		減少が 5,000 トン/年未満	減少が 5,000 トン/年以上
高速道路・都市高速道路	11 箇所 (27%)	9 箇所 (17%)	4 箇所 (2%)	0 箇所 (0%)	0 箇所 (0%)
一般国道	18 箇所 (44%)	18 箇所 (34%)	56 箇所 (31%)	5 箇所 (42%)	11 箇所 (85%)
主要地方道	7 箇所 (17%)	14 箇所 (26%)	67 箇所 (37%)	5 箇所 (42%)	2 箇所 (15%)
その他	5 箇所 (12%)	12 箇所 (23%)	55 箇所 (30%)	2 箇所 (17%)	0 箇所 (0%)
合計	41 箇所 (100%)	53 箇所 (100%)	182 箇所 (100%)	12 箇所 (100%)	13 箇所 (100%)

※1 括弧内は各ランク別交差点数の道路種別構成

※2 四捨五入の関係で合計値があわない場合がある

表 4.5.7 流動量が 5,000 以上増加する交差点一覧(一般国道以上を表示)

	交差点		交差点流動量(トン/年)		
	From	To	改良前(a)	改良後(b)	(b)-(a)
1)	環状 8 号線	中央自動車道 富士吉田線	0	332,212	332,212
2)	一般国道 16 号	一般国道 411 号	36,275	145,099	108,824
3)	一般国道 16 号	羽村瑞穂線	0	108,824	108,824
4)	一般国道 357 号	高速湾岸線	0	92,505	92,505
5)	東関東自動車道	水戸神栖線	0	73,074	73,074
6)	山下町第 229 号線	高速神奈川横羽線	0	71,827	71,827
7)	高速神奈川横羽線	山下町第 229 号線	0	71,827	71,827
8)	一般国道 15 号	一般国道 409 号	0	62,033	62,033
9)	環状 8 号線	東名高速道路	0	49,399	49,399
10)	一般国道 254 号	一般国道 463 号	20,163	62,729	42,566
11)	一般国道 254 号	一般国道 16 号	0	40,326	40,326
12)	東関東自動車道	千葉臼井印西線	0	32,350	32,350
13)	東関東自動車道	一般国道 357 号	0	30,648	30,648
14)	一般国道 357 号	一般国道 357 号	0	19,290	19,290
15)	一般国道 357 号	高速湾岸線	0	17,836	17,836
16)	一般国道 352 号	一般国道 4 号	0	9,557	9,557
17)	一般国道 4 号	原中田線	0	9,256	9,256
18)	一般国道 16 号	杉並あきる野線	0	9,069	9,069
19)	一般国道 354 号	取手豊岡線	0	8,004	8,004
20)	一般国道 122 号	一般国道 463 号	0	6,721	6,721
21)	東北自動車道	一般国道 122 号	0	6,721	6,721
22)	小田原厚木道路	一般国道 255 号	0	6,530	6,530
23)	東名高速道路	小田原厚木道路	0	6,530	6,530
24)	一般国道 255 号	沼田国府津線	0	5,441	5,441

※From リンクと To リンクのいずれかが平成 17 年度道路交通センサス調査対象外の交差点を除く

表 4.5.8 道路種類別の背高コンテナ車流動量(輸送トンキロ)変化(ケース①, ケース③)

	背高コンテナ車流動量(千トンキロ/年)				
	高速道路・都 市高速道路	一般国道	地方地方道	都道府県道・市 町村道・その他	合計
ケース① (a)	73,414	41,881	20,641	7,088	143,025
ケース③ (c)	77,938	37,443	21,285	6,705	143,371
((c)-(a))/(a)×100	6.2%	-10.6%	3.1%	-5.4%	0.2%

4.5.3 シミュレーション結果と物流施策

図4.5.6は中央自動車道高井戸ICにおける折進障害の状況とその解消効果，図4.5.7は東名自動車道厚木ICにおける折進障害の状況とその解消効果を示したものである。図4.5.6の中央自動車道高井戸ICの折進障害では，長野方面に向かう海上コンテナ車は，高井戸ICから中央自動車道に侵入できないため，調布ICまで国道20号を利用して中央自動車道を利用しているが，高井戸ICの折進障害を解消することで高井戸ICから中央自動車道を利用可能となり，高速道路利用経路が増加すると推計された。また，図4.5.7の東名高速道路厚木ICの折進障害では，厚木ICに折進障害がある場合，小田原厚木道路に直接侵入できないため，大井松田ICを利用して目的地に向かっているが，厚木ICの折進障害を解消することで，より直線的な経路を利用可能となり，輸送経路の迂回が減少すると推計された。

東京都市圏全域で，住宅地や中心市街地を走行する海上コンテナ車を削減するなど，海上コンテナ車の走行を適正化するためには，本研究のシミュレーションでも実施した3環状道路といった高速道路ネットワークを整備することが必要であるが，高速道路ICにおける折進障害への対策を併せて実施することで，より有効に高速道路ネットワークが活用されることが本研究のシミュレーション結果から示唆される。

また，海上コンテナ車に対応した道路ネットワークは，直轄国道など一般道路も対象となるが，直轄国道の交差点にも折進障害は存在している。一般道路の交差点では，渋滞緩和や交通事故削減を目的に交差点改良がおこなわれている。交通事故対策では，左折自動車による歩行者や自転車の巻き込み事故を防止するため，道路の切り込みなどの対策が講じられることがある。海上コンテナ車の経路となる幹線道路においては，このような交差点改良の際に，海上コンテナ車のボトルネックの解消も併せて行う必要がある（図4.5.8）。

推計経路（折進障害改良前）



推計経路（折進障害改良後）



図4.5.6 中央高速道路高井戸ICの折進障害の影響

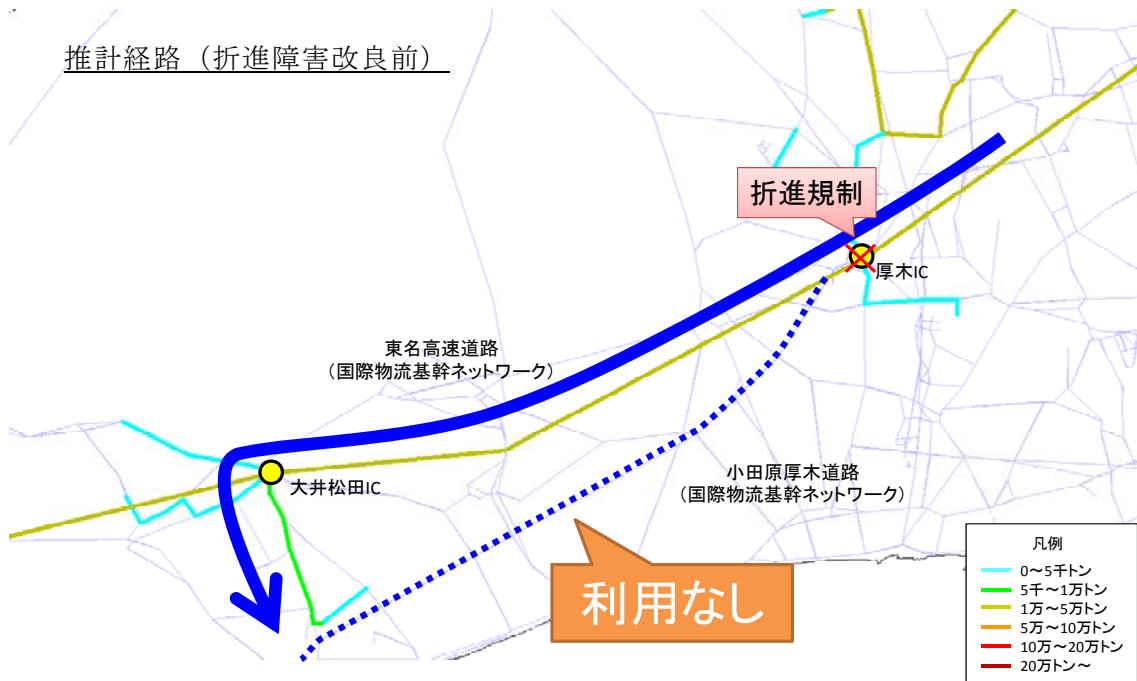
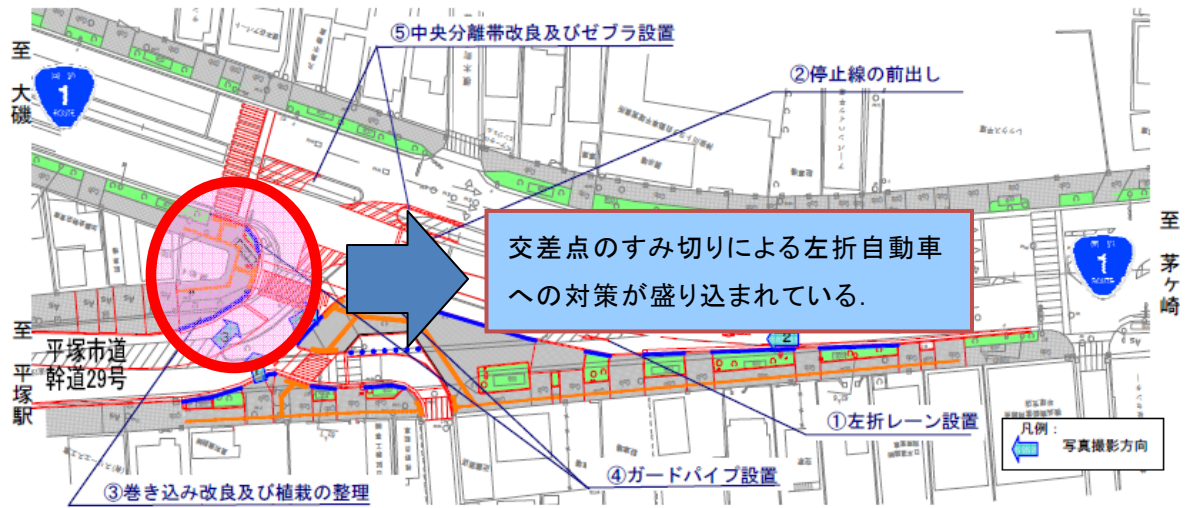


図4.5.7 東名高速道路厚木ICの折進障害の影響



出典：国土交通省関東地方整備局 HP

図4.5.8 国道1号原宿交差点における交差点改良の事例

4.5.4 シミュレーション結果の考察

本研究で構築した海上コンテナ車（背高）の経路選択モデルの推定では、海上コンテナ車（背高）が、重さ指定道路や高さ指定道路を優先的に経路選択している状況が、パラメータとして定量的に推定された。本研究のシミュレーションで想定した将来の3環状道路の整備区間は、重さや高さの指定区間であり、このような高速道路整備によって、海上コンテナ車（背高）の高速道路分担率が向上することが、本研究のシミュレーションで確認された。また、本研究では、道路情報便覧データより40ft背高コンテナ車の交差点での折進障害データを道路ネットワークに組み込み、このような折進障害が経路選択に及ぼす影響を示すパラメータを推定している。シミュレーションの結果、特に、高速道路への入り口における折進障害による影響が大きいと推計され、海上コンテナ車による輸送において、高速道路の有効活用を図るためには、高速道路への入り口における折進障害を取り除く必要があることが示された。

これらのシミュレーション結果は、東京都市圏においては、環状方向の高速道路整備や高速道路入り口での折進障害の除外が、海上コンテナ車に適した高規格な道路の分担率が増加するといった経路の適正化を図る上で効果があることを示している。

企業の海外移転など国際水平分業の進展により、物流の国際化は今後も進む可能性がある。また、東京港、横浜港といった我が国有数の国際港湾を有する東京都市圏においては、大型貨物車経路として重要な道路区間は、海上コンテナ車がスムーズに通行できるような道路規格が求められるとともに、重大事故の危険性を回避するため、乗用車と貨物車の道路ネットワークをできるだけ分離するといった視点で計画する必要性も高い。本章における、特殊車両通行許可申請データを用いた海上コンテナ車の経路データの分析は、東京港の国際物流を取り扱う上で重要な道路区間を明らかにしたものである。また、海上コンテナ車経路選択モデルの構築により、海上コンテナ車のスムーズな通行に際して障害となる支障の種類（重さ指定、高さ指定、交差点折進障害）を明らかにするとともに、その影響の大きさを定量的に示す成果を示した。国際物流に対応した道路ネットワークを構築する際に、道路リンクや交差点が具備すべき規格を明らかにし、高速道路整備や交差点での海上コンテナ車の折進障害の除去による効果を定量的に計測しており、海上コンテナ車経路に関する物流施策の立案における経路選択モデルの活用可能性を示している点で重要な成果を得たと考える。

4.6 第4章のまとめ

(1) 第4章の成果

4.2 では、道路情報便覧からデータを収集し海上コンテナ車のボトルネックを分析している既存研究をレビューし、海上コンテナ車の経路選択モデルを構築する際の、道路構造の基準などの情報を整理した。また、経路選択モデルの推定の方法論に関する既存研究をレビューし、第4回物資流動調査で採用された、兵藤ら(2007)の「重複率最大化モデル」のほか、「PSDLモデル」等の代替案を整理し、その中から、本研究で活用可能なデータの特性等から、「重複率最大化モデル」を採用することとした。

4.3 では、特車申請から東京港発着の海上コンテナ車の経路データを作成し、道路情報便覧に収録される海上コンテナ車の通行支障区間と併せて海上コンテナ車の経路選択実態を分析し、海上コンテナ車の経路選択において、交差点での折進障害が、リンク上の「重さ指定」や「高さ指定」と同様に経路選択に影響を及ぼしている可能性があることを明らかにした。

4.4 では、海上コンテナ車の経路選択モデルを構築し、重さ・高さ指定や、交差点の折進障害が海上コンテナ車の経路選択に与える影響を定量的に示した。その際、「重複率最大化モデル」のパラメータを統計的に検証できないという課題に対して、パラメータ推定にブートストラップ法を適用することでパラメータ推定値に関する評価指標を提案し、海上コンテナ車の経路選択モデルのパラメータの評価を行った。

4.5では、海上コンテナ車に対応した物流ネットワークとして、将来の高速道路整備や交差点改良などの物流施策を想定したシミュレーションケースを設定し、4.4で構築した海上コンテナ車経路選択モデルを用いた道路整備のシミュレーションを行い、高速道路整備や交差点改良が海上コンテナ車の経路選択に及ぼす影響を推計し、東京都市圏においては、環状方向の高速道路整備や高速道路ICへの折進障害除去により、海上コンテナ車に適した高規格な道路の分担率が増加し、海上コンテナ車の経路の適正化が図られる効果があることを考察した。

本章の分析結果をまとめると次のとおりである。

- ・ 今後、国際水平分業が進むと想定されること、京浜港（東京港、横浜港、川崎港）が国際コンテナ戦略港湾に指定されたことから、東京都市圏では海上コンテナ車の輸送が増加すると想定される。
- ・ そのため、東京都市圏の大型貨物車経路として重要な道路区間では、海上コンテナ車がスムーズに通行できる道路規格が必要となる。また、海上コンテナ車に適した道路規格を確保し、海上コンテナ車の経路を誘導することで、乗用車交通との分離をはかり、交通安全を高めることも重要であると考えられる。

- ・ 海上コンテナ車の経路選択モデルの構築によって、重さ指定や高さ指定の面で海上コンテナ車に適しているだけでなく、交差点における折進障害がないことも要因になっていることが明らかになった。
- ・ また、東京都市圏においては、環状方向の新たな高速道路整備や高速道路ICへの侵入における折進障害を取り除くことにより、海上コンテナ車の走行に適した高速道路の分担率が上がり、海上コンテナ車の走行性が向上し、交通事故の減少といった効果があることを示した。
- ・ 以上の成果から、海上コンテナ車経路選択モデルが、海上コンテナ車経路に関する物流施策の立案において活用可能であることを示した。

(2) 今後の課題

本章で行った研究の、今後の課題は次のように整理される。

a) 多様な経路選択モデルの適用による海上コンテナ車経路分析の深化

本研究では、海上コンテナ車の経路選択モデルとして、第4回物資流動調査の大型貨物車経路選択モデルで採用された「重複率最大化モデル」を用いたが、4.2でも整理したとおり、「重複率最大化モデル」のほか、兵藤・遠藤ら(2009)が提案している、PSDLモデルの適用も考えられる。兵藤・遠藤ら(2009)は、PSDLモデルの特性について、「スケールパラメータ(θ)が大きい場合は、PS項は効果を発揮しないが、 θ が小さく代替経路が大きくばらつく場合は、十分説明力向上に寄与する」としており、海上コンテナ車の経路申請が、複数の経路を対象にして選択されている場合には、重複率最大化モデルよりも、PDSLモデルの方が有効となる。本研究で用いた「東京発着」の海上コンテナ車経路では、代替経路のばらつきは、あまり大きくないと判断したが、特車申請データでは全国の経路データが入手可能であり、これらの複数経路申請の状況によっては、PSDLモデルでの経路選択モデルも選択肢となる。また、事業者へのアンケート調査などにより、複数経路での利用頻度などの実態が調査されれば、海上コンテナ車経路選択モデルに適した推定方法がより明確になる。

b) 時系列での経路選択特性の変化の分析

本研究では、特車申請データや道路情報便覧から、海上コンテナ車経路データや、海上コンテナ車の通行支障情報を含む道路ネットワークを構築するシステムを開発している。特車申請データや道路情報便覧は毎年更新される情報であるため、今後、時系列の変化が分析できることになる。近年、様々な有料道路料金政策が試行され、その社会実験も多くの区間で実施されている。これらの前後の特車申請データを分析することで、海上コンテナ車などの大型貨物車の「有料道路料金感度」が分析可能であり、これらの車両の「時間評価値」を分析するための重要なデータとなる可能性がある。また、「国際コンテナ戦略港湾」など、港湾整備に関する「選択と集中」により、

国内輸送における広域化といった輸送特性の変化も分析可能であり、このような分析も今後の課題となる。

c) 観測交通量によるモデルの精度の検証

通常、自動車の配分交通量推計結果は、道路交通センサス（一般交通量調査）などの観測交通量の再現性をチェックして検証される場合が多い。本研究で行ったシミュレーションについても、現況道路ネットワークでの推計結果（ケース①）を、海上コンテナ車の断面交通量の再現からチェックすることが望ましいが、道路交通センサスでは、海上コンテナ車を区分して調査していない。第4回東京都市圏物資流動調査では海上コンテナ車の断面交通量調査を実施しており、今後、このような観測交通量を用いたモデルの再現性チェックが課題となる。

d) 海上コンテナ車以外の車両の経路選択モデルへの適用

本研究では、海上コンテナ車の経路データを特車申請データから作成して経路選択モデルに用いた。大型貨物車に対応した物流ネットワークを検討するためには、海上コンテナ車以外の、新規格車（車両総重量 20 t 超）といった車両による輸送についても、最新の経路選択データを用いた分析が必要となる。

第4回物資流動調査では、事業所へのアンケート調査により経路データを調査しているが、乗用車などでは、車両の位置・方向・速度などの情報を情報機器で収集するプローブ調査によって経路データを収集する試みが行われている。また、タクシーやバスなど定常的に移動している車両を対象にプローブ調査を継続的に実施することで、道路交通状況を、日変動や時間変動も含めて調査することも行われている。貨物車についても、プローブ機器を活用した効率的な経路調査や、企業の貨物車運行管理で収集されているデータなどを活用して経路データを作成し、海上コンテナ車以外の貨物車を対象とした経路選択モデルの分析を行うことが可能であり、今後の課題である。

e) 海上コンテナ車等による流動量データの調査

本研究では、特車申請データの経路データは、事業者が通行許可を申請した経路データであり流動量がデータ化されているものではない。そのため、本研究では、港湾からの海上コンテナ車による流動量データを、別途、港湾統計（陸上出入貨物調査）（2003）等から作成して、申請経路に流動量データを付加して分析に用いた。東京港の陸上出入貨物調査は、本研究で用いた 2003 年以降は実施されていないため、今後、本研究で示した分析を時点更新して実施する場合、港湾貨物流動量を別途調査する必要が生じる。

f) 物流施設立地と連動した都市の物流システムの評価に関する分析

（土地利用・交通モデルへの発展）

第3章で研究対象とした土地利用均衡モデルは、都市計画・交通計画では、主として、土地利用・交通モデルで取り扱われるものである。この土地利用・交通モデルは、交通施設整備等のインパクトを、土地利用変化と交通需要変化の両面からとらえて、

地域経済学の理論に沿って、開発利益も含めて精緻に便益計測を行おうとするものである。また、第 3 章で整理した通り、都市の物流システムに沿って、物流施設立地選択と大型貨物車経路選択モデルを連動させると、この土地利用・交通モデルへの拡張となる。第 3 章の物流施設立地モデルと第 4 章の大型貨物車経路選択モデルを用いた、土地利用・交通モデルへの拡張可能性については、第 5 章において分析する。

第4章に関連する参考文献

- 1) 渡辺豊・苦瀬博仁・新谷洋二(1989)：「輸出入コンテナ貨物の陸上輸送における一貫輸送と積み替え輸送の選択に関する研究」，土木計画学研究・講演集，No.12，pp.473-480
- 2) 萩野保克・塚田幸広・皆川武士(2006)：「道路上の貨物流動状況の推計に関する研究」，土木計画学研究・講演集，No. 33，pp.236
- 3) 小田勝也・竹下正俊・池田薫(1992)：「臨海部における道路交通特性の分析」土木計画学研究・講演集，No.15(1)，pp.921-925
- 4) 柴崎隆一・角野隆・山鹿知樹・小島肇(2004)：「海上コンテナ用セミトレーラ連結車の時間帯別交通量と高速道路利用率に関する実態調査およびその分析」，国土技術性策総合研究所研究報告，第19号
- 5) 柴崎隆一・山鹿知樹・角野隆・小島肇(2005)：「港湾地区及び背後圏における国際海上コンテナ用セミトレーラ連結車の流動実態の推察」，高速道路と自動車，48(6)，pp. 20-31
- 6) 渡辺豊(1989)：「輸出入コンテナの港湾間道路輸送における経路選択に関する研究」土木計画学研究・論文集，No.8，pp.65-72
- 7) 兵藤哲朗・S. A.Schreiner Jr.・高橋洋二(2006)：「東京都市圏物資流動調査を用いた大型貨物車走行経路のモデル分析」，土木計画学研究・論文集，Vol. 24，No.3，pp.405-412
- 8) 鈴木紀一・高橋勝美・兵藤哲朗(1989)：「自転車走行環境に着目した鉄道端末自転車需要予測方法の提案」，交通工学，Vol. 33，No. 5，pp.13-25
- 9) T.Hyodo・N.Suzuki・K.Takahashi(2000)：「Modeling of Bicycle Route and Destination Choice Behavior for Bicycle Road Network Plan」，TRR1705，pp. 70-76，
- 10) 笹井秀哉・兵藤哲朗・鈴木紀一・高橋洋二(2004)：「自転車経路選択モデルの比較検討分析」，土木計画学研究・論文集，Vol.21，No.2，pp. 597-606
- 11) 兵藤哲朗・遠藤弘太郎・萩野保克・西隆太(2009)：「Path Size Dial Logit モデルの提案とその適用可能性」，交通工学，Vol. 44，No. 4，pp. 66-75
- 12) 土木学会土木計画学研究委員会(1998)：「交通ネットワークの均衡分析—最新の理論と解法」，土木学会
- 13) 柴崎隆一・渡部富博・角野隆(2004)：「国際海上コンテナ貨物の国内自動車輸送における通行上の制約と経済損失に関する分析」，国土技術性策総合研究所研究報告，第18号
- 14) 柴崎隆一・渡部富博・角野隆(2005)：「国際海上コンテナの国内輸送ネットワークにおける通行上の制約に関する分析と解消効果の試算」，運輸政策研究，Vol.7，

No.4, pp. 15-26

- 15) 杉山信太郎・柴崎隆一・渡部富博・藤原健一郎・五十嵐一智(2009)：「国際海上コンテナの国内自動車輸送における交差点通行上の制約と迂回損失に関する分析」, 土木計画学研究・講演集, Vol. 39, CD-ROM
- 16) 国土交通省 国土技術政策総合研究所(2010)：「貨物車の経路選択特性を考慮した交通流推計に関する検討業務報告書」
- 17) 渡部富博・二田義規・柴崎隆一・赤倉康寛(2008)：「コンテナサイズに視点をおいた国際海上コンテナ輸送に関する基礎的分析」, 国土技術政策総合研究所資料, No. 478
- 18) 柴崎隆一・山鹿知樹・角野隆・小島肇(2005)：「国際海上コンテナ車の陸上輸送ネットワークと経路選択行動」, 土木計画学研究・講演集, Vol. 31
- 19) 井上紳一・中村毅一郎・森田ひろ之・松井浩・森尾淳(2004)：「首都圏におけるBPR関数の推定」, 土木計画学研究・講演集, Vol. 29, CD-ROM
- 20) 土木学会土木計画学研究委員会(2003)：「道路交通需要予測の理論と適用 第I編」, 土木学会
- 21) 兵藤哲朗(2007)：「都市圏物資流動調査における新たなモデリング」, 都市計画, Vol.56/No.2, pp.15-22
- 22) 国道交通省道路局(2007)：「道路上の貨物流動状況の把握に関する研究報告書」
- 23) T. Hyodo・H.Kuse・Y. Hagino・H. Takebayashi・K.Endo(2008): 「Modeling Logistics Location Choice and Truck Route Choice Behavior by Tokyo Metropolitan Region Freight Survey」, Innovation in City Logistics, pp. 231-248
- 24) 萩野保克・兵藤哲朗(2011)：「特殊車両通行許可申請データを用いた海上コンテナ車の流動分析」, 交通工学, Vol. 46, No. 3, pp. 58-65
- 25) 萩野保克・兵藤哲朗・宮原ゆい(2011)：「特車申請電子データ及び道路情報便覧データを用いた海上コンテナ車の経路選択特性」, 土木学会論文集D3(土木計画学), Vol.67, No.5, pp. - (掲載待ち)
- 26) 交通工学研究会(2005)：「道路交通センサス全国道路・街路交通情勢調査：一般交通量調査」, 交通工学研究会, CD-ROM
- 27) 国土交通省道路局(2006)：「報道発表資料：国際物流基幹ネットワークについて」
- 28) 横浜市・川崎市・東京都・(財)横浜港埠頭公社・東京港埠頭(株)(2010)：「京浜港国際コンテナ戦略港湾計画書」
- 26) 国土交通省(2010)：「報道発表資料：国際コンテナ戦略港湾の選定結果について」

第 5 章 物流施設立地選択と大型貨物車経路選択を連動させたモデル分析

5.1 本章の目的と構成

5.1.1 本章の目的

第 1 章で示したとおり、苦瀬ら(2006)¹⁾が示した都市の物流システムは、物資流動の交通結節点となる物流拠点と、その交通結節点の間を結ぶネットワークで構成されるものとなっている。本研究の第 3 章で取り上げた「物流施設立地モデル」は、物流拠点を構成する物流施設立地を推計するモデルであり、第 4 章で取り上げた「海上コンテナ車経路選択モデル」は、海上コンテナ車経路で重要となるネットワークを推計するモデルである。

これらのモデルは、本来、相互に整合性を保った一連のシステムとして機能することが望ましいが、第 3 章、第 4 章では、そのようなシステムにはなっていない。土地利用と交通を連動させて、交通基盤整備の評価システムを構築した研究事例としては、第 3 章における土地利用均衡モデルとして既存研究レビューで取り上げた「土地利用・交通モデル」がある。しかしながら、これらのモデルで対象としているのは、住宅や商業施設などが主であり、物流施設立地も対象にして、物資流動への影響を分析した研究事例はない。このような「土地利用・交通モデル」で評価対象としている交通基盤には、都市の環状道路整備など、物資流動への影響が強いと考えられる政策も含まれるため、「土地利用・交通モデル」の物資流動への適用の必要性もあると考えられる。

本研究で取り扱った、第 3 章の物流施設立地モデルも、第 4 章の海上コンテナ車経路選択モデルも、土地利用・交通モデルへの発展を意識して構築されたものではない。また、本章で明らかにしていくが、物資流動を対象にした「土地利用・交通モデル」を構築するためには、モデル構築に利用するデータ面で、解決すべき課題もある。しかしながら、一定の前提条件の基で、物流施設立地選択と大型貨物車経路選択を連動させることは可能である。本章では、物流施設立地選択と大型貨物車経路選択を連動させたモデルを開発してシミュレーションを実施し、物流施設立地に関する施策と大型貨物車経路に関する施策を一体的に立案する必要性や、物流施設立地に関する施策は、都市圏において広域的に調整する必要があることを論じる。

5.1.2 本章の構成

本章は、以下のように進める（図5.1.1）。

5.2では、第3章において「土地利用均衡モデル」としてレビューした「土地利用・交通モデル」を対象に、「施設立地変化から、どのように交通の変化を推計しているのか」に着目して既存研究をレビューし、物流施設立地の変化から、物資流動の変化を推計するためのモデルについて考察する。

5.3では、本研究で構築した「物流施設立地モデル」を活用して、物流施設の立地変化による物資流動の変化を試算するモデルを開発する。また、第4章の「海上コンテナ車経路選択モデル」のベースとなった第4回物資流動調査の「大型貨物車経路選択モデル」を用いて、物流施設の立地変化に伴う物資流動を道路ネットワーク上に配分するまでを連動させた評価システムを構築する。また、東京都市圏の将来の人口集積や道路整備を想定したシミュレーションにより、物流施設立地に関する施策と大型貨物車経路に関する施策を一体的に立案する必要性や、これらの施策は、都市圏において広域的に調整する必要があることを論じる。

5.4で、本章の成果や今後の課題を取りまとめる。

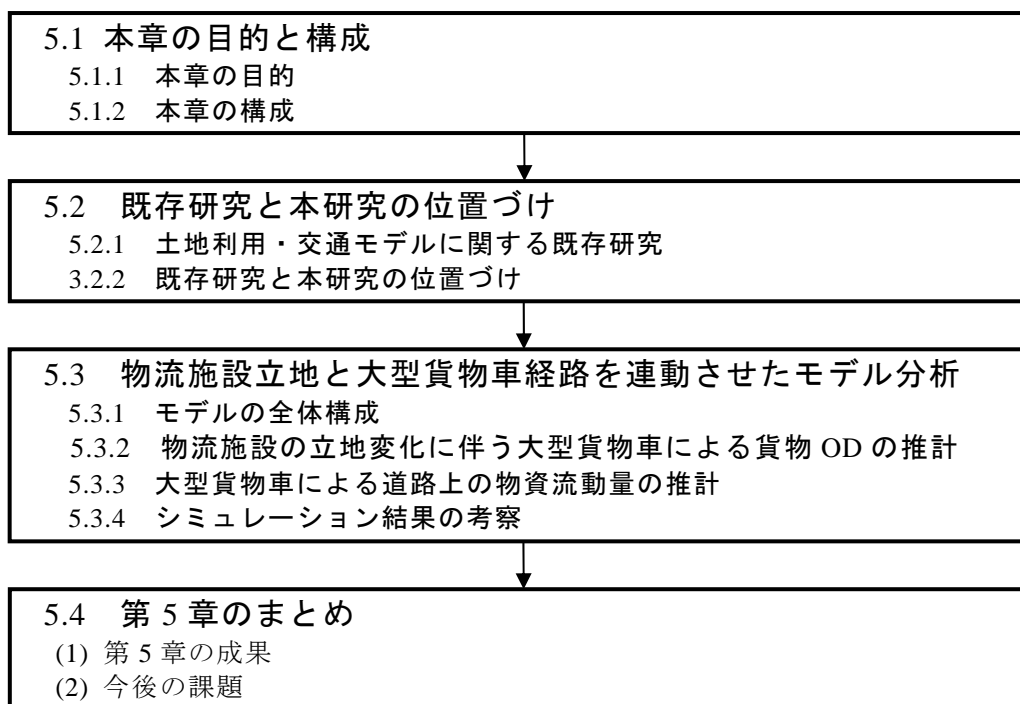


図 5.1.1 第5章の研究の進め方

5.2 既存研究と本研究の位置づけ

5.2.1 土地利用・交通モデルに関する既存研究

第3章において、「土地利用均衡モデル」としてレビューしたモデルは、土地利用・交通モデルとして、交通基盤整備等の便益計測をより精緻に行うことを目的として研究が進められているものである。第3章では、主に、需要と供給から土地利用が決まる「土地利用均衡モデル」の視点から既存研究をレビューしたが、ここでは、土地利用の変化から、どのように交通の変化を計測しているかに着目して既存研究をレビューする。

a) 尹・青山ら(2000)の土地利用・交通モデルにおける交通モデル

第3章において、異なる土地利用パターンの競合を「最大値付け値」として表現する土地利用均衡モデルの既存研究としてレビューした尹・青山ら(2000)²⁾のモデルは、交通モデルを含む土地利用・交通モデルであり、その全体フロー図は、図5.2.1のようである。

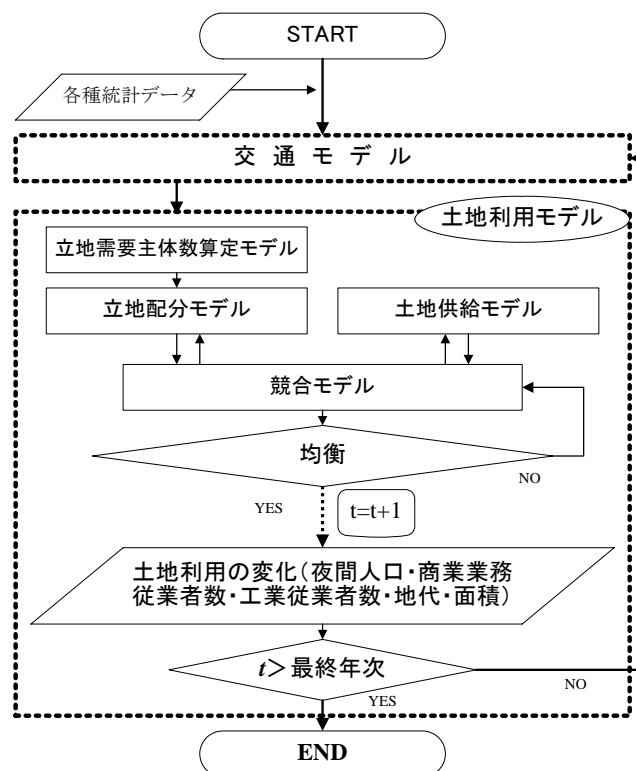


図 5.2.1 尹・青山ら (2000) のモデルの全体フロー図

尹・青山ら(2000)の交通モデルは、実用面から一般的な4段階推定法を用いている。発生集中交通量は式(5.2.1)に示すように、土地利用モデルから算出される人口指標(夜間人口、工業従業者数、商業従業者数)を説明変数として原単位法によって求める。分布交通量は式(5.2.2)に示す通り重力モデル、分担交通量式は式(5.2.3)に示す通り集計ロジットモデルで推計されている。また、配分交通量は、分割配分法を用いた最短経路探索を行うこと

により求めている。

$$\begin{aligned}\tilde{O}_I &= \sum_k \sum_M v_{Mk} TP_{MI} \\ \tilde{D}_I &= \sum_k \sum_M g_{Mk} TP_{MI}\end{aligned}\tag{5.2.1}$$

ただし、

\tilde{O}_I, \tilde{D}_I : ゾーン I における発生, 集中交通量

TP_{MI} : ゾーン I における立地主体 M の人口指標

v_{Mk}, g_{Mk} : 立地主体 M における目的 k の原単位

$$\tilde{V}_{IJ} = \sigma_1 (\tilde{O}_I \tilde{D}_J)^{\sigma_2} C_{IJ}^{-\sigma_3}\tag{5.2.2}$$

ただし、

\tilde{O}_I, \tilde{D}_J : ゾーン I, J における発生, 集中交通量

\tilde{V}_{IJ} : ゾーン I, J 間における全交通量

C_{IJ} : 所要時間

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$: パラメータ

$$\tilde{V}_{IJ}^{car} = \tilde{V}_{IJ} \frac{\exp(-h_1 \cdot C_{IJ}^{car})}{\exp(-h_1 \cdot C_{IJ}^{car}) + \exp(-h_1 \cdot C_{IJ}^{train} + h_2)}\tag{5.2.3}$$

ただし、

\tilde{V}_{IJ}^{car} : ゾーン I, J 間における自動車交通量

C_{IJ}^{car} : 自動車の所要時間

C_{IJ}^{train} : 公共交通機関の所要時間

h_1, h_2 : パラメータ

b) 武藤・上田ら(2000)の土地利用・交通モデルにおける交通モデル

武藤・上田ら(2000)³⁾は、第3章でレビューした首都圏北部における鉄道整備の効果計測を計測する上田(1995)⁴⁾のモデルをベースにして、交通モデルも含めた土地利用・交通モデルを構築し、岐阜市を対象にして新交通システムの便益計測を行っている。武藤・上田ら(2000)のモデルでは、世帯の立地行動から居住地分布、企業の立地行動から従業地分布が、それぞれ土地利用モデルによって算出される。その際、自由トリップ発生量は世帯の立地行動、業務トリップ発生量は企業の立地行動に内生化されている。通勤トリップの発生交通量は世帯数から算出され、通勤トリップの分布交通量は世帯数と従業者数を説明変数とする重力モデルで推計している(図5.2.2)。

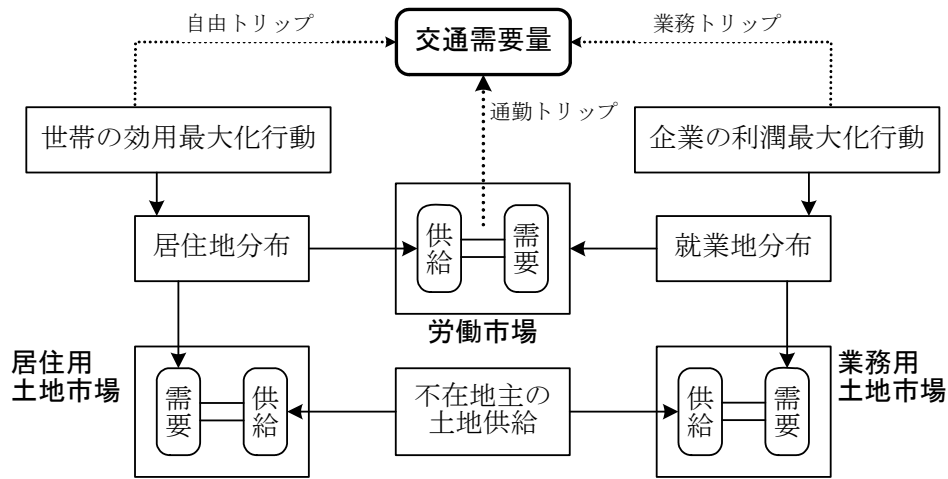


図 5.2.2 武藤・上田ら (2000) のモデルの全体フロー図

ここで、武藤・上田ら(2000)の交通モデルでは、自由トリップおよび業務トリップの目的地・機関分担・経路選択は、それぞれの選択確率を求めるモデルとしており、以下のような最適化問題として表現している。 S^D は、目的地選択・交通機関選択・経路選択における最大期待効用値を表している。

$$S^D = \max_{\Phi_{ij,k,r}^K, \Phi_{ij,k}^S, P_{ij}^D} \left[\sum_j ZH_j^D(\Phi_{ij,k,r}^K, \Phi_{ij,k}^S, P_{ij}^D) - \frac{1}{\theta^D} \sum_j \{P_{ij}^D \cdot \ln P_{ij}^D\} \right] \quad (5.2.4.a)$$

$$s.t. \sum_j P_{ij}^D = 1, \sum_k \Phi_{ij,k}^S = P_{ij}^D, \sum_r \Phi_{ij,C,r}^K = \Phi_{ij,C}^S, \Phi_{ij,C,r}^K \geq 0, x_a = \sum_j \sum_r X_{ij,C} \Phi_{ij,C,r}^K \delta_{ij,ar} \quad (5.2.4.b)$$

ここで、

$$ZV_j^D = \sum_k ZH_k^S - \frac{1}{\theta^S} \sum_k \left\{ \Phi_{ij,k}^S \cdot \ln \frac{\Phi_{ij,k}^S}{P_{ij}^D} \right\} \quad (5.2.5.a)$$

$$ZV_k^S = \sum_r ZH_r^K - \frac{1}{\theta^K} \sum_r \left\{ \Phi_{ij,k,r}^K \cdot \ln \frac{\Phi_{ij,k,r}^K}{\Phi_{ij,k}^S} \right\} \quad (5.2.5.b)$$

$$ZV_r^K = -\Phi_{ij,C,r}^K p_{ij,C} - w \sum_a \int_0^{x_a} t_a(\omega) d\omega \quad (5.2.5.c)$$

ただし、 P_{ij}^D : 目的地 j の選択確率、 $\Phi_{ij,k}^S$: 交通機関 k の選択確率、 $\Phi_{ij,C,r}^K$: 自動車交通量 ($k=C$) の経路 r の選択確率、 x_a : リンク a の自動車交通量、 $X_{ij,C}$: ij 間の自動車交通量、 $\delta_{ij,ar}$: リンク一経路接続行列、 $p_{ij,C}$: 自動車交通の所要費用、 t_a : リンク a の自動車交通所要時間、 θ^D 、 θ^S 、 θ^K : ロジットパラメータ。

式(5.2.5)の目的関数は、目的地選択に関する選択の基本公式を表しており、その中に組み込まれている ZV_j^D 、 ZV_k^S はそれぞれ交通機関選択、経路選択に関する選択公式を表している。

また、 ZV_r^K の第一項は交通トリップの期待価格、第二項は利用者均衡配分モデルにおけるリンクコスト関数積分形を表している。式(5.2.4)を解くことで、各段階での選択確率をそれぞれ以下のように求めている。

【目的地 j の選択確率】

$$P_{ij}^D = \frac{\exp[\theta^D \cdot S_{ij}^S]}{\sum_j \exp[\theta^D \cdot S_{ij}^S]} \quad (5.2.6.a)$$

ただし、

$$S_{ij}^S = \frac{1}{\theta^S} \ln \sum_k \exp[\theta^S \cdot S_{ij,k}^K] \quad (5.2.6.b)$$

$$S_{ij,k'}^K = -q_{ij,k'}^K, S_{ij,C}^K = \frac{1}{\theta^K} \ln \sum_r \exp[\theta^K q_{ij,C,r}^K] \quad (5.2.7.c)$$

$$q_{ij,C,r}^K = p_{ij,C} + w \cdot t_{ij,C,r} \quad (5.2.7.d)$$

【交通機関 k の選択確率】

$$P_{ij,k}^S = \frac{\exp[\theta^S \cdot S_{ij,k}^K]}{\sum_k \exp[\theta^S \cdot S_{ij,k}^K]} \quad (5.2.8)$$

【経路 r の選択確率】

$$P_{ij,C,r}^K = \frac{\exp[-\theta^K \cdot q_{ij,C,r}^K]}{\sum_r \exp[-\theta^K \cdot q_{ij,C,r}^K]} \quad (5.2.9)$$

このうち S_{ij}^S は、交通機関選択における最大期待効用値を表している。また $S_{ij,k}^K$ は、交通機関 k を公共交通 ($k = k'$) と自動車交通 ($k = C$) の二種類とし、公共交通についてはその一般化価格によって、自動車交通については経路選択における最大期待効用値によって表す。 $q_{ij,C,r}^K$ は交通機関 k の一般化価格である。

式(11)の最適化問題に付随して、自由トリップおよび業務トリップに関する一般化価格 q_i および Q_i が求められる。

$$q_i = \sum_j q_{ij}^D \exp(S_{ij}^S - S_i^D) \quad (5.2.10.a)$$

ただし、

$$q_{ij}^D = \sum_k q_{ij,k}^S \exp(S_{ij,k}^K - S_{ij}^S) \quad (5.2.10.b)$$

$$q_{ij,k}^S = \sum_r q_{ij,C,r}^K \exp(-q_{ij,C,r}^K - S_{ij,C}^K) \quad (5.2.10.c)$$

通勤トリップは、次のように求めている。立地均衡モデルからは、ゾーン i の世帯数 N_i および j の企業の就業者数 E_j が、それぞれ次のように得られている。

$$N_i = P_i^H N^T \quad (5.2.11.a)$$

ただし、 N^T : 総世帯数 (固定)。

$$E_j = P_j^F E^T \quad (5.2.11.b)$$

ただし、 E^T ：総従業者数（固定）。

通勤トリップは、世帯数 N_i を発生量、従業者数 E_j を集中量と考えて、通常の分布交通量を求める問題として扱うこととする。そこで、重力モデルを用いて、以下のように通勤トリップ分布 n_{ij} が求められる。

$$n_{ij} = \mu_i N_i \cdot v_j E_j \cdot q_{ij}^{-\rho} \quad (5.2.12.a)$$

$$\mu_i = \frac{1}{\sum_j v_j E_j \cdot q_{ij}^{-\rho}}, \quad v_j = \frac{1}{\sum_i \mu_i N_i \cdot q_{ij}^{-\rho}} \quad (5.2.12.b)$$

ただし、 n_{ij} ：地域 i に居住し地域 j に就業する世帯数、 q_{ij} ： ij 間の平均交通一般化価格、 μ_i, v_j ：調整パラメータ、 ρ ：パラメータである。

なお、土地利用均衡モデルの既存研究について整理した既存研究として、第3章でレビューした上田・堤・武藤・山崎(2009)⁵⁾の論文には、我が国における主な土地利用・交通モデルの適用事例が整理されている。上田・堤・武藤・山崎(2009)が整理した適応事例に、筆者が、各研究の土地利用モデルにおける「対象施設」を加えて再整理したものが表 5.2.1 であるが、これらの既存研究の中には、物流施設を対象とした土地利用・交通モデルの適用事例はない。

表 5.2.1 土地利用・交通モデルの適用事例

論文	実証分析対象地域				対象施策	対象施設
	対象地域	面積(km ²)	人口 (千人)	ゾーン数/ メッシュサイズ		
Hayashi and Doi(1989), 林, 土井(1988), 林, 土井, 奥田(1989)	名古屋都市圏	2,170	c.a. 5,400	12	郊外鉄道整備	住宅・商業施設
Hayashi and Tomita(1989)	名古屋都市圏	2,170	c.a. 5,400	14	交通施策	
Morisugi,Ohno and Miyagi(1992), Morisugi,Ohno and Miyagi(1993), 森杉, 大野, 宮城(1991), 大野(1993)	岐阜市	1,315	1,264	12	道路網整備	住宅・業務施設
Miyamoto and Kitazume(1990)	札幌都市圏	c.a. 1,100	c.a. 1,500	1km by 1km	交通施策	住宅・業務施設 商業施設・工場
Miyamoto,Noami,Kuwata, and Yokozawa(1993)	札幌都市圏	c.a. 1,100	c.a. 1,600	1km by 1km	交通網整備および 土地利用規制	
Miyamoto,Vichiensan,sugiki and Kitazume(2007)	札幌都市圏	3,348	2,323	8,025	地下鉄整備	
Ueda,Hiratani and Tsutsumi(1993), 平谷, 中村, 上田, 堤(1993)	広島市	740	1,086	8	新交通システム	住宅・商業・業務
Ueda,Tsutsumi and Nakamura(1995), 上田(1995)	東京都市圏 (北東部)	c.a. 1,900	c.a. 2,300	12	鉄道整備	住宅・商業・業務
Yoon,Aoyama,Nakagawa and Matsunaka(2000)(2003), 尹, 青山, 中川, 松中(2000)	京都市, 滋賀県	4,628	2,751	65	道路整備	住宅・商業施設・工場
Takagi and Ueda(2001), 高木, 森杉, 上田, 西川, 佐藤(1996), 高木, 武藤, 太田(2001)	境川流域 (岐阜市)	60	66	1km by 1km	洪水対策	住宅
Takagi,Muto and Ueda(1999), Muto,Takagi and Ueda(2003), 武藤, 上田, 高木, 富田(2000), 武藤, 秋山, 高木(2001), 田口, 武藤, 秋山, 高松(2001), 武藤, 高木, 上田(2001)	岐阜市	252	469	47	環状道路整備	住宅・業務施設
Muto,Ueda,Yamaguchi and Yamasaki(2004), Yamasaki,Ueda and Muto(2007), Yamasaki,Ueda and Muto(2008), 山崎, 上田, 岩上(2008), 山崎, 武藤(2008)	東京都市圏	15,000	34,860	197	3環状道路整備, 容積緩和, 混雑税, 鉄道料金値 下げ, 鉄道整備	住宅・業務施設

出所：上田孝行・堤盛人・武藤慎一・山崎清（2009）：「わが国における応用都市経済モデル—特徴と発展経緯—」に「対象施設」を加筆して作成

5.2.2 既存研究と本研究の位置づけ

尹・青山ら(2000)の交通モデルは、実用面から一般的な4段階推定法が採用されており、発生集中交通量は、土地利用モデルから算出される人口指標（夜間人口、工業従業者数、商業従業者数）を説明変数として原単位法によって推定している。分布交通量、分担交通量も、一般的な集計タイプの交通量推計モデルによっている。

武藤・上田ら(2000)の交通モデルでは、土地利用均衡モデルに内生化されている自由トリップおよび業務トリップに関しては、目的地・機関分担・経路の選択確率を求めるモデルとしている。土地利用均衡モデルに内生化されていない通勤トリップの分布交通量は、世帯数と従業者数を説明変数とする重力モデルで推計されている。

第3章で構築した「物流施設立地モデル」は、本来、メッシュ単位の土地利用や人口集積等が物流施設立地に与える影響を計測するためのモデルであり、物資流動変化を推計するために設計されているモデルではない。尹・青山ら(2000)のモデルや、武藤・上田ら(2000)の通勤トリップと同様に、既存の四段階推定法に沿ったモデルを適用することが妥当だと考えられる。また、物資流動における交通機関分担の変化を推定するためには、物流施設の立地場所、輸送距離などを考慮した別途モデルが必要であるため、本研究では取り扱わない。また、経路選択モデルに関して4章の「海上コンテナ車経路選択モデル」のベースとなった、第4回物資流動調査の「大型貨物車経路選択モデル」が活用可能である。物流施設の立地変化に基づく、大型貨物車の分布交通量変化を推計し、これを「大型貨物車経路選択モデル」を用いて道路ネットワーク上に配分することで、物流施設立地と経路選択モデルを連動させた分析が可能となる。

なお、既存研究でレビューした土地利用モデルで対象としているのは、居住地や従業地の変化である。これらの変化により、通勤トリップや業務トリップが変化することは容易に想像できる。一方、本研究で取り扱う物流施設は、第1章でも整理したとおり、物資流動の「交通結節点」である。本研究では、物流施設の立地変化のみを対象としているため、推計の対象としているのは、物流施設への搬入貨物の着分布及び物流施設からの搬出貨物の発分布のみであり、貨物の純流動の発着地の変化ではない。

5.3 物流施設立地選択と大型貨物車経路選択を連動させたモデルとシミュレーション

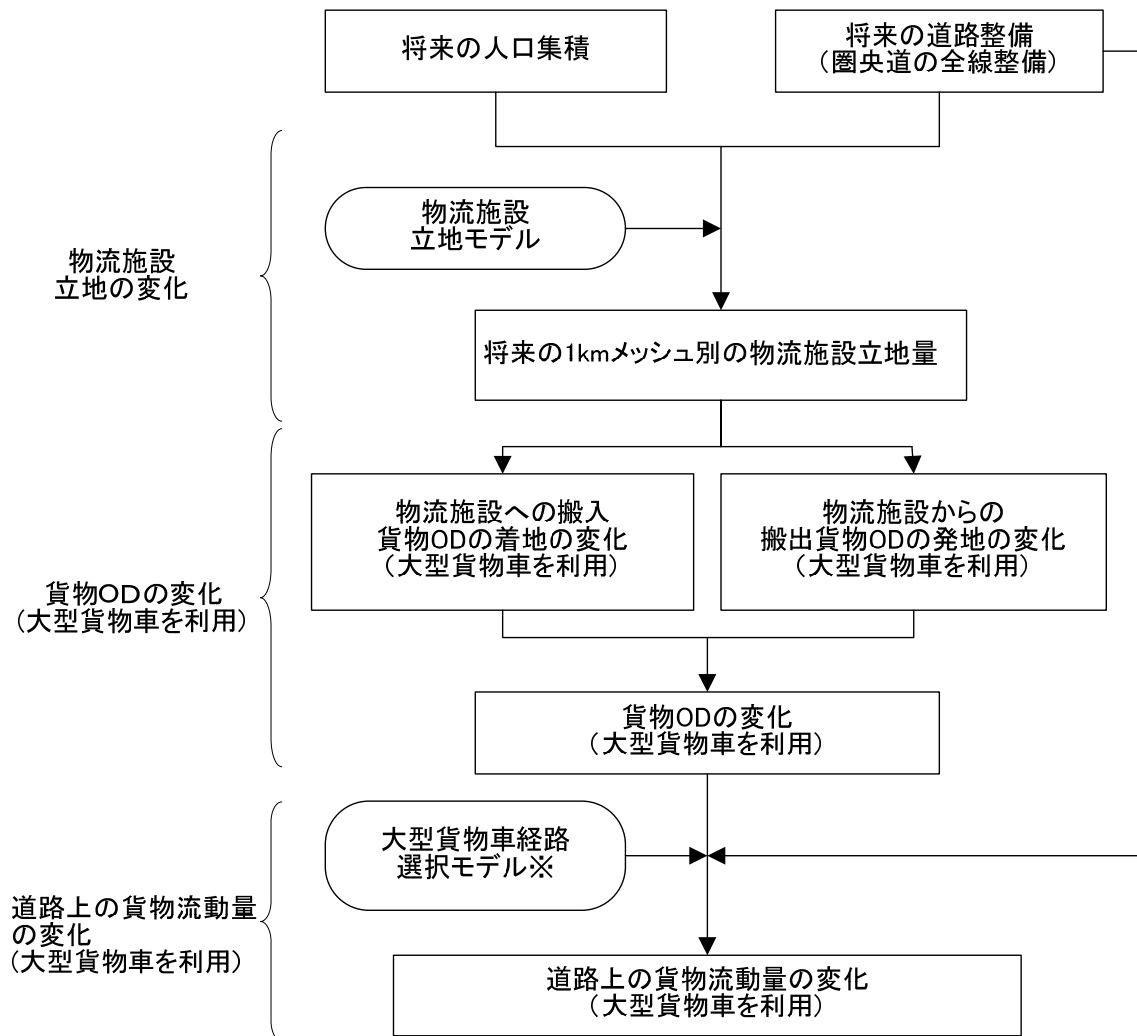
5.3.1 モデルの全体構造

本章におけるモデルの全体構成を図 5.3.1 に示す。

外生変数として、第 3 章で取り扱った「将来の人口集積の変化」に加えて、物流施設立地への影響が大きいと想定される「将来の道路整備」も想定した。具体的には、第 3 章において、将来の人口集積の変化によって物流施設立地が増加すると想定された東京都市圏郊外部で建設が進められている、圏央道が全線供用された状況を想定した。現在の計画では、圏央道は、将来の人口集積で想定した 2020 年には完成している。

上記の外生変数を、第 3 章で構築した「物流施設立地モデル」に入力し、東京都市圏における物流施設立地量の変化を 1km メッシュ単位で計測する。物流施設は、物資流動の中継施設であり、第 4 回物資流動調査では、それぞれの物流施設ごとに、搬入貨物 OD と搬出貨物 OD が集計可能である。物資流動の中継施設である物流施設立地のみが変化する場合、搬入貨物 OD では着地が変化する。また搬出貨物 OD では発地が変化するようになる。本研究では、物流施設の立地変化による、この搬入貨物 OD と搬出貨物 OD の変化から物資流動量の変化を計測した。集計対象とした物資流動は、大型貨物車であり、第 4 回物資流動調査での分析に準拠して、最大積載重量 10t 以上の大型貨物車及び海上コンテナ車で輸送されている物資流動を対象とした。

最後に、本研究の第 4 章で開発した「海上コンテナ車経路選択モデル」を用いて、上記の大型貨物車による貨物 OD を道路ネットワーク上に配分して、道路上の大型貨物車流動量の変化を計測した。配分対象としている大型貨物車による物資流動は海上コンテナ車以外の貨物車による輸送も含まれるが、国際物流への対応が重要である東京都市圏においては、物流上重要な道路区間においては、海上コンテナ車に対応した道路規格が確保されることが重要であるとの認識に立って、海上コンテナ車経路選択モデルを適用した。



※海上コンテナ車の経路選択モデルを使用

図 5.3.1 モデルの全体構造

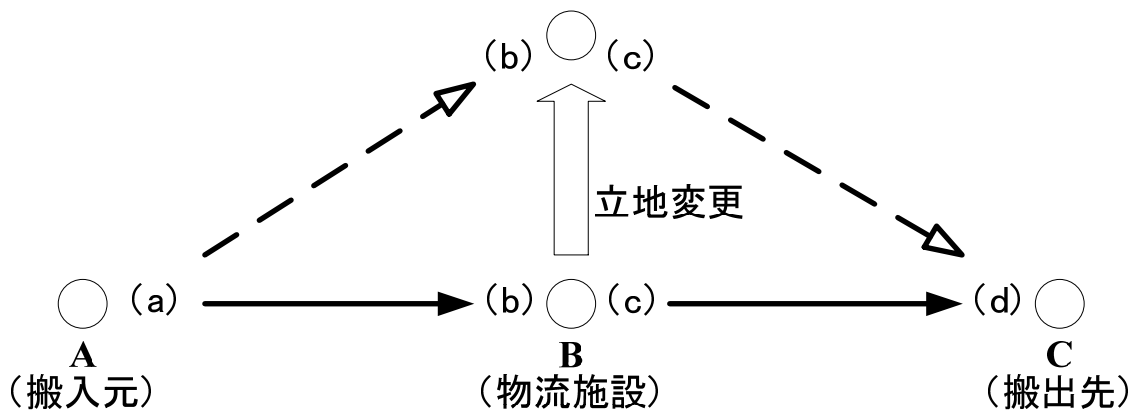
5.3.2 物流施設の立地変化に伴う大型貨物車による貨物 OD の推計

(1) 推計の考え方

外生変数として、第 3 章で取り扱った「将来の人口集積の変化」に加えて、物流施設立地への影響が大きいと想定される「将来の道路整備」も想定して、これを「物流施設立地モデル」に入力し、東京都市圏における物流施設立地量の変化を 1km メッシュ単位で計測する。

一方、東京都市圏物資流動調査では、市区町村単位で、物流施設からの搬入貨物 OD と搬出貨物 OD が集計可能である。物資流動の中継施設である物流施設立地のみが変化する場合、搬入貨物 OD では着地が変化する。また搬出貨物 OD では発地が変化することになる（図 5.3.2）。本研究では、物流施設立地モデルにより 1km 単位で推計された物流施設立地量を市区町村単位で集計し、その立地量の変化にしたがって、搬入貨物 OD の着地と搬出貨物 OD の発地が変化する想定して物資流動量の変化を計測した。集計対象とした物資流動は、大型貨物車（最大積載重量 10t 以上の貨物車及び海上コンテナ車）で輸送されている物資流動を対象とした。これは、第 4 回物資流動調査における物流ネットワークが、大型貨物車に対応した物流ネットワークとして提案されており、その分析に用いられた経路配分モデルも大型貨物車を対象にしているためである。

なお、物流施設への搬入元（図 5.3.2 の(a)）は工場や他の物流施設、物流施設からの搬出先（図 5.3.2 の(d)）は他の物流施設、商業施設、住宅といった施設が想定され、人口配置の変化や将来の道路整備により、これら施設立地が変化することも想定される。しかしながら、これらの施設立地変化から物流施設への搬入 OD 表の発分布（図 5.3.2 の(a)）や、物流施設からの搬出 OD 表の着分布（図 5.3.2 の(d)）を推計するためには、それぞれ発生交通量モデルや集中交通量モデルを構築する必要があり、これらのモデルのメカニズムは現段階では不明であるため、搬入元の発地、搬出先の着地の変化はないものと仮定して推計した。



搬入

		D				SUM
O						(a)
SUM		(b)				

搬出

		D				SUM
O						(c)
SUM		(d)				

(a): 工場や他の物流施設等から発生
 (b): 物流施設の立地変更によって集中場所が変化

(c): 物流施設の立地変更によって集中場所が変化
 (d): 住宅や商業施設等へ集中

図 5.3.2 物流施設の立地変化に伴う貨物 OD 変化のイメージ

(2) シミュレーションケースの設定

第3章では、施設立地モデルを用いて東京都市圏のメッシュ別人口の変化が物流施設立地に与える影響を分析した。その際、人口集積の変化は、「国立社会保障・人口問題研究所」の2020年の市区町村別人口を用いて設定している。一方、施設立地モデルには、「高速道路 IC までの距離」といった道路整備水準により変化する説明変数も含まれる。人口が減少する東京都市圏郊外部では圏央道整備が計画されており、人口配置で想定した2020年には概ね完成する計画となっている。そこで、本研究で構築した施設立地モデルを用いて、将来、人口集積が変化し圏央道を整備した場合を想定して、物流施設立地に与える影響を計測した。具体的には、表5.3.1に示すシミュレーションケースを設定して計測を行った。

表 5.3.1 シミュレーションケースの設定

	人口集積	道路ネットワーク
ケース①	現況(2000年)のメッシュ人口	現況(2000年)の道路ネットワーク
ケース②	将来(2020年)のメッシュ人口	将来ネットワーク（現況道路ネットワークに加えて圏央道が全線整備）

a) 人口配置の想定

人口配置は、第3章で設定した現況及び将来（2020年）のメッシュ人口を用いた（図5.3.3）。

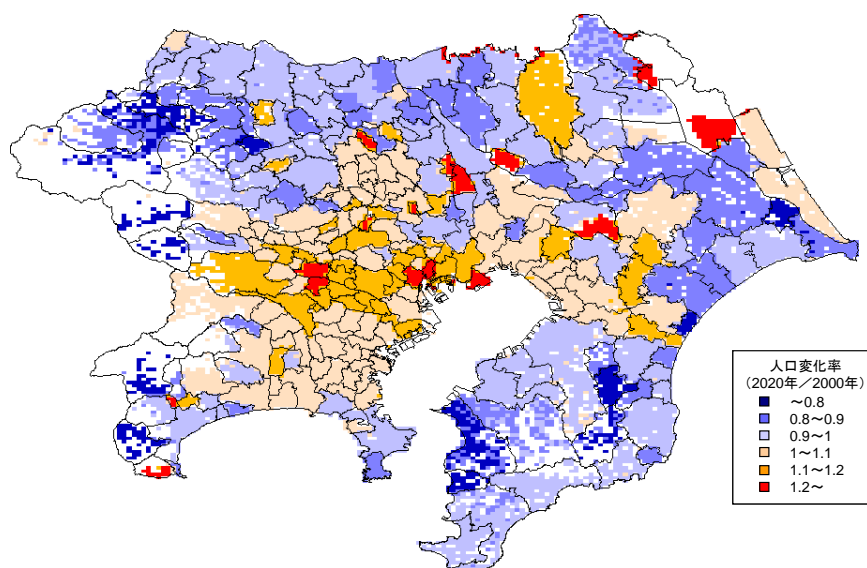


図 5.3.3 メッシュ別人口の設定結果（2020年／2000年）（再掲）

b) 将来の道路ネットワークの想定

東京都市圏の第4回物資流動調査では、都市圏郊外部で計画されている圏央道を想定して、高速道路IC周辺での物流施設の立地誘導が検討されている。本研究においても、道路ネットワーク整備に関するシミュレーションケースとして、圏央道が全線整備された場合を想定した。将来の道路ネットワークは図5.3.4に示すとおりである。

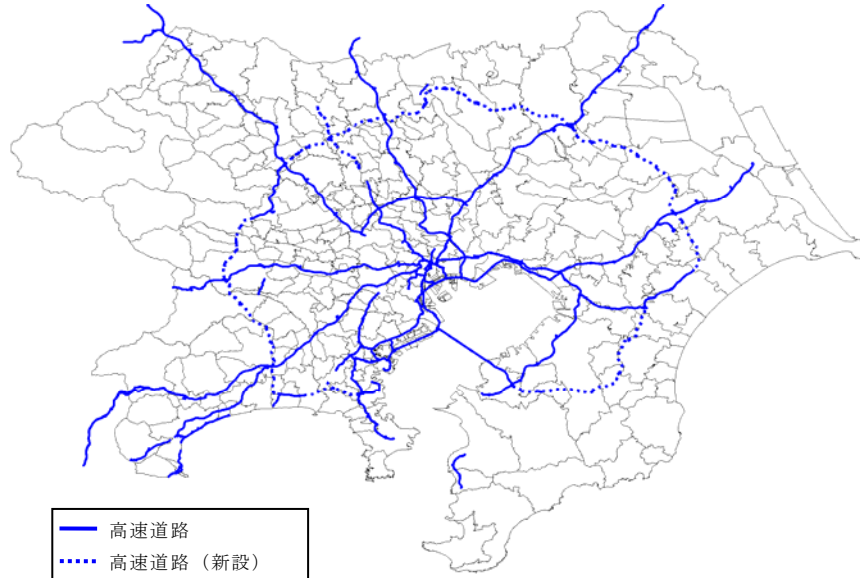


図 5.3.4 将来の道路ネットワークの設定

(3) 推計方法

物流施設立地の変化に伴う大型貨物車OD貨物量は、次に示すステップで推計した。

a) 物流施設立地量の推計

ケース①及びケース②における市区町村別の物流施設立地件数を、第3章に示した施設立地モデルにより算出した。その際、施設立地モデルでは、物流施設は、「広域的物流施設」と「都市内配送センター」に区分されているため、それぞれ推計した。また、「広域的物流施設」は、敷地面積のダミー変数により、「敷地面積 3,000 m²以上」と「敷地面積 3,000 m²未満」に区分して推計できるため、ここでも敷地面積で区分して推計した(表 3.4.4)。

$$N_i^r = Y^r \times PR_i^r \quad (5.3.1)$$

N_i^r : 施設 r のゾーン i における立地数

Y^r : 施設 r の圏域合計立地数

PR_i^r : 施設 r がゾーン i を選択する確率

$$PR_i^r = \frac{\exp(V_i^r)}{\sum_j \exp(V_j^r)} \quad (5.3.2)$$

V_i^r : 施設 r のゾーン i の効用関数 (施設立地モデルで推計)

b) 大型貨物車を利用した物流施設の「搬入貨物 OD 表」及び「搬出貨物 OD 表」の集計（現況値）

第4回東京都市圏物資流動調査より、大型貨物車（最大積載重量 10t 以上の貨物車及び海上コンテナ車）を利用した物資流動を対象に、物流施設への「搬入貨物 OD 表」と「搬出貨物 OD 表」を市区町村間で集計した。その際、物流施設は、「広域的物流施設（敷地面積 3,000 m²以上）」、「広域的物流施設（敷地面積 3,000 m²未満）」、「都市内配送センター」別に集計した。

c) 「物流施設への搬入貨物 OD 表」の推計

c)-1 物流施設の「搬入貨物 OD 表」の着貨物量（図 5.3.2 における(b)の部分）の推計

物流施設への搬入貨物 OD 表における現況の市区町村別の発生物流量に、ケース①からケース②にかけての物流施設立地件数の変化率を乗じて推計した。その際、推計は、「広域的物流施設（敷地面積 3,000 m²以上）」、「広域的物流施設（敷地面積 3,000 m²未満）」、「都市内配送センター」別に行った。

$$TD_i^r = td_i^r \times \frac{N2_i^r}{N1_i^r} \quad (5.3.3)$$

TD_i^r : 施設 r のゾーン i におけるケース②の着物流量

td_i^r : 施設 r のゾーン i における現況の着物流量（ケース①）

$N1_i^r$: 施設 r のゾーン i における立地数（ケース①の施設立地モデルの推計値）

$N2_i^r$: 施設 r のゾーン i における立地数（ケース②の施設立地モデルの推計値）

c)-2 物流施設の「搬入貨物 OD 表」の推計

物流施設の「搬入貨物 OD 表」の発貨物量は現況値、着貨物量は「c)-1」の推計値として、フレータ法により OD 貨物量を推計した。

d) 「物流施設からの搬出貨物 OD 表」の推計

d)-1 物流施設の「搬出貨物 OD 表」の発貨物量（図 5.3.2 における(c)の部分）の推計

物流施設からの搬出貨物 OD 表における現況の市区町村別の集中物流量に、ケース①からケース②にかけての物流施設立地件数の変化率を乗じて推計した。その際、推計は、「広域的物流施設（敷地面積 3,000 m²以上）」、「広域的物流施設（敷地面積 3,000 m²未満）」、「都市内配送センター」別に行った。

$$TO_i^r = to_i^r \times \frac{N2_i^r}{N1_i^r} \quad (5.3.4)$$

TO_i^r : 施設 r のゾーン i におけるケース②の発物流量

to_i^r : 施設 r のゾーン i における現況の発物流量（ケース①）

$N1_i^r$: 施設 r のゾーン i における立地数（ケース①の施設立地モデルの推計値）

$N2_i^r$: 施設 r のゾーン i における立地数 (ケース②の施設立地モデルの推計値)

d)-2 物流施設の「搬出貨物 OD 表」の推計

物流施設の「搬出貨物 OD 表」の着貨物量は現況値，発貨物量は「d)-1」の推計値として，フレータ法により OD 貨物量を推計した。

(4) 推計結果

本章のシミュレーションでは、将来の人口集積の変化だけでなく、圏央道整備の影響も併せて推計した。その結果、物流施設立地は、東京臨海部を含む都心部で減少して、新たに整備される圏央道沿線で増加すると推計された（図 5.3.5）。圏央道沿道では、将来、人口が減少すると想定されることに加え、「高速道路 IC への近接性」といった物流の利便性が向上する効果が表れるためである。地価は、新たに整備される圏央道の IC 周辺で大きく増加すると推計された（図 5.3.6）。

これを大型貨物車による流動量の変化でみると、大型貨物車による流動量の発生交通量・集中交通量は、圏央道沿線地域で増加している（図 5.3.7, 図 5.3.8, 図 5.3.9）。また、大型貨物車を利用した OD 交通量の変化でみると、北関東・東北以北、山梨・長野といった東京都市圏以外の地域と圏央道沿線地域で増加すると推計された（図 5.3.10）。

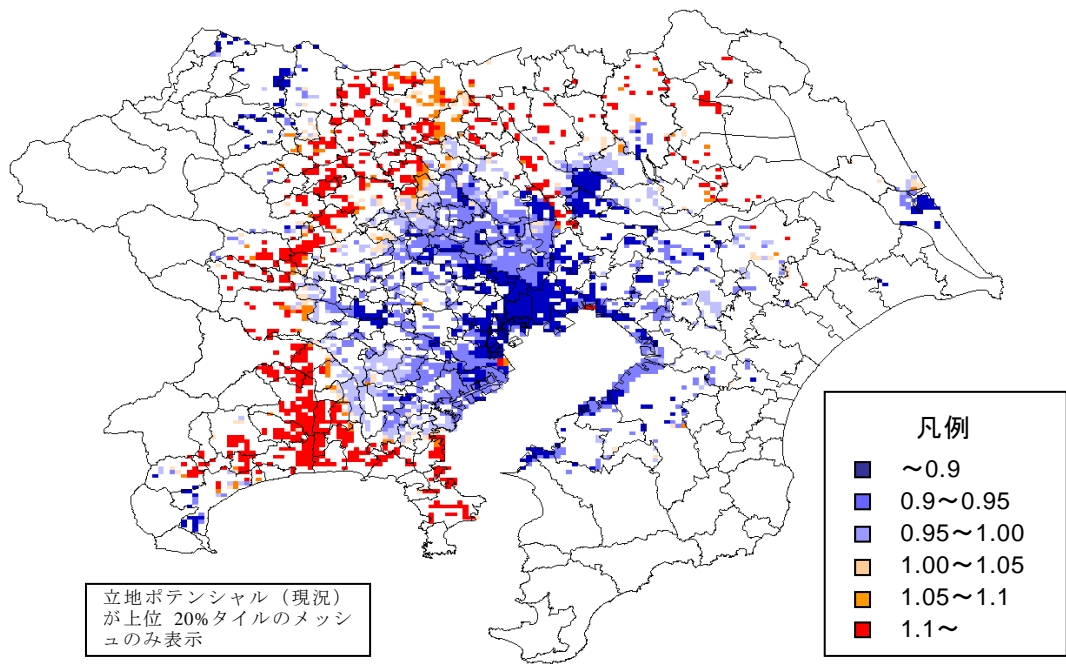


図 5.3.5 物流施設立地件数の変化（ケース②／ケース①）

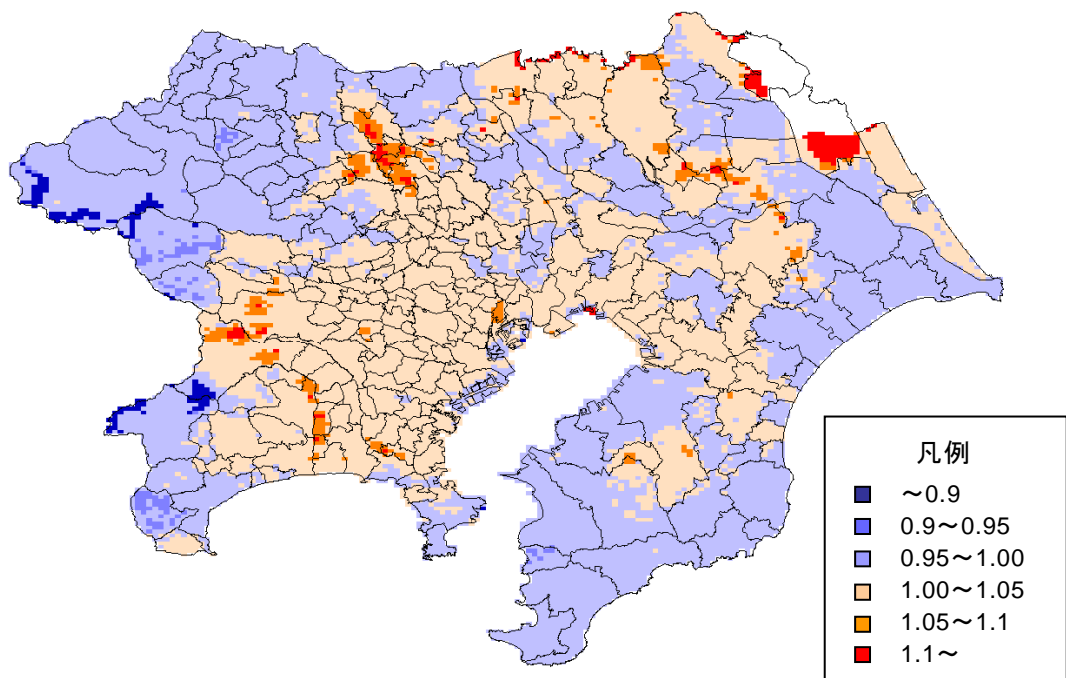


図 5.3.6 物流施設立地と地価の変化（ケース②／ケース①）

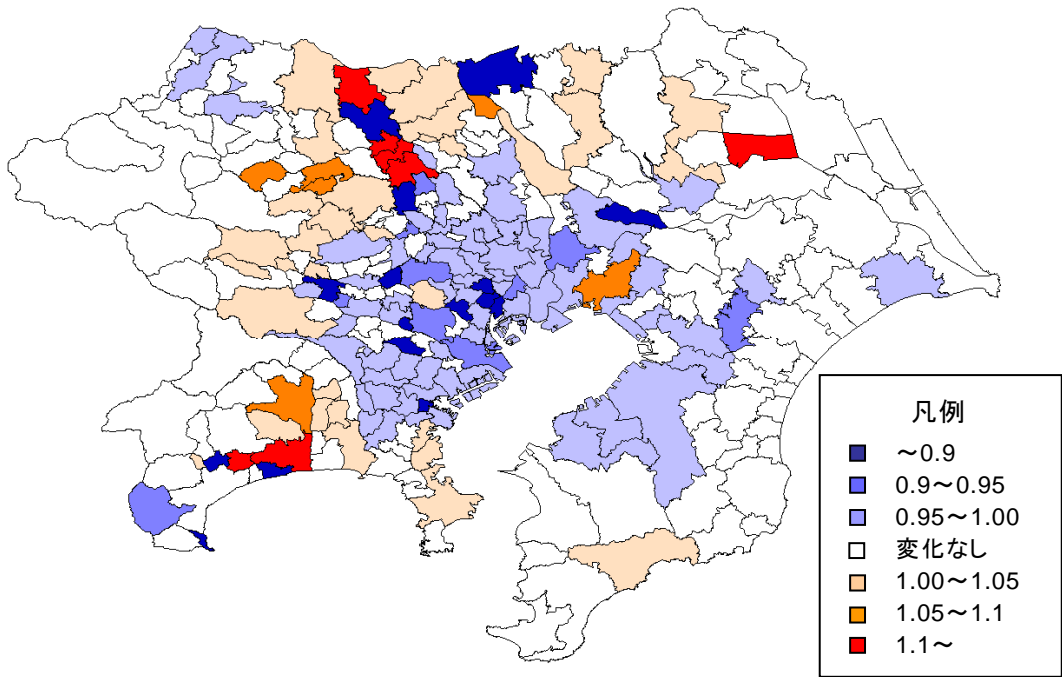


図 5.3.7 物流施設立地の変化に伴う大型貨物車による搬入貨物量の変化（変化率）

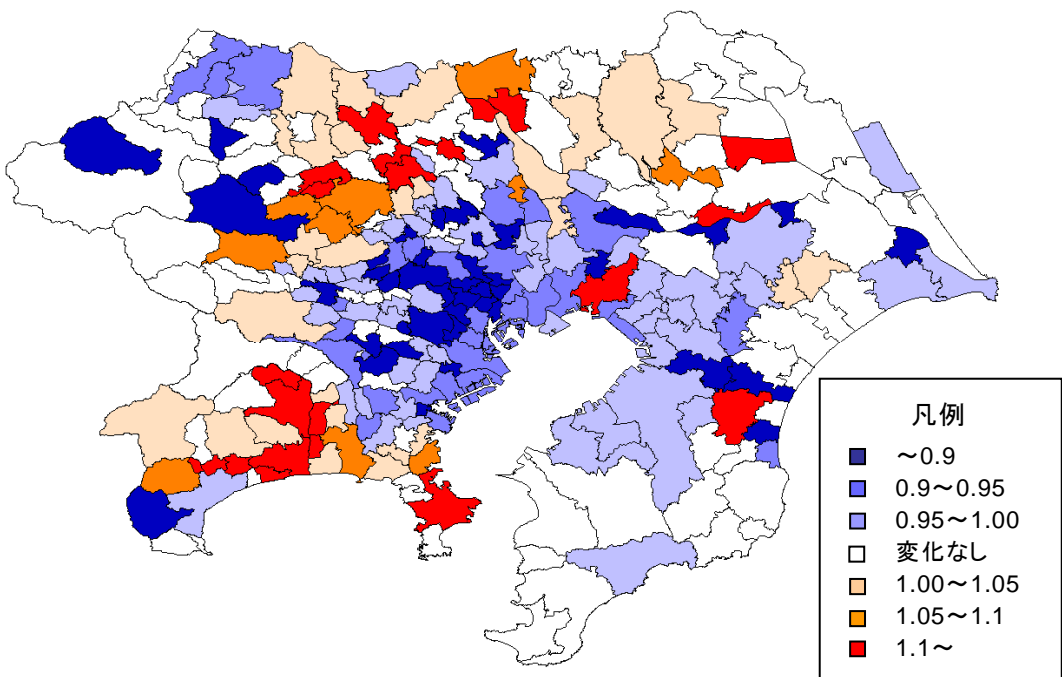


図 5.3.8 物流施設立地の変化に伴う大型貨物車による搬出貨物量の変化（変化率）

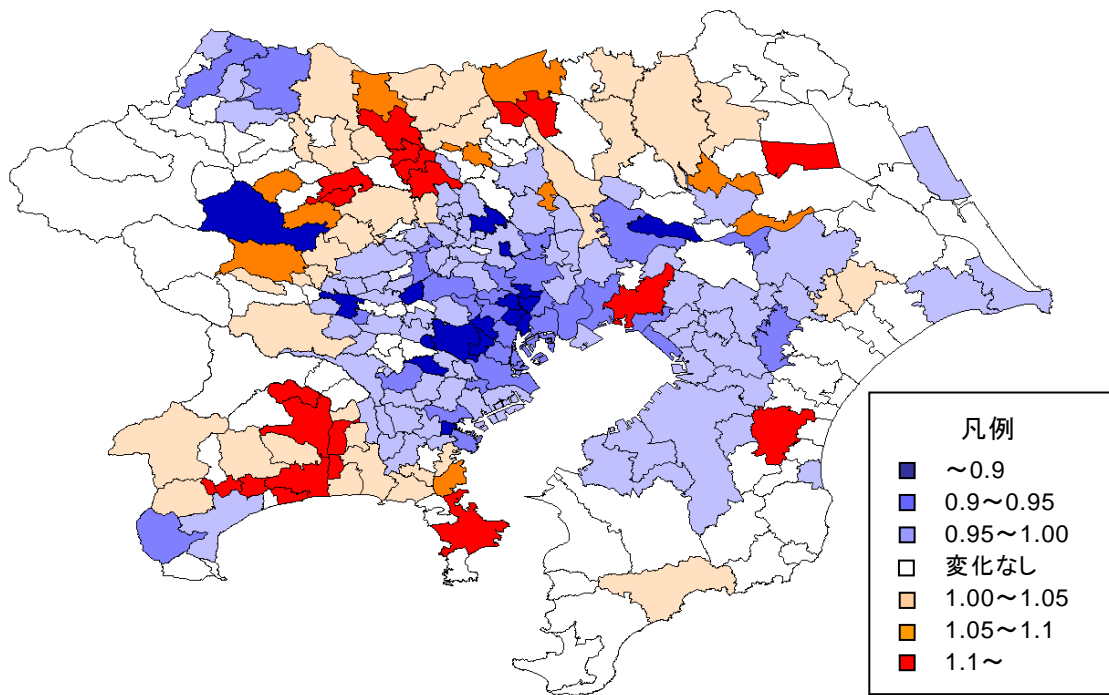


図 5.3.9 物流施設立地の変化に伴う大型貨物車による搬出・搬入貨物量の変化（変化率）

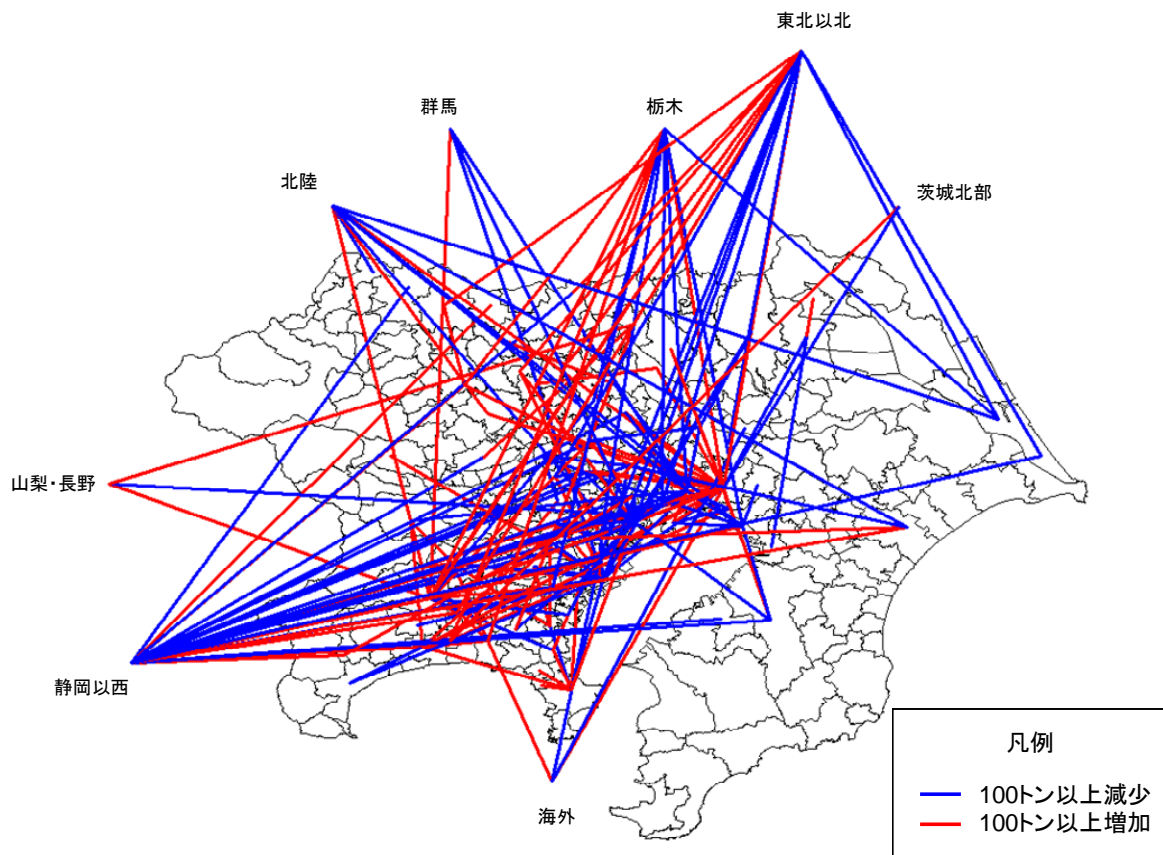


図 5.3.10 物流施設立地の変化に伴う大型貨物車による貨物 OD 表の変化（変化量）

5.3.3 大型貨物車による道路上の物資流動量の推計

(1) 推計の考え方

第4回物資流動調査で開発された「大型貨物車経路選択モデル」を用いて、大型貨物車を利用した現況の貨物OD表（ケース①）と、5.3.2で推計したケース②の貨物OD表を道路ネットワーク上に配分して、道路上の大型貨物車による貨物流動量の変化を計測した。

(2) 推計方法

東京都市圏の市区町村間の現況の大型貨物車OD表と、本研究の物流施設立地モデルで推計された将来の大型貨物車OD表のそれぞれを道路ネットワーク上に配分して、その変化を計測した。

配分交通量推計は、第4章における海上コンテナ車経路選択のシミュレーションに用いた表5.3.2のモデルを用いた。

表5.3.2 配分交通量推計の用いた経路選択モデル

パラメータ	パラメータ推定値
時間評価値 (Cost) (円/分)	203.750 (2.21)
重さ指定道路ダミー (重さ指定の場合に1,その他を0とするダミー変数)	0.790 (1.83)
交差点折進障害ダミー (折進障害の場合に1,その他を0とするダミー変数)	10.4531 (4.53)
重複率	0.47508

(3) 推計結果

東京都市圏の市区町村間の現況の大型貨物車流動量を、現況の道路ネットワークに配分した結果（ケース①）と、将来の人口集積や圏央道整備があり、物流施設立地が変化した場合の大型貨物車流動量を、圏央道を含む将来の道路ネットワークに配分した結果（ケース②）の、道路上の流動量の差分を図 5.3.11 に図示する。地域別にみると、都心部の流動量が減少して、郊外部での流動量が増加すると推計された。

この道路上の流動量を道路種類別の輸送トンキロとしてみると、特に、「都道府県道・市町村道・その他」という、主要地方道未満の道路の流動量が大きく増加し、高速道路・都市高速道路の流動量が減少すると推計された（表 5.3.3）。また、これを道路の「車線数」や「重さ指定の有無」といった道路規格で見ると、6 車線以上の多車線道路や重さ指定道路といった大型貨物車に適した道路での流動量が減少している（表 5.3.4，表 5.3.5）。このことは、人口の都心回帰等を要因として、臨海部から郊外部に物流施設立地が変化した場合、郊外部における現状の道路整備は、大型貨物車への対応から十分ではないことが示される。

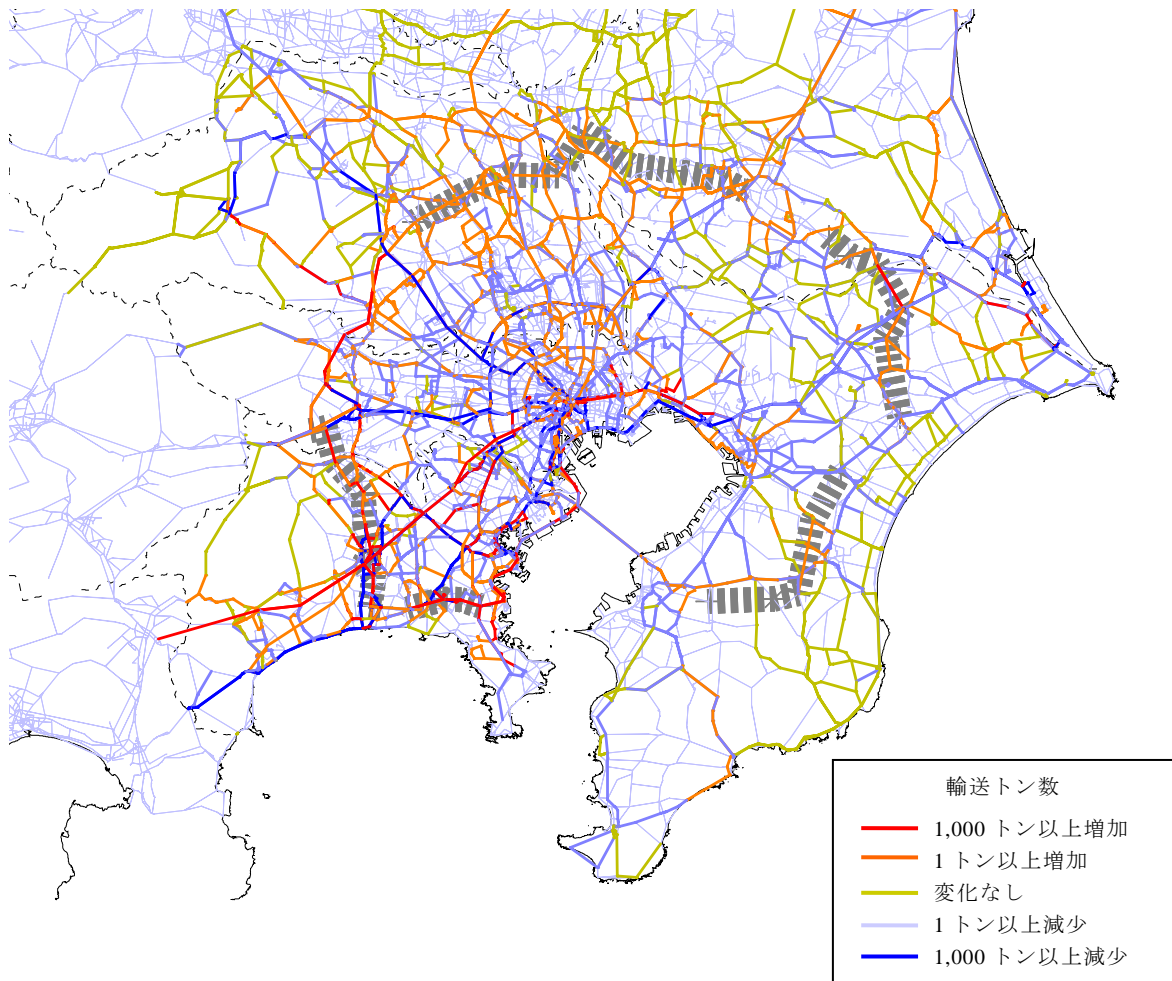


図 5.3.11 大型貨物車 OD 表の配分結果差分（ケース②－ケース①）

表 5.3.3 道路種類別の大型貨物車流動量（輸送トンキロ）変化（ケース①，ケース②）

	大型貨物車による流動量（推計値）（千トンキロ／日）				
	高速道路・都市 高速道路	一般国道	主要地方道	都道府県道・市 町村道・その他	合計
ケース①	63,874	43,368	12,781	5,488	125,511
(a)	(51%)	(35%)	(10%)	(4%)	(100%)
ケース②	62,139	43,166	12,176	6,817	124,297
(b)	(50%)	(35%)	(10%)	(5%)	(100%)
変化率 (b-a)/a × 100	-2.7%	-0.5%	-4.7%	24.2%	-1.0%

※ 下段は構成比

表 5.3.4 車線数別の大型貨物車流動量（輸送トンキロ）変化（ケース①，ケース②）

	大型貨物車による流動量（推計値）（千トンキロ／日）				合計
	6車線以上	4～6車線	2～4車線	その他	
ケース①	47,907	51,642	25,839	123	125,511
(a)	(38%)	(41%)	(21%)	(0%)	(100%)
ケース②	48,206	48,922	27,042	127	124,297
(b)	(39%)	(39%)	(22%)	(0%)	(100%)
変化率 (b-a)/a×100	0.6%	-5.3%	4.7%	3.3%	-1.0%

※ 下段は構成比

表 5.3.5 重さ指定有無別の大型貨物車流動量（輸送トンキロ）変化（ケース①，ケース②）

	大型貨物車による流動量（推計値）（千トンキロ／日）		合計
	重さ指定道路	重さ指定道路以外	
ケース①	119,358	6,153	125,511
(a)	(95%)	(5%)	(100%)
ケース②	117,738	6,959	124,297
(b)	(94%)	(6%)	(100%)
変化率 (b-a)/a×100	-1.7%	13.1%	-1.0%

※ 下段は構成比

5.3.4 シミュレーション結果と都市の物流施策

本章では、物流施設立地選択と大型貨物車経路選択を連動させることで、物流施設の立地により、大型貨物車を利用した道路上の貨物流動が変化することを定量的に計測した。その結果、人口の都心回帰や、都市圏郊外部での圏央道整備により、都市圏郊外部において、大型貨物車を利用した輸送が、大型貨物車に対応しない重さ指定がない道路で増加するなど、現在よりも道路への交通負荷が増加すると推計された。

現在、埼玉県など、圏央道の沿線地域では、圏央道 IC 近傍に積極的に物流施設の立地を促進させる動きがある（図 5.3.12）が、本研究のシミュレーション結果は、物流施設の立地を促進させる物流施策も、大型貨物車に対応した道路整備などと整合させて立案させる必要があることを示唆している。

また、郊外部での物流施設立地は、臨海部との役割分担の上で決まる。東京港や横浜港の貨物を取り扱う物流施設や、都心配送で必要となる物流施設など、臨海部での立地が望ましい物流施設の種類や立地量を見定めた上で、郊外部で必要となる物流施設立地に関する物流施策を立案するなど、物流施設立地に関する物流施策は、臨海部と郊外部で広域的に調整する必要があることがシミュレーション結果から示唆される。

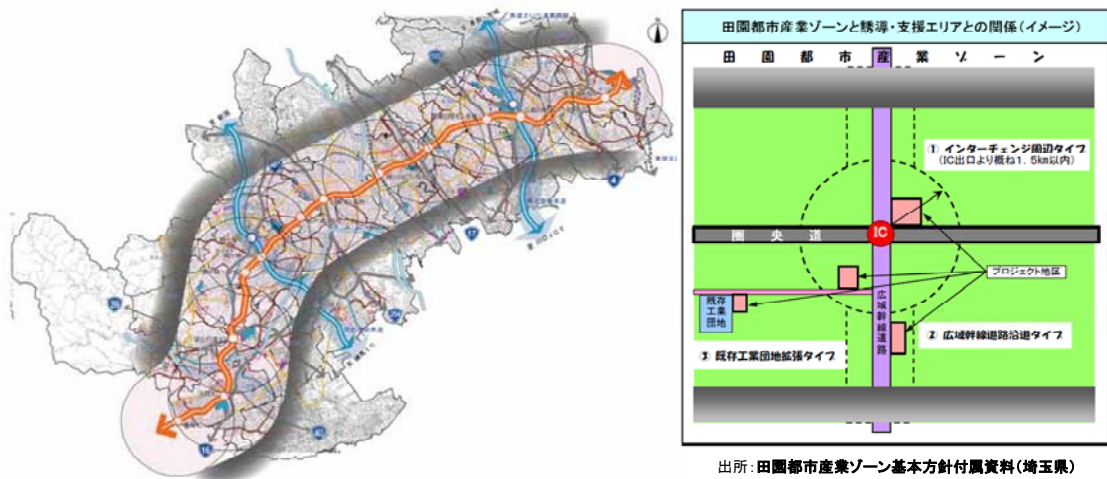


図 5.3.12 田園都市産業ゾーン基本方針（埼玉県）の物流施設の立地促進の考え方

5.3.5 シミュレーション結果の考察

本章では、将来の人口集積の変化だけでなく、将来の圏央道整備も想定した場合、物流施設立地は、東京臨海部を含む都心部で減少して圏央道沿線で増加すると推計された。また、大型貨物車に適さない重さ指定道路以外の道路で、大型貨物車による輸送が増加すると推計された。

圏央道沿線は、現在も工業団地等の物流施設に適した用地提供が行われている地域であるが、本研究のシミュレーション結果は、将来の、臨海部での人口集積増加や郊外部での圏央道整備により、大きな物流施設立地の変化が生じた場合、大型貨物車に対応した道路が郊外部で不足する可能性を示している。このことは、物流施設の立地誘導といった物流施策は、大型貨物車に対応した道路整備といった関連する物流施策と一体的に立案すべきであることを示している。また、第3章でも示したとおり、国際物流や都心配送を担う物流施設は臨海部に立地を確保する必要性は高いと想定されたことから、物流立地に関する物流施策は、臨海部と郊外部で広域的に調整する必要があることも示している。

物流施設や工場の立地、人口や商業の集積には交通基盤整備が影響し、これらの施設立地は交通混雑など交通状況に影響を与える。そのため、施設立地に関する施策と道路整備は一体的に計画される必要がある。また、これらの施策の効果計測は、施設立地に関する施策と道路整備の相互の影響を同時決定として取り扱うことで正確性が高まる。本章でレビューした通り、土地利用・交通モデルの適用事例は数多くある。しかしながら、物流施設立地を土地利用・交通モデルで取り扱っている事例は、研究者が調べた限りではない。物流施設立地に大きな影響があると考えられる環状道路整備の効果計測も、主に住宅立地だけを対象にしたのでは過小推計の可能性がある。土地利用・交通モデルにおいて物流施設が取り扱われていない原因は、「道路整備と物流施設立地との関係」や「物流施設立地と物資流動との関係」が、きわめて複雑であるためであると考えられる。

本章で構築した物流を対象にした土地利用・交通モデルも、物流施設立地の変更により、物資の純流動 OD 分布（物流施設への搬入貨物の発分布や搬出貨物の着分布）や輸送手段の変化はモデルで取り扱っておらず、これらの推計は今後の課題となるが、第3章の物流施設立地モデルや、第4章で取り扱った貨物車経路選択モデルを組み合わせ、物流施設立地の変化によって大型貨物車を利用した物資流動が変化し、大型貨物車に対応した道路が郊外部で不足する可能性があることを示していることは、土地利用・交通モデルの物流への適用という意味で成果を得たと考える。

5.4 第5章のまとめ

(1) 第5章の成果

5.2では、土地利用・交通モデルに関して既存研究をレビューした。その際、第3章で土地利用均衡モデルとしてレビューした、尹・青山ら(2000)や武藤・上田ら(2000)の交通モデルをレビューした。これらの既存研究においては、実用面から、概ね一般的な4段階推定法が採用されていることを明らかにした。

5.3では、物流施設立地と大型貨物車流動量を連動させたモデルの全体構造を構築するとともに、将来の人口集積や道路整備を想定したシミュレーションケースを設定し、物流施設立地変化と、道路上の大型貨物車流動量の変化を連動させて推計した。その結果、将来の人口集積や道路整備を前提とした場合、大型貨物車による流動量は都市圏郊外部で増加し、大型貨物車に適した多車線道路（6車線以上）や重さ指定道路における流動量は減少すると推計されており、物流施設立地に関する物流施策は、大型貨物車経路に対応した道路整備といった物流施策との整合性を取りながら立案する必要があることを示した。また、物流施設立地の変化は都市圏全体の貨物流動量に影響するため、物流施設立地に関する物流施策は、臨海部と郊外部など、都市圏全域で広域的に調整する必要があることを示した。

本章の分析結果をまとめると次のとおりである。

- ・ 人口の都心回帰により物流施設立地が郊外部で増加した場合、郊外部における大型貨物車を利用した輸送が増加し、都道府県道・市区町村道といった道路の分担率が増加し、重さ指定道路を利用した流動量は減少する。
- ・ このことは、物流施設立地と大型貨物車経路に関する物流施策を一体的に立案すべきであること、物流施設立地に関する物流施策は、臨海部と郊外部で広域的に調整して立案する必要があることを、定量的なシミュレーション結果から示した。
- ・ 一方、本章で開発したモデルは、物資流動の中継点としての物流施設の立地変化から物資流動の変化を計測するものであり、物資流動の真の発着地の変化を捉えていない点、物流施設の立地変化に伴う輸送手段や輸送頻度など物資流動の質的变化を捉えていない点に課題があり、今後、モデルの改良の余地はある。

(2) 今後の課題

本章で行った研究の、今後の課題は次のように整理される。

a) 物流施設の集配送コストのモデルへの明示的な導入

第3章の施設立地モデルでレビューした通り、物流施設立地のモデル化に関する既存研究には、物流施設の規模や立地場所選択を、企業のコスト最小化行動などから詳

細に記述する研究があった。本章のシミュレーションにおいては、物流施設の立地場所の変更による物流コストの変化は、集配送先への輸送から厳密に算定されたものではない。第4回物資流動調査の物流施設データには、当該施設の搬入・搬出データが調査されており、本研究の1kmメッシュ単位のモデルではデータ処理上難しいが、ネステッドロジットモデルなどモデル構造を工夫することで、「集配送コスト」などを明示的に施設立地モデルに導入することが可能だと思われ、今後の課題である。

b) 物資流動の発生・集中量モデルの交通モデルへの組み込み

本研究でレビューした既存の土地利用・交通モデルは、主として旅客（乗用車）交通を対象にしたものであった。人口は、通勤・通学目的や私事目的の交通の発地であり、商業施設は私事目的の交通の着地となるため、土地利用・交通モデルにおける交通モデルも、既存の四段階推定法における集計型交通モデルを容易に適用可能である。一方で、本章の5.3にも示したとおり、物流施設は、物資流動の中継施設であり、真の発着地は別である。本章のシミュレーションにおいては、物資流動の真の発着地は変化せず、その中継施設である物流施設のみが変化すると仮定して推計を行った。第3章で構築した施設立地モデルには工場や商業施設もある。これらの施設配置により、本来は物資流動の真の発着地も変化すると想定される。具体的には、物流施設への搬入・搬出に区分した場合、「搬入」の流動量における発地と、「搬出」の流動量における着地を対象として、発生交通量モデルや集中交通量モデルが必要になる。これらの交通需要のメカニズムは現段階では不明な点が多く、このようなメカニズムの解明やモデル化が今後の課題となる。

c) 物資流動の質的变化の交通モデルへの組み込み

第4回物資流動調査の企業ヒアリング調査では、物流施設を郊外部に移転・統合する企業の目的は、物流施設を統合することで在庫コストを圧縮するとともに、大型貨物車による効率的な輸送を実現することを目的とする声があった。このことは、物流施設の立地変更に伴って、輸送のロットサイズや大型貨物車分担率など、物資流動の運び方が変化する可能性を示している。また、第2章で整理した既存研究の中にも、四段階推定法による物資流動の交通需要推計モデルの改善に関する研究として、細谷・佐野ら(2003)は、東京都市圏物資流動調査データを用いて輸配送コストから物流の「ロットサイズ（出荷1回当りの重量）」を推計し、このロットサイズを説明変数として「物流センターでの積み替え有無」、「トラックサイズ」といった企業の行動変化を推計して、ロードプライシングといった施策による貨物車台数の削減を計測するモデルを提案する既存研究があった。

物流施設の立地場所の変更に伴って、施設規模、集配送のロットサイズ、輸送手段などが変化する可能性があり、物資流動における「土地利用・交通モデル」においても、これらの要因をモデルに組み込むことが、今後の課題となる。

第5章に関連する参考文献

- 1) 苦瀬博仁・高田邦道・高橋洋二編著(2006):「都市の物流マネジメント」, 日本交通政策研究会研究双書 22
- 2) 尹鍾進・青山吉隆・中川大・松中亮治(2000):「立地変動を考慮した実用的な土地利用・交通モデルの構築」, 土木計画学研究・論文集No.17, pp.247-256
- 3) 武藤慎一・上田孝行・高木朗義・富田貴弘(2000):「応用都市経済モデルによる立地変化を考慮した便益評価に関する研究」, 土木計画学研究・論文集No.17, pp.257-266
- 4) 上田孝行(1995):「交通・立地分析モデルによる都市交通プロジェクトの影響分析」, 日本交通政策研究会シリーズ A-184
- 5) 上田孝行・堤盛人・武藤慎一・山崎清(2009):「わが国における応用都市経済モデル—特徴と発展経緯—」, 計画・交通研究会ワーキングペーパーシリーズ, No.09-3
- 6) 森杉壽芳・大野栄治・宮城俊彦(1991):「住環境整備による住み替え便益の定義と計測モデル」, 土木学会論文集, No.425, pp.117-125
- 7) 林良嗣・土井健司・奥田孝明(1989):「外部経済効果を考慮した都市交通改善がもたらす開発利益の帰着分析モデル」, 土木学会論文集, No.407, pp.67-76
- 8) 田口博司・武藤真一・秋山孝正・高松諭(2001):「経済均衡を前提とした都市環状道路整備交通現象変化の分析」, 第21回交通工学研究発表会論文報告集, pp.49-52
- 9) 佐藤徹治・樋野誠一(2006):「貨物流動の実態を踏まえた応用一般均衡型土地利用・交通モデル」, 土木計画学研究・講演集, No.33, PP.231
- 10) 萩野保克・遠藤弘太郎(2007):「立地選択モデルを用いた東京都市圏における物流施設の立地ポテンシャル分析」, 土木計画学研究・論文集, No.24, pp.103-110
- 11) 東京都市圏交通計画協議会(2006):「物流からみた東京都市圏の望ましい総合都市交通体系のあり方」
- 12) 桜田崇治・石黒一彦・稲村肇(1999):「流通施設としての倉庫の立地分析」, 土木計画学研究・講演集, No.22(2), pp721-724
- 13) 兵藤哲朗(2007):「都市圏物資流動調査における新たなモデリング」, 都市計画, Vol.56, No.2, pp.15-22
- 14) 竹林秀基(2007):「物流からみた東京都市圏の望ましい姿」, 都市計画, Vol.56, No.2, pp.23-30
- 15) 萩野保克(2007):「大規模物流拠点と都市づくり」, 都市計画, Vol.56, No.2, pp.43-48
- 16) 横浜市・川崎市・東京都・(財)横浜港埠頭公社・東京港埠頭(株)(2010):「京浜港国際コンテナ戦略港湾計画書」

第6章 結語

6.1 本研究のまとめ

本研究では、物流施設立地と大型貨物車経路に着目し、物流施設立地モデルや大型貨物車経路選択モデルに関して、都市の物流施策へのモデルの活用可能性を分析した。

本研究の成果は、次のようにまとめられる。

第1章では、本研究の背景、目的、方法について明らかにした。

本研究では、都市の物流システムを構成する物流拠点とネットワークに着目して、都市の物流施策の立案において、物流施設立地モデルと大型貨物車経路選択モデルの活用可能性を分析することを目的とした。

第2章では、物流施設立地モデルや大型貨物車経路選択モデルの方向性を明らかにした。

近年、顕在化している都市の物流の課題を、東京都市圏をケーススタディとして整理し、それに対する物流施策の立案での活用から、第3章の物流施設立地モデルや第4章の貨物車経路選択モデルの改善の方向性を明らかにした。物流施設立地モデルに関しては、郊外部では圏央道 IC 近傍の工業団地整備など、第4回物資流動調査で提言された物流施策の方向性に沿って実際の物流施策が実施されているが、臨海部においては、人口の都心回帰を背景に、住宅と物流施設の土地利用の混在といった問題が深刻化している実態から、人口集積等が物流施設立地に及ぼす影響をモデル化することとした。

大型貨物車経路選択モデルに関しては、海上コンテナ車の利用ニーズが高まっているが、海上コンテナ車経路では、重さ指定道路や高さ指定道路といった道路の規格だけでなく、交差点折進障害も影響することから、これらの海上コンテナ車通行支障を説明変数としてモデルに組み込んだ海上コンテナ車経路選択モデルを構築することとした。

第3章では、人口集積が物流施設立地に及ぼす影響を計測するモデルを開発し、人口集積の増加によって深刻化すると考えられる住宅と物流施設の土地利用の混在に対応するための、物流施設と住宅とが共存するための工夫（人と物の動線の分離、物流施設と住宅との空間的な分離等）、臨海部の工業系用途地域を対象にした住宅立地規制（特別用途地域や地区計画による立地規制）、物流施設の立地に適した産業系用途地域での市街地再開発事業といった物流施策の立案におけるモデルの活用可能性を分析した。

物流施設立地モデルの構築に当たっては、異なる種類の施設の競合関係を取り扱っている土地利用均衡モデルに関する既存研究を整理した上で、第4回物資流動調査の物流施設立地モデルを、工場・商業施設等にも拡張し、地価関数を加えて土地利用均衡を近似的に表すモデルに拡張した。また、東京都市圏の将来の人口配置や道路整備を外生変数として

想定し、本章で構築した物流施設立地モデルを用いて、将来、現在の人口の都心回帰の状況が続いた場合には、東京都市圏の臨海部において、物流施設立地が現状よりも困難になる可能性があることを、モデルによる推計結果から明らかにした。また、将来の人口集積によって物流施設立地が現在よりも困難になる地区をモデルによりメッシュ単位で選定し、物流施設と人が共存するための工夫、流通業務団地の再整備や埋立地の物流施設立地用地としての活用、特別用途地区や地区計画による住宅立地抑制といった物流施策が必要な地区の特定など、物流施設立地に関する施策の立案におけるモデルの活用について分析し、本研究で構築した物流施設立地モデルが、物流施設立地に関する物流施策の立案での活用が可能であることを示した。

第4章では、海上コンテナ車経路選択モデルを構築して、海上コンテナ車経路におけるボトルネックの解消といった、大型貨物車経路に関する物流施策の立案におけるモデルの活用可能性を分析した。

そのために、特車申請から東京港発着の海上コンテナ車の経路データを作成し、道路情報便覧に収録される海上コンテナ車の通行支障区間と併せて海上コンテナ車の経路選択実態を分析し、海上コンテナ車の経路選択において、交差点での折進障害が、リンク上の「重さ指定」や「高さ指定」と同様に経路選択に影響を及ぼしている可能性があることを明らかにした。また、海上コンテナ車の経路選択モデルを構築し、重さ・高さ指定や、交差点の折進障害が海上コンテナ車の経路選択に与える影響を定量的に示した。その際、「重複率最大化モデル」のパラメータを統計的に検証できないという課題に対して、パラメータ推定にブートストラップ法を適用することでパラメータ推定値に関する評価指標を提案し、海上コンテナ車の経路選択モデルのパラメータの評価を行った。更に、海上コンテナ車経路選択モデルを用いた道路整備のシミュレーションを行い、これらのシミュレーション結果の考察により、東京都市圏においては、環状方向の高速道路整備や高速道路ICへの折進障害除去により、海上コンテナ車に適した高規格な道路の分担率が増加し、海上コンテナ車の経路の適正化が図られる効果があることを考察し、本研究で構築した経路選択モデルが、大型貨物車経路に関する物流施策の立案での活用が可能であることを示した。

第5章では、物流施設立地選択と大型貨物車経路選択を連動させたモデルを開発して、物流施設立地と大型貨物車流動量との関係を分析した。

第3章で土地利用均衡モデルとしてレビューした尹・青山ら(2000)や武藤・上田ら(2000)の交通モデルを既存研究としてレビューし、実用面から概ね一般的な4段階推定法が採用されているとことを明らかにした。物流施設立地選択と大型貨物車経路選択を連動させたモデルを構築するとともに、将来の人口集積や圏央道整備を行った場合のシミュレーションを実施し、物流施設立地変化と、道路上の大型貨物車流動量の変化を一体的に推計した。その結果、将来の人口集積や圏央道整備を前提とした場合、大型貨物車による流動量は都市圏郊外部で増加し、大型貨物車に適さない重さ指定されていない道路の流動量が増加すると推計された。このことから、物流施設立地に関する物流施策は、大型貨物車に対応し

た道路整備といった関連する物流施策と一体的に立案する必要があること、物流施設立地に関する物流施策は、臨海部と郊外部など都市圏全域で広域的に調整して立案する必要があることを明らかにした。

6.2 都市の物流施策の立案への本研究のモデルの活用

本研究の分析結果を、都市の物流施策の立案での活用の視点から整理すると、次のようにまとめられる。

本研究の第3章では、物流施設立地モデルを用いたシミュレーションを実施し、将来、人口の都心回帰による臨海部での人口集積の増加により、臨海部の物流施設の立地余剰は低下すると推計された。このシミュレーション結果の、物流施設立地に関する物流施策の立案におけるモデルの活用に関する考察は、以下の通りである。

- ・ 住宅との土地利用の混在により物流施設の立地余剰が低下する地区では、物流施設と人が共存するための工夫（人と物の動線の分離、物流施設と住宅の分離など）が必要である。このような取り組みが必要な地区を、本研究のシミュレーションにより 1km メッシュ単位で明らかにした。
- ・ 住宅との土地利用の混在により物流施設の立地余剰が低下する地区からの物流施設の移転の受け皿の確保も必要となる。本研究のシミュレーションでは、物流施設の立地余剰が低下する地区の近傍に流通業務団地（南部、葛西）が存在することが明らかになっており、これらの流通業務団地の再整備により、新たな物流施設の立地スペースを確保する方策が考えられることを明らかにした。

本研究の第4章では、海上コンテナ車の経路選択モデルを用いたシミュレーションを実施し、将来、3環状道路や交差点での海上コンテナ車のボトルネックの解消により海上コンテナ車の経路が変更されると推計された。このシミュレーション結果の、大型貨物車経路に関する物流施策の立案におけるモデルの活用に関する考察は、以下の通りである。

- ・ 三環状道路の整備より、海上コンテナ車の高速道路利用率が増加するなど、海上コンテナ車の経路の変化が推計された。また、高速道路といった規格の高い道路を海上コンテナ車が利用することにより、一般道路における事故削減効果があることが計測された。現在、道路整備における費用便益分析では、海上コンテナ車などの大型貨物車を明示的に区分して取り扱っていないが、大型貨物車経路の適正化により、費用便益分析では十分に計測されていない効果があることをシミュレーション結果から示した。
- ・ 海上コンテナ車の経路選択モデルでは、海上コンテナ車は、重さ指定道路、高さ指定道路といった経路を選択しやすく、交差点の折進障害を避けて経路選択しているという特性が明らかになった。交差点の折進障害を解消した場合、特に、高速道路 IC の入り口における折進障害の解消効果が大きく、高速道路利用率も向上することがシミュレーションで計測された。3環状道路などの高速道路整備などに併せて、高速道路 IC の入り口における折進障害除去が効果的であることを明らかにした。

本研究の第5章では、物流施設立地選択と大型貨物車経路選択を連動させたシミュレーションを実施した。その結果、将来の人口集積や圏央道整備により、圏央道沿道での物流

施設立地が増加し、重さ指定道路以外の道路での大型貨物車による輸送が増加すると推計された。このシミュレーション結果の、物流施設立地や道路ネットワークに関する物流施策立案におけるモデルの活用についての考察は、以下の通りである。

- ・ 将来の人口集積や圏央道整備によって、都市圏郊外部において、大型貨物車に対応しない重さ指定道路以外の道路の流動量が増えるというシミュレーション結果は、圏央道 IC 近傍で現在進行中の、工業団地や用途地域指定といった物流施設立地促進といった物流施策の立案に当たっては、これを支える大型貨物車に対応した道路整備といった物流施策と一体的に立案すべきことを示している。
- ・ また、臨海部での人口集積の増加によって物流施設立地は郊外部で増加し、都市圏全域で大型貨物車を利用した流動量が増えると推計されたことは、物流施設立地に関する物流施策は、都市圏全域で広域的に調整して立案すべきであることを定量的に示した。

以上の考察の結果について、物流施設立地に関する物流施策へのモデルの活用を表 6.2.1、道路ネットワークに関する物流施設へのモデルの活用を表 6.2.2 に整理する。

表 6.2.1 物流施設立地に関する物流施策と本研究のモデルの活用 (その1)

物流施設立地に関する施策		施策の内容	モデルの活用
a) 物流施設の立地用地の確保	ア) 流通業務団地、土地区画整理手法、埋め立て等による物流施設の立地用地の確保	<ul style="list-style-type: none"> ・高速道路 IC 近傍や臨海部において流通業務団地や土地区画整理手法によって物流施設の立地用地を確保 ・埋立地を物流施設の立地用地として活用 	<p>【物流施設立地選択と貨物車経路選択を連動させたモデル (第5章)】 (モデルによる推計結果)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・将来の人口集積や圏央道整備により、圏央道沿道での物流施設立地が増加し、重さ指定道路以外の道路での大型貨物車による流動が増加すると推計された。 <p>(物流施策の検討へのモデルの活用)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・圏央道 IC 近傍での、工業団地や用途地域指定といった物流施設の立地を促進させる施策は、これを支える道路整備と一体的に立案すべきことをモデルの推計結果から明らかにした。 ・郊外部での物流施設立地の増加により、大型貨物車による流動は、都市圏全域で変化すると推計されており、物流施設立地に関する物流施策は、都市圏全域で広域的に調整して立案すべきであることを定量的に示した。
	イ) 高速道路 IC 近傍の用途地域指定など土地利用の変更による物流施設の立地用地の確保	<ul style="list-style-type: none"> ・新たに整備される高速道路 IC 周辺地区において、物流施設立地に適した地区においては工業専用地域など物流施設に適した用途地域を指定して物流施設の立地用地を確保 	
	ウ) 既存産業系用地の物流施設の立地用地として有効活用	<ul style="list-style-type: none"> ・高速道路 IC に近接しているなど物流施設に適した工業団地を物流施設立地用地として活用 	
	エ) 特別用途地区や地区計画による住宅立地が抑制された立地用地の確保	<ul style="list-style-type: none"> ・住宅立地が可能な準工業用途地域や工業地域といった用途地域において、特別用途地区や地区計画により住宅立地を抑制し、土地利用混在の危険性がない用地を確保 	
b) 産業系用地の再開発等	ア) 老朽化した物流施設が集積する地区での再開発	<ul style="list-style-type: none"> ・老朽化した物流施設が集積する地区を対象に再開発事業を実施して土地の高度利用を図り、新たな物流施設の立地スペースを確保 	<p>【物流施設立地モデル (第3章)】 (モデルによる推計結果)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・臨海部の人口集積の増加により、臨海部において物流施設の立地余剰が低下すると推計された。 <p>(物流施策の検討へのモデルの活用)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・物流施設と住宅との土地利用の混在によって、物流施設の立地余剰が低下すると推計された地区からの、物流施設の移転の受け皿が必要。 ・本研究のシミュレーションでは、物流施設の立地余剰が低下する地区の近傍に流通業務団地 (南部, 葛西) が存在することが明らかになっており、流通業務団地の再整備により新たな物流施設の立地スペースを確保することが、物流施設と住宅との土地利用の混在への対応方策となる可能性があることを明らかにした。
	イ) 老朽化した流通業務団地の再整備	<ul style="list-style-type: none"> ・老朽化した流通業務団地を対象に再整備し、新たな物流施設の立地スペースを確保 	

表 6.2.1 物流施設立地に関する物流施策と本研究のモデルの活用（その2）

物流施設立地に関する施策		施策の内容	モデルの活用
c) 市街化調整区域での物流施設立地のルール化	ア)物流施設を含めた市街化調整区域の開発許可基準	<ul style="list-style-type: none"> ・市街化調整区域において、物流施設立地の開発を許可する基準を、高速道路 IC との近接などの条件で定める（バラ立ちの抑制） 	
d) 物流施設と人が共存するための工夫 ※ステークホルダ間の協定等により実現	ア)人と物流の動線の分離	<ul style="list-style-type: none"> ・貨物車専用道路（空間的な分離） ・貨物車専用出入口の整備（空間的な分離） ・貨物車の時間帯別の侵入規制（時間的な分離） ・大型貨物車の侵入規制（貨物車の削減）等 	<p>【物流施設立地モデル（第3章）】 （モデルによる推計結果）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・将来，臨海部の人口集積の増加により，臨海部の物流施設の立地余剰は低下すると推計された。 <p>（物流施策の検討へのモデルの活用）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・物流施設と住宅との土地利用の混在により物流施設の立地余剰が低下する地区では，物流施設と人が共存するための工夫（人と物の動線の分離，物流施設と住宅の分離など）が必要。 ・このような取り組みが必要な地区を，本研究のシミュレーションにより 1km メッシュ単位で明らかにした。
	イ)物流施設と住宅の分離	<ul style="list-style-type: none"> ・建物のセットバックや幹線道路による分離（空間的な分離） ・植栽や建物形状による居住環境への配慮等 	

表 6.2.2 大型貨物車経路に関する物流施策と本研究のモデルの活用（その1）

大型貨物車経路に関する施策		施策の内容	モデルの活用
a) 大型貨物車に対応した高速道路ネットワークの形成	ア) 三環状道路等の整備（東京都市圏）	中央環状線、外かく環状道路、首都圏中央連絡自動車道といった高速道路を整備して大型貨物車に対応した高速道路ネットワークを形成.	<p>【海上コンテナ車経路選択モデル（第4章）】 （モデルによる推計結果）</p> <ul style="list-style-type: none"> 三環状道路の整備より、海上コンテナ車の高速道路利用率が増加し、一般道路の事故削減効果があると推計された. <p>（物流施策の検討へのモデルの活用）</p> <ul style="list-style-type: none"> 現在、道路整備における費用便益分析では、海上コンテナ車などの大型貨物車を明示的に区分して取り扱っていないが、大型貨物車経路の適正化という物流施策には、現在の費用便益分析には明示的に含まれない効果があることをシミュレーション結果から示した.
b) 大型貨物車のボトルネックの解消	ア) 重さ指定道路の拡充（橋梁の耐荷重強化）	<ul style="list-style-type: none"> 橋梁の耐荷重強化などを実施して、フル積載の新規格車（総重量 20 t 超）や海上コンテナ車のボトルネックを解消. 	<p>【海上コンテナ車経路選択モデル（第4章）】 （モデルによる推計結果）</p> <ul style="list-style-type: none"> 海上コンテナ車の経路選択モデルにより、海上コンテナ車は、重さ指定道路、高さ指定道路といった経路を選択しやすく、交差点の折進障害を避けて経路を選択している特性があることが明らかになった. <p>（物流施策の検討へのモデルの活用）</p> <ul style="list-style-type: none"> 交差点の折進障害を解消した場合、特に、高速道路 IC の入り口での折進障害解消の効果が大きく、これにより高速道路利用率も向上することがシミュレーションで計測された. 3環状道路などの高速道路整備に併せて、高速道路 IC の折進障害の除去が効果的であることを明らかにした.
	イ) 高さ指定道路の拡充	<ul style="list-style-type: none"> 道路改良等により高さ制限（3.8m未満）の箇所を解消し、40ft 背高コンテナ車を積載した海上コンテナ車の走行を可能とする. トンネルなど改修が困難なボトルネックについてはバイパスなどの新設を行う. 	
	ウ) 交差点の折進障害の解消	<ul style="list-style-type: none"> 交差点の形状の変更などにより、海上コンテナ車の折進障害を解消. <p>⇒左折箇所の切り込み、交差点への進入路の付け替え等</p>	

表 6.2.2 大型貨物車経路に関する物流施策と本研究のモデルの活用（その2）

大型貨物車経路に関する施策	施策の内容	モデルの活用
c) 大型貨物車走行の適正化による都市環境の改善	ア)住宅地や中心市街地への大型貨物車の流入抑制	・住宅地や中心市街地への流入を抑制して都市環境の改善を図る.
	イ)料金政策等による幹線道路への誘導	・料金政策によって高速道路の利用を促進したり, 特殊車両通行許可申請において幹線道路利用を優遇することなどにより, 生活道路から幹線道路への転換を促進して, 都市環境の改善を図る.
	ウ)ボトルネックの優先的な解消による幹線道路への誘導	・大型貨物車を積極的に誘導する道路に対して, 大型貨物車のボトルネックを優先的に解消することで転換を促進して, 都市環境の改善を図る.

6.3 今後の課題

本研究で開発した個々のモデルに関する今後の課題は、それぞれ第3章、第4章、第5章に示している。ここでは、都市の物流施設の立案に活用するためのモデリング全般について今後の課題を整理する。

本研究では、第3章では人口集積等が物流施設立地に及ぼす影響、第4章では海上コンテナ車の経路選択に対して、特に着目してモデリングを行っている。都市の物流の課題は、これ以外にも多くあると考えられるし、その課題に対応した都市の物流施策も、本研究で取り扱った施策以外に数多くある。当然、本研究で開発したモデルは、このような都市の物流施策の全てに対応するものではない。また、第5章では、物流施設立地選択と大型貨物車経路選択を連動させてモデル分析をしているが、物流施設立地モデルも、大型貨物車経路選択モデルも、それぞれ異なる都市の物流施策の立案への活用を想定して開発されており、必ずしも物流施設立地選択と大型貨物車経路選択との連動を前提に設計されたモデルではない。本研究では、特定の物流施策を念頭に置いて、その立案に活用可能なモデル開発を行った。今後も、様々な都市の物流施策に対応して、その時点で利用可能なデータを有効に活用して、モデリングに関する研究を今後も継続していくことが必要であると考ええる。

また、本研究の物流施設立地モデルは、第4回東京都市圏物資流動調査で初めて利用可能となった物流施設の立地データを活用して構築している。また、海上コンテナ車の経路選択モデルも、特殊車両通行許可申請が電子化されたことで利用可能となった海上コンテナ車の経路データを活用して構築している。都市の物流施策の立案におけるモデル活用と並行して、このようなモデリングに必要なデータを併せて収集する努力も必要である。そのためには、物資流動調査などの統計調査の実施にあたって、その時点での物流の課題や、それに対応する都市の物流施策を想定した上で、都市の物流施策の立案に必要なデータを見極めて調査の企画を策定することが重要である。

なお、本研究で得られた、今後のモデリングで必要となるデータに関する知見は、参考資料として掲載している。

参考：都市の物流に関するモデリングで必要となるデータについて

本研究では、物流施設立地や貨物車経路選択を対象にして、都市の物流施策を立案・評価するためのモデリングについて論じた。このようなモデル構築には、物流の実態を表すデータが必要である。そのため、本節では、第3章、第4章、第5章でおこなったモデル分析の結果から、モデル分析の課題への対応やモデルの深化を図るために必要となるデータから本研究の成果を整理した。

(1) 物流施設立地モデル（第3章）

①政策変数に対するモデルの感度の検証

◆ モデル分析の課題やモデルの深化の方向性

本研究の施設立地モデルは、単年度のデータで構築されたものである。人口配置や交通サービス水準等が物流施設立地に与える影響を表すパラメータの妥当性を検証するためには、説明変数や被説明変数が観測されている過去や将来のデータで再現性をチェックする必要がある。

◆ 次期物資流動調査で必要となる調査項目

- ・ 物流施設立地データは、第4回物資流動調査で初めて調査されものであり、単年度(2003)のデータしか存在しない。
- ・ 施設立地データを次回物資流動調査でも調査することで、モデルの妥当性が検証可能となる。

②集配送コストの明示的なモデルへの導入

◆ モデル分析の課題やモデルの深化の方向性

本研究の施設立地モデルは、実際の施設立地データを用いて離散選択モデルで構築しているが、それぞれのサンプルの搬入・搬出のコストは直接モデルの説明変数としていない。施設立地モデルの既存研究には、集配送コスト等を明示的に取り扱ったモデル構築の事例もあり、今後の課題である。

◆ 次期物資流動調査で必要となる調査項目

- ・ 第4回物資流動調査では、調査対象である工場や物流施設の搬出・搬入貨物量を市区町村単位で調査している。
- ・ これらのデータは、工場や物流施設の立地メカニズムの分析やモデル化に活用可能と考えられ、次回物資流動調査でも調査することが望まれる。

③厳密な土地利用均衡モデルへの発展

◆ モデル分析の課題やモデルの深化の方向性

土地利用均衡モデルの既存研究には、異なる種類の施設立地の競合関係を取り扱ったモデル分析事例がある。本研究の施設立地モデルでは、土地利用均衡を近似的に取り扱っているが、住宅や商業施設などの施設への土地供給データ等が利用可能になれば、土

土地利用均衡を厳密にモデル化可能であり、より正確に施設種類間の競合関係を明らかにすることが可能となる。

◆ 次期物資流動調査で必要となる調査項目

- ・ 工場や物流施設といった施設に関しては、第4回物資流動調査と同様に調査することが必要である。
- ・ また、土地利用均衡モデルの適用のためには、商業施設や住宅についても、人口、商業販売額といった統計データの他、建築着工データ等も活用して、施設立地データを別途作成することが重要となる。

(2) 大型貨物車経路選択モデル（第4章）

① 時系列での経路選択特性の変化の分析

◆ モデル分析の課題やモデルの深化の方向性

特車申請データや道路情報便覧は毎年更新される情報であるため、今後、時系列の変化が分析できる。近年、様々な有料道路料金政策が試行され、その社会実験も多くの区間で実施されており、特車申請データを分析することで、海上コンテナ車などの大型貨物車の「有料道路料金感度」がより分析可能となる。

◆ 次期物資流動調査で必要となる調査項目

- ・ 特車申請は、毎年データが更新可能であり、物資流動調査でも、流動量データと合わせて、海上コンテナの経路データを作成することが、物流ネットワークの分析上有効である。
- ・ また、道路情報便覧から貨物車の通行支障を含むネットワークデータを作成することで、物流ネットワークの分析を効率的に行うことが可能となる。

② 観測交通量によるモデルの精度の検証

◆ モデル分析の課題やモデルの深化の方向性

通常、自動車の配分交通量推計結果は、道路交通センサス（一般交通量調査）などの観測交通量の再現性をチェックして検証される場合が多い。本研究で行ったシミュレーションについても、海上コンテナ車の断面交通量の再現からチェックすることが望ましいが、道路交通センサスでは、海上コンテナ車を区分して調査していない。今後、このような観測交通量を用いたモデルの再現性チェックが課題となる。

◆ 次期物資流動調査で必要となる調査項目

- ・ 海上コンテナ車や大型貨物車の観測交通量を調査することで、道路上の貨物車交通状況を正確に確認することができ、モデルの精度検証が可能となる。
- ・ 第4回物資流動調査でも、海上コンテナ車や大型貨物車の断面交通量調査が実施されており、次期物資流動調査でも同様の取り組みが重要である。

③ 海上コンテナ車以外の車両の経路選択モデルへの適用

◆ モデル分析の課題やモデルの深化の方向性

大型貨物車に対応した物流ネットワークを検討するためには、本研究で対象とした海上コンテナ車以外も含めて、最新の経路選択データを用いた分析が必要となる。

◆ 次期物資流動調査で必要となる調査項目

- ・ 第4回物資流動調査では、事業所へのアンケート調査により経路データを調査しているが、乗用車などでは、車両の位置・方向・速度などの情報を情報機器で収集するプローブ調査等を活用した経路データ調査が収集する試みが行われている。
- ・ 貨物車でも、プローブ機器を活用した効率的な経路調査や、企業の貨物車運行管理で収集されるデータなどを利用して経路データを作成し、海上コンテナ車以外の貨物車も対象とした経路選択モデル分析に活用することが有効である。

(3) 物流施設立地選択と大型貨物車経路選択の連動 (第5章)

① 物資流動の交通モデルの深化

◆ モデル分析の課題やモデルの深化の方向性

(発生・集中モデルの交通モデルへの組み込み)

第3章で構築した施設立地モデルには工場や商業施設も含まれる。これらの施設配置によって本来は物資流動の真の発着地も変化すると想定される。「搬入」の流動量における発地と、「搬出」の流動量における着地を対象として、発生交通量モデルや集中交通量モデルが必要になる。これらの交通需要のメカニズムは現段階では不明な点が多く、このようなメカニズムの解明やモデル化が今後の課題となる。

(物資流動の質的变化の交通モデルへの組み込み)

物資施設の立地場所の変更に伴って、施設規模、集配送のロットサイズ、輸送手段などが変化する可能性があり、物資流動における「土地利用・交通モデル」においても、これらの要因をモデルに組み込むことが、今後の課題となる。

◆ 次期物資流動調査で必要となる調査項目

- ・ 第4回物資流動調査では、調査対象である工場や物流施設の搬出・搬入貨物量を市区町村単位で調査している。これらのデータは、交通モデルに関する物資流動のメカニズムの分析やモデル化に活用可能と考えられ、次回物資流動調査でも調査することが望まれる。

これらを整理すると、参考表1の通りである。

参考表 1 本研究におけるモデル分析上の課題と必要となるデータ (その 1)

	本研究におけるモデル分析上の課題	課題への対応で必要となるデータ
第 3 章 物流施設 立地モデル	<p>①政策変数に対するモデルの感度の検証</p> <p>本研究の施設立地モデルは、単年度のデータで構築されたものである。人口配置や交通サービス水準等が物流施設立地に与える影響を表すパラメータの妥当性を検証するためには、説明変数や被説明変数が観測されている過去や将来のデータで再現性をチェックする必要がある。</p>	<p>a) 施設立地データの継続的な調査</p> <ul style="list-style-type: none"> 物流施設立地データは、第 4 回物資流動調査で初めて調査されたものであり、単年度(2003)のデータしか存在しない。施設立地データを次回物資流動調査でも調査することで、モデルの妥当性が検証可能となる。
	<p>②集配送コストの明示的なモデルへの導入</p> <p>本研究の施設立地モデルは、実際の施設立地データを用いて離散選択モデルで構築しているが、それぞれのサンプルの搬入・搬出のコストは直接モデルの説明変数としていない。</p> <p>施設立地モデルの既存研究には、集配送コスト等を明示的に取り扱ったモデル構築の事例もあり、今後の課題である。</p>	<p>b) 物流施設の搬出・搬入データの調査</p> <ul style="list-style-type: none"> 第 4 回物資流動調査では、調査対象である工場や物流施設の搬出・搬入貨物量を市区町村単位で調査している。 これらのデータは、工場や物流施設の立地メカニズムの分析やモデル化に活用可能と考えられ、次回物資流動調査でも調査することが望まれる。
	<p>③厳密な土地利用均衡モデルへの発展</p> <p>土地利用均衡モデルの既存研究には、異なる種類の施設立地の競合関係を取り扱ったモデル分析事例がある。</p> <p>本研究の施設立地モデルでは、土地利用均衡を近似的に取り扱っているが、住宅や商業施設などの施設への土地供給データ等が利用可能になれば、土地利用均衡を厳密にモデル化可能であり、より正確に施設種類間の競合関係を明らかにすることが可能となる。</p>	<p>c) 多様な施設の立地データの整備</p> <ul style="list-style-type: none"> 工場や物流施設といった施設に関しては、第 4 回物資流動調査と同様に調査することが必要である。 また、土地利用均衡モデルの適用のためには、商業施設や住宅についても、人口、商業販売額といった統計データの他、建築着工データ等も活用して、施設立地データを別途作成することが重要となる。
第 4 章 大型貨物 車経路選 択モデル	<p>④ 時系列での経路選択特性の変化の分析</p> <p>特車申請データや道路情報便覧は毎年更新される情報であるため、今後、時系列の変化が分析できる。近年、様々な有料道路料金政策が試行され、その社会実験も多くの区間で実施されており、特車申請データを分析することで、海上コンテナ車などの大型貨物車の「有料道路料金感度」がより分析可能となる。</p>	<p>d) 貨物車経路データの時系列データの整備</p> <ul style="list-style-type: none"> 特車申請は、毎年データが更新可能であり、物資流動調査でも、流動量データと合わせて、海上コンテナの経路データを作成することが、物流ネットワークの分析上有効である。 また、道路情報便覧から貨物車の通行支障を含むネットワークデータを作成することで、物流ネットワークの分析を効率的に行うことが可能となる。
	<p>⑤ 観測交通量によるモデルの精度の検証</p> <p>通常、自動車の配分交通量推計結果は、道路交通センサス(一般交通量調査)などの観測交通量の再現性をチェックして検証される場合が多い。本研究で行ったシミュレーションについても、海上コンテナ車の断面交通量の再現からチェックすることが望ましいが、道路交通センサスでは、海上コンテナ車を区分して調査していない。今後、このような観測交通量を用いたモデルの再現性チェックが課題となる。</p>	<p>e) 貨物車経路データの時系列データの整備</p> <ul style="list-style-type: none"> 海上コンテナ車や大型貨物車の観測交通量を調査することで、道路上の貨物車交通状況を正確に確認することができ、モデルの精度検証が可能となる。 第 4 回物資流動調査でも、海上コンテナ車や大型貨物車の断面交通量調査が実施されており、次期物資流動調査での同様の取り組みが重要である。

参考表 1 本研究におけるモデル分析上の課題と必要となるデータ (その 2)

	本研究におけるモデル分析上の課題	課題への対応で必要となるデータ
第 4 章 大型貨物 車経路選 択モデル	<p>⑥ 海上コンテナ車以外の車両の経路選択モデルへの適用</p> <p>大型貨物車に対応した物流ネットワークを検討するためには、本研究で対象とした海上コンテナ車以外も含めて、最新の経路選択データを用いた分析が必要となる。</p>	<p>f) 情報機器を活用した貨物車経路データの調査</p> <ul style="list-style-type: none"> 第 4 回物資流動調査では、事業所へのアンケート調査により経路データを調査しているが、乗用車などでは、車両の位置・方向・速度などの情報を情報機器で収集するプローブ調査等を活用した経路データ調査が収集する試みが行われている。 貨物車についても、プローブ機器を活用した効率的な経路調査や、企業の貨物車運行管理で収集されるデータなどを活用して経路データを作成し、海上コンテナ車以外の貨物車も対象とした経路選択モデル分析に活用することが有効である。
	<p>⑦ 海上コンテナ車等による流動量データの調査</p> <p>本研究では、特車申請データの経路データは、事業者が通行許可を申請した経路データであり流動量がデータ化されているものではない。そのため、本研究では、港湾からの海上コンテナ車による流動量データを、別途、港湾統計（陸上出入貨物調査）（2003）等から作成して、申請経路に流動量データを付加して分析に用いた。東京港の陸上出入貨物調査は、本研究で用いた 2003 年以降は実施されていないため、今後、本研究で示した分析を時点更新して実施する場合、港湾貨物流動量を別途調査する必要が生じる。</p>	<p>g) 港湾を対象にした流動量の調査</p> <ul style="list-style-type: none"> 海上コンテナ車や大型貨物車の観測交通量を調査することで、道路上の貨物車交通状況を正確に確認することができ、モデルの精度検証が可能となる。 第 4 回物資流動調査でも、海上コンテナ車や大型貨物車の断面交通量調査が実施されており、次期物資流動調査でも同様の取り組みが重要である。
第 5 章 物流施設 立地選択 と大型貨 物車経路 選択の連 動	<p>⑧ 発生・集中モデルの交通モデルへの組み込み</p> <p>第 3 章で構築した施設立地モデルには工場や商業施設も含まれる。これらの施設配置によって本来は物資流動の真の発着地も変化すると想定される。「搬入」の流動量における発地と、「搬出」の流動量における着地を対象として、発生交通量モデルや集中交通量モデルが必要になる。これらの交通需要のメカニズムは現段階では不明な点が多く、このようなメカニズムの解明やモデル化が今後の課題となる。</p>	<p>h) 物流施設の搬出・搬入データの調査 (b と同様)</p> <ul style="list-style-type: none"> 第 4 回物資流動調査では、調査対象である工場や物流施設の搬出・搬入貨物量を市区町村単位で調査している。 これらのデータは、第 5 章における交通モデルに関する物資流動のメカニズムの分析やモデル化に活用可能と考えられ、次回物資流動調査でも調査することが望まれる
	<p>⑨ 物資流動の質的变化の交通モデルへの組み込み</p> <p>物資施設の立地場所の変更に伴って、施設規模、集配送のロットサイズ、輸送手段などが変化する可能性があり、物資流動における「土地利用・交通モデル」においても、これらの要因をモデルに組み込むことが、今後の課題となる。</p>	

本学位論文に係る既発表の学術論文等

1. 公表論文（学位論文内容にかかわるもので、審査付論文のもの）

（第1著者である論文）

- 1) 萩野保克・遠藤弘太郎(2007):「立地選択モデルを用いた東京都市圏における物流施設の立地ポテンシャル分析」, 土木計画学研究・論文集, No.24, pp.103-110
- 2) Yasukatsu HAGINO・Tetsuro HYODO・Kotaro ENDO・Ryuta NISHI(2010):「Truck Route Choice Analysis by Traffic Application Data」, T-LOG 2010, CD-ROM(A-89)
- 3) 萩野保克・兵藤哲朗(2011):「特殊車両通行許可申請電子データを用いた海上コンテナ車の流動分析」, 交通工学, vol.46, No.3, pp.58-pp.65
- 4) 萩野保克・兵藤哲朗・宮原ゆい(2011):「特車申請電子データ及び道路情報便覧データを用いた海上コンテナ車の経路選択特性」, 土木学会論文集D3(土木計画学), Vol.67, No.5, pp.599-610
- 5) 萩野保克・遠藤弘太郎・兵藤哲朗(2011):「土地需給バランスを考慮した施設立地モデルによる東京都市圏の物流施設配置分析」, 都市計画論文集, Vol.46, No.3, pp.859-864

（共著者である論文）

- 1) 兵藤哲朗・遠藤弘太郎・萩野保克・西隆太(2009):「Path Size Dial Logit モデルの提案とその適用可能性」, 交通工学, Vol. 44, No. 5, pp. 66-75
- 2) Tetsuro HYODO・Hirohito KUSE・Yasukatsu HAGINO, Hideki TAKEBAYASHI and Kotaro ENDO(2008):「Modeling Logistics Location Choice and Truck Route Choice Behavior by Tokyo Metropolitan Region Freight Survey」, Innovation in City Logistics, pp.231-248

2. 参考論文（学位論文内容にかかわるもので、審査付論文以外のもの）

- 1) 萩野保克・塚田幸広・皆川武士(2006):「道路上の貨物流動状況の推計に関する研究」, 土木計画学研究・講演集, No. 33, CD-ROM
- 2) 田宮佳代子・萩野保克・澤江暁子・苦瀬博仁(2006):「都市交通計画からみた東京都市圏の物流の実態 第4回東京都市圏物資流動調査から」, 土木計画学研究・講演集, CD-ROM
- 3) 萩野保克(2007),「大規模物流拠点と都市づくり」, 都市計画, Vol.56, No.2, pp.43-48

3. 学会発表（学位論文内容にかかわる学会発表（○は発表者））

- 1) ○Yasukatsu HAGINO(2006):「Abstract of Tokyo Metropolitan Area Freight Survey in 2004」, The EASTS IRG Seminar and the preparatory Meeting for 2nd T-log conference
- 2) ○Yasukatsu HAGINO・Tetsuro HYODO・Kotaro ENDO・Ryuta NISHI(2010),「Truck Route Choice Analysis by Traffic Application Data」, The 3rd International Conference on Transportation and Logistics(T-LOG 2010)
- 3) ○萩野保克・遠藤弘太郎(2006):「立地選択モデルを用いた東京都市圏における物流施設の立地ポテンシャル分析」, 第34回土木計画学研究発表会

- 4) ○萩野保克・兵藤哲朗・宮原ゆい(2010):「特車申請電子データ及び道路情報便覧データを用いた海上コンテナ車の経路選択特性」, 第42回土木計画学研究発表会
- 5) ○萩野保克・遠藤弘太郎・兵藤哲朗(2011):「土地需給バランスを考慮した施設立地モデルによる東京都市圏の物流施設配置分析」, 第46回日本都市計画学会学術研究論文発表会
- 6) ○萩野保克(2008):「東京都市圏物資流動調査について」,「政策評価のための都市圏物流の調査とモデリング」ワンデーセミナー(土木計画学「物流の調査・モデル化・評価の方法論に関する研究」小委員会)
- 7) ○萩野保克(2010):「特車電子化データを用いた貨物車ネットワーク分析」,「安心安全かつ健康快適な社会を創造するロジスティクスシステム」ワンデーセミナー(土木計画学「安心安全かつ健康快適な社会を創造するロジスティクスに関する研究」小委員会)
- 8) ○Tetsuro HYODO・Hirohito KUSE・Yasukatsu HAGINO,・Hideki TAKEBAYASHI and Kotaro ENDO(2007):「Modeling Logistics Location Choice and Truck Route Choice Behavior by Tokyo Metropolitan Region Freight Survey」, The 5th International Conference on City Logistics
- 9) ○Tetsuro HYODO・Yasukatsu HAGINO(2010):「Modeling Truck Route Choice Behavior by Traffic Electronic Application Data」, Innovations in Freight Demand Modeling and Data A Transportation Research Board SHRP 2 Symposium

4. 著書 (学位論文内容にかかわる著書)

- 1) (共著)「都市の物流マネジメント, 苦瀬博仁・高田邦道・高橋洋二編著, 勁草書房」
執筆担当 第3章 3.2 物流にかかわる総合的な計画制度
3.4 交通ネットワークにかかわる計画制度
- 2) (共著)「交通工学ハンドブック 2008, 社団法人交通工学研究会」
執筆担当 第9章 交通計画のための調査 9.4 物資流動調査
第15章 物流計画 15.4 物流計画のための調査と解析と予測

5. 受賞 (学位論文内容にかかわる受賞)

- 1) Transportation Research Board (アメリカの交通学会) が主催するシンポジウムで最優秀賞 (Best Overall Presentation) を受賞 (学会発表の 9))
- 2) 共同著書である「都市の物流マネジメント, 苦瀬博仁・高田邦道・高橋洋二編著, 勁草書房」が日本物流学会賞 (著作賞) を受賞

謝 辞

本研究は、私が勤務する一般財団法人計量計画研究所にて担当した、第4回東京都市圏物資流動調査におけるモデル分析がベースとなっています。

第4回物資流動調査では、行政が設置した検討会の座長を苦瀬博仁先生（東京海洋大学教授）が務められ、兵藤哲朗先生（東京海洋大学教授）は検討会の委員でした。また、兵藤哲朗先生は、検討会の中でデータ解析を担当した「解析ワーキンググループ」の座長でもありました。第4回物資流動調査の終了後、その研究成果を、兵藤哲朗先生と私の連名で国内外の学会で発表している中で、都市の物流施策立案における物流施設立地モデルや大型貨物車経路選択モデルの活用の深化という本研究のテーマが定まってきました。そのため、本研究を主査として指導していただいた兵藤哲朗先生からは、私が東京海洋大学の社会人博士課程に入学する以前から、本研究のテーマに対して指導を受けていました。また、兵藤哲朗先生は、私が東京理科大学理工学研究科の修士課程の学生であった時に、助手として東京理科大学に赴任され、そこでも指導を受けた縁でもあります。これは1989年のことであり、修士課程を修了して就職した後も、都市計画、交通計画に関する業務で相談する機会も多かったため、実に四半世紀にわたって指導を受けたこととなります。兵藤哲朗先生の指導がなければ、本研究の成果は無かったことは間違いなく、深く謝意を表します。

苦瀬博仁先生と遠藤申明先生（東京海洋大学教授）には、本研究の副査として論文指導をしていただきました。両先生におかれては、本研究の成果の質をより高める視点から、数多くの重要な示唆を頂きました。大変感謝しており、深く謝意を表します。特に、苦瀬博仁先生におかれては、私が第4回物資流動調査の主担当になる前から、勤務先である計量計画研究所が設置した自主研究の中で、「そもそも物流とは何か？」という根本的なところから指導していただきました。物流に関して全く予備知識のなかった当時の私にとっては、物流に関する講義をゼロから受講したようなものでした。このような基礎的な知見がなければ、本研究自体が、学術研究として成立しておらず、苦瀬博仁先生には、深く謝意を表します。

本研究に関係する既発表論文の多くは、株式会社ライテックの遠藤弘太郎氏や西隆太氏との連名の論文です。物流施設立地モデルも大型貨物車経路選択モデルも、遠藤氏や西氏をはじめとする株式会社ライテックの方々との議論によって積み上げられたものです。また、第4章の経路選択モデルによる分析は、宮原ゆい氏（株式会社建設技術研究所）が、東京海洋大学の修士課程在学中に精力的に取り組んだ研究がベースになっています。このような共同研究者の皆様との議論の上に、本研究は成り立っており、深く謝意を表します。

東京海洋大学海洋工学部流通情報工学科の地域計画研究室の学部・修士・博士の学生の皆さんには、私があまり研究室に行くことができない中、私の大学での研究活動を様々な

面でサポートしていただきました。深く感謝いたします。

本研究を行っている期間、谷口栄一先生（京都大学教授）が小委員長を務められている、土木計画学研究委員会の都市物流に関する研究小委員会に参加させていただきました。ここでは、谷口栄一先生をはじめとして、山田忠史先生（京都大学准教授）、佐野可寸志先生（長岡技術科学大学教授）、柴崎隆一先生（国土政策技術総合研究所）といった、本研究でも多くの学術論文をレビューさせていただいている、都市物流のモデリングに関する先駆的な研究者の皆様と、直接、議論する機会を持つことができました。また、同小委員会が開催したワンデーセミナーでは、本研究に関する発表の機会をいただき、その質疑の中で、多くの貴重な示唆をいただきました。これらは、本研究を進める上での刺激となっており、同小委員会のメンバーの皆様にも、深く感謝いたします。

また、本研究の成果には、高山純一先生（金沢大学教授）や中山晶一朗先生（金沢大学准教授）と共同で行った「ネットワーク解析に関する合同ゼミ」での議論が反映されています。特に、第4章の経路選択モデルの推定におけるブートストラップ法の適用の可能性は、高山純一先生から、このゼミで示唆を頂いたものです。金沢の美味しい日本酒と楽しいお話へのお礼も含めて、ここに謝意を表します。

平成24年2月8日の本研究の公開発表会には、多くの皆様に参加していただき、多くの貴重な示唆をいただきました。ここに謝意を表します。特に、私が学部・修士で在籍した東京理科大学理工学部土木工学科の計画研究室からは、当時の私の指導教官であった内山久雄先生（東京理科大学教授）に参加していただいた他、岩倉成志先生（芝浦工業大学教授）、武藤雅威先生（鉄道総合技術研究所）という先輩方や、多くの後輩の皆さんに参加していただきました。また、この3年間、社会人博士課程での研究を理解し、支援していただいた一般財団法人計量計画研究所からも、杉田浩氏（上席研究員）、毛利雄一氏（企画・営業部長）をはじめとして、多くの研究員に参加していただきました。深く感謝いたします。

最後に、私事ではありますが、働きながら大学で研究するという社会人博士課程は、家族の協力がなければ成立しません。この3年間の博士課程を温かく支えてくれた家族に感謝いたします。

以上