

14. 物流業務の実態を踏まえた配送ルート設計方法の研究

東芝物流	学生会員	○坪井竹彦
東京商船大学	正会員	高橋洋二
東京商船大学	正会員	兵藤哲朗
東芝物流		黒川隆司

1. 研究の背景と目的

製造業をはじめとする企業物流の配送業務は、配送先が主に事業所(店舗、事務所など)であり、配送先から毎日かつ定時の配送を要求される事例が多い。配送先が定時配送を要求する理由として、①荷受業務を日々の業務に計画的に組み入れたい、②荷受後、その配送先から他の顧客への配送業務が控えており、これを計画化したい、といったことが挙げられる。

企業物流の多くは、物流業にその業務を委託しているが、物流業においては、「配送先への定時配送」を維持するため、固定ルート(1台のトラックが配送する配送先とその順路が固定されている場合を固定ルートと呼び、一般的にドライバーも固定されている場合が多い)による配送が一般的である。固定ルートを採用する理由は、①各配送先への定時運行を確保することが容易である、②定まった車両数によって運行できるので、日々の運行管理が容易である、という点を挙げることができる。

しかし、想定される最大物量にあわせてルート設定がなされることが多いので、通常は積載率の低い状態で配送している。昨今では、景気低迷により配送物量は減少しつつあり、現在の固定ルートによる配送は積載率の一層の低下を招くこととなっている。

一方、膨大な数のルートを再設計するには、多数の配送先の時間指定を考慮しなければならず、人の勘と経験によるルート設計では、ほぼ対応不可能であると考えられている。また、配送業務の最適化を図る手法は数多く存在するが、物流業務の実情を踏まえることが困難で、実際に使用するには問題が多い。

ところで、近年は交通量の削減や環境負荷の低減といった社会的な要請が強まっており、物流車の削減は、社会的にも重要な課題となっている。物流は企業の経済活動の結果生ずるものであるか

ら、交通や環境の改善を図るためには、企業の経済活動や物流行動の詳細な分析を踏まえた施策が必要である。

そこで、本研究では、計量的な指標に基づき、かつ物流業の実態を踏まえた新たなルート設計方法を、ケーススタディを通じ提案することを目的としている。

2. 既存研究と本研究の特徴

都市内の貨物集配送に関する研究については、地域全体のロジスティクスを最適化するためのアプローチ方法をモデル化し、評価および将来の展望を行っているもの¹⁾や、政策実施の評価を行うため、マクロな集配送計画モデルを構築していたもの²⁾がある。また顧客サービスとコストのトレードオフの検討方法を提案しているもの³⁾や、数種の交通管理政策を、個々のトラックの運行シミュレーションにより評価をしたもの⁴⁾、などがある。

しかし、物流業務の実態を踏まえ、物流業の経営改善の視点から研究した事例は見られない。本研究は、実際の企業を取り上げ、配送業務を詳細に分析するとともに、配送業務の実態を踏まえ、より合理的なルート設計方法を提案するところに特徴がある。

3. 本研究の分析手順

物流業務の実態を踏まえた配送ルート設計を行うために、大手物流業者をケーススタディの対象として取り上げ、以下の手順で分析を進めることとした。

- ①ケーススタディとして取り上げた物流業者が、現在採用している固定ルート配送の問題点を抽出する。
- ②物流業者が採りうる改善策を、実態調査や実務担当者へのヒアリングにより整理する。
- ③荷主や配送先の条件、物流業者が所有する人的・物的ストックなどの実態を踏まえ、新たな固定ルート設

計方法を提案する。

④提案したルート設計方法の有効性を検証する。

4. ケーススタディの対象となる A 物流業者の概要

A 物流業者は、年間の売上が約 1000 億円であり、年間の輸配送トン数は約 200 万トンである。A 物流業者の輸配送に関わる特徴として、次の2点があげられる。①半導体のような微小な製品から、発電プラントのような超重量製品まで、様々な大きさの製品を輸配送できる技術を保有している、②日本全国への配送を可能とする配送ネットワークを保有している。

A 物流業者は、B 総合電機の物流子会社として設立されており、現在も B 総合電機の物流業務の大半を受託している。なかでも B 総合電機の家電製品を販売店へ輸配送する業務を受託していて、これに関わる年間輸配送トン数は約 74 万トンである。輸配送業務は、①B 総合電機の家電製品工場から全国に点在する A 物流業者の 9 支店(A 物流業者では、物流センターを支店と称している)へ輸送する業務と、②支店から販売店へ配送する業務に分かれている。②の配送業務の場合、支店から販売店に向けて、日本全域で、毎日、固定ルートにより定時配送を行っている。本研究では、支店から販売店への配送業務に焦点をあてることとし、A 物流業者が保有する9支店の中で、最大の規模を有する首都圏の1支店の配送業務(配送車数 101 台)をケーススタディの対象とした。

5. 現状の固定ルートによる配送の問題点の抽出とその対策の検討

実態調査と実務担当者へのヒアリングを通じて、現状の固定ルートによる配送の問題点、およびその改善の方向を以下の5項目に整理した。

①現状の固定ルートを設定してから数年が経過し、長期的な物量の減少に伴い積載効率が悪化している。しかし、100 を越える固定ルートがあり、短時間での人手による見直しを行うことは不可能である。そこで、迅速な見直しを可能とするため、配送シミュレータを活用することとした。

②現在は想定される最大物量に対応したルート設定となっており、通常時の積載率の悪化を招いている。そこで、全配送日のうち、物量の多い約2割の日につ

いては固定ルートの他に、臨時の配送車を備車し対応することとした。

③ルートを再設計すると配送先への到着時間が変わってしまい、荷主が配送先と確約している時間が守れない可能性がある。そこで、荷主と協議した結果、全配送先の約5%に相当する重要配送先については、従来どおりの配送時間指定を踏襲することとなった。また、その他の配送先については、新ルートが新たな到着時刻にて定時配送を行うことを荷主に説明し、了解を得た。

④一般的に、ドライバーが日々変わることを配送先は嫌う。そこで、新ルートでは従来のドライバーから新しいドライバーに代わっても、以降は同一ドライバーが配送するという条件で、荷主の合意を得た。

⑤配送先は 10:00~16:00 の間に配送されることを条件としている。そこで、設計されたルートについて、この時間制約を厳守できるかどうかの検証が必要となる。しかし、配送車を実走させ検証することは、時間とコストがかかりすぎるので、配送シミュレータを使用して、設計ルートの効果を検証することとした。なお、予め配送シミュレータの精度を検証しておくことが必要と考えた。

6. 配送シミュレータの概要と精度検証

6-1 配送シミュレータの概要

本研究では、配送シミュレータとして「ぶつりゅうくん」を使用した。「ぶつりゅうくん」は(株)コーベック社製のソフトでありパソコン上で動作し、最適化のロジックとしては、SA(Simulated Annealing)⁵⁾を使用している。具体的には倉庫や配送先の住所を、コンピューター上の電子地図に登録し、トラックの最大積載容量と配送先の物量を考慮しながら、最適配送ルートを探す。なお、配送案算出に使用するパラメータは次の5つである。

①走行スピード、②車両稼働時間、③荷卸時間の設定、④1車両の最大積載容量、⑤配送先時間指定

6-2 配送シミュレータの精度検証

実際の配送車両の挙動とシミュレータ結果を、以下の2通りの方法により比較し、精度を検証した。

①シミュレーション結果で示されたルートを、実際に配送車が走行し、両者の所要時間を比較した(表-1)。

表-1 シミュレータと実走の所要時間検証

		支店出発時間	支店到着時間
A車	シミュレータ	9:00	14:00
	実走	9:00	12:50
B車	シミュレータ	9:00	15:50
	実走	9:00	15:20

表-2 実走とシミュレータの所要時間検証

		最初店舗到着時間	最後店舗到着時間
C車	実走	8:05	10:10
	シミュレータ	8:05	9:41
D車	実走	13:30	16:30
	シミュレータ	13:30	16:00

シミュレーション結果と実走の時間差が大きかったA車でも、その差は約1時間にとどまっている。これは、事故や雨天時の渋滞で発生する遅れの範囲内であり、シミュレータとして使用に耐えうると判断できる。

②ドライバーから実運行データ(配送先住所、物量、到着時間)を聴取し、シミュレータにこのデータを入力し、配送ルートを出させ、両者の所要時間を比較した(表-2)。両者の時間差は約30分であり、①と同様に、使用に耐えうると判断できる。

7. 新たなルート設計方法の提案

以上の点を踏まえ、新たなルートを決める設計プロセスを作成した(図-1)。

①各配送先への配送実績データを3ヶ月分収集し、各配送先の日別平均物量を算出する。その結果、日々の配送物量は正規分布し、その標準偏差が、平均値のおおむね1/2程度になることが明らかとなった。

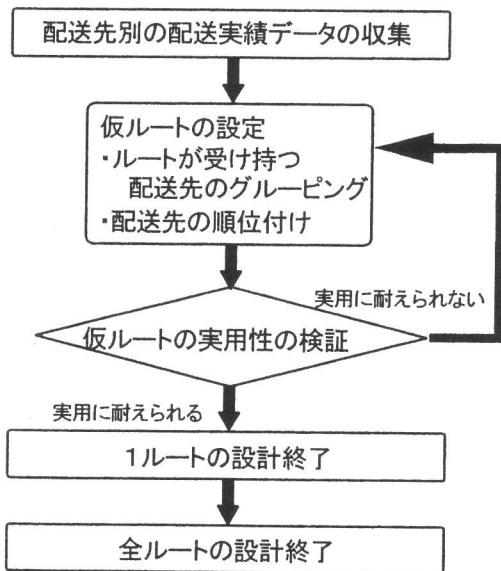


図-1 ルート設計手順

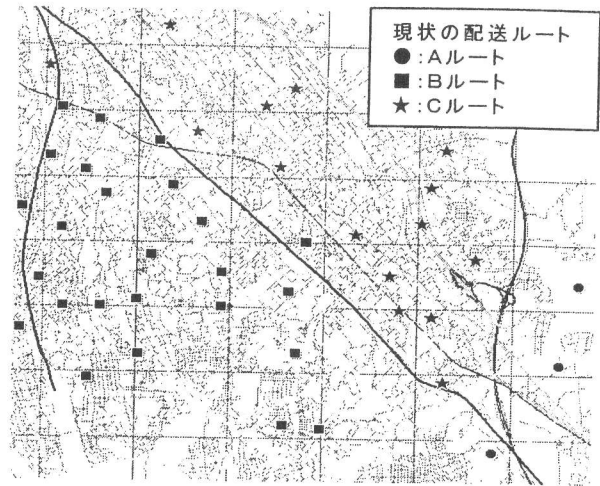


図-2 配送先のプロット

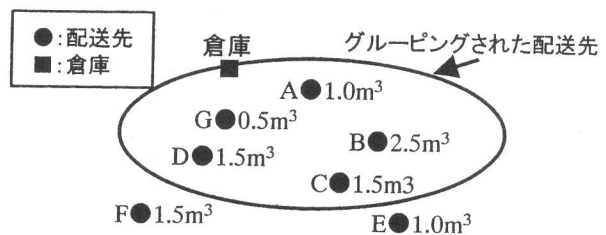


図-3 配送先のグルーピング

②現在、A 物流業者は、配送業務に2t車トラック(最大積載容積は 10m³)を使用しており、最大物量に合わせてルートが設定されている。配送物量は日々変動しているから、固定ルートによる配送では、最大日を除いて積載率は100%を下回る事となる。

一方、A 物流業者は、配送車の平均積載率を最大積載量の7割程度(つまり7m³)とするのが、最も経済的であることを、経験上得ている。

そこで、グループに属する配送先の日別平均物量の合計が7m³になるように、配送先をグルーピングしていった。すなわち、各配送先を地図上にプロット(図-2)し、その位置と日別平均物量から、1台のトラックが受け持つ配送先を、出発地から近い配送先から順にグルーピングする(図-3)。

なお、平均値 μ を7m³とすると、標準偏差 σ はこの1/2であるから3.5m³となり、最大積載量である10m³を超える確率は、

$$Z = (X - \mu) / \sigma = (10 - 7) / 3.5 = 0.86$$

$$\Phi(0.86) = 0.19$$

となり、約20%となる。ゆえに、積みきれない物量が発生するのは、10日のうち2日程度となり、この2日は増車による配送を行うこととした。

③新たなルートは、各配送先への定時配送を前提と

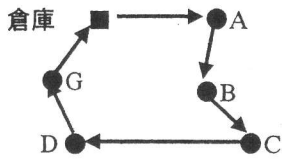


図-4 配送順序の決定

しているから、配送先をグルーピングした後、各配送先の配送順位を決める必要がある。本研究では、配送シミュレータ

を使用し、全配送先を巡回する最短経路と配送順序をもとめた(図-4)。

8. 新たな設計ルート設定方法の評価

シミュレータを使用して、得られた新たなルートの実用性を評価することとした。ここでは、新たなルートが、荷主の指定する時間までに、配送先に到着できるかどうかの確認を行った。

ところで、日々の配送業務においては、その日に発注しない配送先もでてくるから、それらの配送先に立ち寄らなくても良い日が発生する。そこで、3ヶ月間の配送実績データを使用し、物量が最も多い日から順に3日を取り上げ、7章の③で求めた順序通り配送するシミュレーションを実施した(図-5)。

そして、シミュレーション結果について、時間指定と配送先への到着時間が守られるかどうか分析をした。この結果、想定される到着時間は時間指定を満足し、

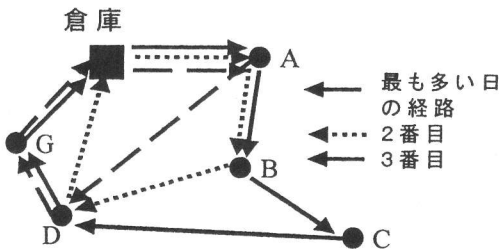


図-5 検証シミュレーション

表-3 シミュレータ結果一覧

	時間指定	1日目	2日目	3日目	想定到着時間
A店		10:30	10:30	10:30	10:30
B店		10:45	10:44	10:47	
C店		10:59	11:06		11:00
D店		11:23	11:30	11:25	11:30
E店			11:46	11:41	
F店		11:44		11:53	
G店		11:54	11:58		
H店			13:15		
I店		13:10	13:22	13:09	13:00
J店			13:33		
K店		13:21		13:16	
L店	14:00~14:30	14:00	14:00	14:00	14:00
M店			14:19		
N店		14:23			
O店		14:42	14:34	14:19	14:30
P店				14:49	
Q店				15:14	
R店		14:55	14:49	15:30	15:00
S店	15:30~16:00	15:30	15:30	16:00	15:30

また時間指定のない配送先に対しても、最大遅れが30分で収まることが明らかとなった。この結果を荷主と協議したところ、荷主の理解と協力を得られることとなった(表-3)。

9. 提案したルート設計方法の有効性の検証

ケーススタディの対象とした支店では、本研究にて提案したルート設計方法を実際に使用し、ルートの見直しを実施しており、その削減効果は、従来の配送コストの約3割になると想定されている。また、その他の支店でもルート見直しを実施しており、削減効果は同様に約3割であった。よって、新ルート設計方法は、A物流業者にとって、物流コストを削減する上で、大きな効果があると評価できる。

10. 結論と今後の課題

本研究では、①配送業務の実態を踏まえ、②配送先の制約条件を考慮し、③短時間での設計を可能とするシミュレータを利用し、④物流コストを削減できる配送ルートの設計方法を提案した。

今後の課題としては、①家電製品以外の品目と積み合わせるコスト削減、②2t車以外の配送車を導入した場合のコスト変化と評価、③支店の数と位置の最適化の検討、④同業他社との協業化の検討、⑤企業の物流行動が与える交通や環境へのインパクトなどを研究していく必要がある。

<参考文献>

- 1) 谷口(2000):シティーロジスティクス、土木計画学研究・講演集、No23(2)、pp1-19
- 2) 家田・佐野・常山(1992):マクロ集配輸送計画モデルの構築とその「地区共同集配」評価への適用、土木計画学研究・論文集、No10、pp247-254
- 3) 松本(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、pp31-38
- 4) 兵藤・高橋・久保・苦瀬・松尾(1996):第31回日本都市計画学会学術研究論文集、pp433-438
- 5) E.Taniguchi, R.G.Thompson, T.Yamada, R.van Duin (2001), City Logistics-Network Modelling and Intelligent Transport Systems, Pergamon, pp34-36