

業務地区における物流共同化方策が交通・環境・物流コストに及ぼす影響に関する研究

地域計画研究室 小池 龍太
 指導教官 高橋 洋二
 兵藤 哲朗

1. 研究の背景

今日、都市内における交通渋滞、環境悪化は深刻な問題となっているが、その大きな要因の一つに自動車交通の 4 割程度を占める物流車があげられている。

都市内物流では物流車から他の輸送手段に転換することは困難であり、物流車交通を抑制、または効率化して交通量を削減することが課題となる。そこで近年では、物流車交通や環境負荷を削減する方策として、物流 TDM 施策のひとつである物流共同化に大きな期待がかけられている。

一方、企業にとって物流コストの削減が大きな課題となっており、これまで企業同士による物流共同化が進められてきたが、都市内の交通渋滞緩和・環境問題改善に大きな効果をもたらすほど普及するには至っていない。

現在、都市内では再開発事業により大規模なオフィスビルが相次いで竣工している。高層ビルでは館内配送に時間を要するため物流業務が非効率になり、交通渋滞や環境悪化は一層深刻になることが予想される。よって、今後官民が協力して物流の共同化を図り、物流車交通の削減・環境の改善を進めていくことが必要であると考えられている。

2. 既存研究と本研究の目的

物流共同化を推進するために、最近では公的セクターと民間セクターが協力して社会実験を実施する事例が増えてきており、平成 14 年には、共同荷捌き場の設置・横持ち共同化・縦持ち共同化・環境自動車の利用・駐車規制誘導・IT 技術の利用など、物流共同化について複数の施策を組み合わせた大規模社会実験が東京丸の内地区で行われた。

社会実験による交通量削減効果・環境改善効果・コストの減少については、定性的・定量的に分析した研究¹⁾²⁾³⁾⁴⁾が出されてきたが、横持ち共同化・共同荷捌き場の設置・路上駐車対策といった個別の施策を評価したものであって、物流の共同化に関する複数の施策を交通・環境などの視点から総合的に評価した研究はみられない。

そこで本研究は、物流の共同化を一定地域内の配送（横持ち）の共同化にとどまらず、ビル内の配送（縦持ち）の共同化にまで拡張した場合の交通、環境、物流コストに及ぼす影響について、東京丸の内地区でおこなわれた実証実験の結果を用い、シミュレーション分析により明らかにすることを目的としている。

3. 丸の内地区物流 TDM 実証実験の概要

(1) 丸の内地区物流 TDM 実証実験の背景

東京丸の内地区は、我が国でも最も古い業務集積地区であるが、将来、業務だけではなく商業・文化の多様な機能を備えた質の高い都市空間として、ビルの建て替えなど再開発事業が推進されている。しかし、再開発に伴い、物流車の増大、環境負荷の増大、路上荷捌きによる交通環境の悪化、高層ビルによる館内配送の所要時間増加などが予想され、これら問題を回避する施策導入の必要性が強く公共セクター・民間セクターのいずれからも認識されてきた。

そこで、まちづくりの主体であるビル管理者・テナント企業・交通事業者が協力し、物流に係わる新しいシステムの導入可能性を検討することになり、その一環として平成 14 年 2 月に、丸の内地区物流 TDM 実証実験⁵⁾が丸の内 2 丁目 2 街区 (図-1) で行われた。

(2) 実証実験の概要

実験対象地区内の 5 つのビル及び周辺道路を対象に、平成 14 年 2 月 1 日の平日 19 日間、8:00 から 17:00 の間、共同配送と駐車マネジメントを実施した (図-2、図-3)。

大手特積み事業者 5 社を幹事会社とした複数の事業者がストックポイント (以下、SP とする) に貨物を集約し、CNG 車により対象地区へ配送する。CNG 車は必ずビルの地下で荷捌きをおこない、貨物は各ビルに配置された縦持ち要員が各フロアまで配送するので、ドライバーは荷降ろし後直ちに地下からビルの外に出ていくことができる (共同配送)。さらに、周辺道路に誘導員を配置して路上駐車抑制と地下荷捌き場への誘導をおこなうとともに、正面玄関からの貨物搬出入を抑制した (駐車マネジメント)。

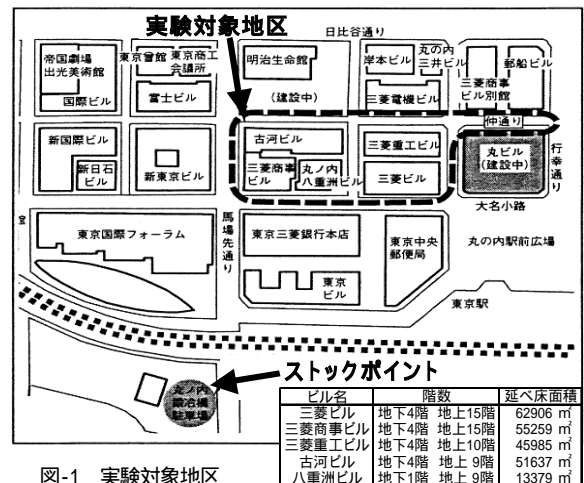


図-1 実験対象地区

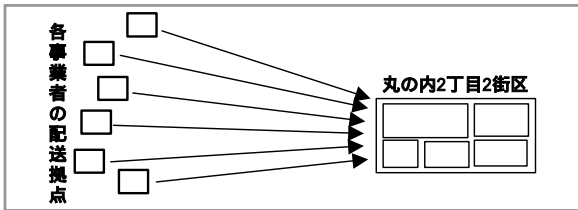


図-2 実験前の配送行動

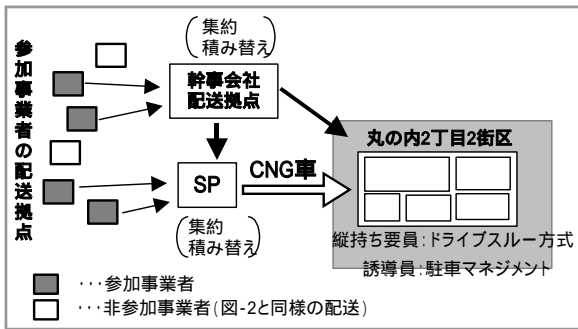


図-3 実験中の配送行動

表-1 共同配送参加率

	丸の内2丁目2街区全体	実験参加	参加事業者割合
事業者(社)	232	18	7.8%
台数(台)	442	32	7.2%
配送個数(個)	1724	383	22.2%

日々の配送業務を記録する業務日誌、実験の効果を計測するための実態調査(事前・事後)などが実施された。

なお、共同配送の参加率は表-1のとおりである。

4. 丸の内地区物流 TDM 実証実験の実験結果

(1) 横持ち共同化の配送行動分析

実験の調査結果から、SP から各ビルへ配送する際の平均配送時間、地下荷捌き所での平均駐車時間など、明らかにすることができた(図-4)。

(2) 縦持ち共同化の配送行動分析

実験中、縦持ち要員がデジタル万歩計を携帯しており、ビル内配送行動の詳細を把握することができた(表-2)。

5. 物流共同化のシミュレーション分析

(1) シミュレーション分析の目的

実験の調査結果から把握された配送行動の実態をもとに、

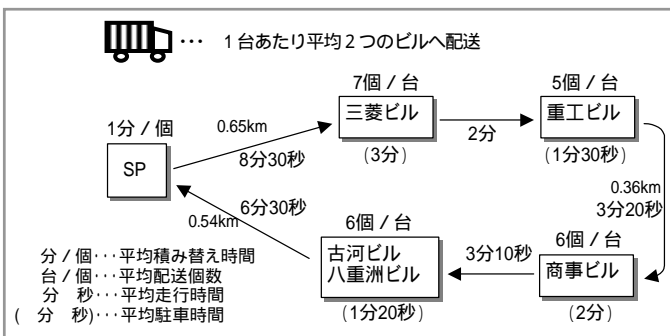


図-4 横持ちの実態

表-2 縦持ちの実態

	午前	午後
1回の縦持ち平均所要時間	11分	2.5分
各フロア平均滞在時間	0.5分/個	0.4分/個
1回の縦持ち平均個数	11個	3個
1日の平均配送頻度	4回	1回

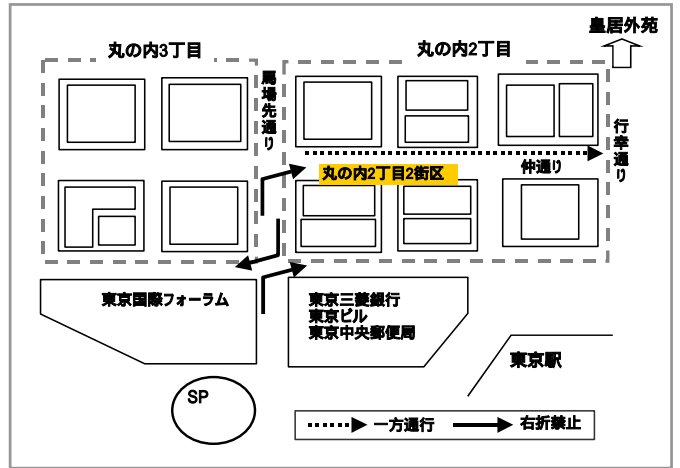


図-5 シミュレーション対象地区

表-3 丸の内2丁目2街区の集中原単位

丸の内2丁目2街区集中原単位	オフィス	物販・飲食
物流車台数(台/100m ² ・日)	0.24	1.93
貨物個数(個/100m ² ・日)	0.80	12.51

従来の配送と物流共同化をおこなった場合をシミュレーションソフトにより再現し、その比較をおこなうことで物流共同化が物流業務に及ぼす効果を明らかにする。

(2) 代替案の設定

実験では丸の内2丁目2街区を対象地区として物流共同化をおこなったが、シミュレーション分析では対象地区を丸の内2丁目、3丁目(以下、シミュレーション対象地区とする)まで拡張する(図-5)。このビルに集中する1日の物流車台数と貨物個数は、2街区のビルについては調査結果から把握されているものを用いるが、その他のビルについては2街区の物流車集中台数、貨物集中個数から有効面積100m²当りの集中原単位(表-3)を算出して推計した。

実際の配送では、路上荷捌きをおこなう場合があるが、シミュレーション分析では物流車は全てビル内地下荷捌き駐車場で荷捌きをおこない、また、来客用のエレベータや一般車用駐車場も使用しないものとする。

(3) ビル内配送シミュレーション

物流車がビル内地下荷捌き駐車場に到着してから貨物が各フロアにエレベータで配送されるまでを、従来の配送と物流共同化をおこなった場合それぞれについて再現し、ビ

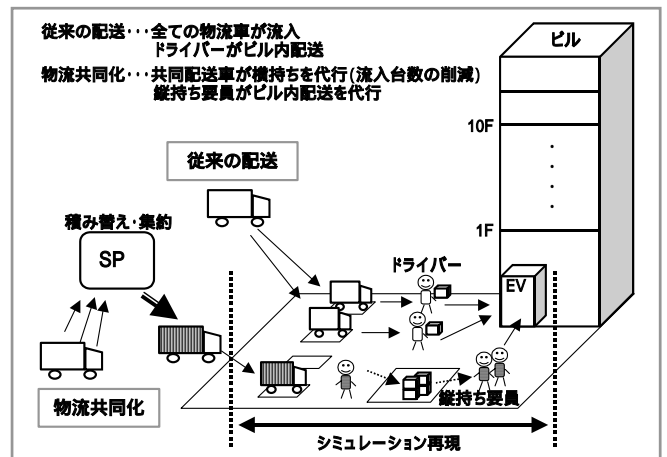


図-6 ビル内配送シミュレーション概念図

表-4 時間帯別シミュレーション対象地区の各ビル物流車集中台数と貨物集中個数

																	合計
物流車 集中台数 (台/日)	8:00～9:30	57	13	18	21	20	19	24	29	19	62	45	31	30	10	41	439
	9:30～12:00	97	22	30	36	34	37	29	46	42	104	76	53	50	17	69	743
	12:00～17:00	124	28	38	46	43	46	39	57	55	133	97	68	64	22	88	950
	合計	278	63	86	103	96	102	92	132	116	299	218	153	145	50	198	2131
貨物 集中個数 (個/日)	8:00～9:30	263	60	82	98	91	73	112	116	118	283	207	145	137	47	188	2020
	9:30～12:00	374	85	116	139	130	65	84	228	218	402	294	206	195	67	267	2869
	12:00～17:00	446	102	138	166	155	74	88	428	120	480	351	246	232	80	318	3424
	合計	1083	247	336	403	376	212	284	772	456	1166	851	596	564	194	772	8313

ル内地下荷捌き駐車場における物流車の駐車待ち台数・待ち時間により共同化の効果を測定する(図-6)

物流共同化をおこなうことにより駐車待ち台数・待ち時間は減少が予想されるが、それは共同化の参加率によるものとする。そこで、物流共同化の参加率を0%(従来の配送)から100%まで10%ずつ上げていき、物流車の待ち台数・待ち時間の変化について分析をおこなう。

ここでは、1日を早朝(8:00～9:30)、午前(9:30～12:00)、午後(12:00～17:00)の3つの時間帯に分けて考えている。各ビルにおける時間帯別の物流車集中台数と貨物集中個数は、表-4のように推計された。

表-4をもとに各ビルの物流車到着時間間隔と1台あたりの配送個数を設定する。例えば、のビルにおける参加率20%の場合では、参加する物流車台数と貨物個数は各時間帯の集中台数・個数に20%を乗じたものとなる(表-5)。参加する物流車に関してはSPで貨物の積み替え・集約がおこなわれ、共同配送車(200個積載可)は固定間隔でSPを出発し、各ビルの地下荷捌き駐車場へ到着することになる。ここでは実験でのスケジュールを採用するものとし、早朝15分間隔、午前30分間隔、午後60分間隔である。参加しない物流車の到着時間間隔は、各時間帯の時間を台数で除したものを指数分布に適用したものとした。物流車1台あたりの配送個数は各時間帯の貨物集中個数を台数で除したものととなる(表-6)。

また、ビル内配送に関する設定は表-7のとおりである。

表-5 のビルにおける参加率20%の参加・非参加別各時間帯の物流車集中台数と貨物集中個数

		参加(20%)		非参加(80%)	
物流車 集中台数 (台/日)	8:00～9:30	62(台)×0.2	12	62(台)×0.8	49
	9:30～12:00	104(台)×0.2	21	104(台)×0.8	83
	12:00～17:00	133(台)×0.2	27	62(台)×0.8	107
	合計	229(台)×0.2	60	299(台)×0.8	239
貨物 集中個数 (個/日)	8:00～9:30	283(個)×0.2	57	283(個)×0.8	227
	9:30～12:00	402(個)×0.2	80	402(個)×0.8	322
	12:00～17:00	480(個)×0.2	96	480(個)×0.8	384
	合計	1166(個)×0.2	233	1166(個)×0.8	932

表-6 のビルにおける参加率20%の参加・非参加別各時間帯の物流車到着時間間隔と配送個数

		参加(20%)		非参加(80%)	
物流車 到着時間間隔 (分/台)	8:00～9:30	15		90(分)÷49(台)	1.83
	9:30～12:00	30		150(分)÷83(台)	1.8
	12:00～17:00	60		300(分)÷107(台)	2.82
		固定間隔		指数分布	
物流車 到着台数 (台/日)	8:00～9:30	90(分)÷15(分) = 6	6	49	
	9:30～12:00	150(分)÷30(分) = 5	5	83	
	12:00～17:00	300(分)÷60(分) = 5	5	107	
	合計		16	239	
配送個数 (個/台)	8:00～9:30	57(個)÷6(台) = 9	9	227(個)÷49(台) = 4	4
	9:30～12:00	80(個)÷5(台) = 16	16	322(個)÷83(台) = 4	4
	12:00～17:00	96(個)÷5(台) = 19	19	384(個)÷107(台) = 4	4

表-7 ビル内配送に関する設定

	従来の配送 (参加率0%)	物流共同化 (参加率10%～100%)
地下荷捌き駐車場における荷捌き時間(分/個)		0.33
各フロアにおける滞在時間(分/個)		0.45
エレベータ速度(秒/フロア)		5
エレベータの貨物許容量(個)		20
縦持ち要員(人)	x	エレベータ基数+1

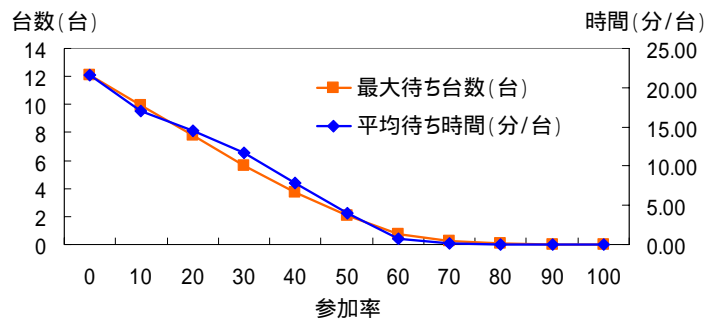


図-7 ビル内配送シミュレーションの結果(～の平均)

その他にも、各ビルのエレベータの基数や荷捌き駐車場の台数、各フロアに配送される貨物の割合などを設定した。

(4)シミュレーション分析の結果

ビル内配送シミュレーションにより、各ビルにおける1日の最大(ピーク時)待ち台数と1台あたりの平均待ち時間が得られた。～全てのビルにおいて、物流共同化の参加率が上昇するにつれて待ち台数・時間ともに解消される結果となった(図-7)。

6. 物流共同化による交通・環境・物流コストの改善効果

(1)改善効果算出方法

ビル内配送シミュレーション分析の結果をもとに、物流共同化が交通・環境・物流コストに及ぼす影響を明らかにするが、ここでは物流共同化の参加率が100%となったときを想定して従来の配送(参加率0%)と比較をおこなう。

(2)交通量の削減効果

シミュレーション対象地区の各ビルに集中する物流車台数は、従来の配送では合計2131台であるが、物流共同化ではSPにおいて貨物を積み替え・集約をおこなうので、各ビルに早朝6台、午前5台、午後5台の16台、ビルは15棟なので合計16台×15=240台である。横持ちの実態より、1台の物流車は平均2つのビルに配送するので、実際に流入する台数は各ビルに流入する台数の半分である。よって物流共同化をおこなうことにより、地区内配送の物流車が2131÷2=1066台から240÷2=120台になり、地区内配送のための物流車を10%程度にまで削減できることになる。

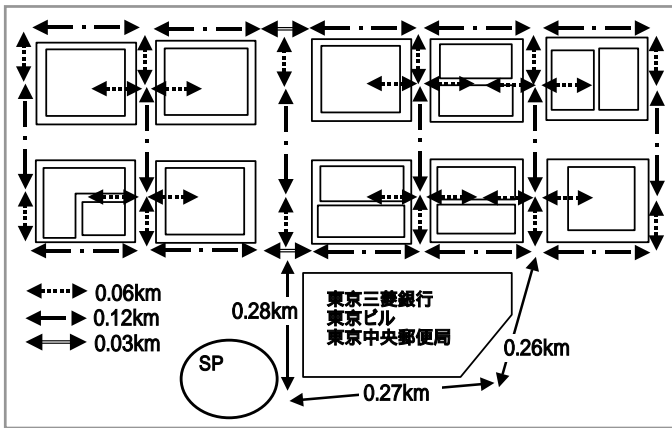


図-8 物流車の走行経路

(3) 環境負荷の削減効果

物流車がシミュレーション対象地区を走行する経路は、一方通行や右折禁止などの交通規制や、ビル内地下荷捌き駐車場への入り口の位置を考慮すると、物流車が地区内の各ビルへ配送をおこなう際に採る経路は図-8の ←→ の部分であると考えられる。今回は全ての物流車はSPの位置する方向から流入すると仮定した。また、共同化ではSPにおいて貨物の積み替え・集約をおこなうが、ここでは、地区内における環境負荷排出量を推計するもので、SPに持ち込むための外部の交通については考慮しないものとする。

1台の物流車は平均2つのビルに配送をおこなうから、平均走行距離は、SPから各ビル、各ビル間、各ビルからSP（SPから各ビルと同様）の平均走行距離を足し合わせたものと考え、 $0.68\text{km} + 0.42\text{km} + 0.68\text{km} = 1.78\text{km}$ となる。物流車流入台数と、小型車20km/hの環境負荷排出係数⁶⁾を乗じることで、NO_x、PMの排出量を推計した(表-8)。

物流共同化をおこなうことにより、地区内の環境負荷排出量をNO_xが99%、PMが100%削減できることになる。仮にCNG車を用いない場合でも、流入台数が大幅に削減されるのでNO_x、PMは減少する。また、従来の配送と物流共同化の場合で同じ排出係数を用いたが、共同化をおこなえば流入台数や路上荷捌きが減少し、地区内の走行速度が上昇することが予想される。よって排出係数も下がり、環境負荷への効果はより大きくなることが考えられる。

(4) 物流コストの削減効果

本来ならば、人件費や燃料費、減価償却費などのさまざまな要素を考えなければならないが、ここでは人件費として労働時間に着目し、従来の配送と物流共同化をおこなった場合で比較をおこなうものとする。地区内総走行時間は、物流車1台あたりの地区内平均走行距離1.78kmを地区内平均走行速度(20km/hと仮定)で除し、台数をかけたものである。縦持ち配送時間は、縦持ちの実態から平均縦持ち配送時間が1(分/個)と把握されているので、従来の配送では各ビルに集中する貨物個数を乗じたものであるが、物流共同化をおこなった場合は、縦持ち要員が地下荷捌き駐車場に配置されているので、縦持ち要員の労働時間と比較す

表-8 環境負荷排出量の比較

環境負荷排出量 (g)	従来の配送	物流共同化(CNG車 ¹⁾)
NO _x	1066(台) × 1.78(km/台) × 0.118(g/km・台) = 447.60(g) (1.00)	120(台) × 1.78(km/台) × 0.0118(g/km・台) = 5.04(g) (0.01)
PM	1066(台) × 1.78(km/台) × 0.007(g/km・台) = 26.55(g) (1.00)	120(台) × 1.78(km/台) × 0(g/km・台) = 0(g) (0)

1 CNG車ではNO_xの排出量が90%、PMの排出量が100%削減される()内は従来の配送を1.00としたときの比率

表-9 労働時間の比較

	従来の配送	物流共同化	節約時間
地区内走行時間	1066(台) × 1.78(km/台) ÷ 20(km/h) = 94.87(h) = 5692.44(分)	120(台) × 1.78(km/台) ÷ 20(km/h) = 10.68(h) = 640.80(分)	-5051.64
縦持ち配送時間	1(分/個) × 8313(個) = 8313(分)	41(人) × 540(分) = 22140(分)	13827.00
駐車待ち時間	21.58(分/台) × 2131(台) = 45994.16(分)	0(分/台) × 2131(台) = 0(分)	-45994.16
SP積み替え時間	0(分)	1(分/個) × 8313(個) = 8313(分)	8313.00
合計	59999.60	31093.80	-28905.80

ることになる。駐車待ち時間は、ビル内配送シミュレーションにより算出した平均駐車待ち時間に集中台数をかけたものである。SP積み替え時間は、横持ちの実態で把握された平均積み替え時間は1(分/個)に、各ビルに集中する貨物数をかけたものである(表-9)。

物流共同化をおこなうことにより、縦持ち要員の労働時間と、SP積み替え時間が増加してしまうが、地区内全体では約28,905.80分、1人あたり1日9時間労働とすれば、約54人分の労働時間を削減できる結果となった。

7. まとめ

本研究は、丸の内における社会実験の結果をもとにシミュレーション分析をおこない、物流共同化によりビル内配送が効率化されることを示した。さらにシミュレーション分析の結果を用い、物流共同化による交通量・環境負荷・労働時間の改善効果を明らかにした。

今後の課題としては、集荷のための物流車を考慮することや、物流コスト全般について分析をおこなうことなどがあげられる。

参考文献

- 1)高橋洋二, 岸井隆幸, 久保田尚, 千葉俊彦, 高森卓(2001): 渋谷地区における駐車・荷捌きの整序化のための社会実験の評価、第36回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.649 ~ 654
- 2)高橋洋二, 兵藤哲朗, 中村文彦, 清水真人, 安田勇作(2000): 柏駅東口地区交通実験の実施結果について、第35回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.493 ~ 498
- 3)根本敏則(1992): 都市内物流の共同化の効果とその促進施策 - 福岡市天神地区共同集配送事業をケーススタディとして -, 第27回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.349 ~ 354
- 4)家田仁, 佐野寸志, 常山修治(1992): マクロ集配輸送計画モデルの構築とその地区型共同輸送評価への適用、土木計画学研究・論文集 No10, pp.247 ~ 254
- 5)高橋洋二, 石田宏之, 水口雅晴, 折原清, 最首恵(2002): 丸の内地区における交通・環境改善及び物流効率化のための実証実験、第37回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.241 ~ 246
- 6)財団法人 道路環境研究所(2000): 道路環境影響評価の技術手法 第2巻 pp.39