

◆ 特集：物流対策の新たな取り組み ◆

# 既存交通施設を活用した新たな物流システムの可能性

浜田誠也\* 横須賀達博\*\*

## 1. はじめに

近年の物流ニーズの多様化・高度化に対応して、輸送の小口化・多頻度化やジャストインタイム輸送が進展し、輸送における貨物自動車への依存度が高くなっている。その結果、慢性的な渋滞や重大事故の発生等の道路交通問題、大気汚染や騒音、地球温暖化の環境問題が社会に対して深刻な影響をもたらしており、その解消は喫緊の課題となっている。

一方、昨今の経済情勢や、コスト削減・運賃低減の要請といった物流事業者を取り巻く環境から、大きな初期投資を伴わない物流対策が求められている。

これまでに、物流の諸問題を解消する目的で新たな物流システムが検討されてきた。しかし、それらの多くは技術的・制度的には整備可能なものであっても大規模なインフラ整備を必要とするため、長期的に厳しい財政状態が続くと予測される現状では実現が厳しいものとなってきている。

## 2. 研究の目的

本研究では、このような現状を踏まえ、大きな初期投資を必要としないという観点から、道路、鉄道など既存の交通施設の活用により、沿道環境の改善、エネルギー消費の軽減、物流コストの削減、道路交通の円滑化等の面で効率的な物流を実現する方策について、様々な角度から考えられる新たな輸送方式を見出し、その実現性を明らかにすることを目的としている。さらに交通政策的な観点から、具体的施策となり得るか検討する。

## 3. 研究の方法

本研究では、まず既存の交通施設を活用した新たな物流システムに関係した研究事例の調査を行い、物流システムに必要とされる機能を考慮した上で、今回の検討に値する物流システムを網羅的

に抽出した。また、物流システムの有効性を評価する視点を検討し、この視点に基づいて、先に網羅的に抽出した候補のスクリーニングを行い、ケーススタディを進める対象を選定した。

最後に、選定された検討対象候補について、輸送対象となる貨物や輸送サービスを想定し、財務的費用、環境面での社会的費用等に着目してケーススタディを実施し、概略的な全体評価を行い、課題を抽出した。

## 4. 研究結果

### 4.1 物流システムの評価の視点

既存の交通施設を活用した新たな物流システムの選定及びその有効性評価の視点を整理したものを図-1に示す。①運行特性面では速達性・定時性、大量性・柔軟性といった輸送サービスの内容を、②社会・環境面では沿道環境、エネルギー消費、道路混雑緩和、交通事故といった社会的費用を、③ユーザー・運輸事業者面では人件費、初期投資額、運行にかかる諸費用といった財務的費用の視点を設定した。

### 4.2 ケーススタディ

検討対象とする物流システムは、一次段階（スクリーニング前）で17種類を抽出した。これらの候補に対し前述した評価の視点に基づいて概略的な評価を加え、ケーススタディの対象とするシステムとして以下の2つのシステムを選定した。



図-1 物流システムの評価の視点

◆高速道路における3連トレーラによるコンテナ輸送

◆地下鉄を利用した宅配輸送

4.2.1 高速道路における3連トレーラによるコンテナ輸送

1) 3連トレーラシステムのコンセプト

中枢的な港湾を持つ大都市の湾岸地区は、港湾への貨物搬出入や港湾周辺での物流施設の立地など、特にコンテナトレーラの交通量が集中する。ここでの検討は、このようなコンテナ輸送を1台のトラクタに複数のコンテナ・シャーシを連結して行うことにより、輸送の効率化を図ることを目的としている。

複数コンテナを連結した車両の運行は、車長、車重の関係から、一般道路の走行は現実的でなく、高速道路に限定されると考えられる。したがって、当システムの適用範囲は、連結/解除を行う高速道路のサービスエリア/パーキングエリア間の輸送、あるいは専用ランプを持つコンテナヤード、広域物流拠点等の間の輸送に限定される。

東京の湾岸地区に着目すると、湾岸部に連なる各地区(道路交通センサスにおけるBゾーン)間に起終点(OD)を持つ大型車交通量は図-2のようになっている<sup>1)</sup>。

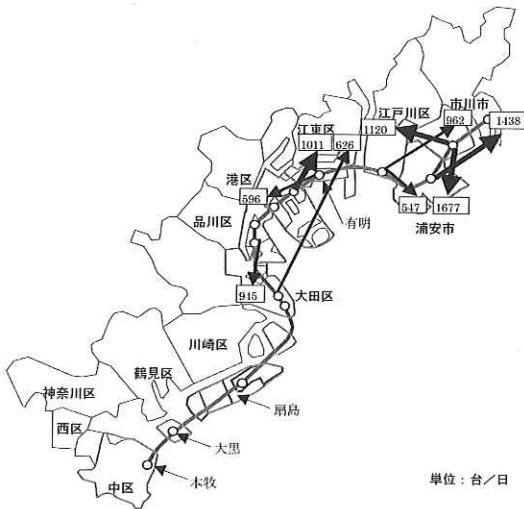


図-2 東京湾岸地区の大型車 OD 交通量

上記の大型車交通量に対して、東京港、横浜港、川崎港の貨物コンテナ化率<sup>2)</sup>から推定したコンテナ車の割合(コンテナ車の貨物積載量はトラックの2倍と仮定し、台数割合に換算)を乗じて、

表-1 コンテナ車 OD 交通量 (推定値:台/日)

発	着 コンテナ車の割合	江東区	品川区	川崎市	横浜市	横浜市
		湾岸部	湾岸部	川崎区 扇島	鶴見区 大黒	中区 本牧
江東区 湾岸部	22.6%		9	19	0	42
品川区 湾岸部	22.6%	76		19	13	60
川崎市 川崎区	0.8%	0	1		1	0
横浜市 鶴見区	11.6%	8	7	7		26
横浜市 中区	11.6%	4	19	11	39	

表-2 3連トレーラシステムの費用算定条件

項目	数値	適用
トラクター 償却費	6,335 円/日	償却7年、金利5.5%、年250日稼働 (3連用トラクタはこの1.5倍とした)
トレーラ償 却費	2,112 円/日	トラクタと同条件
運転手 人件費	2,500 円/時	(財)全日本トラック協会資料等より想 定
ディーゼル 燃料	80 円/L	現状の水準とした
燃料消費率	3.05 km/L 2.88 km/L 等	1トレーラ(高速道路上) 3連トレーラ(高速道路上) 参考文献3等参照し推定
走行経費	26 円/km 60 円/km	1トレーラ 3連トレーラ(タイヤ・潤滑油等)
インフラ 整備費	10 億円	事例より概略値。金利4%、30年償還
配車時間	30分	各車種共通に設定
コンテナ 積降時間	車種により 右のとおり 設定	1トレーラ:10分 2連トレーラ:15分 3連トレーラ:20分

同 OD におけるコンテナ車の台数を推定した(表-1)。

2) 3連トレーラシステムのサービスレベル

本システムは、通常1ユニットごとに輸送される ISO コンテナを2或いは3ユニットまとめて輸送する方式であるため、例えば日単位で、同一 OD に複数ユニットの輸送需要があれば、従来の1トレーラ方式(セミトレーラ)と同様な輸送サービスが可能であるものとした。即ち、すべての輸送が2連又は3連トレーラ方式に転換可能として、以下の検討を行っている。

3) 3連トレーラシステムの費用と効果

2連又は3連トレーラ方式を適用する際には、車両費(大型化による割増)、複数のコンテナの積降ろしによる所要時間の延長、高速料金(コン



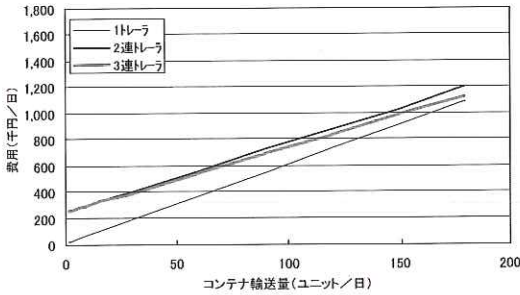


図-3 輸送方式によるコスト比較 (距離5km)

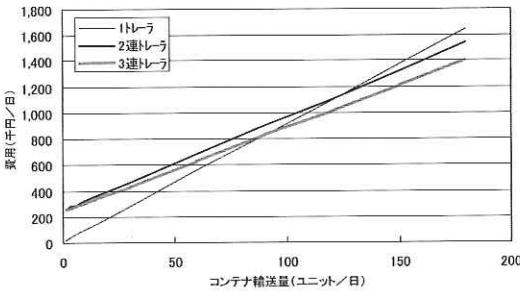


図-4 輸送方式によるコスト比較 (距離20km)

テナ数に比例と仮定)等の追加的費用が発生するほか、専用ランプ等の補助的インフラ整備を利用者(運輸事業者)の負担で行うものとした。輸送距離については、5km(本牧-大黒埠頭間に相当)、20km(有明-扇島間に相当)を設定し、表-2の条件設定に基づき通常の1トレーラ方式と概算費用の比較を行った。

輸送距離が5kmの場合には、輸送量200ユニット/日という、現実の需要規模をはるかに超える規模においても1トレーラ方式の方が安価となる結果となった(図-3)。

一方、同じ条件で輸送距離が20kmの場合には、図-4に示すように、輸送需要が100ユニット/日程度以上から、多連トレーラ方式の費用が1トレーラ方式を下回る結果となった。

前述の表-1に示した現実的な需要レベルで費用を低減するためには、上のケースで固定費となっている補助的インフラ整備の費用負担を軽減するなどの支援が必要である。そこで、ここでは利用者(或いは補助的インフラ整備を行った運輸事業者)への補助として、高速料金を多連トレーラ方式においてもトレーラ1台分のみとするという条件を導入して、同様の費用比較を行った。

結果として、輸送距離が5kmのケースでは需要が90~100ユニット/日以上、20kmのケース

表-3 3連トレーラの輸送費用比較 (需要60ユニット/日、距離20kmの場合、単位:円/日)

車両構成	1トレーラ	2連トレーラ	3連トレーラ
燃料費	67,275	35,368	23,746
車両維持管理費	66,528	52,920	50,400
高速料金	144,000	72,000	48,000
ドライバー人件費	200,000	130,000	100,000
車両償却費	63,347	61,764	47,510
トレーラ償却費	21,116	29,562	31,674
インフラ費	0	231,320	231,320
合計	562,266	612,934	532,650

表-4 3連トレーラシステムの評価

運行特性	
① 速達性・定時性	速達性は同等。定時性は走行車線規制の程度による
② 大量性・柔軟性	大量性は良好。柔軟性は、走行車線規制の程度による
社会・環境	
③ 沿道環境等	大型トラックのデータ不足により不明
④ エネルギー消費	大幅に低下(大型トラックのデータ不足)
⑤ 道路混雑	専用車線化の時刻・区間による
⑥ 交通事故	米国では、事故発生率が低い <sup>3)</sup>
ユーザ・運輸事業者	
⑦ 人件費	輸送頻度の低下により削減
⑧ 初期投資	専用ランプの建設費の負担が、輸送需要規模に対し過大
⑨ 運行経費等	削減(大型トラックのデータが不足)

では50~60ユニット/日以上で多連トレーラ方式の費用が1トレーラ方式のそれを下回ることがわかった。輸送需要60ユニット/日の場合の費用比較を表-3に示す。

ただし、燃料消費率を国内の車両のデータから外挿で設定している等の理由により、輸送費用をさらに詳細に推定するためには、コスト算出に用いているデータの精度等についてさらに検討する必要がある。

#### 4) 3連トレーラシステムの有効性の評価

前述の評価の視点に従って、ケーススタディの結果を定性的に整理すると表-4のとおりとなる。

本システムは、輸送ロットの大型化による燃料や人件費等の資源コストの削減を意図したものであるが、そもそも対象としているような長大な車両の走行が現実的に可能か、という問題がある。走行区間を高速道路上の特定区間に限り、車線や時間帯を限定するという条件のもと、限定的に可能として検討を進めた。国内に実績のない大型トラック・トレーラの利用を前提としているため、インフラも含めた技術的な検討、環境面、エネル

ギー消費面等の評価を課題として残している。

#### 4.2.2 地下鉄を利用した宅配輸送

##### 1) 地下鉄利用システムのコンセプト

地下鉄は、郊外部と都心を効率的に結ぶインフラであり、通勤需要の比重が高いことから需要の変動が大きく、昼間等のオフピーク時は運転間隔を大きくして運行が行われているにもかかわらず、乗車率の低い路線がある。また、夜間の非営業時間帯には、保守作業等が行われているとはいえ、回送車両等は運行されている。

かつて国鉄で行われていた手荷物輸送サービスは姿を消したとはいえ、現在でも地方部などの一部の鉄道においては、オフピーク時を中心に旅客列車を利用した小貨物の輸送を行う例が見られる。

このようなオフピーク時の運行列車を利用して、都心部に起終点のいずれかを持つ宅配等の軽貨物輸送を行うことを検討した。都心部における集配のための貨物車を削減し、これによって路上駐車を不要とし、道路交通の円滑化を図ることもできる。

一部の宅配業者には、市街地における駐車場の不足から、自動車を使わない集配サービスを実施している事例<sup>4)</sup>がある。また鉄道駅におけるバリアフリー化の進展でエレベータ等の施設普及率が高まってきていることから、これを駅内での貨物の鉛直方向移動(縦持ち)に利用できる可能性が広がっていることなども本システムを取り上げた要因となっている。

##### 2) 地下鉄利用システムのサービスレベル

地下鉄の貨物輸送に利用可能な時間帯は、深夜の非営業時間帯とオフピーク時間帯(10時~15時)とした。深夜は、営業運行中の駅停車時間内で積み降ろしを行うわけではないため、列車の制限重量までの積載が可能と考えられる。

一方、オフピーク時の利用では、通常の旅客輸送時の運行の範囲で、限定した乗降口を貨物専用とすることにより貨物輸送を行うと考えた。

輸送単位は、旅客用エレベータの利用やホーム

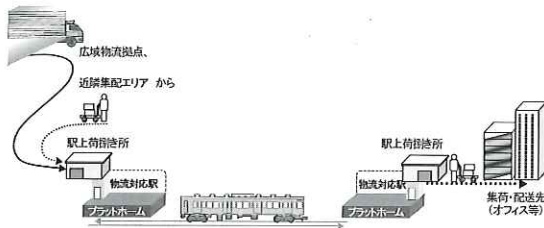


図-5 地下鉄を活用した宅配輸送のイメージ

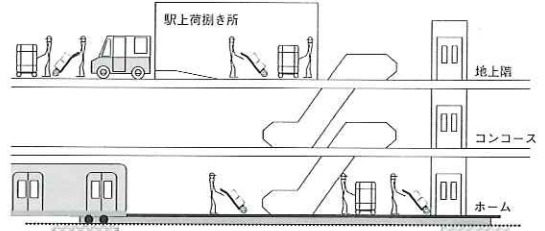
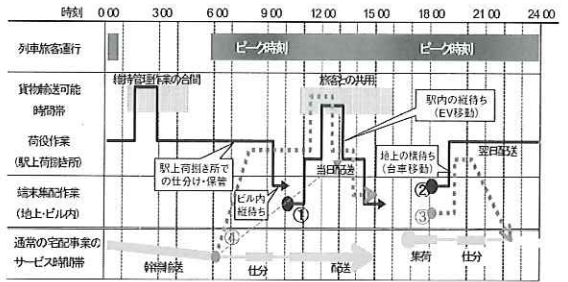


図-6 地下鉄を利用する場合の縦持ちイメージ



- ①午前中に集荷すれば、域内の当日配送が可能
- ②夕刻の集荷品を、域内の翌日配送は可能
- ③夕刻の集荷品を域外へ翌日配送するには、地下鉄利用は不適
- ④域外からの荷物は、翌日の午前中の配送は困難

図-7 地下鉄利用輸送と通常の輸送の対比

上での取扱を考え、ロールボックスパレット(かご台車)の積載量(500kg)程度とする。

地下鉄を利用する場合に不可避となる縦持ちについて概略的な検討を行った結果、いずれの時間帯も、車両に積込む(或いは、取降ろす)貨物をプラットホームまで輸送するエレベータの能力により輸送力が決定されることがわかった。ただし、駅に集配拠点を整備し、駅周辺の半径500m以内の市街地を集配エリアとする場合、同エリア内の宅配の需要はいずれの時間帯でも輸送力を下まわり、制約条件とはならない。

深夜或いは昼間のオフピーク時に輸送が限られる地下鉄利用システムと通常の宅配の輸送パターンの対比(図-7)から、地下鉄利用のみでは「全国翌日配達」といった利用者への高度なサービスの提供ができないことがわかる。夕刻のラッシュ時後に再び地下鉄輸送を行えば「翌日配達」が可能な圏域を拡大することができると思われるが、ここでは考慮できていない。

##### 3) 地下鉄利用システムの費用と効果

自動車を利用した従来の集配方式と上記のような、地下鉄利用方式を複合させた集配拠点の運用について、次のような輸送パターンを想定して、



表-5 地下鉄を利用した宅配輸送の費用算定条件

項目	数量	適用
1tあたり車両使用台数	1/2台 1/8台	集配車：2台使用 /2t積 /2回作業 配送車：1台使用 /8t積
トラック走行距離	18台・km 1.5台・km	集配車：8時間×30%×15km/hr/2 配送車：12km(拠点間距離)/8t積
トラックNO <sub>x</sub> 発生量原単位	0.99g/台・km	参考文献6より
トラックCO <sub>2</sub> 発生量原単位	309.7g/km-C	参考文献6より
地下鉄のエネルギー消費原単位	47.4Kcal/人・km	1t = 65kg/人×15人(参考文献8より) 走行距離 10km 想定
地下鉄のNO <sub>x</sub> 発生量原単位	ほぼ0	発電所での対策による
地下鉄のCO <sub>2</sub> 発生量原単位	0.0055kg-C/人・km	1t = 65kg/人×15人(参考文献8より) 走行距離 10km 想定
NO <sub>x</sub> の社会的費用原単位	2.92円/g	参考文献6より
CO <sub>2</sub> の社会的費用原単位	2.3円/kg-C	参考文献5より
車両運行費	35円/台・km 42円/台・km	(集配車) (配送車) 燃料費含む
車両償却費	1050円 700円	(集配車) 1/2台・日分 (配送車) 1/8台・日分
運転手人件費	2,500円/時	(財)全日本トラック協会資料等より想定
荷捌・集配要員人件費	2,000円/時	上記を割引き推定

単位輸送量の概算費用の比較を行った。地下鉄利用方式の場合は、集配作業に台車を使用し、集配車両を不要としている。

従来方式：集荷→集配拠点→(8tトラック)→ 集配拠点→(2tトラック)→配送
地下鉄方式：集荷→集配拠点→(地下鉄)→ 集配拠点→(台車・徒歩)→配送

地下鉄を利用するにあたっては、運賃に相当する何らかの費用負担が必要であるため、①旅客鉄道のエネルギー消費原単位から、貨物重量あたりの電力料金を支払う方法と、②貨物重量相当の旅客が乗車した場合の運賃(1人65kgで換算)を支払う方法について検討した。

その他、「道路投資の評価に関する指針(案)」等の文献<sup>5)~8)</sup>を参考にして(表-5)、トラックのNO<sub>x</sub>・CO<sub>2</sub>の排出量や社会的費用を算出し、両輸送方式の費用を比較した(表-6)。ただし、同表のコストは、輸送にかかる車両費や人件費、NO<sub>x</sub>・CO<sub>2</sub>の社会的費用のみに着目して比較したものであり、その他の費用は考慮していない。

その結果、①地下鉄輸送部分の費用を電力費のみとした場合は、従来方式と比較して遜色のないコストで輸送できるが、②貨物重量と同じ旅客の

表-6 トラックと地下鉄輸送のコスト比較  
(1t/日の貨物を拠点間(12km)輸送する場合)

費用項目	従来型輸送方式 (配送自動車)	地下鉄による輸送
財務的費用	車両運行費 = 738円 車両償却費 = 1750円 人件費 = 15000円 小計 = 17488円	輸送電力 = 165.9円 運賃相当額 = 2400円 人件費 = 16000円 小計 = 16166円 あるいは = 18400円
社会経済的費用 (環境費用)	NO <sub>x</sub> 排出 = 55.5円 CO <sub>2</sub> 排出 = 38円	NO <sub>x</sub> 排出 = 0円 CO <sub>2</sub> 排出 = 1.9円
合計	17582円	電力のみ 16166円 運賃相当払 18402円

表-7 地下鉄を利用した宅配輸送の評価

①	速達性・定時性	いずれも向上が期待される
②	大量性・柔軟性	量的には需要の範囲で問題ない。深夜及びオフピークのみの輸送では、提供できないサービスあり
社会・環境		
③	沿道環境等	影響は軽微と考えられる
④	エネルギー消費	旅客と同時に輸送すれば化石燃料の消費は極僅かになる
⑤	道路混雑	駐車車両の削減効果(具体的評価は今後の課題)
⑥	交通事故	駐車車両の削減効果(具体的評価は今後の課題)
ユーザ・運輸事業者		
⑦	人件費	やや増加の可能性が高い
⑧	初期投資	エレベータ等新設なければ軽微
⑨	運行経費等	鉄道事業者との協議による

運賃を支払う場合には、地下鉄を利用した輸送は従来方式と比較して割高となるという結果となった。

#### 4) 地下鉄利用システムの有効性評価

前述の評価の視点に従って、ケーススタディで得られた結果を定性的に整理すると表-7のとおりとなる。

宅配事業者の集配拠点1箇所における車両の使用は、1日数回の集配拠点間の往復及び数台の集配車による1日数回の集配送のみであり、地下鉄利用宅配輸送システムを1駅のみに導入しても、輸送機関の転換による直接的な環境負荷の低減量はわずかである。しかし、駐車場所の不足から長時間路上駐車する集配車両が多数見られるエリアが都市内にあることを考慮すると、本システムの導入は道路交通の円滑化に寄与し、環境負荷はさらに低減することが期待される。ただし、これまでの検討においては、これらの社会的効果を定量的に評価するまでには至らなかった。

また、宅配事業者の物流管理は高度に効率化が図られているものと考えられ、上記の費用比較において想定した車両及び人員の現実的な設定につ

いての検証は今後の課題である。

## 5. まとめと今後の課題

### 5.1 3連トレーラによるコンテナ輸送

大型のトラクタによる多重連結トレーラの運行は、北米大陸などで実際に行われており、それをわが国の現在の道路状況下に導入する想定で検討を行った。

基本的には既存の高速道路を利用するとはいえ、一般道路の走行や一般車両との混在は難しいことから、専用ランプ等の部分的インフラ投資は必須となる。この整備費をすべて利用者（物流事業者）の負担とした場合には、従来の1トレーラ方式に比べて物流コストの事業者負担は増大するという結果が得られた。公共トラックターミナルの整備等と同様、このインフラ整備に対して物流の効率化を目的とした政策的支援が必要と言える。

また、公共の港湾埠頭や公共ターミナルの整備時に、用地内から高速道路に直接アクセスできる専用ランプなど、物流に特化した施設が整備されれば、事業者の負担は不要になるか、あるいははるかに小さくなると考えられる。港湾地区の特殊な交通需要に合わせた、大型の特殊車両の走行を支援する施設整備は有効であると思われる。

一方、長大な車両の走行による道路の構造的な負荷や安全面の検討は、今後の課題である。

### 5.2 地下鉄を利用した宅配輸送

通常の自動車による貨物輸送方法と地下鉄車両の一部を使い輸送する方法の概算コストを求め、これらと比較した結果、人件費や動力費などのコスト及び一部の環境費用の合計は地下鉄の利用により低減するが、宅配事業者の費用負担は鉄道事業者への支払いの考え方により大きく左右される結果となった。しかし、都市内の一部で宅配集配車両の走行や路上駐車がなくなることを考慮すると、道路交通の円滑化への寄与が期待される。

一方、この輸送方式が効果的であっても、その実現にあたっては複数の宅配事業者間の協力も必要になる。今後は、鉄道事業者、宅配事業者等にヒアリングを行い、事業者のニーズを明確化するとともに、コスト算出の精緻化、道路交通円滑化への寄与の定量的評価を行い、地下鉄利用輸送の社会的効果を推計する予定である。

上記のほか、新たな輸送システムの導入に向けての共通の課題として、以下のことが挙げられる。

- ①民間企業が参入しやすいよう、新システム導入に伴う既存交通施設の改良・延伸等のイン

フラ整備を物流効率化の補助事業としていくことが考えられる。

- ②既存交通施設の効率的利用にあたっては、一定量の輸送需要を確保することが重要であるため、新たなシステムの導入を考慮した土地利用や物流関連施設の立地誘導は合わせて行うことが重要である。
- ③現在の輸送体系からの転換にあたっては、社会的費用の低減を図るため環境税の導入等と合わせて企業へのインセンティブを与えることが効果的である。

## 参考文献

- 1) 建設省道路局：平成6年度道路交通センサス自動車起終点調査集計報告書，1994年
- 2) 運輸省運輸政策局：平成10年陸上出入貨物調査，1998年
- 3) U.S. Department of Transportation：Comprehensive Truck Size and Weight Study，FHWA-PL-00-029,2000
- 4) ヤマト運輸（株）：環境報告書2002，2002年
- 5) 道路投資の評価に関する指針検討委員会編：道路投資の評価に関する指針（案），1997年
- 6) （株）野村総合研究所：自動車排出ガス原単位および総量に関する調査，1998年
- 7) （財）運輸経済研究センター：運輸部門からのCO2排出抑制調査報告書，1995年
- 8) （財）運輸経済研究センター：運輸部門における環境負荷低減のための経済的負担措置のあり方等に関する調査報告書，1996年

浜田誠也\*



財団法人道路新産業開発  
機構企画開発部 席調査  
役  
Seiya HAMADA

横須賀達博\*\*



財団法人道路新産業開発  
機構企画開発部 研究員  
Tatsuhiko YOKOSUKA