

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*

Characteristics of Container Trailers in their Route Choice using Electronic Data of Traffic Applications and Road Information Bulletin*

萩野 保克**・兵藤 哲朗***・宮原 ゆい****

By Yasukatsu HAGINO**・Tetsuro HYODO***・Yui Miyahara****

1. はじめに

近年、国際海上コンテナによる輸出入が大幅に増加しており、港からの陸上輸送のほとんどは道路によっているが、物流上重要なルート上でも海上コンテナ車の通行支障区間が存在することで迂回や積み替えなどによりリードタイムやコストが増加するなど、国際競争力強化から課題となっている。

一方、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）が必要になる。この特車申請は電子データで行うことが可能で、経路情報を含む膨大な電子データが蓄積されている。また、特車申請では道路情報便覧の道路構造が許可・不許可の判別に用いられている。本研究では、特車申請電子データから海上コンテナ車経路を再現するとともに、道路情報便覧から道路構造データを収集して海上コンテナ車の経路選択特性を分析した。

2. 既存研究と本研究の位置づけ

貨物車の大型化と国際物流の増大に伴い、我が国では大型の海上コンテナ車の流動実態を詳細に調べたり³⁾、重さ高さ超過で走行不可能なボトルネック箇所を丹念に調べ上げる試み⁴⁾⁶⁾が多くなされつつある。

また、大型貨物車の走行経路を実態調査し、道路条件などを加味して、その走行経路を推計する方法の研究⁵⁾⁷⁾⁸⁾も行われている。このように、大型貨物車の走行経路データを個別の実態調査として収集した例としては、第4回東京都市圏物資流動調査（東京都市圏交通計画協

議会）が挙げられるが、その経路データのサンプル数は約1,000サンプル弱にとどまっている。

本研究では、特車申請電子データから特殊車両の経路情報を再現するとともに、コンテナ流動量といった統計データを組み合わせて、道路上の海上コンテナ流動を再現して、海上コンテナ車の経路選択実態を分析した。

更に、道路情報便覧から海上コンテナ車の交差点の折進条件等の通行支障データを道路ネットワークに取り込み、これらの通行支障が海上コンテナ車の経路選択に及ぼす影響を分析した。

3. 分析に用いた道路ネットワーク

柴崎ら⁹⁾は、海上コンテナ車の通行支障区間を道路情報便覧データから収集して経路選択を分析している。本研究においても、平成20年度の道路情報便覧から表-1に示すような海上コンテナ車の通行支障を表すデータを収集して道路ネットワークを作成して分析に用いた。道路情報便覧データは全国を網羅している、特車申請電子データから作成した申請経路は、本研究では東京港・横浜港発のものを用いたため道路ネットワークも関東地域を対象に作成した（図-1）。

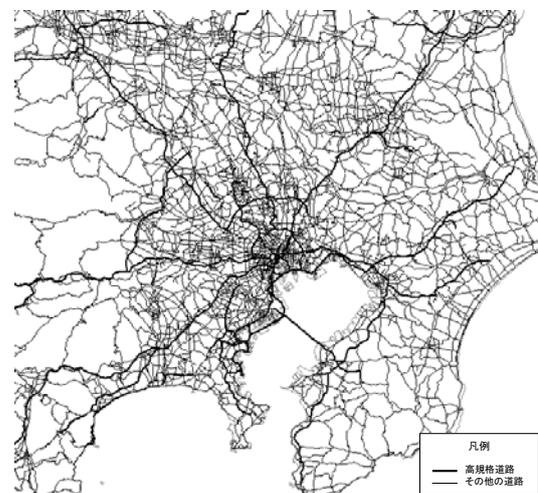


図-1 分析用道路ネットワーク

* キーワード：経路選択、交通ネットワーク分析、海上コンテナ車

** 正会員，工修，(財)計量計画研究所道路・経済社会研究室長
(〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町2-9
TEL:03-3268-9955、E-mail:yhagino@ibs.or.jp)

*** 正会員，工博，東京海洋大学海洋工学部流通情報工学科
(〒135-8533 東京都江東区越中島2-1-6
TEL:03-5245-7386、E-mail:hyodo@kaiyodai.ac.jp)

**** 学生員，東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科海運ロジスティクス専攻修士課程

表-1 道路情報便覧から収集した海上コンテナ車の通行障害

	通行障害の種類
リンクデータ	重さ指定、高さ指定、狭小幅員、曲線部障害箇所、橋梁情報、上空障害箇所、等
交差点データ	交差点折進規制情報

これら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。柴崎ら⁶⁾は現状の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、柴崎ら⁶⁾の車両分類を用いて、交差点の折進支障箇所を設定した(表-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。

表-2 車両分類とコンテナサイズの対応

車両分類	0			I			II		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
車両幅	2.5	3.0	3.5	2.5	3.0	3.5	2.5	3.0	3.5
長さ	≦20.0	≦19.0	≦18.0	≦17.0	≦16.0	≦15.0	≦14.0	≦13.0	≦12.0

45ftコンテナ
と設定

40ftコンテナ
と設定

20ftコンテナ
と設定

また、道路情報便覧のネットワークは交差点を一つのノードとして表現し、交差点の折進規制もノード単位で方向別規制情報が別途データベース化されている。貨物車経路選択モデル分析を行うためにはノード単位で整理されている規制情報をリンクに付加する必要がある。そのため、道路情報便覧の道路リンクを上下分離した上、交差点内に折進リンクを新たに追加し、これに交差点の折進規制情報を付加して分析用道路ネットワークを作成した(図-2)。

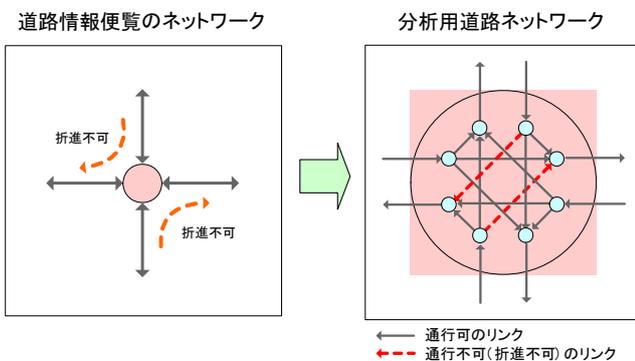


図-2 交差点折進情報の付加方法

以下に、関東地域における海上コンテナ車の通行からみた道路の整備状況を示す。図-3, 4 は、車両総重量 20 t 以上が特車申請をしなくても自由に

走行可能な「重さ指定」の状況を示しており、図-3 は主要地方道以上の道路、図-4 は国道以上道路を対象に指定状況を示した。

主要地方道以上では、重さ指定になっていない道路区間が多く存在しているが、国道以上でみ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、海上コンテナ車に対応した道路整備が進んできていることが示される。

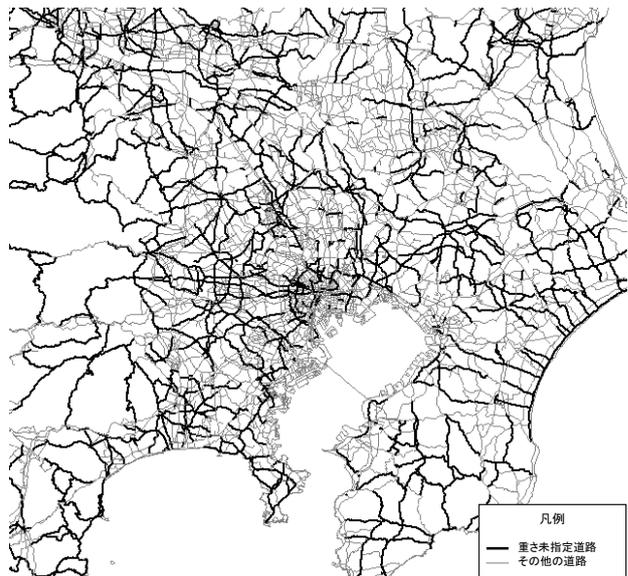


図-3 主要地方道以上の重さ指定の状況

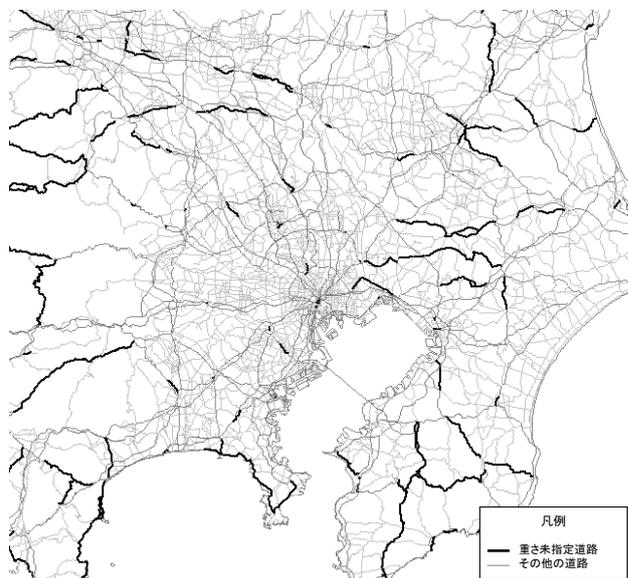


図-4 国道以上の重さ指定の状況

また、高さ 3.8m を越える車両が通行可能な「高さ指定」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、高さ指定ではない道路区間は、重さ指定の場合よりも多くなっている(図-5)。

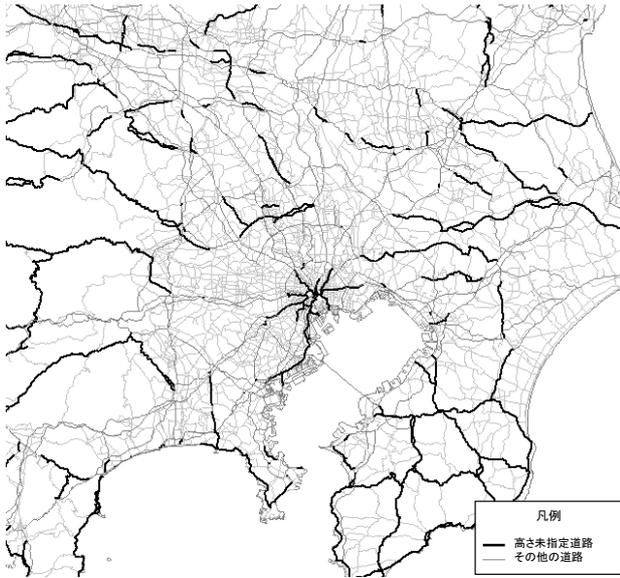


図-5 国道以上道路での高さ指定の状況

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-6 に示した。これは、交差点への進入と退出の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」の折進規制があ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。

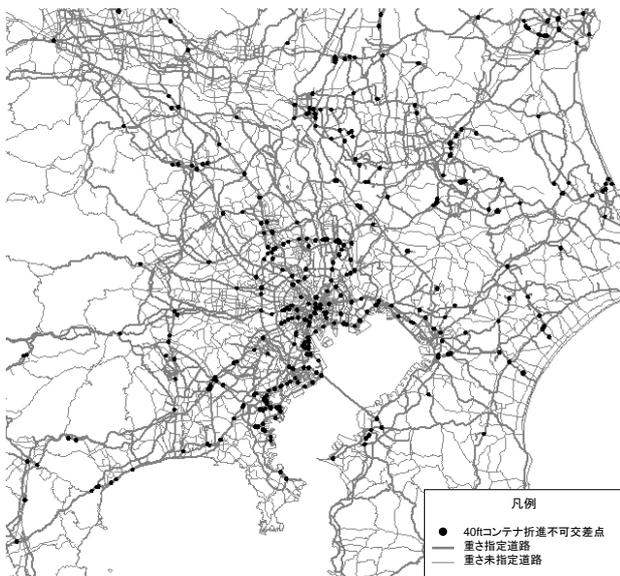


図-6 重さ指定道路上での折進不可交差点

4. 特車申請データによる海上コンテナ車の経路データの作成

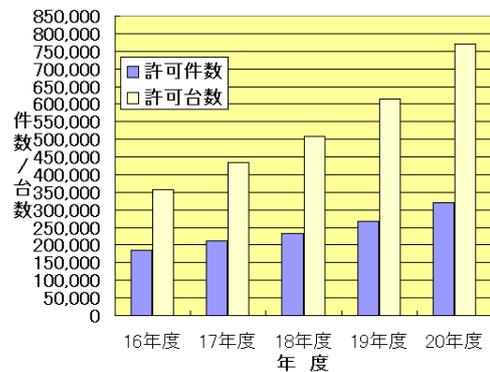
道路は一定の構造基準により造られており、道路法では道路の構造を守り、交通の危険を防ぐため、道路を通行する車両の大きさや重さの最高限度（一般的制限値）を定めている(表-3)。その際、高速自動車国道または道路管理者が道路の構造の保全および交通の危険防止上支障がないと認めて指定した「重さ指定道路」では総重量の一般的制限値を車両の長さおよび軸重に応じて最大 25t、「高さ指定道路」では高さの一般的制限値は 4.1m としている。

表-3 車両の一般的制限値

車両の諸元	一般的制限値(最高限度)	
幅	2.5メートル	
長さ	12.0メートル	
高さ	3.8メートル	
重さ	総重量	20.0トン
	軸重	10.0トン
	隣接軸重	○隣り合う車軸距1.8m未満：18.0 t (隣り合う車軸の軸距が1.3メートル以上で、隣り合う車軸の軸重がいずれも9.5 t以下の場合には19 t) ○隣り合う車軸距1.8m以上：20.0 t
	輪荷重	5.0 t
最小回転半径	12.0メートル	

出所：国土交通省関東地方整備局HP

特車申請が必要となる車両は、長さ、高さ、重さといった一般的制限値のいずれかが超える車両であり、トラッククレーン等の自走式建設機械、トレーラ連結車、海上コンテナ車用トレーラなどは特車申請が必要となる。また、分割不可能のため一般的制限値のいずれかを超える貨物（建設機械、大型発電機、電車の車体、電柱など）の輸送も特車申請が必要となる。特車申請件数は年々増加傾向にある（図-7）。



出所：国土交通省関東地方整備局HP

図-7 特車申請件数及び台数の推移 (全国)

5. 海上コンテナ車の経路選択特性の分析

特車申請では利用する交差点として経路が電子データ化されている。この交差点は道路情報便覧と同一であるため、特車申請電子データを図-2の道路情報便覧道路ネットワークに対応させることで経路データが作成できる。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及び横浜港を対象に、平成20年度の海上コンテナ車の経路情報を作成して分析に用いた。なお、特車申請では、同一のコンテナトレーラで複数経路を申請できるため、申請経路の実際の利用頻度には多寡があると考えられる。また、海上コンテナ車を「背高コンテナ車」と「背高コンテナ車以外」には区分できるが、「20ftと40ft」といった長さの区分は出来ない。

図-8に、海上コンテナ申請経路における道路種別と重さ・高さ指定の延長構成比を示す。道路種別でみると高規格幹線道路及び直轄国道で全体の約9割を占めている。また、重さ指定も高さ指定もない道路区間の経路延長はわずか0.3%であり、海上コンテナ車が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。

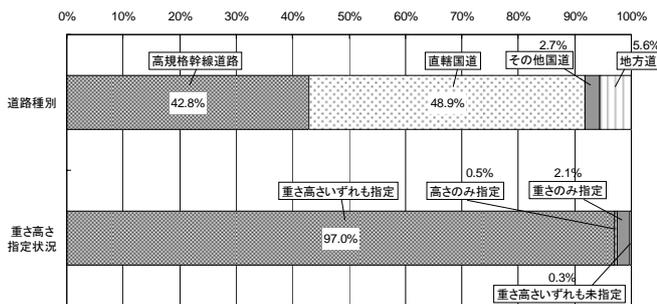


図-8 申請経路における道路種別・重高指定状況別延長構成比

表-4は、重さ指定道路上の40ftコンテナ車の折進規制がある交差点、表-5はそれを海上コンテナ車の申請経路上の交差点で集計したものである。

重さ指定道路上の交差点では、「対向車線を侵さずに折進可能」な交差点は全体の77%であり、「対向車線を侵して折進可」が16%程度、「対向車線を侵しても折進不可」も6%程度存在している(表-4)。一方、特車申請経路上では、「対向車線を侵さずに折進可能」な交差点を利用している割合は全体の9割程度と高く、海上コンテナ車が「交差点の曲がり易さ」も考慮して経路選択している可能性が示される(表-5)。

表-4 40ftコンテナ折進区分別交差点数(重さ指定道路上)

	交差点数
対向車線を侵さず折進可	18,441 (77.5%)
対向車線を侵して折進可	3,868 (16.3%)
対向車線を侵しても折進不可	1,486 (6.2%)
合計	23,795

表-5 40ftコンテナ折進区分別交差点数(申請経路上)

	交差点数
対向車線を侵さず折進可	19,869 (89.4%)
対向車線を侵して折進可	2,199 (9.9%)
対向車線を侵しても折進不可	156 (0.7%)
合計	22,224

6. 海上コンテナ車の経路選択モデルの構築

本研究では、経路選択モデルを用いて海上コンテナの経路選択特性を分析した。経路選択モデルには「重複率最大化モデル」を用いた。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。この重複率最大化モデルは、Hyodo et al.¹⁾や笹井²⁾において自転車経路選択モデルに用いられている他、大型貨物車の経路選択モデルへの適用もみられる⁵⁾⁷⁾⁸⁾。大型貨物車に関する既存研究では、大型貨物車の経路は、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、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し、この「認識一般化費用」を最小にする経路を選択すると考えたものである。本研究でもこの仮説に従って、式(1)に定義する「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。

$$GC_a^*(\beta) = (\text{Cost}_a + \omega \cdot \text{Time}_a) \cdot \prod_k \beta_k^{Z_{ak}} \quad (1)$$

ここで、 GC_a^* はa番目リンクを走行する際の認識一般化費用を表している。 Cost_a はa番目リンクの走行費用(有料道路利用料金と燃料費の合計)である。一般化費用に掛かる Z_{ak} はa番目リンクにおける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。パラメータ推定の目的関数は、実経路と認識一般化費用経路の距離の重複率であり、次式のように定義される。

$$D_n(\omega, \beta) = \frac{\sum_a \delta_{na} \cdot \delta_{na}^*(\omega, \beta) \cdot l_a}{X_n} \quad (2)$$

ここで X_n は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、それ以外に0となるダミー変数である。式(2)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ため、利用経路延長の重み付き重複率を次のように定義する。未知パラメータ (ω, β) は式(3)を最大化するように求めればよい。パラメータ推定は滑降シプレックス法を用いた。

$$D(\omega, \beta) = \frac{\sum_n X_n \cdot D_n(\omega, \beta)}{\sum_n X_n} = \frac{\sum_n \sum_a \delta_{na}^* \cdot \delta_{na}^*(\omega, \beta) \cdot l_a}{\sum_n X_n} \quad (3)$$

一般化費用算定には、所要時間や有料道路料金が必要であり、これら进行分析用ネットワークに付加した。所要時間は、道路交通センサスの24時間断面交通量を用いて、以下の手順で設定した。

- ① 道路情報便覧とセンサス区間番号の対応をとる。
- ② センサス区間別に交通容量と自由旅行速度を設定。
 - ▶ 交通容量は道路交通センサス報告書¹⁰⁾を参考に次式から算定。
 $C_{24} = T_{12} \cdot (1 + (E - 1) \cdot P_i) / \text{混雑度} \cdot \text{昼夜率}$
 C_{24} : 乗用車換算日交通容量
 T_{12} : 12時間交通量
 E : 大型車の乗用車換算係数
 P_i : ピーク時大型車混入率
 - ▶ 自由旅行速度は既存研究⁹⁾に従い次式から算定。
 $t_{a0} = 0.549 + 0.339 \cdot 60/v + 0.132 \cdot d$
 v : 規制速度
 d : 信号交差点密度
- ③ 交通容量、自由旅行速度、センサス24時間交通量を用いてBPR関数¹¹⁾(次式)より日平均速度を推計。
 $t_a(x_a) = t_{a0} \cdot \{1 + \alpha(x_a/c_a)^\beta\}$
 t_a : リンクaの単位距離当たり旅行時間
 t_{a0} : リンクaの自由旅行時間
 x_a : リンクaの日交通量
 c_a : リンクaの日交通容量
 $\alpha = 0.48, \beta = 2.82$
- ④ センサス区間別平均所要時間を道路情報便覧ネットワークに割り当てる。

大型貨物車の走行経路に重さ指定の有無が影響することが寄与しているとの既存研究⁷⁾⁸⁾があり、重さ指定と交差点折進規制から重複率最大化モデルを構築して分析した。重さ指定は、指定である場合に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。

一方、交差点規制は、40ft コンテナ車を対象に、「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」を想定し、分析用道路ネットワークから削除するか、規制がある場合のダミー変数を導入して分析した。この場合、パラメータが1.0を超えて大きいほど認識一般化費用を大きくする。モデルは、背高コンテナ車のみで推定した。前述の通り、特車申請では長さの区分は出来ないが、背高コンテナのほとんどは40ftであるため、交差点規制の影響をより正確に捉えることが出来る。

道路構造として重さ指定のみを変数とするモデルであっても交差点の折進規制交差点リンクをネットワークから削除することで、わずかであるが重複率は上昇している。また、折進交差点リンクにダミー変数を導入した場合のパラメータは1.0を超えており、交差点の折進規制を避ける選択特性がある可能性が示される。

表-6 パラメータ推定結果(背高コンテナ)

	モデル1	モデル2	モデル3	モデル4	モデル5
時間評価値(円/分)	218.4	127.7	159.4	124.8	184.7
重さ指定ダミー	0.17	0.32	0.24	0.34	0.04
交差点規制	-	-	(リンク削除)	ダミー導入 規制あり:1 1.11 規制なし:0	ダミー導入 規制あり:1 2.20 規制なし:0
	-	(リンク削除)	(リンク削除)	(リンク削除)	
重複率	52.88	53.72	53.29	53.66	54.12
サンプル数	1580	1580	1580	1580	1580

7. おわりに

本研究では、特車申請電子データから海上コンテナ車の経路データ、道路情報便覧から海上コンテナ車の通行支障となる道路構造データを収集して経路選択特性を分析した。その結果、交差点折進規制も海上コンテナ車経路に影響を及ぼしている可能性があることを実態分析やモデル分析から示すことができた。

ただし、経路選択モデルを使った分析では、交差点折進規制を考慮することによる重複率の上昇は小さい。申請経路データやモデル推計結果を、交差点の折進規制の影響をより強く受ける海上コンテナ車経路や問題交差点の特定といった視点で分析することで、政策立案・評価への活用が可能となる。発表時には、これらの分析を含めて報告する。

参考文献

- 1) T.Hyodo, N.Suzuki and K.Takahashi: "Modeling of Bicycle Route and Destination Choice Behavior for Bicycle Road Network Plane", TRR1705, PP.70-76, 2000.
- 2) 笹井・兵藤・鈴木・高橋: "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, Vol21, No2, pp.597-606, 2004.
- 3) 柴崎: "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", 運輸政策研究, 7(4), pp15-26, 2005.
- 4) 柴崎: "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, 48(6), pp.20-31, 2005.
- 5) 兵藤・シラハチ・高橋: "東京都圏圏物流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, Vol24, 2006.
- 6) 杉山信太郎・柴崎隆一・渡部富博・藤原健一郎・五十嵐一智: "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, Vol139, CD-ROM, 2009.
- 7) T.Hyodo, H.Kuse, Y.Hagino, H.Takebayashi and K.Endo: "Modeling logistics location choice and truck route choice behavior by Tokyo metropolitan region freight survey", City Logistics V, pp.221-234, 2007
- 8) 兵藤哲朗・遠藤弘太郎・萩野保克・西隆太: "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, 2007.
- 9) 井上・中村・森田: "首都圏における BPR 関数の推定", 土木計画学研究・講演集, Vol29, CD-ROM, 2004.
- 10) 交通工学研究会: "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, 2005.
- 11) 土木学会土木計画学研究委員会: "道路交通需要予測の理論と適用 第1編", 土木学会, 2003.