

# 国際海上コンテナの陸上輸送ネットワークと経路選択行動

## Land Transportation Network and Route Choice Behavior of International Maritime Container Cargo

柴崎隆一\*・山鹿知樹\*\*・角野隆\*\*\*・小島肇\*\*\*

By Ryuichi SHIBASAKI\*, Tomoki YAMAKA\*\*, Takashi KADONO\*\*\*, and Hajime KOJIMA\*\*\*

### 1. はじめに

我が国の海上貿易額の6割を占めるにまで成長した国際海上コンテナの国内輸送は、セミトレーラなどによる自動車輸送が全体の95%以上を占めている。この海上コンテナ用セミトレーラ連結車（以下では「海コン車」とよぶ）の通行に関しては、徐々に解消の方向にあるとはいえ、通行上のボトルネックが未だ多い状況にある。

このような認識に基づき、筆者らは、フル積載や背高コンテナといった種別ごとに、国際海上コンテナ用セミトレーラ連結車の通行可能ネットワークを作成したうえで、通行上のボトルネック箇所を抽出し、一般化費用が最小となる経路に基づいて迂回輸送の損失を算出した<sup>1)</sup>。しかしながら、上記の研究においては、輸送ネットワークに港湾部と内陸道路ネットワークを連結する臨港道路が含まれていない、貨物の種類（実入・空別、輸出入別、目的地別など）によるOD交通量や時間価値の違いを考慮していない、個別ボトルネックの抽出方法が確立されておらず、「見た目」で判断している、フル積載でも背高でもない通常のコンテナ（以下では「ノーマルコンテナ」とよぶ）に関するボトルネックについて検討していない、などの問題点があった。また、上記研究で仮定している費用最小経路が、海コン車が実際に通行している経路とは異なるケースも多いため、筆者らは、港湾地区や首都圏全域において路側交通量調査を実施し、方面別や港湾からの距離帯別の高速利用率や時間帯別交通量を算出してきた<sup>2)</sup>。今後は、これらの調査結果等に基づき、実際の輸送経路を推定する必要がある。

そこで本研究は、これまでの筆者らによる成果<sup>1), 2)</sup>をふまえ、既存の海コン車輸送ネットワークに臨港道路ネットワークを追加した上で、個別ボトルネックの抽出方法を確立し、ノーマルコンテナ・フル積載コンテナ・背高コンテナの3種類の国際海上コンテナごとに、実入/空・輸出入・目的地（航路）などの違いを考慮した上で、通行上のボトルネックの解消効果を再算出するとともに、路側調査の結果をもとに上記ネットワーク上で確率的な

ネットワーク配分手法を用いることによって、海コン車の実際の輸送経路を再現することを目的とする。

### 2. 臨港道路ネットワークの作成

2003年10月に実施された全国輸出入コンテナ貨物流動調査<sup>3)</sup>によってコンテナ取り扱い実績のあった62港に函館・三池・平良の3港を加えた計65港（表1参照）について、港湾計画図等をもとに臨港道路ネットワーク（港湾管理者管轄以外の道路も一部含む）を作成した。作成したネットワークの例を図1に示す。このネットワークをもとに各港湾管理者に対しアンケート調査を実施し、各道路の諸元等に加え、海コン車が通行できるかどうかについてコンテナ種別ごとに質問し、得られた結果を整理した。なお、ネットワークの作成にあたっては、既存

表1 臨港道路ネットワーク作成対象港と追加リンク数

地域	No	港湾名	追加リンク数	地域	No	港湾名	追加リンク数	
北海道	1	苫小牧	21	中国	34	境	39	
	2	室蘭	7		35	浜田	3	
	3	函館	21		36	水島	11	
	4	石狩湾新	11		37	福山	2	
	5	小樽	12		38	呉	6	
	6	釧路	14		39	広島	38	
東北	7	八戸	25		40	下関	16	
	8	塩釜	8		41	宇部	7	
	9	秋田	6		42	三田尻中関	3	
	10	酒田	12		43	徳山下松	3	
	11	小名浜	7		44	岩国	12	
関東	12	日立	4	四国	45	徳島小松島	24	
	13	常陸那珂	16		46	高松	2	
	14	鹿島	7		47	松山	7	
	15	千葉	1		48	今治	17	
	16	東京	84		49	三島川之江	15	
	17	川崎	4		50	高知	11	
北陸	18	横浜	57		九州	51	博多	30
	19	新潟	13			52	北九州	25
	20	直江津	9			53	三池	2
	21	伏木富山	22			54	伊万里	14
	22	金沢	16	55		唐津	8	
	23	敦賀	5	56		長崎	19	
東海	24	清水	19	57		八代	9	
	25	三河	18	58		熊本	6	
	26	名古屋	28	59		大分	12	
	27	四日市	4	60		細島	6	
近畿	28	舞鶴	12	沖縄		61	油津	12
	29	境泉北	1			62	志布志	17
	30	大阪	41			63	那覇	16
	31	神戸	48			64	平良	3
	32	姫路	7		65	石垣	12	
	33	和歌山下津	19					

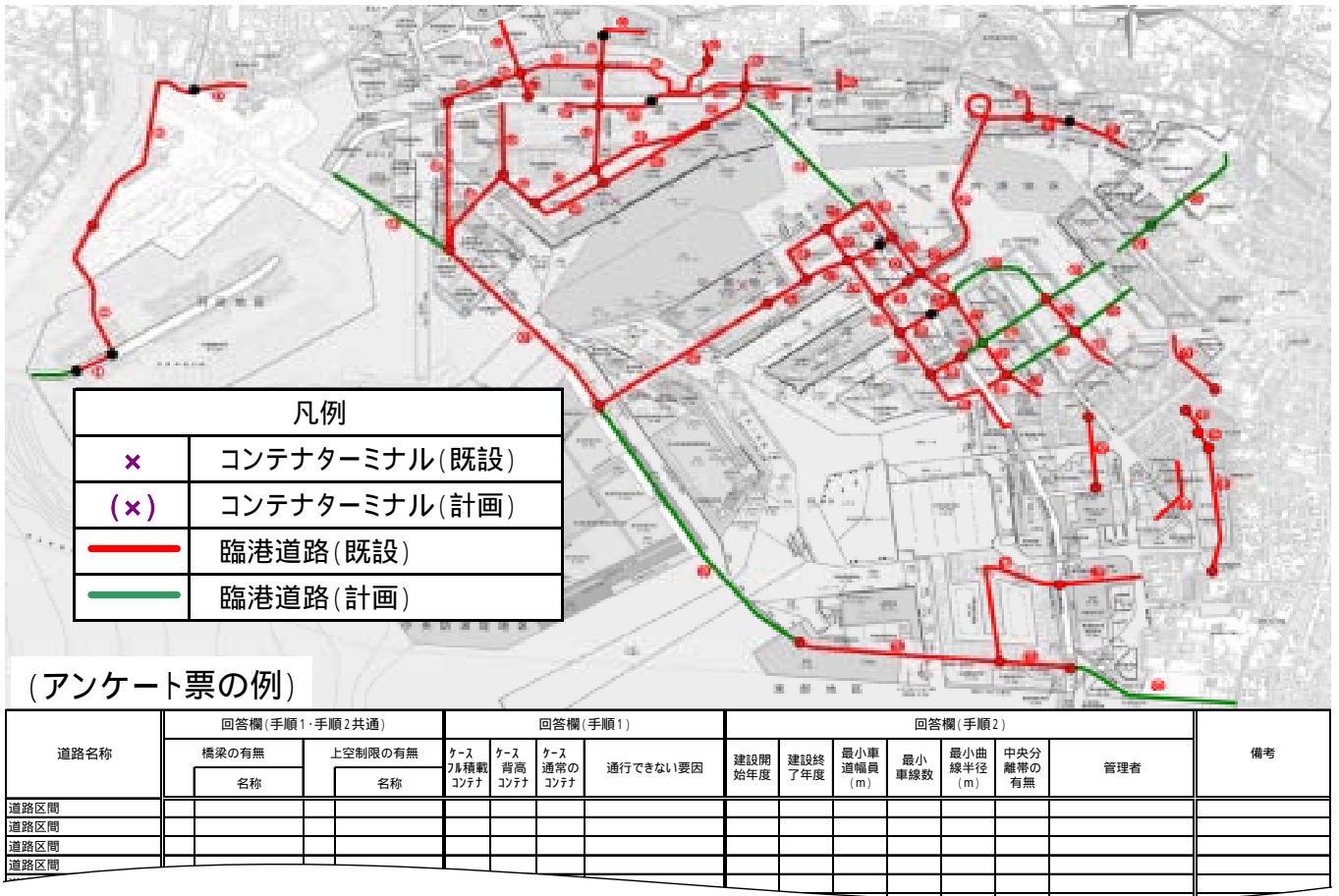


図1 臨港道路ネットワークの作成例(東京港)

の道路だけでなく、今後計画されているコンテナターミナルおよび道路についても含めて調査を行った。調査結果をふまえ、全国の65港湾において既存ネットワークのリンクを数百箇所分割したうえで、合計1,033リンクを追加し、コンテナ種別ごとの海コン車の通行可否に関する情報を各リンクに付与した。

### 3. ボトルネックの抽出および解消効果の試算

#### (1) 最小費用経路探索の実施

各リンク*i*の費用(一般化費用) $C_i$ は、港湾投資の評価に関する解説書<sup>4)</sup>に基づき、次式のように設定した。

$$C_i = a_c \cdot l_i + vt_c \cdot \frac{l_i}{v_i} + f_i \quad (1)$$

ここで、 $a_c$ : 各コンテナ種別*d*における陸上輸送費用のうち距離比例部分(円/km・台)、 $l_i$ : リンク*i*の距離(km)、 $vt_c$ : 各コンテナ種別*d*における時間価値(円/台)、 $v_i$ : リンク*i*の走行速度(km/h)、 $f_i$ : リンク*i*における有料道路利用料金(円)である。このうち、 $a_c$ および $vt_c$ については、前出の文献<sup>4)</sup>により表2の通り設定した。また、 $l_i$ は道路情報便覧データ<sup>5)</sup>または港湾計画図からの計測により収集した。 $v_i$ については、道路交通センサス<sup>6)</sup>に基づき、都道府県別・道路種別別・車線数(2車線

およびそれ以上)別・沿線人口密度(DID地区およびそれ以外)別に設定した。 $f_i$ については、都市高速のように固定料金の有料道路については、有料道路アクセスリンクおよびイグレスリンクをネットワークに追加して各リンクに料金の1/2を付与し、その他の有料道路については、対距離料金の原単位(67.65円/km)にリンク距離を乗じた値を付与した。

また、最小費用経路に基づく配分の対象となるコンテナ種別ごとの海コン車のOD交通量については、前出の全国輸出入コンテナ貨物流動調査<sup>3)</sup>から輸出入別・航路別に得られる、市区町村別コンテナ詰め出し場所 コンテナターミナル間の月間フレートトンベース値を、年間値に換算し、表2に示すコンテナ種別ごとの存在比率および個数換算原単位を乗じることによって得た(なお、実際には、フル積載車や背高コンテナ車のアクセスの容易さによって、市区町村ごとにコンテナ種別の比率は異なるものと考えられるが、この点の考慮については今後の課題としたい)。また、往復輸送の実態が不明のため、実入コンテナの輸送は常に片道のみと仮定し、実入コンテナの輸送総台数と同数の空コンテナが輸送されるものとした。なお、空コンテナ輸送時の時間価値はゼロとし、かつ実入時はフル積載であっても空コンの場合にはノーマルコンテナに分類されることに注意されたい。

表2 コンテナ種別ごとの通行可能ネットワーク諸元および存在比等

		基本ネットワーク	20ftノーマル	20ftフル	40ftノーマル	40ftフル	40ft背高	40ft背高フル	実入平均	空コンテナ	
通行可能ネットワーク	通行可能リンク数	70,702	59,361	53,511	59,361	53,511	59,074	53,285	-	59,361	
	総距離(km)	148,523	97,762	82,686	97,762	82,686	96,656	81,832		97,762	
	基本ネットワークに対する比率(距離ベース)	100.0%	65.8%	55.7%	65.8%	55.7%	65.1%	55.1%		65.8%	
輸出	コンテナ1個あたりの平均重量(ft/個) <sup>*</sup>		6.3	17.7	5.9	16.4	6.4	19.5	11.71	0.0	
	存在比(全実入り個数を100とした場合) <sup>*</sup>		31.0	19.1	15.1	12.7	6.8	15.5	100.0	100.0	
	時間価値 <sup>**</sup> (円/h・個)	基幹航路		2,500	2,500	3,700	3,700	3,700	3,700	-	0
		アジア航路		1,600	1,600	2,400	2,400	2,400	2,400	-	0
輸入	コンテナ1個あたりの平均重量(ft/個) <sup>*</sup>		5.7	19.2	4.5	19.5	3.7	19.8	13.4	0.0	
	存在比(全実入り個数を100とした場合) <sup>*</sup>		18.7	31.4	14.9	13.6	7.6	14.0	100.0	100.0	
	時間価値 <sup>**</sup> (円/h・個)	基幹航路		2,000	2,000	3,000	3,000	3,000	3,000	-	0
		アジア航路		1,200	1,200	1,800	1,800	1,800	1,800	-	0
輸送費用の距離比例部分 <sup>**</sup> (円/km・個)			215	215	300	300	300	300	-	215 or 300	

\*国土交通省調査による \*\*文献4)による

さらに、経路探索のアルゴリズムとしてラベル修正法<sup>7)</sup>を利用し、アルゴリズムの改良等も行い演算の高速化を図った。この結果得られたフローの例を図2に示す。図より、ノーマルコンテナ車のフローがもっとも分散しているのに対し、フル積載コンテナ車は、空コンテナ車が含まれず時間価値の高い貨物が相対的に多いこともあり、比較的限られたリンクにしか流れていないことなどがわかる。

#### (2) 個別ボトルネックの抽出方法と解消効果の試算

実入/空・輸出入・航路別に経路探索を行って交通量を配分し、これをコンテナ種別ごとに集計することによって、各リンクにおけるコンテナ種別ごとのフローを得る。つぎに、ノーマルコンテナ車のボトルネック候補のうち(その抽出方法は既往文献<sup>9)</sup>を参照されたい)、ノーマルコンテナのフロー(20ftと40ftの合計)と基本ネットワークにおけるコンテナフロー(同)の差が大きいリンクを抽出する。これらのリンクについて、一本ずつ、ノーマルコンテナ車ネットワーク上で通行可能と仮定して配分計算を行い、(1)式に基づき総輸送費用を算出する。これを元のネットワークにおける総輸送費用と比較することにより、当該ボトルネックの解消効果を得る。同様の手順を、フル積載コンテナ車(フル積載ネットワークとノーマルネットワーク、および背高フル積載ネットワークと背高ネットワークを比較)、背高コンテナ車(背高ネットワークとノーマルネットワーク、および背高フル積載ネットワークとフル積載ネットワークを比較)についても行う。

ノーマルコンテナ車のボトルネックのうち解消効果が大きいものの例、および臨港道路のボトルネックのうち解消効果の大きいものの例を図3に示す。図3左に示す名古屋市内のボトルネックは、臨港道路ではないものの港湾地区に近接しており、港湾との結節性を向上させる

ことが重要であることが伺える。図3右に示すボトルネックは、首都高速との2層構造である橋梁の、上空制限による背高コンテナのボトルネックであるため、解消の方法が難しく、上部の高速道路の料金割引などの施策を実施したほうが効率的と考えられる。

#### 4. 輸送経路の推定方法

以上の分析では、コンテナ種別や実入/空・輸出入・航路など貨物の種類によって異なるとはいえ、それぞれ最小費用となる経路にすべてのフローが配分されている。しかしながら、実際の海コン車の走行においては、ここで考慮していない要因にも左右され、必ずしも一般化費用が最小となる経路をとるとは限らない。そこで、数十地点における路側観測調査の結果(文献<sup>9)</sup>に示した結果に加え、追加調査を実施した)を利用し、ネットワーク上における確率的配分手法の一つであるDialのアルゴリズム<sup>7), 8)</sup>によって交通量配分を行う。この手法は、ロジック型配分と整合的で、アルゴリズムも比較的簡単なことを特徴にもつ<sup>7)</sup>。具体的には、観測されたフローを最もよく再現するように、画一的またはコンテナ種別ごとに設定された確率配分パラメータ( )を推定する。その推定結果については、講演時に示すこととしたい。

#### 5. おわりに

本研究により、海上コンテナ車両の通行経路が推定されれば、ボトルネックの解消等を目的とした各種の施策の効果を評価できるとともに、海上部分の流動も組み合わせ、総合的な貨物流動モデルの構築が可能となると考えられる。

#### 参考文献

1) 柴崎・渡部・角野：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，

7(4), pp. 15-26, 2005. 2) 柴崎・山鹿・角野・小島：臨港地区およびその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通行実態に関する考察，土木計画学研究・講演集，30-354，2004. 3) 国土交通省港湾局：平成15年度 全国輸出入コンテナ貨物流動調査報告書，2004. 4) 港湾事業評価手法に関する研究委員会編：港湾投資の評価に関する解説書 2004. 5) (財)日本道路交通情報セン

ター：道路情報便覧 2002年 CD-ROM版. 6) 国土交通省道路局編：全国道路交通情勢調査（道路交通センサス），1999. 7) 土木学会：交通ネットワークの均衡分析，1998. 8) Dial,R.B. (1971) A probabilistic multipath traffic assignment algorithm which obviates path enumeration, Transport Research, Vol.5, pp.83-111

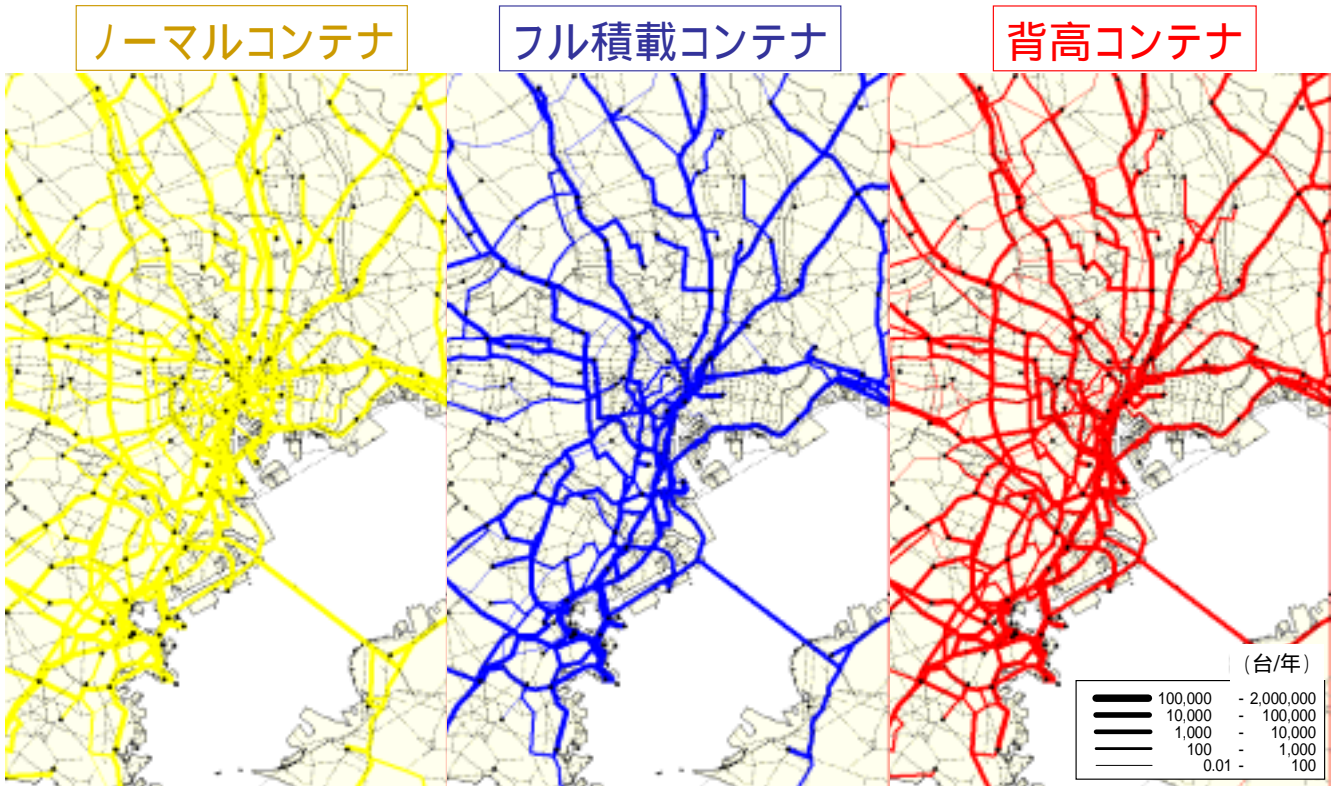


図2 東京都心部におけるコンテナ種別ごとの海コン車流動推計結果（最小一般化費用探索による）



図3 解消効果の大きいボトルネックの例（左：ノーマルコンテナ，右：背高コンテナ）