

令和元年6月5日現在

機関番号：14301
研究種目：基盤研究(C) (一般)
研究期間：2016～2018
課題番号：16K06549
研究課題名(和文)カスケードによる東アジアのコンテナ航路網変化とゲートウェイ港湾の評価モデル開発

研究課題名(英文) Study on the Model Development of Container Shipping Routes/Gateway Ports in East Asia considering the Cascading Effect induced by introducing of Mega Container Ships

研究代表者
渡部 富博 (Watanabe, Tomihiro)
京都大学・経営管理研究部・特定教授

研究者番号：10356040
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：国際海上コンテナ輸送量の増大やそれに伴う超大型船の投入がアジア-欧米などの基幹航路でなされ、カスケード現象によりアジア域内でもコンテナ船の大型化が進行している。このような状況のもと、コンテナ航路の動向分析を行い、基幹航路・アジア域内航路へのコンテナ船の投入算定フローを検討した。次に、コンテナ航路網などから算定する総流動ODから、コンテナの積み替え等を加味して純流動ベースのOD表の推計手法を構築した。さらに、今後のアジアへの大型船の投入などもモデルに考慮できるわが国のコンテナ貨物の輸送経路・利用港湾の推計モデルを犠牲量モデルで構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

アジアを中心とする国際海上コンテナ貨物量が増大し、超大型コンテナ船の投入やハブ港湾整備、新パナマ運河の供用などが進むなか、将来、我が国やアジア諸国へのコンテナ船の投入や寄港がどうなるかの評価ツール開発は、今後の港湾インフラの計画・整備の上で重要である。本研究は、将来の純流動ベースのOD量をもとに、アジア地域を中心にどのようなコンテナ航路網が形成されるか、輸送経路・利用港湾はどうかについて定量的に評価するモデル構築などを、マクロなデータを活用して取り纏めたものである。将来の我が国やアジアの港湾インフラのあり方を考える上では、この分野での研究は少なく一定の学術的貢献があった。

研究成果の概要(英文)：Recently, according to the increase of maritime container cargo, mega container ships have been introduced in the trunk routes between Asia and Europe/North America. And by the cascading effect of the mega container ship, container ship sizes of intra-Asia route have also enlarged.

Based on this background, we analyzed container routes and container ships in major route, and developed the method how to estimate the ship size and numbers not only in the trunk routes but also in the intra-Asian routes. In addition, we developed the model for estimating the net flow OD of worldwide maritime containers. Furthermore, we developed a route selection model of Japanese international maritime container cargo flow with Asian countries by using sacrifice model.

研究分野：国際物流、港湾計画

キーワード：海上コンテナ コンテナ航路 純流動OD 貨物流動モデル

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

(1) コンテナ船の大型化の進行と航路網変化の進展

アジアと欧米などを結ぶ基幹航路などへの投入のために 2 万 TEU クラスの超大型コンテナ船の建造が進むとともに、それらの超大型船の就航に伴う大型船の他航路への転配（カスケード現象）が進行している。また、新パナマ運河の整備や北極海航路の利用検討なども進んでおり、将来の世界のコンテナ航路網が大きく変わることが想定される。

このような背景のもと、基幹航路の大型コンテナ船の投入により他の航路でのカスケード現象が進行するなかで、小型や中型のコンテナ船を中心に航路形成がされている日本・中国・韓国などを結ぶ北東アジア域内航路や、これら北東アジアの国々と東南アジア諸国を結ぶ東南アジア航路について、将来どのような航路網、就航船舶となるのかなどの検討は、今後の我が国の港湾の計画・整備など政策を考える上でも重要な課題である。

(2) コンテナ航路変化を見据えた港湾の整備・利用などの評価モデルへのニーズ

大型船に対応したハブ港湾や新パナマ運河などの整備が進むなかで、(1)の航路網の変化をも踏まえて、わが国に関わるコンテナ航路網や貨物流動がどう変化するか、特にアジア諸国とのコンテナ貨物流動がどのように変わるかなどを評価できるモデル開発が十分ではなく、貨物流動モデル・評価モデルの開発が急務である。

2. 研究の目的

(1) コンテナ OD 貨物量の推計とコンテナ航路網推計

港湾の整備計画を検討するにあたっては、将来の港湾取扱貨物量予測が不可欠であるが、コンテナ貨物は、途中の港湾などで積み替えられて輸送されることも多いことから、真の出発地と到着地である純流動ベースの OD 表を元に、それらの貨物がどのような経路で輸送され、どの港湾を利用するかを検討する必要がある。

本研究では、純流動ベースの OD 表の推計方法や、それを元に将来のコンテナ船の投入や将来の航路網がどのようになるかを予測する評価ツールを開発する。

(2) コンテナ貨物流動モデル開発

上記のコンテナ航路網や OD 推計などを基に、わが国を中心とするコンテナ貨物の輸送経路がどのようになるかを予測・評価できる貨物流動モデルを構築する。

特に東アジア地域のコンテナ船の大型化によって、我が国の港湾とを結ぶ航路にも大きな変化が想定されることから、日本発着のアジア地域貨物が日本のどの港湾を利用し、その港湾まで内航やトレーラーなどのどの輸送機関で輸送されることとなるか、国内の流動状況なども含めて推計できる貨物流動モデルを開発する。

3. 研究の方法

(1) コンテナ貨物・航路網の動向分析とコンテナ航路網推計モデル

世界のコンテナ貨物や大型コンテナ船の投入航路などの動向分析などを行い、アジアと欧米などとの基幹航路へのコンテナ船の投入や、東アジア域内などへのコンテナ船の投入などがどのようになっているかを把握するとともに、将来のコンテナ航路網、コンテナ船の投入状況などの推計手法の検討を行う。

(2) コンテナ貨物の地域間・地域内の流動 OD 推計

主要地域間のコンテナ航路網の状況やコンテナ貨物の積み替えなどの状況などをもとに、世界の主要地域間・地域内のコンテナ貨物の流動 OD を、純流動ベースで推計する手法を開発する。

(3) 日本発着貨物の貨物流動モデル構築と OD 貨物量・航路網予測とのリンク

日本発着のコンテナ貨物が、上記の純流動ベースの OD や、コンテナ航路網の変化などによって、どのようにその流動が変化することとなるかを予測できる貨物流動モデルの構築を行い、将来の OD 貨物量変化や、投入船型の大型化をはじめとした輸送サービスの変化によってどのように流動が変わるかなど、港湾政策などを定量的に評価できるモデルを開発する。

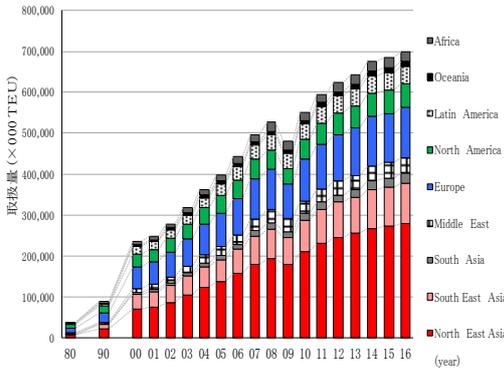
4. 研究成果

(1) コンテナ貨物・航路網の動向分析とコンテナ航路網推計モデル

世界のコンテナ貨物流動は、中国をはじめとするアジア諸国の経済発展などを背景に増大しており、港湾でのコンテナ貨物量もアジアを中心に増大するとともに、輸送するコンテナ船の大型化や、ハブ港湾整備が進んでいる。

世界の港湾における地域別の取扱コンテナ量の推移を現したものが図 1 である。1990 年代から 2000 年にかけてアジアを中心に貨物量が増大し、その後も東アジアを中心に港湾でのコンテナ貨物取扱量が大きく伸びている。

また、表 1 には世界の主要港のコンテナ貨物取扱量の上位港湾のランキングと取扱量の推移を示す。世界の主要港のコンテナ貨物取扱量は、1980 年代から 2000 年にかけては欧米の港湾もランキングの上位にあったが、上海港・深セン港といった中国諸港やシンガポール港など、アジアの港湾が 2017 年ではトップ 10 をほぼ占め、中国経済や ASEAN 諸国などの経済発展などを背景に、港湾貨物取扱量も大きく躍進している。



注: TEU (Twenty-foot Equivalent Unit): 国際標準規格 (ISO規格) の 20 フィートコンテナを1とし、40 フィートコンテナを2として計算する単位
資料: container forecaster annual review (dowry) などをもとに作成

図1 世界の港湾でのコンテナ貨物量

表1 世界の主要港コンテナ取扱推移

1980年	1990年		2000年		2010年		2017年	
	万TEU	万TEU	万TEU	万TEU	万TEU	万TEU	万TEU	万TEU
1 NY/NJ(米)	195	1,170	1,810	2,907	4,023	1 シンガポール	3,367	4,023
2 ロッテルダム(蘭)	190	510	1,704	2,843	3,367	2 シンガポール	2,843	3,367
3 香港	146	357	754	2,353	2,821	3 香港	2,353	2,821
4 高雄(台湾)	98	349	743	2,251	2,461	4 深セン(中国)	2,251	2,461
5 シンガポール	92	260	628	1,416	2,076	5 釜山	1,416	2,076
6 ハンブルグ	78	235	561	1,314	2,041	6 シンガポール(中国)	1,314	2,041
7 オークランド(米)	78	212	488	1,253	2,037	7 広州(中国)	1,253	2,037
8 シドニー(米)	78	197	460	1,201	1,830	8 青島(中国)	1,201	1,830
9 NY/NJ(米)	73	187	425	1,160	1,689	9 LA/LB(米)	1,160	1,689
10 アントワープ	72	183	408	1,115	1,531	10 シドニー	1,115	1,531
11 横浜(日本)	72	165	321	1,008	1,501	11 天津	1,008	1,501
12 フレーメン	70	160	306	918	1,373	12 ロッテルダム	918	1,373
13 ボルネオ(米)	66	156	301	887	1,198	13 ボートラン	887	1,198
14 基隆(台湾)	66	155	290	847	1,045	14 アントワープ	847	1,045
15 釜山(韓国)	63	142	287	790	1,038	15 ハンブルグ	790	1,038
16 東京(日本)	63	138	280	783	1,027	16 ロサンゼルス	783	1,027
17 ロサンゼルス(米)	62	120	271	653	970	17 フレーメン(米)	653	970
18 シンガポール	56	117	265	628	886	18 ロングビーチ	628	886
19 ロングビーチ(米)	55	112	248	582	838	19 NY/NJ(米)	582	838
20 シドニー(米)	51	104	239	524	778	20 シドニー(米)	524	778

資料: C-I Online データ、日本海事新聞2017年4月29日掲載記事「2017年の世界のコンテナ取扱量ランキング(アジア圏に基くランキング)」などをもとに作成

これらの港湾でのコンテナ取扱量の増大に伴って、上海港、釜山港、シンガポール港など、東アジアの港湾を中心に、新たなコンテナターミナルが整備されてきたほか、より多くの貨物を効率よく輸送するためにコンテナ船の大型化も大きく進展した。

表2は、2007年と2017年の世界のコンテナ船の航路別の就航状況を分析したものである。世界に就航する大型コンテナ船は、各航路とも2007年に比べて2017年の方が投入されている船の平均船型も大型化し、投入されている船の積載能力の合計である総キャパシティも大きく増えている。ただし、投入隻数については、アジアと欧州を結ぶ航路(欧州航路)とアジアと北米とを結ぶ航路(北米航路)については、1隻あたりの積載能力増が大きいこともあり、隻数は減少となっている。

また日本・韓国・中国などを結ぶ北東アジア域内航路については、2007年は、1000TEUクラスまでの船舶が主となっていたものが、基幹航路などへの大型船の投入で既存の大型船が順々に他の航路へと投入変更されるカスケード現象もあり、2017年では1000TEUクラスの船もまだ多く投入されているものの、1000~2000TEUクラスの船も多く投入されてきている。

表2 世界のコンテナ航路へのコンテナ船の投入状況の推移

航路名	年	TEU														隻数		1隻の平均TEU		総キャパシティ		
		0-499	500-999	1000-1999	2000-2999	3000-3999	4000-4999	5000-5999	6000-6999	7000-7999	8000-8999	9000-9999	10000-12999	13000-15999	16000-18999	19000-TEU	合計	伸び	合計	伸び		
アジア	2017	0	0	0	0	0	15	8	10	0	49	20	26	153	58	23	362	0.67	13,059	2.17	4,727	1.46
欧州航路	2007	0	0	2	56	69	54	83	84	50	89	42	9	0	0	0	538		6,017		3,237	
アジア	2017	0	5	0	7	3	68	24	101	0	108	51	36	23	0	0	426	0.84	7,589	1.60	3,233	1.34
北米航路	2007	0	0	18	30	61	190	148	30	19	12	0	0	0	0	0	508		4,737		2,406	
北東アジア-南アジア・中東航路	2017	0	2	15	3	10	52	61	14	12	12	13	28	7	0	0	229	1.58	6,357	2.38	1,456	3.76
	2007	0	1	43	55	34	8	3	1	0	0	0	0	0	0	0	145		2,670		387	
北東アジア-東南アジア航路	2017	1	24	299	104	1	46	3	0	0	0	0	0	0	0	0	478	1.51	2,020	1.46	965	2.21
	2007	10	48	233	16	7	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	317		1,379		437	
北東アジア域内(日中韓)航路	2017	18	90	102	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	218	1.27	1,891	1.62	215	2.08
	2007	56	104	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	171		1,170		104	

資料: 国際輸送ハンドブック(オーシャンコマース社)を元に作成

海上コンテナ貨物については、鉄鉱石や石炭などのバルク貨物と違い、港湾で他の船に積み替えをすることが比較的容易であり、またコンテナ貨物をより効率的に輸送するには、たとえば東南アジアと欧州との輸送であれば、シンガポールやロッテルダム港といった双方のハブ港湾の間は、長距離航路であるので寄港地を絞り混みながら大型コンテナ船で一度に輸送し、ハブ港湾への集荷やハブ港湾からの輸送は、小型船などで行うほうが効率的となるケースが多い。また、北東アジア域内航路などの距離が比較的短距離となる航路については、大型船での輸送よりも、小型・中型船での輸送のほうが、輸送頻度や港湾での積み卸し作業面で有利となり、大型船に比べればより多くの港湾に寄港もできるというメリットがある。

このような状況を勘案すると、アジア、欧州、北米といった主要地域間で輸送されるコンテナ貨物の純流動ベースのOD貨物量が所与、投入できるコンテナ船の船型別の隻数などが所与とすると、アジアと欧州、アジアと北米との間の輸送については、大型コンテナ船で輸送される場合には、途中でそれらの貨物が積み替えされることはほとんど無いと考えられ、アジアと欧州間、アジアと北米間の基幹航路で輸送すべきコンテナ貨物量について、どの程度のサービス数、平均投入船型であれば、それらの貨物を輸送できるか算定できる。

北東アジア域内航路や北東アジアと東南アジアとの間の輸送である北東アジア-東南アジア航路、北東アジアと東南アジア、更には南アジア・中東地域とを結ぶ北東アジア-南アジア・中東航路については、いずれもアジア域内航路ではあるが、より近距離の北東アジア域内航路のほうが小型船、輸送距離の長い北東アジアと東南アジアや南アジア・中東地域を結ぶ他の航路は中型船などの投入となっている。これらのアジア域内航路へのコンテナ船の投入については、輸送すべき貨物量である純流動ベースのOD貨物量をベースに、北東アジア域内航路については小型船などの投入を想定することとなるが、その際には、欧州航路や東南アジア航路などの船舶にも、北東アジア域内航路で輸送できる貨物が積載されているこ

とから、それらの他航路での輸送貨物量を除いた貨物量を輸送するための投入船の隻数や船型を算定することとなる。北東アジアー東南アジア航路などの船の投入についても同様で、北東アジアと東南アジアなどとの輸送貨物量のうち、欧州航路などで一部輸送される貨物が想定されるので、それらを考慮したうえで、投入船舶数や船型を算定することとなる。以上のようなことを勘案すると、基幹航路やアジア域内航路などへの船舶の投入隻数・船型などの算定は、図2に示すフローに沿って算定できる。

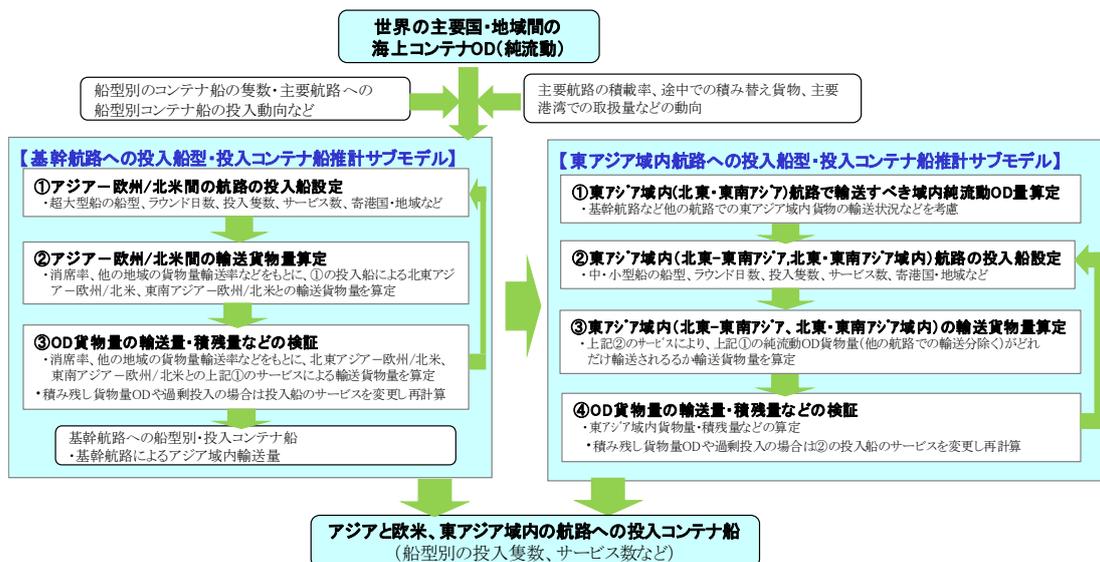


図2 基幹航路・東アジア域内航路へのコンテナ船の投入算定フロー

(2) コンテナ貨物の地域間・地域内の流動 OD 推計

コンテナ貨物は、バルク貨物と異なり途中で積み替えられて輸送されることも多く、各国・地域間のコンテナ船による輸送貨物量を積み上げたのでは総流動ベースの輸送量となり、積み替え貨物なども含んでいることとなる。したがって、将来のコンテナ貨物流動などが港湾の整備や大型船の投入などでどのように変化するかを把握するためには、コンテナ貨物の真の流動となる最初のコンテナ貨物の積込港と最後の積卸港との間の OD 量、すなわち純流動ベースの OD を推計する必要がある。

このため、図3に示すとおり、総流動 OD をまず算定し、それから純流動 OD を推計することとした。まず、総流動 OD については、既開発の方法を用い、各国・地域総流動量は、コンテナ船の輸送能力に積卸率を乗じたものとなし、積卸率を航路に依らず一律設定して、各国地域の輸出入コンテナ貨物量とコンテナ航路網データを元に、全体誤差が小さくなるように、流動量をフレーター法により収束させることで推計した。

次に、総流動を、積み替え無しの直航コンテナ OD と積み替えを行う T/S の OD に分解することを考え、輸入 T/S 貨物量は総流動 OD 量に輸入 T/S 率を乗じたもの、輸入 T/S コンテナは真の到着地への輸送能力に応じて地理的位置も考慮して輸出されると仮定して推計したほか、直航 OD 表は、総流動 OD に直送率 (1-輸出 T/S 率) を乗じたものに比例するとし、各国・地域のコンテナ貨物量などと整合性がとれるように全体誤差をフレーター法により調整して算出することとした。

さらに、将来の純流動 OD の推計については図4に示すとおり、図3の方法で求めた純流動 OD の実績値の推計値と、各国・地域の将来のコンテナ量 (各国の将来 GDP 推計値にコンテナ純流動量の GDP を乗じて算出) とをもとに、各国・地域間の OD パターンが将来も続くものとして将来の国・地域間の OD を推計した。

その推計結果を図5に、また東アジア関連の純流動 OD について航路別の分析を北米航路について行った結果を図6に示す。

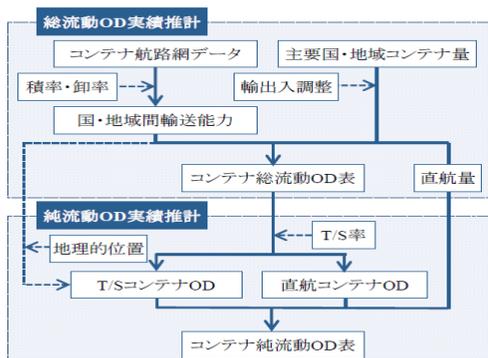


図3 純流動 OD の推計フロー

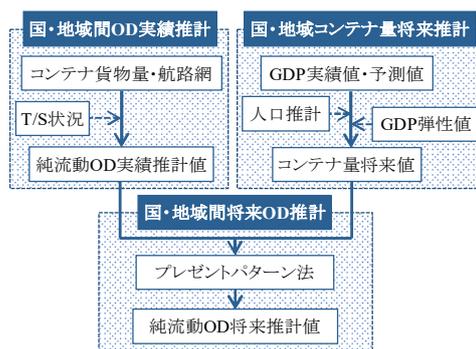


図4 純流動 OD の将来推計フロー

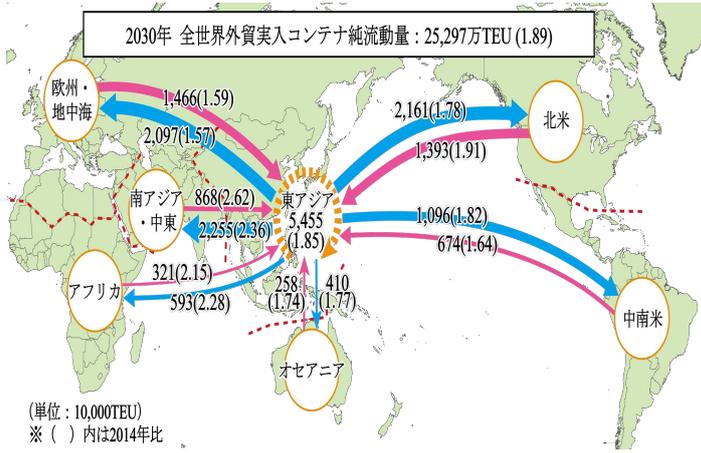


図5 純流動ODの将来推計例(2030年)

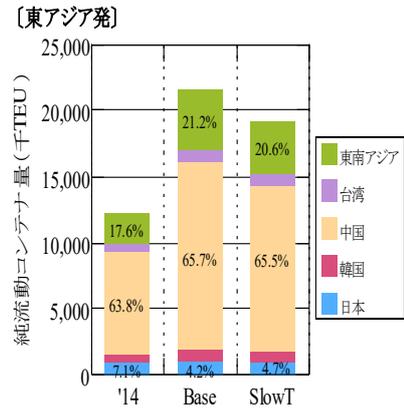


図6 東アジア/北米の地域シェア推計

なお、近年、米中間の貿易戦争、すなわち、米国と中国との間での関税率の引き上げ措置などが実施されていることから、関税引き上げが実施されることにより、貿易にどの程度の影響がでるか、さらには海上コンテナ輸送量にどのような影響がでるかについても、GTAPモデルを活用して検討し、貿易対立がこのまま進行すれば、2017年換算でコンテナ貨物量が米国は230~510万TEU、中国は250~440万TEU減少し、東アジアと米国とのコンテナ航路で18~36%の貨物量減少が見込まれるとの算定結果を得た。

(3) 日本発着貨物の貨物流動モデル構築とOD貨物量・航路網予測とのリンク

コンテナ貨物の流動状況については、我が国のコンテナ貨物については全国輸出入コンテナ貨物流動調査(5年に1度、国土交通省実施)を用いると、貨物の純流動を追うことが可能である。したがって、貨物の輸送経路の実績がわかることから、その輸送経路毎の貨物輸送量の実績をもとに、図7に示すように、輸送経路は各経路の輸送費用と輸送時間の貨幣換算分(貨物の時間価値を乗じたもの)の総和が一番小さい経路が選択されるとする犠牲量モデルを適用して、輸送実績に最もあうような貨物の時間価値分布のパラメーターを推計することで、貨物流動モデルを構築することとした。図8に示すとおり、日本は47都道府県をベースとした区分として代表港を設定し、アジアについても、中国においては3地域に区分、ASEAN及び東ティモールにおいては2地域に区分して地域を設定し、代表港を設定した。そして、候補となる輸送経路の輸送費用や輸送時間の設定にあたっては、航路の寄港頻度から算定した平均待ち時間や、規模の経済も考慮した船型別の海上輸送コストなども考慮した。

図9が、実績の輸送経路別貨物量を最も再現するように推計された貨物の時間価値分布の推計結果、図10が、その時間価値分布をもとに、中国3地域との輸送量の実績値とモデルでの再現値の比較結果である。

構築した貨物流動モデルを用いて、将来の貨物流動変化などを算定する際には、上記(1)

(2)で検討した将来の我が国のこれらアジア地域とのコンテナ貨物の純流動OD量、さらには基幹航路などへの超大型コンテナ船投入による他航路への転船・大型化などの影響(カスケード効果)でアジア域内航路も大型化することなどからこれらアジア諸国とのコンテナ航路の投入船型や、サービス頻度などを用いて、貨物流動モデルに反映をして検討することとなる。具体的には、日本の各港湾でのサービス頻度や投入船型などを想定して、貨物流動モデルで各港湾の利用貨物量を算出する。ただし、集荷される貨物が寄港頻度に見合う貨物量かどうかのチェックも必要であり、採算に見合う程度の1寄港あたりの積卸量となっているかなどで、寄港の妥当性をチェックし、寄港頻度の増減などの調整をして再度計算するフィードバックループで算定を行うこととなる。

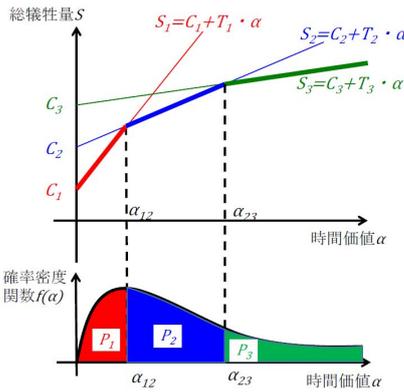


図7 犠牲量モデル概念図

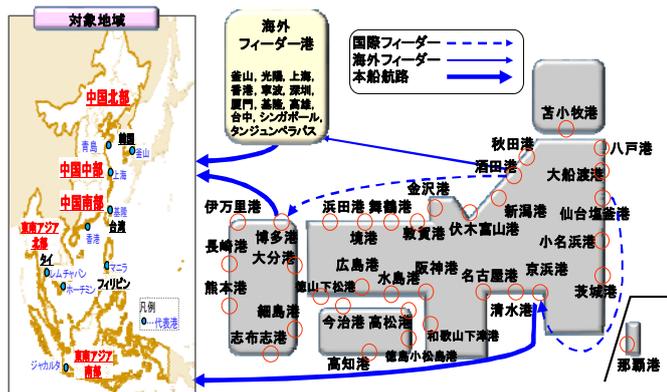


図8 日本とアジアとの対象地域や設定港湾

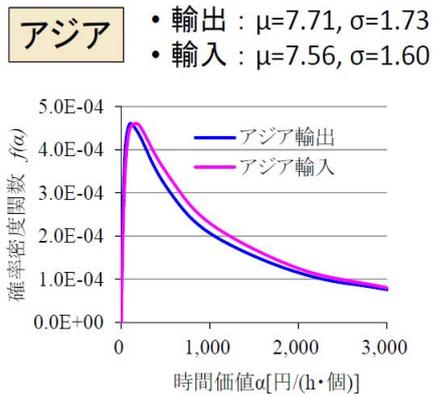


図9 時間価値分布の推計結果

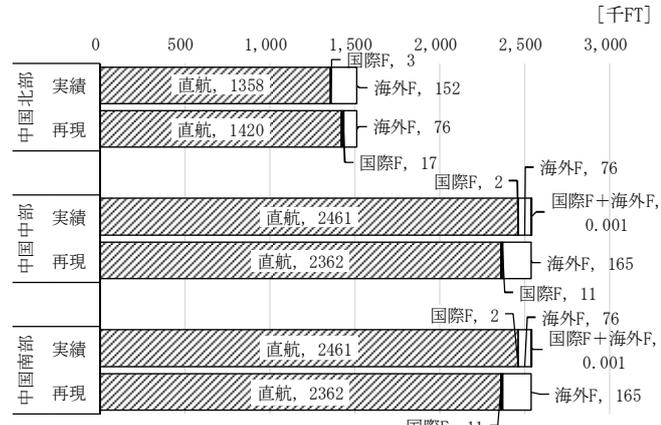


図10 貨物流動モデル現況再現性（中国輸入貨物）

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計3件）

- ①赤倉康寛、荒木大志、玉井和久：世界の国際海上コンテナ流動OD量の中長期見通しの試算、土木学会論文集B3（海洋開発）、査読有り、73巻2号、I_898-I_994、2017
https://doi.org/10.2208/jscejoe.73.I_989
- ②佐々木友子、赤倉康寛、渡部富博：我が国の国際海上コンテナ貨物の経路選択モデル構築、沿岸域学会誌、査読有り、第30巻第3号、pp.79-90、2017
- ③赤倉康寛：米トランプ政権の保護貿易政策による貿易対立が海運貨物量に与える影響試算、国土技術政策総合研究所資料、査読無し、No.1053 pp.1-68、2018

〔学会発表〕（計2件）

- ①赤倉康寛、荒木大志、玉井和久：世界の国際海上コンテナ流動OD量の中長期見通しの試算、土木学会第42回海洋開発シンポジウム、平成29年6月26日
- ②佐々木友子、赤倉康寛、渡部富博：我が国の国際海上コンテナ貨物の経路選択モデル構築、平成29年度日本沿岸域学会研究討論会、平成29年7月22日

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：佐々木 友子
ローマ字氏名：(SASAKI, Tomoko)

所属研究機関名：国土交通省国土技術政策総合研究所

部局名：港湾研究部

職名：主任研究官

研究者番号（8桁）：20642010

研究分担者氏名：赤倉 康寛

ローマ字氏名：(AKAKURA, Yasuhiro)

所属研究機関名：国土交通省国土技術政策総合研究所

部局名：港湾研究部港湾システム研究室

職名：室長

研究者番号（8桁）：70462629

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。