

海上輸送の構造変化に対応した コンテナ航路網予測手法の開発

港湾研究部長 藤井敦



【目次】

1. 研究の背景
2. 海上輸送の構造変化に対応した
コンテナ航路網予測手法の開発
3. まとめ

【目次】

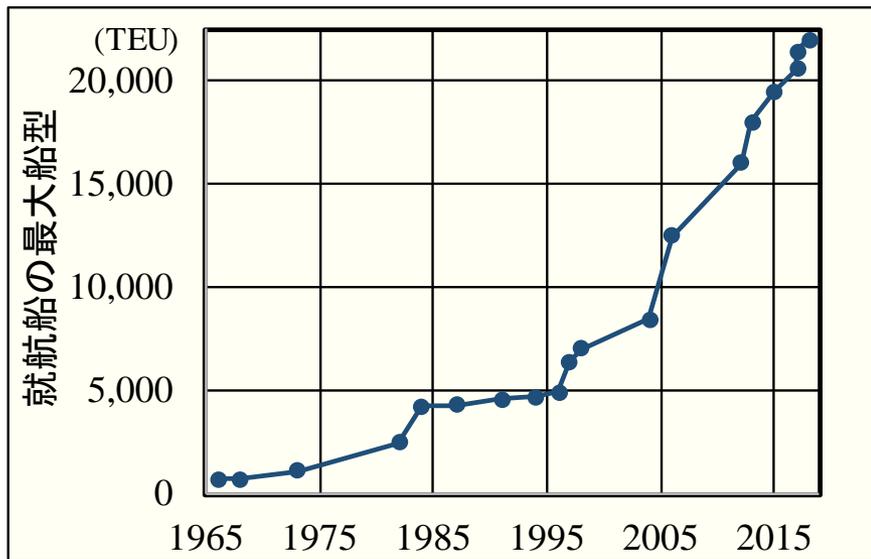
1. 研究の背景
2. 海上輸送の構造変化に対応した
コンテナ航路網予測手法の開発
3. まとめ

背景

超大型コンテナ船の急増等によりアジアや欧米・北米との基幹航路等の航路の更なる大型化が想定

【世界に就航するコンテナ船の最大船型の推移】

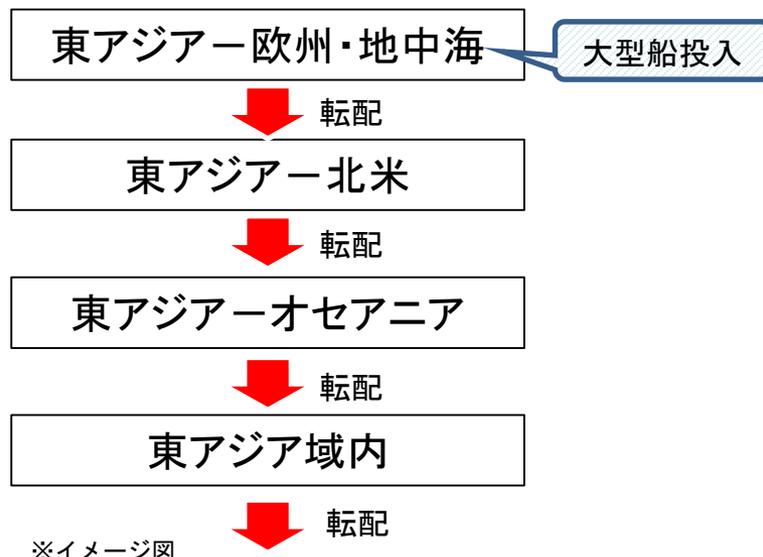
近年就航するコンテナ船の最大船型が急激に大型化



※データ：国交省港湾局資料より

【カスケード効果】

一部の航路の大型化が他の航路の大型化を連鎖的に引き起こす現象



※イメージ図

課題

急速な船舶の大型化を想定したコンテナ航路網の予測モデルはなく、国際競争力強化施策の定量的検討が困難

Sinotrans Manila

- ・1,946TEU、24,690載荷重量トン
- ・全長172m、型幅28.4m、喫水8.5m
- ・2017年建造



提供：関東地方整備局港湾空港部

MOL Triumph

- ・20,170TEU、196,878載荷重量トン
- ・全長400m、型幅58.8m、喫水16m
- ・2017年建造



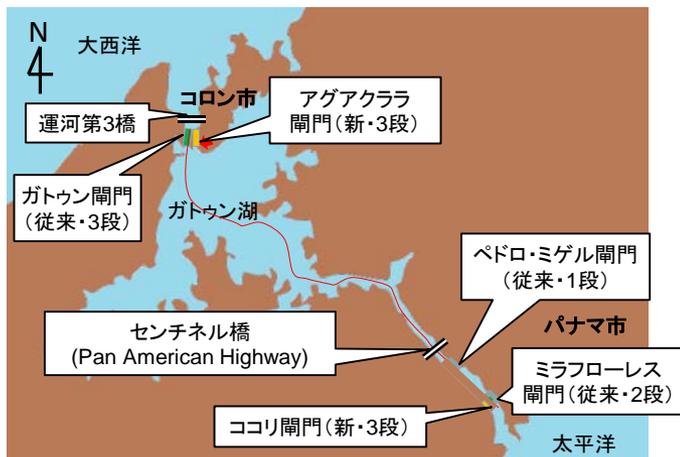
出典：WIKIPEDIA

(https://en.wikipedia.org/wiki/MOL_Triumph#/media/File:The_MOL_Triumph_bound_for_Hamburg_on_the_river_Elbe.jpg)

背景

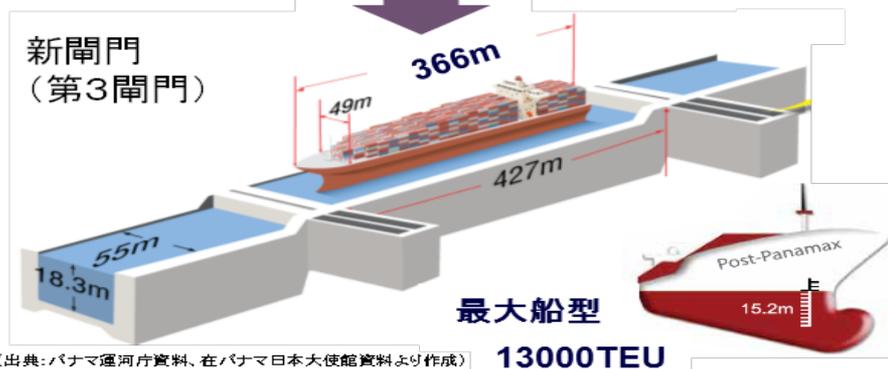
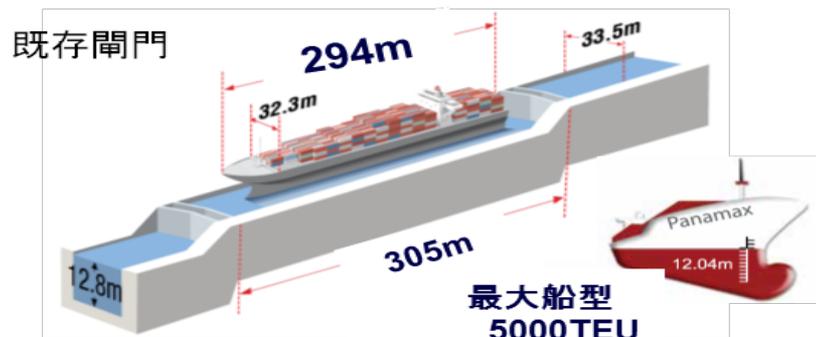
- ✓ 東アジアー北米東岸航路等の海上交通の要衝であるパナマ運河において新パナマ運河の供用（2016年6月）
- ✓ これにより投入される船型が大型化する可能性

【パナマ運河の位置】



【新パナマ運河の概要】

通航可能船舶が約5千TEUから約1万3千TEUに大型化



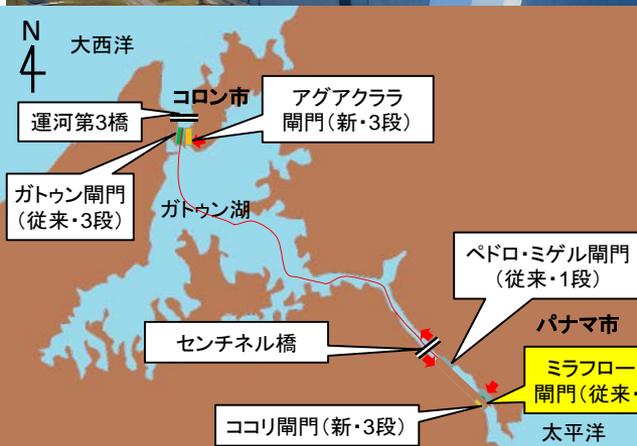
ミラフローレス閘門・ビジターセンター(見学デッキ)

- ・パナマ市街地から車で15分程度、入場料\$15
- ・パナマ市最寄りの閘門のため見学客は多い



ミラフローレス閘門

- ・北航(太平洋→大西洋)する船舶が下段の閘室に入り、水位を上昇している



ミラフローレス閘門

- ・船舶が下段の閘室から上段の閘室に進入する船舶
- ・手前と奥の2台の電気機関車が係留索を牽引して、船舶を移動させる



EQUULEUS LEADER



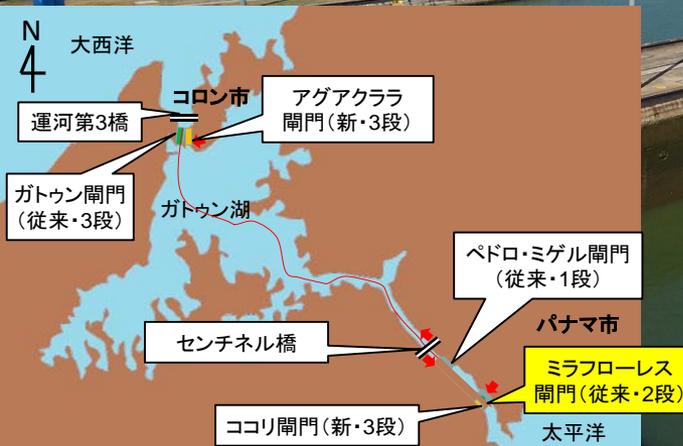
ミラフローレス閘門

・上下閘室間のゲート(開状態)



ミラフローレス閘門

- ・上段の閘室で上昇中、水位が上昇し切るまで約7分
- ・通航時間は1段あたり約30分



背景

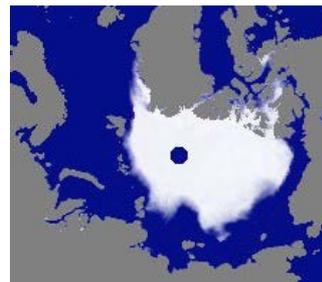
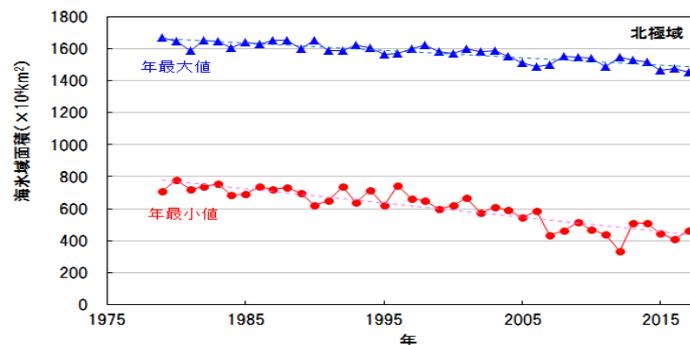
- ✓ 温暖化により近年夏期に東アジア－欧州間をタンカー等が通航
- ✓ 北極海航路は南回り航路に比べ航海距離が短いこと等からコンテナ船が定期的に運航する可能性

【北極海航路と南回り航路】

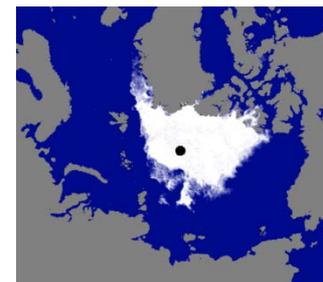


- ・ 欧州とアジアとの航海距離がエズ運河由の場合より6割に短縮
- ・ ソマリア海域の通過回避

【北極海の海水面積の推移】



2005年の海水状況



2012年の海水状況

課題

北米東岸航路の大型化、欧州との北極海航路利用が今後想定されるが、貨物流動予測などでは考慮されてない。今後の港湾施策の検討には、**これらを考慮したコンテナ航路網の予測を行い貨物予測などへの反映が必要**

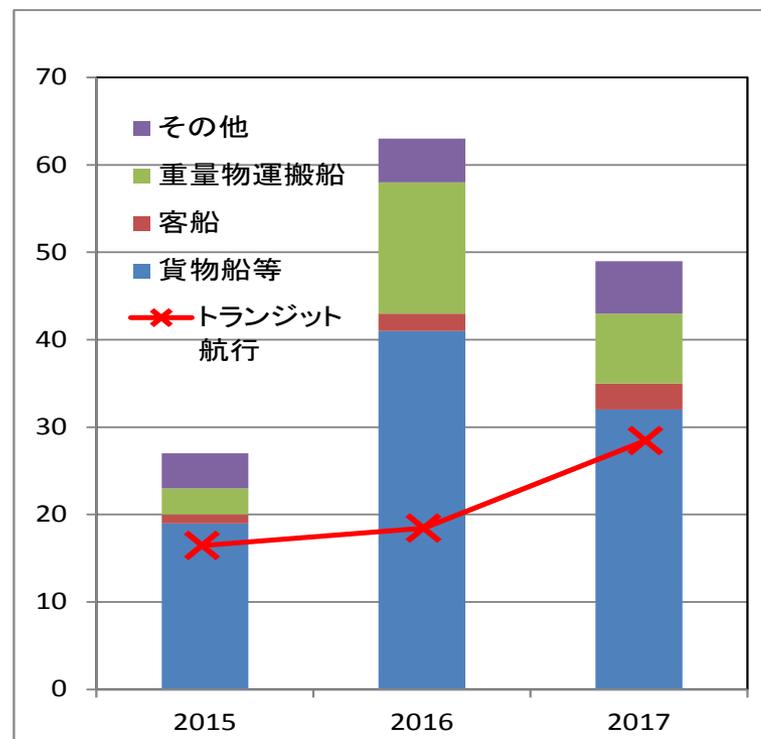
- ◆海氷状況によっては砕氷船により先導が必要
- ◆ロシア国内に寄港せず航路として利用するトランジット航行が増加
- ◆船のタイプは、貨物船、重量物運搬船、タンカーなど
- ◆2018年8月～9月にかけてマースク社が3,600TEUのコンテナ船をウラジオストクからサンクトペテルブルクまで試験航行

【砕氷船による先導】

【北極海航路の東西横断航行数】



(出典：日本北極会議報告書)



(出典：JAXAのAISデータを元に国総研作成)

【目次】

1. 研究の背景

2. 海上輸送の構造変化に対応した
コンテナ航路網予測手法の開発

3. まとめ

2. 海上輸送の構造変化に対応したコンテナ航路網予測手法の開発

必要性

- 欧米等との**基幹航路の維持・拡大**は、我が国の港湾並びに**経済の国際競争力強化**において必要不可欠。
- 今後、**超大型船の就航増や北極海航路の利用増大**などの海上輸送構造の変化が想定され、港湾施策の更なる展開の検討には、これらの状況変化で日本やアジアへの**基幹航路がどうなるかを予測できる手法開発**が必要。

(参考) 今後変化が予想されるコンテナ航路



- アジア-欧州航路 ※距離は横浜港-ロンドンの海上距離

スエズ運河経由	2万1200km
北極海航路利用	1万3800km
パナマ運河経由	2万3300km

- アジア-北米東岸航路

北米西岸航路 + DST	: 海上11-14日 + 鉄道7日
北米東岸航路 (パナマ経由)	: 22-30日
スエズ運河経由	: 30-35日

目的・目標

- 目的：アジア諸国の後手を踏むことなく、**国際コンテナ戦略港湾政策の更なる展開が図られ、ひいては我が国の港湾・産業の国際競争力の維持・強化に資する**

○目標

- アウトプット指標：コンテナ航路網の動向を定量的に予測できる手法開発
- アウトカム指標：港湾施策の更なる展開の検討資料としての活用

- ① コンテナ輸送を取り巻く諸情勢と航路形成に関する分析
 - 1) 国際海上コンテナ船の航路網に関わる資料の収集分析
 - 2) コンテナ航路形成に関わる分析



- ② 世界主要地域間のコンテナ航路網予測モデル開発
 - 1) コンテナ貨物流動量予測サブモデル開発
 - 2) コンテナ船投入予測サブモデル開発



- ③ 海上輸送に関わるシナリオ設定とコンテナ航路網の船型変化や便数の予測
 - 1) 将来の海上輸送に関わるシナリオ設定
 - 2) シナリオに基づき将来のコンテナ航路網の予測

- ① コンテナ輸送を取り巻く諸情勢と航路形成に関する分析
 - 1) 国際海上コンテナ船の航路網に関わる資料の収集分析
 - 2) コンテナ航路形成に関わる分析



- ② 世界主要地域間のコンテナ航路網予測モデル開発
 - 1) コンテナ貨物流動量予測サブモデル開発
 - 2) コンテナ船投入予測サブモデル開発

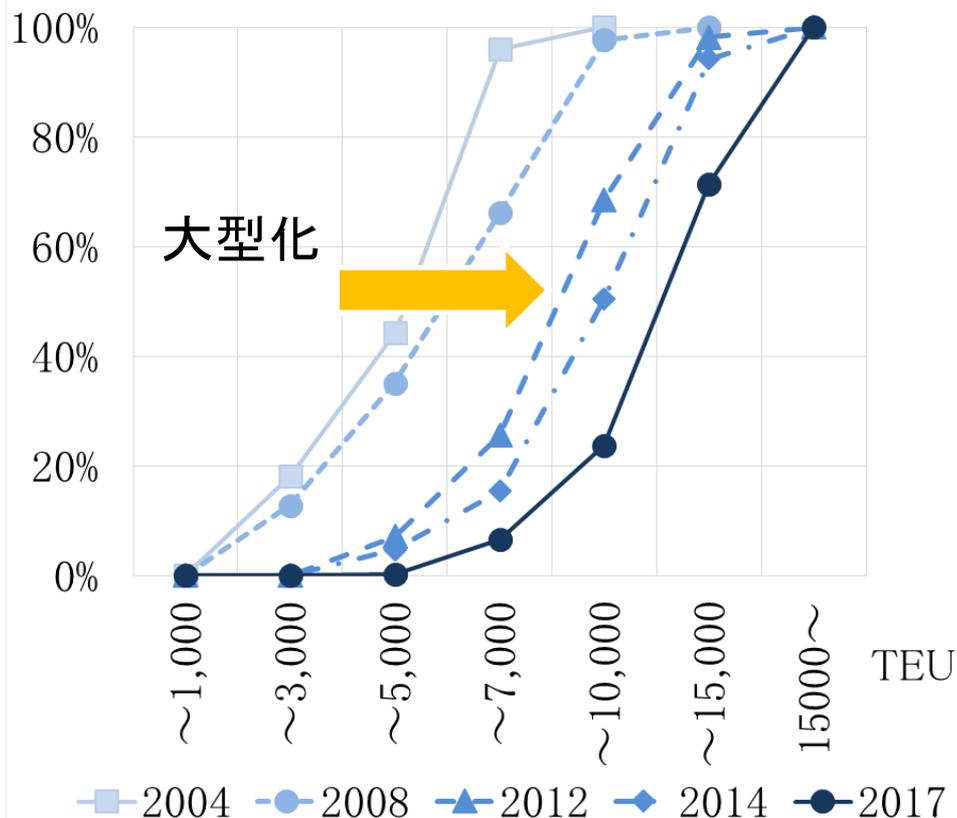


- ③ 海上輸送に関わるシナリオ設定とコンテナ航路網の船型変化や便数の予測
 - 1) 将来の海上輸送に関わるシナリオ設定
 - 2) シナリオに基づき将来のコンテナ航路網の予測

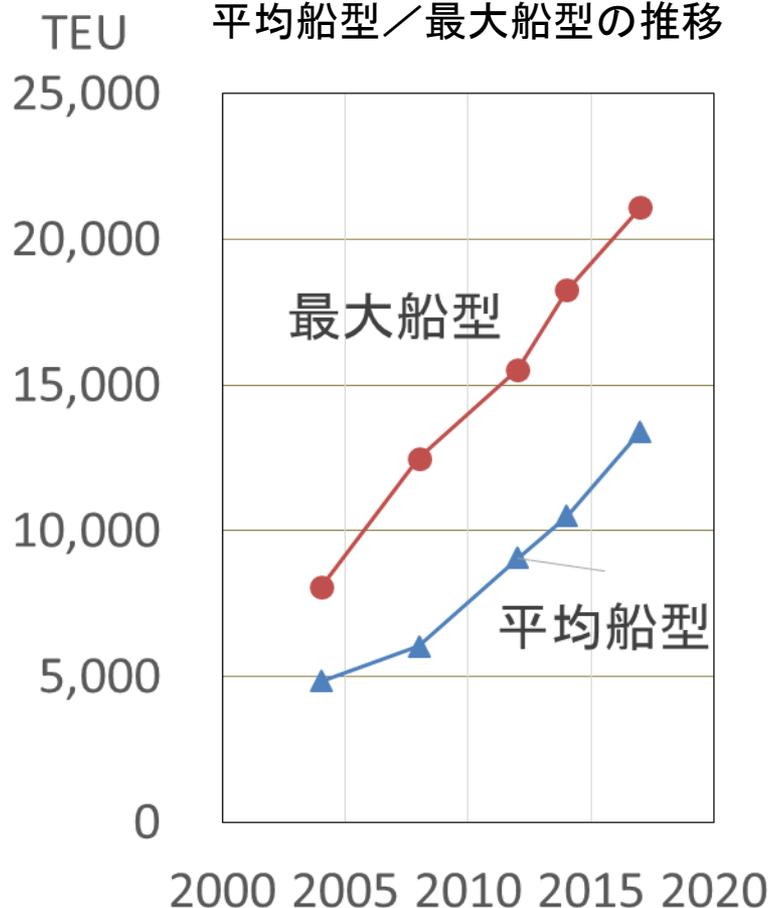
①コンテナ輸送を取り巻く諸情勢と航路形成に関する分析

- ✓ 2004年～2017年の航路別の投入船舶の船型別割合の推移を分析し、将来（2030年）の設定に活用
- ✓ 例として東アジア－欧州・地中海等、多くの航路で大型化の進展が確認された

東アジア－欧州・地中海の
船型別割合の推移



東アジア－欧州・地中海の
平均船型／最大船型の推移



①コンテナ輸送を取り巻く諸情勢と航路形成に関する分析

- ✓ 東アジアー北米東岸においてはパナマ運河またはスエズ運河等を利用
- ✓ このうち2016年6月の新パナマ運河の開通によりパナマ運河を通航するコンテナ船の船型が大型化し、2017年には14,414TEUのコンテナ船も通航
- ✓ 2018年6月には船幅制限が51.25mに緩和（約15,000TEUが通航可能に）

【東アジアー北米東岸における主要ルート】



【パナマ運河・スエズ運河における拡張工事】

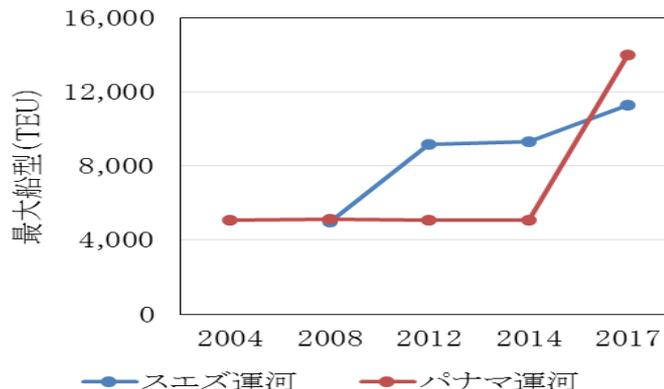
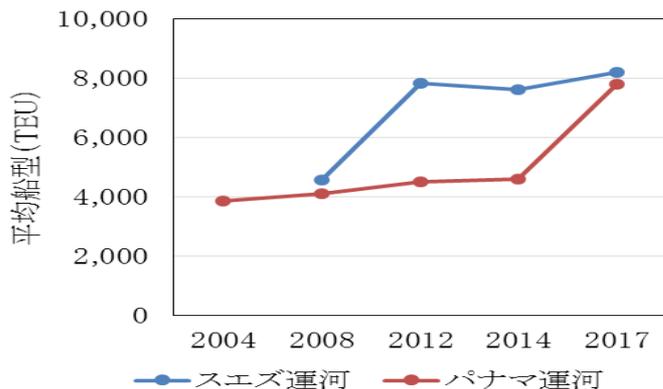
①パナマ運河

工事期間: 2007年9月着工 2016年6月完了
 船型制約: 約5,000TEU→約13,000TEU
 ※2017年には14,414TEUが通航

②スエズ運河

工事期間: 2014年8月着工 2015年7月完了
 船型制約: 大きな変化なし(21,000TEUクラスも航行可能)

【東アジアー北米東岸航路の利用運河の船型推移】

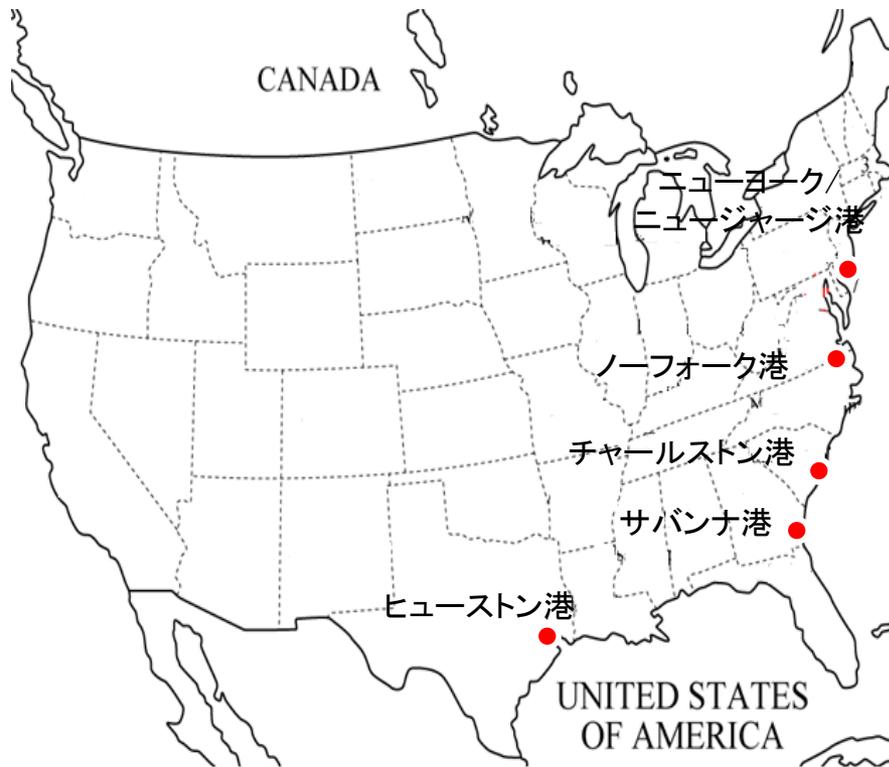


①コンテナ輸送を取り巻く諸情勢と航路形成に関する分析

- ✓ パナマ運河等が拡張しても北米東岸の主要港が大型船を受け入れられなければ東アジアー北米東岸には大型船は投入されない
- ✓ 北米東岸の主要港では現状14,414TEUのコンテナ船が既に寄港していることから、コンテナ船投入予測サブモデルにおける将来(2030年) 予測においては東アジアー北米東岸の船型制約を15,000TEUに設定

【北米東岸の主要コンテナ港湾の位置図】

【北米東岸の主要コンテナ港湾の現況】



港湾名	最大入港船型 (TEU)	最大水深 (m)
ニューヨーク/ニュージャージー港	14,414	15.2
サバンナ港	14,414	14.6
ノーフォーク港	14,414	15.2
ヒューストン港	8,401	13.7
チャールストン港	14,414	13.7

※最大入港船型は2017年時点

- ① コンテナ輸送を取り巻く諸情勢と航路形成に関する分析
 - 1) 国際海上コンテナ船の航路網に関わる資料の収集分析
 - 2) コンテナ航路形成に関わる分析



- ② 世界主要地域間のコンテナ航路網予測モデル開発
 - 1) コンテナ貨物流動量予測サブモデル開発
 - 2) コンテナ船投入予測サブモデル開発



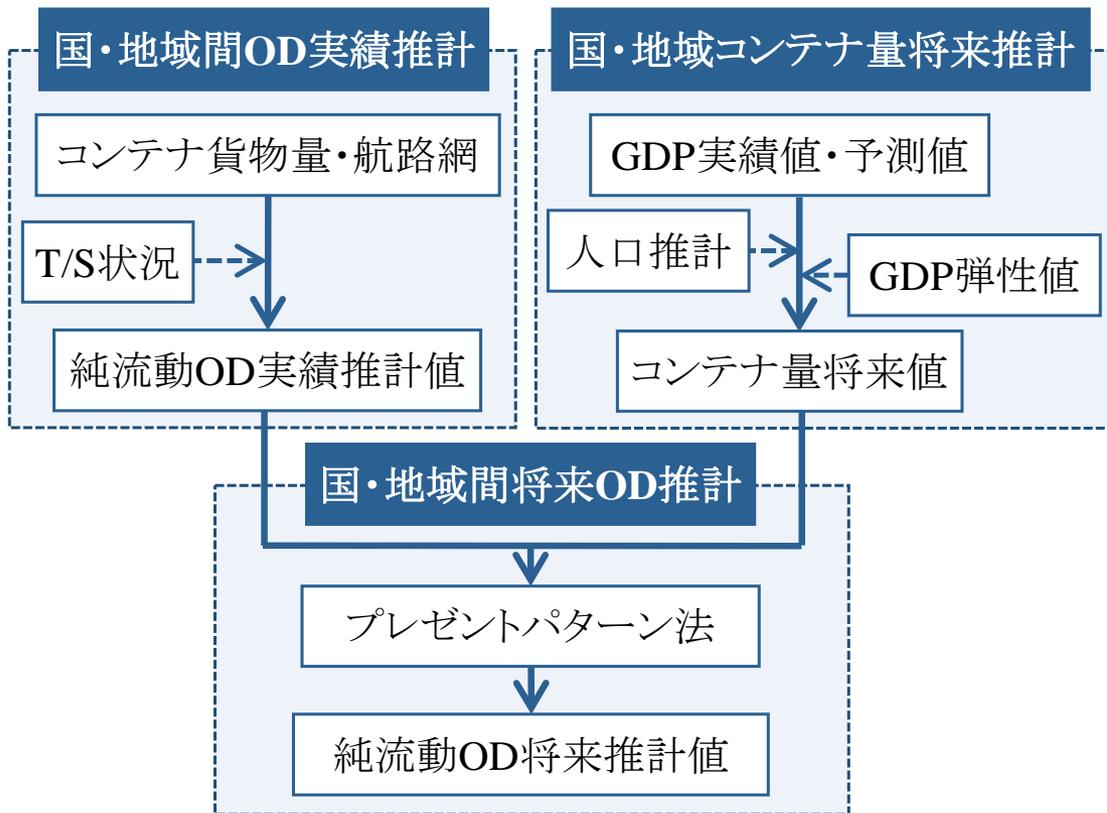
- ③ 海上輸送に関わるシナリオ設定とコンテナ航路網の船型変化や便数の予測
 - 1) 将来の海上輸送に関わるシナリオ設定
 - 2) シナリオに基づき将来のコンテナ航路網の予測

②世界主要地域間のコンテナ航路網予測モデル開発

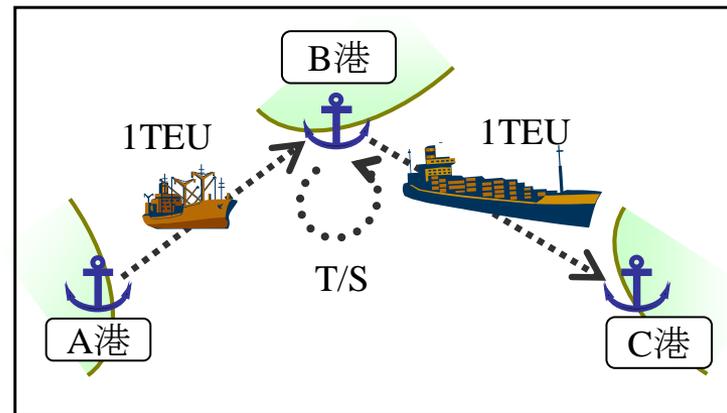
1) コンテナ貨物流動量予測サブモデル開発

- ✓ コンテナ貨物流動予測サブモデルでは、将来の国・地域間のコンテナ純流動量を推計
- ✓ 国・地域のコンテナ量将来値を前提として、流動パターンは現在と同じものと仮定して、将来流動量を収束計算により算定

コンテナ貨物流動量予測サブモデルのフロー



コンテナ貨物量のカウント方法

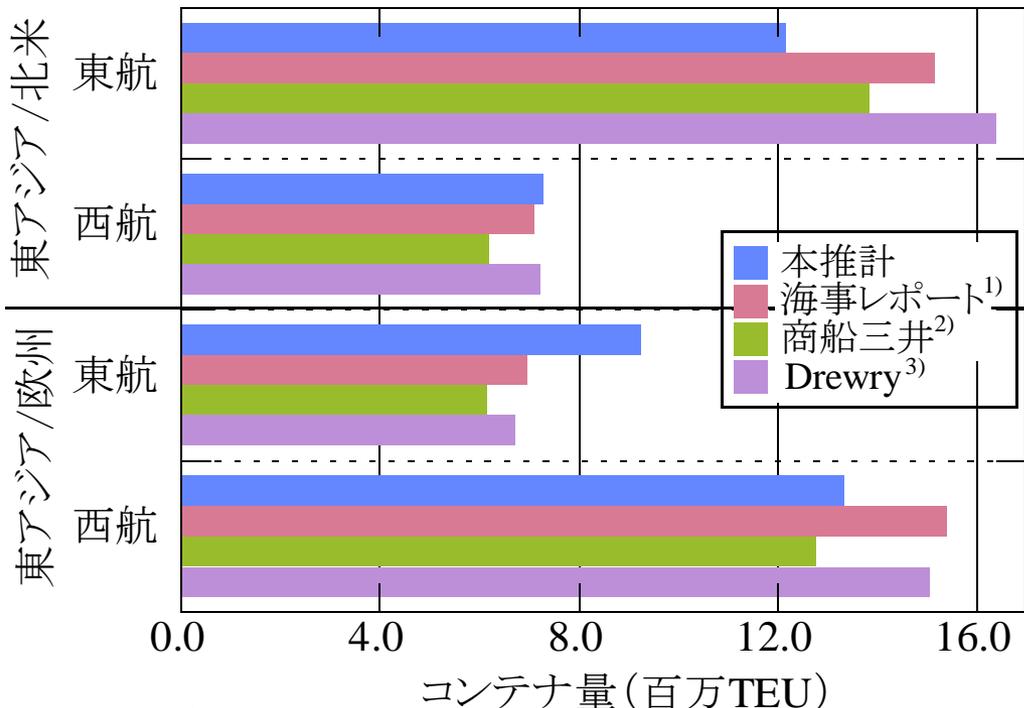


【総流動量】A港→B港, B港→C港
 計2TEU

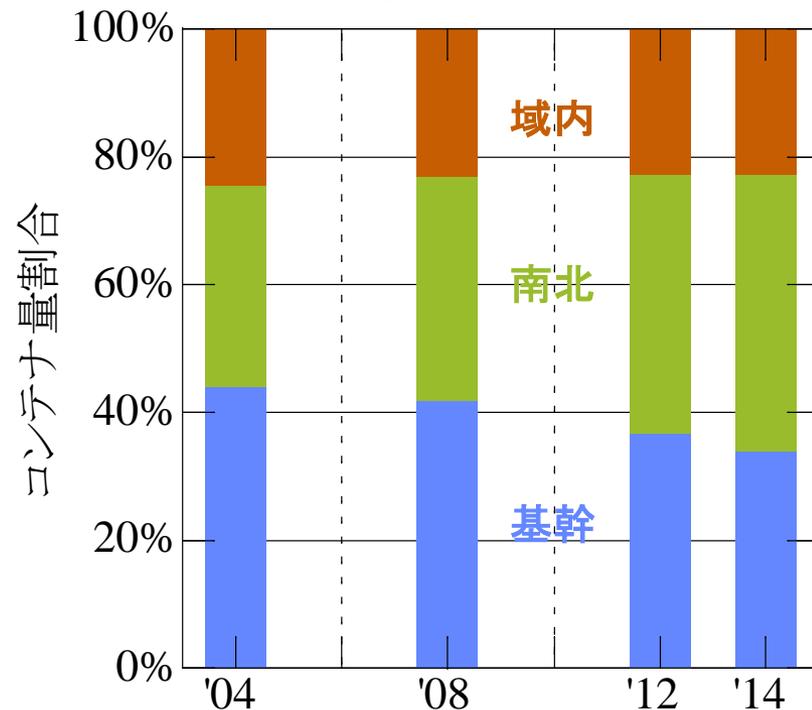
【純流動量】A港→C港
 計1TEU

- ✓ 貨物流動量予測サブモデルによる推計結果は、既往の調査報告の結果と概ね一致
- ✓ 過去10年間の地域別流動量シェアでは、欧米基幹航路が減少し、南北航路が増加

モデル推計結果と既往調査報告の比較



航路別貨物量シェアの推移



※2014年データによる比較

1) 国土交通省：海事レポート2015

2) 高橋克弥：船社と港湾物流，（公社）日本港湾協会平成27年度物流講座資料

3) Drewry: Container Market Review and Forecast 2015/16

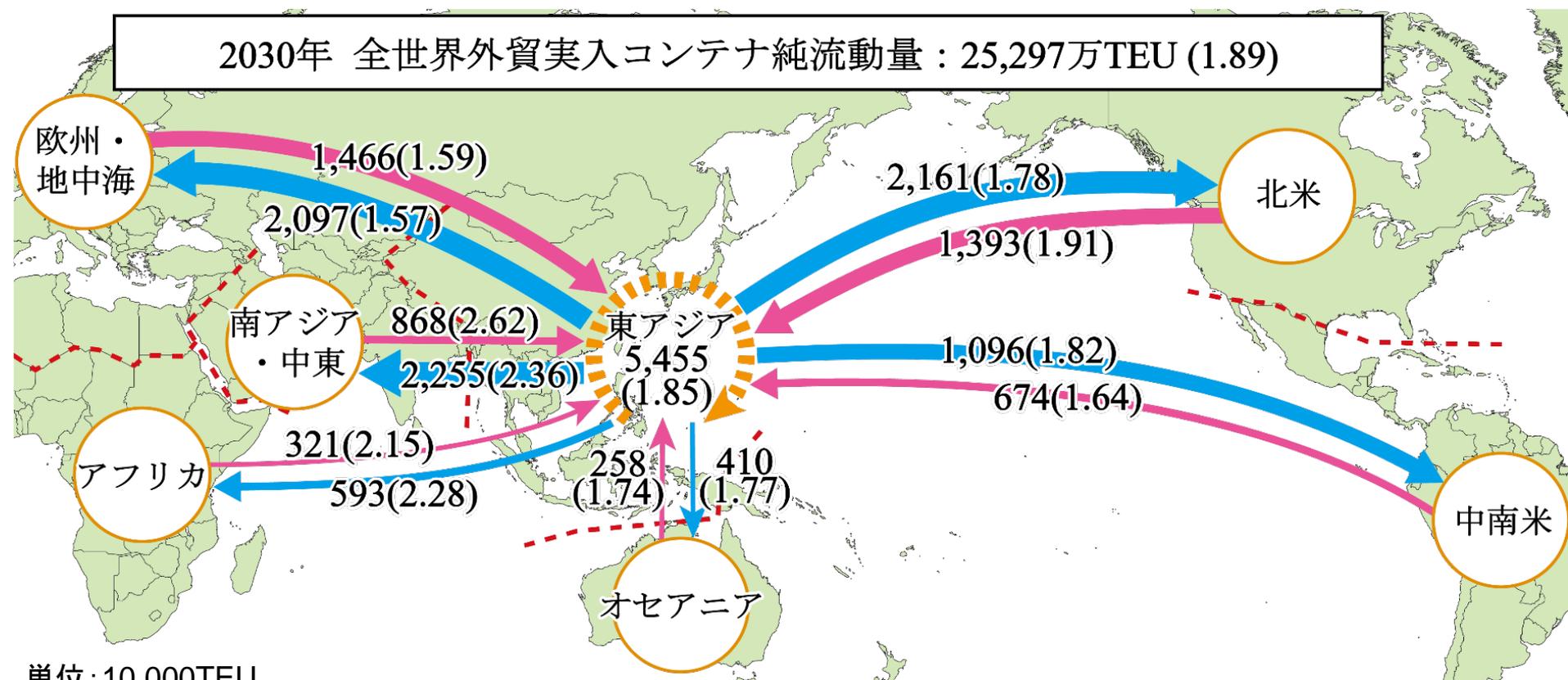
②世界主要地域間のコンテナ航路網予測モデル開発

1) コンテナ貨物流動量予測サブモデル開発

- ✓ 2030年の東アジア関連流動では、増加量が大いなのは東アジア域内、増加率が大いなのは南アジア・中東及びアフリカであった。
⇒ 港湾の中長期政策「Port2030」の検討において、コンテナ流動の変化を見るために使用

貨物量予測サブモデルによる推計結果

2030年 全世界外貿実入コンテナ純流動量：25,297万TEU (1.89)



単位：10,000TEU
()内は2014年比

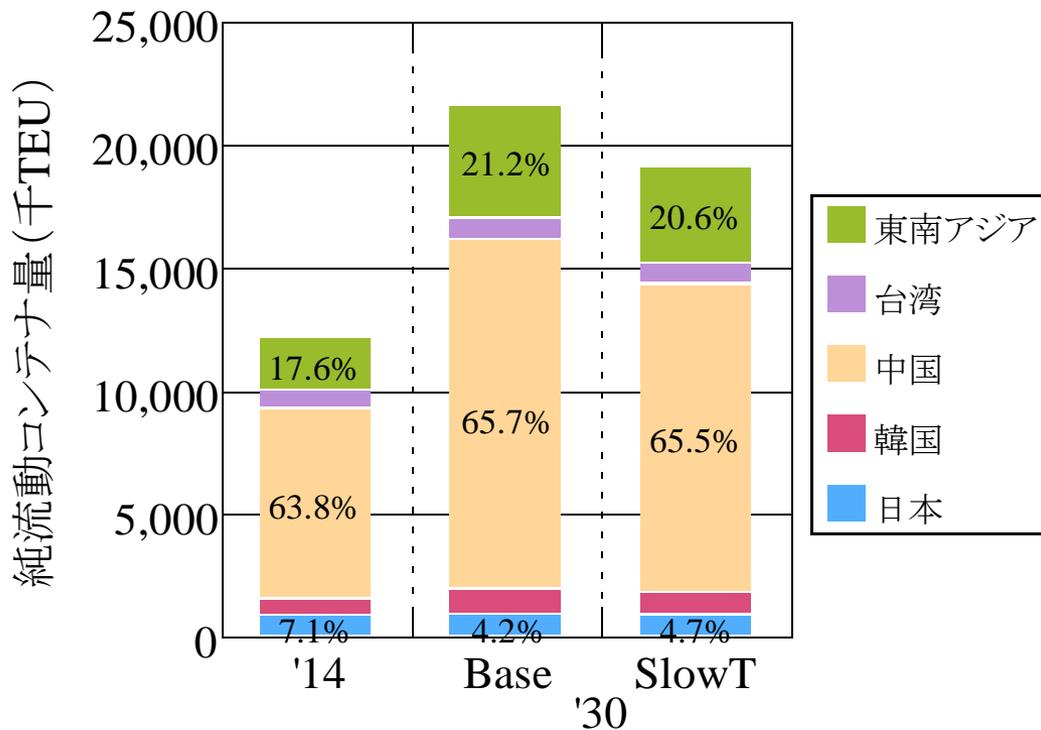
②世界主要地域間のコンテナ航路網予測モデル開発

1) コンテナ貨物流動量予測サブモデル開発

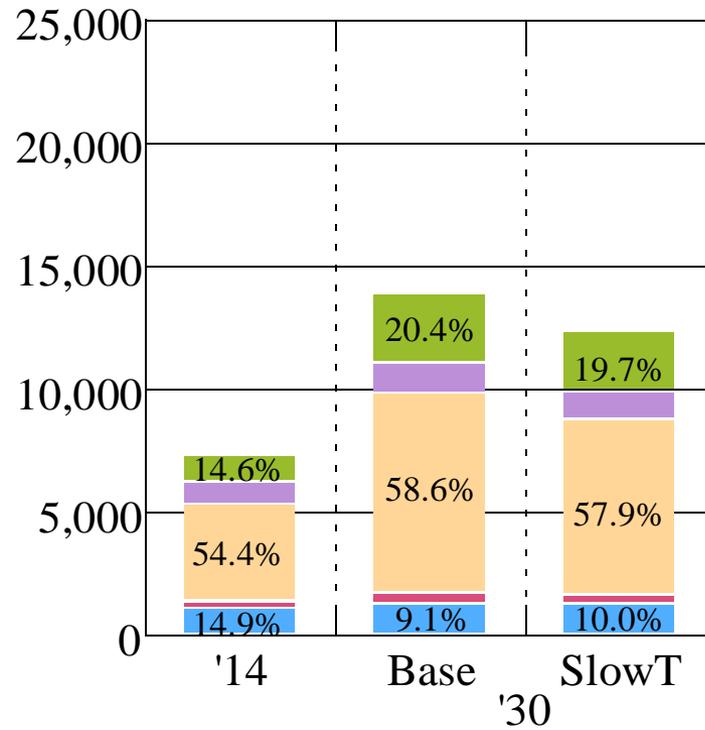
- ✓ 東アジア/北米航路では、増加量は中国が大きいものの、増加率は東南アジアの増加率が大きい。ただし、中国・東南アジアは依然として東航過多。
⇒Port2030において、東南アジアとのシャトル便による北米航路の維持・拡大施策の根拠の一つ

東アジア/北米航路における貨物量推計結果

〔東アジア発(東航)〕



〔北米発(西航)〕



コンテナ船投入予測サブモデルのフロー

1. 前提条件の設定

- (1) 2030年の国地域間純流動量OD貨物量（推計値）
- (2) 2030年の世界における船型別隻数、船腹量（推計値）



2. 船舶投入ルールの設定

- (1) 航路別の投入順序の設定
- (2) 航路別・船型別の船舶配分比率の設定
- (3) 消席率の設定等



3. 予測の実施

(1) 投入順序の高いものから、船舶配分比率に従って船舶を投入

(2) 当該航路の貨物量または投入可能船舶がなくなる

(3) 全航路の貨物量または投入可能船舶がなくなる

終了

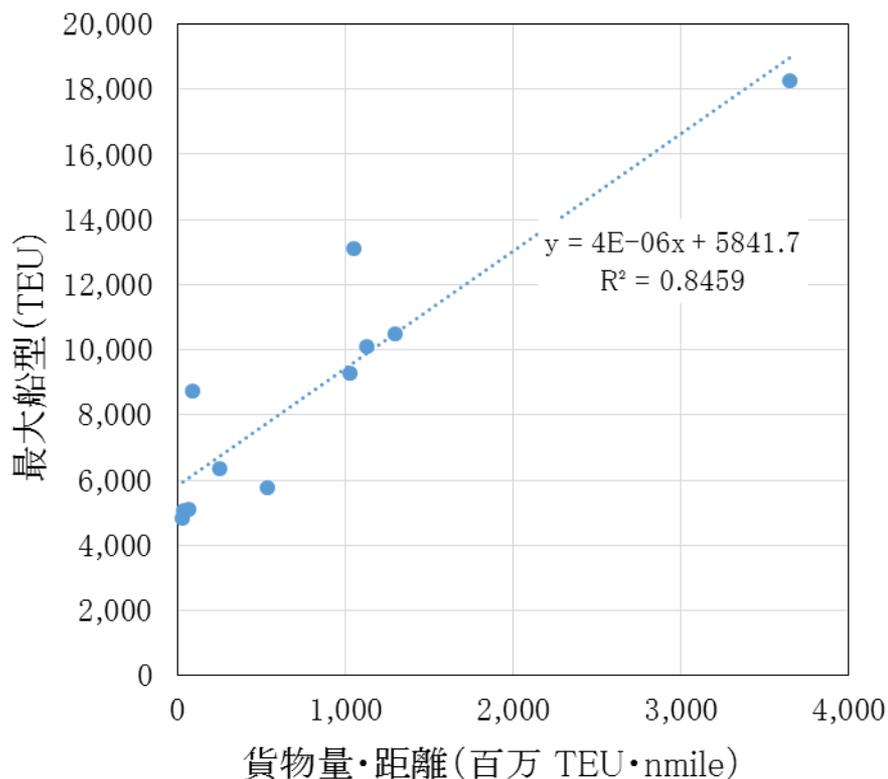
次の航路に船舶投入

②世界主要地域間のコンテナ航路網予測モデル開発

2) コンテナ船投入予測サブモデル開発

- ✓ コンテナ船の航路別の投入順序については、貨物量×距離と投入される最大船型には相関が見られることから、2030年における貨物量×距離を算定し、この値を元に投入順序を設定

貨物量・距離と最大船型の相関



※2014年のデータ,

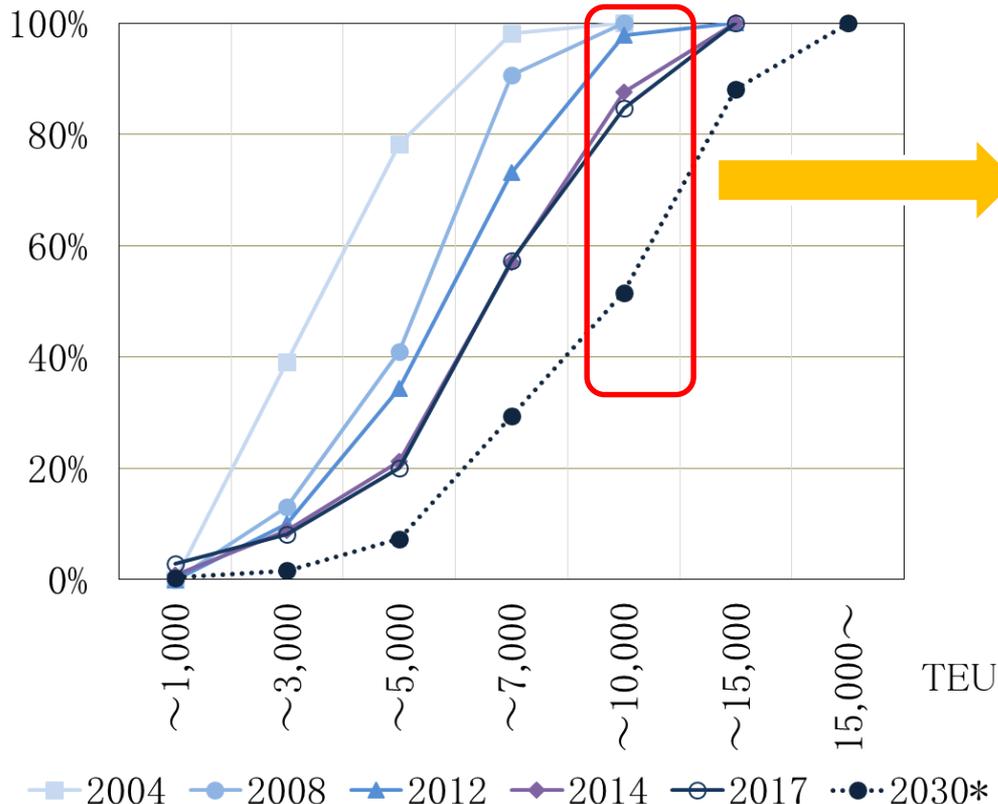
将来予測 (2030年) 航路別の投入順序

2030年 投入順序	航路	2030年 貨物量・距離 (百万TEU・ nmile)	(参考) 2017年 投入順序	(参考) 2017年 貨物量・距離 (百万TEU・ nmile)
1	東アジア-欧州-地中海	5,331	1	4,077
2	東アジア-中南米	2,744	2	1,499
3	東アジア-北米東岸	2,022	3	1,306
4	東アジア-北米西岸	1,543	4	1,041
5	東アジア-アフリカ	1,379	6	632
6	アジア-欧州-北米	1,127	5	940
⋮				
16	その他航路	---	16	---

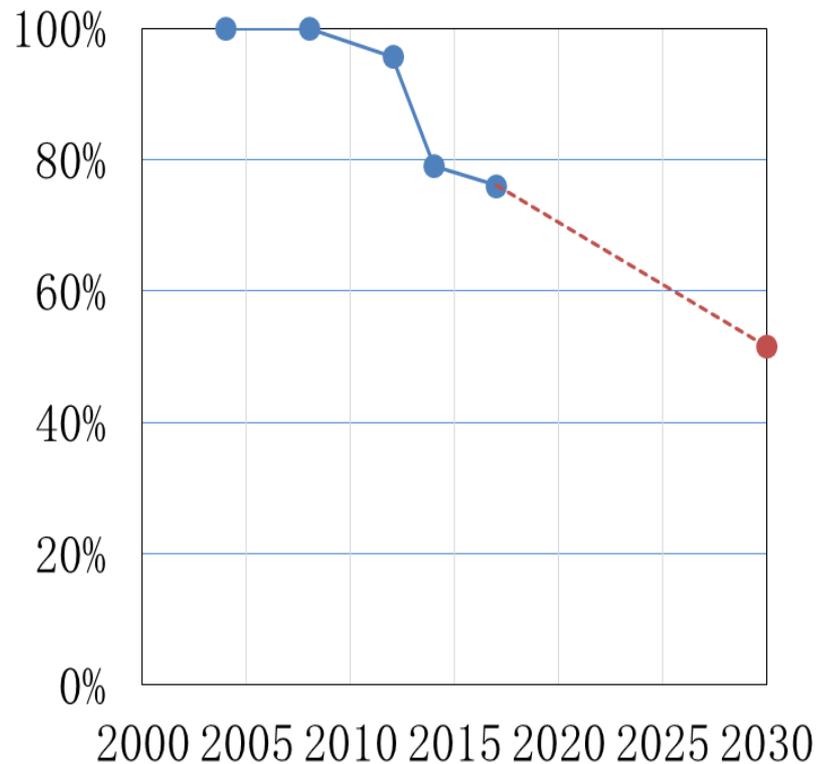
※東アジア-北米東岸については船型制約 (15,000TEU以下) を設ける

- ✓ 将来（2030年）の航路別・船型別配分比率の設定にあたっては、過去のトレンドより推計
- ✓ 例として東アジアー北米（西岸）の10,000TEU未満の2030年の割合については過去のトレンドから2030年の割合を約52%と推計

東アジアー北米（西岸）の船型別割合の推移



東アジアー北米（西岸）
10,000TEU未満の割合の推移



- ① コンテナ輸送を取り巻く諸情勢と航路形成に関する分析
 - 1) 国際海上コンテナ船の航路網に関わる資料の収集分析
 - 2) コンテナ航路形成に関わる分析



- ② 世界主要地域間のコンテナ航路網予測モデル開発
 - 1) コンテナ貨物流動量予測サブモデル開発
 - 2) コンテナ船投入予測サブモデル開発



- ③ 海上輸送に関わるシナリオ設定とコンテナ航路網の船型変化や便数の予測
 - 1) 将来の海上輸送に関わるシナリオ設定
 - 2) シナリオに基づき将来のコンテナ航路網の予測

シナリオ 1 : 基本モデル (パナマ運河拡張)

- パナマ運河の拡張による通航可能船舶の大型化による影響を考慮
- 東アジアー北米東岸に投入される船舶について拡張後のパナマ運河の船型制約等を考慮し、15,000TEUという船型制約を設定
- うち日本に寄港するコンテナ船についても推計

シナリオ 2 : 北極海航路商業利用

- シナリオ 1 をベースに、北極海航路でのコンテナ輸送を想定
- 東アジアー欧州航路を対象に既往の文献^{※1,2}を参考に4,000TEU×7隻/週が夏期2ヶ月間運航された場合を想定 (北極海航路における水深が一部浅いことから現状では大型船の通航は不可)

シナリオ 3 : 超大型船投入

- シナリオ 1 をベースに、大型化が進展し超大型船がさらに投入されたケースを想定
- OECDのレポート^{※3}を元に15,000TEU以上のコンテナ船がさらに50隻就航と想定

※1 : NSC・SCR組合せコンテナ輸送によるQuick Deliveryシナリオの分析 (計画学研究講演 Vol. 53, 2016)、古市ら

※2 : 北極海航路の利活用に関する最近の動向について (国土交通省総合政策局海洋政策課)

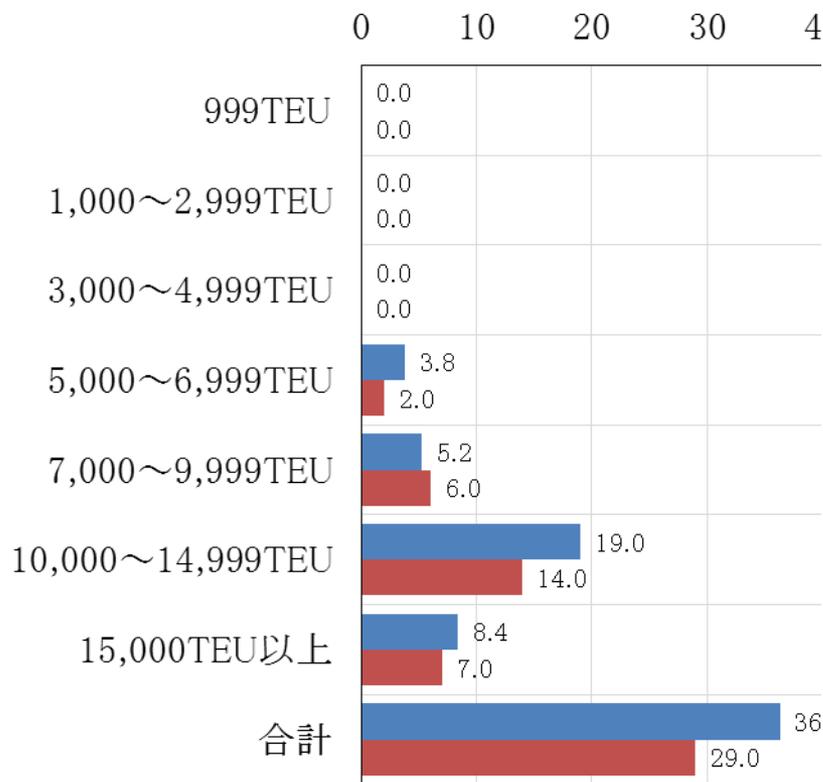
※3 : THE IMPACT OF MEGA SHIPS (OECD/ITF 2015)

✓ シナリオ 1（基本モデル）の再現性を検証するため、2014年までのデータを用いて2017年の便数を推計した結果、実績値と概ね一致

単位：便数 / 週

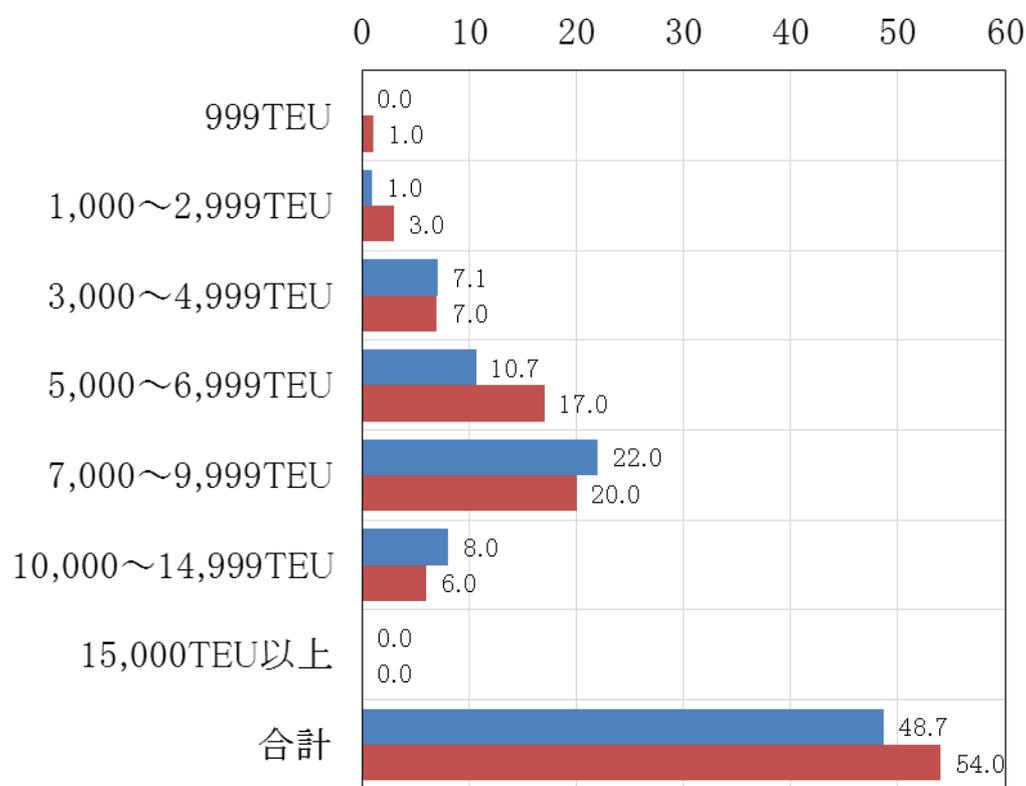
単位：便数 / 週

東アジア-欧州・地中海



■ ①推計(2017) ■ ②実績(2017)

東アジア-北米



■ ①推計(2017) ■ ②実績(2017)

③海上輸送に関わるシナリオ設定とコンテナ航路網の船型変化や便数を予測

- ✓ シナリオ 1（基本モデル）について将来（2030年）を推計した結果、東アジア－欧州・地中海と東アジア－北米（西岸）では15,000TEU以上の超大型コンテナ船の便数が増加
- ✓ 東アジア－北米（東岸）については船型制約を設定しているため15,000TEU以上のコンテナ船は投入されず10,000～14,999TEUのコンテナ船の便数が増加

単位：便数 / 週

単位：便数 / 週

単位：便数 / 週

東アジア-欧州・地中海

東アジア-北米(東岸)

東アジア-北米(西岸)

0 20 40 60

0 20 40 60

0 20 40 60



■ ①推計(2030) ■ ②実績(2017)

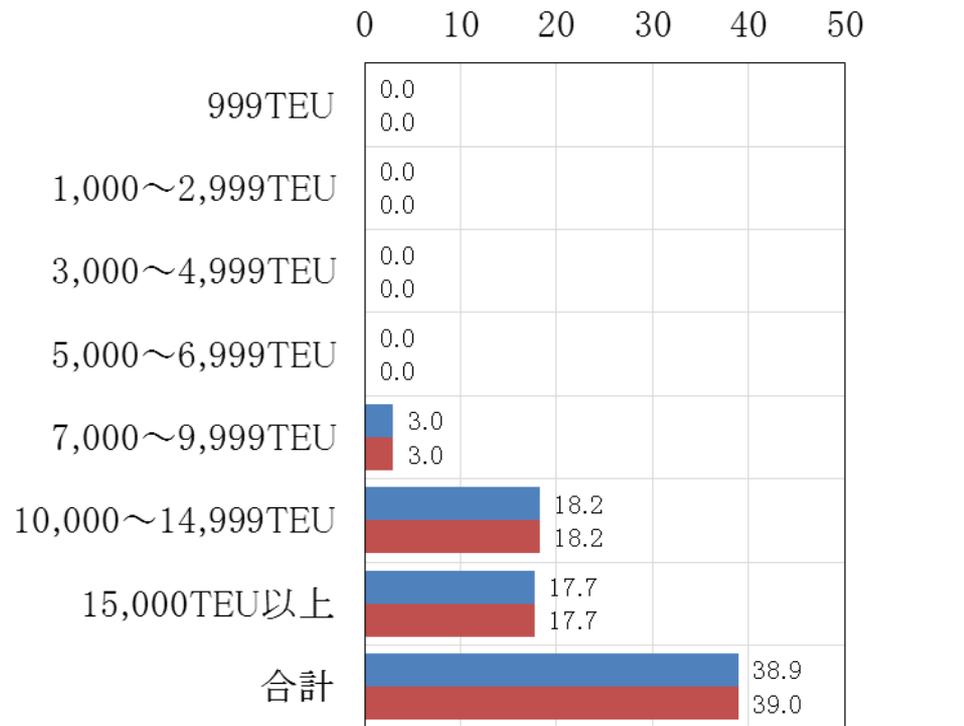
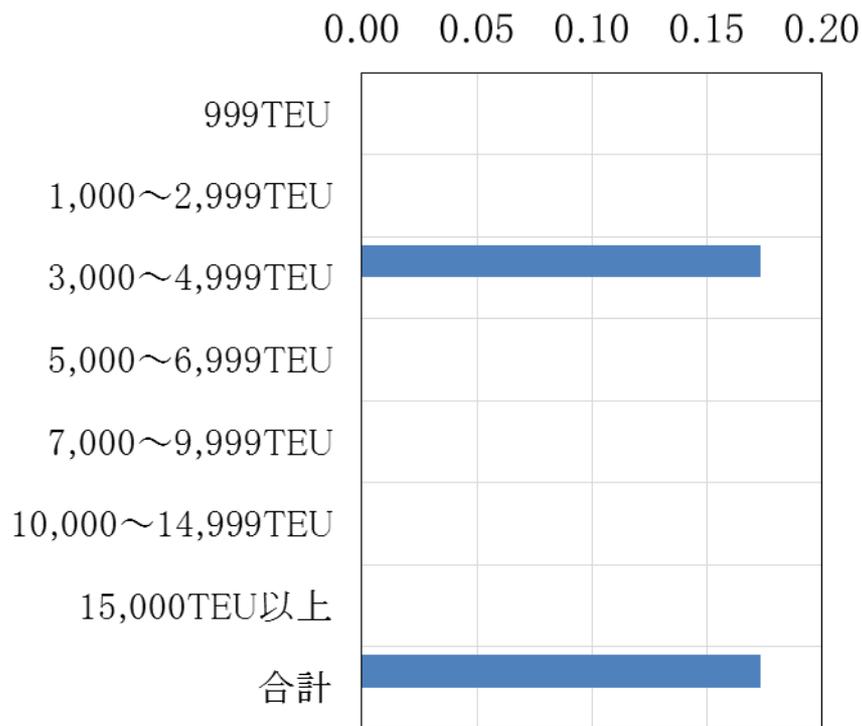
■ ①推計(2030) ■ ②実績(2017)

■ ①推計(2030) ■ ②実績(2017)

- ✓ シナリオ 2（北極海航路商業利用）の将来推計はシナリオ 1 と比べ大きな変化はなかった
- ✓ 今後海氷分布の変化により大型船が北極海航路に投入されるようになれば他航路への影響も大きくなると予想される

北極海航路(東アジア-欧州・地中海) 単位:便数/週

南回り(東アジア-欧州・地中海) 単位:便数/週



- ①北極海商業利用(シナリオ2)
- ②基本モデル(シナリオ1)

- ①北極海商業利用(シナリオ2)
- ②基本モデル(シナリオ1)

✓ シナリオ3（超大型船投入）の将来推計は基幹航路において15,000TEU以上の超大型コンテナ船がやや増加し、10,000TEU未満の中小型のコンテナ船が減少する結果となった

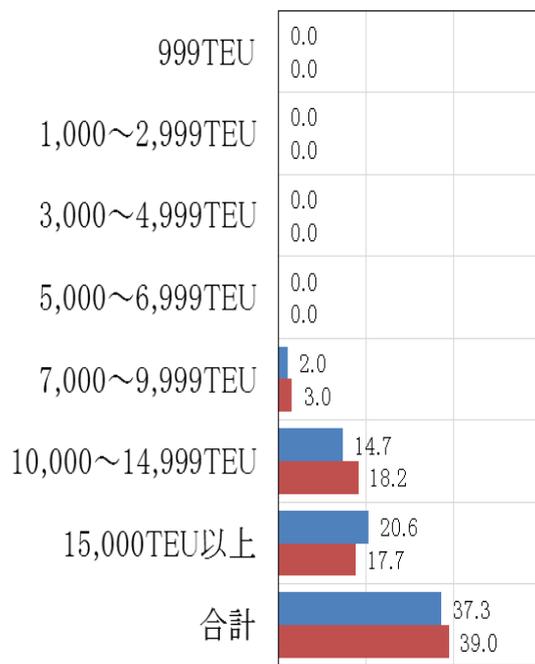
単位：便数 / 週

単位：便数 / 週

単位：便数 / 週

東アジア-欧州・地中海

0 20 40 60



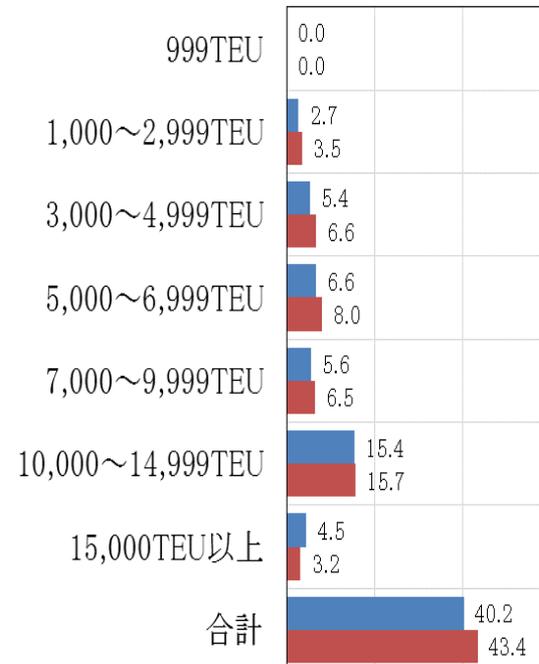
東アジア-北米(東岸)

0 20 40 60



東アジア-北米(西岸)

0 20 40 60



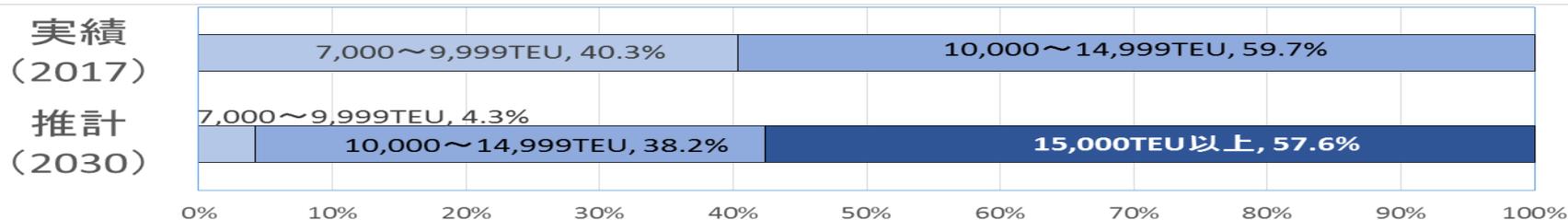
- ①超大型船投入(シナリオ3)
- ②基本モデル(シナリオ1)

- ①超大型船投入(シナリオ3)
- ②基本モデル(シナリオ1)

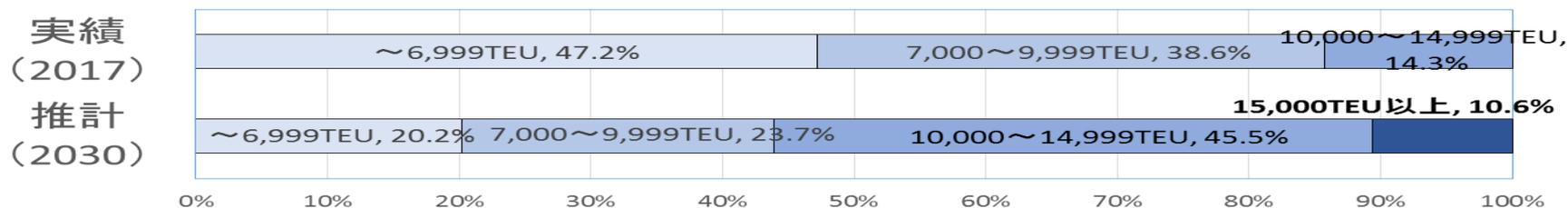
- ①超大型船投入(シナリオ3)
- ②基本モデル(シナリオ1)

✓ シナリオ 1（基本モデル）を用いて日本の将来（2030年）の航路別・船型別の輸送能力※を推計したところ、基幹航路については10,000TEU以上の大型船の輸送能力の割合が増加し、平均船型が増加する結果となった

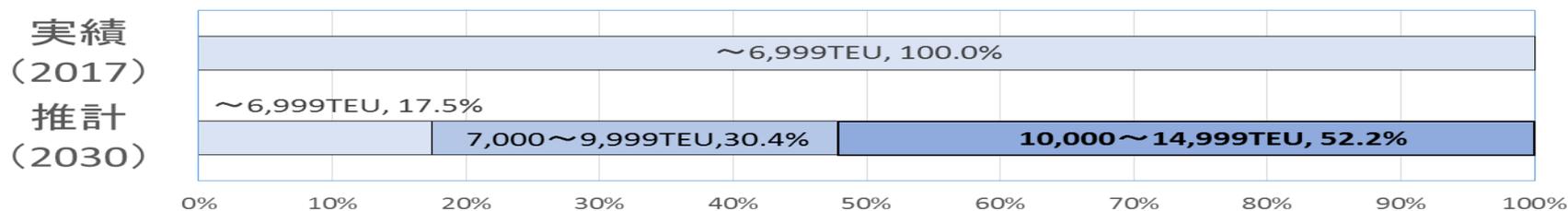
東アジアー欧州・地中海（平均船型 2017:約11,000TEU → 2030:約16,000TEU）



東アジアー北米西岸（平均船型 2017:約6,000TEU → 2030:約9,000TEU）



東アジアー北米東岸（平均船型 2017:約6,000TEU → 2030:約9,000TEU）



※具体的には、7,000TEUのコンテナ船が週5便寄港する場合は輸送能力は7,000×5 = 35,000TEUとなる

【目次】

1. 研究の背景
2. 海上輸送の構造変化に対応した
コンテナ航路網予測手法の開発
3. まとめ

- ✓ 主要地域コンテナ貨物流動量の予測結果は、港湾の中長期施策「Port2030」における東南アジア航路の戦略的重要航路への位置付けや同航路を利用した基幹航路の維持・拡大施策の立案の根拠の一つとなった。
- ✓ 将来の日本に寄港するコンテナ船の船型や更なる超大型船投入による影響等を定量的に予測した。今後は、
 - ・世界の大型船の投入状況
 - ・パナマ運河の通航可能船舶の緩和
 - ・北米東岸港等の世界の港湾の拡張
 - ・海氷状況の変化による北極海航路の商業利用の推進等の最新状況について情報収集し、モデルの推計精度を向上を図ったうえで、我が国及び東アジアへの影響を把握し、PORT2030の国際コンテナ戦略港湾の集荷政策を進める上で基礎資料として活用予定。
- ✓ なお、本モデルのうち貨物量予測サブモデルについては論文^{※1}または国総研資料^{※2}として投稿済、航路網予測サブモデルについては日本物流学会に投稿中^{※3}

※1：赤倉・荒木・玉井：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，Vol.73，2017

※2：玉井・赤倉：世界のコンテナ船の運航船腹量・船型の将来動向に関する分析，国土技術政策総合研究所資料No. 961，2017

※3：岩崎・荒木：世界における航路別・船型別のコンテナ船便数推計モデルの構築と試算