

ISSN 1346-7301

国総研研究報告 第58号

平成 28 年 9 月

# 国土技術政策総合研究所 研究報告

RESEARCH REPORT of National Institute for Land and Infrastructure Management

No.58

September 2016

---

南アジア地域を対象とした  
インターモーダル国際物流モデルの構築と政策分析

柴崎 隆一・川崎 智也

Model Development and Policy Analysis of Intermodal International  
Container Cargo Shipping Focused on South Asia

Ryuichi SHIBASAKI, Tomoya KAWASAKI

国土交通省 国土技術政策総合研究所

---

National Institute for Land and Infrastructure Management  
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan



# 南アジア地域を対象とした インターモーダル国際物流モデルの構築と政策分析

柴崎 隆一\*・川崎 智也\*\*

## 要 旨

世界経済の成長や世界規模での交易の拡大に伴い、国際海上コンテナ輸送の重要性が増加し、コンテナ輸送ネットワークのグローバル化はますます進展している。また、道路・鉄道など背後輸送ネットワークとの結節性（インターモーダルイズム）の重要性や、複数港湾によるゲートウェイ競争も増加している。

本稿は、世界各地における物流インフラ政策等の影響シミュレーションを実施することを目的に、世界規模の海上輸送ネットワークと対象地域の背後輸送（道路・鉄道・フェリー/内航水運）ネットワークの双方を含み、各輸送機関の容量制約（混雑）を考慮した、インターモーダル輸送ネットワーク上での国際コンテナ貨物の配分モデルを構築するものである。また、構築したモデルをインド、バングラデシュ、スリランカを中心とする南アジア地域に適用し、世界主要ハブ港湾のトランシップ貨物量や南アジア地域各港の輸出入貨物量の推計結果を実績値と比較して、おおむね良好な再現性が得られることを確認した。さらに、構築したモデルを用いて、トランシップ荷役時間の効率化、背後輸送サービス水準の改善、国際フェリーの再開などが実現した場合の、輸送パターンや港湾貨物取扱量の変化についてのシミュレーション分析を実施し、得られた結果や知見が概ね妥当であることを確認した。

**キーワード：**国際海上コンテナ，インターモーダル輸送，ネットワーク配分モデル，南アジア

---

\* 管理調整部 国際業務研究室長

\*\* 東京工業大学 助教

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 国土交通省国土技術政策総合研究所

電話：046-844-5018 Fax：046-844-9265 e-mail: ysk.nil-kikaku@ml.mlit.go.jp

## 目 次

1. はじめに	1
2. 既往研究のレビュー	1
3. モデル構成	2
3.1 全体構成	2
3.2 上位問題：スーパーネットワーク（インターモーダル）モデル	4
3.3 下位問題1：国際海上コンテナ貨物輸送ネットワークサブモデル	5
3.4 下位問題2：背後圏貨物輸送ネットワークサブモデル	10
3.5 全体解法	13
4. 入力データ	13
4.1 港湾	13
4.2 海上コンテナ輸送ネットワーク	15
4.3 背後圏輸送ネットワーク	16
4.4 国際海上コンテナ貨物の輸送需要（OD貨物量）	19
5. モデル計算	21
5.1 計算の方法	21
5.2 キャリブレーションによるパラメータの推計	22
5.3 モデルの収束状況	22
5.4 モデルの現状再現性	24
5.5 トランシップ貨物流動の詳細分析	28
6. モデルを用いた政策シミュレーション	29
6.1 シナリオ1：トランシップの効率化（トランシップ荷役時間の改善）	29
6.2 シナリオ2：背後輸送（鉄道・道路）の改善	30
6.3 シナリオ3：国際フェリーの再開	31
7. おわりに	33
謝辞	33
参考文献	33
記号表	36
付録	38

## 1. はじめに

世界経済の成長や世界規模での交易の拡大に伴い、国際海上コンテナ輸送の重要性は近年ますます増加している。また、世界各国・地域経済の緊密化やグローバル化は、世界各地域のコンテナ輸送ネットワークを互いに結びつけ、コンテナ輸送船社は、船舶の大型化やアライアンスの拡充、合併等を通して、輸送ネットワークを世界規模で展開・拡充している。さらに、道路・鉄道などの背後輸送ネットワークとの結節性の向上や、複数の港湾によるゲートウェイ競争にも注目が集まっている。

インド、バングラデシュ、スリランカを始めとする南アジア諸国は、以上で述べたような国際海上コンテナ輸送の世界的なトレンドからはやや遅れている。世界銀行による国際貿易のビジネス環境ランキング(2016年版)<sup>1)</sup>によれば、スリランカが90位、インド133位、バングラデシュ172位となっている。また、図-1に示す世界各地域のトランシップ率(各地域の港湾のコンテナ総取扱量に占めるトランシップ貨物量の割合)を見れば、南アジア地域のトランシップ率は、1990年代以降、20%前後で伸び悩んでおり、遅くとも2010年以降は、同じアジア=欧州間基幹航路沿いの他地域(東南アジア、中東、アフリカ)、地中海沿岸諸港を含む欧州、および世界平均を下回っている。さらに、世界銀行のデータベース<sup>3)</sup>によれば、インドの総コンテナ取扱量は1166万TEU(2014年)であり、同じ人口規模を有する中国の1億8164万TEU(同)の1/10以下となっている。

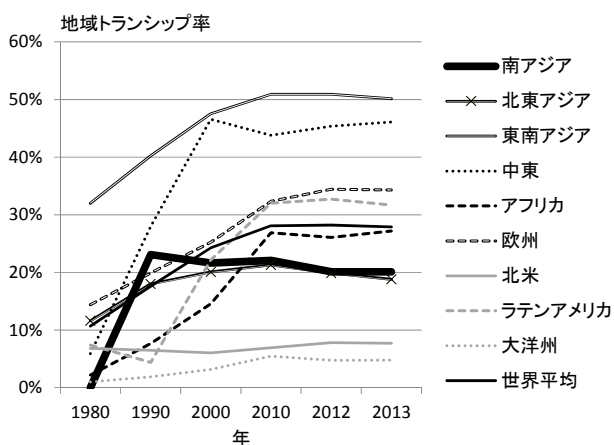


図-1 世界各地域のトランシップ率の推移 (Drewry各年レポート<sup>2)</sup>より作成)

このような状況を克服するため、南アジア地域においては、港湾インフラだけでなく、道路・鉄道・内航水運/国際フェリーといった背後インフラも含めた物流インフラの整

備水準を向上させる様々なプロジェクトが計画されている。たとえば、ムンバイ郊外に位置するインド最大のコンテナ港湾であるジャワハルラル・ネルー港 (JNPT) では、コンテナ取扱実績が既に現状の取扱能力まで到達していることを受け、DPW (アラブ首長国連邦) の運営するターミナル (NSICT) の拡張が行われると同時に、PSA (シンガポール) による第4ターミナルの建設が行われている。同時に、JNPTの背後輸送ネットワークについても、デリー・ムンバイ間の貨物専用鉄道 (DFC) の整備がJICAの支援によって進められており、輸送容量の拡大や時間短縮、信頼性の向上等が期待されている。

しかしながら、これまで、南アジア地域に限定せずに世界的に見ても、海上および背後輸送の双方を含むインターモーダルな統合ネットワーク上で国際貨物の流動を表現し、上記であげたような物流政策のインパクトについて定量的なシミュレーションを実施するモデルはほとんど存在しなかった (詳細は次章参照)。そこで本稿では、著者らが中米等を対象に構築<sup>4)7)</sup>してきた、世界規模の海上輸送ネットワークと対象地域の背後圏輸送ネットワークの双方を含む、インターモーダル輸送ネットワーク上での国際コンテナ貨物の配分モデルを拡張し、背後輸送機関に道路だけでなく鉄道や域内水運 (内航水運・国際フェリー) も含めるとともに、海上輸送と同様に背後輸送の各機関においても容量制約を考慮したモデルを構築する。そのうえで、インド、バングラデシュ、スリランカを中心とした南アジア地域を対象にモデルを適用し、物流関連政策の実施の有無による感度分析 (政策分析) を実施することを目的とするものである。

## 2. 既往研究のレビュー

国際海上コンテナ貨物を対象としたモデル構築研究の例で多いのは、コンテナ運航船社の立場から輸送ネットワークの構成 (トランシップ港の決定) や各航路のサービス水準 (寄港地および寄港順、船舶サイズ、頻度、スピード等) を決定するものであり、特にオペレーションズ・リサーチの分野で多くの研究が行われている。この分野の最近のレビュー論文としては、Christiansen ら<sup>8)</sup>、Wang ら<sup>9)</sup>、Meng ら<sup>10)</sup>があげられる。上述のようにコンテナ運航船社による決定変数が多岐にわたることから、これらの研究の多くは、特定の1ないし2以上のあまり多くない変数に着目し、他の条件を固定して、整数計画法などの厳密解法やヒューリスティック的手法により最適解を求めるものである。

一方で、本稿で提案するモデルのように、荷主 (貨物) の側に立ってルート選択や輸出入港湾の選択を行うモデルは

あまり多くない<sup>11)</sup>。このなかで、たとえば Bell ら<sup>12)</sup>は、所与の海上コンテナ輸送ネットワーク上における頻度ベースの配分モデルを構築している。また、この種のモデルにおいては、港湾間競争や背後圏の重複を分析するという観点から、背後輸送も含めたインターモーダルなネットワーク上において輸出入港湾を選択するモデルが構築されることが多い。適用事例としては、範囲やゾーン数を限定するなどして比較的選択肢の少ない場合は、犠牲量モデルやロジックモデルが用いられる。たとえば、前者の例としては渡部ら<sup>13)</sup>による日本発着貨物への適用例、後者の例としては Venkitasubramanian and Thill<sup>14)</sup>によるインド＝米国間貨物への適用例が挙げられる。一方で、より大規模なネットワークにおいては、計算が比較的容易なネットワーク配分モデルが用いられることが多い。たとえば Fan ら<sup>15), 16)</sup>は、北米大陸を対象として、港湾の容量制約（混雑）を考慮した輸出入港湾選択モデルを構築している。また ITF<sup>17)</sup>や Tavasszy ら<sup>18)</sup>は、全世界の海上および陸上ネットワークを考慮した（ITF においては航空ネットワークも含む）配分モデルを構築している。ただし、Fan ら<sup>15), 16)</sup>のモデルにおいては、海上輸送については簡便なネットワークの考慮にとどまっておき、また、ITF<sup>17)</sup>や Tavasszy ら<sup>18)</sup>のモデルは単純な最短経路探索による配分であり混雑などは考慮されておらず、再現性の確認なども行われていない。

また、上記の荷主と輸送船社の双方の行動を考慮した選択モデルも竹林ら<sup>19)</sup>、柴崎ら<sup>20), 21)</sup>や Meng and Wang<sup>22)</sup>によって提案されているものの、モデルが煩雑になることから、現状再現性や拡張性の観点からみて現時点では実用化（実際のプロジェクトへの適用）はやや難しい状況にある。たとえば、柴崎ら<sup>20), 21)</sup>のモデルについては、アセアン全域<sup>23)</sup>や APEC（アジア太平洋経済協力）加盟国・地域全域<sup>24)</sup>を対象とした物流インフラ政策シミュレーションへの適用例もあるものの、全域的な港湾や陸上インフラの改善等のシミュレーションにとどまっておき、主にモデル精度の問題から、個別プロジェクトの実施を想定したシミュレーションについては検討していない。

そこで著者らは、世界各地における物流インフラ政策等の影響シミュレーションを実施することを目的に、世界規模の海上コンテナ輸送ネットワークと、分析対象地域の背後輸送ネットワークの双方を含む、インターモーダル輸送ネットワーク上での国際コンテナ貨物の配分モデルを構築してきた。ここでは、先述の著者らによる以前のモデル<sup>20), 21)</sup>とは異なり、輸送事業者の行動は所与（すなわち、現状の海上輸送ネットワークや各航路のサービスレベル、また背後圏輸送ネットワークや各リンク・路線等のサービスレベルも所与）とし、より現実に近いネットワーク上での荷主

の行動に焦点を絞ることで、モデルの再現性や拡張性を高めることとした。また、構築したモデルを、中米地域<sup>4), 5)</sup>やメコン下流地域<sup>6), 7)</sup>に適用し、特定の港湾や輸送ルートの改善が地域の貨物フロー等に及ぼす影響について分析を行った。本稿では、これを南アジア地域に適用することを前提に、先行してモデルを適用した2地域より考慮すべき背後圏が遥かに大きく、また鉄道輸送が主力となっていることを踏まえ、背後輸送機関に道路だけでなく鉄道や域内水運も含めるとともに、海上輸送と同様に背後輸送の各機関においても容量制約を考慮したモデルを構築するものである。同時に、海上輸送における運賃の算出方法について一部改善を行い、モデルの理論的整合性も高めている。

### 3. モデル構成

#### 3.1 全体構成

本モデルは、地域間貨物輸送需要（OD 貨物量）および海上・背後圏の輸送ネットワーク構成（航路、頻度、容量等）を所与としたときに、個々のコンテナが輸送機関も含む輸送ルート（経路）を選択するという、四段階推定法で言えば第3・第4段階のモデル（機関選択および配分モデル）である。従って、本モデルにおいては、配分結果に関わらず、輸送需要は変化しない。また、本モデルの輸送需要としては実入りコンテナのみを考慮し、空コンテナは対象外とする。

背後圏輸送ネットワークには、道路・鉄道だけでなく一部の内航水運や国際フェリーも含む（既存モデル<sup>6), 7)</sup>においては、メコン川を利用した水運は海上輸送ネットワークの一部となっていたが、本モデルにおける域内水運ネットワークは、背後圏輸送ネットワークの一部を構成する。また、各輸送機関（船舶、道路、鉄道）には容量があり、容量の上限に近づくと混雑が生じるものと想定し、リンクコストがフローに依存する場合に利用される均衡配分手法を適用する。また、モデルの精度向上のため、ロジックモデルと同様の考え方にに基づき、フローが第2、第3のルートにも流れる確率配分も適用する。

図-2にモデルの全体構成を示す。図に示されるように、本モデルは、海上・背後圏それぞれの実ネットワークに基づく（背後輸送機関選択を含む）配分モデルを2つの下位問題（子問題）とし、両者を統合したインターモーダルな仮想ネットワーク（スーパーネットワーク）上での配分モデルを1つの上位問題（親問題）とする構成となっている。

上位問題の配分対象となるインターモーダルなスーパーネットワークにおいては、すべての陸上Oノードと背後圏を考慮するすべての港湾ノード、（背後圏を考慮しない港湾

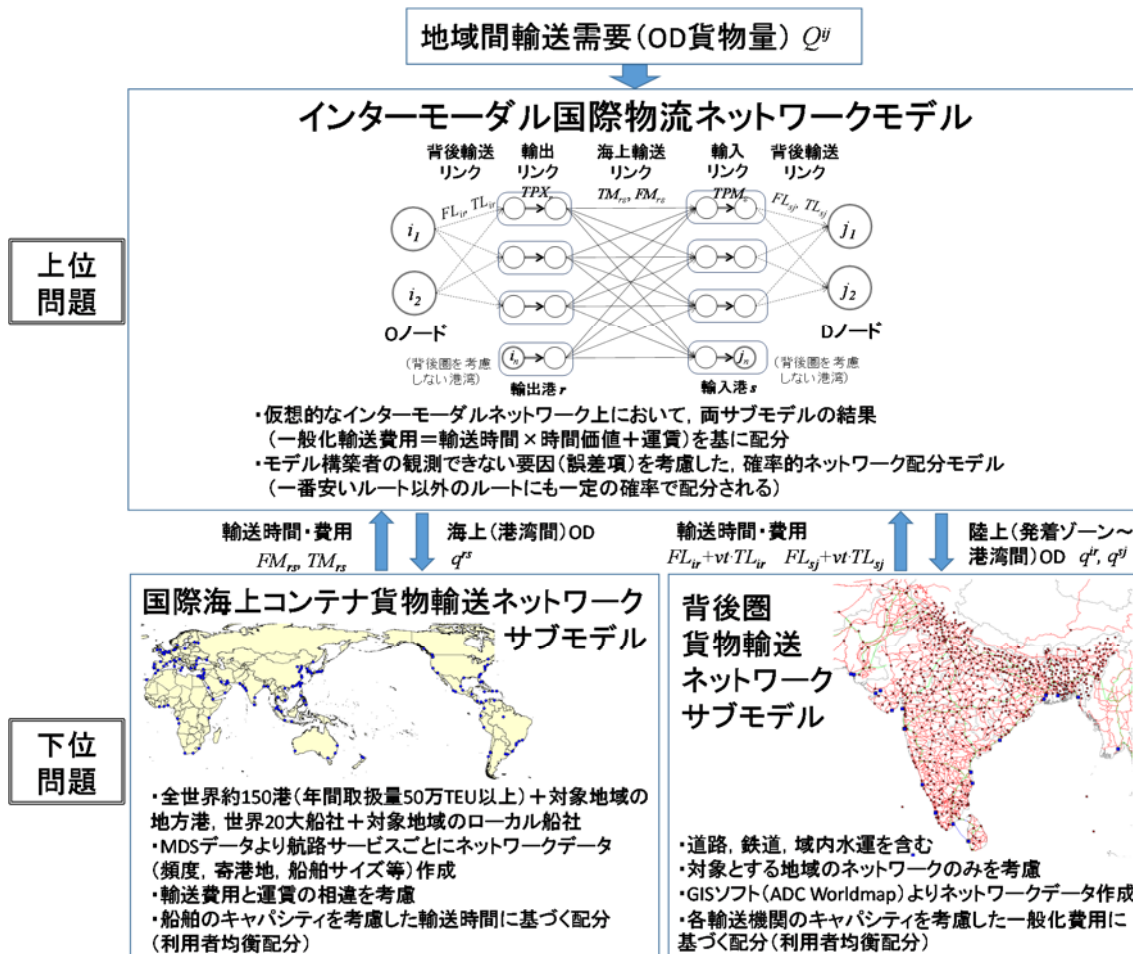


図-2 モデルの全体構成

も含む)すべての港湾ノード同士、背後圏を考慮するすべての港湾ノードと陸上Dノードの組み合わせについて仮想的なリンクが構成され(背後圏を考慮しない港湾については、港湾がOノードおよびDノードとなる)、第2、第3のルートにも一定の貨物が流れる確率的ネットワーク配分を適用する。一方、下位問題では、ネットワークを海上ネットワークと背後圏ネットワークに分割し、各種データソースに基づき構築した実ネットワーク(海上においては個々の定航サービスごとに構成されるネットワーク、背後圏においては主要な道路・鉄道・水運を含むネットワーク)上において、各輸送機関の容量を考慮した均衡配分を適用する。ここで、海上ネットワークとスーパーネットワークはいずれも全世界のコンテナ港湾を対象とし、背後圏ネットワークは上記両ネットワークに含まれるコンテナ港湾のうち、対象地域(本稿においては南アジア3カ国:インド、バングラデシュ、スリランカ)に属する港湾のみが含まれる。

このように2段階3問題に分割した理由は、主に以下の2点による。1点目の理由は、均衡配分を適用するためには、

実ネットワークに基づき個々のリンクの容量を設定する必要がある一方で、確率配分を適用する際には、確率配分におけるIIA(Independence from Irrelevant Alternatives: 選択確率比の文脈独立; 類似の選択肢を過大評価するという特性をもつため、ネットワーク密度の濃い地域のフローが過大となる傾向となる)特性を踏まえ、できるだけ密度の濃淡がないネットワーク上で配分を行う必要があるためである。また2点目の理由は、特に海上コンテナ輸送においては、経路(パス)ベース(輸出港から輸入港までの通し)で運賃が決定されることから、リンクベースでの計算を行うネットワーク配分モデルとは別に運賃を算出する必要があるため(手法の詳細は3.3参照)、背後圏ネットワークとは切り離して計算を行う必要があるためである。

なお、次節3.2においては上位問題(スーパーネットワーク上の配分)が2つの下位問題(海上モデルと背後圏モデルにおける経路コスト運賃等のアウトプット)を含む形で定式化されているものの、実際には問題全体を一度に解くことは難しいことから、3つの問題を個別に解き、結果が

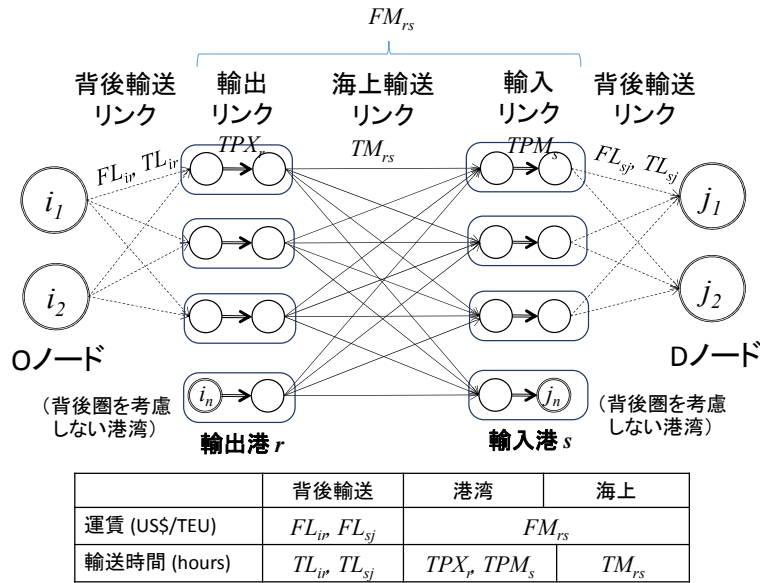


図-3 インターモーダル（スーパーネットワーク）モデルのネットワーク構成

収束するまで互いに繰り返し計算を行うものとする（具体的な方法は、3.5および5.1.1で述べる）。

以下では、各モデルの内容および解法について3.2～3.4で順番に述べる。また、各モデルで用いる変数については、巻末に記号表を掲載した。

### 3.2 上位問題：スーパーネットワーク（インターモーダル）モデル

ネットワーク構成を図-3に示す。前述の通り、すべての陸上Oノード（発ノード）と背後圏を考慮するすべての港湾ノード、（背後圏を考慮しない港湾も含めた）すべての港湾ノード同士、背後圏を考慮するすべての港湾ノードと陸上Dノード（着ノード）の組み合わせについて、仮想的なリンクが構成される。なお、背後圏を考慮しない港湾については、港湾がOノードおよびDノードとなる。配分手法としては、確率ネットワーク配分（ダイヤル配分）を用いる。具体的には、以下の通りである。

陸上の発地および着地を*i*および*j*、輸出港および輸入港を*r*および*s*とし、地域*i*から*j*まで運ばれるある貨物*m*がある経路*h*を選択することによる効用を $U_{hm}^{ij}$ （以下では、原則として、ODペアなどを表す添え字は上付きで、経路やリンクなどを表す添え字は下付きで表す）としたとき、それぞれの貨物にとって効用が最大となる経路が選択されると想定すると、ある経路*h*が選択されるということは以下の式が成り立つ。

$$U_{hm}^{ij} > U_{h'm}^{ij}, \forall h \in H^{ij}, \forall h' \in H^{ij}, h \neq h', \forall i \in O, \forall j \in D, (1)$$

$$s.t. U_{hm}^{ij} = V_h^{ij} + \varepsilon_{hm}^{ij} \quad (2)$$

ここで、 $H^{ij}$ ：地域*i*から*j*までの輸送についての経路の集合、 $h'$ ：地域*i*から*j*までの輸送に含まれる*h*以外の経路、 $O$ ：発ノードの集合、 $D$ ：着ノードの集合、である。また効用 $U_{hm}^{ij}$ は、(2)式に示されるように、観測可能な（個々の貨物によらない）確定項 $V_h^{ij}$ と観測不可能な誤差項 $\varepsilon_{hm}^{ij}$ の和で表されると想定する。このとき、ランダム効用理論においては、誤差項 $\varepsilon_{hm}^{ij}$ が貨物によって異なるために、確定項 $V_h^{ij}$ が貨物によらず同じであっても、結果として選択される経路が異なるものと想定される。さらに、誤差項 $\varepsilon_{hm}^{ij}$ が互いに独立でかつガンベル分布に従うと仮定すれば、地域*i*から*j*までの所与の年間輸送需要 $Q^{ij}$ （TEU/年）のうち、経路*h*を選択する貨物量 $F_h^{ij}$ （TEU/年）は、(3)式で表される（導出の詳細については、ロジットモデルに関する教科書等<sup>25)</sup>を参照されたい）。

$$F_h^{ij} = Q^{ij} \cdot \frac{\exp(\theta \cdot V_h^{ij})}{\exp(\theta \cdot V_h^{ij}) + \sum_{h' \in H^{ij}} \exp(\theta \cdot V_{h'}^{ij})} \quad (3)$$

ここで、 $\theta$ ：ガンベル分布における分散パラメータである。本研究においては、確定項 $V_h^{ij}$ は、輸送費用と時間を考慮した一般化費用の符号を逆にした以下の式で定義する。

$$V_h^{ij} = -(FL_{ir} + FM_{rs} + FL_{sj}) - vt \cdot (TL_{ir} + TPX_r + TM_{rs} + TPM_s + TL_{sj}) \quad \forall r \in h, \forall s \in h \quad (4)$$

ここで、 $vt$ ：荷主の時間価値（時間金銭換算係数）（US\$/TEU/hour）、 $FL_{ir}, FL_{sj}$ ：発地*i*から輸出港*r*までおよび



び輸入港  $s$  から着地  $j$  までの背後輸送の運賃 (US\$/TEU) ,  $FM_{rs}$  : 輸出港  $r$  から輸入港  $s$  までの港湾料金を含む海上輸送運賃 (US\$/TEU) ,  $TL_{ir}, TL_{sj}$  : 発地  $i$  から輸出港  $r$  までおよび輸入港  $s$  から着地  $j$  までの背後輸送の所要時間 (hour) ,  $TPX_r$  : 輸出港  $r$  におけるリードタイム (hour) ,  $TPM_s$  : 輸入港  $s$  におけるリードタイム (hour) ,  $TM_{rs}$  : 輸出港  $r$  から輸入港  $s$  までの海上輸送時間 (hour) である. 一般に, 国際海上コンテナ輸送市場において, 港湾料金は海上輸送運賃に含まれることから, 本モデルもそれを反映した. 一方で, 輸出入港湾におけるリードタイムは海上輸送時間とは別個に荷主が考慮することが通常であることから, 輸送時間については港湾と海上輸送を別に扱うこととした.

(4)式に含まれる変数のうち, 港湾料金を含む海上輸送運賃  $FM_{rs}$  および海上輸送時間  $TM_{rs}$  については, 後述の下位問題である海上輸送サブモデルのアウトプットを, また背後輸送の運賃  $FL_{ir}, FL_{sj}$  および時間  $TL_{ir}, TL_{sj}$  については, 同じく下位問題の背後輸送サブモデルのアウトプットを利用する. 港湾リードタイム  $TPX_r, TPM_s$  については, 各港ごとに, 4.で述べる具体的な設定値を, (4)式に直接入力する.

具体的な解法としては, Dial による手法<sup>26)</sup>を適用し, リンクごとのコスト関数 (ここでは一般化費用) から算出したリンク尤度に基づき配分を行う<sup>27)</sup>. 当手法に基づく配分計算の結果として得られるリンクフローは, (3)式を満たすことが証明されている. 配分計算の結果得られた海上輸送

リンクおよび背後輸送リンクのフローが, そのまま 2 つの下位問題 (サブモデル) のインプットとなる. すなわち,

$$q^{rs} = x_{rs}, \tag{5}$$

$$q^{ir} = x_{ir}, q^{sj} = x_{sj} \tag{6}$$

ここで,  $q^{rs}$  : 港湾  $rs$  間の海上貨物輸送需要 (TEU/year) ,  $x_{rs}$  : 海上輸送リンクフロー (TEU/year) ,  $q^{ir}, q^{sj}$  : 発地  $i$  から輸出港  $r$  までおよび輸入港  $s$  から着地  $j$  までの背後輸送需要 (TEU/year) ,  $x_{ir}, x_{sj}$  : 発地  $i$  から輸出港  $r$  までおよび輸入港  $s$  から着地  $j$  までの背後輸送リンクフロー (TEU/year) である.

### 3.3 下位問題 1 : 国際海上コンテナ貨物輸送ネットワークサブモデル

ネットワーク構成を図-4に示す. 図-3に示したスーパーネットワークモデル (インターモーダル・ネットワークモデル) と異なり, 各コンテナ運航船社が全世界で運航するコンテナ定期航路 (定航サービス) が, ひとつひとつ別個のネットワークとして含まれる (後述のように, 複数船社による共同運航の場合も, 船社ごとに異なるネットワークとして構成する). 各航路の寄港順に, 港湾同士が航走リンクで結ばれるとともに, 港湾内の貨物流動もネットワークを構成する各リンク上の流動として表現される. なお, 同一

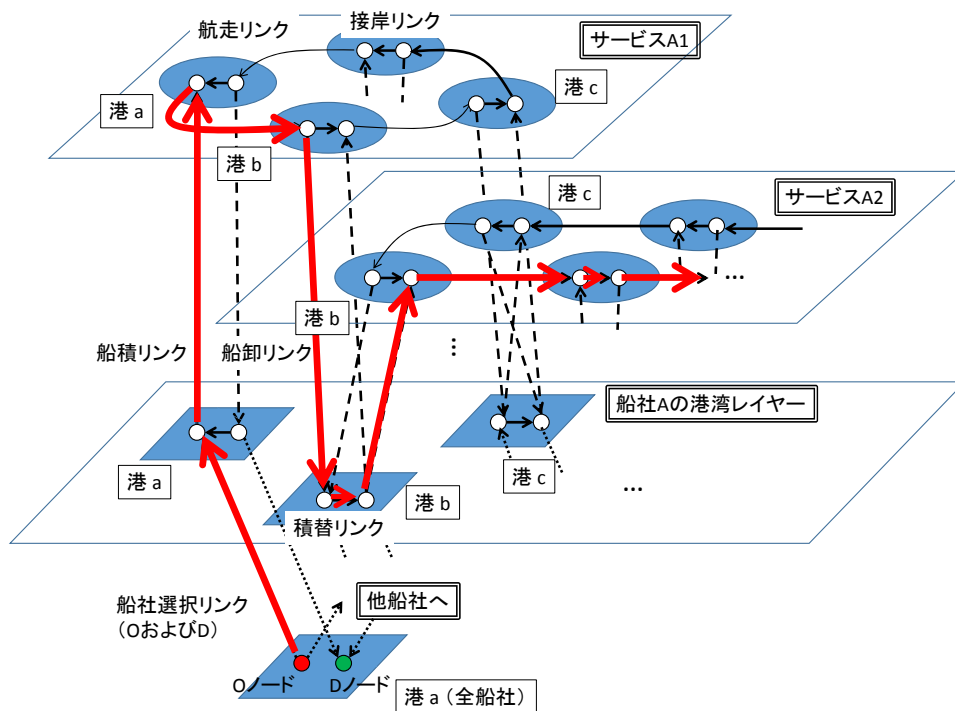


図-4 国際海上コンテナ貨物輸送ネットワークサブモデルのネットワーク構成

港湾に複数回寄港する場合は、寄港順を保持するため、同じ港湾でもそれぞれの寄港ごとにノードは別個に与える。当該港で積卸荷役を行う場合は、それぞれ船積リンク、船卸リンクを経由する。一方、船内にとどまる場合は、接岸リンクを経由する。これらのリンクについても、各船社・各サービスごとに用意される。同一の船社の異なるサービスが同じ港湾に寄港する際は、船社別に設定された積替（トランシップ）リンクを経由することで、コンテナの積替が可能になる。各コンテナは当初から発港と着港（OD）が固定されており、最初に利用船社が選択された後は、途中の港湾で船社を跨ぐ積替は行われたいものと想定する。

本サブモデルでは、上位問題であるスーパーネットワークモデル ((5)式) で算出された港湾間海上貨物輸送需要  $q^{rs}$ 、および上記で述べた国際海上コンテナ輸送サービスネットワークを所与とし、各コンテナが、発港から着港までの総海上輸送時間  $TM_{rs}$  (海上航行時間、寄港中の船内待機時間、積替に要する時間、およびサービス頻度に関する期待待ち時間の合計) が短くなるように、船社および利用サービスを選択するものと想定する。ここで、各サービスに投入されたコンテナ船のサイズに応じたキャパシティ（供給能力）を考慮し、特定サービス・船社への過度の貨物の集中は、船舶遅延や積み残しなどの規模の不経済（混雑）を招くことから、航走リンクにおいてリンクフローに依存する混雑を考慮するものとする。また、運賃については、国際海上コンテナ貨物輸送市場は、輸送船社の数がある程度限られた寡占市場であり、船社とサービスによっては正の利潤を想定することも考えられるものの、船腹供給量を競うクルーナー均衡を想定するにせよ運賃を競うベルトラン均衡を想定するにせよ、結果として同じ OD ペアに対しては各船社の運賃が同一となることを想定し、本モデルの配分計算においては運賃は考慮せず、配分モデルの計算結果に基づき、別途（各社共通の）運賃を算出するものとする（詳細は 3.3.3 で述べる）。

以上より、本サブモデルは、混雑を考慮し、フローディペンデントなリンクを含む、所要時間のみを対象とした配分モデルとして、Wardrop の第 1 法則（交通量の配分に関する等時間原則）に基づき、ネットワーク均衡配分手法のうちの利用者均衡配分問題として、以下のように定式化される (27, 28)。

$$\min_x z(x) = \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} t(x_a) dx, \quad (7)$$

$$\text{s.t. } x_a = \sum_{(r,s) \in R \times S} \sum_{k \in K^{rs}} \delta_{a,k}^{rs} \cdot f_k^{rs}, \quad \forall a, \quad (8)$$

$$\sum_{k \in K^{rs}} f_k^{rs} - q^{rs} = 0, \quad \forall r, s, \quad (9)$$

$$f_k^{rs} \geq 0, \quad \forall k, r, s \quad (10)$$

ここで、 $a$ : リンク、 $A$ : リンク集合、 $x_a$ : リンク  $a$  のフロー、 $t(\cdot)$ : リンクコスト関数（所要時間関数）、 $z(\cdot)$ : 目的関数、 $R$ : 輸出港の集合、 $S$ : 輸入港の集合、 $k$ : 経路、 $K^{rs}$ : 港湾  $rs$  間の輸送経路の集合、 $\delta_{a,k}^{rs}$ : クロネッカーのデルタ（リンク  $a$  が経路  $k$  に含まれるとき 1、そうでないとき 0）、 $f_k^{rs}$ : 経路  $k$  のフローである。

以下では、3.3.1 で本サブモデルに含まれる各リンクのコスト関数を定義し、3.3.2 で解法とアウトプットの算出について述べたあと、3.3.3 で OD ペアごとの運賃の算出方法について述べ、さらに 3.3.4 で運賃の算出に必要な各リンクの輸送費用を定義する。

### 3.3.1 リンクコスト関数（所要時間）の定義

#### (1) 航走リンク

航走リンクは、海上の各定航サービスの寄港順に従って各港湾を結ぶものである。サービスごと、寄港ごとに設定される。リンクコストとしては、航行時間、スエズおよびパナマ運河の通過時間に加え、船舶の容量制約による混雑項も考慮する。

$$t_n(x_a) = \left( \frac{l_a}{v_a} + \gamma S_a \cdot TS + \gamma P_a \cdot TP \right) + TW_{a'} \cdot b1 \cdot \{l_f(x_a)\}^{b2} \quad (11)$$

ここで、 $t_n$ : 航走リンクの所要時間 (hour)、 $x_a$ : リンク  $a$  の年間コンテナフロー (TEU/year)、 $l_a$ : リンク距離 (カイリ)、 $v_a$ : 船速 (ノット)、 $\gamma S_a$ : スエズ運河通航に関するダミー変数（スエズ運河を通過する場合 1、それ以外 0）、 $TS$ : スエズ運河の通過所要時間 (24 hours と想定)、 $\gamma P_a$ : パナマ運河通航に関するダミー変数（パナマ運河を通過する場合 1、それ以外 0）、 $TP$ : パナマ運河の通過所要時間 (24 hours と想定)、 $a'$ : 航走リンク  $a$  の出発港における船積リンク、 $TW_{a'}$ : 船積リンク  $a'$  における出港時の期待待ち時間 (hour)、 $l_f$ : リンク  $a$  の年間平均消席率（ロードファクター）、 $b1, b2$ : 海上混雑関数に関するパラメータである。

(11)式の第 1 項は、スエズ運河およびパナマ運河の通過時間を含む、混雑がなかった場合の航行時間を表している。一方で、(11)式第 2 項は、混雑によって追加的に発生する時間を表しており、年間平均消席率  $l_f$  のべき乗関数と出港時の期待待ち時間  $TW_{a'}$  の積で表すこととし、消席率が増加するほど加速度的に混雑が発生することを想定している（なお、モデルの簡便化のため、消席率や混雑項の上限値（制約）は、本稿においては特に考慮しない）。

このうち年間平均消席率  $l_f$  は、以下の式で表される。

$$l_f(x_a) = \frac{x_a}{cap_a \cdot freq_a} \quad (12)$$

ここで、 $cap_a$ ：当該サービスに就航する船舶において当該船社の提供する平均船腹量 (TEU/隻)， $freq_a$ ：サービス頻度 (隻/年，1 年を 52 週とする) である。

また，出港時の期待待ち時間は，当該サービスの運航間隔 (頻度の逆数) の半分とする。

$$TW_a = \frac{1}{2} \cdot \frac{YH}{freq_a} \quad (13)$$

ここで， $YH$ ：年・時間換算係数 (52week \* 7day \* 24hour = 8,736 hour/年) である。

混雑項の表現方法については，実際にはいろいろなパターンが考えられる。混雑を消席率 (ロードファクター) のべき乗関数で表すことは，利用者均衡配分が最も利用される道路交通分野での混雑関数の一般的な設定方法からのアナロジーとして前提にすると，大きな論点としては，どのリンクにかかるかという点と，どのコストに乗じるかという 2 点があげられる。

前者については，船舶の混雑は，通常，港湾への積み残しという形で表出するため，航走リンクでなく船積リンクにおいて混雑項を考慮するという考え方もあり得る。しかしながら，その場合は，各港湾の混雑が寄港順に大きく影響され，ラストポートに近づくほど船が満杯となり積み残しのリスクが高まることとなり，特定の船積リンクに混雑が過度に集中し均衡計算が不安定になる可能性が高まる。加えて，現実の海運の世界においても，積み残しの可能性がある場合は最初の寄港地から少しずつ積荷の制限を行う方が現実的と考えられるため，本モデルでは航走リンクで混雑項を考慮することとした。

またその場合，後者の論点について，混雑項を期待待ち時間 (または運航間隔) ではなく航行時間 ( $l_a/v_a$ ) に乗じることも考えられるものの，前述のように船舶の混雑は積み残し (次の船が来るまで待つ) という形で表れることが多いことを踏まえると，待ち時間に乗じる方が妥当と考えられる。

## (2) 船積リンク

船積リンクは，各船社の港湾レイヤーから各サービスを結ぶ。サービスごと，港湾ごとに設定される。リンクコスト  $t_i$  (hour) は船積時間  $TLD_a$  (hour) と上述の出港時の期待待ち時間の和で表される。

$$t_i(x_a) = TLD_a + TW_a \quad (14)$$

## (3) 船卸リンク，接岸リンク，積替リンク

船卸リンクは，船積リンクとは逆に，各サービスから各船社の港湾レイヤーまでを結ぶ。サービスごと，港湾ごとに設定される。

接岸リンクは，各サービスにおいて，当該港で荷役されず船舶に積まれたままの貨物の動きを表す。サービスごと，港湾ごとに設定される。

積替リンクは，同一船社内の複数サービスを接続するもので，船社ごと，港湾ごとに設定される。なお，本モデルにおいては，簡便化のため，異なる船社間の積替は認めないものとする。また，リンク数が膨大となるため，基本的にはサービスの組み合わせごとには設定しないものの，後述のトランシップ詳細分析の際には，分析対象港湾に限ってサービスの組み合わせごとに積替リンクを設定することもある。その場合でも，後述するように積替リンクはフローに依存しないコスト関数を想定しているため，配分結果は通常のネットワーク構成の場合と理論的には変わらないと考えられるものの，実際には，収束計算の誤差などのため，計算結果が若干変わることには注意が必要である。

各リンクのコスト関数  $t_u, t_b, t_r$  (hour) は，以下の通り現される。

$$t_u(x_a) = TUL_a, \quad (15)$$

$$t_b(x_a) = TBE_a, \quad (16)$$

$$t_r(x_a) = TTR_a \quad (17)$$

ここで， $TUL_a$ ：船卸時間 (hour)， $TBE_a$ ：接岸待機時間 (hour)， $TTR_a$ ：積替時間 (hour) である。

## (4) 船社選択リンク

O ノードと各船社の港湾レイヤー，また各船社の港湾レイヤーと D ノードを結ぶ。船社ごと，港湾ごとに設定される。3.1 で述べたように，輸出入における港湾リードタイム ( $TPX_r, TPM_s$ ) はスーパーネットワークモデルで考慮するため，本リンクで考慮すべきコストは特になく，船社選択が表現され，かつ船社を跨いだ流動が発生しないように O ノードと D ノードが区分されていれよい。

$$t_{cx}(x_a) = SSN, \quad (18)$$

$$t_{cm}(x_a) = SSN \quad (19)$$

ここで， $t_{cx}, t_{cm}$ ：船社選択リンク (輸出・輸入) のコスト関数 (hour)， $SSN$ ：十分に小さい数であり，ここでは 0.01 (hour) と想定する。

## 3.3.2 解法

以上で定義された所要時間関数のうち，(11)式に示される航走リンクのコスト関数はリンクフローに依存しており，その条件下で(7)式に示される利用者均衡配分問題を解くことになる。ここで，各コスト関数はフローに対して増加関数かフローに依存しない関数であるため，その解は一意に定まる。具体的には，文献<sup>27), 28)</sup>に示されるように，Frank-

Wolfe のアルゴリズムを用いて解を求める。また、そのときの経路  $k$  上の各リンクフローの均衡解  $\hat{x}_a$  に対応する所要時間  $t(\hat{x}_a)$  の総和が、上位問題（スーパーネットワークモデル）に含まれる海上輸送時間  $TM_{rs}$  となる。すなわち、

$$TM_{rs} = \min_k \left\{ \sum_{a \in k} t(\hat{x}_a) \right\} \quad (20)$$

### 3.3.3 海上輸送運賃の算出

海上輸送時間  $TM_{rs}$  とともに上位問題であるスーパーネットワークモデルの入力となる海上輸送運賃  $FM_{rs}$  については、以下の方法で算出する。ここで、3.3 冒頭で述べたように、港湾  $rs$  間の運賃は、船社によらず同一と想定する。

はじめに、港湾  $rs$  間の運航船社  $g$  別の 1TEU あたりの平均輸送費用  $AC_g^{rs}$  (US\$/TEU) を求め、港湾  $rs$  間において実際に定航サービスを提供している船社のなかで、最も輸送費用の大きい船社において、利潤（運賃－輸送費用）がゼロとなるものと想定する。これは、隣接港湾等の当該地域間にサービスを持つ船社であれば、寄港地をひとつ追加・削除することは比較的容易であるため、当該港湾間の輸送においては、船社の参入・退出は比較的容易という仮定に基づいている（実際に、船社による寄港地の見直しは、定期航路であっても数ヶ月単位等の高頻度で行われている）。すなわち、当該港湾間の輸送からの参入・退出が比較的容易であれば、船社は当該サービスの限界輸送費用（1TEU 輸送を増加させる場合にかかる追加的費用）ではなく、船舶費用などサンクコスト（投資済みコスト）も考慮した平均輸送費用で考慮することが可能であり、利潤が負になる場合は容易に撤退し、またたとえば当該港湾間の輸送が自社独占や二社以上の少数船社による寡占の場合などでも、潜在的な競合船社の存在により、当該港湾間の輸送において現在サービスを提供している輸送船社のうち、最も高コストの船社が辛うじてサービスを維持できる運賃水準を想定することが合理的と考えられる。以上より、

$$FM_{rs} = \max_{g \in G} AC_g^{rs} \quad (21)$$

ここで、 $G$ ：船社の集合である。運航船社別の平均輸送費用  $AC_g^{rs}$  (US\$/TEU) は、海上輸送サブモデルネットワークにおける各リンクの 1 TEU あたりの輸送費用を  $c(\cdot)$  とすると、以下のように表される。

$$AC_g^{rs} = \sum_{a \in k_g} c(\hat{x}_a) \quad \text{if } TM_g^{rs} = TM_{rs}, \text{ or} \quad (22-1)$$

$$AC_g^{rs} = 0 \quad \text{if } TM_g^{rs} > TM_{rs} \quad (22-2)$$

ここで  $k_g$ ：港湾  $rs$  間の船社  $g$  の輸送経路、 $TM_g^{rs}$ ：港湾  $rs$

間の船社  $g$  の海上輸送時間である。すなわち、所要時間が均衡解  $TM_{rs}$  よりも大きい船社（(22-2)式に相当）は、当該港湾間の輸送には参入していないものと想定する。なお、輸送時間が最小値（均衡解）よりもやや大きくても、運賃が他社よりもそのぶん安く一般化費用が同等であれば当該船社を利用するというような想定もありえるが、モデルが複雑となるため本稿においては採用しない。

各船社の輸送経路  $k_g$  については、利用者均衡配分においては、コスト（ここでは所要時間）が最小となる経路は一意に定まらないことから、次善の方法として、一般化費用が最小となる経路を想定する。すなわち、

$$k_g = \arg \min_k \left\{ \sum_{a \in k} [c(\hat{x}_a) + vt \cdot t(\hat{x}_a)] \right\}, \quad \forall k \in K_g^{rs} \quad (23)$$

ここで、 $K_g^{rs}$ ：港湾  $rs$  間の船社  $g$  の輸送経路の集合である。各船社が運賃設定のために参考にする想定される、自社の当該港湾間輸送費用を算出する際の経路としては、他に平均（または限界）輸送費用が最小となる経路も想定されるが、その場合、極端に遠回りをするような経路が選択される可能性もあり、一般化費用が最小となる経路の方が現実のコンテナ輸送運賃算出の想定に近いと考えられる。

なお、(22-1)、(22-2)式中の港湾  $rs$  間の船社  $g$  の海上輸送時間  $TM_g^{rs}$  は、以下の式で表される。

$$TM_g^{rs} = \min_k \left\{ \sum_{a \in k} t(\hat{x}_a) \right\}, \quad \forall k \in K_g^{rs} \quad (24)$$

### 3.3.4 各リンクにおける輸送費用の定義

上記 3.3.3 における海上輸送運賃の算出に必要な、各リンクの 1 TEU あたりの輸送費用は、以下の通り設定する。

#### (1) 航走リンク

航走リンクの輸送費用  $c_n$  (US\$/TEU) は以下の式で表される。

$$c_n(x_a) = \left\{ (FC_a + CC_a + OC_a) \cdot \frac{l_a/v_a}{24} + \gamma_s \cdot CS \right\} \cdot \frac{cap_a}{Vcap_a} \bigg/ \frac{x_a}{freq_a} + \gamma_p \cdot CP \quad (25)$$

ここで、 $FC_a$ ：コンテナ船の燃料費 (US\$/隻/日)、 $CC_a$ ：コンテナ船の船費（資本費）(US\$/隻/日)、 $OC_a$ ：コンテナ船のその他運航費 (US\$/隻/日)、 $CS$ ：スエズ運河の通航費用 (US\$/隻)、 $CP$ ：パナマ運河の通航費用 (US\$/隻)、 $Vcap_a$ ：当該船舶の総キャパシティ (TEU) である。ここで、 $cap_a/Vcap_a$  は当該船舶における各船社の供給船腹量の割合（共同運航やスロットチャーターのある場合は 1 未満となる）、 $x_a/freq_a$  は一隻あたりの平均積載実入りコンテナ個数

(TEU/隻)を表す。

上式に示されるように、航行中の輸送費用は、燃料費、船費、その他運航費、運河通航料金の4項目で構成されると想定し、著者らの既存研究の成果<sup>29), 30)</sup>を活用する。また、実態に合わせ、スエズ運河通航料金は船舶サイズごとに設定するのに対し、パナマ運河通航料金はコンテナ単位で設定する。

燃料費  $FC_a$  は以下の式で表される。

$$FC_a = FP \cdot FR_a \quad (26)$$

ここで、 $FP$ ：燃料価格 (US\$/トン)， $FR_a$ ：コンテナ船の燃費 (トン/日) である。燃料価格  $FP$  は、2013 年の平均値 600.0 (US\$/トン) を想定する。船舶が航行時に海洋から受ける抵抗力は船速の二乗と断面積 (体積の 2/3 乗) の積に比例し、燃費はこの抵抗力と船速の積 (= 単位時間当たり仕事量) に比例することから、既存研究<sup>20), 21)</sup>と同様に、以下のように表される。

$$FR_a = c_1 \cdot DWT_a^{\frac{2}{3}} \cdot v_a^3 \quad (27)$$

ここで、 $c_1$ ：船種に依存する係数， $DWT_a$ ：コンテナ船の積載重量トン (DWT) である。係数  $c_1$  は、日本船舶明細書 (2012)<sup>31)</sup>に示される日本籍船の実績値に基づいた回帰分析 (図-5) により、 $c_1 = 6.49 \cdot 10^{-6}$  を得た。

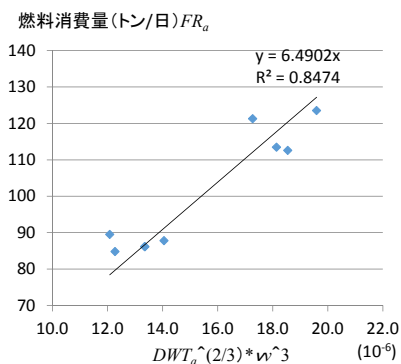


図-5 船舶サイズ  $DWT_a$  および船速  $v_a$  (横軸) と燃料消費量  $FR_a$  (縦軸) の関係 (日本船舶明細書 (2012)<sup>31)</sup>に基づく)

次に船費  $CC_a$  については、以下のように定義する。

$$CC_a = VP_a \cdot \frac{ir}{\{1 - (1 + ir)^{-PP}\}} \cdot \frac{1}{365 \cdot ODR} \quad (28)$$

ここで、 $VP_a$ ：コンテナ船の船価 (US\$/隻)， $ir$ ：利子率， $PP$ ：償却年数， $ODR$ ：年間稼働率であり、 $ir / \{1 - (1 + ir)^{-PP}\}$  は複利計算下での年間支払率を意味する。具体的には、利子率  $ir$ ，償却年数  $PP$ ，年間稼働率  $ODR$  について、それぞれ、 $ir = 0.02$ ， $PP = 15$  年， $ODR = 0.9$  (すなわち年間  $365 \cdot 0.9 = 329$  日稼働) と想定する。また、コンテナ船の船価  $VP_a$  (US\$/隻)

は、以下に示すように積載重量トンに比例するものと想定する。

$$VP_a = c_2 \cdot DWT_a + c_3 \quad (29)$$

ここで、 $c_2, c_3$ ：船種に依存する係数であり、文献<sup>32)</sup>より回帰分析を行い、 $c_2 = 8.37 \cdot 10^2$  および  $c_3 = 4.46 \cdot 10^6$  を得た (図-6)。

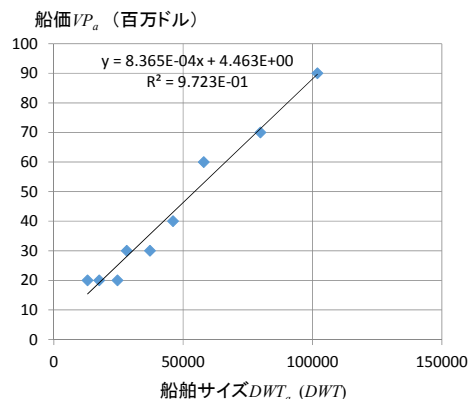


図-6 船舶サイズ  $DWT_a$  (横軸) とコンテナ船価  $VP_a$  (縦軸) の関係 (Drewry<sup>32)</sup>に基づく)

コンテナ船のその他運航コスト  $OC_a$  は、人件費、保険、開発・営業費などから構成され、船価と同様に積載重量トンに比例するものと想定する。

$$OC_a = c_4 \cdot DWT_a + c_5 \quad (30)$$

ここで、 $c_4, c_5$ ：船種に依存する係数であり、船価と同様に、文献<sup>32)</sup>より回帰分析を行い、 $c_4 = 6.66 \cdot 10^{-2}$  および  $c_5 = 3.98 \cdot 10^3$  を得た (図-7)。

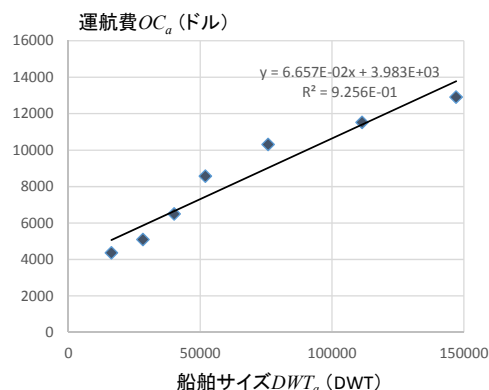


図-7 船舶サイズ (横軸) とコンテナ船運航費 (縦軸) の関係 (Drewry<sup>32)</sup>に基づく)

1 隻あたりのスエズ運河通航料  $CS$  およびパナマ運河通航料  $CP$  は、以下のように定義される。

$$CS = SDRrate \cdot \{c_6(\text{scrnt}_a) \cdot \text{scrnt}_a + c_7(\text{scrnt}_a)\}, \quad (31)$$

$$CP = c_8 \quad (32)$$

ここで、 $SDRrate$ ：スエズ運河通航料徴収において用いられる通貨単位 SDR (IMF によって創設された主要通貨で構成される通貨単位) への変換率、 $scrnt(\cdot)$ ：コンテナ船のスエズ運河純トン、 $c_6(\cdot), c_7(\cdot)$ ：スエズ運河庁によって定められる係数 (表-1)、 $c_8$ ：パナマ運河庁によって定められるコンテナ船の通航料係数 (US\$/TEU) である。ここでは 2010 年の平均値として  $SDRrate = 1.5$  US\$, パナマ運河の通航料は  $c_8 = 72.0$  US\$/TEU と設定し、またスエズ運河純トン  $scrnt_a$  は以下の式で定義される。

$$scrnt_a = 10.92 \cdot Vcap_a - 1137.0 \quad (33)$$

表-1 スエズ運河純トン  $scrnt$  ごとに定められる(31)式に含まれる係数の  $c_6, c_7$  の値 (出典：スエズ運河庁)

$scrnt$		$c_6$	$c_7$
from	to		
0	5000	7.65	0
5000	10000	5.00	38,250
10000	20000	4.00	63,250
20000	40000	2.80	103,250
40000	70000	2.60	159,250
70000	120000	2.05	237,250
120000		1.95	339,750

(2) 港湾内リンク (船積リンク、船卸リンク、接岸リンク、積替リンク、船社選択リンク)

これらのリンクにおいて考慮すべきは、港湾における諸料金 (ターミナルハンドリングチャージ、入港料等) である。データの入手可能性の観点から、これら諸料金の費目を分けることはせず、輸出、輸入、積替時の港湾料金を設定する。また、積替時の港湾料金は、輸出と輸入の合計よりも小さいことが通例であることから、リンクの費用が負となることを避けるため、輸出・輸入時の港湾料金は、船積・船卸リンクではなく、船社選択リンクに付加する。すなわち、各リンクの費用は、以下のように表される。

$$c_l(x_a) = SSN, \quad (34)$$

$$c_d(x_a) = SSN, \quad (35)$$

$$c_b(x_a) = SSN, \quad (36)$$

$$c_r(x_a) = (CHX_a + CHM_a) / 2 * 1.5, \quad (37)$$

$$c_{cx}(x_a) = CHX_a, \quad (38)$$

$$c_{cm}(x_a) = CHM_a \quad (39)$$

ここで、 $c_l$ ：船積リンクの費用 (US\$/TEU)、 $c_d$ ：船卸リンクの費用 (US\$/TEU)、 $c_b$ ：接岸リンクの費用 (US\$/TEU)、 $c_r$ ：積替リンクの費用 (US\$/TEU)、 $c_{cx}$ ：船社選択リンク (輸出) の費用 (US\$/TEU)、 $c_{cm}$ ：船社選択リンク (輸入) の費用 (US\$/TEU)、 $CHX_a$ ：輸出時の港湾料金 (US\$/TEU)、 $CHM_a$ ：輸入時の港湾料金 (US\$/TEU)、 $SSN$ ：十分に小さい数 (ここでは 0.01 (US\$) とする) である。

### 3.4 下位問題 2：背後圏貨物輸送ネットワークサブモデル

ネットワーク構成を図-8 に示す。海上輸送サブモデルと同様に、実ネットワークに基づいた構成となっている。輸出貨物は地域代表ノードを発ノード (O ノード)、港湾ノードを着ノード (D ノード) とする一方、輸入貨物は港湾ノードを O ノード、地域代表ノードを D ノードとする。両者は同時に配分される。港湾ノードは、スーパーネットワークモデルや海上輸送サブモデルに含まれる港湾のうち、背後圏輸送ネットワークの考慮対象となる地域に属するすべての港湾を含む。

地域代表ノードおよび港湾ノードを起終点とする O リンクおよび D リンクは、道路リンクまたは域内水運 (道路) リンクとは直接接続されるものの、鉄道リンクとは直接接続されない。鉄道リンクに対しては、鉄道への積卸を表現する鉄道接続リンクを介して接続される。すなわち、鉄道輸送される場合でも、少なくとも貨物の発着地近傍のいわゆるラスト・ワンマイルにおいては、トラックの利用が必須という想定となっている。また、輸送系統 (路線) が異なる鉄道リンク同士は直接接続せず、各系統の鉄道接続リンクを介して (つまり、2 本の鉄道接続リンクを介して) 接続するものとする。一方、域内水運リンクは積卸に関するコストも域内水運リンクに含まれるとの想定のもと、道路リンクと直接接続される。また、鉄道のままフェリー輸送される場合は、域内水運リンク (鉄道) として、鉄道リンクと直接接続される。さらに、それぞれのリンクが国境を跨ぐ場合には、国境通過に要するコストが上乗せされる。

海上輸送サブモデルと同様に、各背後輸送機関においてもリンク容量が存在すると想定し、貨物の集中による混雑を考慮する。一方で、各背後輸送機関の事業者は海上輸送と異なり十分競争的と想定し、運賃は限界輸送費用に一致するものと仮定したうえで、運賃と輸送時間の双方を考慮した一般化費用に基づく配分を行う。以上より、本サブモデルの配分問題は以下のように示される。

$$\min_x z'(x) = \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} u(x_a) dx, \quad (40)$$

$$\text{s.t. } x_a = \sum_{(i,r) \in O \times R'} \sum_{k \in K^{ir}} \delta_{a,k}^{ir} \cdot f_k^{ir} + \sum_{(s,j) \in S' \times D} \sum_{k \in K^{sj}} \delta_{a,k}^{sj} \cdot f_k^{sj}, \quad \forall a, \quad (41)$$

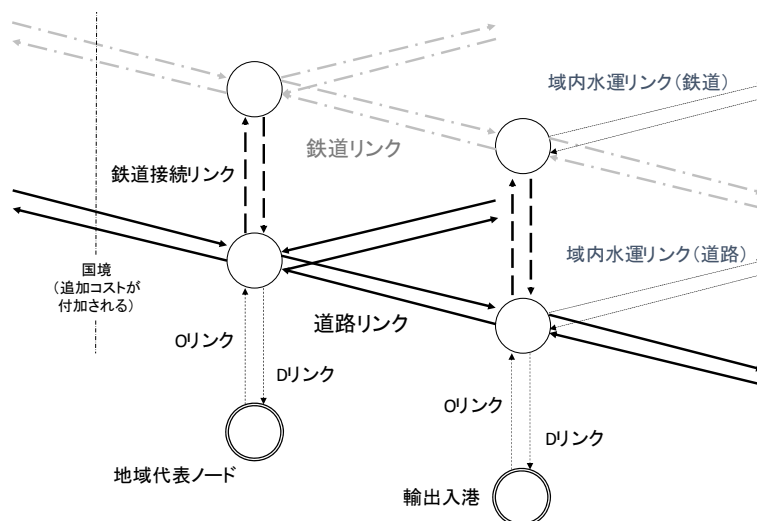


図-8 背後圏貨物輸送ネットワークサブモデルのネットワーク構成

$$\left( \sum_{k \in K^{ir}} f_k^{ir} + \sum_{k \in K^{sj}} f_k^{sj} \right) - (q^{ir} + q^{sj}) = 0 \quad \forall r, s, i, j, \quad (42)$$

$$f_k^{ir} \geq 0, f_k^{sj} \geq 0, \quad \forall k, r, s, i, j \quad (43)$$

ここで、 $u(\cdot)$ : リンクコスト関数、 $z(\cdot)$ : 目的関数、 $R', S'$ : 背後圏輸送モデルの対象となる（背後圏輸送ネットワークに接続されている）輸出港および輸入港、 $K^{ir}, K^{sj}$ : 輸出貨物における発ノード・輸出港  $ir$  間の輸送経路の集合および輸入貨物における輸入港・着ノード  $sj$  間の輸送経路の集合、 $f_k^{ir}, f_k^{sj}$ :  $ir$  間および  $sj$  間の経路  $k$  のフロー、 $\delta_{a,k}^{ir}, \delta_{a,k}^{sj}$ : クロネッカーのデルタ（リンク  $a$  が  $ir$  間および  $sj$  間の経路  $k$  に含まれるとき 1、そうでないとき 0）である。ここで本サブモデルの 1TEU あたりのリンクコスト関数  $u(\cdot)$  は、海上輸送サブモデルと異なり、所要時間ではなく一般化費用で定義される。

以下では、3.4.1 で本サブモデルに含まれる各リンクのコスト関数を定義し、3.4.2 で解法とアウトプットの算出について述べる。

### 3.4.1 リンクコスト関数の定義

#### (1) O リンク、D リンク

O リンクおよび D リンクは、地域代表ノードまたは港湾ノードと道路リンクまたは域内水運（道路）リンクを結ぶ。リンクコストとしては、道路輸送費用（運賃）のうちの固定費用分を考慮する。

$$u_o(x_a) = u_d(x_a) = CFRq_2 \quad (44)$$

ここで、 $u_o, u_d$ : O リンクおよび D リンクのコスト関数

(US\$/TEU)、 $CFRo$ : トレーラによる国際海上コンテナ輸送運賃のうち固定費分 (US\$/TEU) である。固定費は、一回の道路輸送において一度だけかかることから、O リンクおよび D リンクで等分に（半分ずつ）考慮することとする。

#### (2) 道路リンク

道路リンクにおけるトレーラのリンクコスト（一般化費用） $u_{ro}$  としては、道路輸送運賃の距離比例分、および混雑を含む所要時間を考慮する。

$$u_{ro}(x_a) = CORo \cdot (2 \cdot l_a) + vt \cdot \frac{l_a}{vRo_a} \cdot \left\{ 1 + b_3 \cdot \left( \frac{x_a}{capRo_a} \right)^{b_4} \right\} \quad (45)$$

ここで、 $x_a$ : リンク  $a$  のコンテナフロー (TEU/年)、 $CORo$ : トレーラによる国際海上コンテナ輸送運賃のうち距離比例分 (US\$/km/TEU)、 $l_a$ : 輸送距離 (km)、 $vRo_a$ : トレーラ速度 (km/hour)、 $capRo_a$ : 当該道路における国際海上コンテナトレーラの年間容量 (TEU/年)、 $b_3, b_4$ : 道路混雑関数に関するパラメータである。第 1 項は金銭費用を表し、第 2 項は混雑による遅れを含む時間費用を表す。金銭費用においては、トレーラによるコンテナ輸送が原則として片荷輸送であり、荷主に請求される運賃に帰路のシャーシ輸送費用も含まれることが一般的であることを踏まえ、往復距離 ( $2 \cdot l_a$ ) を考慮する。第 2 項に含まれる混雑時間は、均衡配分において一般的な BPR 関数を想定する。

#### (3) 鉄道接続リンク

道路リンクと鉄道リンクを結ぶ鉄道接続リンクにおけるリンクコスト（一般化費用） $u_{rc}$  としては、当該リンクの走

行に要する費用（運賃のうち距離比例分）・時間に加え、鉄道荷役に要する費用・時間、さらにトレーラ輸送が一回増加することによる道路輸送運賃の固定費用も考慮する。

$$u_{rc}(x_a) = \frac{CFRo}{2} + CORo \cdot (2 \cdot l_a) + \frac{CFRa}{2} + vt \cdot \left\{ \frac{l_a}{vRo_a} + THRa_a + \frac{TWRa_a}{2} \right\} \quad (46)$$

ここで、 $CFRa$ ：鉄道による国際海上コンテナ輸送運賃のうち固定費用分 (US\$/TEU)， $THRa_a$ ：ターミナル駅での鉄道荷役に要する時間 (hour)， $TWRa_a$ ：鉄道の期待待ち時間 (hour) である。道路輸送と同様に、鉄道運賃のうち距離比例分については、次の鉄道リンクで考慮する。道路運賃のうちの固定費用分  $CFRo$ ，鉄道運賃のうちの固定費用分  $CFRa$ ，鉄道の期待待ち時間  $TWRa_a$  は、いずれも積込時と揚卸時で等分に考慮するため、 $1/2$  としている。

鉄道の期待待ち時間  $TWRa_a$  は、海上コンテナ輸送と同様の考え方により、以下のように定義する。

$$TWRa_a = \frac{1}{2} \cdot \frac{YH}{freqRa_a} \quad (47)$$

ここで、 $freqRa_a$ ：当該路線の鉄道運行頻度 (便/年) である。

#### (4) 鉄道リンク

鉄道リンクにおけるリンクコスト（一般化費用） $u_{ra}$  としては、鉄道運賃のうち距離比例分、および混雑を含む所要時間を考慮する。

$$u_{ra}(x_a) = CORa \cdot l_a + vt \cdot \left\{ \frac{l_a}{vRa_a} + TWRa_{a'} \cdot b5 \cdot \left( \frac{x_a}{capRa_a \cdot freqRa_a} \right)^{b6} \right\} \quad (48)$$

ここで、 $CORa$ ：鉄道による国際海上コンテナ輸送運賃のうちの距離比例分 (US\$/km/TEU)， $vRa_a$ ：鉄道の表定速度 (km/hour)， $TWRa_{a'}$ ：当該リンクの起点で接続する鉄道接続リンク  $a'$  の期待待ち時間 (hour)（定義は(47)式参照）， $capRa_a$ ：一列車（一編成）あたりの国際海上コンテナ輸送容量 (TEU/便)， $b5, b6$ ：鉄道混雑関数に関するパラメータである。実態を踏まえ、道路リンクと異なり、鉄道運賃の距離比例分は片道とする。また、海上コンテナ輸送と同様の考えに基づき、道路リンクとは異なり、混雑関数はリンク走行時間ではなく期待待ち時間に乘じられる。

#### (5) 域内水運（内航水運、国際フェリー）リンク

域内水運リンクにおけるリンクコスト（一般化費用） $u_{fe}$  としては、運賃の固定費および距離比例分、リンク走行時間、両端での荷役時間、期待待ち時間および混雑による遅れを考慮する。鉄道のように接続リンクと走行リンクを区

分しないのは、域内水運の場合は、1リンク上での単純往復のサービス（途中寄港なし）を想定しているためである。

$$u_{fe}(x_a) = (2 \cdot CFFe + COFe \cdot l_a) + vt \cdot \left[ \frac{l_a}{vFe_a} + 2 \cdot THFe_a + TWFe_a \cdot \left\{ 1 + b7 \cdot \left( \frac{x_a}{capFe_a \cdot freqFe_a} \right)^{b8} \right\} \right] \quad (49)$$

ここで、 $CFFe, COFe$ ：域内水運（内航水運または国際フェリー）による国際海上コンテナ輸送運賃のうち固定費用分 (US\$/TEU) および距離比例分 (US\$/km/TEU)， $vFe_a$ ：域内水運の船速 (km/hour)， $THFe_a$ ：起点港および到着港での荷役時間 (hour)， $TWFe_a$ ：乗船までの期待待ち時間 (hour)， $capFe_a$ ：域内水運一隻あたりの国際海上コンテナ輸送容量 (TEU/隻)， $freqFe_a$ ：年間運航頻度 (隻/年)， $b7, b8$ ：域内水運混雑関数に関するパラメータである。

域内水運の期待待ち時間  $TWFe_a$  は、国際海上コンテナ船や鉄道と同様に以下の式で定義する。

$$TWFe_a = \frac{1}{2} \cdot \frac{YH}{freqFe_a} \quad (50)$$

#### (6) 越境輸送における付加コスト

道路、鉄道、域内水運の各リンクが国境を跨ぐ場合は、追加的な費用と時間が発生するものとする。すなわち、リンクコスト  $u$  に対して、

$$u(x_a) = u(x_a) + \lambda_a \cdot (CB_a + vt \cdot TB_a) \quad (51)$$

ここで、 $\lambda_a$ ：国境通過コストに係る係数（リンク  $a$  が国境を跨がない場合は0とする）， $CB_a$ ：国境通過に伴う追加費用 (US\$/TEU)， $TB_a$ ：国境通過に伴う追加時間 (hour) である。なお、鉄道接続リンクが国境を跨ぐことはないものとする。

### 3.4.2 解法

道路リンク ((45)式)，鉄道リンク ((48)式)，域内水運リンク ((49)式) の各リンクコストはリンクフローに依存していることから、海上輸送サブモデルと同様に、利用者均衡配分問題を解くこととなり、その解は一意に定まる。また、そのときの経路  $k$  上の各リンクフローの均衡解  $\hat{x}_a$  に対応する一般化費用  $u(\hat{x}_a)$  の総和が、上位問題（スーパーネットワークモデル）に含まれる背後輸送の一般化費用  $GL_{ir}$  および  $GL_{sj}$  となる。すなわち、

$$GL_{ir} = \min_k \left\{ \sum_{a \in k} u(\hat{x}_a) \right\}, \quad (52)$$

$$GL_{sj} = \min_k \left\{ \sum_{a \in k} u(\hat{x}_a) \right\} \quad (53)$$

ここで、 $GL_{ir}, GL_{sj}$ ：発地  $i$  から輸出港  $r$  までおよび輸入港  $s$



から着地  $j$  までの背後輸送の一般化費用 (US\$/TEU) であり, 上位問題の(4)式に含まれる運賃  $FL_{ir}, FL_{sj}$  および所要時間  $TL_{ir}, TL_{sj}$  との関係は以下の通り表される.

$$GL_{ir} = FL_{ir} + vt \cdot TL_{ir}, \quad (54)$$

$$GL_{sj} = FL_{sj} + vt \cdot TL_{sj} \quad (55)$$

### 3.5 全体解法

本モデルは, 3.1 で述べた通り, (3)式の確率ネットワーク配分問題を親問題(上位問題)とし, (7)式および(40)式であらわされる利用者均衡配分問題を子問題(下位問題)とする入れ子構造となっている. ここで, 2つの下位問題は, 問題の構造としては比較的単純であり, またその解が(上位問題から得られる輸送需要  $q^{rs}$ , および  $q^{ir}, q^{sj}$  を所与とすれば)それぞれ一意に定まることは保証されている. 一方で, 2つの下位問題を含む上位問題を一度に解くことは難しく, また解が一意に定まることも保証されていない.

そこで, 2つの下位問題と上位問題を切り離し, 下位問題においては上記輸送需要を所与とし, 上位問題においては, 下位問題のアウトプットである所要時間や運賃((20)式および(21)式から得られる海上輸送運賃  $FM_{rs}$  および  $TM_{rs}$ , (52)式および(53)式から得られる背後輸送の一般化費用  $GL_{ir}$  および  $GL_{sj}$ ) を所与として, 上記需要や運賃・費用が一定の範囲に収束するまで両問題を繰り返し解くものとする. より具体的な計算手順については, 5.1.1 を参照されたい.

## 4. 入力データ

本モデルに必要な入力データは, 大きく分けると海上・港湾・背後圏のネットワークデータ(距離, サービスレベル, 輸送実績など), および地域間輸送需要(OD貨物量)の2種類である. 以下, 4.1~4.3で港湾, 海上輸送ネットワーク, 背後圏輸送ネットワークの設定について, また4.4で輸送需要の推計について述べる.

なお本モデルは, 原則として2013年時点のデータで構築するものとする(過去の著者らのモデル<sup>4)</sup>は, 原則として2010年時点のデータで構築されている).

### 4.1 港湾

#### 4.1.1 対象港湾

本モデルの対象港湾は, 世界の主要コンテナ港湾すべて(年間取扱量50万TEUを目安)と, 南アジアおよび周辺海域のローカル港湾とする. 上位問題のインターモーダル

モデルおよび下位問題の海上輸送サブモデルのいずれにおいても, 上記すべての港湾を含む. また, 背後圏輸送サブモデルにおいては, 上記港湾のうち, 背後圏輸送ネットワークの考慮対象である南アジア3カ国(インド, バングラデシュ, スリランカ)に属するすべての港湾を含む.

#### (1) 世界主要港湾

原則として, 国際海上コンテナ(内貿コンテナを除く. 空コンテナ, トランシップコンテナを含む)の年間取扱量(2013年)が50万TEUを超える, 世界のすべての港湾を対象とする. 従前であれば, Informa社の発行するContainerisation International YearbookやCI-Onlineを参照すれば概ね把握可能であったが, 2013年を最後に発刊されなくなったため, 複数のデータベースから拾い上げる作業が必要となる. 具体的には, 以下の手順で港湾データベースを作成する.

a. Lloyd's List: Top 100 Container Ports<sup>33)</sup>に含まれるコンテナ取扱量上位100港はすべて対象とする. Top 100 Container Portsには, 2013年コンテナ取扱量(内貿, トランシップ含む)が掲載されている(有料の会員登録が必要). なお, 2013年の100位はスワトウ港(中国)で, 128万TEUの取扱実績であった.

b. Drewry Maritime Research 社の Container Forecaster 2014 Annual Review<sup>2)</sup>の Appendix 3(全世界)に掲載される港湾のうち, 取扱量が50万TEUを超える港湾. なお, 後述の通り, トランシップ貨物量を除外する際に同じDrewryレポートのデータを使用するため, 整合を図りやすいように, aとbのどちらにも取扱量の記載がある港湾については, bのデータを優先することとする.

c. 中国本土の港湾については, 中国港口年鑑2014<sup>34)</sup>を利用する. なお, 深セン港については, ネットワーク構成上, 香港との位置関係が重要となることから, 香港の東側に位置する塩田ターミナルと, 香港の西側に位置するその他ターミナル(蛇口ターミナルで代表)の2港に分割することとし, 深セン港各ターミナルの取扱量についても中国港口年鑑2014<sup>34)</sup>から情報を得る.

d. Drewry Maritime Research 社の Global Container Terminal Operators, Annual Report 2014<sup>35)</sup>には, オペレータや地域ごとに, ターミナルごとの2013年取扱量(内貿, トランシップ含む)が掲載されている. a, bには含まれないものの, ターミナル取扱量が単独, または同一港湾複数ターミナル合計で50万TEUを超える港湾を, 対象として追加する. なお, ターミナル単独では50万TEUを超えない港湾についても, 本レポートに含まれない公共バースやフィーダーバースなどの取扱いを加えれば50万TEUを超える可能性は考えられるものの, ここでは対象としない.

e. a～d の手順で取扱量が判明しない場合でも、上述の Containerisation International Yearbook 等への過去の掲載実績などから、2012 年以前に年間取扱量が 50 万 TEU を超えていたことが判明している港湾については、以下の方法で情報収集を行う。

e-1. 各港の HP に記載がないか確認する。

e-2. それでも 2013 年の取扱量が判明しない港湾については、2012 年以前で取扱量が判明している最新年における取扱量で代用する。

f. 上記 a～e の手順で収集した年間取扱量は、基本的にはすべて内貿コンテナも含まれる数値である。本モデルは国際海上コンテナ貨物を対象として構築することから、内貿コンテナは本来除外する必要がある（ただし外貿コンテナのトランシップ貨物、いわゆる内航フィーダーコンテナは推計に含める）。しかしながら、内貿コンテナ取扱量に関するまとまった情報源は存在しない。このため、便宜的手段として、内貿コンテナを無視して（ゼロと仮定して）以下の作業を進めることを原則とするが、例外として、国土面積および経済規模が大きく、内貿コンテナ流動が特に無視できないと考えられる中国については、中国港口年鑑 2014<sup>34)</sup>で得られる内貿コンテナ取扱量を、上記年間取扱量から差し引くこととする。これにより、外貿コンテナ取扱量が 50 万 TEU を下回る中国の 12 港（丹東、營口、錦州、龍口、日照、南通、重慶、温州、泉州、東莞（虎門）、南海（江門）、海口）については、モデル構築の対象外とする。

g. 最後に、モデル操作性の観点から、4.2 で述べる国際海上コンテナ定期航路データ（MDS データ）において、極端に寄港実績の少ない港湾を除外する。南京、武漢、中山、珠海の中国 4 港およびデュイスブルグ港（ドイツ）が該当した（付録表 A-2 参照）。これらの港は、上海、香港/深セン、ロッテルダムといった近接の巨大ハブ港からの河川や湾内のバージ輸送（フィーダー輸送）が中心であるため、取扱量が多いにも関わらず、MDS データでは寄港実績がほとんどなかったと考えられる（逆に言えば、MDS データにはこのようなフィーダー輸送は含まれていないことが推察される）。また、寄港実績があっても、その大半がこれも 4.2 で述べるモデル構築の対象となる船社以外のローカル船社による寄港である場合も、同様に対象から除外する。威海、蘇州（太倉・張家港）の中国 2 港、およびマカッサル/ウジュパンダン港（インドネシア）、ホノルル港（米国）がこれに該当した（表 A-2 参照）。

以上 a～g の手順により、モデル構築の対象となる世界の主要港は 173 港となる（なお、港湾一覧は付録表 A-1 参照のこと）。

## (2) 南アジアおよび周辺地域のローカル港湾

上記に加えて、分析対象地域である南アジア地域（インド、バングラデシュ、スリランカ）については、原則としてコンテナ取扱いのあるすべての港湾を対象に含め、またアラビア海・ベンガル湾・インド洋といった海洋を共有する周辺地域についても、南アジア航路の寄港地となりやすいことを考慮し、1 国 1 港程度のコンテナ港湾を追加することとする。

具体的には、上記の南アジア地域 3 か国においては、MDS データにおいて寄港実績があるすべてのコンテナ港湾 11 港のうち、(1) g と同様にモデル構築対象外の船社による寄港が大半を占めるムンバイ港（主要船社はすべてムンバイ港でなく、ムンバイ近郊の JNPT に寄港する）を除く 10 港を追加する。

次に、それ以外の周辺国については、MDS データによる寄港実績を参考に、1 国 1 港の原則に基づき、(1)の世界主要港湾に 1 港も含まれない国・地域（ミャンマー、モルジブ、タンザニア、モザンビーク、セイシェル、コモロ、マダガスカル、モーリシャス、レユニオン）の港湾を追加する。なお、モザンビークは寄港航路の特性（両港に寄港する航路が異なる）を考慮して、ナカラとマプートの 2 港を追加する。また、オマーン（サラール港が(1)に含まれる）のソハール港も関連航路の寄港が多いことから対象港に含める。

また、これらの港湾における取扱量実績については、以下のデータソースを利用する。

e-1. 各港の HP.

h. インドの港湾については、インド港湾協会の HP<sup>36)</sup>.

i. 世界銀行の国際海上コンテナデータベース<sup>37)</sup>。ただし国単位のため、当該国で他に主要なコンテナ港湾がほぼないと考えられることが前提である。

j. ボランティアによる国際物流情報の HP<sup>38)</sup>等、各種情報源や（筆者以外の実施した）様々なヒアリング調査結果などを通じた、筆者による推計。

以上に示した通り、合計 21 港が(1)の世界主要港湾に加えて対象港湾として追加され、最終的なモデル構築の対象港湾は、表 A-1 に示す 194 港となった。また表 A-1 には、各港の取扱実績の出典（データソース）も上記 a～j の記号で示している。

### 4.1.2 トランシップ貨物量の推計

Drewry<sup>2)</sup>には、世界の主要トランシップ港湾 33 港（表 A-1 中太字で示された港湾）について、トランシップ貨物量とトランシップ率が示されている。

その他の港湾については、以下の手順で地域別の平均ト

ランシップ率を推計し、地域内各港湾に一律に適用するものとする。

- (1) Drewry<sup>2)</sup>には、地域（北米東岸、北西ヨーロッパ、北アジア等）別に、総コンテナ取扱量および総トランシップ貨物量の推計値が示されている。
- (2) その両者から、上に示した世界の主要トランシップ港湾33港のうち当該地域に含まれる港湾のコンテナ取扱量とトランシップ貨物量を差し引く。
- (3) (2)で得られた当該地域における主要トランシップ港以外の総コンテナ取扱量および総トランシップ貨物量から、当該地域における主要トランシップ港を除く各港の平均トランシップ率を求める。

以上の手順で推計した各港のトランシップ率についても、表A-1に示される。

#### 4.1.3 港湾に関するサービス水準の設定

港湾のサービス水準に関するモデル入力変数は、(4)式に含まれる輸出時および輸入時の港湾リードタイム $TPX_r$ ,  $TPM_s$ , (17)式に含まれる積替時間 $TTR_a$ , (38)式および(39)式に含まれる輸出時および輸入時の港湾料金 $CHX_a$ ,  $CHM_a$ がある。またこれ以外に、政策シミュレーションにおいては、各港湾のコンテナバースの最大水深の現状値や将来計画値について、コンテナ定期航路を設定する際に間接的に考慮される（4.2参照）。

上記5変数のうち、輸出時および輸入時の港湾リードタイム $TPX_r$ ,  $TPM_s$ , および港湾料金 $CHX_a$ ,  $CHM_a$ については、世界銀行のDoing Businessデータベースにおいて国別（一部の国については地域別）・輸出入別の港湾荷役時間・料金が示されていたことから、これを当該国・地域港湾に一律に適用する（付録表A-3参照）。なお、同データベースにおける港湾荷役の所要時間・費用の公開は、2015年秋以降中断されている。

また、積替時間 $TTR_a$ については、入手可能なデータが存在しないため、定性的な情報をもとに、効率的なトランシップが行われていると推測される港湾から順に、12 (hour), 24 (hour), 48 (hour) の3段階に設定した（表A-1参照）。また、南アジア地域の港湾（コロンボ港を除く）は、冒頭でも述べたように物流インフラの整備水準が不十分と考えられることから、72 (hour) に設定した。

## 4.2 海上コンテナ輸送ネットワーク

### 4.2.1 定期航路サービスデータ

MDS Transmodal Inc. が提供する MDS containership databankデータ<sup>39)</sup>（以下MDSデータ）を使用する。このデータは、各コンテナ船ごとに、船名、IMO番号、運航船社、共

同運航船社、スロットチャーター船社、MDS定義による航路分類、寄港地リスト（寄港順）、年間サービス頻度、船腹量（TEUベース）、トン数（DWT）、船速などが収録されている。なお、輸送実績（ロードファクター等）や具体的な入港日時は収録されていない。MDSデータは、Lloyd'sなどの船舶動静データと異なり、各コンテナ船の寄港地が整理され、共同運航やスロットチャーターの関係も整理されており、航路サービスごとの集計・分析が可能である点が特徴となっている。

2013年6月時点の5,492隻のデータをサービス・ベース（2,569サービス）に統合し、3.で述べたとおり、サービスごとにネットワークを構成する。この際、4.1.1で整理した対象港湾以外の港湾は除外する。また、各サービスの平均船速 $v_a$ （ノット）や平均キャパシティ $Vcap_a$ （TEU/隻）、頻度 $freq_a$ （隻/年）についても、MDSデータより得られる値を用いる。

また、当該サービスが複数の船社による共同配船で行われている場合や、配船に参加しない船社がスロットチャーターを行っている場合の、各船社に割り当てられるキャパシティ $cap_a$ （TEU/隻）は、船社間のスペースの事後的な融通は行わないものと仮定し、当該サービスの平均船腹量 $Vcap_a$ を共同運航船社で均等に分割する。また、スロットチャーターの場合は、共同運航船社の半分のスペースを確保する（0.5社分）と仮定して同様に分割する。すなわち、たとえば、4社が共同運航を行い、その他2社がスロットチャーターを行っている場合は、各共同運航船社のキャパシティ $cap_a$ は1隻のキャパシティ $Vcap_a$ の20%（ $cap_a = 0.2 Vcap_a$ ）、各スロットチャーター社のキャパシティは1隻のキャパシティの10%（ $cap_a = 0.1 Vcap_a$ ）となる。なお、船社間で事後的なスペースの融通は行わないとの仮定は、各船社が、貨物需要に応じて、何の制約もなくスペースを自由に融通しあうと仮定するよりは実際的であるとの考えに基づき、モデル計算の便宜上で置くものである。

表A-2に、全対象港湾（4.1.1(1)gおよび4.1.1(2)で除外した港湾も含む）における、MDSデータに基づく年間寄港船腹量を示す。表より、多くの港湾において、年間寄港船腹量が年間取扱量を大きく上回っていることがわかる。一方で、河川港などを中心に一部の港湾においては年間寄港船腹量が取扱量を下回っており、MDSデータが一部の内航フェリー輸送等をカバーできていないことが推察される。

また、前述のように、MDSデータは具体的な寄港日時にに関する情報を含んでいないため、トランシップ港における各サービスの効率的な接続について考慮できない。そのため、トランシップ後の出航までの期待待ち時間 $TW_a$ も、当該港を発地港とする貨物と同様に、(13)式で定義されるもの

とする。また、接岸待機時間  $TBE_a$  についても情報が得られないため、港湾、船社、サービスに関わらず 12 (hour) と仮定する。さらに、(14)式および(15)式に含まれる船積時間  $TLD_a$  および船卸時間  $TUL_a$  については、輸出入リードタイム  $TPX_r$ ,  $TPM_r$  や積替時間  $TTR_a$  が別途考慮されていることから、3.3.4 で述べた輸送費用と同様の考え方にに基づき、港湾、船社、サービスに関わらず十分小さい数 (0.01 hour) とする。

さらに、各港湾のコンテナターミナル最大水深の考え方は、以下のとおりである。以上で示したように MDS データを基に構築する 2013 年 6 月時点の定期航路サービスネットワークは、各サービスに就航する船舶は、当該サービスの寄港地にはすべて入港可能であるとの前提に基づいている（なお一部の船舶は、満載でないことなどを想定して最大喫水では入港できないターミナル（港湾）に寄港していることも考えられるが、全世界的に個々のケースまで追うことは難しいため、本稿では無視する）。もし政策シミュレーションや将来シミュレーションにおいて、あるサービスの就航船舶の大型化を想定する場合は、各寄港地において大型化後の船舶が入港可能であるかどうか、各港湾・パースの現状や将来計画されている水深に照らし、入港不可と想定される場合には、寄港地の変更（抜港等）を併せて想定するものとする。したがって、政策シミュレーション等で特に焦点を当てない港湾については、現状や計画の水深データを収集する必要はない。

#### 4.2.2 海上距離

港湾間海上距離  $l_a$  (カイリ) については、鳥海<sup>40)</sup>の手法に基づき、本稿の対象港湾について行った計算結果を用いる。これは、海上距離表などで用いられる海上の通過点などを含む海上ネットワークを予め構築し、そのネットワーク上で港湾間の（距離的な）最短経路探索を行うものである。また、スエズ運河およびパナマ運河の通航ダミー  $\gamma Sa$ ,  $\gamma Pa$ （当該リンクが両運河を通過しているかどうか）についても、鳥海<sup>40)</sup>による計算結果を用いる。すなわち、各運河の通過を必須として最短経路探索を行った結果と上記の単純な最短経路探索結果の比較により、上記の単純な最短経路探索において各運河を通過しているかどうかを判定する。

なお、南アジアおよび周辺地域のローカル港湾などで著者が選定した一部の港湾については、SeaRates.com<sup>41)</sup>や SeaDistances.org<sup>42)</sup>といったフリーの距離算出サイトを利用している。ただし、複数のソースを利用して海上距離表を作成する場合は、ソースによって海上通過点の設定が異なるため、隣接港湾との距離の大小関係が逆転することなどもあり、注意が必要である。

#### 4.2.3 対象船社

本モデルは、船社ごとに海上サービスネットワークを作成し、費用や運賃の計算も行うことから、対象船社をある程度絞り込む必要がある。全世界の大まかな流動と焦点を当てる地域（本研究では南アジア地域）のほぼすべての流動をモデルに含める目的から、全世界の国際海上コンテナ輸送における 2013 年時点の上位 20 船社（保有船腹量ベース、付録表 A-4 参照）、および南アジア地域の主要ローカル船社を対象とすることとする。

具体的には、南アジア地域の主要ローカル船社については、モデル対象となる各港湾において、MDS データから集計される年間寄港船腹量が、いずれの港湾でも各港湾の寄港船腹量のおおむね 90%以上を占めるように選定する（表 A-2 参照）。逆に言えば、4.1.1(2)で除外したムンバイ港だけは、アフリカ系の小船社等、他のローカル港湾と寄港船社が全く異なっていることから、モデル対象から除外せざるを得なかったといえる。

結果として、表 A-4 に示す通り、南アジア地域の主要ローカル船社は 14 社選定され、合計 34 社が本モデルの対象船社となった。表に示すように、この 34 社で、全世界のコンテナ船腹量の 68.9%を占める。また、モデル構築の対象となるサービス総数（複数船社の共同運航サービス等も 1 サービスとカウント）は 932 であり、全体 (2,569) の 36.3%を占める。船腹量に比べるとサービス総数のシェアが小さいのは、本モデルの対象船社が提供するサービスが、他と比べて比較的大型の船舶で運航されていることを意味している。

また表 A-2 には、全対象港湾における、年間寄港船腹量のうちモデル対象船社の占める割合も示される。表より、多くの港湾において、対象船社が寄港船腹量の過半を占めることがわかる。

### 4.3 背後圏輸送ネットワーク

#### 4.3.1 ネットワークデータ

本稿のモデルにおいては、南アジア地域のうち、インド、バングラデシュ、スリランカの3カ国の背後圏輸送ネットワークを考慮する。また、これらの国々に隣接する内陸国であるネパールおよびブータン発着の国際海上コンテナ貨物についても考慮するものの、4.4.2に示すように地域間貨物輸送需要データが入手できないことを踏まえ、（1国1ゾーンの設定に対応して）簡便的に考慮することとする。

その他の南アジア地域諸国のうち、パキスタンおよびアフガニスタンについては、中央アジア諸国との輸送回廊やゲートウェイ港湾としての位置づけも重要な要素となるこ

とから、今後ユーラシア大陸全域の背後圏輸送ネットワークを対象としたモデルを別途構築することとし、今回の分析にはこれらの国々の背後圏輸送ネットワークは含めない。

このような背後圏輸送ネットワークの考慮範囲の想定は、ヒアリング調査の結果などから、現状においては、政治的理由等により、インド＝パキスタン国境における国際海上コンテナ貨物の陸上越境交通量はほぼゼロとみなせることから、合理的な設定といえる。同様に、地形的および政治的な理由により、インド・ネパール・ブータンと中国、インド・バングラデシュとミャンマーの間の国際海上コンテナ貨物の陸上越境交通量も現状ではほぼゼロと考えられる。ただし、インド＝ミャンマー間については、今後、インド北東7州のゲートウェイ港湾としてミャンマーのシットウェー港の開発が行われる計画があり、このようなプロジェクトのシミュレーションを行うためのモデルの地理的拡張は、今後の課題となる。

最後に、モルジブについては、非常に小さい島嶼で構成されるという地形的特性から、背後圏輸送ネットワークは考慮しない（なお、4.1.1(2)で述べた南アジア地域のローカル港湾のひとつとして、マレ港が含まれている）。

道路および鉄道のネットワークデータは、ADC WorldMap<sup>43)</sup>を利用する。域内水運ネットワークについては、著者らのヒアリング調査の結果に基づき、個別に与える。具体的には、バングラデシュのダッカ～チッタゴン間の内航輸送、およびツチコリン（インド南部）～コロombo（スリランカ）間の国際フェリー（道路および鉄道）を、本モデルに含める。図-9および表-2に、本モデルで考慮する背後圏貨物輸送ネットワークの概要を示す。なお、ネパールおよびブータンについては、国内ネットワークは考慮せず、それぞれの首都から一番近い（インドとの）越境リンクの各国側のノードを、当該国貨物の発着点とする。

ADC WorldMap<sup>43)</sup>からは、道路および鉄道の各リンク距離  $l_a$  (km)、および道路種別（高規格の順に、Motorway, Primary Route, Important Routeの3種類）が入手できる。トレーラ速度  $vRo_a$  および道路容量  $capRo_a$  は、上記の道路種別に応じて、それぞれ60, 50, 40 (km/hour) および1,000,000, 500,000, 100,000 (TEU/年) に設定する。ただし、特に港湾周辺において、事前の調査により、容量不足による混雑が激しいことがわかっている区間（リンク）については、Primary RouteであってもImportant Routeの容量に設定する（具体的には、混雑が激しいことで有名なJNPTおよびチェンナイ港周辺が該当する）。

一方で、鉄道および域内水運の速度  $vRa_a$  および  $vFe_a$  については、ヒアリング調査等から把握した実態を参考に、現状においてはそれぞれ一律20 (km/hour) および10 (km/hour)

に設定する。また、鉄道の一編成あたりのコンテナ輸送容量  $capRa_a$  についても、実態を踏まえ、インドでは90 (TEU/便) (40ftコンテナ用貨車45両編成)、バングラデシュおよびスリランカでは62 (TEU/便) とする。また域内水運一隻あたり輸送容量  $capFe_a$  については、128 (TEU/隻) とする。さらに、鉄道および域内水運の年間輸送頻度  $freqRa_a$  および  $freqFe_a$  については、ヒアリング調査結果やウェブサイトから入手できる情報（たとえば、インドにおける主要都市間のコンテナ輸送列車の頻度は運営会社ConCorのウェブサイト<sup>44)</sup>から入手可能である）に基づき、リンクごとに設定する。

#### 4.3.2 運賃および荷役時間に関するデータ

各輸送機関の運賃（固定費、距離比例分）についても、ヒアリング調査や各種文献等に基づき設定する。はじめに、トレーラの運賃については、固定費用分  $CFRo$  を 60.0 (US\$/TEU)、距離比例分  $CORo$  を 1.0 (US\$/km/TEU) に設定する。一方、鉄道および域内水運においては、運賃として限界費用のみを考慮していることを踏まえ、固定費分  $CFRa$  および  $CFFe$  は 0 とし、距離比例分  $CORa$  および  $COFe$  は、いずれも 0.5 (US\$/km/TEU) とする。さらに、鉄道および域内水運の荷役時間  $THRa_a$  および  $THFe_a$  については、いずれも 24 (hour) に設定する。

#### 4.3.3 越境費用および時間に関するデータ

道路、鉄道および域内水運リンクが国境を通過する際に追加的に発生する費用  $CB_a$  (US\$/TEU) および時間  $TB_a$  (hour) については、港湾荷役料金・時間と同様に、世界銀行の Doing Business データベース<sup>45)</sup> (trading across borders) に示される項目のうち、「書類準備」と「税関手続」に要する費用および時間の合計とする（表 A-2 参照）。なお、 $CB_a$  および  $TB_a$  には、国境通過リンクの起点国側の輸出に要する費用・時間と、終点国側の輸入に要する費用・時間の両者がかかることになる。

また、国境通過コストに係る係数  $\lambda_a$  については、これまで構築してきた中米<sup>46)</sup>やメコン下流域<sup>6),7)</sup>のモデルにおいては、越境輸送が比較的盛んに行われていることを踏まえ、保税輸送を前提とした国境通過コスト（費用・時間）の割引を考慮して 1 以下の数値を想定（実際には、キャリブレーションにより 0.3～0.5 程度に設定）していたものの、南アジア地域では、内陸国の貨物を除けば、現状においては国際海上コンテナ貨物の陸路での国境越えは多くないと考えられることから、通常の輸出入と同様の費用・時間がかかると想定し、 $\lambda_a = 1$  とする。

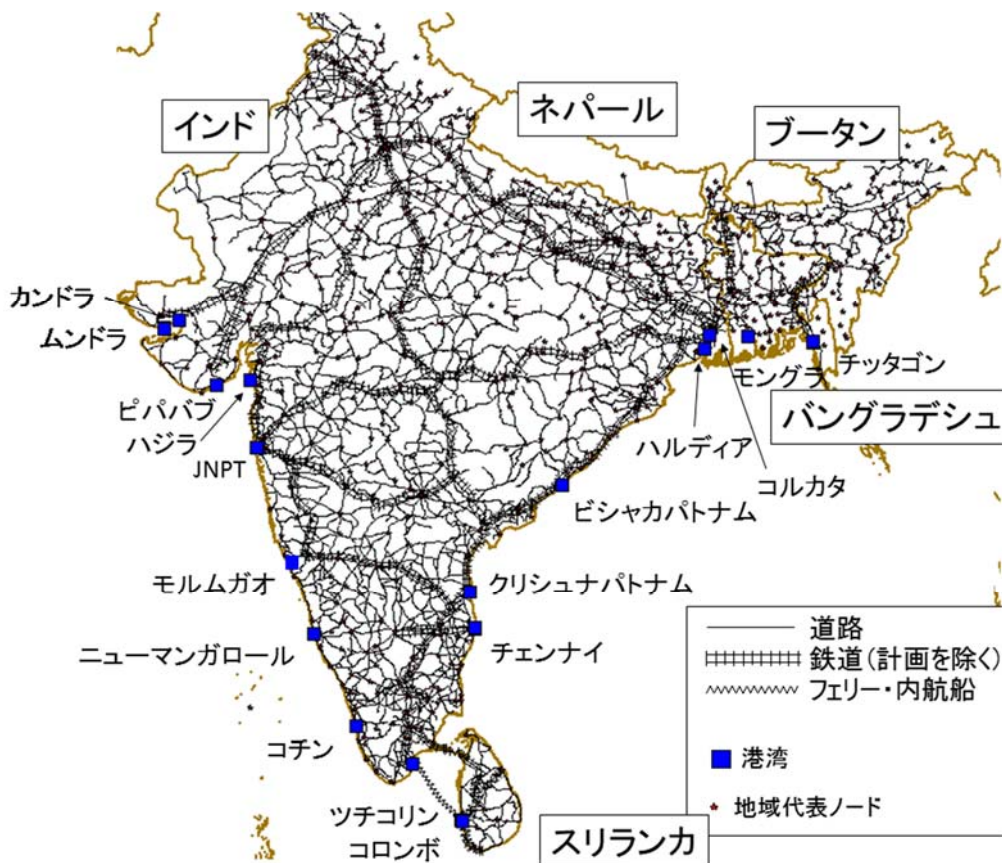


図-9 本モデルにおける南アジア背後圏貨物輸送ネットワーク

表-2 本モデルにおける南アジア背後圏貨物輸送ネットワークの概要

○リンク数

	道路リンク				鉄道接続 リンク	鉄道 リンク	域内水運 (内航, 国際フェ リー) リンク	総計	うち 越境 リンク
	Motorway	Primary Route	Important Route	小計					
インド	200	3,776	10,013	13,989	500	1,229	2	15,720	18
バングラデシュ	0	148	305	453	16	103	2	574	14
スリランカ	2	0	250	252	56	162	2	472	2
ネパール	0	0	1	1	0	0	0	1	1
ブータン	0	0	1	1	0	0	0	1	1
総計	202	3,924	10,570	14,696	572	1,494	6	16,768	36

○総延長 (km)

	道路リンク				鉄道接続 リンク	鉄道 リンク	域内水運 (内航, 国際フェリー) リンク	総計
	Motorway	Primary Route	Important Route	小計				
インド	1,998	29,305	187,589	218,892	358	28,171	583	248,003
バングラデシュ	0	2,778	5,267	8,044	24	1,795	580	10,444
スリランカ	4	0	3,395	3,399	29	1,230	583	5,241
ネパール	0	0	29	29	0	0	0	29
ブータン	0	0	7	7	0	0	0	7
総計	2,002	32,083	196,286	230,371	411	31,196	1,746	263,724

(注) いずれの表も両方向合計の値。また、越境リンクについては起点側のノードの国に分類した。

#### 4.4 国際海上コンテナ貨物の輸送需要 (OD 貨物量)

はじめに、背後圏を考慮しない場合の全世界港湾間国際海上コンテナ貨物輸送需要 (海上輸送サブモデルの初期輸送需要  $q^{rs(0)}$ ) の推計方法について述べ、次いで、南アジア地域の背後圏を含む地域間国際海上コンテナ貨物輸送需要  $Q^j$  の推計方法について述べる。

##### 4.4.1 港湾間貨物輸送需要の推計

IHS社の提供する世界貿易サービス (WTS) データベース<sup>45)</sup>では、世界117ヵ国・地域間相互 (ただし欧州域内流動は除く) の国際海上コンテナ貨物の輸送需要の実績および推計値 (2000~2030年) が、TEUベースで入手可能である。これを基に、以下の手順により、港湾間国際海上コンテナ貨物輸送需要マトリックスを作成する。

##### (1) 国・地域の一時集約

上記117ヵ国・地域には、内陸国や本モデルの対象港が存在しない国・地域も含まれること、またこの輸送需要をそのまま港湾ベースに分割すると、欧州諸国等のように国を跨いで背後圏が広がっている場合の港湾間海上貨物輸送需要が適切に推計できないことから、117ヵ国・地域間の輸送需要を、背後圏の重複がないと思われるレベルに一度集約する。結果として、付録表A-5に示す通り46ヵ国・地域に集約することとした。

ここで、表A-5には、上記WTSデータの集計による各国・地域の総コンテナ輸出入貨物量 (表A-5中のA、以下データA) と、表A-1において各種情報源に基づき整理した港湾取扱量から集計した各国・地域の総コンテナ輸出入貨物量 (同B、以下データB) の比較も示される。ただし、データBについては、表A-1の取扱量にはトランシップおよび空コンテナも含まれるため、表A-1に示した各港のトランシップ率やDrewry<sup>2)</sup>による全世界一律の空コンテナ率の推計値 (2013年: 24.0%) より推計される、トランシップ貨物量および空コンテナ量を差し引いている。

表A-5に示す通り、両者 (データA・B) の各国・地域の総コンテナ輸出入貨物量総コンテナ輸出入貨物量は、どの国・地域でもおおむね同程度となっている (逆に言えば、両者がおおむね一致するように国・地域の集約を行った)。それでも、まずそもそも両者の間で全世界の総コンテナ取扱量が異なる (データAでは2.38億TEUであるのに対し、データBでは2.69億TEUと1.13倍 (約3,080万TEU) 大きい)。この理由としては、前述のとおり、データAには欧州域内輸送が含まれていないこと、またWTSデータにおいて地域区分が"other"となっているデータは除外されていること (輸出入合計で380万TEU) に加え、Drewry<sup>2)</sup>自身でも2013年版で

言及しているように、特に中国の港湾統計の信頼性に疑問があり、他の統計等と照らし合わせると5~10%程度過大に公表されているのではないかと推測される点もあげられる。実際に、表A-5によれば、中国 (香港含む) の輸出入コンテナ取扱量における両者の乖離は約1.5倍 (約2570万TEU) にもなっており、全世界合計値におけるデータA・Bの差異のほとんどを説明できる状況となっている。また、筆者らのモデルを中米に適用した際<sup>4)</sup>には、当初は、データB (港湾取扱量) の方がデータA (WTSデータ) よりも真値に近いと考え、データAに基づいて作成した港湾間輸送需要をデータBに基づき補正 (各港の輸出入貨物量に合計が合うようにマトリックス全体をフレーター法等で調整) していたものの、結果として上記の理由から中国との輸出入のウェイトが非常に高まることとなり、中米諸国における輸出入貨物のバランスをモデルにより再現することが困難であったため、最終的にはデータBによる補正を行わず、データAをそのまま用いることによって、中米各港湾の取扱貨物量の現状再現性が向上したという経緯がある。

以上より、本モデルにおいても、中国を含む各国の港湾取扱量 (データB) よりもWTSデータ (データA) の方が輸送需要の真値に近いことを想定し、表A-5においてデータBとの差異を把握しながらも、データBに基づいた補正等を行わないこととす。データAの集計値をそのまま次のステップに用いることとする。なお、表A-5より、中国以外にデータBがデータAよりも非常に大きい国・地域としては、インド、インド洋島嶼国、フィリピン、アフリカ南部島嶼国があげられる。これらの国々は、インドを除けば島嶼国であり、本研究では中国以外では考慮していない内貿コンテナ貨物が、これらの国々において港湾取扱量の一定割合を占めていることが理由として推察される。なお、フィリピン以外の上記該当諸国は本研究で焦点を当てる地域に含まれており、本モデルの結果の解釈、特に港湾取扱量推計値の絶対値を議論する際には、十分注意が必要である。一方、データA (WTSデータ) がデータB (港湾取扱量) よりも非常に大きい地域としては、アフリカ中部および西部、北米大西洋岸およびカリブ海沿岸諸国があげられる。これらの国々 (アフリカ諸国やカリブ海諸国) では、港湾統計等が未整備であることなどにより、各港のコンテナ取扱量が十分把握されていない可能性が考えられる。

##### (2) 港湾間ODへの分割

以上で集約したWTSデータを、表A-1に示す各港のコンテナ取扱量 (トランシップ貨物量は除く) に基づき、比例配分することで港湾間ODを得る。

ここで、複数のWTSデータ上の国・地域を(1)において集

約した場合は、当該集約地域内相互のコンテナ貨物輸送需要も存在する（オリジナルのWTSデータにおいては、同一国・地域内の輸送需要はゼロとなっている）。この集約地域内輸送需要を港湾間輸送需要に分割する際は、本データが国際海上コンテナを対象としたものであることから、同一国内間の輸送需要はゼロとなるように分割を行う必要があることに注意する。

同様に、WTSデータにおいて複数地域に分かれている国（米国、カナダ、メキシコ、コロンビア、ロシア、フランス、スペイン）と他国・地域との集約があったケースや、地中海西部地域のように欧州とその他地域の国が集約されたケースでも、同一国内や欧州域内の輸送需要はゼロとなるように分割を行う必要がある。

### (3) モデル構築対象船社外の輸送需要の除外

本モデルでは、各航路の容量制約による混雑を考慮しているため、輸送需要と船腹供給のバランスが重要となる。このため、海上輸送ネットワーク（船腹供給）で除外した船社については、その輸送需要も予め除外する必要がある。

具体的には、まず、(2)で作成した港湾間輸送需要の各港の集計値（輸出入別）に対して、4.2で算出した、各港における対象船社の年間寄港船腹量の総年間寄港船腹量に占めるシェアを乗じることで、対象船社外の輸送需要を除外する。次に、除外後の各港の港湾間輸送需要集計値をコントロールトータルとし、(2)で作成した港湾間輸送需要マトリックスを初期値として、フレーター法により、対象船社外の輸送需要を除外した、最終的な港湾間輸送需要マトリックスを推計する。

以上の手順により、背後圏を考慮しない全世界港湾間国際海上コンテナ貨物輸送需要 $q^{rs(0)}$ が推計される。

#### 4.4.2 地域間貨物輸送需要の推計

基本方針としては、4.4.1で推計した港湾間貨物輸送需要のうち、背後圏輸送ネットワークを考慮する国（インド、バングラデシュ、スリランカ、ネパール、ブータン）については、国単位に一度集計し、入手可能な地域指標を用いて地域単位に再度分割する。具体的な手順は、以下のとおりである。

##### (1) 地域（ゾーン）の設定

各国の行政単位（州、県等）ごとの地域経済指標データの入手可能性に基づき、各国のゾーン数を決定する。本研究では、日本貿易振興機構アジア経済研究所（IDE-JETRO）で構築されている、経済地理シミュレーションモデル（GSM）<sup>46)</sup>のアウトプット（地域別相手国別輸出入額）の提供を受け

ることから、当該モデルのゾーンに合わせることにした。すなわち、インドおよびバングラデシュはそれぞれ575および64の県（district）、またスリランカは9の州（province）の行政区画に分割する。またネパールおよびブータンはGSMの対象外であるため、同様のデータが入手できないことから、1国1ゾーンとする。

##### (2) 地域への輸送需要分割

準備的試行により、インドにおいては、税関統計データ<sup>47)</sup>より、州（state）単位（合計36の州・連邦直轄領）で輸出入別相手国別貿易額が入手可能であることから、はじめにこのデータ（2013年3月）を用いて、インドの相手国別貨物輸送需要を州単位に分割することとした。さらに、各州内の県単位の地域分割については、GSMで推計された相手国別輸出入額を用いる。具体的には、GSMの推計値は6貿易財別となっているため、この6貿易財別にWTSデータ（インド輸出入貨物の海上貨物トンおよびコンテナトンデータ）よりコンテナ化率を算出し、これを貿易財別のGSM推計値に乗じてから全ての財を合計することにより、当該地域発着のコンテナ貨物の相手国別輸出入額を得て、その州内シェアにより各州の相手国別輸出入額を分割する。

なお、バングラデシュおよびスリランカについては、インドの税関統計のようなデータは入手できなかったため、国単位の輸送需要に対して、GSMによる推計値（県または州別の6貿易財別相手国別輸出入額）から、上記と同様の手順により各県・地域の相手国別輸出入額シェアを算出し、これに基づき直接分割する。なお、著者らがGSMによる推計値を確認した限りでは、当該推計値は人口の多い農村部（地方部）でも比較的多めに推計されていると推察され、都市部や工業地帯からの発生集中がより多いと考えられる国際海上コンテナ貨物の発生集中分布とは、若干異なる可能性がある点に注意が必要である。

また、ネパールおよびブータンについては、WTSデータ上は、同じく南アジア地域の内陸国であるアフガニスタンと3国で一つの地域となっており、さらにこれらの国はいずれも海港が存在しないことから、4.4.1の港湾間貨物輸送需要の推計においては、表A-5に示したとおり、パキスタンに集約されている。地域間貨物輸送需要の推計にあたっては、これを再度分離したうえで、国連貿易統計<sup>48)</sup>を用いて、（インドの需要を税関統計により州単位に分割したのと同様に）各国の輸送需要に分割する。

以上の手順により、南アジア地域の背後圏を含む地域間国際海上コンテナ貨物輸送需要 $Q^j$ が推計された。付録表A-6および表A-7に、南アジア5カ国発着の地域間国際海上コンテナ貨物輸送需要（輸出および輸入、2013年）を示



す。なおスペースの都合上、インドおよびバングラデシュについては州または地方管区に、相手地域（港湾）については国単位に集計したものを示す。

## 5. モデル計算

### 5.1 計算の方法

#### 5.1.1 具体的な計算手順

3.5で述べたとおり、本モデルの計算にあたっては、3.で示した3つのモデル（スーパーネットワークモデル、海上輸送サブモデル、背後輸送サブモデル）の計算を交互に行うものとする。

具体的な方針としては、はじめに2つの下位問題（海上輸送サブモデル、背後輸送サブモデル）を解き、その初期解を上位問題（スーパーネットワークモデル）に代入するところから計算を開始する。その際、海上輸送サブモデルの輸送需要 $q^{rs}$ については、前章で作成した港湾間海上貨物輸送需要 $q^{rs(0)}$ を初期値として入力する。一方、背後輸送サブモデルの輸送需要 $q^{ir}, q^{sj}$ については、初期値の推計が難しいため、輸送需要をゼロとしてゼロフロー時のリンクコストをはじめに計算するものとする。

より具体的な手順は、以下の通りである。

#### (1) 初期解 ( $n=0$ ) の計算

はじめに、港湾間海上貨物輸送需要の初期値 $q^{rs(0)}$ を入力として、海上輸送サブモデルの初期計算を行う。また、背後輸送サブモデルにおいて、輸送需要をゼロとした場合（ゼロフロー時）のリンクコストを計算する。これらの出力結果（海上輸送サブモデルの出力 $FM_{rs}^{(0)}, TM_{rs}^{(0)}$ 、および背後輸送サブモデルの出力 $GL_{ir}^{(0)}, GL_{sj}^{(0)}$ ）および地域間輸送需要 $Q^{ij}$ を入力し、上位問題のスーパーネットワークモデルの初期計算を行って出力 $q^{rs(0)}, q^{ir(0)}, q^{sj(0)}$ を得る。

#### (2) 初期需要に基づく背後輸送サブモデルの計算 ( $n=1$ )

(1)の計算では、海上輸送サブモデルは初期需要に基づく計算であるのに対し、背後輸送サブモデルはゼロフロー時の計算であり、推計精度が異なることから、(1)で得た背後輸送サブモデルの輸送需要 $q^{ir(0)}, q^{sj(0)}$ を入力として、背後輸送サブモデルの計算のみを再度行い、その出力結果 $GL_{ir}^{(1)}, GL_{sj}^{(1)}$ と海上輸送サブモデルの初期計算結果 $TM_{rs}^{(0)}$ （海上運賃 $FM_{rs}^{(1)}$ については後述）を入力として、スーパーネットワークモデルの計算を再度行い、出力 $q^{rs(1)}, q^{ir(1)}, q^{sj(1)}$ を得る。

#### (3) 第 $n$ 回目の繰り返し計算 ( $n$ が偶数の場合)

リンク数の多い海上輸送サブモデルの計算に特に時間がかかることを踏まえ、 $n$ が偶数の場合の繰り返し計算においては、海上輸送サブモデルの計算は行わず、1回前の計算結果 $TM_{rs}^{(n-1)}$ を再度使用する（海上運賃 $FM_{rs}^{(n)}$ については後述）。背後輸送サブモデルについては、1回前のスーパーネットワークモデルの計算結果から得られる輸送需要 $q^{ir(n-1)}, q^{sj(n-1)}$ を入力として、モデル計算を行い、出力 $GL_{ir}^{(n)}, GL_{sj}^{(n)}$ を得る。これらを入力として、スーパーネットワークモデルの計算を行い、出力 $q^{rs(n)}, q^{ir(n)}, q^{sj(n)}$ を得る。

#### (4) 第 $n$ 回目の繰り返し計算 ( $n$ が $n \geq 3$ の奇数の場合)

$n$ が奇数の場合の繰り返し計算においては、海上輸送サブモデルおよび背後輸送サブモデルともに、1回前のスーパーネットワークモデルの計算結果から得られる輸送需要 $q^{rs(n-1)}, q^{ir(n-1)}, q^{sj(n-1)}$ を入力として、モデル計算を行い、出力 $TM_{rs}^{(n)}, GL_{ir}^{(n)}, GL_{sj}^{(n)}$ を得る（海上運賃 $FM_{rs}^{(n)}$ については後述）。これらを入力として、スーパーネットワークモデルの計算を行い、出力 $q^{rs(n)}, q^{ir(n)}, q^{sj(n)}$ を得る。

#### (5) 収束判定

(3)の偶数回目の繰り返し計算の終了後に、収束判定を行い、収束判定に用いる指標が一定数値以下の場合、もしくは繰り返し計算回数の上限に達した場合は計算を終了する。ここで、収束判定に用いる指標は、本来であればスーパーネットワークモデルの各リンクのフロー、すなわち $q^{rs(n)}, q^{ir(n)}, q^{sj(n)}$ とすべきところであるが、計算時間の関係から、本モデルの用途に照らし、リンクフローを集計した港湾取扱量（ $\sum_i q^{ir(n)}$  および  $\sum_j q^{sj(n)}$ ）を指標とする。収束判定基準や繰り返し回数の上限については、試行の結果を受け設定する（後述）。

### 5.1.2 繰り返し計算における海上運賃の算出

3.3.3の(21)式に示した海上運賃の計算式は、(25)式でコンテナフローの逆数を含むため、海上輸送パターンの些細な変化で大きく変動し、上記繰り返し計算において解が収束しない要因となる。このため、初期の運賃 $FM_{rs}^{(0)}$ は(21)式によって求める一方で、 $n \geq 1$ の場合の計算においては、前回の計算結果 $FM_{rs}^{(n-1)}$ 、および輸出および輸入貨物の需要の価格弾力性パラメータ $\gamma_e, \gamma_i$ を用いて以下の式から算出することとする。

$$FM_{rs}^{(n)} = \left\{ \frac{q^{rs(n)}}{q^{rs(n-1)}} \right\}^{\gamma_e} \cdot FM_{rs}^{(n-1)}$$

（南アジア輸出貨物の場合）(56-1)

$$FM_{rs}^{(n)} = \left\{ \frac{q^{rs(n)}}{q^{rs(n-1)}} \right\}^{\gamma_i} \cdot FM_{rs}^{(n-1)}$$

(南アジア輸入貨物の場合) (56-2)

$$FM_{rs}^{(n)} = FM_{rs}^{(n-1)} \quad (\text{他地域間発着貨物}) \quad (56-3)$$

なお、(56-3)式で表される他地域間発着貨物の海上運賃については、海上貨物輸送需要は固定されている ( $q^{rs(n)} = q^{rs(n-1)}$ ) ことを反映している。ここで、輸出および輸入貨物の需要の価格弾力性パラメータ  $\gamma_e, \gamma_i$  については、中米を対象としたモデルにおける推計結果<sup>4),5)</sup> ( $\gamma_e = 0.00207, \gamma_i = 0.0394$ ; エルサルバドルのアカフトラ港の輸出入貨物需要を、相手港別に一港ずつ変化させたときに(21)式によって計算される運賃の平均変化率に基づく) をそのまま用いる。

## 5.2 キャリブレーションによるパラメータの推計

3. で説明した 3 つのモデルに含まれる変数のうち、4. の説明に含まれないものについては、モデル・キャリブレーションによって、モデル推計値が現状に最もあうように推計することとする。具体的には、海上、道路、鉄道、域内水運の各機関ごとに定められる混雑関数パラメータ  $b1 \sim b8$ 、確率配分における効用の誤差項の分布形状に関する分散パラメータ  $\theta$ 、および荷主の時間価値  $vt$  が相当する。このうち海上コンテナ輸送に関する混雑関数パラメータ  $b1, b2$  については、海上輸送サブモデルの現状再現性（世界主要ハブ港におけるトランシップ率、5.3 参照）を最も高めるように設定する。残りのパラメータ ( $b3 \sim b8, \theta, vt$ ) については、モデル全体の現状再現性を最も高めるように設定する。

前者の海上輸送サブモデルにおけるパラメータ推計については、未知パラメータが 2 つと少ないことにより、最急降下法的な探索を行った。ここで、目的関数となる世界主要ハブ港におけるトランシップ率の現状値と推定値の誤差二乗和について、最急降下法の探索方向を求めるのに必要な 1 階微分を解析的に解くことが難しいため、各パラメータを各々独立に微小変化させた場合の目的関数の変化に基づいて、降下方向を決定することとした。一方で、後者のモデル全体を対象としたパラメータ推計については、未知パラメータが 8 つと多いことから、各パラメータとも 3~5 程度の候補の中から、試行錯誤的に最適な組み合わせを求めた。パラメータ推計結果を表-3 に示す。以上で述べた推計方法の違いから、表に示すとおり、前者の海上輸送サブモデルと後者のモデル全体で、パラメータ推計値の精度（有効数字）が異なる。

表-3 モデル・キャリブレーションによるパラメータ推計結果

混雑関数								分散パラメータ	荷主の時間価値(USS/TEU/hour)
海上		道路		鉄道		域内水運			
$b1$	$b2$	$b3$	$b4$	$b5$	$b6$	$b7$	$b8$	$\theta$	$vt$
2.308	1.017	1.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	0.05	0.5

## 5.3 モデルの収束状況

### 5.3.1 海上輸送サブモデル

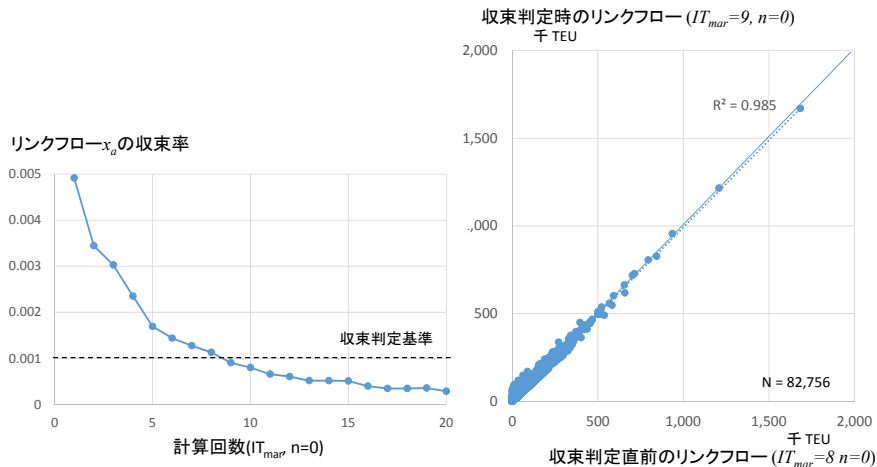
初回 ( $n=0$ ) の海上輸送サブモデル計算における、Frank-Wolfeアルゴリズムによる利用者均衡配分の収束計算の状況を、図-10(a) に示す。ここで、サブモデルの計算においては、リンクフローの推計値により収束の判定を行うこととする。図-10(a) 左は、海上輸送サブモデルのネットワークを構成する全リンク (82,756本) についての、収束率 (1回前に計算されたリンクフローと今回計算されたリンクフローとの誤差二乗和の平方の、リンクフロー総和に対する比) を示している。図より、繰り返し計算9回目で、収束率が  $10^{-3}$  を下回っていることがわかる。またこのときの、各リンクフローの1回前のフローとの比較を図-10(a) 右に示す。図より、各リンクの相違も概ね小さくなっていることが確認できたことから、海上輸送サブモデルの収束判定基準は  $10^{-3}$ 、繰り返し計算上限回数は20回に設定する。

なお、Intel® Core™ i7 vPro-5600U™ プロセッサおよびランダムアクセスメモリ (RAM) 8.00 GB搭載のwindows ノートPCにおいて、1回の配分計算に3~4分前後、これを繰り返し行い収束するまでの海上輸送サブモデル全体の計算では約20~30分かかる。

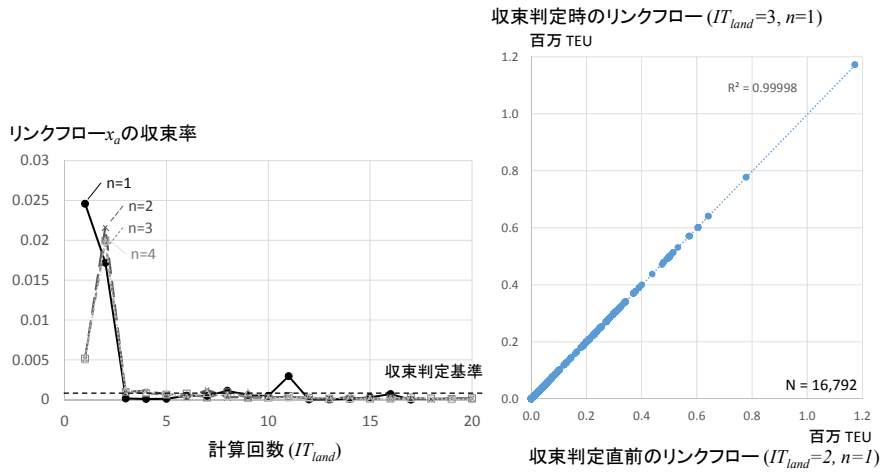
### 5.3.2 背後輸送サブモデル

収束計算を行う各回 ( $n \geq 1$ ) の背後輸送サブモデル計算における、Frank-Wolfeアルゴリズムによる利用者均衡配分の収束計算の状況を図-10(b) に示す。ここで、本サブモデルにおいても、海上輸送サブモデルと同様、リンクフローの推計値により収束の判定を行うこととする。背後輸送サブモデルのネットワークを構成する全リンク (16,792本) についての収束率を図-10(b) 左に、また収束率が  $10^{-3}$  を下回ったとき (繰り返し計算3回目) のリンクフローの1回前との比較を図-10(b) 右に示す。

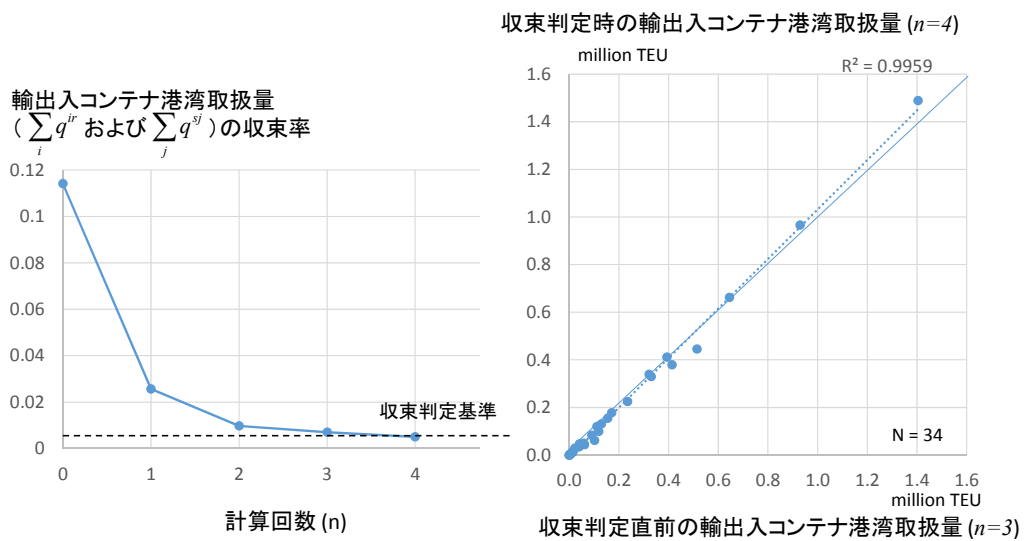
図より、海上輸送サブモデルと比較して収束までの計算回数が少なく、かつリンクフローの相違もより小さいことがわかる。すなわち、背後輸送サブモデルで設定された各リンクの容量がフローに対して比較的大きく、混雑があまり生じていない状況が推察される。これは、道路や鉄道などの背後輸送機関においては、基本的に (港湾ターミナル周辺以外では) 旅客や他の貨物の輸送が中心であり、国際



(a) 海上輸送サブモデルにおける収束状況



(b) 背後輸送サブモデルにおける収束状況



(c) モデル全体の収束状況

図-10 海上・背後輸送サブモデルおよびモデル全体の収束状況

海上コンテナ貨物輸送の占める割合は決して大きくなく、海上コンテナ貨物の多寡により混雑状況が大きく変わることとは考えにくいことから、妥当な結果といえる。

以上より、海上輸送サブモデルと同様に、背後輸送サブモデルの収束判定基準 $10^{-3}$ 、繰り返し計算上限回数20回に設定する。

また、リンク総数が海上輸送サブモデルより小さいことから、サブモデルが収束するまでの総計算時間も数十秒～数分程度にとどまる。

### 5.3.3 モデル全体

繰り返し計算ごとの、輸出入コンテナ港湾取扱量 ( $\sum_i q^{ir(n)}$ ,  $\sum_j q^{sj(n)}$ ) の収束状況を図-10(c)に示す。左図に示される収束率が $5 \times 10^{-3}$ を下回ったとき ( $n=4$ ) と1回前 ( $n=3$ ) で計算された取扱量の比較を、右図に示す。右図より、取扱量レベルでいえば、4回のモデル全体の繰り返し計算 ( $n=0$ の初期計算を含めると、海上輸送サブモデルは2回、背後輸送サブモデルとスーパーネットワークモデルは5回の計算) により、おおむね結果が収束していることが分かる。なお、スーパーネットワークモデル (リンク総数60,478) の計算 (確率ネットワーク配分) 自体は、フローディペンデントな項が存在しないため、繰り返し計算は不要である (計算時間数十秒～数分程度)。

以上より、モデル全体の収束判定基準は $5 \times 10^{-3}$ とし、繰り返し計算上限回数については、全体の計算時間を鑑みて4回に設定する。以上より、モデル全体では、1回の計算に概ね50分～1時間程度かかる。

## 5.4 モデルの現状再現性

### 5.4.1 海上輸送サブモデル

港湾間海上貨物輸送需要の初期値  $q^{rs(0)}$  を入力した海上輸送サブモデルの初回 ( $n=0$ ) の計算結果について、現状値との比較によりモデルの再現性を確認する。海上輸送サブモデルにおいては、港湾間貨物輸送需要 (各港湾の輸出入貨物量) は所与であるため、トランシップ貨物量の現状値と実績値を比較する。ここでは、表 A-1 にも示した Drewry<sup>2)</sup> に掲載された世界の主要ハブ港 34 港 (年間トランシップ貨物量 100 万 TEU 以上) のトランシップ貨物率および貨物量の実績値について、モデル推計結果と比較する (図-11, 2013 年, 空コンテナは除く)。

図-11 に示されるように、世界の主要ハブ港のトランシップ率、トランシップ貨物量ともに、おおむね現状を再現できているといえる。トランシップ率および貨物量の双方を見て、シンガポール、ロッテルダム (オランダ)、香港、

釜山、マレーシアの 2 港 (タンジュンペラパス、クラン) など主要港では、実績値がほぼ再現されている。一方、モデルの推計結果が過小である港湾としては、トランシップ率の推計値がゼロである連雲港 (中国) に加え、ピレウス (ギリシャ)、イスタンブール (トルコ)、マルサスロック (マルタ) といった東地中海の港湾や、ドバイ港 (UAE) などがあげられる。このうち連雲港は、地理的に考えてもトランシップ率が 70% 近くという実績値がやや疑問であり (中国の港湾統計の精度については 4.4.1(1)参照)、当該港におけるトランシップの定義を再確認する必要があると思われる。ドバイ港については、そのトランシップ貨物の多くがアラビア湾 (ペルシャ湾) 内のフィーダー貨物と考えられ、当該湾内の流動の考慮が、本モデルにおいて不十分である可能性がある。また、東地中海港湾の過小推計については、逆に西地中海港湾 (スペインのバレンシア、アルヘシラス等) では過大推計の港湾が多いことから、地中海内の輸送需要のバランス等に改善の余地がある可能性がある。また、その他の過大推計の港湾としてはコロン/マンサニョー港 (パナマ) が目立ち、コロンボ港もやや過大推計気味である。

### 5.4.2 モデル全体

地域間国際海上コンテナ貨物輸送需要  $Q^i$  を入力したモデル全体の最終的な計算結果については、はじめに、収束判定基準でもある南アジア各港における輸出入コンテナ貨物取扱量 (トランシップ貨物、空コンテナを除く) について実績値との比較を行う (図-12, 2013 年)。また、その結果を国・地域単位で集計した結果を図-13 に示す。両図より、南アジア 3 カ国の各港湾の輸出入コンテナ貨物取扱量も概ね再現できており、特に図-13 に示した国・地域単位で見れば再現性はかなり高いことがわかる。

図-12 より個別の港についてみると、インド西海岸では JNPT が輸出入とも実績より過大推計であるのに対し、ムンドラ港やピパバブ港はやや過小推計となっている。筆者らの現地ヒアリング調査によれば、実態として、JNPT が港湾取扱キャパシティの限界に到達しているため、ムンドラやピパバブといった新興港に貨物が流れているとのことであった。これを反映するため、4.3.1 において JNPT 周辺の混雑を考慮することとしたものの、結果を見れば、そのような考慮がなお不十分である可能性が示唆される。

また、バングラデシュについては、国のコンテナ取扱量の 95% 以上を占めるチッタゴン港の推計結果がやや過小で、首都ダッカの南西に位置しチッタゴンよりもダッカに近いモングラ港の取扱量が、特に輸入においてやや過大推計となっている。寄港サービス数はチッタゴン港が圧倒的に多

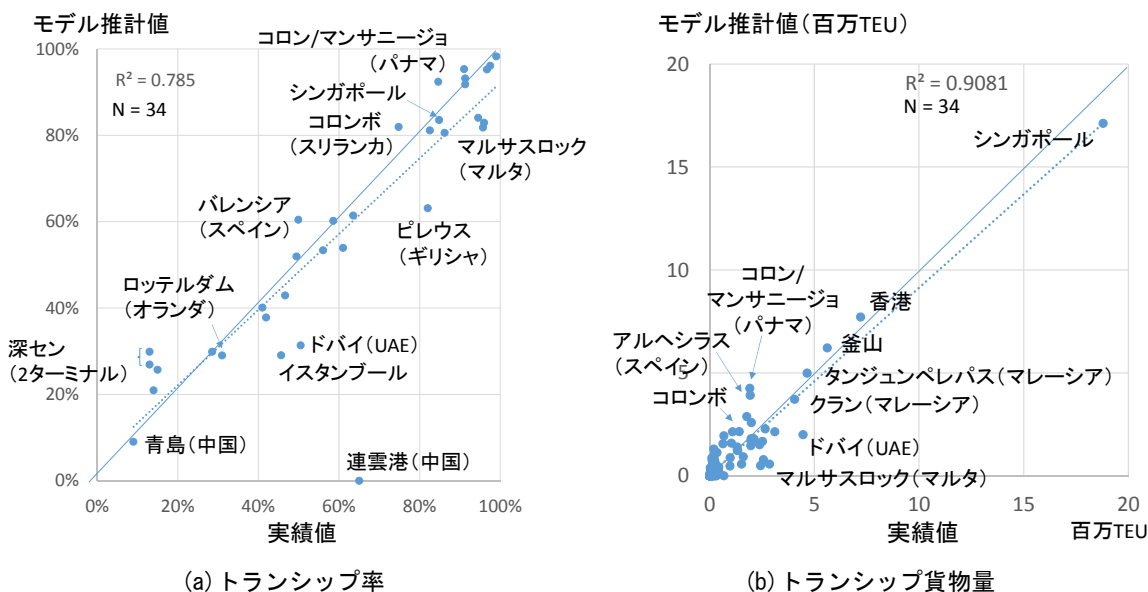


図-11 海上輸送サブモデルの現状再現性（世界主要ハブ港湾における2013年トランシップ貨物）

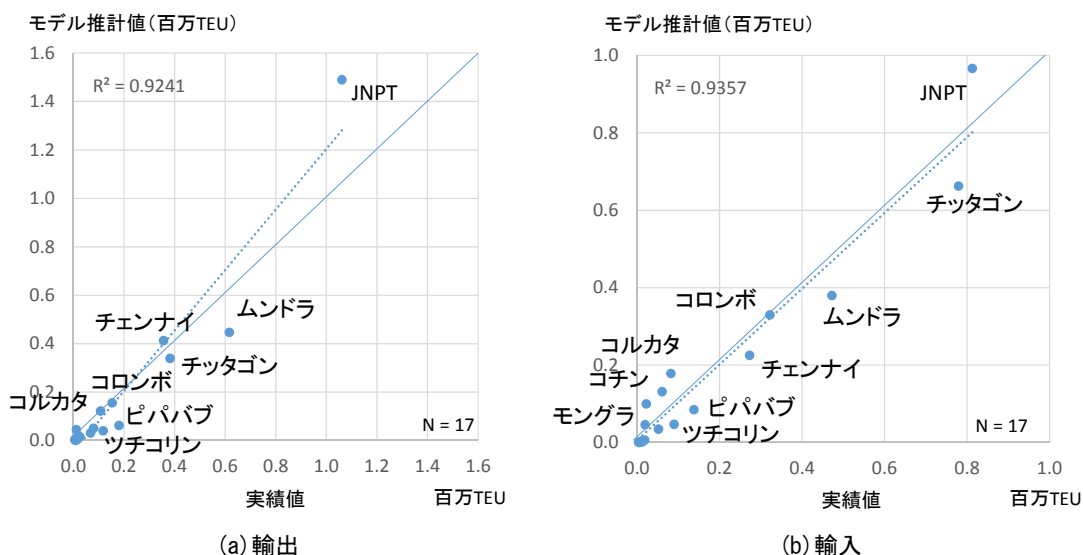


図-12 モデル全体の現状再現性（南アジア地域港湾における2013年輸出入コンテナ貨物量）

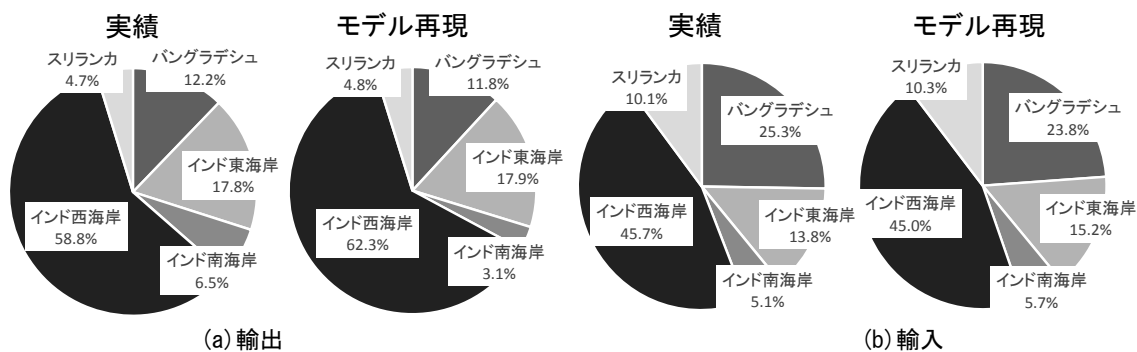


図-13 モデル全体の現状再現性（南アジア地域港湾における輸出入コンテナ貨物量）

\*インド東海岸：コルカタ，ハルディア，ピジャカバトナム，クリシュナバトナム，チェンナイ，  
 インド南海岸：ツチコリン，コチン，ニューマンガロール，インド西海岸：モルムガオ，JNPT，ハジラ，ビババブ，カンドラ，ムンドラ

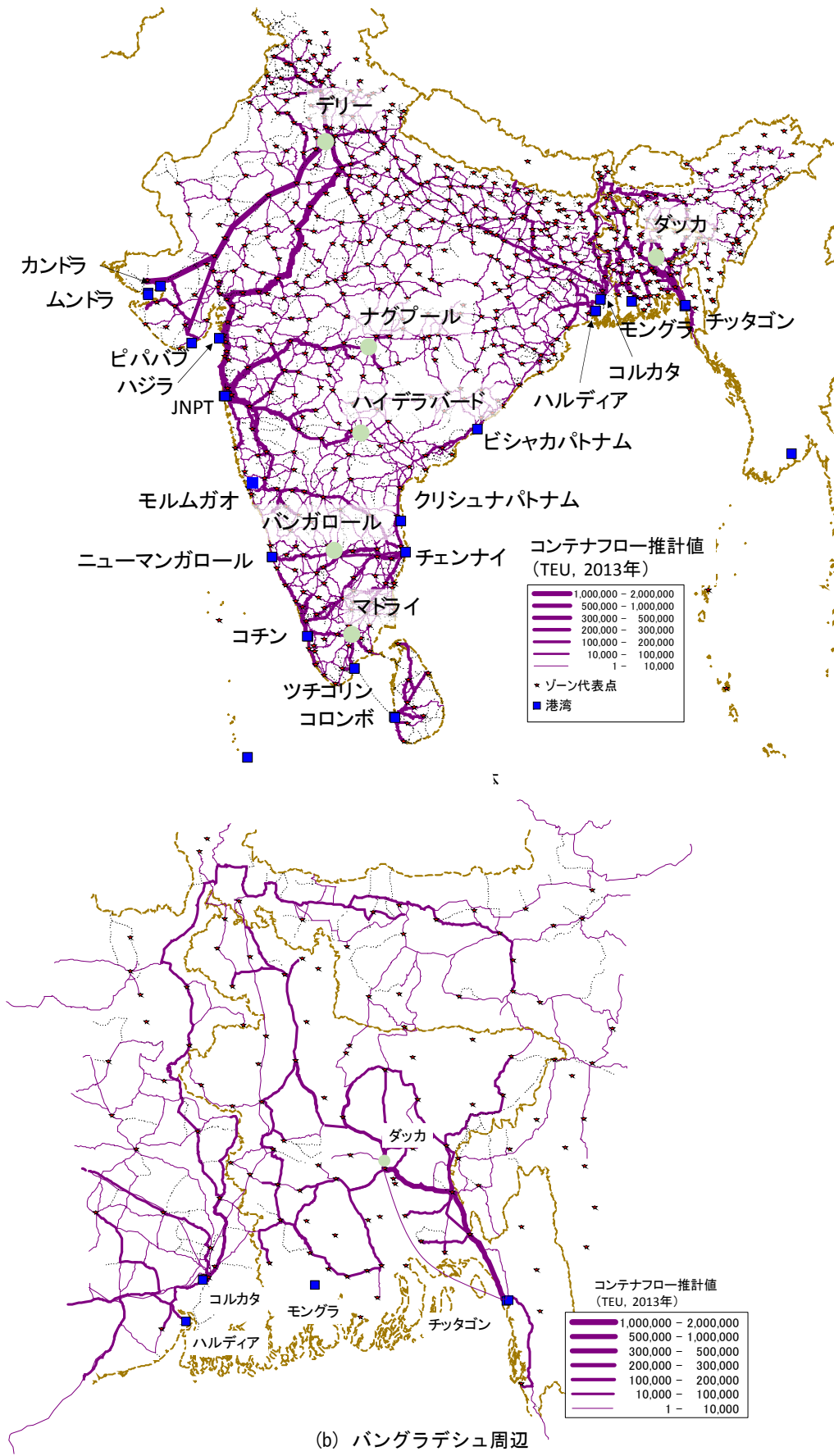
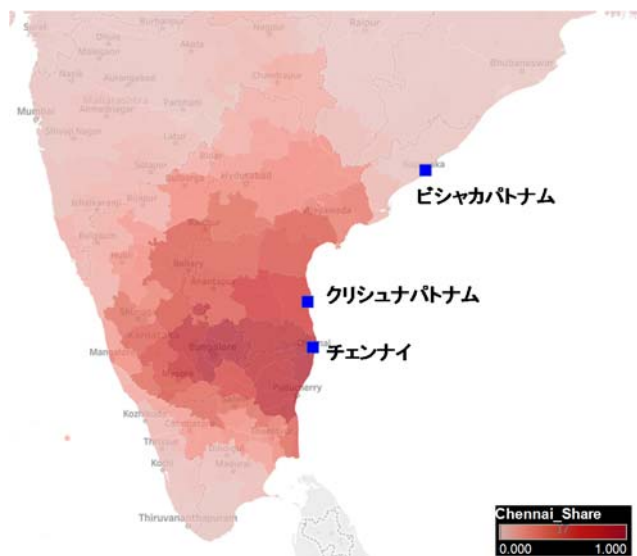


図-14 モデルによる背後圏コンテナ貨物フローの推計結果



(a) チェンナイ港  
(b)



(b) クリシュナパトナム港

図-15 各港背後圏（各地域における当該港湾利用シェア）の推計結果（2013年，輸出入合計）

いにかかわらず，モングラ港の利用が実績以上に推計される理由として，貨物の主要需要地のひとつであるダッカにより近いことだけでなく，4.4.2(2)で述べたように，本モデルで入力する地域別の貨物輸送需要が，国際海上コンテナ貨物の実際の輸送需要よりも，人口は比較的多いが地方部の西部でやや多くなっている可能性がある．同様の都市部と地方部の貨物需要のバランスの問題は，インド東海岸において，背後の人口の多いコルカタ港と周辺地域で工業化の進むチェンナイ港の間でも生じている可能性がある．また，これらの港湾での過大・過小推計の程度は，輸出よりも輸入でより大きいことから，輸入コンテナ貨物の地域別輸送需要の把握がより難しいことを示唆している．

図-14には，本モデルによって推計された，背後輸送ネットワークにおける最終的なコンテナフロー（2013年，空コンテナを除く）を示す．この図に相当する背後圏コンテナフローの実績値は入手が難しいため，定量的な比較はできないものの，筆者らが現地ヒアリング調査により入手した，各主要内陸都市発着の貨物が現状において主に利用する輸出入港湾（デリー，ナグプール，ハイデラバードは JNPT，バンガロールはチェンナイ港等）の関係は，図-14(a)に示されるモデル推計結果と概ね一致する．また，現状においては，インド北東7州（バングラデシュよりも北東の地域）発着の国際貨物は，距離的には近いバングラデシュの港湾は利用せずに，バングラデシュとネパールに挟まれた狭い回廊（シリグリ回廊）を通過し，コルカタ港をゲートウェイとしているとのことであり，図-14(b)のバングラデシュ付近の拡大図をみると，推計結果もそのようになっている．

次に図-15には，各港湾の背後圏の重複を示す例として，各地域におけるチェンナイ港およびクリシュナパトナム港の利用シェア（2013年，輸出入合計）を示す．クリシュナパトナム港は新興の港湾であり，寄港サービス数もチェンナイよりまだ少ないため，クリシュナパトナム港直後の地域においてもチェンナイ港を利用する貨物のシェアの方が大きく，また背後圏の広がりもチェンナイ港より小さいことがわかる．

最後に図-16に，道路・鉄道・域内水運の3機関の選択肢が現状において存在するバングラデシュのダッカ～チッタゴン間の機関分担率について，筆者らの現地ヒアリング調査等により入手した現状と，モデル推計結果の比較を示す．図より，各輸送機関の分担率もよく再現できていることが確認できる．

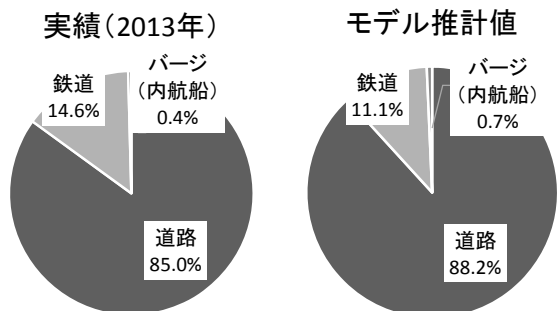


図-16 バングラデシュ・ダッカ～チッタゴン間の機関分担率（道路・鉄道・内航船）の実績値と推計結果

表-4 コロンボ港トランシップ貨物の発地域・着地域（モデルによる推計結果，TEU，2013年，空コンテナを除く）

From \ to	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	合計
(1) ベンガル湾 およびインド東海岸	4,544	555	63,370	7,672	178,839	11,077	8,472	6,761		281,289
(2) インド南海岸	2,091	0	15,800	56,070	39,231	3,117	6,773			123,083
(3) アラビア海および インド西海岸	39,520	4,556	7,555	20,730	121,022	13,046	27,475		0	233,905
(4) 北東および東南アジア	6,674	60,602	7,892	0	14,994	6,908	0		2,131	99,202
(5) 地中海・欧州 ・北米東岸	108,969	21,394	11,622	13,915	65,218	5,044	439	21,138		247,738
(6) 東アフリカ	4,043	982	615	1	12,150	0	7		34	17,832
(7) 西アフリカ	11,686	661	3,802	52	8,997	23				25,220
(8) 大洋州	1,338		5,986	311	40,064	867				48,566
(9) その他				0		140				140
合計	178,866	88,749	116,642	98,750	480,515	40,222	43,166	27,899	2,165	1,076,974

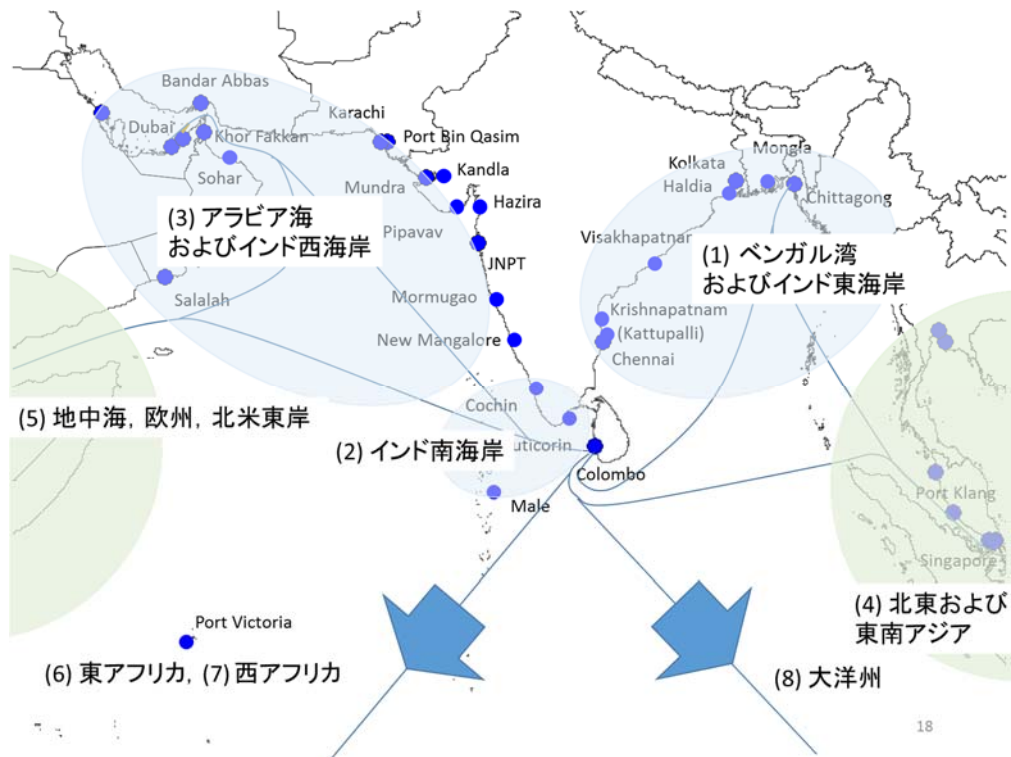


図-17 表-4のトランシップ貨物分析における地域区分

### 5.5 トランシップ貨物流動の詳細分析

3.3.1(3)で述べたとおり，基本的には，海上輸送サブモデルの積替リンクは，各港湾の各船社に一本ずつ設定され，サービスの組み合わせごとには設定しない．これは，リンク数が膨大になることを避けるための措置であるが，たとえば分析の焦点を当てる港湾に限ってサービスの組み合わせごとに積替リンクを設定することにより，当該港湾で積

み替えられる貨物が，どのサービス（方面）から来てどのサービス（方面）へ積み替えられるかを把握することができる．以下では，南アジア地域において現状で唯一のハブ港であるコロンボ港について，トランシップ貨物の方面別分析を行う．なお，3.3.1(3)で述べたとおり，積替リンクのコスト関数はフローインディペンデントである（フローに依存しない）ため，積替リンクをいくら増やしても理論的に



は配分結果は変わらないと考えられるものの、実際には収束計算の誤差が生じるため若干結果が異なる。ただし、以下の分析で用いたネットワークでの配分結果は、前節までに示した結果とほとんど変わらなかった。

表-4に、コロombo港におけるトランシップ貨物の発地域・着地域の推計結果を示す。なお、表-4中の地域区分は図-17に示される。表より、最もトランシップ貨物量が多いのは(1)ベンガル湾およびインド東海岸から(5)地中海・欧州・北米東岸(約17.8万TEU)であり、逆方向(約10.9万TEU)も3番目に多い。また2番目に多いのは(3)アラビア海およびインド西海岸から(5)地中海・欧州・北米東岸となっている(約12.1万TEU)。

また表より、大まかに言えば、コロombo港で取り扱われるトランシップ貨物は、A:南アジア周辺地域(ベンガル湾、インド南部、アラビア海)内相互間(表の左上方極太枠内、約13.8万TEU)、B:南アジア周辺地域から欧米・東アジア・アフリカ方面長距離航路(表の右上方灰色着色、約49.4万TEU)、C:Bの逆方向(欧米・東アジア・アフリカから南アジア周辺地域、表の左下方白字、約23.9万TEU)、D:欧州・地中海・北米東岸と東アジア・欧米・アフリカ・大洋州相互間(表の右下方中太枠内、約18.2万TEU)の4系統に大別できる。このうち最も量が多いのはBの南アジア発欧米東アジア着貨物で、次いでその逆方向となっており、南アジア周辺地域内発着貨物のトランシップはあまり多くないことがわかる。

なお、Dに含まれるトランシップ貨物は、実際には欧州・地中海・北米東岸発着の貨物というよりは、それらの航路が経由する中東(アラビア湾周辺)の港湾を発着地とする貨物の一部が、コロombo港で各方面の長距離航路へ中継されていることが想像される(本モデルにおいては、航路サービスごとにネットワークが構成されているため、コロombo港でトランシップされる貨物が搭載されるサービスはわかるものの、どの港から積み込まれたかはわからない)。現実にも一部そのような貨物は存在すると考えられるものの、図-11に示したトランシップ貨物の現状再現性において、コロombo港がやや過大推計な一方で、ドバイ港がかなり過小推計であったことを踏まえると、これらDに含まれる貨物の一部は、現実にはドバイなど中東の港湾で基幹航路や長距離航路に積み替えられていることも考えられる。

## 6. モデルを用いた政策シミュレーション

本章では、前章までで構築したモデルを用いて、港湾インフラや背後輸送ネットワークの改善が貨物流動パターン

に与える影響についてシミュレーションを行い、前章で現状を再現した結果(以下、ベースシナリオとよぶ)と比較する。なお、本稿では、地域間貨物輸送需要は前章までと同じ現状値(2013年)  $Q^0$  を入力とし、将来需要は扱わない。

### 6.1 シナリオ1: トランシップの効率化(トランシップ荷役時間の改善)

最初のシナリオとして、海上輸送サブモデルを用いて、コロombo港におけるトランシップ効率化のシミュレーションを行う。コロombo港では、既存ターミナルに隣接する南港地区において大水深コンテナターミナルの開発が進められており、そのうち南ターミナル(CICT)は、香港のコンテナターミナルを運営する中国招商(China Merchants)とスリランカ港務局(SLPA)の合弁により、2013年から運営が始まっている。また、東ターミナルもSLPAにより一部運営が始まっている。筆者らのヒアリングによれば、このようなインフラ開発等を通じて、トランシップ荷役の効率化が期待されており、実際に、たとえばMaerskは、コロombo港からバングラデシュなどベンガル湾諸港へのフィーダーサービスを新設し、これまでタンジュンペレパスなど東南アジアのハブ港で接続されていた欧州航路との接続をコロombo港に移すなど、コロombo港のさらなる活用の動きも見られる。

そこで本シミュレーションでは、コロombo港におけるトランシップ荷役時間  $TTR_{colombo}$  が、上記のような効率化施策により、ベースシナリオの48(hour)から24(hour)(シナリオ1A)、および12(hour)(シナリオ1B)に改善した場合の、コロombo港および周辺地域のハブ港(東南アジア、中東)におけるトランシップ貨物量の変化を確認する。

図-18にシミュレーション結果を示す。結果として、コロombo港のトランシップ貨物量は、シナリオ1Aで17.3%、シナリオ1Bで29.7%の増加となり、荷役時間の改善により2~3割のトランシップ貨物の増加が見込めることがわかる。また、いずれのシナリオにおいても、東南アジアの主要ハブ港(シンガポール、タンジュンペレパス、クラン)のトランシップ貨物量は減少しており、3港合計の減少分は、コロombo港の増加分のおよそ半数前後となっている一方で、中東の主要ハブ港のトランシップ貨物量への影響はほとんどない結果となっている。すなわち、コロombo港のトランシップ効率化によるコロombo港のトランシップ貨物の増加は、そのうち約半分が東南アジアからのトランシップ貨物のシフトであり、残りは直航輸送からのシフトであることが推察される。

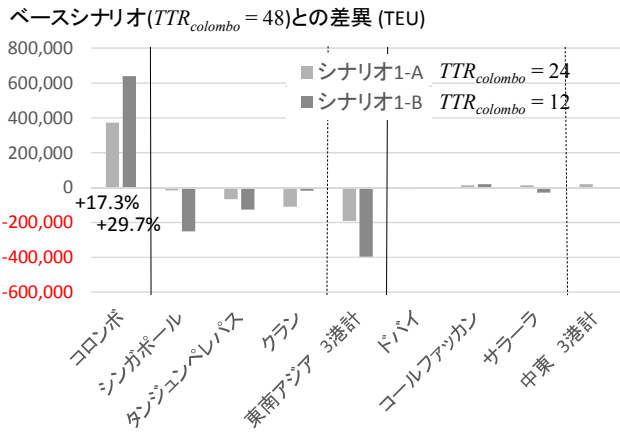


図-18 コロンボ港のトランシップ荷役時間改善シナリオ：各港トランシップ貨物量の変化

## 6.2 シナリオ 2：背後輸送（鉄道・道路）の改善

4.3.1 や 5.3.2 で述べたように、特にインド最大のコンテナ港湾であるムンバイ郊外に位置する JNPT では、港湾だけでなく道路や鉄道といった背後輸送機関の容量も不足しており、慢性的に混雑が生じている状況にある（写真-1）。

1. で述べたように、JNPT ではコンテナターミナルの整備も進められている一方で、JICA の支援により貨物専用鉄道（DFC）の整備も進められている。DFC の整備により、デリー・ムンバイ間だけでなく、ムンドラ、ピパバブ、ハジラといった他のインド西海岸北部のコンテナ港湾への鉄道アクセスも改善される見込みである。具体的には、現状において 1 列車の上限容量は 40ft コンテナ搭載可能な貨車 45 両分（90 TEU に相当）であるところを、編成長が 2 倍の 2 段積み列車（360 TEU）による運行が計画されている。また併せて、表定速度や頻度、駅での荷役時間の向上・改善も期待されている。

ただし、筆者らのヒアリング調査によれば、DFC 等の実現により、背後地域における鉄道輸送については大幅な改善が期待できるものの、現行のコンテナターミナルの形状から考えて、ターミナルへ直接アクセスする道路や鉄道の容量を直ちに増加させることは難しく、鉄道ヤードからコンテナターミナルまでの輸送が課題として残る可能性が高いとのことである。

以上を踏まえ、本シミュレーションでは、以下 2 つのシナリオを想定する。まず、シナリオ 2A として、JNPT 周辺の道路容量がなんらかの対策により改善することを想定し、4.3.1 で設定した JNPT 周辺の道路容量に関する想定（Primary Route であっても Important Route の容量とする）を解除し、他港周辺の道路並みの容量となった場合を想定する。さらにシナリオ 2B として、シナリオ 2A の想定に加

え、DFC の実現により、デリー～ムンバイ（JNPT）・ハジラ・ピパバブ・ムンドラ間の鉄道リンクにおいて、以下の改善を想定する。すなわち、鉄道容量  $capRa_a$  が 90（TEU）から 360（TEU）へ 4 倍、表定速度  $vRa_a$  も 20（km/hour）から 80（km/hour）へ 4 倍、頻度  $freqRa_a$  も（リンクによって当初の設定値が異なるものの）各リンクとも 4 倍、鉄道荷役時間  $THRa_a$  は 24（hour）から 4（hour）へ 1/6、距離比例の運賃  $CORa_a$  は 0.3（US\$/km）から 0.15（US\$/km）へ 1/2 になったと想定する。

図-19 および図-20 にシミュレーション結果を示す。図-19 に示す各港の輸出入コンテナ貨物取扱量の変化をみると、JNPT のコンテナ取扱量は、シナリオ 2A で約 14.2 万 TEU、シナリオ 2B で約 26.4 万 TEU の増加と予測されている。また図より、その多くがインド第 2 位のムンドラ港からのシフトであるとともに、その他、ハジラやピパバブといったインド西海岸諸港からだけでなく、一部はコルカタやチェンナイといった東海岸諸港からのシフトも見られることもわかり、一部の内陸都市ではこれらの東海岸諸港との競合も存在することが伺える。図-20 に示すシナリオ 2B とベースシナリオにおける背後輸送ネットワーク上のリンクフロ



写真-1 JNPT周辺におけるコンテナトレーラの渋滞（2015年7月30日撮影）

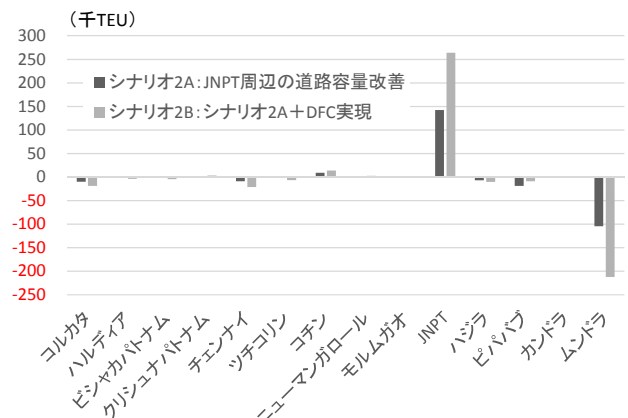


図-19 JNPT周辺の背後輸送改善シナリオ：インド各港コンテナ貨物取扱量（輸出入合計）の変化

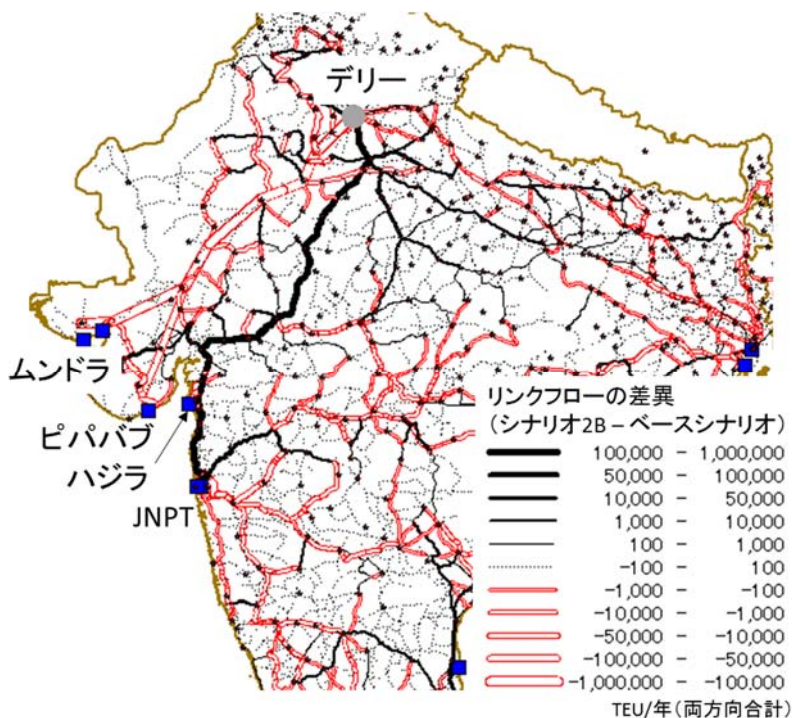


図-20 JNPT周辺の背後輸送改善シナリオ(シナリオ2B) : 背後輸送ネットワークにおけるリンクフローの変化

一の差異からも、ムンドラ港やピパバブ港から JNPT へのシフトが大きいことがわかる。

上述のように、DFCの実現による鉄道輸送環境の改善は、JNPT だけでなくムンドラを始めとするインド西海岸北部の諸港にも益するにもかかわらず、両図ではこれらの港湾から JNPT へのシフトが見られる。これは、5.4.2でも述べたとおり、JNPT が現状においてキャパシティの限界に達しているために、ムンドラやピパバブといったキャパシティに比較的余裕のある新興港へシフトしているという実態があることから、これらの港湾の背後輸送のキャパシティに余裕が生じると、一部貨物が JNPT へ回帰するという現象がモデル上でも生じていることが推察される。言い換えれば、ベースシナリオにおける再現結果が、JNPT の厳しい容量制約という実態をよく考慮できているとも言える。

### 6.3 シナリオ3 : 国際フェリーの再開

インド南部の港湾都市ツチコリンと、対岸のスリランカ・コロンボ港との間には、かつては国際フェリーが運航されていた。しかしスリランカの内戦を契機に運航が中断し、その後数年前に一度再開したものの、(おそらく需要不足のため)またすぐに中断したという経緯がある。なお、両港間のコンテナ定期航路(コロンボ港からのフィーダーサービス)については、現在も多数就航している。

そこで本シミュレーションでは、ツチコリン~コロンボ

間の国際フェリーの再度の再開を想定し、以下のようなサービス水準での就航を想定する。すなわち、フェリーの容量  $capFe_a$  は 128 (TEU)、速度  $vFe_a$  は 30 (km/h)、頻度  $freqFe_a$  は 35 (便/週)(うち道路フェリー28便、鉄道フェリー7便)と想定する。さらに、フェリーの利用を促進するため、南インド(チェンナイ~ツチコリン間)の鉄道サービスについても、頻度  $freqRa_a$  を現状の 0.5 (便/週) から 14 (便/週) へ増加し、また距離比例の運賃  $CORa_a$  も現状の 0.3 (US\$/km) から 0.15 (US\$/km) に半減すると想定したうえで、さらに、この国際フェリーに付加される越境コスト((51)式参照)について、両国の協定締結等により減少することを想定する。越境コストの低減率については、以下の3つのシナリオを想定する。すなわち、現状においては、4.3.3で述べた通り、(51)式に含まれる国境通過コストに係る係数  $\lambda_a$  を 1 に設定しているところ、シナリオ 3A では半減(すなわち  $\lambda_a = 0.5$ )、シナリオ 3B で 1/4 ( $\lambda_a = 0.25$ )、およびシナリオ 3C では完全撤廃 ( $\lambda_a = 0$ ) とする。このような越境コストの低減は、他地域の事例をみても、国際フェリーの導入にあたっては不可欠な取り組みといえる。

図-21および図-22にシミュレーション結果を示す。また、各シナリオ(シナリオ3A~3C)における国際フェリーの年間輸送量(実入りコンテナのみ)は、それぞれ、5,537(TEU)、37,942(TEU)、141,074(TEU)であった。本シミュレーションで想定する国際フェリーのサービスレベルは週 35 便、

1隻あたりのキャパシティ 128 TEU であることから、年間総船腹量は 232,960 (TEU) となるため、各シナリオにおける国際フェリーの消席率(ただし空コンテナを除く)は、それぞれ 2.4%, 16.3%, 60.6%となる。以上より、国際フェリーの年間輸送量は、越境コストの低減率に大きく依存し、本シミュレーションで想定したフェリーやアクセス鉄道のサービスレベルであれば、越境にかかる追加的な費用がゼロの場合は、輸送量も十分確保できることがわかる。

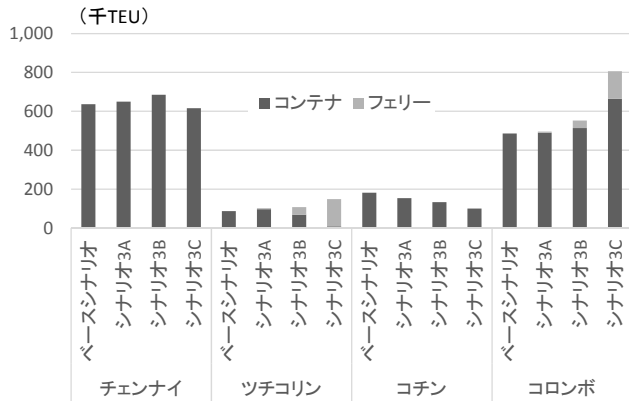


図-21 インド～スリランカ間国際フェリー再開シナリオ：インド南部各港およびコロombo港のコンテナおよびフェリー一貨物取扱量 (輸出入合計)

ここで図-21 に示す南インド各港およびコロombo港の貨物取扱量(フェリーおよびコンテナ、輸出入合計)をみると、国際フェリーの発着を想定したツチコリン、コロomboの両港では、越境コストが低減するほどフェリーとコンテナの合計取扱量が増加すると予測される一方で、特にインド南部でツチコリン港と競合するコチン港においては、コンテナ取扱量は減少する(チェンナイ港については、多少距離が離れていることもあり、影響は一様ではない)。また、越境コストをゼロと想定するシナリオ 3C においては、ツチコリン港における取扱いはすべてフェリー貨物となる。これは、域内水運リンクにおける越境コストがゼロの場合は、たとえばインド～諸外国間を輸送される貨物がコロombo港で本船に積み替えられる際に、フェリーでコロombo港に入港したとしても、コンテナのトランシップと同様にスリランカの輸出手続きが不要であることを意味し、コンテナのトランシップと実質変わらないことを反映している。言い換えれば、ツチコリン港にとっては、コンテナのフィーダー船か国際フェリーかに関わらず、コロombo港で(実質)トランシップされる貨物が、取扱いの多くを占めることがわかる。すなわち、全体的な傾向としては、越境コストが低減するにつれて、ツチコリン港の貨物総取扱量は増加していくものの、国際フェリーを再開させる際には、フェリーとコンテナにはトレードオフの関係もあることを認識

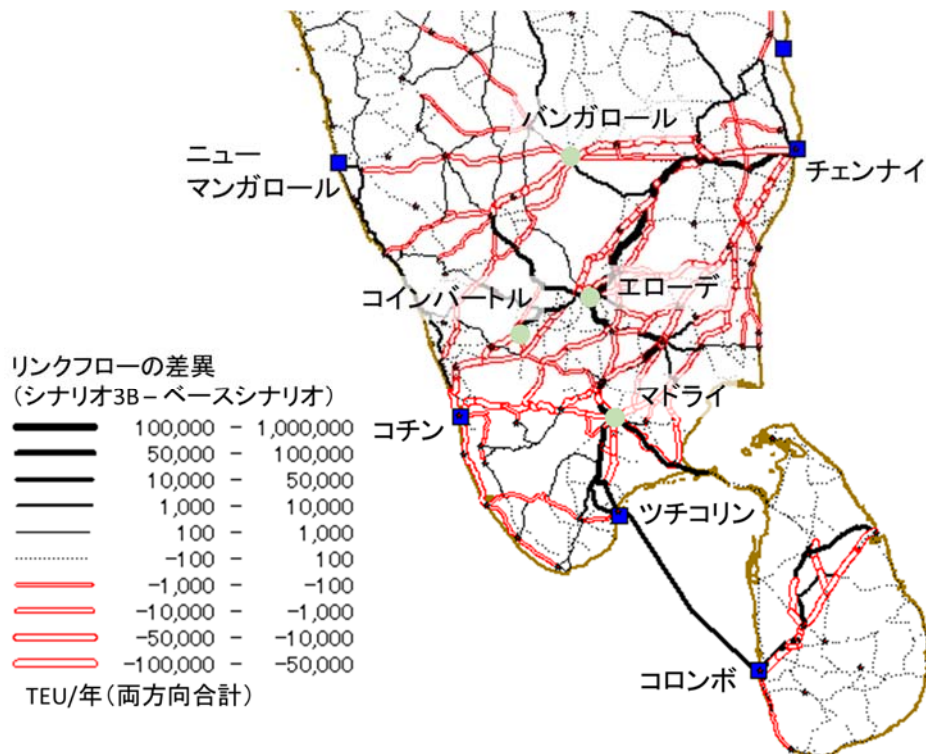


図-22 ツチコリン～コロombo間国際フェリー再開シナリオ (シナリオ3B)

しておく必要があるといえる。同様に、コロンボ港についても、図-21 だけみれば、越境コストが低減するにつれて総取扱量（フェリー＋輸出入コンテナ）は増加するものの、実はその増加分と同程度だけトランシップ貨物量が減少しており、トランシップまで含めた総取扱量で言えば、シナリオによる差異はほとんど見られない（最大でベースシナリオに対して約4万TEUの減少にとどまる）。

また図-22に、シナリオ3B（ $\lambda_a=0.25$ ）とベースシナリオにおける背後輸送ネットワーク上のリンクフローの差異を示す。図より、域内水運リンクだけでなく、本シミュレーションにおいてサービスレベルを向上させた、チェンナイ～ツチコリン間の鉄道リンク（エローデ、マドライを經由）のフローについてもシナリオ3Bで増加していることがわかる。

## 7. おわりに

本稿の成果は以下の通りである。

- (1) 世界各地における物流インフラ政策等の影響シミュレーションを実施することを目的に、世界規模の海上輸送ネットワークと対象地域の背後輸送（道路・鉄道・内航水運／国際フェリー）ネットワークの双方を含み、各輸送機関の容量制約を考慮した、1つの上位問題（スーパーネットワークモデル）と2つの下位問題（海上輸送サブモデル、背後圏輸送サブモデル）から構成される、インターモーダル輸送ネットワーク上での国際コンテナ貨物の配分モデルを構築した。このようなモデルは、世界的にみても他にほとんど例はないものである。
- (2) 構築したモデルを、インド、バングラデシュ、スリランカを中心とする南アジア地域に適用し、海上および背後輸送ネットワークに関するデータや地域間貨物輸送需要などの入力データを準備したうえで、具体的なモデル計算を行った。世界主要ハブ港湾のトランシップ貨物量や南アジア地域各港の輸出入貨物量の推計結果について、実績値と比較し、おおむね良好な再現性が得られることを確認した。
- (3) 背後圏の貨物流動やトランシップ貨物の流動についてモデル再現結果を確認・分析した上で、構築したモデルを用いて、現状の輸送需要下で、トランシップ荷役時間の効率化、背後輸送サービス水準の改善、国際フェリーの再開などが実現した場合のシミュレーションを実施し、輸送パターンや港湾貨物取扱量の変化について考察した。得られた結果や知見の方向性（港湾や

背後圏のサービスレベル改善によって影響を受ける競合港とその程度や、越境コストの低減度合いが国際フェリーの需要に大きく影響する等）は、概ね妥当なものと考えられる。

- (4) (2), (3)で確認したように、本稿で構築したモデルは、現状再現性や政策シミュレーションへの感度の観点からみて、実務的にも有益であることが確認できた。今後は、モデルの再現性や理論的整合性（特に海上輸送運賃の考え方）をさらに高めるとともに、著者がJICA調査<sup>49)</sup>で行ったような将来シミュレーションの実施や、南アジア地域の中の特定地方・プロジェクトへの適用、あるいは南アジア地域以外の地域への展開についても、積極的に行っていきたいと考えている。

## 謝辞

本研究の実施にあたっては、JSPS科研費25289159の助成を一部受けている。また、岡村計画課長をはじめとする（独）国際協力機構南アジア部の皆様、磯野様をはじめとする（独）日本貿易振興機構アジア経済研究所経済地理研究グループの皆様、現地でヒアリング調査に応じていただいた関係者の皆様や同行の皆様、上記科研費課題分担者の皆様、藤井管理調整部長をはじめとする管理調整部の方々など、多くの方々にご協力・ご助言やご指導を頂きました。末尾ながら、ここに示して深く感謝致します。

(2016年8月31日受付)

## 参考文献

- 1) World Bank Group: Doing Business Website “Trading Across Borders” 2016 Rank, <http://www.doingbusiness.org/data/exploretopics/trading-across-borders> (2016年8月13日最終アクセス)
- 2) Drewry Maritime Research: *Container Forecaster 2014 Annual Review*, London, UK, 2014および各年版
- 3) World Bank: Container port traffic (TEU: 20 foot equivalent units), <http://data.worldbank.org/indicator/IS.SHP.GOOD.TU/countries> (2016年8月13日最終アクセス)
- 4) Shibasaki, R., Iijima, T., Kawakami, T., Kadono, T., Shishido, T.: Network assignment model of integrating maritime and hinterland container shipping: application to Central America, *Maritime Economics and Logistics* (forthcoming), 2017.
- 5) 柴崎・川上・小柳・飯島・角野：国際コンテナ貨物のインターモーダル輸送ネットワークモデルを用いた中米地域のコンテナ船寄港シミュレーション～入港可能水

- 深別の分析を中心に～，土木計画学研究・講演集，49，2014.
- 6) Shibasaki, R., Suzuki, M., Shimada, T.: Intermodal freight simulation in Southern Mekong region: route choice model for international container shipping, presented at the Fifth International Conference on Transportation and Logistics (T-LOG 2014), Bangkok, Thailand, 28-30 July 2014.
- 7) 柴崎・鈴木：メコン下流域における国際物流の現状と政策シミュレーション分析，運輸と経済，74(12)，2014，pp.24-33.
- 8) Christiansen, M., Fagerholt, K., Nygreen, B., Ronen, D.: Ship routing and scheduling: in the new millennium, *European Journal of Operational Research*, 228, 2013, pp.467-483.
- 9) Wang, S., Meng, Q., and Sun, Z.: Container routing in liner shipping. *Transportation Research 49E*, 2013, pp.1-7.
- 10) Meng, Q., Wang, S., Andersson, H., Thun, K.: Containership routing and scheduling in liner shipping: overview and future research directions, *Transportation Science*, 48(2), 2014, pp.265-280.
- 11) Haralambides, H. E.: Structure and operations in the liner shipping industry, In: Hensher, D.A. and Button, K.J. (eds) *Handbook of transport modelling (2nd ed.)*, Oxford, Pergamon, 2008, pp.761-775.
- 12) Bell, M. G. H., Liu, X., Angeloudis, P., Fonzone, A., Hosseinloo, S. H.: A frequency-based maritime container assignment model, *Transportation Research 45B*, 2011, pp. 1152-1161
- 13) 渡部・平井・田中・柴崎・小島：国際海上コンテナ貨物流動モデルと大水深ターミナル整備評価に関するシナリオ別分析，国土技術政策総合研究所研究報告，No.13，2003.
- 14) Venkitasubramanian, K., Thill, J. C.: Effect of privatization and inland infrastructural development on India's container port selection dynamics, presented at 14th World Congress of Transportation Research, Shanghai, China, 11-14 July 2016
- 15) Fan, L., Wilson, W. W., Tolliver, D.: Logistical rivalries and port competition for container flows to US markets: Impacts of changes in Canada's logistics system and expansion of the Panama Canal, *Maritime Economics & Logistics*, 11(4), 2009, pp.327-357.
- 16) Fan, L., Wilson, W. W., Dahl, B.: Congestion, port expansion and spatial competition for US container imports, *Transportation Research 48E*, 2012, pp.1121-1136.
- 17) International Transport Forum (ITF)-OECD: *ITF Transport Outlook 2015*, [http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/transport/itf-transport-outlook-2015\\_9789282107782-en#page1](http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/transport/itf-transport-outlook-2015_9789282107782-en#page1) (2016年8月31日最終アクセス)
- 18) Tavasszy, L., Minderhoud, M., Perrin, J. F., Notteboom, T.: A strategic network choice model for global container flows: specification, estimation and application, *Journal of Transport Geography*, 19, 2011, pp.1163-1172.
- 19) 竹林・黒田・金井・原：グローバル・アライアンス間の競争を考慮した国際コンテナ貨物輸送市場モデルの開発とその適用，土木学会論文集，No.800/VI-69，2005，pp.51-66.
- 20) 柴崎・渡部：東アジア圏を中心とした国際海上コンテナ貨物流動シミュレーションモデルの構築，国土技術政策総合研究所研究報告，No.37，2008，54p.
- 21) 柴崎・渡部・家田：船社・荷主の最適行動を考慮した国際海上コンテナ輸送の大規模シミュレーション，土木学会論文集D3，No.67，Vol.4，2011，pp.455-474.
- 22) Meng, Q., Wang, X.: Intermodal hub-and-spoke network design: Incorporating multiple stakeholders and multi-type containers, *Transportation Research 45B*, 2011, pp.724-742.
- 23) 柴崎・渡部：東・東南アジア地域におけるマルチモード国際物流モデルの構築とアセアン物流インフラ施策の評価，国土技術政策総合研究所研究報告，No.40，2009，161p.
- 24) Shibasaki, R., Watanabe, T.: Future Forecast of Trade Amount and International Cargo Flow in the APEC Region: An Application of Trade-Logistics Forecasting Model, *Asian Transport Studies*, 2(2), 2012, pp.75-89.
- 25) (社)交通工学研究会編：やさしい非集計分析，交通工学研究会，1993，141p.
- 26) Dial, R.: A probabilistic multipath traffic assignment algorithm which obviates path enumeration, *Transport Research*, 5, 1971, pp. 83-111.
- 27) (社)土木学会 土木計画学研究委員会 「交通ネットワーク」出版小委員会：交通ネットワークの均衡分析－最新の理論と解法－，土木学会，1998，331p.
- 28) (社)土木学会 土木計画学研究委員会 交通需要予測技術検討小委員会：道路交通需要予測の理論と適用 第1編 利用者均衡配分の適用に向けて，土木学会，2003，194p.
- 29) 柴崎・東・吉田：スエズ運河に着目したコンテナ船の運航ルート選択モデル，土木計画学研究・講演集，51，2015
- 30) Shibasaki, R., Azuma, T., Yoshida, T.: Route Choice of Containership on a Global Scale and Model Development: Focusing on the Suez Canal, *International Journal of*

*Transport Economics*, Vol.43, No.3, 2016, pp.263-288.

- 31) 日本海運集会所：日本船舶明細書 2012年版
- 32) Drewry Maritime Research: *Ship Operating Costs Annual Review and Forecast 2011/12*, London, UK, 2011.
- 33) Lloyd's List: 2014 Containerisation International and Lloyd's List Top 100 ports,  
<https://www.lloydslist.com/ll/incoming/article447057.ece>  
 (2016年8月31日最終アクセス)
- 34) 中国港口年鑑社：中国港口年鑑 2014
- 35) Drewry Maritime Research: *Global Container Terminal Operators, Annual Report 2014*. London, UK, 2014.
- 36) Indian Ports Association HP,  
[http://www.ipa.nic.in/oper4d\\_2014.htm](http://www.ipa.nic.in/oper4d_2014.htm) (2016年8月31日最終アクセス)
- 37) World Bank: Container port traffic (TEU: 20 foot equivalent units),  
<http://data.worldbank.org/indicator/IS.SHP.GOOD.TU/countries>  
 (2016年8月31日最終アクセス)
- 38) Logistics Capacity Assessment – Wiki,  
[http://dlca.logcluster.org/display/public/DLCA/LCA+Homepage+\(organized+by+WFP\)](http://dlca.logcluster.org/display/public/DLCA/LCA+Homepage+(organized+by+WFP)) (2016年8月31日最終アクセス)
- 39) MDS Transmodal Ltd.: MDS Containership Databank, June 2013
- 40) 鳥海：海上航路ネットワークを用いたコンテナ船の運航パターン分析, オペレーションズ・リサーチ, Vol.55, No.6, 2010, pp.359-367.
- 41) SeaRates.com, <https://www.searates.com/> (2016年8月31日最終アクセス)
- 42) Sea-Distances.org, <http://www.sea-distances.org/> (2016年8月31日最終アクセス)
- 43) American Digital Cartography inc.: ADC WorldMap ver 5.2
- 44) ConCor (Container Corporation of India) HP,  
<http://www.concorindia.com/ShowService.asp?typeID=International&typeRJ=Train> (2016年8月31日最終アクセス)
- 45) IHS, Inc.: World Trade Service (WTS) database.
- 46) 熊谷・磯野編：経済地理シミュレーションモデル 理論と応用, アジア経済研究所研究双書No.623, 2015.
- 47) Export Genius: India export and import data, March 2013
- 48) Unaited Nations: UN Comtrade Database,  
<http://comtrade.un.org/> (2016年8月31日最終アクセス)
- 49) 国際協力機構 (JICA)：南アジア地域 クロスボーダー協力 (海運) 情報収集・確認調査最終報告書  
<http://libopac.jica.go.jp/top/index.do?method=open> (2016年8月31日最終アクセス)

記号表

変数	説明	スーパーネットワークモデルに含まれる	海上輸送サブモデルに含まれる	背後圏輸送サブモデルに含まれる
$a$	リンク		X	X
$A$	リンク集合		X	X
$AC_{grs}$	運航船社別の港湾 $rs$ 間平均輸送費用 (US\$/TEU)		X	
$b1, b2$	海上混雑関数に関するパラメータ		X	
$b3, b4$	道路混雑関数に関するパラメータ			X
$b5, b6$	鉄道混雑関数に関するパラメータ			X
$b7, b8$	域内水運混雑関数に関するパラメータ			X
$c(\cdot), c_b, c_{cm}, c_{ca}, c_d, c_l, c_n, c_r$	(海上輸送サブモデルの) 輸送費用関数 (US\$/TEU)		X	
$c_1, c_2, c_3, c_4, c_5$	海上輸送費用に関する係数		X	
$c_6(\cdot), c_7(\cdot)$	スエズ運河庁によって定められる係数		X	
$c_8$	パナマ運河庁によって定められるコンテナ船の通航料係数 (US\$/TEU)		X	
$cap_a$	各サービスに就航する船舶のなかで当該船社に割り当てられる平均船腹量 (TEU/隻)		X	
$capFe_a$	域内水運一隻あたりの国際海上コンテナ輸送容量 (TEU/隻)			X
$capRa_a$	一列車 (一編成) あたりの国際海上コンテナ輸送容量 (TEU/便)			X
$capRo_a$	国際海上コンテナトレーラの年間道路容量 (TEU/年)			X
$CB_a$	国境通過に伴う追加費用 (US\$/TEU)			X
$CC_a$	コンテナ船の船費 (資本費) (US\$/隻/日)		X	
$CFFe$	域内水運による国際海上コンテナ輸送運賃のうち固定費用分 (US\$/TEU)			X
$CFRa$	鉄道による国際海上コンテナ輸送運賃のうち固定費用分 (US\$/TEU)			X
$CFRo$	トレーラによる国際海上コンテナ輸送運賃のうち固定費用分 (US\$/TEU)			X
$CHX_a, CHM_a$	輸出時および輸入時の港湾料金 (US\$/TEU)		X	
$COFe$	域内水運による国際海上コンテナ輸送運賃のうち距離比例分 (US\$/km/TEU)			X
$CORa$	鉄道による国際海上コンテナ輸送運賃のうちの距離比例分 (US\$/km/TEU)			X
$CORo$	トレーラによる国際海上コンテナ輸送運賃のうちの距離比例分 (US\$/km/TEU)			X
$CP$	パナマ運河の通航費用 (US\$/隻)		X	
$CS$	スエズ運河の通航費用 (US\$/隻)		X	
$D$	着ノード (地域代表ノード) の集合	X		X
$DWT_a$	コンテナ船の積載重量トン (DWT)		X	
$f_k^{rs}, f_k^{lr}, f_k^{sj}$	経路 $k$ のフロー (下位問題)		X	X
$F_k^h$	経路 $h$ のフロー (上位問題)	X		
$FC_a$	コンテナ船の燃料費 (US\$/隻/日)		X	
$FL_{ir}, FL_{sj}$	発地 $i$ から輸出港 $r$ までおよび輸入港 $s$ から着地 $j$ までの背後輸送の運賃 (US\$/TEU)	X		X
$FM_{rs}$	輸出港 $r$ から輸入港 $s$ までの港湾料金を含む海上輸送運賃 (US\$/TEU)	X	X	
$FP$	燃料価格 (US\$/トン)		X	
$freq_a$	海上コンテナ定航サービスの頻度 (隻/年)		X	
$freqFe_a$	域内水運の通航頻度 (隻/年)			X
$freqRa_a$	国際海上コンテナ輸送列車の運行頻度 (便/年)			X
$FR_a$	コンテナ船の燃費 (トン/日)		X	
$g$	船社		X	
$G$	船社の集合		X	
$GL_{ir}, GL_{sj}$	発地 $i$ から輸出港 $r$ までおよび輸入港 $s$ から着地 $j$ までの背後輸送の一般化費用 (US\$/TEU)	X		X
$h, h'$	経路 (上位問題)	X		
$H^h$	経路の集合 (上位問題)	X		
$k$	経路 (下位問題)		X	X
$K^{rs}, K^{lr}, K^{sj}$	経路の集合 (下位問題)		X	X
$k_g$	船社 $g$ の経路		X	
$K_g^{rs}$	港湾 $rs$ 間の船社 $g$ の経路の集合		X	
$i$	陸上の発地	X		X
$ir$	利子率 (一律 2% と想定)		X	
$j$	陸上の着地	X		X
$l_a$	リンク距離 (海上輸送サブモデルにおいてはカイリ, 背後圏輸送サブモデルにおいては km)		X	X
$lf_a$	年間平均消費率 (ロードファクター)		X	



$m$	貨物	x		
$n$	繰り返し計算回数	x		
$O$	発ノード（地域代表ノード）の集合	x		x
$OC_a$	コンテナ船のその他運航費（US\$/隻/日）		x	
$ODR$	コンテナ船の年間稼働率（一律 0.9 と想定）		x	
$PP$	コンテナ船の償却年数（一律 15 年と想定）		x	
$q^{ir}, q^{sj}$	発地 $i$ から輸出港 $r$ までおよび輸入港 $s$ から着地 $j$ までの背後貨物輸送需要（TEU/year）	x		x
$q^{rs}$	港湾 $rs$ 間の海上貨物輸送需要（TEU/year）	x	x	
$Q^{ij}$	地域 $i$ から $j$ までの年間輸送需要（TEU/年）	x		
$r$	輸出港	x	x	x
$R$	輸出港の集合	x	x	
$R'$	背後圏輸送モデルの対象となる輸出港			x
$s$	輸入港	x	x	x
$S$	輸入港の集合	x	x	
$S'$	背後圏輸送モデルの対象となる輸入港			x
$scmnt(.)$	コンテナ船のスエズ運河純トン		x	
$SDRrate$	スエズ運河通航料徴収において用いられる通貨単位 SDR への変換率（ $SDRrate = 1.5$ US\$に固定）		x	
$SSN$	十分に小さい数（0.01 hour または 0.01 US\$）		x	
$t(.), t_b, t_{cm}, t_{cs}, t_s, t_n, t_r, t_u$	（海上輸送サブモデルの）所要時間関数		x	
$TB_a$	国境通過に伴う追加時間（hour）			x
$TBE_a$	コンテナ船の接岸待機時間（hour）		x	
$THFe_a$	域内水運における起点港および到着港での荷役時間（hour）			x
$THRa_a$	ターミナル駅での鉄道荷役に要する時間（hour）			x
$TL_{ir}, TL_{sj}$	背後輸送の所要時間（hour）	x		x
$TLD_a$	コンテナ船の船積時間（hour）（実際には特に考慮しない、代わりにリードタイム $TPX_r$ を考慮）		x	
$TM_{rs}$	コンテナ船の海上輸送時間（hour）	x	x	
$TM_g^{rs}$	船社 $g$ の海上輸送時間（hour）		x	
$TP$	パナマ運河の通過所要時間		x	
$TPX_r, TPM_s$	輸出港 $r$ および輸入港 $s$ におけるリードタイム（hour）	x		
$TS$	スエズ運河の通過所要時間		x	
$TTR_a$	コンテナ船の積替時間（hour）		x	
$TUL_a$	コンテナ船の船卸時間（hour）（実際には特に考慮しない、代わりにリードタイム $TPM_s$ を考慮）		x	
$TW_a$	コンテナ船出港時の期待待ち時間（hour）		x	
$TWFe_a$	域内水運における出港時の期待待ち時間（hour）			x
$TWRa_a$	鉄道の期待待ち時間（hour）			x
$u(.), u_D, u_{fe}, u_O, u_{ra}, u_{rc}, u_{ro}$	（背後圏輸送モデルの）一般化費用関数			x
$U_{hm}^{ij}$	地域 $i$ から $j$ まで運ばれるある貨物 $m$ がある経路 $h$ を選択することによる効用	x		
$v_a$	コンテナ船の船速（ノット）		x	
$V_h^{ij}$	効用 $U_{hm}^{ij}$ に含まれる観測可能な確定項	x		
$Vcap_a$	各サービスに就航する船舶の総平均船腹量（TEU）		x	
$vFe_a$	域内水運の船速（km/hour）			x
$VP_a$	コンテナ船の船価（US\$/隻）		x	
$vRa_a$	鉄道の表定速度（km/hour）			x
$vRo_a$	トレーラの速度（km/hour）			x
$vt$	荷主の時間価値（時間金銭換算係数）（US\$/TEU/hour）	x	x	x
$x_a$	下位問題のリンクフロー（TEU/year）		x	x
$\hat{x}_a$	リンクフローの均衡解		x	x
$x_{rs}, x_{ir}, x_{sj}$	上位問題のリンクフロー（TEU/year）	x		
$YH$	年・時間換算係数（8,736 hour/年）		x	x
$z(.), z'(.)$	（下位問題の）目的関数		x	x
$\gamma_e, \gamma_i$	輸出および輸入貨物の需要の価格弾力性パラメータ		x	
$\gamma S_a, \gamma P_a$	スエズおよびパナマ運河通航に関するダミー変数（通過する場合 1, それ以外 0）		x	
$\delta_{a,k}^{rs}, \delta_{a,k}^{ir}, \delta_{a,k}^{sj}$	クロネッカーのデルタ（リンク $a$ が経路 $k$ に含まれるとき 1, そうでないとき 0）		x	x
$\varepsilon_{hm}^{ij}$	効用 $U_{hm}^{ij}$ に含まれる観測不可能な誤差項	x		
$\theta$	ガンベル分布における分散パラメータ	x		
$\lambda_a$	国境通過コストに係る係数（リンク $a$ が国境を跨がない場合は 0）			x

付録

表 A-1 モデル対象港湾一覧（数値は原則として 2013 年時点）

No	港湾名		国	統合後の地域区分 (表 A-5 参照)	年間取扱量		トラン シッ プ 率	積替 時間 TTR <sub>o</sub> (hours)	Lloyd's List 順位 (110 位 まで)
	英語	日本語			(千 TEU)	出典			
1	Tokyo	東京	Japan	Japan	4,861	b	9.7%	24	28
2	Yokohama	横浜	Japan	Japan	2,888	a	9.7%	24	48
3	Shimizu	清水	Japan	Japan	499	e1	9.7%	24	-
4	Nagoya	名古屋	Japan	Japan	2,709	a	9.7%	24	51
5	Osaka	大阪	Japan	Japan	2,485	a	9.7%	24	60
6	Kobe	神戸	Japan	Japan	2,553	b	9.7%	24	56
7	Hakata	博多	Japan	Japan	868	e1	9.7%	24	-
8	Vladivostok	ウラジオストク	Russia	South Korea	817	a	9.7%	48	-
9	Busan	釜山	South Korea	South Korea	17,686	a	49.5%	12	5
10	Yeosu/Gwangyang	光陽	South Korea	South Korea	2,285	b	9.7%	12	63
11	Pyongtaek	平澤	South Korea	South Korea	518	a	9.7%	24	-
12	Incheon	仁川	South Korea	South Korea	2,160	a	9.7%	24	65
13	Dalian	大連	China	China	5,909 <sup>#</sup>	a	8.3%	48	12
14	Tianjin/Xingang	天津	China	China	7,417 <sup>#</sup>	a	8.3%	48	10
15	Yantai	煙台	China	China	541 <sup>#</sup>	a	8.3%	48	67
16	Qingdao	青島	China	China	11,182 <sup>#</sup>	a	8.3%	24	7
17	Lianyungang	連雲港	China	China	3,265 <sup>#</sup>	a	65.0%	24	25
18	Shanghai	上海	China	China	28,911 <sup>#</sup>	a	14.0%	24	1
19	Ningbo	寧波	China	China	15,967 <sup>#</sup>	a	15.0%	24	6
20	Fuzhou	福州	China	China	1,206 <sup>#</sup>	a	8.3%	48	73
21	Xiamen	廈門	China	China	5,125 <sup>#</sup>	a	8.3%	24	17
22	Shantou	スウトウ	China	China	553 <sup>#</sup>	a	8.3%	48	100
23	Shenzhen (Yantian)	深セン(塩田)	China	China	10,796 <sup>#</sup>	c		24	
24	Shenzhen (Shekou, Chiwan, Dachan Bay)	深セン(蛇口, 赤湾, 大サン湾)	China	China	10,644 <sup>#</sup>	c	13.0%	24	3
25	Guangzhou (Nansha, Huangpu)	広州(南沙, 黄埔)	China	China	6,096 <sup>#</sup>	a	8.3%	24	8
26	Hong Kong	香港	Hong Kong	China	22,352	a	58.6%	12	4
27	Keelung	基隆	Taiwan	Taiwan	1,613	a	9.7%	24	53
28	Taipei New Port	台北新港	Taiwan	Taiwan	1,029	b	9.7%	24	53
29	Taichung	台中	Taiwan	Taiwan	1,468	a	9.7%	24	93
30	Kaohsiung	高雄	Taiwan	Taiwan	9,938	a	46.6%	24	14
31	Manila	マニラ	Philippines	Philippines	3,770	b	9.5%	48	36
32	Cebu	セブ	Philippines	Philippines	555	e2(2012)	9.5%	48	-
33	Davao	ダバオ	Philippines	Philippines	569	e1	9.5%	48	-
34	Haiphong	ハイフォン	Vietnam	Vietnam	1,040	e1	9.5%	48	-
35	Ho Chi Minh	ホーチミン	Vietnam	Vietnam	5,542	b	9.5%	48	24
36	Cai Mep/Vung Tau	カイメップ	Vietnam	Vietnam	1,268	d	9.5%	24	-
37	Laem Chabang	レムチャバン	Thailand	Thailand	6,041	a	9.5%	24	22
38	Bangkok	バンコク	Thailand	Thailand	1,505	a	9.5%	24	88
39	Pasir Gudang	パシルグダン	Malaysia	Malaysia	801	e2(2012)	9.5%	24	-
40	Tanjung Pelepas	タンジュンペラパス	Malaysia	Malaysia	7,628	b	91.3%	12	19
41	Port Klang	クラン	Malaysia	Malaysia	10,350	a	63.5%	24	13
42	Penang	ペナン	Malaysia	Malaysia	1,238	b	9.5%	24	102
43	Singapore/Jurong	シンガポール	Singapore	Singapore	32,579	a	84.8%	12	2
43-1	Yangon (Rangoon)	ヤンゴン	Myanmar	Other Southeast Asia	233	i	9.5%	48	-
44	Tanjung Perak (Surabaya)	タンジュンペラック	Indonesia	Indonesia	3,001	b	9.5%	48	47
45	Tanjung Priok (Jakarta)	タンジュンプリオック	Indonesia	Indonesia	6,590	b	9.5%	48	21
46	Belawan	ベラワン	Indonesia	Indonesia	899	e1	9.5%	48	-
47	Chittagong	チッタゴン	Bangladesh	Bangladesh	1,540	b	3.6%	72	86
47-1	Mongla	モングラ	Bangladesh	Bangladesh	45	j	3.6%	72	-
48	Kolkata	コルカタ	India	India	449	h	3.6%	72	-
48-1	Haldia	ハルディア	India	India	114	h	3.6%	72	-
48-2	Visakhapatnam	ビジャカパトナム	India	India	263	h	3.6%	72	-
48-3	Krishnapatnam	クリシュナパトナム	India	India	59	e1	3.6%	72	-
49	Chennai/Madras	チェンナイ	India	India	1,468	h	3.6%	72	92
49-1	Tuticorin	ツチコリン	India	India	508	h	3.6%	72	-
49-2	Cochin	コチン	India	India	351	h	3.6%	72	-
49-3	New Mangalore	ニューマンガロール	India	India	50	h	3.6%	72	-
49-4	Mormugao	モルムガオ	India	India	22	h	3.6%	72	-
50	Jawaharlal Nehru (JNPT)	ジャワハルラル・ネルー	India	India	4,161	h	3.6%	72	33
50-1	Hazira	ハジラ	India	India	50	j	3.6%	72	-
51	Pipavav	ピパバブ	India	India	723	e1	3.6%	72	-
51-1	Kandla	カンドラ	India	India	29	h	3.6%	72	-
52	Mundra	ムンドラ	India	India	2,390	e1	3.6%	72	61
53	Colombo	コロンボ	Sri Lanka	Indian Subcontinent Islands	4,306	b	74.8%	48	32

53-1	Male	マレ	Maldives	Indian Subcontinent Islands	80	i	3.6%	72	-
54	Port Mohammad Bin Qasim	ビンカシム	Pakistan	Pakistan	768	a	3.6%	72	-
55	Karachi	カラチ	Pakistan	Pakistan	1,586	a	3.6%	72	84
56	St Petersburg	サンクトペテルブルク	Russia	Russia Baltics	2,514	a	9.7%	48	57
57	Prince Rupert	プリンスルパート	Canada	Canada Pacific Coast	539	a	8.3%	24	-
58	Vancouver BC	バンクーバー	Canada	Canada Pacific Coast	2,825	a	8.3%	24	49
59	Seattle	シアトル	USA	USA North Pacific	1,575	a	8.3%	24	83
60	Tacoma	タコマ	USA	USA North Pacific	1,892	a	8.3%	24	78
61	Oakland	オークランド	USA	USA South Pacific	2,346	a	8.3%	24	62
62	Los Angeles	ロサンゼルス	USA	USA South Pacific	7,869	a	8.3%	24	18
63	Long Beach	ロングビーチ	USA	USA South Pacific	6,731	a	8.3%	24	20
64	Manzanillo (Mexico)	マンサニージョ(メキシコ)	Mexico	Mexico Pacific & Central America	2,136	a	8.3%	24	68
65	Lazaro Cardenas	ラザロカルデナス	Mexico	Mexico Pacific & Central America	1,051	a	8.3%	24	-
66	Balboa	バルボア	Panama	Mexico Pacific & Central America	3,064	a	91.3%	24	45
67	Manzanillo (Panama)/Cristobal/ Colon	マンサニージョ(パナマ)/クリストバル/コロロン	Panama	Mexico Pacific & Central America	3,356	a	84.6%	24	40
68	Puerto Limon	プエルトリモン	Costa Rica	Mexico Pacific & Central America	1,037	a	25.4%	48	-
69	Puerto Cortes	プエルトルテス	Honduras	Mexico Pacific & Central America	571	d	25.4%	48	-
70	Veracruz	ベラクルス	Mexico	North America Atlantic Coast & Carib	867	a	4.1%	24	-
71	Altamira	アルタミラ	Mexico	North America Atlantic Coast & Carib	598	a	4.1%	24	-
72	San Juan	サンファン	USA (Puerto Rico)	North America Atlantic Coast & Carib	1,270	b	25.4%	48	101
73	Caucedo	カウセド	Dominican Rep	North America Atlantic Coast & Carib	1,083	d	25.4%	48	-
74	Kingston	キングストン	Jamaica	North America Atlantic Coast & Carib	1,672	a	82.5%	48	79
75	Freeport	フリーポート	Bahamas	North America Atlantic Coast & Carib	1,400	b	99.0%	48	94
76	Houston	ヒューストン	USA	North America Atlantic Coast & Carib	1,951	a	4.1%	24	74
77	Miami	マイアミ	USA	North America Atlantic Coast & Carib	901	a	7.5%	24	-
78	Port Everglades	ポートエリザベス	USA	North America Atlantic Coast & Carib	928	a	7.5%	24	-
79	Jacksonville	ジャクソンビル	USA	North America Atlantic Coast & Carib	925	a	7.5%	24	-
80	Savannah	サバナ	USA	North America Atlantic Coast & Carib	3,034	a	7.5%	24	46
81	Charleston	チャールストン	USA	North America Atlantic Coast & Carib	1,601	a	7.5%	24	82
82	Virginia (Hampton Roads)	バージニア	USA	North America Atlantic Coast & Carib	2,224	a	7.5%	24	64
83	Baltimore	ボルチモア	USA	North America Atlantic Coast & Carib	705	a	7.5%	24	-
84	New York/New Jersey	ニューヨーク/ニュージャージー	USA	North America Atlantic Coast & Carib	5,467	a	7.5%	24	26
85	Montreal	モントリオール	Canada	North America Atlantic Coast & Carib	1,357	a	7.5%	24	97
86	Buenaventura	ブエナビエンチュラ	Colombia	Mexico Pacific & Central America	533	e1	9.0%	48	-
87	Guayaquil	グアヤキル	Ecuador	Ecuador	1,518	b	9.0%	48	87
88	Callao	カヤオ	Peru	Peru	1,856	a	9.0%	48	75
89	Valparaiso	バルバライソ	Chile	Chile	910	a	9.0%	48	-
90	San Antonio	サンアントニオ	Chile	Chile	1,197	a	9.0%	48	103
91	San Vicente (Concepcion)	サンビセンテ	Chile	Chile	453	d	9.0%	48	-
92	Cartagena	カルタヘナ	Colombia	North America Atlantic Coast & Carib	1,865	a	56.0%	48	71
93	Puerto Cabello	プエルトカベージョ	Venezuela	North America Atlantic Coast & Carib	750	e1	25.4%	48	-
94	Manaus	マナウス	Brazil	Brazil	545	a	10.3%	48	-
95	Rio De Janeiro	リオデジャネイロ	Brazil	Brazil	506	e2(2012)	10.3%	48	-
96	Santos	サントス	Brazil	Brazil	3,446	b	10.3%	48	38
97	Paranagua	パラナグア	Brazil	Brazil	739	a	10.3%	48	-
98	Navegantes	ナベガンテス	Brazil	Brazil	706	d	10.3%	48	-
99	Itajai	イタジャイ	Brazil	Brazil	1,105	a	10.3%	48	108
100	Rio Grande	リオグランデ	Brazil	Brazil	622	a	10.3%	48	-
101	Montevideo	モンテビデオ	Uruguay	Other Southeast Coast of South America	804	a	10.3%	48	-
102	Buenos Aires	ブエノスアイレス	Argentina	Argentina	1,651	b	10.3%	48	81
103	Shahid Rajaei (Bandar Abbas)	バンドラルアッバス	Iran	Arabian Gulf	1,763	b	4.1%	48	76
104	Dammam	ダマム	Saudi Arabia	Arabian Gulf	1,674	a	4.1%	48	80
105	Khalifa Bin Salman	カリファビンサルマン	Bahrain	Arabian Gulf	430	d	4.1%	48	-
106	Mina Zayed (Abu Dhabi)	アブダビ	UAE	Arabian Gulf	787	e2(2012)	4.1%	24	-
107	Dubai/Jebel Ali	ドバイ	UAE	Arabian Gulf	13,600	a	50.5%	24	9
108	Khor Fakkan/Sharjah Combined	コールファッカ	UAE	Arabian Gulf	3,800	b	96.0%	24	35
108-1	Sohar/ Mina Qabos (Mascut)	ソハール	Oman	Arabian Gulf	331	j(2014)	4.1%	24	-
109	Salalah	サララ	Oman	Arabian Gulf	3,343	a	97.5%	24	41
110	Jeddah	ジェッダ	Saudi Arabia	Arabian Gulf	4,561	a	41.0%	48	29
111	Aqaba	アカバ	Jordan	E. Med & Black Sea	883	d	4.1%	48	-
112	El Sokhna	ソフナ	Egypt	Egypt	511	d	14.7%	48	-
113	Port Said	ポートサイド	Egypt	Egypt	4,100	b	86.2%	24	34
114	Damietta	ダミエッタ	Egypt	Egypt	747	d	14.7%	48	-
115	Alexandria/El Dekheila	アレキサンドリア	Egypt	Egypt	1,508	b	14.7%	48	89
116	Tangier/Tangier Med	タンジエ・メド	Morocco	West Med	2,558	b	96.7%	24	55
117	Casablanca	カサブランカ	Morocco	West Med	825	a	10.0%	48	-
118	Las Palmas De Gran Canaria	ラスパルマス	Spain (Canary Is)	West Med	1,017	a	18.9%	24	-
119	Ashdod	アシュドッド	Israel	East Med & Black Sea	1,182	a	14.7%	24	104

120	Haifa	ハイファ	Israel	East Med & Black Sea	1,357	a	14.7%	24	96
121	Beirut	ベイルート	Lebanon	East Med & Black Sea	1,117	a	14.7%	48	107
122	Mersin	メルシン	Turkey	East Med & Black Sea	1,367	d	14.7%	48	95
123	Izmir	イズミール	Turkey	East Med & Black Sea	720	e2(2010)	14.7%	48	-
124	<b>Ambarli/Istanbul/Marport/Kumport/Haydarpasa</b>	<b>イスタンブール</b>	<b>Turkey</b>	<b>East Med &amp; Black Sea</b>	<b>3,378</b>	<b>b</b>	<b>45.6%</b>	<b>48</b>	<b>39</b>
125	Constantza	コンスタンツァ	Romania	East Med & Black Sea	634	d	14.7%	48	-
126	Odessa/Ilichivsk	オデッサ	Ukraine	East Med & Black Sea	535	d	14.7%	48	-
127	Novorossiysk	ノボロシイスク	Russia	East Med & Black Sea	732	a	14.7%	48	-
128	<b>Piraeus</b>	<b>ピレウス</b>	<b>Greece</b>	<b>East Med &amp; Black Sea</b>	<b>3,164</b>	<b>b</b>	<b>82.0%</b>	<b>24</b>	<b>43</b>
129	Koper	コベル	Slovenia	Slovenia	600	a	14.7%	48	-
130	<b>Marsaxlokk</b>	<b>マルサスロクク</b>	<b>Malta</b>	<b>Central Med</b>	<b>2,750</b>	<b>b</b>	<b>95.7%</b>	<b>24</b>	<b>50</b>
131	Cagliari	カリアリ	Italy	Central Med	656	d	19.8%	24	-
132	<b>Gioia Tauro</b>	<b>ジョイータウロ</b>	<b>Italy</b>	<b>Central Med</b>	<b>3,087</b>	<b>b</b>	<b>94.5%</b>	<b>24</b>	<b>44</b>
133	Leghorn (Livorno)	リボルノ	Italy	Central Med	559	e1	19.8%	24	-
134	La Spezia	ラ・スペツィア	Italy	Central Med	1,300	a	19.8%	24	99
135	Genoa	ジェノア	Italy	Central Med	1,988	a	19.8%	24	72
136	Marseilles/Fos	マルセイユ	France	France Mediterranean	1,098	a	19.8%	24	109
137	Barcelona	バルセロナ	Spain	West Med	1,720	a	19.8%	24	77
138	<b>Valencia</b>	<b>バレンシア</b>	<b>Spain</b>	<b>West Med</b>	<b>4,328</b>	<b>a</b>	<b>49.9%</b>	<b>24</b>	<b>31</b>
139	<b>Algeciras</b>	<b>アルヘシラス</b>	<b>Spain</b>	<b>West Med</b>	<b>4,345</b>	<b>a</b>	<b>91.0%</b>	<b>24</b>	<b>30</b>
140	Felixstowe	フェリクストー	UK	United Kingdom	3,740	b	10.2%	24	37
141	London (Tilbury)/Thamesport	ロンドン/テムズポート	UK	United Kingdom	950	e1	10.2%	24	-
142	Southampton	サウザンプトン	UK	United Kingdom	1,491	b	10.2%	24	91
143	Liverpool	リヴァプール	UK	United Kingdom	650	d	10.2%	24	-
144	Dublin	ダーバン	Eire	Ireland	517	a	10.2%	24	-
145	Sines	シネス	Portugal	West Med	931	d	10.2%	24	-
146	Lisbon	リスボン	Portugal	West Med	549	a	10.2%	24	-
147	Leixoes	レイショエス	Portugal	West Med	626	a	10.2%	24	-
148	Bilbao	ビルバオ	Spain	France/Spain North Atlantic	607	a	10.2%	24	-
149	Le Havre	ルアーブル	France	France/Spain North Atlantic	2,600	a	10.2%	24	59
150	Zeebrugge	ゼーブルージュ	Belgium	North Sea	2,026	a	10.2%	24	70
151	<b>Antwerp</b>	<b>アントワープ</b>	<b>Belgium</b>	<b>North Sea</b>	<b>8,578</b>	<b>a</b>	<b>28.5%</b>	<b>24</b>	<b>16</b>
152	<b>Rotterdam</b>	<b>ロッテルダム</b>	<b>Netherlands</b>	<b>North Sea</b>	<b>11,621</b>	<b>a</b>	<b>31.0%</b>	<b>24</b>	<b>11</b>
153	<b>Bremen/Bremerhaven</b>	<b>ブレーメン</b>	<b>Germany</b>	<b>North Sea</b>	<b>5,831</b>	<b>a</b>	<b>61.0%</b>	<b>24</b>	<b>23</b>
154	<b>Hamburg</b>	<b>ハンブルグ</b>	<b>Germany</b>	<b>North Sea</b>	<b>9,257</b>	<b>a</b>	<b>41.9%</b>	<b>24</b>	<b>15</b>
155	Gdansk	グダンスク	Poland	North Sea	1,178	a	9.7%	24	106
156	Kotka	コトカ	Finland	North Sea	627	a	9.7%	24	-
157	Gothenburg	ヨーテボリ	Sweden	North Sea	859	a	9.7%	24	-
158	Abidjan	アビジャン	Cote d'Ivoire	West Africa	676	d	18.9%	48	-
159	Tema	テマ	Ghana	West Africa	670	d	18.9%	48	-
160	Lagos/Apapa/Tin Can Island	ラゴス	Nigeria	West Africa	1,106	d	18.9%	48	-
161	Point Noire	ポワントノワール	Congo, R.	Central Africa	585	d	18.9%	48	-
162	Luanda	ルアンダ	Angola	Angola	650	d	18.9%	48	-
163	Cape Town	ケープタウン	South Africa	Southern Africa	921	a	21.6%	24	-
164	Port Elizabeth/Coega	ポートエリザベス	South Africa	Southern Africa	775	a	21.6%	24	-
165	Durban	ダーバン	South Africa	Southern Africa	2,633	a	21.6%	24	54
165-1	Maputo	マプート	Mozambique	Southern Africa	113	j	21.5%	48	-
165-2	Nacala	ナカラ	Mozambique	Southern Africa	83	j	21.5%	48	-
165-3	Dar es Salam/Zanzibar	ダルエスサラーム	Tanzania	East Africa	526	i	21.5%	48	-
166	Mombasa	モンバサ	Kenya	East Africa	875	d	21.5%	48	-
167	Djibouti	ジブチ	Djibouti	East Africa	780	d	21.5%	48	-
167-1	Port Victoria	ポートビクトリア	Seychelles	Southern African Islands	41	j	21.6%	48	-
167-2	Mutsamudu/Moroni	ムツアムドゥ	Comoros	Southern African Islands	46	j(2010)	21.6%	48	-
167-3	Toamasina	トアマシナ	Madagascar	Southern African Islands	173	i	21.6%	48	-
167-4	Pointe des Galets	ポワント・デ・ガレ	Reunion (France)	Southern African Islands	213	j	21.6%	48	-
167-5	Port Louis	ポートルイス	Mauritius	Southern African Islands	622	i	54.7%	48	-
168	Brisbane	ブリスベン	Australia	Australia	1,085	a	4.8%	24	-
169	Sydney	シドニー	Australia	Australia	2,153	a	4.8%	24	66
170	Melbourne	メルボルン	Australia	Australia	2,492	a	4.8%	24	58
171	Fremantle	フリマントル	Australia	Australia	703	e1	4.8%	24	-
172	Auckland	オークランド	New Zealand	New Zealand	819	e1	4.8%	24	-
173	Tauranga	タウランガ	New Zealand	New Zealand	800	a	4.8%	24	-

(注) 網掛けは南アジアおよび周辺地域の追加ローカル港湾。太字ゴシックは世界の主要トランシップ港湾 (Drewry<sup>2)</sup>による)。太枠内が背後圏輸送サブモデルに含まれる港湾、スーパーネットワークモデル (上位モデル) と海上輸送サブモデルは上表全ての港湾が対象。# (中国本土の港湾) は国際貨物のみ取扱量、他の港湾は内貿貨物も含む。

表 A-2 各港湾における寄港船腹量 (2013年6月ベース, MDS データに基づく)

No. (表 A-1 に同じ)	港湾名 (MDS による, 注 1)	国名	MDS デー タベースに おける出 現頻度(注 2)	コンテナ取 扱量(2013 年, TEU, 表 A-1 に 同じ) A	B/A	年間寄港船腹量(TEU) B			
						うち世界 20 大船社 のシェア	うち南アジア ローカル船社 14社のシェア	うち全対 象船社の シェア	
1	Tokyo	Japan	152	4,861,000	2.36	11,465,905	70.7%	5.3%	76.0%
2	Yokohama	Japan	163	2,888,000	3.92	11,309,408	69.5%	4.5%	74.0%
3	Shimizu	Japan	27	499,000	4.51	2,251,426	65.1%	7.6%	72.8%
4	Nagoya	Japan	133	2,709,000	3.30	8,933,881	63.7%	5.5%	69.3%
5	Osaka	Japan	155	2,485,000	2.23	5,530,040	54.4%	6.5%	61.0%
6	Kobe	Japan	144	2,553,000	3.53	9,024,504	69.4%	5.1%	74.5%
7	Hakata	Japan	55	868,000	2.83	2,458,720	54.8%	10.2%	65.0%
8	Vladivostok	Russia	37	817,000	2.31	1,888,674	71.7%	0.0%	71.7%
9	Pusan	South Korea	383	17,686,000	2.23	39,459,818	80.8%	3.4%	84.2%
10	Kwangyang (Gwangyang)	South Korea	83	2,285,000	5.23	11,943,641	79.0%	5.4%	84.3%
11	Pyeongtaek	South Korea	2	518,000	1.05	545,304	44.2%	0.0%	44.2%
	Pyongtaek	South Korea	17						
12	Incheon	South Korea	79	2,160,000	1.04	2,256,382	32.6%	15.4%	48.0%
13	Dalian	China	81	5,908,850	1.46	8,626,837	76.6%	5.4%	82.0%
14	Tianjin	China	5	7,416,840	1.90	14,071,244	78.2%	4.5%	82.7%
	Xingang	China	107						
15	Yantai	China	13	540,941	2.17	1,176,283	72.7%	0.0%	72.7%
対象外	W Weihai	China	10	524,000	0.81	423,420	1.8%	0.0%	1.8%
	Wei Hai	China	4						
16	Qingdao	China	117	11,182,320	1.69	18,948,600	81.9%	4.1%	86.0%
17	Lianyungang	China	37	3,264,987	0.73	2,377,696	62.0%	2.0%	64.0%
対象外	Zhangjiagang	China	8	991,000	0.42	419,302	17.9%	0.0%	17.9%
	Taicang	China	11						
対象外	Nanjing	China	6	751,000	0.15	115,336	0.0%	0.0%	0.0%
対象外	Wuhan	China	0	565,000	0.00	0	-	-	-
18	Shanghai	China	378	28,910,620	1.88	54,353,891	84.5%	3.3%	87.8%
19	Ningbo	China	198	15,966,600	2.75	43,886,780	88.7%	2.9%	91.6%
20	Fuzhou	China	27	1,205,571	2.77	3,339,033	92.0%	1.5%	93.5%
21	Xiamen	China	98	5,125,120	3.42	17,521,419	88.5%	2.5%	91.0%
22	Shantou	China	16	553,000	1.46	805,104	53.8%	0.0%	53.8%
23	Yantian	China	99	10,796,000	3.17	34,241,402	96.0%	1.4%	97.4%
24	Chiwan	China	47	10,644,000	3.11	33,092,696	86.9%	5.2%	92.1%
	Da chan Bay	China	14						
	Shekou	China	94						
	Shenzhen	China	4						
25	Guangzhou (Canton)	China	3	6,095,600	2.01	12,281,503	90.5%	3.3%	93.8%
	Huangpu	China	9						
	Nansha	China	45						
対象外	Zhongshan	China	0	1,062,000	0.00	0	-	-	-
対象外	Zhuhai	China	1	762,000	0.04	33,956	100.0%	0.0%	100.0%
26	Hong Kong	Hong Kong	383	22,352,000	2.64	59,011,628	83.1%	7.0%	90.1%
27	Keelung	Taiwan	74	1,613,000	3.81	6,152,546	63.8%	17.2%	81.0%
28	Taipei	Taiwan	35	1,029,000	3.66	3,761,102	73.6%	24.0%	97.7%
29	Taichung	Taiwan	64	1,468,000	2.44	3,581,227	42.1%	31.8%	73.9%
30	Kaohsiung	Taiwan	209	9,938,000	2.39	23,730,559	83.5%	7.8%	91.3%
31	Manila	Philippines	92	3,770,000	1.17	4,415,278	62.6%	8.8%	71.3%
32	Cebu	Philippines	39	555,000	1.17	650,153	33.3%	10.2%	43.4%
33	Davao	Philippines	24	569,000	1.85	1,052,223	50.9%	3.0%	53.9%
34	Haiphong	Vietnam	49	1,040,000	2.06	2,143,487	44.4%	10.6%	54.9%
35	Ho Chi Minh City	Vietnam	68	5,542,000	0.95	5,253,532	61.6%	11.8%	73.4%
36	Vung Tau	Vietnam	7	1,268,000	1.92	2,435,075	100.0%	0.0%	100.0%
37	Laem Chabang	Thailand	97	6,041,000	1.54	9,304,871	69.4%	17.4%	86.8%
38	Bangkok	Thailand	42	1,505,000	1.66	2,503,798	50.6%	21.4%	72.1%
39	Pasir Gudang	Malaysia	30	801,000	1.51	1,209,988	34.9%	28.5%	63.4%
40	Tanjung Pelepas	Malaysia	107	7,628,000	2.38	18,142,192	95.8%	3.5%	99.4%
41	Port Klang	Malaysia	241	10,350,000	3.07	31,725,544	78.3%	13.4%	91.7%
42	Penang	Malaysia	28	1,238,000	1.81	2,239,460	53.8%	24.6%	78.4%
43	Jurong	Singapore	0	32,579,000	2.06	67,059,352	84.1%	8.9%	93.0%
	Singapore	Singapore	494						
43-1	Rangoon	Myanmar	16	233,000	2.78	646,589	41.2%	28.5%	69.7%
対象外	Makassar	Indonesia	14	551,000	0.93	511,410	0.0%	0.0%	0.0%
	Ujung Pandang	Indonesia	0						
44	Surabaya	Indonesia	90	3,001,000	0.93	2,791,606	49.0%	9.2%	58.2%
45	Jakarta	Indonesia	106	6,590,000	0.88	5,823,459	58.6%	9.5%	68.1%
46	Belawan	Indonesia	18	899,000	0.75	675,436	40.9%	11.2%	52.1%
47	Chittagong	Bangladesh	15	1,540,000	0.82	1,260,098	76.2%	23.8%	100.0%
47-1	Mongla	Bangladesh	1	44,770	0.63	28,288	100.0%	0.0%	100.0%
48	Kolkata (Calcutta)	India	17	449,000	1.05	469,376	35.4%	53.8%	89.1%
48-1	Haldia	India	6	113,000	1.84	207,397	58.8%	25.9%	84.7%
48-2	Visakhapatnam	India	9	262,000	3.38	886,403	58.5%	38.4%	96.9%
48-3	Krishnapatnam	India	2	59,000	2.69	158,808	55.1%	44.9%	100.0%
49	Chennai	India	28	1,468,000	1.35	1,988,159	53.9%	36.7%	90.5%

49-1	Tuticorin	India	8	508,000	0.96	488,002	18.5%	67.8%	86.2%
49-2	Kochi (Cochin)	India	15	347,000	2.56	889,215	57.5%	27.8%	85.3%
49-3	Mangalore	India	1	50,000	1.72	86,216	0.0%	100.0%	100.0%
	New Mangalore	India	1						
49-4	Mormugao	India	1	19,000	2.95	56,056	0.0%	100.0%	100.0%
50	Nhava Sheva	India	35	4,162,000	1.77	7,349,426	74.2%	21.0%	95.1%
対象外	Mumbai	India	5	40,000	1.92	76,801	0.0%	6.2%	6.2%
50-1	Hazira	India	5	100,000	5.97	596,782	84.7%	5.8%	90.5%
51	Pipavav	India	10	723,000	3.03	2,188,337	71.7%	21.4%	93.0%
51-1	Kandla	India	3	30,000	7.61	228,280	0.0%	100.0%	100.0%
52	Mundra	India	37	2,390,000	2.02	4,823,323	75.9%	20.4%	96.3%
53	Colombo	Sri Lanka	83	4,306,000	2.78	11,985,933	82.4%	15.5%	97.9%
53-1	Male	Maldives	7	79,700	2.33	186,055	46.4%	23.2%	69.5%
54	Port Qasim	Pakistan	9	768,000	2.31	1,776,659	100.0%	0.0%	100.0%
55	Karachi	Pakistan	28	1,586,000	2.03	3,218,134	67.2%	25.3%	92.5%
56	St Petersburg	Russia	68	2,514,000	1.02	2,555,795	43.7%	0.0%	43.7%
57	Prince Rupert	Canada West Coast	6	539,000	1.86	1,002,704	93.0%	3.5%	96.5%
58	Vancouver	Canada West Coast	26	2,825,000	1.79	5,044,055	95.8%	0.0%	95.8%
59	Seattle	United States West Coast	16	1,575,000	2.21	3,486,464	87.6%	0.0%	87.6%
60	Tacoma	United States West Coast	19	1,892,000	1.64	3,098,900	84.2%	0.0%	84.2%
61	Oakland	United States West Coast	42	2,346,000	4.18	9,796,060	90.4%	1.1%	91.5%
62	Los Angeles	United States West Coast	56	7,869,000	1.00	7,878,612	89.8%	0.7%	90.4%
63	Long Beach	United States West Coast	38	6,731,000	0.83	5,602,485	86.5%	4.1%	90.7%
対象外	Honolulu	United States Hawaii	7	1,181,000	0.58	685,350	7.0%	0.0%	7.0%
64	Manzanillo	Mexico West Coast	30	2,136,000	2.86	6,115,722	90.9%	2.5%	93.4%
65	Lazaro Cardenas	Mexico West Coast	14	1,051,000	2.70	2,839,296	95.5%	0.9%	96.4%
66	Balboa	Panama	42	3,064,000	2.25	6,901,836	95.2%	0.3%	95.5%
67	Colon	Panama	12	3,356,100	3.26	10,942,087	88.1%	2.4%	90.5%
	Cristobal	Panama	22						
	Manzanillo	Panama	62						
68	Limon	Costa Rica East Coast	30	1,037,000	1.72	1,779,395	38.7%	0.8%	39.5%
69	Puerto Castilla	Honduras	3	571,000	2.94	1,676,653	44.4%	1.8%	46.1%
	Puerto Cortes	Honduras	22						
70	Veracruz	Mexico East Coast	26	867,000	2.85	2,470,699	86.7%	0.0%	86.7%
71	Altamira	Mexico East Coast	19	598,000	4.00	2,393,315	89.5%	0.0%	89.5%
72	San Juan	Puerto Rico	34	1,270,000	0.81	1,023,829	39.8%	0.0%	39.8%
73	Caucedo	Dominican Republic	30	1,083,000	3.95	4,277,881	91.0%	0.0%	91.0%
74	Kingston	Jamaica	51	1,672,000	2.41	4,030,531	82.0%	0.0%	82.0%
75	Freeport	Bahamas	18	1,400,000	2.06	2,888,617	97.4%	0.0%	97.4%
76	Freeport	United States East Coast	4	1,951,000	2.18	4,254,889	74.5%	0.0%	74.5%
	Galveston	United States East Coast	8						
	Houston	United States East Coast	94						
77	Miami	United States East Coast	48	901,000	3.34	3,011,504	74.1%	0.0%	74.1%
78	Port Everglades	United States East Coast	52	928,000	3.30	3,064,764	72.6%	1.4%	74.0%
79	Jacksonville	United States East Coast	47	925,000	2.66	2,462,009	75.6%	0.0%	75.6%
80	Savannah	United States East Coast	60	3,034,000	3.38	10,258,543	93.4%	0.0%	93.4%
81	Charleston	United States East Coast	35	1,601,000	4.45	7,125,903	97.2%	0.3%	97.5%
82	Norfolk	United States East Coast	50	2,224,000	4.25	9,441,491	95.5%	0.0%	95.5%
83	Baltimore	United States East Coast	42	705,000	3.52	2,484,247	71.0%	0.8%	71.9%
84	New York/New Jersey	United States East Coast	92	5,467,000	2.24	12,235,713	91.0%	0.2%	91.1%
85	Montreal	Canada East Coast	16	1,357,000	0.88	1,189,635	89.2%	0.0%	89.2%
86	Buenaventura	Colombia	19	533,000	5.18	2,759,355	88.9%	2.7%	91.6%
87	Guayaquil	Ecuador	32	1,518,000	1.78	2,702,346	76.3%	1.6%	77.9%
88	Callao	Peru	37	1,856,000	2.88	5,337,411	88.6%	3.3%	91.8%
89	Valparaiso	Chile	9	910,000	1.46	1,332,850	77.9%	1.9%	79.9%
90	San Antonio	Chile	14	1,197,000	1.97	2,361,650	86.3%	5.9%	92.2%
91	San Vicente	Chile	6	453,000	3.04	1,378,102	84.7%	3.2%	87.9%
92	Cartagena	Colombia	47	1,865,000	2.47	4,598,095	76.9%	2.2%	79.1%
93	Puerto Cabello	Venezuela	23	750,000	1.37	1,027,441	73.4%	4.8%	78.2%
94	Manaus	Brazil	8	545,000	1.24	677,590	84.1%	0.0%	84.1%
95	Rio de Janeiro	Brazil	25	506,000	7.78	3,937,250	88.6%	0.0%	88.6%
96	Santos	Brazil	54	3,446,000	3.04	10,472,733	91.4%	0.2%	91.6%
97	Paranagua	Brazil	15	739,000	5.10	3,770,184	91.1%	0.0%	91.1%
98	Navegantes	Brazil	13	706,000	3.93	2,773,461	93.6%	0.0%	93.6%
99	Itajai	Brazil	9	1,105,000	0.99	1,091,905	77.5%	0.0%	77.5%
100	Rio Grande	Brazil	16	622,000	5.57	3,465,558	87.5%	0.7%	88.2%
101	Montevideo	Uruguay	30	804,000	4.93	3,966,011	91.9%	0.0%	91.9%
102	Buenos Aires	Argentina	36	1,651,000	2.86	4,730,047	88.1%	0.0%	88.1%
103	Bandar Abbas	Iran	30	1,763,000	1.00	1,768,985	24.0%	26.9%	50.9%
104	Dammam	Saudi Arabia	37	1,674,000	1.97	3,297,784	83.1%	13.5%	96.6%
105	Bahrain	Bahrain	24	430,000	3.39	1,456,559	84.5%	11.4%	96.0%
106	Abu Dhabi	United Arab Emirates	26	787,000	0.92	726,133	60.8%	8.3%	69.1%
	Mina Zayed	United Arab Emirates	2						
107	Dubai	United Arab Emirates	14	13,600,000	1.41	19,148,802	80.6%	11.2%	91.8%
	Jebel Ali	United Arab Emirates	178						
108	Khor Fakkan	United Arab Emirates	38	3,800,000	1.63	6,184,091	88.7%	5.7%	94.4%
	Sharjah	United Arab Emirates	17						
108-1	Mina Qaboos (Muscat)	Oman	26	330,600	6.26	2,069,162	60.9%	20.0%	80.9%
	Sohar	Oman	8						

109	Salalah	Oman	33	3,343,000	2.55	8,535,912	97.5%	1.8%	99.3%
110	Jeddah	Saudi Arabia	91	4,561,000	3.53	16,094,278	96.0%	1.0%	97.0%
111	Aqaba	Jordan	24	883,000	2.23	1,965,354	86.5%	2.2%	88.7%
112	El Sokhna	Egypt	6	511,000	2.61	1,333,770	96.5%	1.8%	98.2%
113	Port Said	Egypt	99	4,100,000	2.78	11,380,477	90.3%	0.0%	90.3%
114	Damietta	Egypt	25	747,000	3.52	2,630,875	85.1%	0.0%	85.1%
115	Alexandria	Egypt	61	1,508,000	2.64	3,979,435	61.4%	0.0%	61.4%
	El Dekheila	Egypt	5						
116	Tanger Med	Morocco	61	2,558,000	3.49	8,923,465	91.0%	1.0%	92.0%
	Tangier	Morocco	6						
117	Casablanca	Morocco	34	825,000	1.67	1,376,968	49.3%	4.7%	54.0%
118	Las Palmas	Spain	48	1,017,000	2.88	2,928,096	71.6%	2.6%	74.2%
119	Ashdod	Israel	36	1,182,000	3.28	3,878,803	78.0%	0.0%	78.0%
120	Haifa	Israel	40	1,357,000	2.80	3,804,758	76.8%	0.0%	76.8%
121	Beirut	Lebanon	35	1,117,000	2.90	3,244,080	84.2%	0.0%	84.2%
122	Mersin	Turkey	60	1,367,000	2.76	3,779,094	61.1%	0.0%	61.1%
123	Izmir	Turkey	45	720,000	4.07	2,928,501	54.3%	0.0%	54.3%
124	Ambarli	Turkey	59	3,378,000	2.24	7,552,889	74.5%	1.1%	75.6%
	Istanbul	Turkey	26						
125	Constantza	Romania	19	634,000	2.66	1,688,579	79.3%	4.9%	84.2%
126	Ilichevsk	Ukraine	8	535,000	4.00	2,141,449	86.5%	3.9%	90.4%
	Odessa	Ukraine	9						
127	Novorossiysk	Russia	23	732,000	1.55	1,137,592	56.6%	3.6%	60.2%
128	Piraeus	Greece	111	3,164,000	1.83	5,777,729	81.7%	1.4%	83.1%
129	Koper	Slovakia	25	600,000	2.54	1,526,653	74.7%	1.7%	76.4%
130	Marsaxlokk	Malta	64	2,750,000	2.29	6,297,332	91.4%	0.0%	91.4%
131	Cagliari	Italy	41	656,000	5.58	3,661,322	64.7%	2.7%	67.4%
132	Gioia Tauro	Italy	44	3,087,000	1.72	5,320,593	91.5%	4.8%	96.3%
133	Leghorn	Italy	58	559,000	5.95	3,328,435	72.1%	1.5%	73.6%
134	La Spezia	Italy	39	1,300,000	3.25	4,228,325	92.4%	0.0%	92.4%
135	Genoa	Italy	92	1,988,000	3.32	6,594,552	82.0%	0.8%	82.8%
136	Fos	France	31	1,098,000	5.03	5,520,838	83.6%	1.3%	84.8%
	Marseilles	France	58						
137	Barcelona	Spain	96	1,720,000	3.83	6,585,428	86.2%	1.2%	87.4%
138	Valencia	Spain	115	4,328,000	2.69	11,640,042	86.5%	0.8%	87.3%
139	Algeciras	Spain	112	4,345,000	2.67	11,605,323	88.0%	1.2%	89.2%
140	Felixstowe	United Kingdom	66	3,740,000	3.07	11,475,718	82.8%	2.1%	84.9%
141	Thamesport	United Kingdom	14	950,000	4.82	4,583,465	72.0%	2.5%	74.5%
	Tilbury	United Kingdom	43						
142	Southampton	United Kingdom	65	1,491,000	3.54	5,277,649	90.1%	1.2%	91.3%
143	Liverpool	United Kingdom	29	650,000	2.90	1,883,187	40.8%	0.8%	41.6%
144	Dublin	Ireland	29	517,000	2.97	1,536,310	16.1%	4.2%	20.4%
145	Sines	Portugal	15	931,000	2.55	2,375,439	85.0%	0.0%	85.0%
146	Lisbon	Portugal	51	549,000	3.77	2,069,653	47.9%	2.2%	50.1%
147	Leixoes	Portugal	47	626,000	2.53	1,582,989	35.8%	2.9%	38.7%
148	Bilbao	Spain	35	607,000	1.50	912,075	30.5%	2.9%	33.4%
149	Le Havre	France	89	2,600,000	4.56	11,861,504	92.5%	0.1%	92.7%
150	Zeebrugge	Belgium	59	2,026,000	2.80	5,674,106	59.9%	0.0%	59.9%
151	Antwerp	Belgium	243	8,578,000	2.06	17,674,573	80.5%	1.5%	82.0%
152	Rotterdam	Netherlands	264	11,621,000	2.16	25,123,420	82.5%	1.3%	83.7%
対象外	Duisburg	Germany	1	3,000,000	0.01	32,448	0.0%	0.0%	0.0%
153	Bremen	Germany	13	5,831,000	2.23	13,007,639	83.9%	0.4%	84.4%
	Bremerhaven	Germany	162						
154	Hamburg	Germany	182	9,257,000	1.96	18,140,978	81.9%	1.4%	83.3%
155	Gdansk	Poland	17	1,178,000	1.10	1,292,436	88.1%	0.0%	88.1%
156	Kotka	Finland	23	627,000	1.91	1,194,957	54.1%	0.0%	54.1%
157	Gothenburg	Sweden	48	859,000	2.98	2,559,164	62.0%	1.9%	63.9%
158	Abidjan	Cote D'Ivoire	37	676,000	3.68	2,484,679	76.8%	0.0%	76.8%
159	Tema	Ghana	20	670,000	2.58	1,727,127	90.7%	0.0%	90.7%
160	Apapa	Nigeria	14	1,106,000	2.80	3,093,166	88.4%	0.0%	88.4%
	Lagos	Nigeria	13						
	Tin Can Island	Nigeria	10						
161	Pointe Noire	Congo	35	585,000	2.52	1,473,075	68.0%	0.0%	68.0%
162	Luanda	Angola	32	650,000	2.63	1,707,500	63.2%	0.0%	63.2%
163	Cape Town	South Africa	26	921,000	3.29	3,029,528	82.1%	1.9%	84.0%
164	Coega	South Africa	10	775,000	4.38	3,397,450	87.9%	1.7%	89.6%
	Port Elizabeth	South Africa	27						
165	Durban	South Africa	66	2,633,000	1.93	5,070,238	83.7%	1.5%	85.3%
165-1	Maputo	Mozambique	12	113,000	4.31	487,503	68.1%	4.5%	72.6%
165-2	Nacala	Mozambique	6	83,000	5.53	459,138	87.5%	11.0%	98.5%
165-3	Dar es Salaam	Tanzania	18	526,000	2.64	1,386,387	70.3%	17.1%	87.4%
	Zanzibar	Tanzania	3						
166	Mombasa	Kenya	22	875,000	1.72	1,506,256	76.4%	10.5%	86.9%
167	Djibouti	Djibouti	22	780,000	3.64	2,842,175	93.8%	0.3%	94.1%
167-1	Port Victoria	Seychelles	4	41,000	8.64	354,217	78.2%	20.3%	98.5%
167-2	Mutsamudu	Comoros	7	46,000	1.79	82,343	31.4%	10.8%	42.2%
167-3	Toamasina	Madagascar	14	173,000	3.75	649,279	89.5%	7.8%	97.3%
167-4	Pointe des Galets	Reunion	21	213,000	4.12	876,993	88.6%	3.3%	91.9%
167-5	Port Louis	Mauritius	34	622,000	4.66	2,899,790	90.3%	1.7%	92.0%

168	Brisbane	Australia	59	1,085,000	3.98	4,321,029	83.0%	2.0%	85.0%
169	Sydney	Australia	39	2,153,000	1.95	4,196,250	89.3%	2.1%	91.4%
170	Melbourne	Australia	56	2,492,000	1.97	4,905,852	82.6%	1.8%	84.3%
171	Fremantle	Australia	30	703,000	3.41	2,397,575	84.8%	0.7%	85.5%
172	Auckland	New Zealand	38	819,000	2.42	1,983,441	80.6%	0.0%	80.6%
173	Tauranga	New Zealand	27	800,000	2.45	1,962,514	86.7%	0.0%	86.7%

(注1) MDS データでは複数の港湾に分かれていても、本モデルでは同一の港湾として扱う場合がある。

(注2) 当該港が MDS データ上でサービスの起終点となっている場合は 1 寄港で 2 回カウントされているため、あくまで目安としての数値である。



表 A-3 国別に設定する変数とその設定値一覧

国番号	国名	港湾荷役				国境通過							
		所要日数		費用 (US\$/TEU)		所要日数 $TB_a$				費用 (US\$/TEU) $CB_a$			
		輸出 $TPX_i$	輸入 $TPM_i$	輸出 $CHX_{oi}$	輸入 $CHM_{oi}$	輸出		輸入		輸出		輸入	
				書類準備	税関手続	書類準備	税関手続	書類準備	税関手続	書類準備	税関手続		
1	日本	2	2	250	250	5	2	5	2	120	75	140	135
2	韓国	2	2	100	100	3	1	2	1	55	15	65	30
5	中国	3	3	140	140	14	2	15	4	305	80	260	80
6	香港	2	1	265	265	2	1	2	1	105	0	100	0
8	台湾	2	2	180	180	5	1	5	1	175	100	240	100
9	フィリピン	3	3	225	200	8	2	8	2	105	85	90	185
10	ベトナム	3	4	150	175	12	4	12	4	160	100	130	95
13	タイ	3	2	160	160	8	1	8	2	175	50	135	255
14	マレーシア	2	2	120	120	5	1	3	1	85	60	120	60
15	シンガポール	1	1	150	150	2	1	1	1	120	50	100	50
16	ミャンマー	3	6	165	165	12	3	10	4	175	80	165	80
17	インドネシア	2	4	165	165	11	1	13	4	165	125	210	125
20	バングラデシュ	7.5	10.5	450	650	14	6	18	6	225	150	370	150
21	ブータン	-	-	-	-	16	3	16	4	350	180	250	380
22	ネパール	-	-	-	-	14	4	14	5	295	300	250	300
231	インド	4	8	143	143	9	5	11	10	224	95	254	114
232		4	8	143	143	11	2	7	4	217	59	242	57
233		4	4	125	115	17	2	13	3	228	57	263	57
234		4	4	125	115	14	4	10	3	252	61	276	100
235		7	4	108	102	15	4	13	2	210	57	248	68
236		4	4	125	115	14	4	12	3	206	66	241	100
237		3	6	175	200	8	2	8	4	350	120	390	120
238		3	4	318	307	9	3	10	2	217	93	250	102
24	スリランカ	3	2	185	185	9	2	7	2	135	160	140	285
241	モルジブ	6	8	500	550	9	4	9	4	375	200	460	200
25	パキスタン	4	3	115	150	10	3	10	2	110	200	155	220
26	ロシア	3	2	480	490	13	1	12	2	200	550	285	650
33	米国	2	1	400	420	2	1	2	1	230	60	205	90
34	カナダ	1	2	600	650	4	1	3	1	295	35	205	75
35	メキシコ	2	3	200	300	5	2	4	2	200	150	290	200
36	コスタリカ	3	3	220	250	6	2	7	2	240	105	215	155
39	パナマ	1	1	65	265	5	1	6	1	160	50	150	200
41	ホンジュラス	1	2	50	215	8	2	8	4	260	135	255	130
43	プエルトリコ	3	3	450	500	6	4	8	2	250	275	250	275
44	ドミニカ共和国	1	2	325	410	3	2	5	2	215	200	235	200
45	バハマ	4	2	200	950	10	3	7	3	375	130	300	220
46	ジャマイカ	3	2	495	740	10	4	10	3	450	235	490	550
48	ペルー	3	5	330	395	5	2	7	3	150	130	150	185
49	チリ	3	3	210	210	7	2	5	2	220	100	170	100
51	エクアドル	2	4	360	320	10	4	15	4	375	200	350	250
52	コロンビア	3	2	170	150	5	2	6	2	300	350	250	170
53	ベネズエラ	12	15	800	800	34	7	54	10	690	500	695	700
54	アルゼンチン	2	3	550	800	6	2	22	3	450	150	610	400
55	ブラジル	3	3	500	500	6	3	8	4	325	400	275	450
56	ウルグアイ	3	3	350	450	8	2	7	3	325	250	440	250
60	イラン	4	5	225	250	12	2	24	2	270	175	330	220
61	バーレーン	2	3	110	110	6	2	8	3	380	70	380	110
65	アラブ首長国連邦	1	1	190	190	4	1	4	1	230	30	190	30
66	サウジアラビア	4	3	75	174	6	1	6	6	145	115	135	200
67	オマーン	3	2	135	105	5	1	5	1	285	65	250	65
69	ヨルダン	3	2	110	130	6	2	8	3	135	80	385	65
70	イスラエル	3	3	200	200	4	1	4	1	110	110	120	70
71	レバノン	4	6	125	400	11	3	16	6	370	285	315	400
74	トルコ	3	3	270	355	6	2	8	2	220	200	280	200
78	ギリシャ	2	3	300	380	11	1	8	2	160	230	140	265
79	イタリア	3	3	345	345	11	2	10	2	180	145	130	145
80	ポルトガル	5	5	260	260	7	1	6	1	195	125	200	265
81	スペイン	2	2	250	250	4	1	4	2	30	18	30	18
86	ルーマニア	3	2	300	300	7	1	8	1	410	75	420	75
87	スロベニア	3	3	200	200	10	1	9	1	135	60	195	85
88	モロッコ	2	2	250	350	6	1	10	2	125	100	300	150
94	エジプト	2	3	170	250	7	1	8	2	125	100	210	100
96	マルタ	2	2	275	410	6	1	4	2	280	50	260	50

98	ベルギー	2	2	300	300	3	1	4	1	190	100	270	100
100	フィンランド	2	2	160	160	4	1	3	1	170	85	180	85
101	フランス	3	3	315	315	4	1	5	1	310	80	300	150
102	ドイツ	2	1	250	250	4	1	3	1	175	30	185	55
103	英国	2	1	205	205	3	1	2	1	175	75	180	75
104	アイルランド	1	2	220	253	5	1	5	1	205	185	165	70
106	オランダ	1	1	260	250	4	1	3	1	160	90	220	90
107	スウェーデン	2	2	200	200	3	1	2	1	120	55	130	55
111	ポーランド	3	2	140	140	10	1	9	1	145	65	120	65
116	ウクライナ	3	3	430	600	22	1	20	2	250	300	555	350
130	ガーナ	3	8	100	100	10	4	26	5	125	150	310	450
131	コートジボワール	3	6	800	1000	15	5	19	7	290	200	410	300
133	ナイジェリア	4	5	450	605	12	3	14	12	280	350	330	360
139	コンゴ共和国	4	6	365	900	32	8	34	10	790	400	690	400
142	アンゴラ	6	8	400	500	25	5	25	7	560	400	825	400
147	ジブチ	3	3	270	270	13	2	11	2	295	170	320	170
150	ケニア	6	8	375	390	12	4	11	3	305	375	250	510
151	マダガスカル	2	2	225	550	15	2	14	3	200	270	190	315
153	モリシャス	2	2	175	175	5	1	5	1	285	75	295	100
154	モザンビーク	4	5	320	400	12	2	16	2	230	250	490	340
157	タンザニア	4	7	320	540	8	4	13	5	270	250	575	250
161	南アフリカ	4	9	285	450	8	2	7	2	355	65	405	125
216	レユニオン	7	8	215	220	5	3	4	4	260	130	225	130
219	セイシェル	7	8	215	220	5	3	4	4	260	130	225	130
220	コモロ	8	10	630	630	15	5	11	2	265	150	265	150
163	オーストラリア	1	2	400	400	5	1	3	1	285	65	200	170
164	ニュージーランド	2	1	300	300	5	1	5	1	220	50	175	50

出典：世界銀行 Doing Business データベース（2015年9月取得）

表 A-4 海上輸送サブモデル対象船社一覧

No.	グループ	代表船社	該当船社(子会社等を含む)	MDS データに基づく 年間就航船腹量 (2013年, 千TEU)	世界 シェア
1	Group A	Maersk	Maersk Line, Norfolkline Ferries, Safmarine Container Lines, MCC Transport, Mercosul Line	17,208	9.9%
2	Group B	MSC	Mediterranean Shipping Co (MSC)	15,994	9.2%
3	Group C	CMA-CGM	CMA-CGM, ANL Container Line, China Navigatrion Co.(CNC Line), Campagrie Marocaine de Navigation (Comanav), Delmas, MacAndrews, FAS, Gemartrans, OT Africa Line, US Lines	13,027	7.5%
4	Group D	Evergreen	Evergreen Marine, Italia Marittima (LT), Jatsu Marine	7,167	4.1%
5	Group E	Hapag-Lloyd	Hapag-Lloyd, CP Ships	4,808	2.8%
6	Group F	APL	APL	4,640	2.7%
7	Group G	CSAV	CSAV (Compania Sud Americana de Vapores), CSAV Norasis Liner Services	2,378	1.4%
8	Group H	Cosco	Cosco Container Lines, Shanghai Panasia	5,854	3.4%
9	Group I	Hanjin	Hanjin Shipping, Senator Lines	4,411	2.5%
10	Group J	CSCL	China Shipping Container Lines (CSCL), Shanghai Puhai	4,480	2.6%
11	Group K	MOL	Mitsui-OSK Lines, Meimon Taiyo Ferry, Shosen Mitsui Ferry	3,706	2.1%
12	Group L	NYK	Nippon Yusen Kaisha (NYK), Tokyo Senpaku Kaisha (TSK), NYK-Hinode Line, NYKLauritzenCool, Kinkai Yusen	4,599	2.7%
13	Group M	OOCL	Orient Overseas Container Line (OOCL)	3,208	1.9%
14	Group N	Hamburg-Sud	Hamburg-Sud, Alianca Transportes Maritimos, Crowley Liner Services, Ybarra y Cia Sudamerica	3,033	1.8%
15	Group O	K-Line	Kawasaki Kisen Kaisha, Kawasaki Kinkai Kisen Kaisha	3,717	2.1%
16	Group P	Yang Ming	Yang Ming Marine Transport Corp, Kuang Ming Shipping	2,825	1.6%
17	Group Q	ZIM	Zim Integrated Shipping Services, Gold Star Line, Laurel Navigation	3,176	1.8%
18	Group R	HMM	Hyundai Merchant Marine	2,998	1.7%
19	Group S	PIL	Pacific International Lines (PIL), Advance Container Line, Pacific Direct Line Ltd	2,025	1.2%
20	Group T	UASC	United Arab Shipping Co (UASC)	2,193	1.3%
21	Group U	X-Press	X-Press Feeders	426	0.2%
22	Group V	Bengal Tiger	Bengal Tiger Line	450	0.3%
23	Group W	OEL	Orient Express Lines	477	0.3%
24	Group X	Emirates	Emirates Shipping Line	2,267	1.3%
25	Group Y	Wan Hai	Wan Hai Lines	186	0.1%
26	Group Z	SCI	Shipping Corp of India	165	0.1%
27	Group AA	DAL	DAL Deutsche Afrika-Linien	366	0.2%
28	Group AB	Hub	Hubline	1,061	0.6%
29	Group AC	RCL	Regional Container Lines	780	0.5%
30	Group AD	Samudera	Samudera Indonesia	219	0.1%
31	Group AE	Shreyas	Shreyas Shipping	766	0.4%
32	Group AF	Simatech	Simatech Shipping	611	0.4%
33	Group AG	STX	STX Pan Ocean Shipping	57	0.0%
34	Group AH	Far Shipping	Far Shipping	84	0.0%
その他船社				53,831	31.1%
世界総計				173,192	100.0%

表 A-5 国際海上コンテナ貨物輸送需要作成時の WTS データ地域集約結果

集約後の国・地域名	年間コンテナ貨物取扱量 (2013年, 千 TEU)			WTS データベースにおいて該当する国・地域	本モデルに 含まれる 港湾数
	A. WTS データ 集計値	B. 表 A-1 に基 づく集計値 (トラン シップおよび空コ ンテナは除く)	B/A		
Angola (アンゴラ)	425	400	0.94	Angola	1
Arabian Gulf (アラビア湾)	10,336	10,975	1.06	Bahrain; Central Asia; Kuwait; Other Western Asia; Qatar; Saudi Arabia; Southern Arabian Peninsula; United Arab Emirates	9
Argentina (アルゼンチン)	1,203	1,126	0.94	Argentina	1
Australia (オーストラリア)	4,023	4,656	1.16	Australia; Pacific Islands	4
Bangladesh (バングラデシュ)	1,190	1,142	0.96	Bangladesh	2
Brazil (ブラジル)	5,020	5,228	1.04	Brazil	7
Central Med (地中海中部)	3,598	2,962	0.82	Italy; Malta; Tunisia	6
Canada Pacific Coast (カナダ太平洋岸)	1,966	2,344	1.19	Canada Pacific Coast	2
Central Africa (アフリカ中部)	610	360	<b>0.59</b>	Central Africa – North; Central Africa - South	1
Chile (チリ)	2,127	1,770	0.83	Bolivia; Chile	3
China (中国)	52,004	77,732	<b>1.49</b>	China; Hong Kong	14
East Med& Black Sea (地中海東部および黒海)	7,967	7,429	0.93	Russia Black Sea; South Caucasus; Moldova; Romania; Ukraine; Albania; Bulgaria; Cyprus; Greece; Israel; Other Europe; Other Mediterranean; Turkey	11
East Africa (アフリカ東部)	1,405	1,301	0.93	East Africa –Center (Tanzania, Uganda, etc.); East Africa – North (Sudan, Djibouti, etc.); Kenya	3
Ecuador (エクアドル)	772	1,050	1.36	Ecuador	1
Egypt (エジプト)	2,434	2,223	0.91	Egypt	4
France Mediterranean (フランス地中海岸)	655	669	1.02	France Mediterranean	1
France/Spain North Atlantic (フランス・スペイン大西洋岸)	2,361	2,189	0.93	France Atlantic/North Sea; Spain North Atlantic	2
India (インド)	5,053	7,654	<b>1.51</b>	India	14
Indian Subcontinent Islands (インド洋諸島)	518	883	<b>1.71</b>	Indian Subcontinent Islands (Sri Lanka, Maldives)	2
Indonesia (インドネシア)	6,715	7,215	1.07	Indonesia	3
Ireland (アイルランド)	279	353	1.27	Ireland	1
Japan (日本)	11,561	11,576	1.00	Japan	7
Malaysia (マレーシア)	4,225	4,778	1.13	Malaysia	4
Mexico Pacific & Central America (メキシコ太平洋岸および中米)	3,919	4,097	1.05	Mexico Pacific; Belize and Guatemala; El Salvador, Honduras, and Nicaragua; Costa Rica and Panama; Colombia Pacific Coast	7
New Zealand (ニュージーランド)	1,337	1,172	0.88	New Zealand	2
North America Atlantic Coast & Carib (北米大西洋岸およびカリブ海沿岸諸国)	22,264	17,153	<b>0.77</b>	Canada Atlantic Coast; Great Lakes (USA); North Atlantic (USA); South Atlantic (USA); Gulf (USA); Mexico Gulf Coast; Greater Antilles, Bahamas, and Bermuda; Lesser Antilles; Colombia Atlantic Coast; Other Northeast Coast of South America; Venezuela	18
North Sea (北海沿岸諸国)	17,042	19,780	1.16	Austria; Baltics; Belarus; Belgium; Czech Republic; Denmark; Finland; Germany; Netherlands; Norway; Poland; Slovak Republic; Sweden; Switzerland	8
Other Southeast Asia (その他東南アジア)	174	160	0.92	Other Southeast Asia (Brunei, Cambodia, East Timor, Myanmar, Papua New Guinea)	1
Other Southeast Coast of South America (その他南米東南岸諸国)	444	548	1.23	Other Southeast Coast of South America (Uruguay, Paraguay)	1
Pakistan (パキスタン)	1,430	1,724	1.21	Afghanistan, Bhutan, and Nepal; Pakistan	2
Peru (ペルー)	1,253	1,284	1.02	Peru	1
Philippines (フィリピン)	2,016	3,366	<b>1.67</b>	Philippines	3
Russia Baltics (ロシアバルト海岸)	1,997	1,724	0.86	Russia Baltics (St. Petersburg)	1
Singapore (シンガポール)	3,726	3,763	1.01	Singapore	1
Slovenia (スロベニア)	435	389	0.90	Croatia; Hungary; Slovenia	1
South Korea (韓国)	10,801	10,761	1.00	South Korea; Other Northeast Asia (Mongolia, North Korea, etc.); Russia Pacific	5
Southern Africa (アフリカ南部)	2,452	2,697	1.10	East Africa – South (Mozambique, etc.); Southern Africa (South Africa, Namibia, etc.)	5
Southern African Islands (アフリカ南部島嶼国)	287	496	<b>1.73</b>	Southern African Islands (Madagascar, Malicious, etc.)	5
Taiwan (台湾)	5,652	6,852	1.21	Taiwan	4

Thailand (タイ)	6,105	5,190	0.85	Thailand	2
United Kingdom (英国)	3,717	4,662	1.25	United Kingdom	4
USA_North Pacific (米国太平洋岸北)	2,474	2,415	0.98	North Pacific (USA) (OR, WA, etc.)	2
USA_South Pacific (米国太平洋岸南)	11,052	11,806	1.07	South Pacific (USA) (CA, HI, etc.)	3
Vietnam (ベトナム)	4,755	5,399	1.14	Vietnam	3
West Africa (アフリカ西部)	3,309	1,511	0.46	Benin and Togo; Burkina Faso, Mali, and Niger; Cote d'Ivoire; Ghana; Nigeria; Other Western Africa; Senegal	3
West Med (地中海西部)	4,773	5,684	1.19	Algeria; Morocco; Portugal; Spain Med/South Atlantic	9
<b>Total</b>	<b>237,861</b>	<b>268,648</b>	<b>1.13</b>	<b>117 zones</b>	<b>194</b>

表 A-6 南アジア州別相手国別国際海上コンテナ輸出貨物量 (TEU, 2013 年, 各種資料に基づき筆者ら推計)

	Angola	Argentina	Australia	Bahamas	Bahrain	Bangladesh	Belgium	Bhutan	Brazil	Canada	Chile	China
Khulna	0	7	952	4	41	0	2,252	0	269	727	40	3,103
Sylhet	0	2	407	2	17	0	957	0	115	311	16	1,318
Dhaka	0	107	4,324	18	180	0	9,898	0	1,199	3,691	174	13,009
Mymensingh	0	3	474	2	21	0	1,129	0	133	366	19	1,554
Chittagong	0	23	1,718	7	72	0	3,966	0	481	1,353	71	5,406
Barisal	0	2	424	2	18	0	1,010	0	119	321	18	1,414
Rajshahi	0	14	1,071	5	46	0	2,541	0	300	873	43	3,373
Rangpur	0	4	770	3	34	0	1,860	0	218	590	32	2,543
Bangladesh Total	0	162	10,140	43	430	0	23,614	0	2,832	8,233	415	31,720
Central	2	7	378	1	43	75	265	6	78	202	48	282
Eastern	2	4	108	1	35	60	218	2	42	100	24	186
North Central	1	3	98	1	24	41	148	1	30	74	18	131
North Western	2	10	602	1	47	84	289	10	104	277	67	341
Northern	1	2	42	0	16	27	98	0	19	46	11	88
Sabaragamuwa	2	7	333	1	38	68	237	5	68	174	42	243
Southern	4	7	178	1	62	107	387	6	68	158	39	308
Uva	1	3	111	1	26	45	161	1	33	79	19	140
Western	22	56	2,217	10	406	709	2,536	399	576	1,408	345	2,267
Sri Lanka Total	38	99	4,066	17	695	1,215	4,340	431	1,019	2,518	614	3,986
Andaman and Nicobar	6	5	24	0	11	15	42	0	25	38	9	269
Andhra Pradesh	213	191	781	10	407	560	1,406	2	824	1,132	302	8,898
Arunachal Pradesh	10	9	36	0	20	28	69	0	38	57	14	408
Assam	5	4	19	0	10	14	34	0	22	28	7	201
Bihar	1	1	4	0	2	3	7	0	4	6	1	43
Chandigarh	9	8	31	0	17	24	66	0	35	50	13	378
Chhattisgarh	6	6	22	0	12	16	41	0	26	32	8	249
Dadra and Nagar Haveli	8	7	29	0	15	21	56	0	33	44	11	333
Daman and Diu	1	1	4	0	3	4	9	0	5	7	2	59
Delhi	1,398	1,229	5,031	72	2,593	3,529	12,250	101	5,450	8,758	2,090	56,704
Goa	19	20	68	1	40	55	129	0	73	93	29	863
Gujarat	335	318	1,181	14	614	830	2,414	11	1,412	1,737	470	13,316
Haryana	114	108	451	6	270	368	945	4	451	687	180	4,943
Himachal Pradesh	4	4	12	0	7	10	29	0	13	20	5	155
Jharkhand	2	2	8	0	5	6	14	0	9	11	3	89
Karnataka	754	670	2,856	34	1,441	1,981	4,954	22	2,980	4,016	1,070	31,488
Kerala	64	54	237	3	113	155	410	1	251	345	88	2,607
Lakshadweep	7	6	26	0	13	17	44	0	28	37	10	288
Madhya Pradesh	39	36	140	2	79	107	290	0	150	219	58	1,636
Maharashtra	2,713	2,607	9,921	119	5,381	7,374	19,113	419	10,865	14,346	3,957	113,431
Manipur	9	7	32	0	19	25	59	0	35	50	12	349
Meghalaya	1	1	4	0	2	3	7	0	4	5	1	39
Mizoram	11	9	38	1	23	31	74	0	41	61	15	436
Nagaland	0	0	2	0	1	1	3	0	2	3	1	18
Orissa	19	17	68	1	37	51	123	0	76	98	26	760
Pondicherry	5	7	21	0	14	20	40	0	19	29	10	305
Punjab	174	145	635	9	310	419	1,518	2	718	1,080	251	6,575
Rajasthan	39	35	140	2	73	99	318	0	154	232	57	1,561
Sikkim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Tamil Nadu	622	513	2,514	34	1,101	1,517	4,661	13	2,578	3,925	936	24,618
Tripura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uttar Pradesh	98	96	352	4	216	294	735	1	364	541	150	4,290
Uttaranchal	2	3	8	0	5	7	17	0	8	12	4	107
West Bengal	222	187	822	11	437	596	1,526	4	882	1,243	310	8,625
India Total	6,913	6,308	25,519	325	13,291	18,179	51,404	582	27,578	38,940	10,104	284,041
Nepal	1	1	4	1	1	64	2	0	7	3	3	13
Bhutan	0	1	63	0	0	0	152	0	18	53	3	218

	Colombia	Comoros	Congo, R.	Costa Rica	Djibouti	Dominican	Ecuador	Egypt	Eire	Finland	France	Germany
Khulna	201	0	8	2	152	224	0	169	29	113	1,616	2,355
Sylhet	87	0	4	1	62	97	0	71	12	48	680	1,001
Dhaka	869	1	34	14	661	962	47	828	126	495	7,238	10,351
Mymensingh	102	0	4	1	74	114	0	84	14	57	809	1,181
Chittagong	356	1	14	4	265	397	0	309	51	199	2,860	4,147
Barisal	91	0	4	1	68	102	0	75	13	51	725	1,057
Rajshahi	225	0	9	3	164	250	0	199	32	127	1,831	2,658
Rangpur	165	0	7	2	123	185	0	137	24	93	1,328	1,945
Bangladesh Total	2,096	3	85	28	1,569	2,332	47	1,872	301	1,182	17,087	24,695
Central	64	1	2	1	27	67	12	270	11	13	209	278
Eastern	34	0	1	1	8	44	8	217	9	11	171	228
North Central	26	0	1	0	7	31	5	147	6	7	116	155
North Western	86	1	2	1	43	81	16	300	12	15	228	304
Northern	15	0	1	0	3	21	4	97	4	5	77	103
Sabaragamuwa	56	0	1	1	24	58	11	241	10	12	187	248
Southern	60	0	2	1	13	73	12	380	15	19	303	404
Uva	28	0	1	1	8	33	6	160	6	8	127	169
Western	483	3	14	8	160	536	96	2,536	101	127	1,990	2,651
Sri Lanka Total	853	5	25	15	294	943	169	4,348	173	217	3,408	4,539
Andaman and Nicobar	17	0	11	1	22	18	4	22	1	2	27	44
Andhra Pradesh	503	15	403	28	838	525	136	718	20	70	873	1,471
Arunachal Pradesh	26	1	18	1	36	27	6	36	1	3	44	72
Assam	12	0	9	1	18	13	3	17	1	2	21	35
Bihar	3	0	2	0	4	3	1	4	0	0	5	8
Chandigarh	22	1	18	1	36	23	6	35	1	3	42	69
Chhattisgarh	14	0	11	1	23	14	4	19	1	2	26	43
Dadra and Nagar Haveli	19	1	15	1	32	20	5	28	1	3	35	58
Daman and Diu	3	0	3	0	6	3	1	5	0	0	6	10
Delhi	3,705	99	2,698	190	5,415	3,889	878	7,768	187	613	8,110	12,811
Goa	40	2	43	3	91	41	15	57	2	6	77	135
Gujarat	744	22	607	51	1,324	760	206	1,190	35	121	1,544	2,524
Haryana	292	10	277	16	474	304	77	553	14	47	615	989
Himachal	9	0	8	1	16	9	3	16	0	1	18	30
Jharkhand	5	0	4	0	8	5	1	6	0	1	9	15
Karnataka	1,777	52	1,420	98	2,884	1,854	464	2,540	71	248	3,093	5,181
Kerala	154	4	110	8	230	162	37	214	6	21	257	428
Lakshadweep	17	0	12	1	26	17	4	22	1	2	28	46
Madhya Pradesh	95	3	80	5	162	100	26	160	4	14	183	303
Maharashtra	6,232	203	5,510	388	11,270	6,429	1,805	9,536	273	957	11,995	19,989
Manipur	22	1	15	1	31	23	5	32	1	3	38	62
Meghalaya	2	0	2	0	3	3	1	3	0	0	4	7
Mizoram	28	1	19	1	39	29	6	39	1	4	47	77
Nagaland	1	0	1	0	2	1	0	2	0	0	2	3
Orissa	44	1	33	3	71	45	11	59	2	6	78	129
Pondicherry	12	1	16	1	34	13	6	19	0	2	23	42
Punjab	450	11	301	24	613	471	97	973	24	76	1,017	1,587
Rajasthan	99	3	75	5	151	103	24	191	5	16	207	332
Sikkim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tamil Nadu	1,727	39	1,047	80	2,041	1,826	320	2,803	72	233	3,125	4,875
Tripura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uttar Pradesh	232	8	229	13	456	242	76	409	10	37	449	769
Uttaranchal	5	0	6	0	12	5	2	8	0	1	10	18
West Bengal	552	14	375	29	786	578	124	832	23	76	981	1,595
India Total	16,863	493	13,378	953	27,153	17,555	4,352	28,318	755	2,573	32,990	53,758
Nepal	2	1	1	1	1	1	1	4	1	1	2	2
Bhutan	14	0	1	0	11	16	0	11	2	8	108	159

	Ghana	Greece	Honduras	Hong Kong	India	Indonesia	Iran	Israel	Italy	Ivory Coast	Jamaica	Japan
Khulna	65	178	1	300	292	313	89	636	798	55	73	710
Sylhet	27	74	1	128	109	131	38	265	333	23	32	314
Dhaka	266	809	9	1,259	2,776	1,235	391	2,886	3,900	226	313	2,941
Mymensingh	33	88	1	150	136	154	45	314	397	28	37	364
Chittagong	111	316	3	523	678	535	157	1,129	1,455	94	129	1,247
Barisal	30	79	1	137	110	141	40	282	352	25	33	326
Rajshahi	70	201	2	327	455	330	100	716	936	60	81	790
Rangpur	54	144	1	246	204	256	73	516	646	46	60	590
Bangladesh Total	655	1,889	18	3,071	4,760	3,097	932	6,743	8,817	557	758	7,283
Central	10	22	1	27	1,063	232	100	80	158	9	22	487
Eastern	8	18	0	18	347	134	64	65	129	7	14	194
North Central	6	13	0	13	303	91	49	44	87	5	10	159
North Western	11	24	1	33	1,653	308	127	88	173	9	26	706
Northern	4	8	0	9	136	60	27	29	58	3	7	89
Sabaragamuwa	9	20	1	24	940	204	91	72	141	8	19	419
Southern	14	33	1	30	601	208	125	116	227	12	24	316
Uva	6	14	0	14	347	98	55	48	95	5	11	174
Western	95	214	5	219	6,605	1,758	869	762	1,499	81	174	3,136
Sri Lanka Total	163	365	9	386	11,995	3,095	1,507	1,304	2,567	138	307	5,679
Andaman and Nicobar	37	4	1	26	0	36	24	16	32	32	6	18
Andhra Pradesh	1,316	160	18	861	0	1,257	883	573	1,014	1,120	171	605
Arunachal Pradesh	59	7	1	39	0	57	44	26	51	50	9	27
Assam	28	4	0	19	0	29	23	13	24	24	4	12
Bihar	6	1	0	4	0	6	5	3	5	5	1	3
Chandigarh	58	7	1	37	0	51	38	26	50	50	7	24
Chhattisgarh	35	4	1	24	0	38	25	16	26	30	5	15
Dadra and Nagar Haveli	50	6	1	32	0	47	33	22	40	42	6	21
Daman and Diu	10	1	0	6	0	8	6	4	7	9	1	4
Delhi	8,811	1,281	122	5,488	0	7,408	5,622	4,572	10,976	7,499	1,264	4,381
Goa	140	16	2	84	0	130	86	56	81	120	13	58
Gujarat	1,983	260	33	1,289	0	2,056	1,331	928	1,682	1,688	247	857
Haryana	904	103	10	478	0	652	586	368	781	770	99	344
Himachal	26	3	0	15	0	21	16	12	23	22	3	11
Jharkhand	13	2	0	9	0	14	10	5	9	11	2	5
Karnataka	4,637	560	63	3,048	0	4,473	3,124	1,999	3,589	3,946	603	2,140
Kerala	360	46	5	252	0	364	244	162	303	306	53	179
Lakshadweep	41	5	1	28	0	41	27	18	32	34	6	19
Madhya Pradesh	262	33	3	158	0	222	171	116	225	223	32	117
Maharashtra	17,997	2,152	250	10,979	0	16,670	11,666	7,680	13,474	15,317	2,090	7,519
Manipur	50	6	1	34	0	48	40	23	45	42	8	23
Meghalaya	6	1	0	4	0	5	4	3	5	5	1	3
Mizoram	63	8	1	42	0	60	49	28	56	54	9	29
Nagaland	3	0	0	2	0	3	2	1	2	2	0	1
Orissa	109	14	2	74	0	113	80	48	84	92	15	47
Pondicherry	53	5	0	29	0	44	31	19	27	45	4	24
Punjab	983	154	15	636	0	898	671	550	1,375	836	153	502
Rajasthan	244	34	3	151	0	210	159	121	270	208	34	116
Sikkim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tamil Nadu	3,419	472	52	2,383	0	3,457	2,387	1,686	3,960	2,910	594	2,054
Tripura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uttar Pradesh	747	89	8	415	0	554	469	316	577	636	79	317
Uttaranchal	19	2	0	10	0	14	11	8	12	16	2	8
West Bengal	1,226	164	19	835	0	1,258	947	584	1,176	1,044	188	614
India Total	43,693	5,604	614	27,493	0	40,245	28,814	20,001	40,013	37,187	5,707	20,096
Nepal	1	1	1	1	575	3	1	2	5	1	1	7
Bhutan	5	11	0	21	22	22	0	41	52	4	5	50



	Jordan	Kenya	Lebanon	Madagascar	Malaysia	Maldives	Malta	Mauritius	Mexico	Morocco	Mozambique	Myanmar
Khulna	286	158	305	3	225	4	28	6	396	119	3	1
Sylhet	119	65	127	1	97	2	12	2	171	51	1	0
Dhaka	1,297	684	1,385	12	960	18	136	24	1,750	523	13	3
Mymensingh	141	77	151	1	113	2	14	3	200	59	2	0
Chittagong	507	274	541	5	397	7	51	10	706	210	5	1
Barisal	127	70	135	1	102	2	12	3	180	53	1	0
Rajshahi	322	170	343	3	248	5	33	6	446	134	3	1
Rangpur	232	127	247	2	184	4	23	5	325	98	2	0
Bangladesh Total	3,030	1,624	3,235	30	2,324	44	308	58	4,174	1,247	31	7
Central	36	28	42	4	95	0	6	9	123	7	2	1
Eastern	30	8	29	1	50	0	4	2	80	6	1	1
North Central	20	7	20	1	38	0	3	2	56	4	1	1
North Western	39	45	52	7	128	0	6	14	149	8	4	2
Northern	13	3	13	0	22	0	2	1	38	3	0	0
Sabaragamuwa	32	25	38	4	84	0	5	8	106	6	2	1
Southern	52	13	49	2	89	0	8	4	132	11	1	1
Uva	22	8	22	1	42	0	3	3	60	4	1	1
Western	342	166	361	26	716	0	52	50	978	69	15	10
Sri Lanka Total	586	304	626	47	1,263	0	90	92	1,720	118	28	18
Andaman and Nicobar	7	23	8	4	46	3	1	7	38	3	2	1
Andhra Pradesh	257	868	275	129	1,596	115	35	253	1,135	115	71	46
Arunachal Pradesh	12	37	13	6	71	5	2	11	58	6	3	2
Assam	6	19	6	3	36	2	1	5	28	3	2	1
Bihar	1	4	1	1	7	0	0	1	6	1	0	0
Chandigarh	12	37	13	6	64	5	2	11	50	5	3	2
Chhattisgarh	7	24	8	3	44	3	1	7	33	3	2	1
Dadra and Nagar Haveli	10	33	11	5	59	4	1	10	44	5	3	2
Daman and Diu	2	7	2	1	10	1	0	2	7	1	0	0
Delhi	2,055	5,606	2,194	862	9,658	692	383	1,693	8,271	1,008	467	278
Goa	25	95	27	14	157	12	3	27	95	10	6	5
Gujarat	417	1,371	445	194	2,397	158	59	381	1,741	183	112	72
Haryana	165	490	176	88	855	71	27	174	659	79	38	25
Himachal Pradesh	5	17	6	2	26	2	1	5	20	2	1	1
Jharkhand	2	8	3	1	16	1	0	2	11	1	1	0
Karnataka	898	2,985	959	453	5,751	432	125	891	4,012	405	252	161
Kerala	73	238	78	35	474	36	11	69	346	34	21	13
Lakshadweep	8	27	8	4	52	4	1	8	38	4	2	1
Madhya Pradesh	52	168	56	26	282	21	8	50	215	24	13	8
Maharashtra	3,452	11,666	3,685	1,760	20,497	1,498	471	3,457	14,345	1,520	905	602
Manipur	10	32	11	5	61	4	2	10	50	5	3	2
Meghalaya	1	4	1	1	7	0	0	1	6	1	0	0
Mizoram	13	40	13	6	75	5	2	12	62	6	4	2
Nagaland	1	2	1	0	3	0	0	1	3	0	0	0
Orissa	22	73	23	11	137	9	3	21	100	10	6	4
Pondicherry	9	35	9	5	56	5	1	10	28	3	2	2
Punjab	247	634	264	96	1,158	78	48	189	1,009	123	58	33
Rajasthan	54	156	58	24	268	19	9	47	222	26	13	8
Sikkim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tamil Nadu	758	2,112	809	334	4,592	340	138	657	3,804	370	208	124
Tripura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uttar Pradesh	142	472	152	73	729	58	20	143	521	63	33	21
Uttaranchal	3	13	4	2	18	1	0	4	12	1	1	1
West Bengal	262	813	280	120	1,584	97	41	236	1,237	123	74	45
India Total	8,989	28,107	9,597	4,272	50,787	3,682	1,398	8,393	38,204	4,142	2,307	1,464
Nepal	1	1	1	1	4	1	1	1	4	2	2	1
Bhutan	18	11	20	0	16	0	2	0	28	8	0	0

	Nepal	Netherlands	New Zealand	Nigeria	Oman	Pakistan	Panama	Peru	Philippines	Poland	Portugal	Reunion
Khulna	0	2,472	85	104	35	687	5	2	20	345	284	3
Sylhet	0	1,050	37	44	15	292	2	1	9	147	121	1
Dhaka	0	10,862	393	428	154	3,019	34	152	104	1,516	1,246	14
Mymensingh	0	1,239	42	52	18	344	2	1	10	173	142	2
Chittagong	0	4,352	155	178	62	1,210	10	6	38	607	499	6
Barisal	0	1,109	38	48	16	308	2	1	9	155	127	2
Rajshahi	0	2,789	96	113	40	775	7	4	24	389	319	4
Rangpur	0	2,041	69	87	29	567	4	1	17	285	233	3
Bangladesh Total	0	25,913	915	1,055	368	7,202	65	167	231	3,616	2,970	35
Central	6	296	38	16	36	342	2	18	14	41	19	5
Eastern	2	232	15	13	30	136	2	11	8	33	13	1
North Central	1	160	12	9	20	112	1	8	6	23	9	1
North Western	10	335	57	18	40	497	3	23	18	45	23	8
Northern	0	103	6	6	13	62	1	5	4	15	6	1
Sabaragamuwa	5	266	34	14	33	294	2	16	12	36	17	4
Southern	6	418	26	23	53	222	3	18	13	59	23	2
Uva	1	176	14	10	22	122	1	8	6	25	10	1
Western	396	2,776	255	153	348	2,205	20	142	104	388	163	30
Sri Lanka Total	428	4,763	457	262	595	3,993	35	250	185	665	282	55
Andaman and Nicobar	0	46	3	60	9	8	2	17	9	6	8	4
Andhra Pradesh	2	1,543	108	2,119	349	268	66	610	311	215	275	150
Arunachal Pradesh	0	75	5	95	17	13	3	27	15	11	13	7
Assam	0	37	3	45	9	6	2	14	8	5	7	3
Bihar	0	8	1	10	2	1	0	3	2	1	1	1
Chandigarh	0	73	4	94	15	13	3	27	14	10	13	7
Chhattisgarh	0	45	3	56	10	8	2	18	11	6	7	4
Dadra and Nagar Haveli	0	61	4	80	13	11	3	23	12	9	11	6
Daman and Diu	0	10	1	16	2	2	0	5	2	1	2	1
Delhi	106	13,443	679	14,189	2,221	2,335	451	3,930	1,910	1,876	2,400	1,001
Goa	0	141	10	226	34	25	7	65	31	20	24	16
Gujarat	8	2,649	164	3,194	526	460	121	985	551	370	436	225
Haryana	7	1,037	61	1,456	232	180	39	383	194	145	188	103
Himachal Pradesh	0	32	2	41	6	6	1	11	5	4	6	3
Jharkhand	0	16	1	20	4	3	1	6	4	2	3	1
Karnataka	28	5,436	393	7,467	1,234	944	233	2,148	1,145	759	965	527
Kerala	1	449	32	579	96	78	19	169	91	63	80	41
Lakshadweep	0	49	4	65	11	8	2	19	10	7	9	5
Madhya Pradesh	0	318	19	423	68	55	12	118	56	44	57	30
Maharashtra	424	20,975	1,376	28,982	4,609	3,644	920	8,401	4,357	2,927	3,621	2,046
Manipur	0	65	4	80	16	11	3	23	13	9	12	6
Meghalaya	0	7	0	9	2	1	0	3	1	1	1	1
Mizoram	0	81	5	102	19	14	3	29	16	11	14	7
Nagaland	0	3	0	4	1	1	0	1	1	0	1	0
Orissa	0	135	9	175	32	24	6	53	30	19	23	12
Pondicherry	0	44	3	85	12	8	2	23	9	6	8	6
Punjab	1	1,666	86	1,582	265	289	56	453	241	232	293	112
Rajasthan	0	348	19	393	63	61	13	111	55	49	62	28
Sikkim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tamil Nadu	16	5,115	336	5,505	943	889	191	1,587	949	714	881	389
Tripura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uttar Pradesh	4	807	49	1,203	185	140	30	323	133	113	151	85
Uttaranchal	0	19	1	31	4	3	1	8	3	3	3	2
West Bengal	4	1,674	111	1,975	374	291	69	580	322	234	293	139
India Total	601	56,410	3,497	70,361	11,383	9,799	2,260	20,175	10,510	7,871	9,867	4,966
Nepal	1	1	2	1	2	2	2	1	3	1	3	1
Bhutan	0	167	6	8	0	0	0	1	2	23	19	0

	Romania	Russia	Saudi Arabia	Seychelles	Singapore	Slovenia	South Africa	South Korea	Spain	Sri Lanka	Sweden	Taiwan
Khulna	172	356	432	1	224	84	68	298	1,106	59	182	0
Sylhet	71	151	184	0	100	35	29	132	470	25	78	0
Dhaka	778	1,852	1,900	3	965	374	287	1,306	4,867	522	802	0
Mymensingh	85	178	217	0	116	42	34	154	552	29	92	0
Chittagong	304	658	761	1	397	148	119	533	1,947	104	321	0
Barisal	76	154	194	0	104	37	31	137	494	26	82	0
Rajshahi	193	434	488	1	253	94	75	339	1,244	66	206	0
Rangpur	139	290	357	1	187	69	56	247	910	48	151	0
Bangladesh Total	1,818	4,073	4,532	7	2,347	884	700	3,146	11,590	878	1,913	0
Central	22	197	474	1	177	8	48	294	76	0	22	52
Eastern	18	87	344	0	89	7	25	147	62	0	18	28
North Central	12	69	243	0	73	4	19	108	42	0	12	23
North Western	24	278	559	2	234	9	65	405	83	0	24	67
Northern	8	40	153	0	42	3	11	67	28	0	8	13
Sabaragamuwa	19	170	423	1	152	7	42	255	68	0	19	45
Southern	31	144	621	0	166	11	44	232	110	0	31	53
Uva	13	75	268	0	81	5	21	116	46	0	13	25
Western	205	1,331	4,244	6	1,309	76	357	2,083	723	0	205	400
Sri Lanka Total	351	2,391	7,329	11	2,321	129	631	3,706	1,238	0	352	705
Andaman and Nicobar	4	13	115	1	27	3	49	25	31	60	3	16
Andhra Pradesh	154	475	4,294	31	1,005	95	1,617	941	1,011	2,151	114	553
Arunachal Pradesh	7	21	212	1	41	4	76	40	49	101	6	24
Assam	4	11	110	1	19	2	41	20	24	51	3	12
Bihar	1	2	22	0	4	0	8	4	5	11	1	2
Chandigarh	7	23	184	1	36	4	69	40	48	95	5	23
Chhattisgarh	4	13	123	1	22	3	48	25	27	60	3	14
Dadra and Nagar Haveli	6	19	160	1	34	4	63	35	40	82	5	20
Daman and Diu	1	3	28	0	7	1	10	7	7	15	1	4
Delhi	1,232	3,915	27,336	207	5,904	716	10,629	6,212	8,868	15,873	993	3,669
Goa	15	44	419	3	105	9	142	101	89	208	10	55
Gujarat	250	769	6,469	47	1,262	146	2,549	1,442	1,616	3,386	196	781
Haryana	99	351	2,850	21	493	59	868	520	692	1,380	77	314
Himachal Pradesh	3	10	76	1	17	2	27	18	21	41	2	10
Jharkhand	1	5	48	0	8	1	17	9	9	21	1	5
Karnataka	539	1,706	15,188	109	3,536	330	5,730	3,224	3,553	7,569	401	1,958
Kerala	44	135	1,187	8	289	27	486	260	295	609	33	161
Lakshadweep	5	15	132	1	31	3	53	29	32	67	4	18
Madhya Pradesh	31	99	832	6	177	19	296	182	210	425	23	106
Maharashtra	2,070	6,471	56,724	422	12,087	1,245	20,616	12,414	13,358	28,580	1,549	7,003
Manipur	6	19	196	1	35	4	68	34	43	89	5	21
Meghalaya	1	2	21	0	4	0	8	4	5	10	1	2
Mizoram	8	23	240	1	44	5	81	43	53	110	6	26
Nagaland	0	1	10	0	2	0	3	2	2	5	0	1
Orissa	13	40	391	3	77	8	144	78	85	186	10	44
Pondicherry	5	14	150	1	47	3	41	39	29	72	3	23
Punjab	148	483	3,264	23	647	85	1,325	698	1,084	1,911	123	411
Rajasthan	33	104	774	6	159	19	296	171	228	427	26	100
Sikkim	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tamil Nadu	454	1,429	11,606	80	2,683	260	4,731	2,444	3,264	6,271	378	1,538
Tripura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uttar Pradesh	85	275	2,282	18	505	52	746	514	553	1,146	60	299
Uttaranchal	2	6	54	0	13	1	17	13	12	27	1	7
West Bengal	157	485	4,604	29	946	95	1,688	895	1,081	2,232	124	526
India Total	5,391	16,982	140,104	1,025	30,268	3,205	52,543	30,483	36,427	73,270	4,165	17,746
Nepal	1	3	2	1	1	1	3	4	5	9	1	4
Bhutan	11	23	0	0	16	5	5	22	73	6	12	0

	Tanzania	Thailand	Turkey	UAE	UK	Ukraine	Uruguay	USA	Venezuela	Vietnam	総計
Khulna	96	425	913	711	2,515	155	2	7,793	133	109	37,190
Sylhet	39	178	380	302	1,075	65	1	3,382	58	49	15,850
Dhaka	414	2,696	4,142	3,125	11,044	704	28	33,406	572	448	166,198
Mymensingh	46	214	450	356	1,268	77	1	3,950	68	57	18,662
Chittagong	166	865	1,620	1,252	4,426	275	6	13,783	236	191	66,028
Barisal	42	184	404	319	1,134	69	1	3,551	61	51	16,720
Rajshahi	103	550	1,027	802	2,847	175	4	8,695	149	122	41,970
Rangpur	77	332	740	587	2,083	126	1	6,432	110	92	30,519
Bangladesh Total	983	5,445	9,677	7,454	26,392	1,645	43	80,992	1,386	1,118	393,137
Central	17	294	123	739	552	19	3	2,217	42	50	11,165
Eastern	5	146	86	606	451	16	2	1,214	22	32	6,628
North Central	4	105	61	410	305	11	2	897	17	22	4,801
North Western	27	409	149	809	605	21	3	2,923	57	63	14,428
Northern	2	65	38	273	203	7	1	561	10	15	2,974
Sabaramuwa	15	257	110	660	493	17	2	1,922	37	44	9,815
Southern	8	227	155	1,071	796	28	4	2,026	39	50	11,392
Uva	5	113	67	447	332	12	2	972	19	23	5,251
Western	100	2,068	1,082	7,039	5,243	186	27	16,502	318	390	88,736
Sri Lanka Total	184	3,686	1,871	12,055	8,981	318	46	29,234	561	687	155,192
Andaman and Nicobar	14	38	23	189	70	4	2	460	11	71	2,392
Andhra Pradesh	525	1,344	822	7,063	2,249	140	67	13,357	312	2,403	79,938
Arunachal Pradesh	23	63	38	349	114	6	3	684	16	112	3,828
Assam	11	32	19	182	56	3	2	328	8	59	1,904
Bihar	2	6	4	37	12	1	0	69	2	12	400
Chandigarh	23	56	37	303	108	6	3	575	13	103	3,483
Chhattisgarh	15	40	23	203	68	4	2	367	9	79	2,253
Dadra and Nagar Haveli	20	50	32	262	90	5	3	508	12	93	3,038
Daman and Diu	4	9	6	47	15	1	0	79	2	15	525
Delhi	3,392	8,195	6,562	44,964	21,035	1,116	429	98,984	2,311	14,577	567,817
Goa	57	139	80	690	194	14	7	1,053	25	239	7,457
Gujarat	829	2,132	1,331	10,641	3,988	226	111	19,336	452	4,132	123,447
Haryana	297	744	527	4,687	1,564	90	38	7,734	181	1,300	49,047
Himachal Pradesh	10	23	17	125	47	3	1	231	5	40	1,456
Jharkhand	5	14	8	78	24	1	1	126	3	29	806
Karnataka	1,806	4,762	2,869	24,981	7,974	488	234	47,193	1,102	8,583	282,570
Kerala	144	384	233	1,952	668	40	19	4,123	96	704	23,255
Lakshadweep	16	43	25	217	72	4	2	444	10	79	2,552
Madhya Pradesh	102	243	167	1,369	469	28	13	2,534	59	426	15,399
Maharashtra	7,059	17,788	11,021	93,301	30,687	1,874	909	163,638	3,821	32,408	1,041,810
Manipur	19	54	33	323	99	6	3	595	14	96	3,349
Meghalaya	2	6	4	35	11	1	0	65	2	11	370
Mizoram	24	68	40	394	122	7	3	739	17	118	4,147
Nagaland	1	3	2	16	5	0	0	31	1	5	175
Orissa	44	119	69	643	201	12	6	1,151	27	225	6,946
Pondicherry	21	50	28	247	56	5	2	321	7	71	2,528
Punjab	384	972	789	5,369	2,660	134	51	11,996	280	1,805	68,110
Rajasthan	94	230	173	1,273	537	29	12	2,624	61	416	15,371
Sikkim	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	10
Tamil Nadu	1,278	3,661	2,420	19,090	8,070	411	179	46,489	1,086	6,775	240,954
Tripura	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4
Uttar Pradesh	286	633	454	3,753	1,144	77	34	6,160	144	1,017	40,167
Uttaranchal	8	16	11	89	25	2	1	133	3	26	951
West Bengal	492	1,319	838	7,573	2,549	142	65	14,721	344	2,427	83,193
India Total	17,007	43,237	28,703	230,447	84,987	4,881	2,200	446,852	10,434	78,460	2,679,652
Nepal	1	2	3	3	4	1	1	15	1	3	826
Bhutan	7	35	59	0	168	10	0	546	9	8	2,417

表 A-7 南アジア州別相手国別国際海上コンテナ輸入貨物量 (TEU, 2013 年, 各種資料に基づき筆者ら推計)

	Angola	Argentina	Australia	Bahamas	Bahrain	Bangladesh	Belgium	Bhutan	Brazil	Canada	Chile	China
Khulna	0	109	2,781	3	26	0	786	0	2,701	2,987	5	21,211
Sylhet	0	46	1,179	1	12	0	332	0	1,139	1,264	2	9,237
Dhaka	0	415	10,562	11	105	0	2,947	0	10,079	11,306	20	82,689
Mymensingh	0	53	1,385	1	13	0	390	0	1,338	1,485	3	10,754
Chittagong	0	182	4,668	5	44	0	1,316	0	4,536	5,008	9	35,989
Barisal	0	49	1,271	1	12	0	358	0	1,231	1,363	2	9,812
Rajshahi	0	112	2,891	3	28	0	816	0	2,799	3,105	5	22,523
Rangpur	0	89	2,293	2	21	0	650	0	2,228	2,472	4	17,672
Bangladesh Total	0	1,056	27,029	27	260	0	7,594	0	26,052	28,989	51	209,887
Central	0	2	506	0	0	61	399	0	152	225	14	4,244
Eastern	0	1	425	0	0	44	325	0	127	197	12	3,142
North Central	0	1	256	0	0	30	202	0	77	114	7	2,140
North Western	0	2	551	0	0	67	433	0	166	246	15	4,652
Northern	0	1	200	0	0	22	156	0	60	91	6	1,582
Sabaragamuwa	0	1	442	0	0	51	344	0	133	200	12	3,564
Southern	0	2	624	0	0	71	487	0	187	283	18	5,002
Uva	0	1	263	0	0	32	208	0	79	117	7	2,222
Western	0	12	4,532	2	557	500	3,507	4	1,350	2,059	128	35,463
Sri Lanka Total	0	23	7,799	3	557	878	6,062	6	2,331	3,532	220	62,013
Andaman and Nicobar	1	1	12	0	4	3	21	0	3	25	1	510
Andhra Pradesh	72	62	790	9	237	177	1,375	1	198	1,632	76	29,603
Arunachal Pradesh	2	2	20	0	5	6	37	0	5	44	2	814
Assam	2	2	19	0	4	5	32	0	5	42	2	741
Bihar	1	1	7	0	2	2	12	0	2	15	1	269
Chandigarh	3	3	31	0	8	7	62	0	8	72	3	1,249
Chhattisgarh	0	0	5	0	1	1	8	0	1	11	0	181
Dadra and Nagar Haveli	0	0	3	0	1	1	5	0	1	6	0	98
Daman and Diu	0	0	1	0	0	0	2	0	0	2	0	33
Delhi	235	204	2,148	25	1,045	849	4,396	0	586	4,776	240	92,549
Goa	2	2	31	0	6	5	52	0	8	64	2	977
Gujarat	123	126	1,654	20	510	376	2,707	2	424	3,823	148	59,424
Haryana	59	43	481	6	173	153	931	1	128	1,077	55	21,164
Himachal Pradesh	2	2	20	0	6	6	41	0	6	45	2	766
Jharkhand	1	1	11	0	2	2	16	0	3	25	1	392
Karnataka	59	51	651	7	228	141	1,088	1	159	1,340	64	25,095
Kerala	39	37	429	5	184	95	725	1	104	881	45	17,017
Lakshadweep	1	1	14	0	5	3	23	0	3	28	1	531
Madhya Pradesh	15	12	143	2	47	39	277	0	39	311	14	5,576
Maharashtra	485	412	5,493	63	1,606	1,179	9,471	8	1,415	11,974	505	200,418
Manipur	2	2	18	0	4	6	32	0	4	39	2	725
Meghalaya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Mizoram	2	2	22	0	5	7	40	0	6	48	3	887
Nagaland	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	0	32
Orissa	24	24	281	3	64	65	464	0	69	616	28	10,385
Pondicherry	1	0	13	0	3	2	23	0	3	23	1	358
Punjab	60	58	606	7	331	259	1,157	1	160	1,385	69	26,817
Rajasthan	41	35	395	5	179	135	771	1	107	887	42	16,496
Sikkim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Tamil Nadu	194	180	1,968	21	1,696	713	3,162	3	461	4,141	215	89,392
Tripura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uttar Pradesh	70	44	638	7	168	165	1,335	1	184	1,345	60	24,190
Uttaranchal	2	1	19	0	3	4	39	0	6	40	1	626
West Bengal	95	92	1,047	12	313	355	1,776	2	255	2,206	107	40,862
India Total	1,594	1,402	16,972	195	6,840	4,760	30,080	22	4,352	36,923	1,691	668,184
Nepal	0	10	265	0	0	0	74	0	254	283	0	2,063
Bhutan	1	1	4	1	1	64	2	1	7	3	3	13

	Colombia	Comoros	Congo, R.	Costa Rica	Djibouti	Dominican Rep	Ecuador	Egypt	Eire	Finland	France	Germany
Khulna	141	1	20	8	70	147	0	249	3	39	170	822
Sylhet	61	0	9	3	30	64	0	106	1	17	72	347
Dhaka	547	4	76	29	263	573	0	953	11	148	640	3,081
Mymensingh	72	0	10	4	35	75	0	124	1	20	84	408
Chittagong	238	2	34	13	118	249	0	417	5	66	284	1,377
Barisal	66	0	9	3	32	69	0	114	1	18	78	374
Rajshahi	150	1	21	8	73	157	0	260	3	41	177	853
Rangpur	118	1	17	6	58	124	0	206	2	33	141	680
Bangladesh Total	1,393	9	197	74	680	1,457	0	2,428	28	380	1,645	7,941
Central	11	0	1	0	5	11	1	28	1	20	71	417
Eastern	9	0	0	0	4	10	1	24	1	16	60	340
North Central	5	0	0	0	2	6	0	14	0	10	36	211
North Western	12	0	1	1	5	12	1	31	1	22	77	453
Northern	4	0	0	0	2	5	0	11	0	8	28	164
Sabaragamuwa	9	0	0	0	4	10	1	25	1	17	62	360
Southern	13	0	1	1	6	14	1	35	1	24	87	509
Uva	6	0	0	0	3	6	0	15	1	10	37	217
Western	96	1	4	4	43	102	6	252	9	176	635	3,668
Sri Lanka Total	165	2	8	7	75	175	10	434	15	303	1,092	6,340
Andaman and Nicobar	7	0	1	0	7	7	3	2	0	1	9	22
Andhra Pradesh	440	2	73	18	366	469	196	144	14	69	574	1,437
Arunachal Pradesh	12	0	2	1	11	12	6	4	0	2	16	38
Assam	11	0	2	0	10	12	6	4	0	2	14	33
Bihar	4	0	1	0	4	4	2	1	0	1	5	12
Chandigarh	19	0	4	1	18	20	9	7	1	3	26	64
Chhattisgarh	3	0	0	0	2	3	1	1	0	0	4	8
Dadra and Nagar Haveli	1	0	0	0	1	2	1	1	0	0	2	5
Daman and Diu	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2
Delhi	1,294	6	277	58	1,318	1,372	608	471	46	220	1,825	4,597
Goa	17	0	2	1	11	19	7	5	1	3	21	55
Gujarat	1,002	3	127	40	761	1,070	476	314	28	136	1,201	2,831
Haryana	290	1	52	14	273	306	139	100	10	47	396	973
Himachal Pradesh	12	0	2	0	10	13	5	4	0	2	16	43
Jharkhand	6	0	1	0	5	7	3	2	0	1	8	17
Karnataka	359	1	58	15	301	382	166	117	11	54	463	1,138
Kerala	235	1	42	10	211	250	112	80	8	36	310	758
Lakshadweep	8	0	1	0	7	8	4	3	0	1	10	24
Madhya Pradesh	85	0	15	4	73	90	37	28	3	14	114	290
Maharashtra	3,199	9	454	131	2,490	3,413	1,429	1,013	98	474	4,021	9,905
Manipur	10	0	2	0	10	11	5	4	0	2	14	33
Meghalaya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mizoram	13	0	3	1	12	13	6	5	0	2	17	42
Nagaland	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
Orissa	162	1	25	7	135	173	79	54	5	23	204	485
Pondicherry	7	0	1	0	3	7	2	2	0	1	8	24
Punjab	369	2	76	17	378	390	188	133	12	58	501	1,210
Rajasthan	239	1	46	11	226	254	112	83	8	39	324	807
Sikkim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tamil Nadu	1,091	4	183	50	1,024	1,155	554	372	33	158	1,403	3,307
Tripura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uttar Pradesh	378	1	68	16	307	402	142	120	14	67	519	1,396
Uttaranchal	11	0	2	0	8	12	4	3	0	2	15	41
West Bengal	587	2	102	25	525	624	283	200	19	89	766	1,857
India Total	9,870	34	1,622	421	8,505	10,501	4,584	3,277	314	1,506	12,806	31,457
Nepal	14	0	2	1	7	14	0	24	0	4	16	78
Bhutan	2	1	1	1	1	1	1	4	1	1	2	2

	Ghana	Greece	Honduras	Hong Kong	India	Indonesia	Iran	Israel	Italy	Ivory Coast	Jamaica	Japan
Khulna	379	69	5	2,138	1,879	3,840	55	245	444	320	48	2,331
Sylhet	158	29	2	931	824	1,710	25	103	189	134	21	1,028
Dhaka	1,412	258	19	8,335	6,980	14,914	227	916	1,700	1,193	186	9,011
Mymensingh	186	34	2	1,084	959	1,992	28	121	222	157	24	1,201
Chittagong	634	116	8	3,628	3,070	6,601	95	410	744	536	81	3,970
Barisal	171	31	2	989	877	1,818	25	111	203	144	22	1,098
Rajshahi	389	72	5	2,270	2,017	4,168	61	254	464	329	51	2,504
Rangpur	310	57	4	1,781	1,574	3,248	46	202	368	262	40	1,963
Bangladesh Total	3,640	666	48	21,158	18,17	38,291	563	2,363	4,334	3,074	474	23,105
Central	2	14	0	428	4,742	638	0	50	202	2	4	286
Eastern	2	11	0	317	3,672	398	0	38	169	1	3	220
North Central	1	7	0	216	2,430	323	0	25	102	1	2	145
North Western	3	15	0	469	5,136	697	0	54	220	2	4	311
Northern	1	5	0	159	1,814	223	0	19	80	1	1	109
Sabaragamuwa	2	12	0	359	4,216	507	0	42	176	2	3	242
Southern	4	17	0	504	5,896	711	0	60	249	3	5	341
Uva	2	7	0	224	2,520	339	0	26	105	1	2	149
Western	20	122	3	3,575	42,84	4,828	1,204	432	1,800	17	33	2,426
Sri Lanka Total	36	211	5	6,251	73,27	8,664	1,204	747	3,105	31	57	4,229
Andaman and Nicobar	16	1	0	51	0	25	9	4	22	13	2	22
Andhra Pradesh	819	73	12	2,984	0	1,386	512	258	1,264	692	152	1,287
Arunachal Pradesh	25	2	0	82	0	39	10	8	37	22	4	34
Assam	22	2	0	75	0	31	9	7	33	18	4	28
Bihar	8	1	0	27	0	12	4	2	12	7	1	11
Chandigarh	42	3	1	126	0	55	17	12	60	35	7	54
Chhattisgarh	4	0	0	18	0	7	2	2	8	4	1	6
Dadra and Nagar Haveli	3	0	0	10	0	4	2	1	4	3	1	4
Daman and Diu	1	0	0	3	0	2	0	0	2	1	0	2
Delhi	3,113	243	37	9,329	0	4,415	2,260	862	4,121	2,629	446	3,993
Goa	22	2	0	99	0	46	14	9	44	19	6	46
Gujarat	1,430	153	26	5,990	0	2,408	1,102	542	2,747	1,207	348	2,194
Haryana	589	55	9	2,133	0	1,067	374	194	876	497	99	824
Himachal Pradesh	24	2	0	77	0	36	14	7	35	20	4	36
Jharkhand	9	1	0	39	0	16	4	4	18	7	2	13
Karnataka	656	60	10	2,530	0	1,176	492	212	1,027	554	124	1,038
Kerala	477	40	7	1,715	0	783	398	143	703	403	81	715
Lakshadweep	15	1	0	53	0	24	11	4	22	12	3	22
Madhya Pradesh	168	15	2	562	0	264	101	51	248	142	29	251
Maharashtra	5,113	511	84	20,203	0	9,130	3,473	1,810	8,867	4,319	1,109	8,190
Manipur	23	2	0	73	0	33	9	7	33	20	4	30
Meghalaya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mizoram	28	2	0	89	0	42	11	8	41	24	4	37
Nagaland	1	0	0	3	0	2	0	0	1	1	0	1
Orissa	278	27	4	1,047	0	453	138	94	472	235	56	405
Pondicherry	7	1	0	36	0	21	6	3	14	6	2	22
Punjab	857	68	11	2,703	0	1,205	717	241	1,160	724	127	1,028
Rajasthan	516	43	7	1,663	0	762	387	152	728	435	82	690
Sikkim	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Tamil Nadu	2,062	190	32	9,011	0	4,450	3,667	674	3,257	1,741	376	3,093
Tripura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uttar Pradesh	765	64	10	2,439	0	1,178	363	226	1,051	646	131	1,233
Uttaranchal	18	2	0	63	0	30	7	6	29	15	4	34
West Bengal	1,149	100	16	4,119	0	1,916	678	356	1,755	970	203	1,629
India Total	18,259	1,664	272	67,356	0	31,018	14,792	5,900	28,694	15,420	3,413	26,974
Nepal	35	6	0	208	601	381	0	23	42	30	5	230
Bhutan	1	1	1	1	575	3	1	2	5	1	1	7

	Jordan	Kenya	Lebanon	Madagascar	Malaysia	Maldives	Malta	Mauritius	Mexico	Morocco	Mozambique	Myanmar
Khulna	110	73	117	8	1,907	6	15	16	319	32	20	0
Sylhet	46	31	49	3	840	3	7	7	139	14	9	0
Dhaka	411	272	439	31	7,383	25	59	61	1,235	122	74	1
Mymensingh	54	36	58	4	987	3	8	8	162	16	10	0
Chittagong	184	122	197	14	3,234	10	26	27	539	54	33	1
Barisal	50	33	53	4	899	3	7	7	148	15	9	0
Rajshahi	114	76	122	8	2,050	7	16	17	338	34	21	0
Rangpur	91	60	97	7	1,603	5	13	13	268	27	16	0
Bangladesh Total	1,061	704	1,132	79	18,904	61	150	156	3,147	315	192	3
Central	22	5	24	1	854	0	7	2	24	7	5	8
Eastern	17	4	18	1	517	0	6	1	20	5	4	5
North Central	11	3	12	1	430	0	4	1	12	4	2	4
North Western	24	5	26	1	929	0	8	2	26	8	5	9
Northern	9	2	9	0	298	0	3	1	9	3	2	3
Sabaragamuwa	19	4	20	1	669	0	6	2	21	6	4	7
Southern	27	6	29	2	929	0	9	3	29	8	6	9
Uva	12	3	13	1	450	0	4	1	12	4	3	4
Western	194	45	207	9	6,543	0	62	18	212	59	40	65
Sri Lanka Total	335	78	358	16	11,619	0	107	32	365	103	71	114
Andaman and Nicobar	2	7	2	0	29	0	1	0	15	1	1	3
Andhra Pradesh	116	379	124	13	1,942	21	44	26	961	58	36	225
Arunachal Pradesh	3	12	4	0	45	0	1	1	26	2	1	6
Assam	3	10	3	0	36	0	1	1	24	1	1	5
Bihar	1	4	1	0	14	0	0	0	9	1	0	2
Chandigarh	6	19	6	1	69	1	2	1	42	3	2	9
Chhattisgarh	1	2	1	0	8	0	0	0	6	0	0	1
Dadra and Nagar Haveli	0	1	0	0	6	0	0	0	3	0	0	1
Daman and Diu	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0
Delhi	387	1,364	413	50	5,411	92	142	97	2,852	207	116	751
Goa	4	12	4	0	78	1	2	1	37	2	1	8
Gujarat	243	787	260	23	3,065	45	95	45	2,179	97	61	431
Haryana	87	283	93	9	1,123	15	30	18	646	42	29	147
Himachal Pradesh	3	11	4	0	52	1	1	1	27	2	1	6
Jharkhand	2	5	2	0	17	0	1	0	14	1	0	2
Karnataka	95	311	101	10	1,567	20	35	20	788	45	29	186
Kerala	64	218	68	8	1,041	16	24	15	517	31	19	125
Lakshadweep	2	7	2	0	32	0	1	0	17	1	1	4
Madhya Pradesh	23	76	25	3	354	4	9	5	185	12	7	42
Maharashtra	813	2,577	868	81	12,234	142	306	160	6,977	373	239	1,491
Manipur	3	10	3	0	39	0	1	1	23	1	1	5
Meghalaya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mizoram	4	13	4	0	50	0	1	1	28	2	1	6
Nagaland	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0
Orissa	42	139	45	4	564	6	16	9	354	18	12	70
Pondicherry	1	3	1	0	43	0	0	0	14	1	1	4
Punjab	108	391	115	14	1,355	29	40	27	818	52	30	212
Rajasthan	68	233	73	8	932	16	25	16	526	34	20	128
Sikkim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tamil Nadu	303	1,059	323	33	4,665	150	112	64	2,410	131	96	720
Tripura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uttar Pradesh	102	318	108	12	1,798	15	36	24	827	60	35	200
Uttaranchal	3	8	3	0	52	0	1	1	24	2	1	6
West Bengal	160	543	170	18	2,362	28	61	36	1,287	75	47	302
India Total	2,648	8,802	2,827	291	38,988	603	990	571	21,636	1,254	787	5,100
Nepal	10	7	11	1	189	1	1	2	31	3	2	0
Bhutan	1	1	1	1	4	1	1	1	4	2	2	1



	Nepal	Netherlands	New Zealand	Nigeria	Oman	Pakistan	Panama	Peru	Philippines	Poland	Portugal	Reunion
Khulna	0	862	227	610	22	1,449	18	8	39	120	79	10
Sylhet	0	364	99	255	10	655	8	4	18	51	34	4
Dhaka	0	3,233	867	2,274	90	5,934	69	31	151	451	300	36
Mymensingh	0	428	115	299	11	739	9	4	20	60	40	5
Chittagong	0	1,445	384	1,022	38	2,497	30	14	67	202	133	16
Barisal	0	393	105	275	10	652	8	4	18	55	36	4
Rajshahi	0	895	240	626	24	1,597	19	9	42	125	83	10
Rangpur	0	713	190	500	18	1,211	15	7	33	99	66	8
Bangladesh Total	0	8,333	2,228	5,861	223	14,732	176	79	388	1,163	771	92
Central	1	438	320	4	0	0	1	6	29	61	17	1
Eastern	0	357	249	2	0	0	1	6	23	50	13	1
North Central	0	222	163	2	0	0	1	3	15	31	9	1
North Western	1	476	347	4	0	0	1	7	32	66	19	1
Northern	0	172	123	1	0	0	0	3	11	24	7	0
Sabaragamuwa	0	378	272	3	0	0	1	6	25	53	14	1
Southern	1	534	387	6	0	7,783	1	8	36	75	20	2
Uva	0	228	168	3	0	0	1	3	16	32	9	1
Western	4	3,849	2,736	33	477	7,783	10	59	253	537	146	11
Sri Lanka Total	8	6,653	4,765	58	477	15,565	18	101	439	928	253	19
Andaman and Nicobar	3	23	10	25	4	2	1	0	2	3	2	0
Andhra Pradesh	1	1,508	540	1,319	203	122	43	18	117	210	142	15
Arunachal Pradesh	16	40	15	41	4	3	1	1	3	6	4	0
Assam	0	35	13	35	3	3	1	1	2	5	3	0
Bihar	0	13	5	13	1	1	0	0	1	2	1	0
Chandigarh	0	68	23	67	7	4	2	1	4	9	7	1
Chhattisgarh	0	9	3	7	1	1	0	0	1	1	1	0
Dadra and Nagar Haveli	0	5	2	5	1	0	0	0	0	1	0	0
Daman and Diu	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Delhi	5	4,824	1,621	5,012	895	434	137	66	346	673	508	58
Goa	0	58	18	36	6	4	2	0	4	8	5	0
Gujarat	3	2,971	952	2,302	436	284	95	34	196	414	237	26
Haryana	1	1,022	390	948	148	84	33	12	71	143	102	11
Himachal Pradesh	0	45	14	38	6	3	1	0	3	6	4	0
Jharkhand	0	18	6	14	2	2	1	0	1	2	1	0
Karnataka	1	1,194	453	1,056	195	111	37	15	96	167	110	12
Kerala	1	796	308	768	158	84	24	11	65	111	76	9
Lakshadweep	0	25	10	24	4	2	1	0	2	3	2	0
Madhya Pradesh	0	304	101	271	40	23	8	3	22	42	30	3
Maharashtra	10	10,393	3,528	8,234	1,375	862	311	112	734	1,450	915	95
Manipur	0	35	14	37	3	3	1	1	3	5	4	0
Meghalaya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mizoram	0	44	17	45	4	3	1	1	3	6	5	1
Nagaland	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Orissa	1	509	184	448	55	41	16	6	36	71	45	5
Pondicherry	0	25	7	12	3	2	0	0	2	3	2	0
Punjab	1	1,270	445	1,380	284	137	41	19	92	177	127	16
Rajasthan	1	846	285	830	153	77	25	11	60	118	84	10
Sikkim	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tamil Nadu	5	3,470	1,498	3,320	1,452	636	118	50	297	484	321	38
Tripura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uttar Pradesh	1	1,465	450	1,231	144	85	38	15	109	204	147	14
Uttaranchal	0	43	12	29	3	2	1	0	3	6	4	0
West Bengal	3	1,948	733	1,850	268	178	60	26	149	272	184	21
India Total	53	33,009	11,657	29,400	5,858	3,193	1,000	406	2,425	4,606	3,074	338
Nepal	0	81	22	57	0	0	2	1	4	11	8	1
Bhutan	0	1	2	1	2	2	2	1	3	1	3	1

	Romania	Russia	Saudi Arabia	Seychelles	Singapore	Slovenia	South Africa	South Korea	Spain	Sri Lanka	Sweden	Taiwan
Khulna	66	434	270	2	2,628	20	444	6,565	286	126	64	0
Sylhet	28	188	122	1	1,142	8	193	2,851	123	53	27	0
Dhaka	249	1,656	1,107	7	10,398	76	1,679	25,172	1,087	471	239	0
Mymensingh	33	220	138	1	1,344	10	227	3,342	144	62	32	0
Chittagong	111	732	466	3	4,425	34	754	11,114	481	211	107	0
Barisal	30	201	122	1	1,226	9	208	3,059	132	57	29	0
Rajshahi	69	460	298	2	2,788	21	472	6,966	302	131	66	0
Rangpur	55	363	226	2	2,191	17	373	5,483	240	104	53	0
Bangladesh Total	641	4,253	2,748	19	26,143	195	4,350	64,550	2,794	1,215	615	0
Central	13	110	0	0	774	12	110	374	65	0	32	458
Eastern	10	88	0	0	476	10	82	270	50	0	26	338
North Central	7	55	0	0	391	6	56	189	33	0	16	232
North Western	15	120	0	0	838	13	119	407	70	0	35	499
Northern	5	43	0	0	273	5	42	139	25	0	13	172
Sabaragamuwa	11	95	0	0	607	11	92	309	55	0	28	382
Southern	16	133	0	0	846	15	130	434	78	0	39	539
Uva	7	57	0	0	408	6	58	196	34	0	17	241
Western	117	960	5,880	2	6,044	109	915	3,079	553	0	284	3,847
Sri Lanka Total	203	1,661	5,880	4	10,657	187	1,604	5,398	962	0	491	6,708
Andaman and Nicobar	1	8	45	0	42	1	14	53	9	8	2	17
Andhra Pradesh	70	526	2,498	3	2,735	77	809	3,576	538	415	111	1,156
Arunachal Pradesh	2	13	50	0	68	2	23	89	15	8	3	27
Assam	2	11	43	0	55	2	18	76	12	7	3	23
Bihar	1	4	17	0	21	1	7	29	5	3	1	9
Chandigarh	3	24	81	0	101	3	36	149	26	14	5	47
Chhattisgarh	0	3	12	0	12	0	4	18	3	2	1	5
Dadra and Nagar	0	2	7	0	8	0	3	12	2	1	0	4
Daman and Diu	0	1	2	0	4	0	1	5	1	0	0	2
Delhi	234	2,158	11,035	12	7,561	242	2,623	11,098	1,905	1,833	356	3,507
Goa	2	20	68	0	104	3	28	139	18	11	4	47
Gujarat	147	1,031	5,381	5	4,112	165	1,379	6,585	917	894	219	2,047
Haryana	53	409	1,828	2	1,532	56	655	2,351	386	304	75	715
Himachal Pradesh	2	18	68	0	72	2	23	106	17	11	3	35
Jharkhand	1	5	20	0	24	1	9	36	5	3	1	10
Karnataka	57	415	2,403	3	2,187	63	665	2,825	419	399	88	925
Kerala	39	274	1,944	2	1,485	41	440	1,870	289	323	59	612
Lakshadweep	1	8	52	0	46	1	14	58	9	9	2	19
Madhya Pradesh	14	114	495	1	497	15	164	717	112	82	22	231
Maharashtra	491	3,629	16,956	20	16,721	549	5,426	24,094	3,493	2,817	767	7,649
Manipur	2	12	43	0	59	2	20	78	13	7	3	23
Meghalaya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mizoram	2	15	53	0	75	2	26	98	17	9	3	30
Nagaland	0	1	2	0	3	0	1	4	1	0	0	1
Orissa	26	163	673	1	822	28	263	1,135	172	112	38	346
Pondicherry	1	9	31	0	56	1	12	66	8	5	2	26
Punjab	65	584	3,498	3	1,870	67	676	2,869	482	581	94	875
Rajasthan	41	351	1,888	2	1,293	43	454	1,951	319	314	62	615
Sikkim	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
Tamil Nadu	183	1,401	17,899	8	6,168	195	2,169	8,231	1,224	2,973	256	2,527
Tripura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uttar Pradesh	61	574	1,773	3	2,510	68	782	3,642	550	295	108	1,231
Uttaranchal	2	16	36	0	71	2	21	105	15	6	3	37
West Bengal	96	695	3,307	4	3,429	103	1,059	4,499	698	549	144	1,378
India Total	1,600	12,494	72,210	70	53,742	1,738	17,825	76,567	11,681	11,995	2,437	24,175
Nepal	6	42	0	0	259	2	43	638	27	428	6	0
Bhutan	1	3	2	1	1	1	3	4	5	9	1	4

	Tanzania	Thailand	Turkey	UAE	UK	Ukraine	Uruguay	USA	Venezuela	Vietnam	総計
Khulna	44	2,809	351	444	567	60	98	3,413	88	12,513	81,394
Sylhet	19	1,352	148	201	244	25	41	1,486	38	5,314	35,326
Dhaka	165	11,202	1,313	1,818	2,155	225	374	13,269	340	47,993	314,153
Mymensingh	22	1,511	174	226	287	30	48	1,740	45	6,240	41,217
Chittagong	74	4,862	588	765	952	101	164	5,774	148	21,108	137,713
Barisal	20	1,326	159	200	263	27	44	1,594	41	5,716	37,610
Rajshahi	46	3,170	364	489	600	62	101	3,628	93	13,091	86,302
Rangpur	36	2,421	290	371	476	50	80	2,868	74	10,304	67,810
Bangladesh Total	426	28,653	3,387	4,515	5,544	580	951	33,772	866	122,279	801,524
Central	3	843	71	0	164	12	1	424	7	2,113	19,960
Eastern	3	556	55	0	139	9	1	366	6	1,655	15,017
North Central	2	422	36	0	83	6	1	215	3	1,054	10,105
North Western	3	929	77	0	179	13	1	462	7	2,332	21,774
Northern	1	299	27	0	65	5	0	170	3	802	7,523
Sabaragamuwa	3	684	60	0	144	10	1	374	6	1,815	16,997
Southern	4	947	87	0	203	15	1	530	8	2,514	31,611
Uva	2	441	38	0	85	6	1	220	3	1,088	10,474
Western	27	6,673	620	9,658	1,477	106	9	3,832	61	18,269	196,290
Sri Lanka Total	47	11,795	1,071	9,658	2,540	184	16	6,593	104	31,642	329,752
Andaman and Nicobar	4	30	6	74	16	1	0	189	4	21	1,493
Andhra Pradesh	229	1,948	370	4,103	1,028	63	5	12,481	279	1,204	89,877
Arunachal Pradesh	7	49	11	82	27	2	0	330	7	32	2,388
Assam	6	42	10	70	24	2	0	309	7	26	2,111
Bihar	2	15	4	29	9	1	0	110	2	10	780
Chandigarh	11	74	18	134	46	3	0	540	12	47	3,757
Chhattisgarh	1	10	2	19	6	0	0	84	2	6	522
Dadra and Nagar	1	6	1	12	3	0	0	42	1	4	295
Daman and Diu	0	2	0	4	1	0	0	16	0	1	109
Delhi	825	6,506	1,236	18,126	3,311	212	18	36,535	815	4,097	291,298
Goa	7	72	13	112	38	2	0	497	11	39	3,123
Gujarat	476	3,732	777	8,838	2,008	133	11	28,499	636	2,058	180,802
Haryana	171	1,270	278	3,003	688	48	4	8,144	182	860	62,090
Himachal Pradesh	6	55	10	112	30	2	0	348	8	33	2,455
Jharkhand	3	20	5	34	12	1	0	182	4	12	1,096
Karnataka	188	1,613	303	3,947	818	52	4	10,163	227	1,008	75,257
Kerala	132	1,080	205	3,194	549	35	3	6,659	149	692	51,718
Lakshadweep	4	33	6	86	17	1	0	214	5	21	1,592
Madhya Pradesh	46	368	74	813	206	13	1	2,396	53	229	17,314
Maharashtra	1,559	12,914	2,595	27,853	7,001	445	36	90,856	2,028	7,620	612,274
Manipur	6	43	10	71	24	2	0	288	6	27	2,090
Meghalaya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Mizoram	8	54	12	87	30	2	0	357	8	35	2,587
Nagaland	0	2	0	3	1	0	0	13	0	1	93
Orissa	84	608	135	1,105	346	23	2	4,595	103	372	30,428
Pondicherry	2	35	4	51	16	1	0	188	4	18	1,265
Punjab	237	1,839	345	5,746	888	59	5	10,391	232	1,137	82,810
Rajasthan	141	1,109	217	3,101	581	37	3	6,750	151	693	51,403
Sikkim	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	20
Tamil Nadu	641	6,236	966	29,402	2,374	166	16	30,759	686	4,075	280,344
Tripura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Uttar Pradesh	192	1,733	325	2,913	997	56	4	10,714	239	1,041	76,990
Uttaranchal	5	48	9	59	28	2	0	324	7	26	2,072
West Bengal	329	2,618	510	5,433	1,337	87	8	16,606	371	1,649	120,779
India Total	5,326	44,164	8,457	118,617	22,463	1,449	122	279,582	6,240	27,094	2,051,238
Nepal	4	283	33	0	55	6	9	334	9	1,196	8,495
Bhutan	1	2	3	3	4	1	1	15	1	3	826



---

国土技術政策総合研究所研究報告

RESEARCH REPORT of NILIM

No. 58                      September 2016

編集・発行    ©国土技術政策総合研究所

---

本資料の転載・複写のお問い合わせは

〔 〒239-0826    神奈川県横須賀市長瀬3-1-1  
管理調整部企画調整課    電話:046-844-5018    〕  
E-mail:ysk.nil-kikaku@ml.mlit.go.jp