

インターモーダル国際物流モデルを用いた GMS東西・南部回廊を中心とする ミャンマーにおける物流政策シナリオの検討

山口 拓哉¹・柴崎 隆一²・三溝 裕之³・後岡 寿成⁴

¹学生非会員 東京大学大学院 工学系研究科 システム創成学専攻
E-mail: takuya-yamaguchi@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

²正会員 東京大学大学院准教授 工学系研究科 レジリエンス工学研究センター／技術経営戦略学専攻
E-mail: shibasaki@tmi.t.u-tokyo.ac.jp

³正会員 日本工営株式会社
E-mail: a5247@n-koei.co.jp

⁴正会員 日本工営株式会社
E-mail: a5536@n-koei.co.jp

本研究は、世界各地を対象に構築されてきた海上輸送と陸上輸送の双方を含むインターモーダル国際物流ネットワークモデルを、特に発展著しい地域であるミャンマーを中心とする陸域ASEAN地域に適用したものである。本研究によるASEAN各国の主要な港湾の輸出入貨物量の推計結果は、実績値と比較して概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、今後想定されるミャンマー国内におけるGMS東西回廊および南部回廊上で実施されるインフラ政策が、ミャンマーおよび陸上ASEAN地域の国際貨物輸送に与える影響を、海上輸送と陸上輸送の競合の観点も含めて検討した。その結果、東西回廊については、通過速度の向上による利用促進効果は小さい一方で、国境抵抗の減少により、ミャンマー港湾の取扱量を大きく減らすことなく東西回廊の利用も促進される結果を得た。また、南部回廊については、南部回廊の開通に加えて国境抵抗を減らし、さらに仮に新港のサービスレベルを向上させた場合には、多くのタイ発着貨物が新港を利用する可能性が示された。

Key Words : logistics policy simulation, global logistics intermodal network simulation (GLINS) model, Greater Mekong Subregion (GMS), East-West corridor, Southern corridor, ASEAN, Myanmar

1. はじめに

近年、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ますます増加している。以前は先進国が貿易の中心となるケースが多かったものの、発展途上国の目覚ましい経済成長によって、その重要性は日に日に拡大している。特に ASEAN 地域に関しては経済成長率が大きいだけでなく、一帯一路政策を推進する中国に隣接するという意味でも注目されている。

中でも、本研究で着目するミャンマーは、図-1 に示すように、軍事政権から民政に移管された 2011 年以降の GDP 成長率が ASEAN 先進 5 か国を超える 6~8%のレ

ベルで推移しており、東南アジア最後のニューフロンティアとされている。一方で、ミャンマーのインフラの多くは、イギリスによる旧植民地時代に建設され非常に老朽化しているため、これらのインフラを再整備する動きも盛んである。近隣のタイや、一帯一路政策を推進している中国、あるいは国際機関による開発投資・援助とともに、日本も古くからの親ミャンマー国であり、地域開発を支援している国の一つである。

以上の背景からも分かる通り、ミャンマーは経済発展が著しく、インフラ投資においても今後大きな伸びが期待できると言える。しかし、限られた資金をいかに効率よく用いて国力を向上させていくかということは大きな課題であり、多くの政策シミュレーションを行った上

で最適なシナリオを提案することは意義が大きいと考えられる。

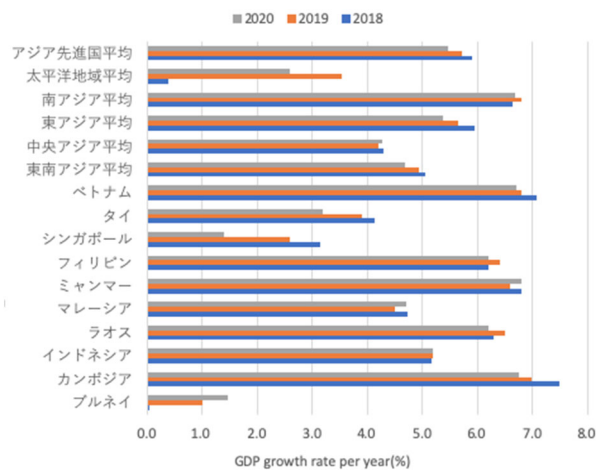


図-1 アジア各国とミャンマーの経済成長率

出典：Asian Development Outlook 2019 Update¹⁾をもとに著者作成

ミャンマーを含む陸域 ASEAN5 カ国(ミャンマー, タイ, ベトナム, カンボジア, ラオス)を対象とした既往の物流シミュレーション研究としては, 柴崎・渡部²⁾および Shibasaki et al.³⁾などが挙げられる。これらの研究では, 東・東南アジア地域を対象として国際物流シミュレーションモデルを構築し, ASEAN 全域を対象とした施策の分析は行っているものの, 特定の国に着目した分析は行っていない。また小菅ら⁴⁾ではカンボジアを対象とした物流シミュレーションを行っており, さらにカンボジアの将来シミュレーションとその分析を行っているものの, 陸域 ASEAN の他の地域は簡略化されており, 陸域 ASEAN 全体の分析には至っていない。

また, Isono and Kumagar⁵⁾ではダウエイ港の発展に関するシミュレーションを試みており, いくつかのシナリオが経済地理シミュレーションモデル (IDE-GSM) を用いて検討されているものの, モデルの特性上, 周辺地域への経済効果の推計に主眼が置かれており, 詳細な物流ネットワークに基づくシミュレーションとはいえない。ミャンマーの国際物流に着目したものでは, Sukdanont et al.⁶⁾や Black and Kyu⁷⁾が挙げられる。Sukdanont et al.⁶⁾は, 沿岸輸送と道路輸送のインターモーダル輸送に関するルート別のコスト分析を行っているものの, タイーミャンマー間貨物の分析にとどまっている。また Black and Kyu⁷⁾はマンダレーのドライポートを中心にミャンマーの輸出入に関する分析を行っているものの, ミャンマーと陸域 ASEAN の関係性など他国との貿易のつながりについては分析されていない。また JICA⁸⁾においては, 貿易相手国別の輸送機関, 品目別の物流傾向, 各回廊やインフラの発展計画などに関して詳細に記載されているものの, 物流

ネットワークを対象としたモデルシミュレーションなどは行われていない。

表-1 は, 上記文献の特徴をまとめたものである。表に示すように, (1)海上と陸上の両方のネットワークを考慮したシミュレーションモデルを開発していること, (2)陸域の ASEAN 全体を含めていること, (3)ミャンマーの政策を分析していること, のすべての条件を満たした物流シミュレーションに関する研究は存在しない。そこで本研究では, 陸路 ASEAN における世界の海上コンテナ輸送と陸上輸送をシミュレーションするためのモデルを開発した。開発したモデルを用いて, 陸域 ASEAN の国の一つであるミャンマーにおける物流インフラ政策に関する将来シナリオシミュレーションを, ミャンマーのみならず陸域 ASEAN 諸国全体への影響分析も含めて実施した。

表-1 既往論文のまとめ

論文	海上と陸上の両方のネットワーク	陸域の ASEAN 全体を考慮	ミャンマーの政策分析
柴崎・渡部 ²⁾ , Shibasaki et al. ³⁾	○	○	×
小菅 ⁴⁾	○	×	×
Isono and Kumagar ⁵⁾	*	○	○
Sukdanont et al. ⁶⁾	**	×	○
Black and Kyu ⁷⁾	×	×	○
JICA ⁸⁾	×	×	○
本論文	○	○	○

*海陸両方の輸送ネットワークを簡略化しており, 主に経済的な影響を分析している。

**海上輸送に関しては, 国内の沿岸輸送のみを考慮している。

2. ミャンマーの国際物流環境

図-2 に示す通り, ミャンマーには国際物流における主要な拠点や回廊がいくつか存在する。以下これを概説する。

はじめに, ミャンマーにおける国際物流の重要な拠点としてティラワ港とヤンゴン港があげられる。ティラワ港とヤンゴン港はミャンマーの全人口のうち 1 割以上を抱え, ミャンマーの全 GDP のうち 25%程度を占めるミャンマー最大都市ヤンゴン都市圏に位置し, ヤンゴン港は中心部に, ティラワ港は中心部から約 20km 南方に位置している。ヤンゴン地域のほとんどの海上コンテナ貨物は, ティラワ港もしくはヤンゴン港で取扱われており, 両港はミャンマーにおける国際貿易の玄関口といえる。

ヤンゴン港は, 後背地の奥行きが 200m 程度と敷地が狭いため, 将来の取扱量の増加に対応することは困難である。ミャンマーの将来的な発展に伴い増加が予想され

る輸出入貨物に対応する目的で、計画的に整備が進められているのがティラワ港である。ヤンゴン港が船長167m以下の船舶しか入港できないのに対し、ティラワ港にはより大型の船舶が停泊可能となっている(図-3)。また、周辺の経済特区には外資企業の工場なども多く進出し、今後の発展が期待されている。以降では、ヤンゴン港とティラワ港を総称してティラワ港とよぶ。

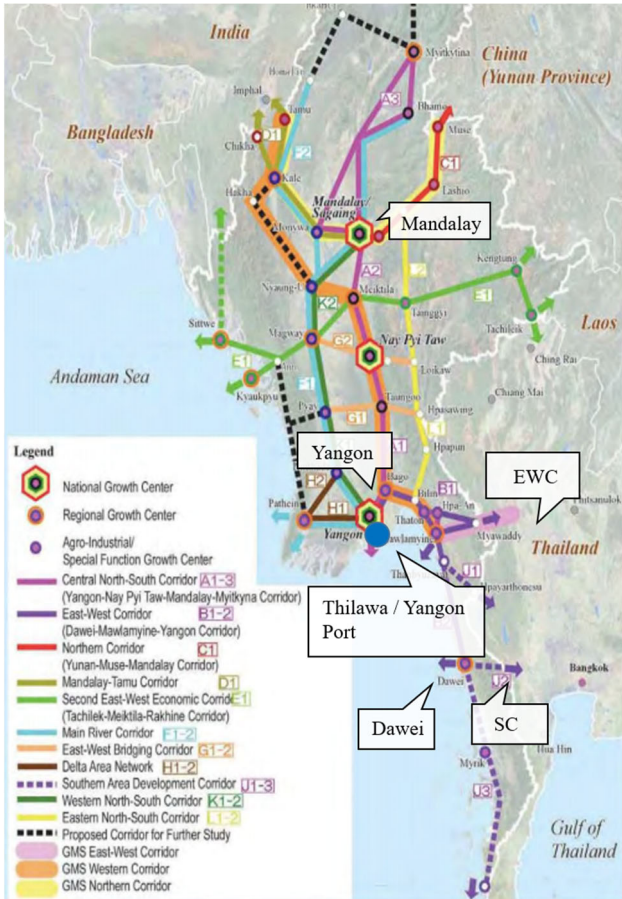


図-2 ミャンマーの主要回廊
出典：JICA⁸⁾に加筆

また、ヤンゴンの北 530km のエーヤワディー川沿いに位置するミャンマー第2の都市マンダレーとヤンゴンとの間の貨物輸送環境についてみると、この区間においては、道路、鉄道、内陸水運の3つの輸送モードが存在する。鉄道については、旧植民地時代のインフラを未だに使用しており、安全性への危惧から速度がかなり低くなっているため、現状ではほとんど利用されていない。また内陸水運についても、図-4 に示すような原始的な環境で、クレーンなどによる積卸はなされず、船の性能も高くないため、かなり非効率な状況である。そのため、統計が入手不可能で正確なシェアなどはわからないものの、整備が比較的進んでいる道路が最も利用されていると考えられる。しかしながら、ミャンマー政府による全国運輸マスタープランにおいては、内陸水運の改善により国際物流の玄関口であるティラワ港からマンダレーなどの他都市への輸送を効率化するという展望が記載されており⁹⁾、今後のインフラ開発の状況次第では機関分担率に変化が生じる可能性がある。



図-4 マンダレー港に停泊する内航船(著者撮影)



図-3 ティラワ港に停泊する船舶(著者撮影)

次に、大メコン流域圏(GMS)における重要な経済回廊の1つである東西回廊(EWC)について述べる。この回廊は、ベトナム、ラオス、タイ、ミャンマーを東西に貫いており、GMSを象徴する回廊となっている。また特にミャンマーに着目すると、ヤンゴンとバンコク間の主要な陸上輸送ルートがヤンゴンからタイのタークまでは東西回廊と重複しており、ミャンマーの国際物流環境を検討する上で重要な区間といえる。ミャンマー/タイ間の貿易は陸上輸送のシェアが大きく、その大部分はこのルートを経由しているとされる。この回廊のタイ側区間は整備が進んでいる一方で、ミャンマー側は道路改良が進められているものの未整備区間も残されており雨季にはたびたび冠水するなど、さらなる改善が必要である。

最後に、同様に GMS 経済回廊の一部である南部回廊

(SC) についても触れる。この回廊は、ベトナムのホーチミンからカンボジアの首都プノンペンやバンコクを経由し、ヤンゴンから南に約 600km ほど離れたミャンマー南部の地方都市であるダウエイへ至る。ダウエイとタイ国境のプーナムロンの間は、現在、道路の整備は進んでおらずこの区間は回廊として機能していないものの、タイの企業などには、ダウエイ港をインド・欧州方面輸送におけるタイ首都圏の外港と位置付け、回廊開発に積極的な姿勢を見せているものがある。これに対し、ミャンマーとしては、貨物が自国を通過するだけで十分な裨益を得られるか懐疑的な立場であり、開発の優先度に対する温度差がみられる。このような立場の相違は、南部回廊整備のインパクトを定量的に分析することの重要性を示唆するものである。

以上のように、現在、ミャンマーにおいては、インフラの発展とその効果に関して多くの論点が残されており、それぞれの観点から、様々に設定されたシナリオに基づきシミュレーション分析を行って、定量的に検証することは有用と考えられる。

3. モデル構成

(1) モデルの概要

本研究で用いるインターモーダル国際物流モデルは、Shibasaki and Kawasaki¹⁰⁾ および柴崎・川崎¹¹⁾ で構築されたモデルを基本として、さらに（海上輸送を利用しないという意味で）純粋な国際陸上輸送も考慮した西村ら¹²⁾ のモデルを利用している。図-5にモデルの全体像を示す。

モデルは、海上・陸上それぞれの実ネットワークに基づく配分モデルを2つの下位モデルとし、両者を統合したインターモーダルな仮想ネットワーク上での配分モデルを上位モデルとする構成になっている。

上位モデルでは、確率ネットワーク配分 (Dial配分) を用いることでリンクコストが最小の経路以外にもフローが流れる仕組みになっている。一方、下位モデルである海上輸送ネットワークと陸上輸送ネットワークにおける配分計算では、混雑の影響を考慮するために利用者均衡配分手法を適用している。

また、本モデルにおけるインプットは、大きく分けると海上・港湾・陸上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量 (OD貨物量) の2種類である。

アウトプットは各リンクごとに出力されるコンテナフローであり、これを集計することによって各港湾のコンテナ取扱量や各港湾間の大局的なフローも確認することができる。

また陸路で国境を越える場合の追加的な費用・時間と

して、通常の輸出入手続き等に要する費用・時間に対するトランジット貨物の費用・時間比率を国境抵抗係数 λ で定義し、キャリブレーションにより、以降の基本ケース (Base シナリオ) における ASEAN 域内の国境抵抗係数を $\lambda=0.4$ とする。

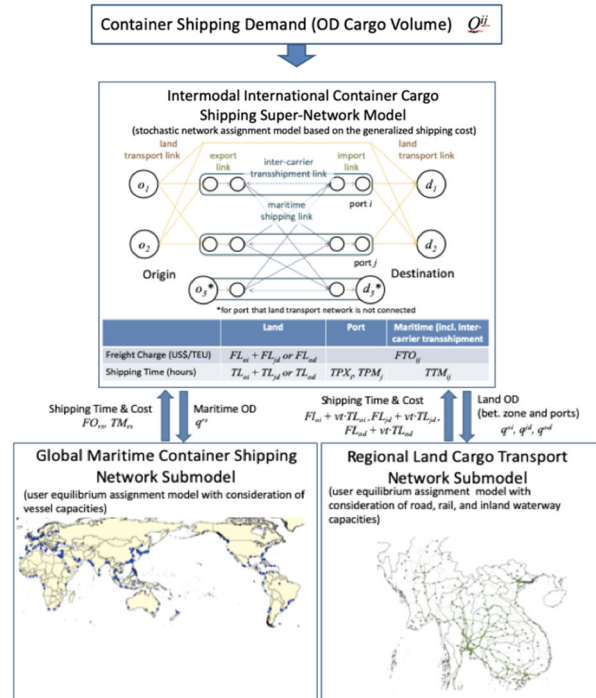


図-5 国際物流モデルの構成

出典：西村ら¹²⁾を一部改変

(2) 入力データ

入力データに関しては、同じく東南アジア地域を対象とした物流シミュレーションの既往研究である柴崎・渡部²⁾をベースとし、2016年時点の、海上および陸上ネットワーク、地域間コンテナ貨物輸送需要データを作成した。

海上ネットワークに関しては、陸域 ASEAN を詳細に分析するため、小菅ら⁴⁾と同様に、空コンテナを含む年間取扱量が 50 万 TEU 以上の全世界 173 港に加えて、ベトナムのダナン港とクイニョン港、カンボジアのシアヌークビル港、タイのソクラ港を追加し、合計 177 港とした。また対象船社に関しても、上位 20 社に加え、今回の研究対象である陸域 ASEAN に位置する港湾におけるコンテナ定期航路サービスのカバー率（容量ベース）が 95%以上になるようにローカル船社を 14 社追加した。

陸上ネットワークに関しては、陸域 ASEAN5 カ国を対象として、柴崎・渡部²⁾の陸上ネットワークに、ミャンマー内で欠落していた道路リンクに加えて、エーヤワディー川の内航水運を追加した。また、以降で述べるミャンマーのゾーン細分化を踏まえ、各ゾーン（県）に 1 つ以上のノードが存在するようにノードを配置し、道路リ

ンクも追加した。また、本研究のシミュレーションにおいては、東西回廊の国境抵抗およびミャンマー側の速度、南部回廊の有無・速度・国境抵抗、ダウエイ港の有無・寄港する定期航路サービスをシナリオごとに変化させ、他の各リンク情報に関しては固定した。

地域間コンテナ貨物輸送需要（地域間 OD 表）に関しては、陸域 ASEAN5 各国について、IHS 社の World Trade Service (WTS) データ¹³⁾から得られる国間コンテナ OD を、表-2 に示す指標から得た地域別シェアに基づき分割した。ここで、ミャンマーについては、地域区分を県単位として、柴崎・渡部²⁾よりもゾーン数を増加させた。また、ミャンマーについて OD 表分割用の地域指標として用いる GRP は、国全体としての GDP を、農業は土地被覆データ、工業とサービス業は夜間光の強度に基づき地域別に経済指標を分割することで得た、アジア経済研究所による推計値である。

表-2 各国の分割手法

国名	ゾーン数	指標 (年次)	出典
ミャンマー	70	GRP (2014)	アジア経済研究所
タイ	77	GRP (2016)	Statistics Ministry of Thailand ¹⁴⁾
ベトナム	62	貿易額 (2016)	Finance Ministry of Vietnam ¹⁵⁾
カンボジア	24	地域別売上と GDP 成長率 (2016)	小菅ら ⁴⁾
ラオス	17	GRP (2010)	アジア経済研究所

(3) モデルの解法

本モデルは、仮想的なインターモーダルネットワーク上での確率ネットワーク配分を上位モデル、各モードにおける実ネットワーク上での利用者均衡配分を下位モデルとする入れ子構造になっている。西村ら¹²⁾と同様に、下位モデルと上位モデルそれぞれの解を求めることを 1 セットとして、それぞれのアウトプットが一定の範囲に収束するまで繰り返し計算を行うことで、モデル全体の解を求める。なお、モデル全体の計算は収束が保証されないため、代わりに事後的に計算の収束を確認する。ただし、それでも解の一意性が保証されるわけではなく、この点は今後の課題である。

4. 現状再現性の確認と感度分析

本章では、モデルの再現性および妥当性について、陸域 ASEAN 地域の港湾取扱量と機関分担率の観点から確認する。後者の機関分担率については、ミャンマー〜タ

イ間の国際輸送ルートに着目し、費用関数に含まれる変数の感度分析も行う。

(1) Base シナリオの設定と港湾取扱量の再現性

本研究で行う分析における Base シナリオとして、ミャンマーで実施した現地調査の結果や関連報告書^{16),17)}を踏まえ、最も現実に即していると考えられる以下の設定を採用した。

- ・鉄道：速度 10km/h, 頻度 7 便/週, 積み替え時間 24h, 距離比例コスト 1.75 US\$/TEU km
- ・内陸水運：速度 10km/h, 頻度 7 便/週, 積み替え時間 48h, 距離比例コスト 0.75 US\$/TEU km
- ・東西回廊（道路）：ミャンマー・ラオス・ベトナム国内速度 20-30km/h, タイ国内速度 40-50km/h, 国境抵抗係数 $\lambda=0.4$
- ・南部回廊：存在しない
- ・ダウエイ港：コンテナを取り扱うバースが存在しない
- ・確率配分の分散パラメータ： $\theta=0.01$

Base シナリオにおいて推計された陸上コンテナフローを図-6 に示す。なお、ヤンゴン〜マンダレー間の輸送機関分担率の推計値は、道路 82% (89,771TEU), 水運 14% (15,477TEU), 鉄道 4% (4,856TEU) となっており、具体的な実績値は入手できないものの、トラックを利用した道路輸送が大部分を占めるというインタビュー結果と一致する。

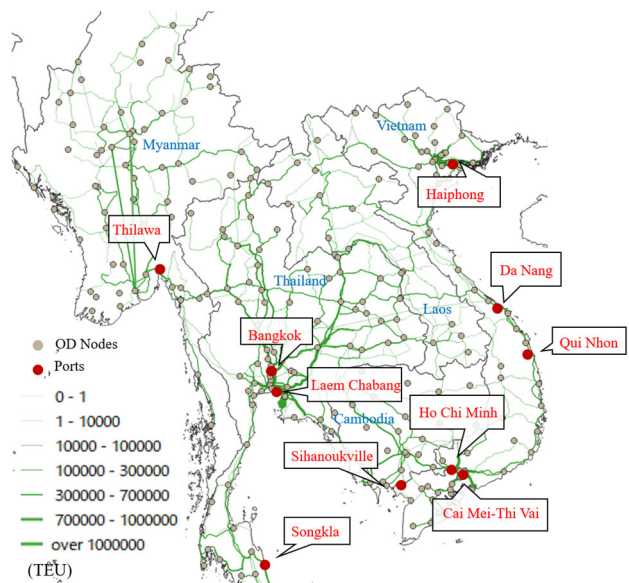


図-6 本研究により推計された Base シナリオのコンテナフロー (2016 年)

次に、陸域 ASEAN 各国における港湾コンテナ貨物取扱量の実績値 (WTS データ¹³⁾に基づく) とモデルによる推計値の比較を表-3 に示す。誤差率をみるとカンボジアが最大となっており、小菅ら⁴⁾では実施済みのキャリ

ブレーションを反映させ、改善する必要があるといえる。カンボジア以外の国に関しては、推計値と実績値の誤差は数%にとどまっており、再現性は良好と言える。

さらに港ごとの取扱貨物量を比較する。陸域 ASEAN 地域における港湾別取扱量の推計結果を表-4 に示す。はじめにベトナムの港湾についてみると、北部のハイフォンと、南部のホーチミンおよびカイメップの誤差が大きいことがわかる。これは、コンテナ貨物輸送需要の地域分割において、表-2 に示すように貿易額を指標に用いたことが原因のひとつと考えられる。すなわち、2009 年以降ハノイ周辺で韓国企業が IT 関連機器の生産を行い、航空機による巨額の輸出を行っていることとされ、このようにベトナム北部の方が、南部に比べ航空機による輸出が相対的に多いことを考慮できていないことが、北部のコンテナ貨物輸送需要の過大推計につながっていると考えられる。この点を踏まえた推計精度の改善に関しては今後の課題である。

またタイに関しても、バンコク港の取扱貨物量の推計値が実績値より小さく、かつその両隣に位置するレムチャバン港とソンクラーク港の貨物が実績値より大きくなっており、今後の改善が必要である。

一方で、ミャンマーに関しては、ヤンゴン港のみが現状再現モデルの対象港となっていることから、表-3 に示す国別誤差と変わらない結果となっている。

表-3 陸域ASEANの国別港湾取扱貨物量の推計結果 (Baseシナリオ)

国名	実績値	推計値	誤差率
Vietnam	6,321,448	6,532,790	3%
Cambodia	367,880	303,614	-17%
Thailand	6,165,424	6,439,496	4%
Myanmar	319,146	333,225	4%

表-4 陸域ASEANにおける各港湾の取扱貨物量の推計結果

国名	港	実績値	推計値	差分
Vietnam	Haiphong	708,921	3,141,070	2,432,149
Vietnam	Da Nang	233,815	141,384	-92,431
Vietnam	Qui Nhon	76,840	27,764	-49,076
Vietnam	Ho Chi Minh	4,354,555	2,407,315	-1,947,240
Vietnam	Cai Mei-Thi	947,317	815,257	-132,060
Cambodia	Sihanoukvill	367,880	303,614	-64,266
Thailand	Laem Chabang	5,105,178	5,430,096	324,918
Thailand	Bangkok	974,112	462,490	-511,622
Thailand	Songkhla	86,135	546,910	460,775
Myanmar	Thilawa	319,146	333,225	14,079

以上のように、港ごとに見れば特にベトナム国内で大きな誤差が生じているものの、国ごとに見ればある程度の再現性が担保されており、モデルのアウトプットに対

する信頼は一定程度担保されていると考える。

(2) ミャンマー—タイ間国際輸送における機関分担率とその感度分析

次に、本研究において重要な変数のひとつであるミャンマーとタイの間の陸上の国境抵抗係数 λ を変化させた場合の、ミャンマー—タイ間の輸出入における機関分担率（陸上・海上輸送シェア）の変化を確認する。図-7 に、WTS データ¹⁹より得た実績値とともに、各 λ の値に対する分担率を示す。

はじめに、図-7 に示した通り、実績値は陸上シェアが 85.4%であるのに対し、 $\lambda = 0.4$ の場合の陸上シェアが 83.2%と最も近かった。

さらに、 λ を変化させた感度分析の結果を見ると、 λ が大きくなるほどタイとミャンマーの陸上国境を通過する際の費用や時間が増加するため、両国間の貨物が陸上輸送から海上輸送にシフトし、陸上シェアが下がるという妥当な結果となった。

以上より、 $\lambda = 0.4$ で実績値を十分に再現でき、かつ λ に関する感度も良好といえる。

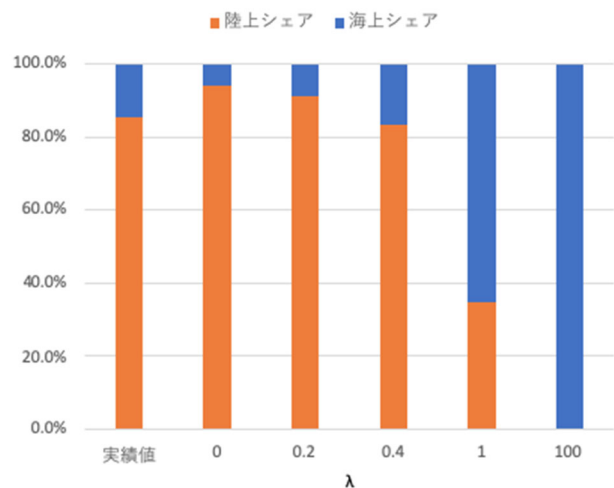


図-7 ミャンマー—タイ間の輸送機関分担率の実績値および各国境抵抗係数における推計結果

5. GMS 経済回廊を対象とした政策シナリオ分析

本章では、前章までで構築したモデルを用いて、以下に示される、今後想定される GMS 経済回廊を対象とした政策のシナリオ分析を行う。

S1：東西回廊のインフラ整備

S2：ダウエイ港の整備と南部回廊の整備

(1) S1：GMS 東西回廊のインフラ整備

東西回廊の一部であるヤンゴンからタイのタークマ

での区間は、現状でもミャンマー—タイ間の陸上輸送貨物の大部分が通過する非常に重要な道路となっている。しかし、回廊のタイ側は整備が進んでいる一方、ミャンマー側はまだ十分に整備が進んでいない

そこで本シナリオでは、ミャンマー国内および国境における東西回廊の輸送環境を向上させた場合を想定してシミュレーションを実施し、ミャンマー国内への影響をみる。具体的には、(a)東西回廊のミャンマー区間における道路整備の進展による走行速度の改善、および(b)ミャンマー・タイ国境（ミャワディーメソート間）における税関手続きの簡素化等による国境抵抗の改善、を想定した。

具体的なシナリオの設定は表-5に示す通りである。

表-5 東西回廊のインフラ整備に関するシナリオ

シナリオ	ミャンマー区間の道路速度(km/h)	ミャンマー—タイ間の国境抵抗に関する係数 λ
Base	20	0.4
S1-1	50	0.4
S1-2	80	0.4
S1-3	20	0
S1-4	20	0.2
S1-5	20	0.6
S1-6	20	1

a) 東西回廊における走行速度改善

まず、東西回廊の走行速度を変化させたシナリオ（S1-1, S1-2）について、東西回廊の通過貨物量とティラワ港の取扱量の推計結果を図-8に示す。東西回廊の通過貨物量についてみると、東西回廊の走行速度を向上させると、BaseシナリオからS1-1で0.7%（+1,087TEU）、S1-2では4.9%（+7,514TEU）増加する結果となった。また、ティラワ港の取扱量についてみると、S1-1ではBaseシナリオから0.1%の増加（+221TEU）、S1-2においては1.7%の減少（-5,564TEU）となった。

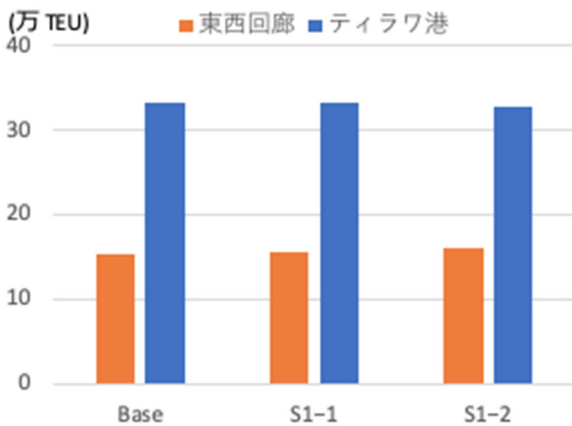


図-8 東西回廊の走行速度改善シナリオにおける東西回廊の通過貨物量とティラワ港の取扱量

すなわち、東西回廊の走行速度を向上させるほど東西回廊の通過貨物量が増加し、ティラワ港の取扱量は減少するものの、その影響はそれほど大きくない。

b) 東西回廊における国境抵抗変化

次に、東西回廊上のミャンマー—タイ間の国境抵抗に関する係数 λ を変化させたシナリオS1-3からS1-6までについて、東西回廊の通過貨物量とティラワ港の取扱量の推計結果を図-9に示す。ここで、4.(2)に示した国境抵抗に関する感度分析とは異なり、東西回廊上の国境抵抗のみを変化させ、その他の国境の抵抗についてはBaseシナリオから変化させていないことに留意されたい。

図-9より、東西回廊の国境抵抗が大きくなるにつれて東西回廊を通過する貨物量は減少し、小さくなるにつれて増加することがわかる。また、国境抵抗が大きくなるにつれてティラワ港の取扱量は増加する一方で、国境抵抗を減少させたときのティラワ港の取扱量の減少はわずかにとどまる。ここで、国境抵抗係数 λ が0であるS1-3とBaseシナリオの陸上コンテナフローの差分を図-10に示す。図に示されるように、S1-3では、Baseシナリオに比べ、東西回廊（EWC）のコンテナフローが大幅に増加（約5.9万TEU）しており、そのうち一部の貨物（約4,000TEU）はミャンマー北部の陸上国境からのシフトであることがわかる。さらに、ミャンマーとの国境に近いタイの一部地域を発着する一部の貨物（約1万TEU）が、タイの港湾の利用から東西回廊を経由したティラワ港の利用にシフトしたことや、このようなタイ発着貨物の海上輸送から東西回廊を通じた陸上輸送へのシフトによってタイの港湾の吸引力が相対的に弱まり、ティラワ港の利用を増加させる方向へ作用したことなども、東西回廊通過貨物の増加量ほどティラワ港取扱量の減少

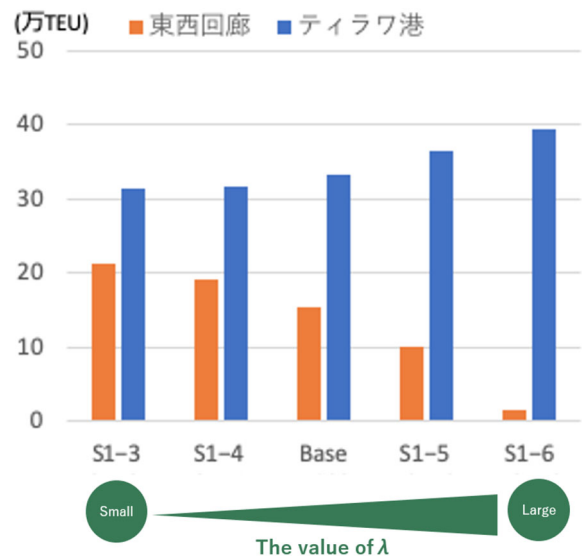


図-9 東西回廊の国境抵抗変化シナリオにおける東西回廊の通過貨物量とティラワ港の取扱量

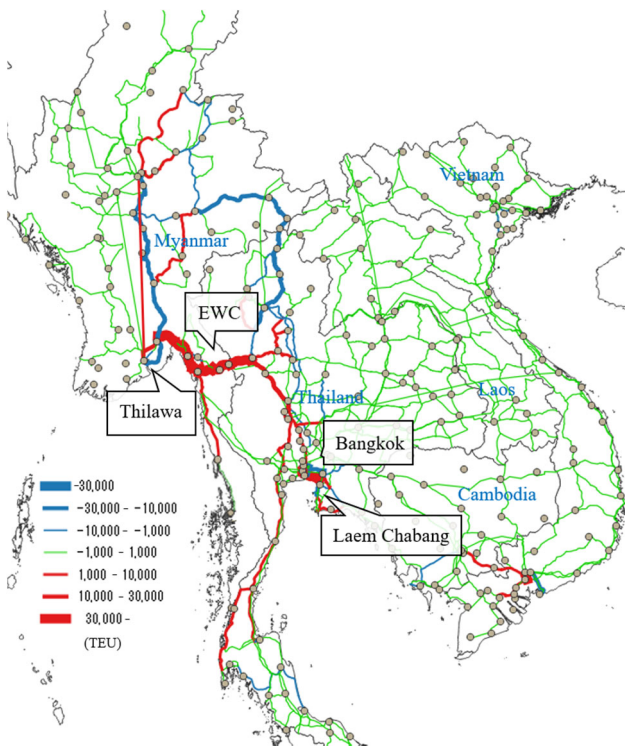


図-10 S1-3とBaseシナリオの陸上コンテナフローの差分

量が大きくないことの要因として考えられる。なお、図-10からも、レムチャバン港付近のコンテナフローの減少が確認できる。

また、図-10に示される通り、本シナリオで考慮した施策の影響はミャンマーとタイに限定され、それより東側の陸域 ASEAN への影響はほとんど見られないことがわかる。

(2) S2: GMS 南部回廊とダウエイ港の整備

2.で述べた通り、GMS 南部回廊のうち、ミャンマー区間（ダウエイ～プーナムロン間）は整備がされていない。また、ミャンマーでは現在、国際海上コンテナ貨物のほとんどをヤンゴン市内のヤンゴン港およびティラワ港で処理しているものの、いずれも河川港であり、水深が十分とは言えず、大型船が入ることができない。さらに、東アジア-欧州間の基幹航路から地理的に外れた位置にあるため、大型船の誘致が難しいという事情もある。一方、ミャンマー南部のダウエイ港は、地形的に大水深のターミナルが整備可能で、かつ地理的にもヤンゴンよりは基幹航路に近く、しかも GMS 南部回廊が利用可能となればバンコクにも距離的に近く、タイ側からするとマレー半島を迂回することなくインド・アフリカ・欧州方面へアクセスでき、タイの外港として位置づけることが可能という地理的ポテンシャルを有する。

以上を踏まえ、南部回廊およびダウエイ港の開発による影響について、シミュレーションを行った。具体的には、(a) GMS 南部回廊の整備、および(b)ダウエイ港へ寄

港する海上定期航路サービスの設定・増加の2つの政策を想定した。

具体的なシナリオの設定は表-6に示す通りである。シナリオ S2-1では、GMS 南部回廊としてダウエイとタイのプーナムロンを結ぶリンクをモデルに追加した。シナリオ S2-2～S2-4では、2016年現在でヤンゴン港またはティラワ港に寄港する22のコンテナ定期航路サービスのうち、コロンボ発着の1サービスを除き、東南アジア・北東アジア方面発着の21サービスがすべてダウエイ港にも寄港することを想定した。ここで、北航時にダウエイ港に寄港、南航時に寄港、北航時・南航時ともに寄港の3つのシナリオ（S2-2, S2-3, S2-4）を用意した。またシナリオ S2-5とS2-6では、南部回廊の速度を変化させた。さらに、シナリオ S2-7では、ベンガル湾内のインド南部・コロンボと、東南アジアまたはベンガル湾奥のバングラデシュやインド北東部のコルカタ港・ハルディア港などを結ぶ14サービスすべてのダウエイ港への寄港を想定した。最後の2つのシナリオでは欧州航路の接続を考慮し、具体的には、シナリオ S2-8ではアジア-欧州間航路のうち、欧州発でレムチャバンで折り返し、シンガポールを経由して欧州へ戻るサービスをダウエイ港発着へ変更し、S2-9ではさらにアジア-欧州間航路でチェンナイに寄港する1サービスに加え、アジア-欧州間航路で平均船舶サイズ（船腹量）が最も大きい2サービスを追加した（いずれも西航時のみ寄港を想定）。

各シナリオにおける、ダウエイ・ティラワ両港の取扱量、および東西・南部回廊の国境通過貨物量の推計結果を図-11に、またその両港取扱量の輸出入内訳および回廊の方向別内訳を表-7に示す。

表-6 GMS南部回廊およびダウエイ港の整備に関するシナリオ

シナリオ	ダウエイ港への寄港パターンと南部回廊の有無	南部回廊速度 (km/h)
Base	南部回廊とダウエイ港なし	-
S2-1	南部回廊のみ追加	20
S2-2	S2-1に加え、ティラワ港に寄港するサービス（南アジア発着サービスを除く）が北航時にすべて寄港	20
S2-3	S2-1に加え、ティラワ港に寄港するサービス（南アジア発着サービスを除く）が南航時にすべて寄港	20
S2-4	S2-1に加え、ティラワ港に寄港するサービス（南アジア発着サービスを除く）が北航時および南航時にすべて寄港	20
S2-5	S2-4に同じ	10
S2-6	S2-4に同じ	40
S2-7	S2-4に加え、南アジア航路14サービスを追加	20
S2-8	S2-7に加え、欧州航路1サービスを追加	20
S2-9	S2-8に加え、欧州航路4サービスを追加	20

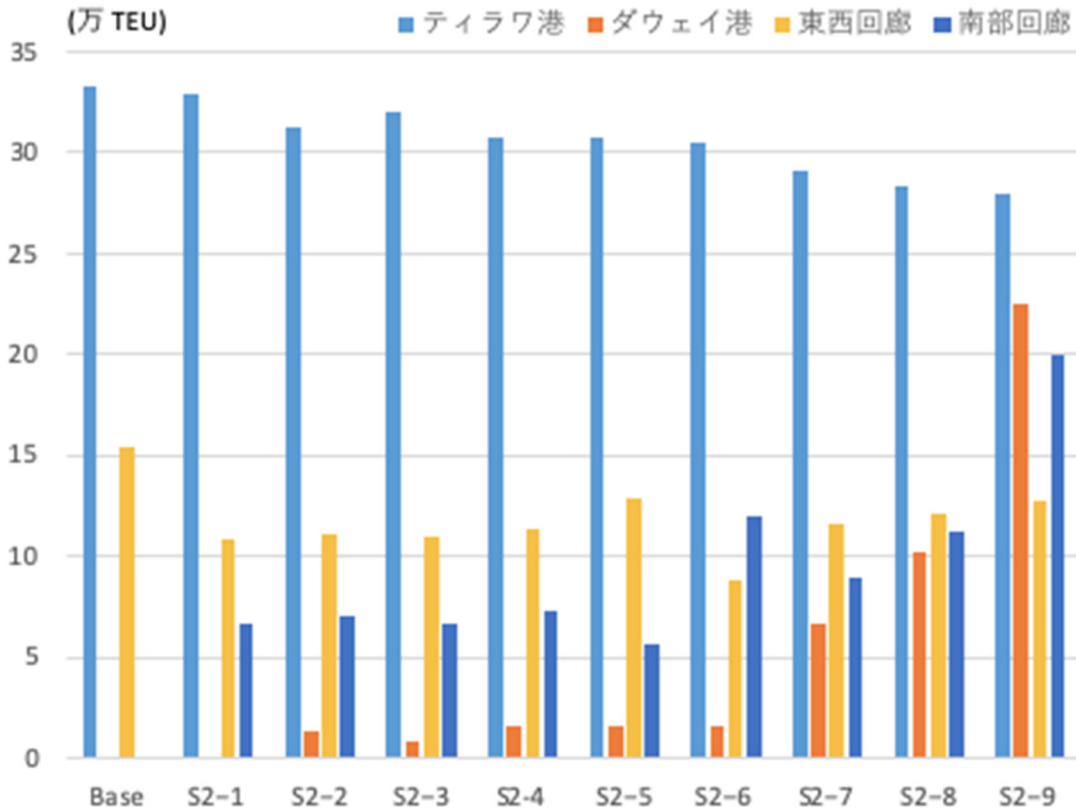


図-11 ダウエイ港および南部回廊整備シナリオにおけるダウエイ・ティラワ港の取扱量および東西・南部回廊の通過貨物量

表-7 各シナリオにおけるティラワ港・ダウエイ港取扱量の輸出入内訳および東西・南部回廊通過量の方向別内訳

シナリオ	ティラワ港		ダウエイ港		東西回廊		南部回廊	
	輸出	輸入	輸出	輸入	タイ→ ミャンマー	ミャンマー →タイ	タイ→ ミャンマー	ミャンマー →タイ
S2-1	107,820	221,559	0	0	83,747	24,008	62,832	3,532
S2-2	106,753	205,934	3,490	10,085	87,314	23,823	67,338	3,481
S2-3	103,074	216,453	4,318	4,164	85,363	25,243	64,341	3,501
S2-4	103,584	204,381	5,820	9,763	88,268	24,925	69,187	3,463
S2-5	103,552	204,250	5,782	9,785	102,785	25,872	53,740	2,516
S2-6	103,572	203,755	5,784	9,763	71,286	24,928	87,130	3,509
S2-7	93,582	196,868	34,248	31,724	88,918	27,391	79,720	9,146
S2-8	92,422	197,121	39,082	39,088	88,908	28,843	83,282	14,172
S2-9	87,884	186,456	160,734	49,732	99,420	29,034	172,304	13,377

a) GMS 南部回廊の追加

はじめに、時速 20km で走行可能な南部回廊を陸上ネットワークに追加し、ダウエイ港の開港は考えないシナリオ S2-1 の結果について検討する。図-12 に、S2-1 と Base シナリオにおける陸上コンテナフローの差分を示す。南部回廊を 66,364 TEU (ミャンマー・タイ国境) に相当する国際貨物が通過するとともに、東西回廊 (ミャンマー・タイ国境) を通過する貨物は 46,130 TEU 減少した。この結果より、南部回廊の開通によって、南部回廊と東西回廊がバンコク～ヤンゴン間等の輸送において競合関係になっていることが示唆される。しかし、S2-1 の東西回廊と南部回廊の通過貨物量の合計は Base シナリオの東西回廊の通過量と比較して 13%増加しており、ミャン

マー全体として回廊の利用は盛んになっているといえる。

また、S2-1 ではティラワ港の取扱量がベースシナリオから約 4,000 TEU の減少にとどまっており、回廊の輸送量の増加に対して小さい。この差分は、東西回廊シナリオ (1b) で検討したケースと同様に、南部回廊の開通によってタイの港湾を利用していただた貨物の一部が陸上輸送にシフトし、港湾の吸引力が低下した結果、ティラワ港の背後圏が相対的に広がったためと推察される。図-12 から、タイの港湾付近でコンテナフローが減少していることがわかる。

また、図-12 に示されるように、南部回廊の追加によるバンコクより東の陸域 ASEAN への影響はほとんど見られない。

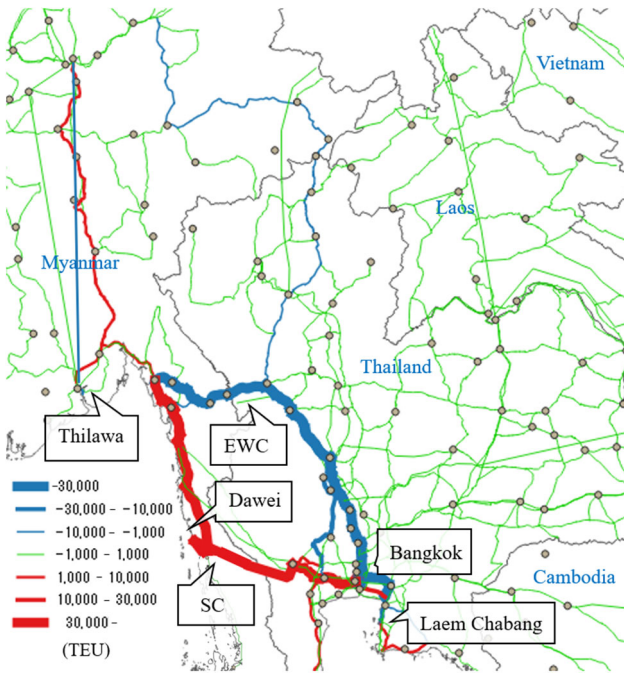


図-12 S2-1 と Base シナリオの陸上コンテナフローの差分

b) ティラワ港寄港サービスのダウエイ港への寄港

ダウエイ港の開港を想定し、ティラワ寄港サービスのうちコロンボ発着の1サービス以外をすべてダウエイ港に寄港させたシナリオ S2-2, S2-3 および S2-4 では、図-11 に示す通り、ダウエイ港の取扱量は1万 TEU 前後となっており、その分ティラワ港の取扱量が減少していることがわかる。また東西回廊、南部回廊の通過貨物量に関しては、S2-1 よりいずれもやや増加している（最大で 4000~5000 TEU 程度）。また、表-7 に示されるティラワ港およびダウエイ港の輸出入内訳をみると、北航時にダウエイ港に寄港する S2-2 においては、南航時に寄港する S2-3 よりもダウエイ港の輸入量が大きく、その分ティラワ港輸入量の減少が大きいことから、マレーシアやシンガポールからの輸入貨物の一部がティラワ港からダウエイ港にシフトしたことが推察される。一方、S2-2 におけるダウエイ港の輸出や S2-3 におけるダウエイ港の輸入は、その多くがティラワ港との間の国内輸送と考えられ、南部回廊を利用するヤンゴン~タイ間の貨物の一部が、ティラワ~ダウエイ間で海路を利用しているものと推察される（なお、本モデルでは内航輸送におけるカバタージュ規制は考慮していないことに留意されたい）。

また、S2-4 をベースに南部回廊の走行速度を増減させた S2-5 と S2-6 についてみると、S2-5 では南部回廊の通過貨物量が減少し東西回廊の通過貨物量は増加する一方で、S2-6 では南部回廊の通過貨物量が増加し東西回廊の通過貨物量は減少している。また、ティラワ港とダウエイ港の取扱量には大きな変化は見られない。

c) ベンガル湾内サービスのダウエイ港への寄港

S2-7 では、S2-4 をベースに、ベンガル湾内のインド南部（チェンナイ等）やコロンボと、東南アジアまたはバングラデシュやインド西ベンガル地方（コルカタ、ハルディア）などのベンガル湾奥を結ぶ、ベンガル湾を横断するサービスをダウエイ港に寄港させた。図-11 に示す通り、S2-4 と比較してダウエイ港の取扱量が約 5 万 TEU 増加する。また、南部回廊の通過貨物量も 3 万 TEU ほど増加しており、タイ発着の貨物がダウエイ港経由でインド東岸地域等へ輸送されていることが推察される。

また S2-7 で推計された陸上コンテナ貨物フローと S2-1 シナリオで推計されたフローの差分を図-13 に示す。図より、タイのバンコクやレムチャバンなどの港の取扱量が減少し、南部回廊にシフトしている様子が見受けられる。またタイ北部の一部貨物が、東西回廊を經由しダウエイ港へと向かっていることも確認できる。

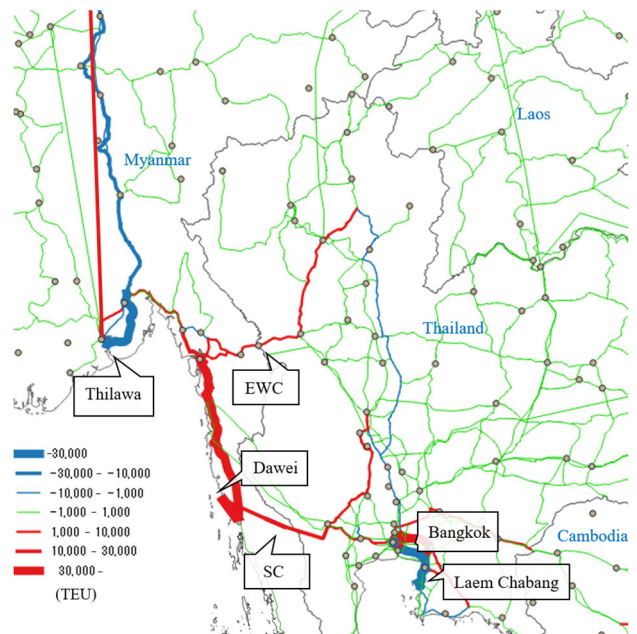


図-13 S2-7 と S2-1 の陸上コンテナフローの差分

d) 欧州航路のダウエイ港への寄港

S2-7 の設定に加え、S2-8 では欧州航路を1サービス、S2-9 では欧州航路をさらに3サービスを追加した。図-11 に示されるように、ダウエイ港の取扱量は、S2-7 と比べ、S2-8 では約 1.2 万 TEU、S2-9 ではさらに約 13 万 TEU 増加して約 21 万 TEU の取扱量となり、ティラワ港に匹敵する取扱量となっている。また、図-14 にも示すように、南部回廊の通過量も、S2-8 では約 8,600 TEU、S2-9 ではさらに約 8.8 万 TEU 増加しており、ダウエイ港を新たに利用する貨物の約 2/3 が南部回廊を經由したタイ発着の貨物であることがわかる。残りは、ティラワ港利用からのシフトや、c) と同様の東西回廊経由でのタイ発着貨物の利用となっている。特に輸出については、ダウエイ

イ港の取扱量の増加に比べるとティラワ港の取扱量は微減にとどまっていることがわかる。一方、タイのレムチャバン港やバンコク港を利用する貨物量は減少している。

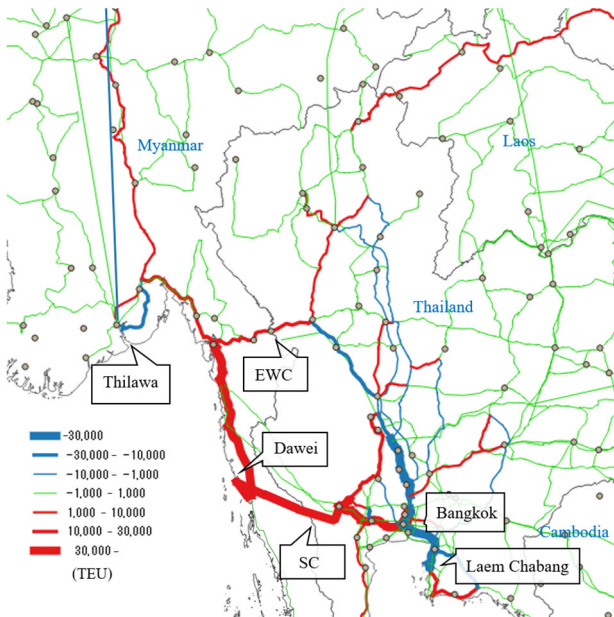


図-14 S2-9とS2-7の陸上コンテナフローの差分

(3) シナリオ分析の結論

東西回廊のシナリオでは、道路の改善による速度の向上が輸送量に与える影響は限定的であった一方で、国境抵抗係数 λ の変化が輸送量に大きく影響した。具体的には、東西回廊の国境抵抗がなくなる($\lambda=0$)と、通過貨物量は約40%増加する。一方、ティラワ港の取扱量が大きく減少しないのは、ミャンマーとの国境に近いタイの地域を発着する貨物の一部が、タイの港湾から、東西回廊を経由してティラワ港を利用するようにシフトしていることや、タイ発着貨物の海運から陸上輸送へのシフトがタイ港湾の吸引力を弱め、ティラワ港の吸引力を高めていることが主な要因であると考えられる。

南部回廊のミャンマー区間の開発は、ダウエイ港が建設されていないにもかかわらず、東西回廊やティラワ港だけでなく、タイ港湾からの一部貨物のシフトを促した。また、ダウエイ港のシナリオでは、ダウエイ港に定期航路サービスが追加されることで南部回廊の利用が大幅に促進されることが示された。これらのシナリオでは、特に欧州航路が追加されたシナリオで、タイ港湾からダウエイ港への貨物のシフトが顕著に見られた。具体的には、最も楽観的にダウエイ港への寄港サービスの増加を想定したS2-9では、ダウエイ港での取扱量が210,466 TEUに増加するのに対し、南部回廊の通過貨物量は185,681 TEUとなっている。

ミャンマーやタイ以外の陸路ASEAN諸国については、ミャンマーとこれらの国との間の貿易量が少なく、陸路

で輸送する場合には2つ以上の陸路の国境を通過しなければならないため、これらのインフラレベルを高める政策が大きな影響を与えることはなかった。

6. 結論

本研究は、インターモーダル国際物流モデルを用いて、ミャンマーを中心とする陸域ASEANの国際物流シミュレーションを行った。本研究で用いた国際物流モデルは西村ら¹²⁾のモデルをベースとし、現地調査結果も踏まえ、ミャンマーのゾーン細分化や内陸水運リンクの追加も含めた入力データの更新を行った。構築したモデルの計算結果を港湾取扱量や輸送機関分担率の実績値と比較して概ねの再現性が担保されること、および国境抵抗 λ の変化に対する感度分析によりモデルの妥当性を確認した。

さらに構築したモデルを用いて、ミャンマーにおいて現在検討されている、東西回廊の改善や南部回廊およびダウエイ港の開発等に関する政策シナリオ分析を行った。東西回廊について走行速度や国境抵抗の改善に関するシミュレーションを実施したところ、速度の改善による東西回廊の通過量への影響はあまり見られなかった一方で、国境抵抗を改善すると、東西回廊の利用が増加しティラワ港の取扱貨物量は減少するものの、タイ北部発着貨物の一部が東西回廊経由でティラワ港を利用することによって、ティラワ港取扱貨物の減少量は抑制されることがわかった。また南部回廊およびダウエイ港のシナリオでは、南部回廊の開通により、東西回廊から貨物がシフトするだけでなく、タイ～ミャンマー間の陸路輸送のシェアが増加することが示された。さらに、ダウエイ港の開港を想定したシナリオでは、ダウエイ港への寄港サービスが増加するにつれて南部回廊の利用が促進され、タイ貨物のダウエイ港へのシフトが見込めることがわかった。特にインド東部や欧州方面のサービスが仮に設定された場合には、ダウエイ港の取扱量は大きく増加し、場合によってはティラワ港並みの取扱量規模まで成長する可能性があることが示された。

以上は本研究における成果と言える一方で、今後取り組むべきいくつかの課題も残っている。

はじめに、モデルの再現性について改善の余地がある。たとえばカンボジアにおける再現性に関しては、小菅ら¹⁴⁾にて実施したキャリブレーションを本モデルにも反映させる必要がある。ベトナムに関しては、先述したように北部で特に航空貨物の割合が大きいことが再現性が悪い原因と思われる、航空貨物を除いた輸送需要(OD貨物量)を作成する必要がある。タイの再現性に関しては、レムチャバン港とバンコク港という規模の異なる港が近接していることが原因と考えられるため、より適切な配

分手法の検討も視野に入れる必要がある。

さらに、より様々な政策シミュレーションに適用していくことも考えられる。例えば、今回はタイとの関係に絞った分析を行ったものの、ミャンマーは中国との貿易量も多く、また中国もミャンマーを一带一路政策における重要国と位置づけていることから、中国の陸上ネットワークと連結したシミュレーションのニーズ・重要性も大きいと考えられる。このように、引き続き新たな物流政策をシミュレーションし、その効果を検証していくことも今後の課題である。

参考文献

- 1) Asian Development Outlook 2019 Update: <https://www.adb.org/publications/asian-development-outlook-2019-update> (2020年4月14日最終アクセス)
- 2) 柴崎隆一, 渡部富博: 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, 第40号, 2009.
- 3) Shibasaki, R., Watanabe, T., Araki, D.: How is model accuracy improved by usage of statistics? – An example of international freight simulation model in East Asia –, *Asian Transport Studies*, 1, pp.33-45, 2010.
- 4) 小菅直樹, 柴崎隆一, 讃井一将, 大窪香織: 国際経済モデルとインターモーダル国際物流モデルを用いたカンボジア物流効率化政策の将来シミュレーション, 第60回土木計画学研究発表会, 2020.
- 5) Isono, I., Kumagai, S.: Dawei revisited: Reaffirmation of the importance of the project in the era of reforms in Myanmar, Economic Research Institute for ASEAN and East Asia, No99
- 6) Sukdanont, S., Pechdin, W., Tawinnorppanan, P.: Possibly Utilizing Intermodal Transport with Coastal Shipping for Thailand-Myanmar's Cross-border Transport, *Asian Transport Studies*, 5, pp.600-616, 2019.
- 7) Black, J., Kyu, T.: Critical evaluation of Mandalay dry port, Myanmar, ICLT 2013, The 5th International Conference on Logistics and Transportation; 5-8 November 2013.
- 8) Japan International Cooperation Agency: Data collection survey on national logistics in the Republic of the union of Myanmar https://openjicareport.jica.go.jp/728/728_104_12305694.html (2020年5月3日最終アクセス)
- 9) Japan International Cooperation Agency: ミャンマー国全国運輸交通プログラム形成準備調査 ファイナルレポート <https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/12230702.pdf> (2020年5月3日最終アクセス)
- 10) 柴崎隆一, 川崎智也: 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, 国土技術政策総合研究所研究報告, 第58号, 2016.
- 11) Shibasaki, R., Kawasaki, T.: International intermodal container shipping network in South Asia: Modelling and policy simulations, *International Journal of Shipping and Transport Logistics* (accepted)
- 12) 西村健太郎, 柴崎隆一, 田邊玲, 加藤浩徳: ランドブリッジと海上輸送の競合を考慮したユーラシア大陸インターモーダル国際物流ネットワークモデルによる一带一路政策の分析, 第57回土木計画学研究発表会, 2018.
- 13) IHS.: World Trade Service (WTS) Database.
- 14) Statistics Ministry of Thailand. Summary of Labor Force Survey in Thailand <http://web.nso.go.th/>(2020年5月3日最終アクセス)
- 15) Finance Ministry of Vietnam: Statistics of Exports and Imports by Province/City <https://www.customs.gov.vn/>(2020年5月3日最終アクセス)
- 16) 国土交通省: ミャンマー連邦共和国における内陸輸送の貨物鉄道へのモーダルシフト推進のための実現性及課題調査報告書, 2015 <https://www.mlit.go.jp/com-mon/001230933.pdf>(2020年6月11日最終アクセス)
- 17) 一般社団法人日本船用工業会: ミャンマーの海上・水上交通に係る将来計画及び今後の海自産業動向に関する調査, 2019 <https://www.jstra.jp/PDF/4f27eb41204c1515fbd847f74049587cbdb9fc9f.pdf>(2020年6月11日最終アクセス)
- 18) MDS Transmodal Ltd.: MDS Containership Databank, August 2016.
- 19) World Bank Group: Doing Business Website “Trading Across Borders”2016 Rank
- 20) Japan International Cooperation Agency: The Survey Program for the National Transport Development Plan in the Republic of the Union of Myanmar

Policy Simulations for Enhancing Logistics Efficiency in Myanmar using Global Intermodal Logistics Network Model - Focusing on the East-West and Southern Corridor of the Greater Mekong Subregion -

Takuya YAMAGUCHI, Ryuichi SHIBASAKI, Hiroyuki SAMIZO, Atsushi MOCHIZUKI, Hisanari USHIROOKA

In recent years, the international maritime container shipping has become more significant because of the growth of the world economy and the expansion of global trade. In particular, because of their recent remarkable economic growth, the international maritime container shipping in the developing countries is expected to rapidly grow and their importance in the global container shipping market is increasing.

The authors applied the global intermodal logistics network model including both maritime shipping

and land transport, which was developed by the authors before, to the “land-linked ASEAN” region. Particularly, we focused on the container shipping in Myanmar, which is considered to achieve remarkable development in near future. It was confirmed that the results estimated by the model well agree with the observed container throughputs in each port of the region.

Using the developed model, we examined the impact of possible future infrastructure development policies on international container cargo flow in Myanmar and neighbor countries, on both networks of maritime shipping and land transport. Particularly, we focused on the impact of the infrastructure investment and other related policies along the East-West and Southern corridor of the Greater Mekong Subregion, including the facilitations at the national borders and the development of a new port. Based on the simulation results, the authors analyzed the policy scenarios that might be effective on enhancing logistics activity and regional economic development.