

シームレスアジア時代の国際交通政策評価 ~カンボジアを中心として~*

Policy Evaluation of International Transport for "Seamless Asia" -Focused in Cambodia-*

柴崎隆一**・渡部富博***

By Ryuichi SHIBASAKI**・Tomihito WATANABE***

1. はじめに

筆者らは、これまで、わが国の港湾投資政策をはじめとする東アジア諸国における国際交通政策を評価することを目的として、国際海上コンテナ貨物流動のモデル構築を行ってきた¹⁾。また当初は、海上流動およびわが国の背後輸送のみをモデル化の対象としていたが、これに中国における背後輸送ネットワークを含めることにより、中国各港湾における投資政策が中国発着貨物の輸出入港湾選択行動や中国国内の陸上輸送経路選択に及ぼす影響の計測も行った²⁾。本稿では、この既存モデルにさらに東南アジア地域の内陸輸送ネットワークを追加し、当該地域を発着地とする海上貨物の利用港湾選択行動も表現可能とする。同時に、国際陸上貨物輸送をモデル対象に含めることで、越境輸送（クロスボーダー輸送）に関わる政策の評価も可能とするものである。

2. 国際コンテナ貨物流動モデルの概要と拡張方針

(1) 国際コンテナ貨物流動モデルの概要

モデルの基本は既報¹⁾と同様、荷主と船社の両サブモデルから構成され、いずれのサブモデルも、陸上・海上・港湾内に仮想的な輸送ネットワークを想定し、そのネットワーク上で、各主体の最適化行動を想定した配分原理に基づきコンテナ貨物を配分する。具体的には、荷主サブモデルでは、真のODを所与として、コンテナ1TEUごとに、自己の一般化輸送費用を最小化する輸出入港湾・陸上輸送経路・海上輸送船社を選択するものとし、船社サブモデルでは、港湾間の海上輸送貨物量（船社グループ別港湾間OD）を所与として、アライアンス単位で自グループの総一般化費用を最小化するように、輸送船舶サイズ・寄港ルート・トランシップ港等の輸送パターンを決定するものとする。

このうち、船社サブモデルでは、特定の航路・港湾に貨物が集中することによって規模の経済や規模の不経済が生じると想定する。すなわち、規模の経済性としては、船舶の大型化による1TEUあたり海上輸送単価の低減、特定航路への集中に伴う頻度増加による期待出航待ち時間の短縮、特定港湾への貨物の集中に伴う1TEUあたりターミナル費用の低減、の3種類を考慮する。このうち、については船舶サイズごとに異なる航路と見なして表現しているため、コスト関数は各サイズ（7段

階を想定)ごとには定数となる。一方、については、貨物量の逆数となるようなコスト関数を想定することにより、規模の経済性を表現する。また、規模の不経済としては、現時点では入港待ち混雑のみを考慮する（今後、ゲート搬出入待ちや、ターミナル内荷役における混雑も考慮する予定である）。以上より、フローディペンデントなリンクコスト関数をもつ初期値依存型の総コスト最小化問題(SO)となる。ここで、前述のように、船社グループ単位でコスト最小化が図られる(全9グループを想定)と仮定するが、公共バースを想定していることから、1TEUあたりターミナル費用や入港待ち混雑費用については他グループのフローにも左右されるため、リンク間に相互干渉のある均衡配分問題を解く必要があることに注意されたい。

一方、荷主サブモデルでは、規模の経済・不経済の発生するリンクは設定せず、フローインディペンデントな配分問題となるが、荷主の各選択行動を決定する要因のすべてを明示的に捕捉することは不可能であり、かつ個々の貨物によって事情が異なるものと考えられることから、一般化輸送費用に確率項を追加し、確率的最短経路配分(Stochastic Shortest-path Assignment: SSA)を行う。なおここでは、全ODペアにおける全経路の確率項(誤差項)が、互いに独立なWeibull分布 $W(0, \cdot)$ に従うと仮定(=ロジットモデル)し、経路の限定を前提としたDialのアルゴリズムを用いて解くこととする。

(2) 入力データとモデル拡張

本モデルに必要な入力データは、地域間OD貨物量、水深バース数や利用料金などの港湾諸元、輸送費用や輸送ネットワークに関するデータ(海上・陸上とも)、初期値として入力する港湾間フロー、港湾間船社グループ別OD表や港湾取扱量、の4種類に分けられる。以下では、今回の拡張において新規に追加された事項を中心に概説する。

地域間OD貨物量

モデルの対象地域は、背後輸送まで対象とする日本(47ゾーン)、中国(31)、香港(1)、モンゴル(1)、ベトナム(64)、ラオス(1)、カンボジア(5)、タイ(76)、マレーシア(半島部:11)、シンガポール(1)、ミャンマー(1)の各国(合計239ゾーン)と、背後輸送は考慮せず、港湾でゾーンを代表させるその他の東アジア諸国やアジア以外の地域(ただし、韓国・インドネシア・米国など比較的影響の大きいと予想される地域は1国に複数港設定し、合計43ゾーン)の、282ゾーンOD表を作成する。基本的な作成方法は既往文献³⁾に

*キーワード: 国際交通政策評価, 国際物流, クロスボーダーイシュー **正員, 博士(工学), 国土交通省国土技術政策総合研究所港湾研究部(神奈川県横浜須賀市長瀬3-1-1, TEL046-844-5028, FAX046-844-6029, E-mail shibasaki-r92y2@ysk.nili.m.go.jp) ***正員, 工修, 国土交通省国土技術政策総合研究所

記載したとおりであるが、今回のモデル拡張の対象である東南アジア諸国においては、各国の統計より地域別GRPを入手し、この比率で国間ODを按分した。また、今回は国際陸上貨物もモデル計算の対象としたため、Global Insightデータより得られる輸送機関分担率データをもとに該当量を推計し、国際海上コンテナを対象とした従来のOD表に上乘せした。さらに、中国発着貨物についてはChina Trade Information (CTI) データより得られる中国各省別相手国別貿易額を用いて精緻化を図った。

港湾諸元

背後輸送まで対象とする各国について若干の港湾を追加し、合計世界115港について水深別バース数や港湾諸料金（船舶サイズ別入港費、荷役費、ターミナル費用）を設定した。

輸送ネットワーク・輸送費用

東南アジア地域の陸上輸送ネットワークについては、中国と同様、WorldMap™の道路データを加工して組み入れた。なお、速度データについては、道路のランクに応じて60~20km/hの5段階に設定したうえで、文献⁹⁾に示される「Asian Highwayの問題区間」については、一律20km/hと設定した。また、当該地域における29の国境ポイントにおける抵抗（所要時間・費用・ゲートオープン時間）については、各種の文献・資料より、表1に示すとおり設定した。また、内航河川ネットワーク（メコン川）については、船社モデルのネットワークとして考慮するものの、船型100TEU以下、ホーチミン港で必ず積替えが必要などの制約を設ける。一方、輸送費用については、主としてデータ入手の問題から、これまでと同様に、陸上・海上とも日本国内や日本発着貨物に関するデータをそのまま用いているため、結果の考察の際には考慮が必要である。

表1 本モデルにおける国境ポイントと抵抗の設定値

国の組み合わせ		国境ポイント数	国境通過に要する時間 (hour)	国境通過に要する費用 (千円)	ゲートオープン時間 (hour)
中国	香港	1	0.0	0	18.0
中国	ベトナム	2	3.0	15	11.8
中国	ラオス	2	3.0	15	15.5
中国	ミャンマー	2	3.0	15	15.5
ラオス	タイ	5	7.8	16	15.5
ベトナム	ラオス	4	2.0	16	11.8
ラオス	カンボジア	1	2.0	10	11.8
ベトナム	カンボジア	4	2.0	10	11.8
タイ	カンボジア	2	4.0	10	15.5
タイ	ミャンマー	3	15.0	7	15.5
タイ	マレーシア	3	5.0	8	15.5
マレーシア	シンガポール	1	2.0	17	15.5

港湾間フロー等

港湾間フローは、Transmodal社のMDSデータベースから港湾間就航船腹量（船社グループ・船舶サイズ別）を得て、これに消席率を乗じる。港湾間船社グループ別OD表や港湾取扱量については、従来と同様の方法で得る。

一方、モデルパラメータのうち、荷主の時間価値 vt_{shpr} 、船社の時間価値 vt_{carr} 、入港頻度と入港待ち時間の関係式に関する2パラメータ($b1$, $b2$)、および荷主モデルの確率項に関する分布パラメータの5つについては、外

生的に与えるのではなく、現状を最も良く説明するような値を、モデル内部で推計する。ただし、今回のシミュレーションでは、以前基本モデルで推計したパラメータ値($vt_{shpr} = 1.63$ (千円/TEU・時)、 $vt_{carr} = 1.44$ (千円/TEU・時)、 $\rho = 0.0141$ 等)をそのまま用いる。

3. モデルの再現結果

陸上輸送における国境抵抗については、前章(2)で考慮したものの以外にも、相互乗り入れの制限によるトラック積替等の費用、税関手続きに関する正規・非正規費用（大都市から国境まで税関職員等の送迎が必要なケース等も見られる）、その他様々な形で抵抗が存在すると考えられる^{5),6)}。そこで本研究では、これらの抵抗を時間と金銭費用で表される「一般的抵抗費用」として表現する。具体的には、表2に示すような一般的抵抗費用に関する5段階の国境レベルを想定し、これに基づくCase1~5についてモデル計算を行い、結果を比較することとした。わが国における港湾取扱量を図1に、東南アジア地域における港湾取扱量と国境通過貨物量を表3・4に示す。

図1に示されるわが国港湾や表3に示される東アジア港湾のうち比較的規模の大きい港湾の総取扱量についてみると、国境抵抗（中国・香港間含む）を無限大としたCase5の香港・シンガポール港等を除けば、Case1~4ではあまり大きな差異は見られない。一方、当該地域における比較的規模の小さい港湾や国境通過貨物量をみると、ケース間で相違の見られる港湾・地点もみられる。特に国境通過貨物量については、実績値が得られている箇所が少なく、また得られている場所でも精度に疑問のある箇所も含まれるため、判断が難しいところではあるものの、報告書類に見られる定性的な記述や筆者らによる現地調査、あるいは隣接国同士の友好関係も考慮しながら、各地点における国境抵抗レベルを表4右端から2列目に示すように設定した。その結果得られる当該地域の港湾取扱量や国境通過貨物量を、表3・4の右端に最終推計値として示した。上述のような要因もあり、特に国境地点については実績値と差異が大きいところも見られるものの、各地点における相対的な大小関係は概ね妥当な結果と考えられる。

表2 一般的抵抗に関するレベル別設定値と計算ケース

国境レベル	1	2	3	4	5
金銭的費用(千円/台)	0.0	10.0	20.0	40.0	
所要時間(日)	0.0	1.0	2.0	4.0	

計算ケース	摘要
Case 1	全ての国境においてレベル1
Case 2	全ての国境においてレベル2
Case 3	全ての国境においてレベル3
Case 4	全ての国境においてレベル4
Case 5(参考)	全ての国境においてレベル5

4. 国際交通政策シミュレーション

(1) 東南アジア地域におけるクロスボーダー政策

構築したモデルを用いて、東南アジア地域全般における国際交通政策の実施がもたらす影響を計測する。ここでは、下記2種類のシナリオを用意する。

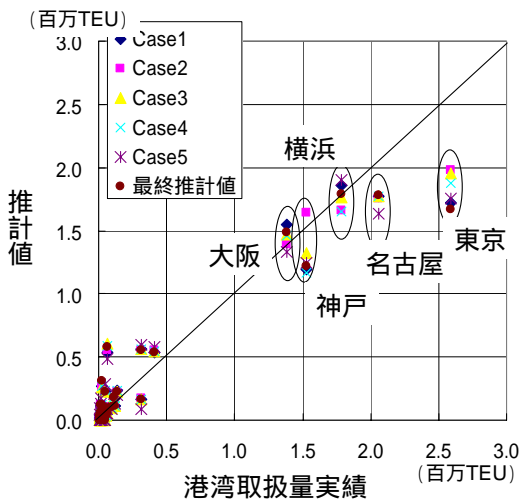


図1 わが国港湾における取扱量実績と推計値の比較
表3 東南アジア各港湾における取扱量実績と推計値

	実績*	Case					Case1に対するCase4の増加率	最終推計値(基本ケース)	
		Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5			
CN	Hong Kong	14,296	7,846	8,838	11,626	10,625	18,582	135%	6,772
VN	Haiphong	274	296	299	313	291	322	98%	308
	Da Nang	24	54	48	60	63	73	-	60
	Ho Chi Minh	1,085	1,562	1,529	1,682	1,617	1,677	104%	1,683
CB	Shihanouk Ville	117	0	0	24	108	135	-	97
	Phnompenh	6	0	0	0	0	0	-	0
MM	Tirawa	67	41	41	42	42	82	102%	53
TH	Laem Chabang	2,546	2,346	2,301	2,349	2,707	2,125	115%	2,577
	Bangkok	1,292	2,777	2,771	3,009	2,988	3,947	108%	3,001
ML	Pasir Gudang	353	1,886	1,520	1,294	889	1,151	47%	1,377
	TJ Perapas	3,333	672	740	551	535	891	80%	731
	Klang	4,873	8,275	8,616	8,752	8,886	9,056	107%	8,603
	Penang	323	749	816	871	1,810	1,728	242%	860
SP	Singapore	14,835	9,871	8,745	9,266	9,824	16,774	100%	9,061

CN: China, VN: Vietnam, LA: Laos, MM: Myanmar, CB: Cambodia, TH: Thailand, ML: Malaysia, SP: Singapore
* 筆者ら³⁾による推計値

シナリオ : アジアンハイウェイ改良・2(2) に示した、「Asian Highwayの問題区間」の全区間について、適切な改良を行う。シナリオ : 国境抵抗の削減。シナリオ に加え、東南アジア地域の全国境ポイントにおける一般的抵抗費用をマレーシア・シンガポール国境並み (= レベル2) に引き下げる(ただし、表1に示す「通常の」国境抵抗は変更しない)。

各シナリオの推計結果を図2に示す。図より、当然のことながら、道路改良による走行速度向上施策よりも、国境抵抗を直接的に引き下げる施策のほうが、各リンクにおける交通量の増減に大きな影響を与えることがわかる。地域的に見れば、中国・ベトナム・タイに囲まれたラオスやカンボジアを通過する交通量が増加し、タイ北部と中部の港湾群を結ぶリンクや中国国内のリンクでは交通量が減少するものも多い。

(2) カンボジア及び周辺地域における港湾・道路政策

(1) でみた全般的な分析は、感度分析的な意味はあっても、短期的な実行可能性がやや小さいため、以下では、地域を限定したシミュレーションの例として、カンボジアと同国を取り巻く輸送環境の変化が貨物流動パターンに及ぼす影響を計測する。

シナリオ : プノンペン=ホーチミン間における陸上輸送環境の改善。具体的には、メコ

ン架橋、一部問題区間の改良、国境における一般的抵抗の引き下げを想定する。シナリオ : メコン川輸送環境改善およびベトナム・ホーチミン港の大水深バース開業。具体的には、シナリオ に加え、夜間航行制限の撤廃、国境抵抗の引き下げ、カイメップターミナル開業による海港への移転と大水深化を想定する。シナリオ : シアヌークビル港における利用料金引き下げ。シナリオ に加え、1 TEUあたりの荷役料金のランチャバン港並みへの引き下げを行う。

各シナリオの推計結果を表5に示す。表より、陸上輸送環境を改善するシナリオ では、シアヌークビル港利用貨物がベトナムまでの陸上輸送にシフトすること(ただしホーチミン港の取扱量は、基本ケースに比ベトナムシップ量が減少するためさほど増加しない)、ホーチミンに大水深バースがオープンするシナリオ では、ホーチミン港の取扱量が増加すると同時に、フィーダー輸送の増加に起因するものと考えられるシアヌークビル港の取扱量増加も観察されるものの、シナリオ での落ち込みをカバーするには至らないことがわかる。また、シアヌークビル港の改善を行うシナリオ でも、取扱量は増加するものの、小幅にとどまる結果となった。今後さらなる検討が必要ではあるものの、以上の結果から、クロスボーダー輸送環境改善のインパクトは、特に比較的規模の小さい港湾にとって、近隣港における大水深バースの整備や自港における多少の競争条件改善をも上回る可能性があることが推察される。

参考文献

- 1) R.SHIBASAKI, H.IEDA, T.KADONO, Model Improvement Of International Maritime Container Cargo Flow And Policy Evaluation For International Logistics In Eastern Asia, 1st International Conference on Transportation Logistics (TLOG), CD-ROM, Singapore, 2005.7
- 2) L.MA, R.SHIBASAKI, H.IEDA, T.WATANABE, Simulation Of The International Container Cargo Movement In Chinese Ports By Incorporating Chinese Land Transport Network, 土木計画学研究・講演集, 33, CD-ROM, 2006.6
- 3) R.SHIBASAKI, L.MA, Y.KANNAMI, H.IEDA, T.KADONO, Regional Based International Maritime Container Cargo Flow Estimation Between East Asian Nations, 1st International Conference on Transportation Logistics (TLOG), CD-ROM, Singapore, 2005.7
- 4) UN ESCAP (Economic and Social Commission for Asia and the Pacific), Transit Transport Issues in Landlocked and Transit Developing Countries, Landlocked Developing Countries Series, No. 1, 2003.
- 5) Asian Development Bank, T.A. No. 6195-REG: GMS Transport Sector Strategy Study INTERIM REPORT, 2005.
- 6) 国際協力機構 : 三菱総合研究所, クロスボーダー交通インフラ対応

表5 カンボジア及び周辺地域の国際交通政策シミュレーション結果

		シナリオ		シナリオ		シナリオ		
		基本ケース	取扱量	基本ケースに対する増加率	取扱量	シナリオに対する増加率	取扱量	シナリオに対する増加率
VN	Haiphong	308	324	5.2%	313	-3.2%	313	0.0%
	Da Nang	60	55	-	59	-	59	0.2%
	Ho Chi Minh	1,683	1,694	0.6%	2,142	26.4%	2,123	-0.9%
CB	Shihanouk Ville	97	19	-80.5%	51	171.6%	67	30.0%
	Phnompenh	0	0	-	0	-	0	-
TH	Laem Chabang	2,577	2,714	5.3%	2,150	-20.8%	2,144	-0.3%
	Bangkok	3,001	2,954	-1.6%	3,146	6.5%	3,149	0.1%

表4 国境ポイントにおける通過交通量の実績値と設定した国境レベルおよびモデル推計値

No.	border point 1	border point 2	実績	出典	検討ケース					推計結果 (基本ケース)	
					Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	設定レベル	推計値
R	CN Shenzhen	CN Hong Kong	10,950,000	a	8,548,788	7,287,982	6,470,453	5,701,576	0	1	9,035,211
1	CN Ping Xiang	VN Dong Dang			97,953	63,670	61,869	32,282	0	3	44,342
2	CN Hekou	VN Lao Kai	41,382	b	42,850	39,481	37,019	14,142	0	3	36,082
3	CN Mohan	LA Bung Nua	3,585	b	2	2	1	0	0	4	0
4	CN Mohan	LA Boten			7,503	7,392	7,272	6,496	0	4	6,618
5	CN Daluo	MM Keng Tung	133,418	b	15,326	15,326	15,326	15,326	0	4	15,326
6	CN Ruili	MM Muse			0	0	0	0	0	4	0
7	LA Vantao	TH Chong Mek			12,400	8,079	2,962	0	0	3	4
8	LA Savannakhet	TH Mukdahan			17,569	11,599	6,005	2,287	0	3	3,477
9	LA Thakhek	TH Nakhon Phanom			64,609	17,797	12,652	5,645	0	3	7,967
10	LA Tanaleng	TH Nong Khai			29,325	29,883	29,908	29,685	38,602	3	31,854
11	LA Houay Xay	TH Cheng Khong			4,539	4,329	4,086	3,032	0	3	3,349
12	VN Dien Bien Phu	LA Muang Khoua			3,320	3,191	3,065	2,790	0	4	2,969
13	VN Tin Tio	LA Nam Kahn			54	54	54	54	0	4	54
14	VN Keo Neua	LA Nam Phao			64,581	17,680	12,591	6,532	0	4	8,530
15	VN Lao Bao	LA Deng Savan			17,651	11,100	5,153	4,661	0	4	4,091
16	LA Veun Kam	CB Stoeng Treng			16,600	12,197	7,083	80	0	4	27
17	VN Ban quan su ri	CB Snuol			18,472	12,788	7,102	16	0	4	40
18	VN Tay Ninh	CB Suong	10,906	b	3,833	4,071	2,123	440	0	4	753
19	VN Moc Bai	CB Bavet			332,079	148,411	102,615	10,214	0	4	16,902
20	VN C Nau Doc	CB Kompong Chhn	1,612	b	11,876	9,723	2,991	742	0	4	1,316
21	TH Hat Lek	CB Koh Kong	0	b	38,543	13,134	5,462	2,276	0	3	3,344
22	TH Aranyaprathet	CB Poipet	84,442	b	212,984	50,906	25,118	13,421	0	3	15,234
23	TH MLe Sai	MM Tachilek			0	0	0	0	0	4	0
24	TH MLe Sot	MM Myawadi			1,426	1,423	1,422	1,419	0	4	1,421
25	TH Phra C Nedi Sa	MM Maulamyaing			24,508	23,867	23,778	23,775	0	4	16,641
26	TH Sungai Kolok	ML Rantau Panjang			26,253	22,827	19,887	18,538	0	3	20,143
27	TH Betong	ML Pengklan Hulu	26,274	c	54,993	54,192	54,587	53,715	0	3	54,829
28	TH Sa Dao	ML Bukit Kayu Hita	228,381	c	475,933	422,732	376,171	317,802	0	3	225,322
29	ML Johor Bahru	SP Singapore	2,491,000*	a	2,783,078*	2,373,122*	2,201,312*	1,496,921*	0	2	4,878,961 (2,374,659*)

*from Malaysia to Singapore

出典: a; 筆者らによる調査, b; 文献5), c; 文献6)

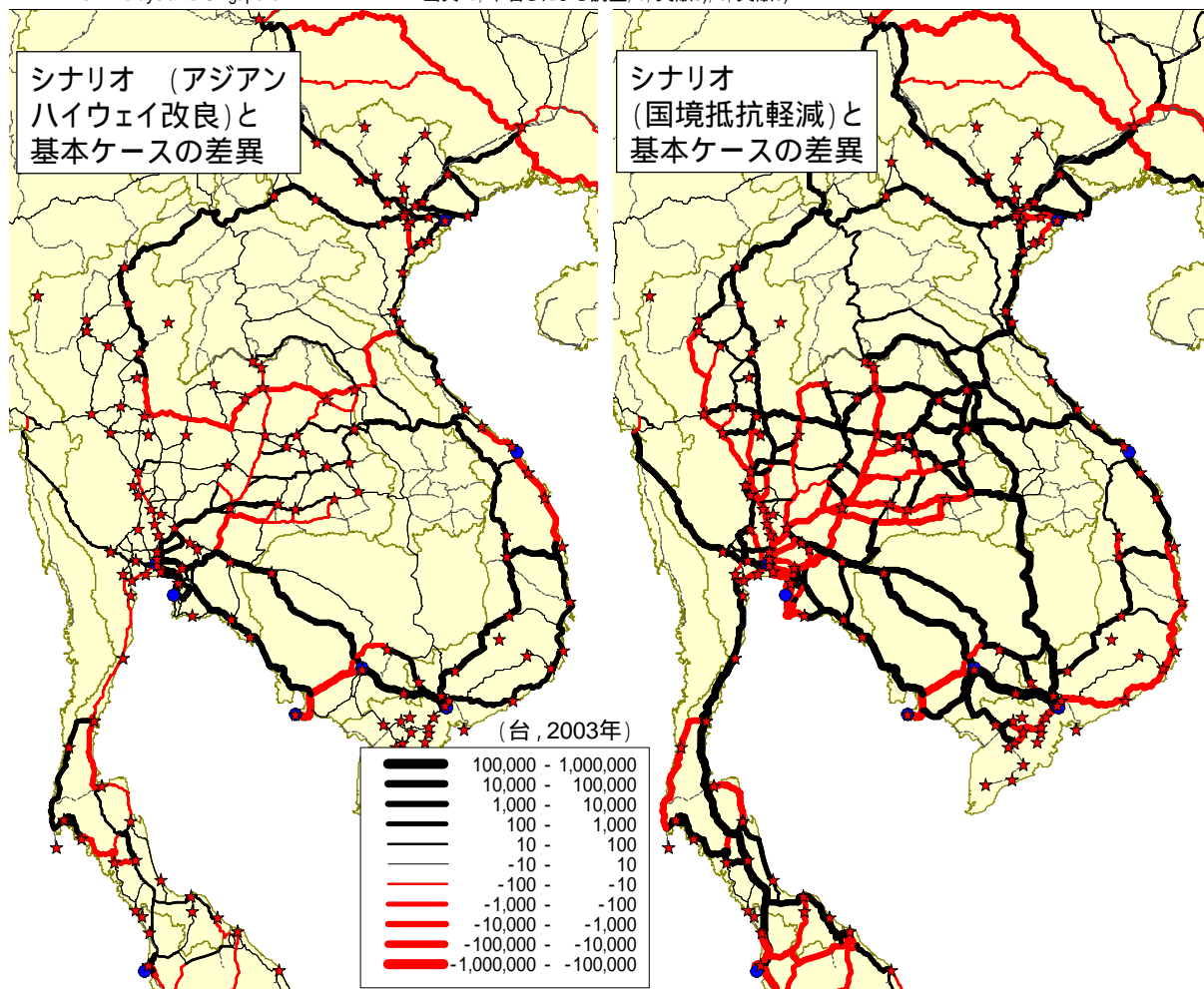


図2 東南アジア全域におけるクロスボーダー政策のシミュレーション結果