

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 6 日現在

機関番号：12601
 研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2009～2012
 課題番号：21560565
 研究課題名（和文） マクロ・ミクロ双方のニーズに対応可能な伸縮型国際貨物流動シミュレーションモデル
 研究課題名（英文） A Flexible Simulation Model of International Cargo Flow which can meet both the microscopic and macroscopic needs
 研究代表者
 柴崎 隆一（RYUICHI SHIBASAKI）
 東京大学・大学院工学系研究科・客員研究員
 研究者番号：50323514

研究成果の概要（和文）：これまで研究代表者らが東アジア地域を主たる対象として開発してきた国際物流モデルを発展させ、モデルの構造を見直したうえで、全世界の海上・陸上輸送ネットワークを対象とした全球モデルと、逆に特定の地域に焦点を当てたミクロ的なモデルの双方のニーズに対応可能な、マルチモードの国際物流モデルを構築した。このモデルを用いて、パナマ運河拡張やスエズ運河を対象とした分析など世界的なスケールのシミュレーションと、日本の地方港湾やミャンマーの各地域などを対象としたリージョナルレベルの政策シミュレーションの双方を実施した。

研究成果の概要（英文）：Based on the international logistics model that the research group had developed, mainly focusing in East Asia, a new multimode international logistics model which can meet both the macroscopic and microscopic needs, after revising the model structure theoretically. The macroscopic model (global model) including worldwide maritime and land transport network was applied to the simulation of the expansion of the Panama Canal in 2015 and the analysis on the Suez Canal transit. The microscopic model focusing in specific region such as some local area in Japan and Myanmar was also applied and confirmed the fitness to the actual situation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,100,000	0	1,100,000
2010 年度	700,000	0	700,000
2011 年度	800,000	0	800,000
2012 年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	3,500,000	270,000	3,770,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学，土木計画学・交通工学

キーワード：交通計画，国際物流，全球モデル，地域モデル，インターモーダル輸送

1. 研究開始当初の背景

近年、経済や交易のグローバル化がますます進展し、世界各国の経済的結びつきはますます強化されている。研究代表者らは、これまで主として東アジア地域（北東アジア・東南アジア）の海上輸送を中心に国際物流の動

向分析やモデル化に関する研究を行ってきたが、近年のグローバル化は、域内の結び付きを強化させると同時に、一方で、他地域との連携強化や相互影響力の拡大にも繋がっている。前者の例としては、たとえば、後述のように研究代表者らが先行的に取り組ん

できた東南アジア地域（ASEAN）での国際陸上輸送（クロスボーダー輸送）について、最近では我が国でも新聞報道や関連文献をよく目にするようになり、民間企業や他の研究者においても一般的な関心が高まりつつある状況といえる。また、後者の例としては、我が国の民間企業でも、シベリア鉄道や中国・中央アジア経由でアジアと欧州を結ぶチャイナ・ランドブリッジなどの大陸横断インフラを活用した長距離陸上輸送を計画するものが出現したり、あるいはパナマ運河の第3 閘門建設が世界の海上輸送の船舶構成・航路編成上大きな影響を与えると予想されるなど、国際物流をめぐる全世界的な動きも活発化している。

これまで研究代表者らが開発してきた国際物流モデルは、東アジア地域を対象として、国際海上輸送を中心としながらも端末輸送手段及び国際輸送手段としての陸上輸送なども取り込んだモデルとなっている。これにより、中国全土や東南アジア地域全土といったレベルで、おおまかな国際物流シミュレーションやインフラ投資政策の感度分析等を行うことが可能となった。しかしながら、シミュレーションの要請・ニーズは東アジア地域にとどまらず、また一方で、国・大陸レベルのおおまかなシミュレーションだけでなく、できるだけ個別の投資プロジェクトや政策を対象としてシミュレーションを行うことも重要であり、モデルの精緻化やさらなる再現精度の改善も望まれているところである。

2. 研究の当初の目的

(1) モデル拡張・精細化のための入力データ整備（資料収集及び推計）

輸送ネットワーク・インフラの現況や将来計画、全世界地域間貨物需要（OD 貨物量）、各輸送機関のコスト構造など、シミュレーションに必要なデータは非常に多岐に渡る。特に、地域間 OD 貨物量は現状データが存在しないため、推計作業を行う必要がある。

(2) 全世界版国際物流モデルの構築と将来シミュレーション

東アジア地域だけでなく、全世界を対象とした国際物流モデルを構築し、将来シミュレーションを行う。この際、特に重要なのは、国際海上輸送と（将来的に）代替的または補完的な輸送ネットワークを構成する陸上（道路・鉄道）輸送の取り込みおよびシミュレーション精度向上である。

(3) ミクロ（地域）レベルでの再現精度向上を目指したモデルの精緻化と将来シミュレーション

地域レベルでのシミュレーション精度向

上のため、モデルの精緻化を行う。

(4) ニーズ対応伸縮型のネットワークシミュレーションシステムの構築

上記(2)・(3)のモデルの見通しがある程度立った段階で、これらのモデルの共通部分と相違部分を整理し、一般的なシミュレーションシステムとして統合を図る。これにより、シミュレーションの評価目的に応じて柔軟な対応が可能な予測システムが構築できる。

3. 研究の方法

(1) モデル拡張・精細化のための入力データ整備（資料収集及び推計）

- a. 輸送ネットワーク・インフラの現況や将来計画に関するデータ整理および資料収集
- b. 全世界地域間貨物需要（OD 貨物量）の推計
- c. 各輸送機関のコスト構造に関する資料収集・推定
- d. 越境輸送量（国境における断面交通量）の現状値に関する資料・情報収集

(2) 全世界版国際物流モデルの構築と将来シミュレーション

- a. モデル構造の見直し
- b. (1)で入手したデータを用いたモデルの物理的な拡張
- c. パナマ運河拡張のシミュレーション

(3) ミクロ（地域）レベルでの再現精度向上を目指したモデルの精緻化と将来シミュレーション

- ①日本国内ネットワークの精緻化とシミュレーション
 - a. 日本国内背後輸送ネットワークの精緻化
 - b. 我が国の地方港湾を対象とした詳細シミュレーション
- ②日中韓輸送を対象としたシミュレーション
- ③東南アジアを対象としたモデルの詳細化に関する検討

(4) ニーズ対応伸縮型のネットワークシミュレーションシステムの構築

- a. ニーズに対応して対象地域を限定した政策シミュレーションの実施
- b. 現状の全世界のコンテナ船動静データを所与の海上輸送ネットワークとした海上コンテナ貨物配分モデルの構築

4. 研究成果

本研究課題の主要な研究成果は以下のとおりである。

(1) モデル拡張・精細化のための入力データ整備（資料収集及び推計）

3. 「研究の方法」で述べた a~d について、世界各地において現地調査を行い、データ・情報収集を行った。なかでも、a. 全世界の輸送ネットワークについては、陸上輸送ネットワークについては ADC WorldMap データをベースにした全世界道路・鉄道ネットワークを構築した。また海上輸送ネットワークについては、Netpas データおよび中央大学鳥海助教の協力で情報を取得した。

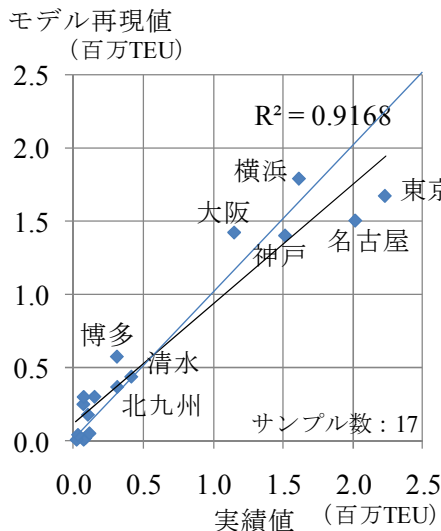
また、b. 全世界地域間貨物輸送需要に関しては、GTN (Global Trade Navigator) データによる国間貨物輸送実績をベースに、CI-online や Drewry が提供する港湾取扱量のデータベースや各国の地域別経済統計量などを加味して推計を行った。このうち、中国の税関統計を用いた現状分析については5. の学会発表②や⑦として成果を公表している。

(2) 全世界版国際物流モデルの構築と将来シミュレーション

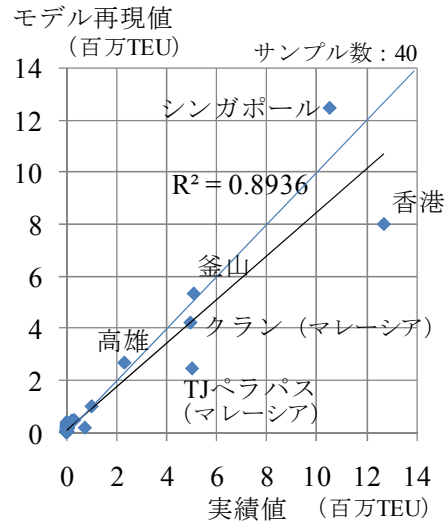
a. モデル構造の見直し (モデルの改良)

全世界の海上・陸上輸送ネットワークを対象とした配分計算が可能である範囲内で、モデル構築にあたって残された理論的な問題をできるだけ解決すべくモデルの改良を行った。具体的には、短期モデルと中長期モデルへの分離、陸上ネットワークにおける経路探索のサブモデル化、船社の行動モデル (利潤最大化モデル) における収入最大化と費用最小化アルゴリズムの見直し等を行った。

これらの改良により、モデルの理論的整合性が向上すると同時に、港湾貨物量 (輸出入貨物量, トランシップ貨物量) ベースの再現性も向上した (図1)。改良モデルの構築と詳細なパフォーマンス分析について、雑誌論文①および②、また学会発表の③および④などで公表した。



(a) 日本港湾における輸出入貨物量



(b) アジア港湾におけるトランシップ貨物量
図1 改良モデルにおける港湾取扱量 (輸出入貨物量, トランシップ貨物量) の再現性

b. (1)で入手したデータを用いたモデルの物理的な拡張

c. パナマ運河拡張のシミュレーション

a. の改良モデルに(1)で入手したデータを入力し、全世界モデルの構築を行った。また、全世界の海上ネットワークおよび北米大陸の陸上輸送ネットワークを対象に、2015年に予定されているパナマ運河拡張後の輸送パターン変化に関するシミュレーション計算を行った。その結果、運河拡張によって国際海上コンテナ輸送における船舶大型化が進展し、北米およびパナマ運河利用機会のある各地域 (東アジア・南米・欧州等) を中心に輸送コスト削減の効果が一定程度期待される一方で、特に米国東海岸地域における港湾の水深が十分でないことが運河拡張効果を限定的にする可能性があることから、これらの港湾における大水深バースの整備を併せて実施することの重要性を示した (図2, 学会発表の⑤参照)。

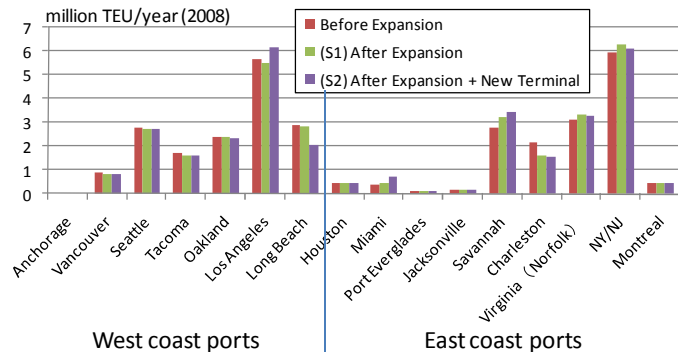


図2 パナマ運河拡張による米国港湾の取扱量変化の予測結果 (S1: 運河拡張シナリオ, S2: 運河拡張+新ターミナル整備)

(3) ミクロ（地域）レベルでの再現精度向上を目指したモデルの精緻化と将来シミュレーション

①日本国内ネットワークの精緻化とシミュレーション

a. 日本国内背後輸送ネットワークの精緻化
以前から研究代表者らが作成・保有していた日本国内の国際海上コンテナ貨物の道路輸送ネットワークにつき、道路ネットワークにおいて交差点における右左折可能性に関する情報を新たに追加するとともに（学会発表⑩）、鉄道および内航輸送ネットワークの追加を行った。また、我が国および世界における45ftコンテナ輸送の現状と課題についても整理した（雑誌論文⑥）。

b. 我が国の地方港湾を対象とした詳細シミュレーション

北部九州－韓国・中国間の定期コンテナ航路および RORO 船・フェリー航路を対象として、マルチモードの国際物流モデルを構築し、再現性がおおむね妥当であることを確認したうえで政策シミュレーションを実施した。なお、本件に関する成果は、マルチモードの物流モデル構築を主眼としているため、本研究課題の連携研究者（家田）が研究代表者をつとめ、本研究課題の研究代表者や他の連携研究者も研究分担者となっている別の科研費課題（「統合型国際経済・交通政策評価モデルに基づく国際交通ネットワーク戦略立案の支援方策」（基盤研究（B）、研究期間：2008～2012）の成果として位置付けたため、関係する論文は本研究課題の成果（5. 発表論文）には含めていない。

②日中韓輸送を対象としたシミュレーション

①で述べた我が国に加え、(1)でも若干触れた中国・韓国の港湾、陸上輸送ネットワーク、貿易などの詳細な情報収集・分析に基づき、この3国を対象とした貿易・貨物流動の将来シミュレーションを実施した。その結果、この3カ国の港湾政策が、港湾取扱量の観点からみると競争的といえる一方で、輸送コスト削減の観点からみると共存的（表1）であることを示した（関連成果として雑誌論文③、④、⑤、学会発表⑧など）。

表1 投資国・貨物発着国別の輸送コスト削減額（億米ドル/年）および削減率の推計例（2020年）

		貨物の発着国			
		日本	韓国	中国	世界全体
投資国	日本	70 (1.5%)	47 (0.9%)	148 (0.4%)	175 (0.2%)
	韓国	24 (0.5%)	73 (1.4%)	132 (0.4%)	228 (0.3%)
	中国	30 (0.6%)	53 (1.0%)	273 (0.7%)	278 (0.4%)

③東南アジアを対象としたモデルの詳細化に関する検討

東南アジア地域を対象に、ゾーン細分化やデータ精緻化に伴うモデル再現性の相違について検討し、地域別経済指標の入手が難しい国（ミャンマーなど）でも、人口データなどを利用したゾーンの細分化によりモデルの精度が向上することを示した（図3、雑誌論文⑦）。なお、当該研究は東アジア交通学会にて優秀論文賞（The Best Paper Award for best application in practices）を受賞した。

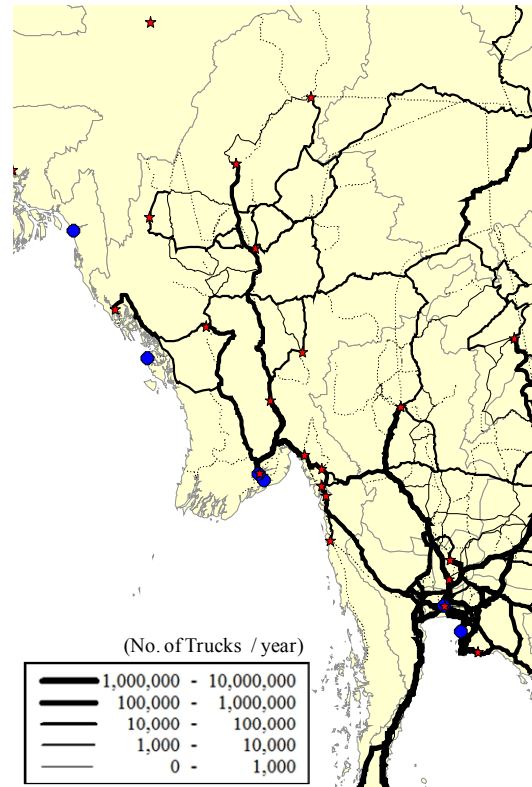


図3 東南アジア（ミャンマーおよび周辺地域）における国際貨物輸送量のモデル推計結果の例：複数ゾーン（ミャンマーにおいては14地域）を考慮することにより、国内主要幹線道路に貨物が配分されるようになる

(4) ニーズ対応伸縮型のネットワークシミュレーションシステムの構築

a. ニーズに対応して対象地域を限定した政策シミュレーションの実施

日中韓（(3)の②）、アセアン、APEC（アジア太平洋経済協力）全域、北米（(2)のc）など世界の各地域を対象とした政策シミュレーションについて、検討対象地域についてより精緻化した海上輸送ネットワークと当該地域の陸上輸送ネットワークを組み合わせたマルチモード国際輸送ネットワークを作成し、シミュレーション計算を実施した。

なお、アセアンやAPECを対象としたシミュレーションについては、貿易モデルの結果も組み合わせた政策評価に重点が置かれて

おり、前述の別途課題（「統合型国際経済・交通政策評価モデルに基づく国際交通ネットワーク戦略立案の支援方策」）の成果として位置付けたため、関係する論文は本研究課題の成果（5. 発表論文）には含めていない。（なお、本研究課題のテーマは「国際物流モデルの構築」であり、別途課題のテーマはこれを前提とした「貿易予測モデルを含めた貿易・物流予測システム全体の構築と政策シミュレーション」と申請時点から位置づけている）

b. 現状の全世界のコンテナ船動静データを所与の海上輸送ネットワークとした海上コンテナ貨物配分モデルの構築

より精緻かつ全世界を網羅したシミュレーションの実施を可能とするため、世界の各コンテナ船の詳細スケジュール（図4）を与えたコンテナ貨物の配分モデルを構築し（図5）、トランシップ貨物量の観点からみた現状再現性がおおむね良好であることを確認した。このモデルを用いて、スエズ運河通航量の分析や、中米地域における将来シミュレーションを行った。

ただし、本モデルはこれまでのモデルと異なり船社の行動はモデル内生化されておらず、所与として与える必要がある点に注意が必要である。

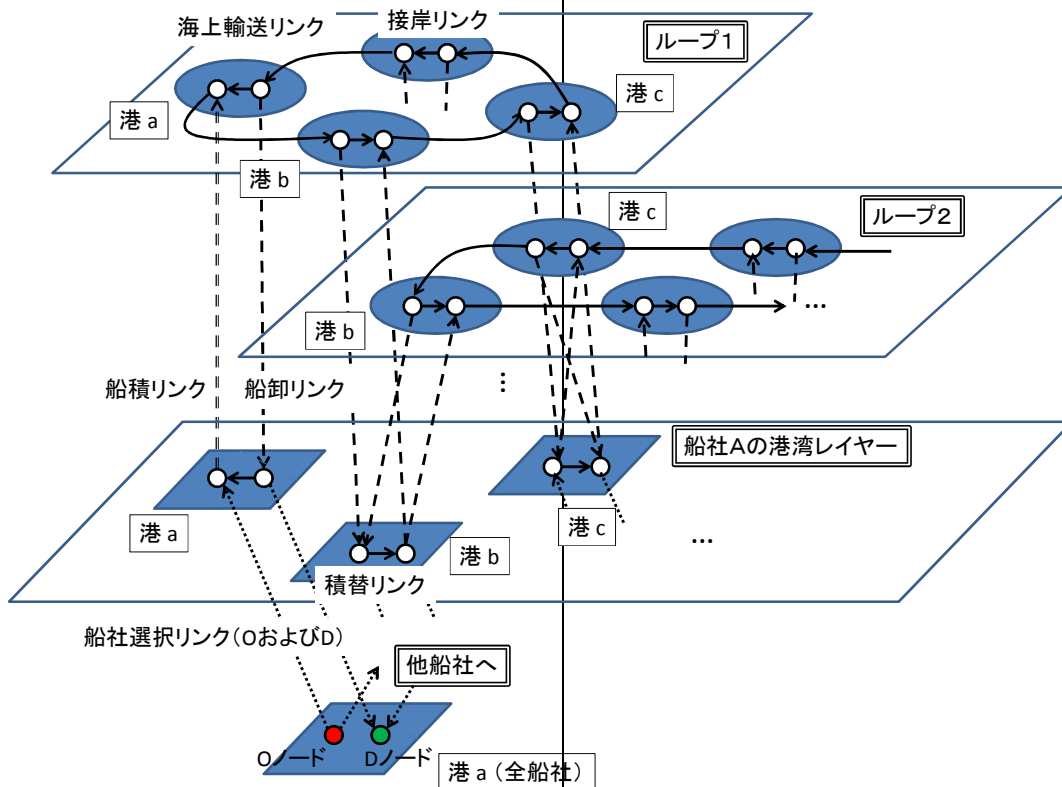


図4 新モデル（船舶寄港データベースに基づくコンテナ貨物配分モデル）におけるネットワーク構造

Model estimated

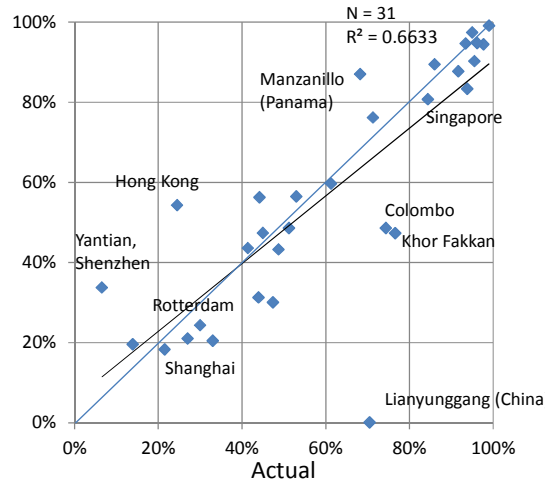


図5 新モデルの現状再現性：主要港におけるトランシップ率の実績値と推計値の比較

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計8件）

- ① 柴崎隆一・渡部富博・家田仁，港湾の特性を考慮した大規模国際海上コンテナ輸送ネットワーク上の船社の費用最小化モデル，土木学会論文集，査読有，D3-67-4，2011，pp.475-494

- ② 柴崎隆一・渡部富博・家田仁，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，査読有，D3-67-4，2011。

- pp.455-474
- ③ 柴崎隆一, 日中韓の国際交通政策, 雑誌都市計画, 査読無, vol.60(2), 2011, pp.23-26
- ④ 柴崎隆一, 東アジアにおける国際海上コンテナ輸送市場 -競争か協同か-, 東アジアへの視点, 査読無, 2011年3月号, 2011, pp.1-11
- ⑤ 柴崎隆一, 岐路に立つ東アジアの港湾 -インフラ開発競争後のパラダイム-, 運輸と経済, 査読無, vol.70-3, 2010, pp.12-22
- ⑥ 柴崎隆一・齋藤泰之, 45 フィートコンテナ利用の世界的動向とわが国における課題と展望, 雑誌海運, 査読無, No.992, 2010, pp.32-35
- ⑦ R. SHIBASAKI, T. WATANABE, D. ARAKI, How is Model Accuracy Improved by Usage of Statistics? - An Example of International Freight Simulation Model in East Asia -, Asian Transport Studies, 査読有, 1(1), 2010, pp.33-45
- ⑧ R. SHIBASAKI, T. WATANABE, Future Forecast of Chinese Trade Amount and International Cargo Flow, Traffic and Transportation Studies, 査読有, 2010, pp.638-655
[学会発表] (計 14 件)
- ① R. SHIBASAKI, T. AZUMA, T. WATANABE, S. TORIUMI, A container cargo assignment model on a real international maritime shipping network and application to the Suez Canal transit analysis, International Association for Maritime Economists, 2013.07, フランス・マルセイユ (発表決定済)
- ② 柴崎隆一・荒木大志・神波泰夫, 日中間の貿易・国際物流に関する統計的現状分析 ~輸送機関分担・トランシップ・通関場所に着目して~, 第45回土木計画学研究発表会, 2012.6.2, 京都大学
- ③ R. SHIBASAKI, T. WATANABE, Large-Scale Simulation Model of International Maritime Container Shipping Considering Shippers' and Carriers' Behavior, Regional Association Science International, 2012.06, ルーマニア・ティミショアラ
- ④ R. SHIBASAKI, A Cost Minimization Model of a Large-Scale International Maritime Container Shipping Network regarding Characteristics of Ports, Transportation Research Board 90th Annual Meeting, 2011.01., 米国・ワシントン DC
- ⑤ R. SHIBASAKI, T. WATANABE, How International Cargo Flow will Change by Expansion of Panama Canal? -An Approach

- using the World Model for International Cargo Simulation-, The 3rd International Conference on Transportation and Logistics (T-LOG 2010), 2010.09.07, 福岡市
- ⑥ K. ARAMAKI, R. SHIBASAKI, S. KATO, Factors of choosing port to call for shipping companies based on Analytic Hierarchical Process, The 3rd International Conference on Transportation and Logistics (T-LOG 2010), 2010.09.07, 福岡市
- ⑦ 荒木大志・柴崎隆一・小野寺仁 中国の国際貿易動向に関する統計データ分析, 第41回土木計画学研究発表会, 2010.06., 名古屋工業大学
- ⑧ R. SHIBASAKI, Port and Logistics Policies in Northeast Asia and Future Simulation, International Symposium on Northeast Asia Economic Outlook and Port Policies, 2009.12.14, 韓国ソウル市 (招待講演)
- ⑨ R. SHIBASAKI, T. WATANABE, Comparison and Implications for the Semi-Trailer Transport of International Maritime Container Cargo in Japan and South Korea, City Logistics 6, 2009.7.1, Puerto Vallarta, Mexico
- ⑩ 杉山信太郎・柴崎隆一・渡部富博・藤原健一郎・五十嵐一智, 国際海上コンテナの国内自動車輸送における交差点通行上の制約と迂回損失に関する分析, 第39回土木計画学研究発表会, 2009.6.14, 徳島大学

6. 研究組織

(1)研究代表者

柴崎 隆一 (RYUICHI SHIBASAKI)
東京大学・大学院工学系研究科・客員研究員
研究者番号：50323514

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

- ・家田 仁 (HITOSHI IEDA)
東京大学・大学院工学系研究科・教授
研究者番号：90168089
- ・吉田 恒昭 (TSUNEAKI YOSHIDA)
東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授 (2009年まで)
研究者番号：20292881
- ・渡部 富博 (TOMIHIRO WATANABE)
国土交通省国土技術政策総合研究所・港湾研究部・港湾システム研究室長 (2011年まで研究分担者)