

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 5月20日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2012

課題番号：21360239

研究課題名（和文）国土交通マネジメントのための都市間交通分析方法論の確立

研究課題名（英文）Methodological study on inter-city transportation analysis for nation-wide transportation management

研究代表者

奥村 誠（OKUMURA MAKOTO）

東北大学・災害科学国際研究所・教授

研究者番号：00194514

研究成果の概要（和文）：都市間旅客交通には、交通発生の非日常性、情報の不完備性、ネットワーク性などの固有の特性がある。本研究は、このような特性を考慮した調査方法・分析方法の開発・整理を行った。1990-2005年の4回の国土交通省全国幹線旅客純流動調査のデータと追加調査・計測結果の分析を通じて、サンプリング段階のデータの補正方法、観光統計等との統合利用方法の提案を行った。さらに、企業・事業所の立地データと業務トリップの関連性に基づく国土構造分析を行った。

研究成果の概要（英文）：This research project summarized the survey and behavior analysis methodologies, considering important characteristics of inter-city passenger transportation, such as, scarce trip generation, imperfect user knowledge, complement or competitive relations on network. We proposed a revision method on biased sample data, a data fusion method using different data sources. Hierarchical structure of business firms were also analyzed in order to understand negative effect of transportation improvement on local economy, sometimes called as “straw absorbing effect.”

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	4,800,000	1,440,000	6,240,000
2010年度	2,800,000	840,000	3,640,000
2011年度	3,200,000	960,000	4,160,000
2012年度	2,600,000	780,000	3,380,000
年度			
総計	13,400,000	4,020,000	17,420,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木計画学・交通工学

キーワード：交通計画、ネットワーク、統計数学、需要分析

1. 研究開始当初の背景

都市間の旅客交通には特有の特徴があり、これまで通勤混雑緩和を念頭に開発されてきた都市圏内の交通行動分析・計画の方法論をそのまま適用できない。すなわち既存の方法論では交通発生の非日常性、行動者の情報の不完備性、需要薄がサービスの提供を制約

する、サービス水準が複数機関の統合利用によりネットワークを通じて複雑に影響する、などの特性を考慮できない。

そこで、わが国の都市間交通研究をリードする中堅・若手研究者がチームを組み、2007年7月に公開された2005年調査を含む過去4回の全国幹線旅客純流動調査(以下純流動調査)のデータと追加調査・計測結果の分析を

通じて、都市間旅客交通に固有の特性を考慮した調査方法・分析方法を開発・整理する。さらに人口減少下でも利便性を確保できるようなネットワークを求める計画モデルを作成し、国土幹線交通マネジメントの方法論を提案することを目的として、本研究プロジェクトが企画された。

2. 研究の目的

交通計画の方法論は、1950年代のパーソントリップ調査と四段階推計法の開発と1980年代の非集計モデルの実用化で大きく進展し、ネットワーク上の混雑の計算手法と結合して、都市圏交通では需要予測手法が確立している。主に交通混雑解消が課題となる都市圏交通計画では、需要集中リンクと代替ルート上のリンクを見出せば十分である。

これに対し、鉄道や航空が重要な役割を果たす都市間旅客交通では、運行頻度の低さや運賃・料金の行動への影響が強く、政策の自由度が格段に大きい。また、需要が多い場合には運行頻度増加によりサービスを改善してさらなる需要の拡大ができる。逆に需要が薄いと運行頻度の維持が困難になるという累積的メカニズムが存在する。サービス水準がネットワークを通じて複雑に影響することから、交通計画や政策は複雑なものとなる。

都市間旅客交通に固有の特性を考慮できる交通調査・行動分析・計画モデルの開発が求められる。さらに調査論、政策評価論、国土政策論との関連性も意識して国土幹線交通マネジメントの方法論を確立する必要がある。

本研究では、次の4つの目的をおいて研究を進めた。

(1) 都市間旅客交通に固有の特性を再整理し、その特性を反映させた構造のモデルを整理・開発し、都市間旅客交通の分析手法を確立する。

(2) 現在の純流動調査、追加的なアンケート調査と実態観測データを結合して、旅客行動の時間的側面やリスク対応行動を把握する調査方法を確立する。

(3) 需要と頻度との累積的相互関係やネットワーク性を踏まえ、人口縮小下でも利便性が確保できるネットワーク構造、運行頻度・運賃レベルを求める最適化手法を確立する。

(4) 上記の研究成果と、2010年の第5回旅客純流動調査までの経年的変化、アジアレベルの航空業界や規制等の状況を総合化し、国土幹線交通マネジメントの方法論を提案する。

3. 研究の方法

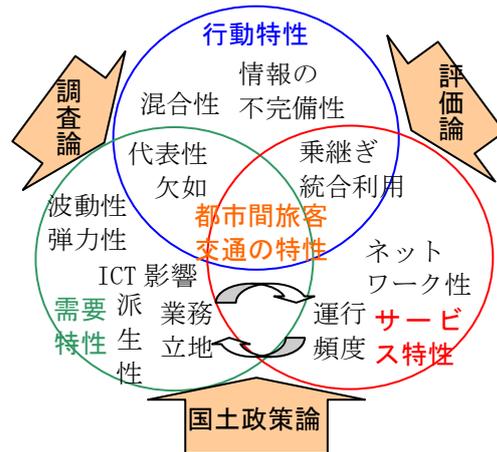


図1 都市間旅客交通の特性

4年間にわたる研究計画を策定した。最初の1年間で目的(1)の都市間交通に固有の特性を考慮した分析方法の開発・整理を行う。次の2年間は目的(2)および(3)を行う。つまり新しい調査方法を開発するとともに、人口減少下におけるネットワークの最適化手法の開発を行う。最終年度は目的(4)を実施する。人口減少の影響が現れる第5回の純流動調査結果を踏まえ、研究成果に基づいて国土幹線交通マネジメントの方法論を提案する。以上の計画の実際の進捗は以下の通りであった。

(1) 2009年度は、これまでの研究蓄積に基づいて、都市間旅客交通に固有の特性を図1のように再整理した。さらにそれらの特性を反映させた分析モデルを整理・開発した。

①過去の純流動調査のデータから、経年的な変更動向を整理した。また、観測された交通利用データから、実現しなかった潜在需要の部分を推定する統計的方法を開発した。(塚井、奥村)

②区間別の列車と航空便の頻度・利用率のデータを入手し、都市間交通サービスの地域格差分析の考え方を考察した。(奥村、金子)

③企業の本社支社の配置モデルの作成を行い、過去の新幹線網の整備が立地にもたらした影響の実証分析を実施した。(奥村、大窪)

④高速バス及び幹線鉄道の利用実態に基づく利用行動モデルの構築、事業者から見たサービス維持の可能性に関する検討を行った。(金子、日比野)

(2) 2010年度は、現在の純流動調査では把握が困難な時間的側面や旅客のリスク対応行動を効率的に把握する調査方法を検討するとともに、立地行動の検討を行った。

①現在の純流動調査は、利用列車や航空便などの情報がなく待ち時間や遅延・欠航・運休リスクの影響を分析できない。そこで利用者行動の時間的側面を把握するための追加

調査項目を検討し、得られたデータの拡大方法を提案した。(奥村、金子)

②交通需要と運行頻度との累積的相互関係やネットワーク性といった都市間旅客交通の特性を踏まえ、将来の人口構成や業務配置への影響、情報が伝わりにくい観光客の行動への影響を検討した。(大窪、塚井、日比野)

(3)2011年度は、現在の純流動調査に、追加的なアンケート調査と実態観測データを結合して、旅客行動の時間的側面やリスク対応行動を効率的に把握する調査方法を確立するための研究を行った。

①観光・宿泊関連の統計データを結合して季節変動を加味するための研究と、独自の Web 調査により行動の周期性と変動をつかむ方法の検討を進めた。(日比野、塚井)

②また、需要と頻度との累積的相互関係やネットワーク性を踏まえ、人口縮小下でも利便性が確保できる交通ネットワーク構造、運行頻度・運賃レベルを求める最適化モデルの検討を行った。(奥村、大窪)

③東日本大震災の発生に伴い、災害時の都市間交通の実態と今後の課題について調査、検討を行った。(金子、奥村)

(4)最終年度の2012年度は、本研究のとりまとめと今後の研究課題の整理を行った。2010年実施の第5回純流動調査データの公開が遅れ、2012年度末にずれ込んだために、本研究では人口減少期の交通需要の分析ができなかったことが影響した。なお、本研究の成果を実務者にも紹介するためのワンデーセミナーを3月に東京にて開催した。

①ネットワークの整備計画の実証、計画モデルの提案、整備効果の計測という面で研究が進展し、その成果の発表を行った。

②本研究の成果に今後利用可能となる5回の純流動調査データの分析を加えて、需要の減少や災害によるネットワークの一部途絶にも対応できる、持続可能なネットワークの再編、構築の計画論を開発することが重要と考え、本研究の後継となる研究計画を作成し、科学研究費補助金の申請を行った。

4. 研究成果

4つの目的のそれぞれに関する代表的な研究成果を紹介する。

(1)都市間旅客交通の分析手法に関する研究

地方自治体が公的資金を活用して交通サービスレベル(LOS)の低下を回避すべき路線を明らかにするため、リンクのLOS変化に対するゾーン発生集中交通量の感度(LOS弾力性)に着目して、その推計方法を提案した。当該リンクのLOS変化に対するあるゾーンの

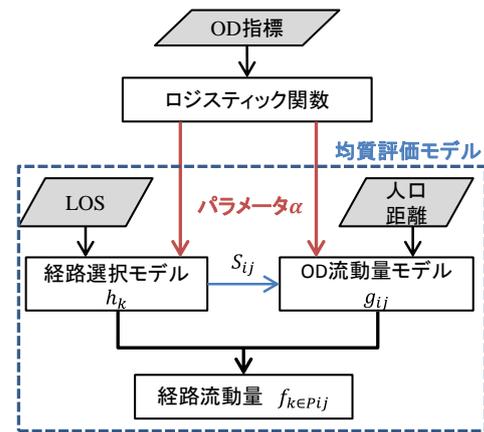


図2 都市間交通マクロ需要モデルの全体像

LOS弾力性は、(1)そのゾーンを発着する都市間流動のうちで当該リンクを通過する流動が占める割合と、(2)代替経路のLOSの影響を大きく受ける。さらに、(3)旅客のLOSに対する評価(以降、「LOS評価」)の差異もLOS弾力性に影響をおよぼす。例えば、長距離の旅客と短距離の旅客ではLOS評価は異なると推測される。このとき、ある県を発着する長距離の旅客が多く利用するリンクと、短距離の旅客が多く利用するリンクでは、同じLOS変化でも需要の感度は異なる。上述のLOS弾力性に影響する3要素のうち、(1)と(2)は、純流動調査のデータ等を用いることで容易に把握することができる。しかし、(3)はデータから推定する必要がある。そこで、図2のようにパラメータ値がODごとの特性を反映して異なる値を持つような都市間交通マクロ需要モデルを提案し、そのモデルを用い

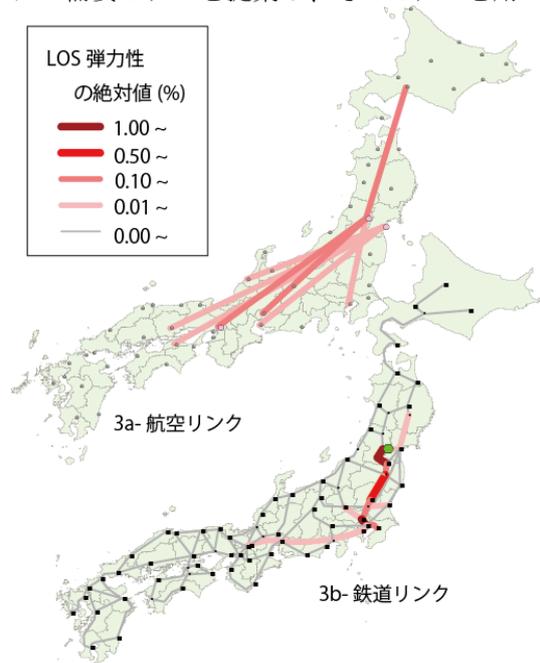


図3 山形ゾーンのLOS弾力性

てLOS弾力性を算出する方法を提案した。

その方法を2005年の幹線旅客純流動調査結果に当てはめ、山形県東部ゾーンに対するLOS弾力性を図3のように計算して、実際に山形県が公的資金を投入している山形-羽田航空便の弾力性は他路線よりも小さいことを明らかにした。

(2) 純流動調査の補正方法に関する研究

純流動調査は、航空、鉄道、幹線バス、幹線旅客船と乗用車でそれぞれサンプルを抽出し、各サンプルの当日のトリップについて調査している。各交通機関ごとに回収されたアンケート票に対して拡大係数を設定したうえで、統合、集計することにより、一つのトリップの中で複数の交通機関や便を乗り継ぐ行動を把握できることが、他の統計調査には見られない大きな特徴となっている。

中でも、鉄道はサンプル抽出率が低く拡大係数の値が大きい上に、同じ列車に別の区間の利用客が混ざるといった特性があるため、拡大係数の設定が特に重要となる。従来は、鉄道事業者の内部資料である断面旅客数に合わせるように、拡大係数が設定されているが、旅行目的や個人属性ごとに回答率が異なる場合や偏ったサンプル抽出が行われている場合、旅行目的や個人属性に対して集計するとひずみが生まれてしまうという問題があった。

そこで、旅行目的や個人属性に対してひずみを生まない鉄道サンプルの拡大係数設定方法を提案した。具体的にはできるだけ均等な拡大係数値を付与するという問題を尤度の最大化により表現し、断面交通量やその他の制約条件を持つ数理最適化問題を定式化することにより、数理的な性質の見通しが明瞭な方法を開発した。

図4は第4回純流動調査における都道府県別発生トリップの目的比率であるが、社会生活基本調査のような別の調査ではこのような比率のばらつきは見られない。本手法を適用することにより、図5のように目的比率を一定に保つようなOD交通量の補正ができる。

(3) 都市間交通ネットワークの最適化手法に関する研究

需要が全体として縮小傾向にある日本では、航空、鉄道、高速バス相互の乗り継ぎを活用してサービスの重複を避け、残存させる路線の活用を図ることが必要となる。そこで、都市間交通のマルチモーダルなネットワークを計画する数理計画モデルを構築した。

すなわち、複数のOD間の旅客数とモード

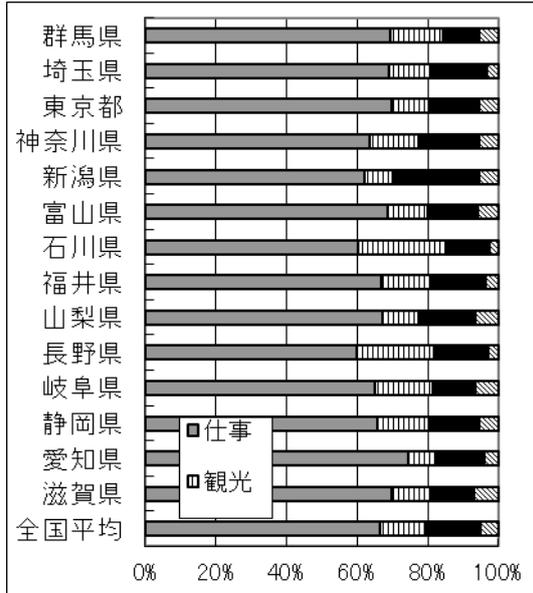


図4 第4回純流動調査による鉄道発生トリップの目的比率 (平日)

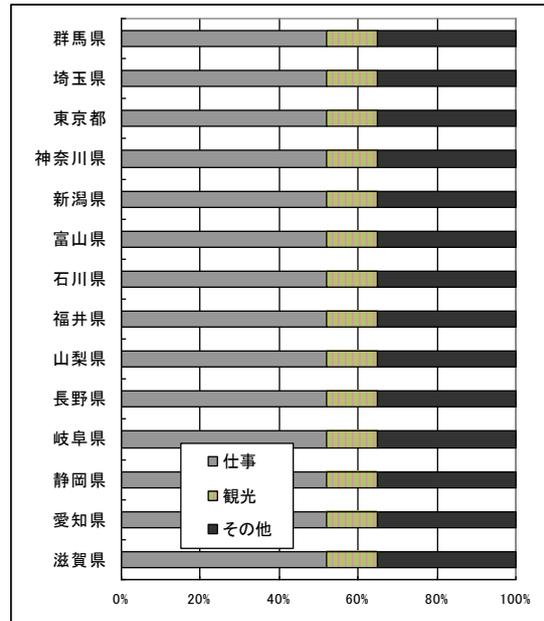


図5 提案手法による鉄道発生トリップの目的比率 (平日)

ごとのリンク当たりの運賃を所与とした上で、これらの旅客を複数のモードからなるネットワーク上に配分して、旅客の総所要時間及び総支払運賃の加重和である総一般化費用を最小化することを考える。このとき、各リンクには配分した旅客を輸送するのに必要最小限の頻度の航空便・列車を設定し、CO₂排出量の抑制を図る。さらに、各リンクにおける交通サービスの維持可能性を保証するため、各リンクにおいては通過旅客数を上回る容量を提供する頻度を設定すると同時に、その頻度を維持するコストを上回る収入が

得られるような旅客数を確保するという制約を置く。なお、各ノードにおいて一定の乗り換え時間を用意すれば、異なるモードの交通機関を乗り継ぐことも可能であると仮定し、マルチモーダル利用を考慮する。

九州地方の各県を1つのゾーンとみなした簡易なネットワークの最適化を行うと、図6のような結果が得られ、時間価値の変化に応じて最適なネットワークが断続的に変化することが確認できた。

(4) 国土幹線交通マネジメントに関する研究

地域格差の是正は、長らく国土計画上の重要な課題とされ、産業立地条件の改善のために高速道路や新幹線などの高速交通網の整備が進められてきた。しかし皮肉にも、そのような地方圏の交通条件の整備がサービス業や小売業の第3次産業、あるいは第2次産業の企業の中核管理部門の集約を可能としたため、「中抜き」もしくは「ストロー効果」と呼ばれる現象が発生した。各都市の産業活動にかかわる統計量を都市間交通のアクセシビリティ指標に回帰するという従来の標準的な地域モデルでは、このような交通網改善に伴う立地の減少を表現できない。

そこで、全国に分布する顧客に対して少数の支社を配置して効率的にサービスを提供しようとする代表的企業を考えて支社群を最適配置するモデルを作成し、階層構造に対応した従業者数と平均賃金の分布が実際の地域のデータに適合するような企業の構成比を求める問題を考え、MCMC手法を用いてその構成比を計算する方法を開発した。

ここでは、代表的な企業の組織構造の計算結果の一部を図7に示す。このモデルに交通条件の変化を与えて計算すれば、都市間交通の一般化コストの低下により支社を集約する様子を分析することができる。

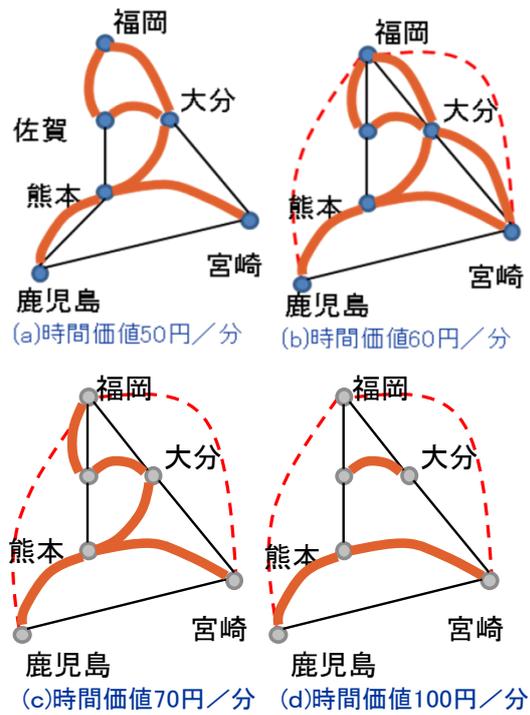


図6 時間価値に対する最適ネットワーク

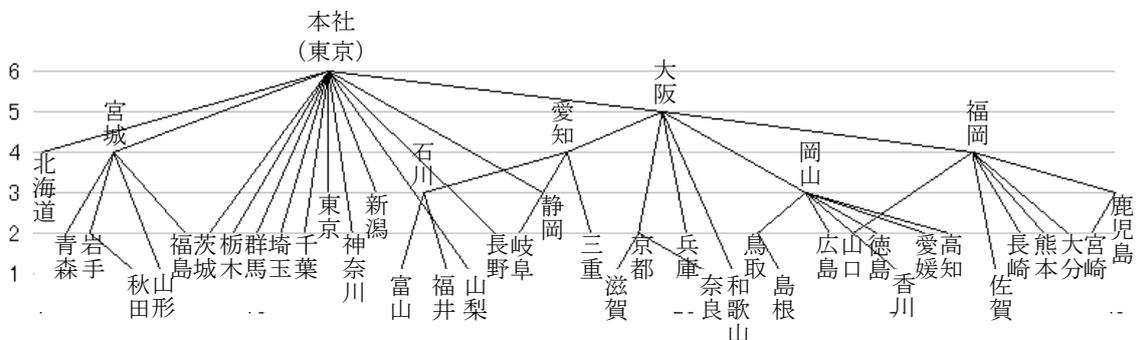


図7 2005年における一企業の組織構造の計算結果

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 25 件)

- ① 奥村誠, 全国幹線旅客純流動調査の意義と課題, 運輸と経済, 査読無, 72(6), (2012) 21-30. <http://trec.itej.or.jp/data/201206.html>
- ② 日比野直彦, 小林祐樹, 森地茂, 外国エアラインの国内運航の現状と今後の可能性 - 外国エアラインによる国際線乗り継ぎ専用便の国内運航の検討 -, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 査読有, 67(2), (2011) 115-134. https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jscejpm/67/2/_contents/-char/ja/
- ③ 奥村誠, 山口裕通, 大窪和明, 全国幹線旅客純流動調査の鉄道サンプル拡大方法に関する研究, 土木学会論文集 D3, 査読有, 67(5), (2011) 911-918. https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jscejpm/67/5/_contents/-char/ja/
- ④ Kato, H., Endo, K., Kurita, Z., Kaneko, K., Kato, K., Shimizu, T., and Tanabe, K., Inter-Regional Travel Demand Analysis Using Integrated Model For Practical Travel Demand Forecast, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 査読有, 9, (2011) 239-254. https://www.jstage.jst.go.jp/browse/easts/9/0/_contents
- ⑤ Yasuhisa SUGANUMA, Naohiko HIBINO and Shigeru MORICHI, Trend Analysis of Domestic Tourist Travel in Japan Based on Individual Data from Tourism Statistics, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 査読有, 9, (2011) 826-841. https://www.jstage.jst.go.jp/browse/easts/9/0/_contents
- ⑥ Okumura, M., Tsukai, M. and Kimura Y., Propagation of Improvement Effects of Critical Inter-city Link -- The Japanese Decadal Change of the Available Travel Routes -, Journal of the Eastern Asia Society for the Transport Studies, 査読有, 8, (2010) 297-310. https://www.jstage.jst.go.jp/browse/easts/8/0/_contents
- ⑦ Tsukai, M., Okumura, M. and Kuwano, M., Empirical Analysis on Inter-regional Tourism Demand in Japan Considering Trip Generation, Journal of the Eastern Asia Society for the Transport Studies, 査読有, 8, (2010) 1054-1068. https://www.jstage.jst.go.jp/browse/easts/8/0/_contents
- ⑧ Makoto Okumura, Makoto Tsukai, Naoki Takada, A RANK SIZE RULE IN A FIRM, PRODUCED FROM A HIERARCHICAL BRANCH OFFICE LOCATION MODEL,

Review of Urban & Regional Development Studies, 査読有, 22, (2010) 73-88. DOI: 10.1111/j.1467-940X.2010.00170.x

[学会発表] (計 31 件)

- ① Okumura M., Tirtom H. and Yamaguchi H., Planning model of optimal modal-mix in intercity passenger transportation, International Conference on Low-carbon Transportation and Logistics, and Green Buildings (LTLGB2012), 2012.10.12, Beijing (China)
- ② Tsukai, M. and Okumura, M., Longitudinal Analysis on Inter-regional Business Trips and Office Network, The international symposium on Speed-up, Safety and Service Technology for Railway and Maglev Systems, 2012.9.18, Seoul (Korea)
- ③ Yamaguchi H., Tirtom H. and Okumura M., Macro Modeling of Intercity Travel Demand with Heterogeneous Elasticity, The international symposium on Speed-up, Safety and Service Technology for Railway and Maglev Systems, 2012.09.17, Seoul (Korea)
- ④ Tsukai, M., Statistical Analysis on Multivariate Expressway Traffic Series Under the Different Toll Policies, Conference of the Eastern Asia Society for the Transport Studies, 2011.9.21, Jeju (Korea)
- ⑤ Okumura, M., Tsukai, M. and Takada, A. rank-size rule, produced from a hierarchical branch office location model, Japan-China Workshop on the Applied Regional Science (招待講演), 2009.10.3, 京都市
- ⑥ Okumura, M., Okubo, K. and Fonseca, C. N., Quantitative Zone Classification based on Transportation Activities, IGU/LUCC North East Asia Conference, 2009.9.8, Vladivostok (Russia)

[図書] (計 2 件)

- ① 金子雄一郎, 日本交通学会編, 白桃書房, 交通経済ハンドブック, 2011, 360 ページ
- ② 金子雄一郎, 鉄道百科事典編集委員会編, 丸善, 鉄道百科事典, 2012, 758 ページ

[その他]

ホームページ

都市間交通研究プロジェクトの紹介

http://strep.main.jp/modules/pico3/index.php?content_id=12

6. 研究組織

(1) 研究代表者

奥村 誠 (OKUMURA MAKOTO)

東北大学・災害科学国際研究所・教授

研究者番号: 00194514

(2) 研究分担者

塚井 誠人 (TSUKAI MAKOTO)
広島大学・工学研究院・准教授
研究者番号：70304409

金子 雄一郎 (KANEKO YUICHIRO)
日本大学・理工学部・准教授
研究者番号：40434112

日比野 直彦 (HIBINO NAHIKO)
政策研究大学院大学・政策研究科・准教授
研究者番号：10318206

大窪 和明 (OKUBO KAZUAKI)
東北大学・東北アジア研究センター・助教
研究者番号：50546744