

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20310024

研究課題名(和文)

地球環境負荷とモビリティ・ディバイドを回避可能な途上国大都市の土地利用・交通戦略

研究課題名(英文)

Land-use and transport strategy for avoiding global environmental load and mobility divide

研究代表者：

林 良嗣 (HAYASHI YOSHITSUGU)

名古屋大学・環境学研究科・教授

研究者番号：00133091

研究成果の概要(和文)：途上国大都市における、モビリティ・ディバイド拡大抑制に資する交通政策のあり方を検討する。そのために、所得水準によるモビリティの差違と住民の価値観の関係についてアンケート調査を用いて把握した。さらに、自動車保有率モデルを用いて、経済成長が自動車保有率の格差にもたらす影響を分析した。その結果、所得水準による自動車保有状況の違いとそれがもたらすモビリティ・ディバイドについての定量的な把握が可能になった。そして、今後の経済成長によって拡大が予想される所得格差に対応するために、貧困層への移動手段確保が重要であることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：This study aims to examine the “mobility divide” (gaps in mobility level among socio-economic classes) in the mega-cities. First a survey on citizens’ perception on mobility is conducted and difference between income classes is clear. These analyses Result in severe mobility divide and motorization problems and draw attention to urgent urban policy making and further suggest the provision of public transport mode for poors.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	5,000,000	1,500,000	6,500,000
2009年度	4,900,000	1,470,000	6,370,000
2010年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
総計	14,300,000	4,290,000	18,590,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境影響評価・環境政策

キーワード：モビリティ・ディバイド / 環境マネジメント / 環境影響評価 / 環境政策 / 途上国

1. 研究開始当初の背景

途上国大都市の特徴の1つは、大都市への人口・経済集中割合の高さである。それは、国全体の経済発展を押し上げる要因となっている一方で、将来にわたる持続可能性に懸念を投げかける要因でもある。この懸念を払拭するために、大都市の成長をコントロールする諸施策を、成長の各段階に応じてどのように組み合わせ実施していくかの「ロードマ

ップ」(時系列的な戦略推進プログラム)を準備し、具体的な実施策を提言するための方法論構築が、都市・国土計画や交通計画に求められる今日のかつ重要な課題となっている。

1990年代のアメリカ合衆国において、都市計画の概念として提案された「Smart Growth」はまさに、現在の途上国大都市に適用し具現化すべき概念である。Smart Growthを実現するためには、モータリゼーション進展への対

応策が極めて重要なカギを握っている。なぜなら、モータリゼーションは直接的には移動利便性を向上させ、経済発展の「エンジン」として大きな効果を及ぼすとともに、利用可能な土地を増加させることで都市域の低密な拡大を促進し、さらにそれがモータリゼーションを加速させるという相乗効果を生じるからである。途上国大都市の大多数では、この相乗効果が主要道路での大渋滞を日常化させ、経済活動に負の便益をもたらすとともに、大気汚染・騒音を始めとした交通公害も深刻な状態となっている。また、都市域の急速な拡大に基盤インフラ整備が追いつかず、都心部や郊外部に居住環境の著しく悪い地域が増大するという問題も起きている。

また、途上国では、住民の中にモビリティの大きな格差（ディバイド）が存在する。「モビリティ・ディバイド」は、都市部と農村部の間、富裕層と貧困層の間、人種グループ間、高齢者や障害者など、様々存在する。これは住民が貧困から脱却するための努力や経済成長を阻害するものであり、縮小させる必要がある。ところが、モータリゼーションと郊外化の進行はモビリティ・ディバイドを拡大させる可能性を有している。

さらに、気候変動リスクを増加させる温室効果ガスの発生抑制が世界的な課題である中で、交通起源のCO₂は突出して増加を続けている。今後は途上国における急増が懸念され、対策の緊急性・重要性は高まる一方である。

以上のような途上国大都市における交通活動をめぐる諸懸念を解消するためには、経済発展メリットを享受できるモビリティの確保を行いながら、環境負荷を増加させない「Smart Growth」を支える土地利用・交通施策の実施が求められる。ところが実際には、例えば渋滞解消のために道路建設を行うことが、長期的にはかえって自動車交通を誘発してしまうなど、先進国都市の過ちを繰り返す傾向が見られる。すなわち、先進国や他の途上国の成功・失敗事例を生かす手法が全く確立されていない。途上国大都市に対しては、欧米先進諸国の多数の大学、研究機関および援助機関も興味を示し、調査研究や援助を進めているが、それらの国々は高度経済成長と急速な都市化を経験したのは半世紀から1世紀程度前であるため、実感を持って現象を理解した分析を行い、それに基づいた政策・技術を導出するという意味での成果は十分に得られていないと言える。

今後は地球温暖化防止のために、京都議定書で提起されたCDM（クリーン開発メカニズム）の交通部門での活用など、日本が途上国に対して交通・環境政策に対して貢献すべき局面がますます増加する。そもそも、わが国はUNFCCC京都会議の議長国である。CO₂

排出増加率の高い交通について、途上国を支援する具体的な体制を作ることに對して責任を持つことは重要であり、この分野で国際貢献を積極的に図ることは当然の責務であるといえる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、急速な都市発展とモータリゼーション進展に直面する途上国大都市を対象に、経済成長と環境負荷・格差増大とをデカップリングし、持続可能な発展を担保する Sustainable Transport & Urban Development 戦略の導入・実践に向けた諸課題を整理すること、さらに解決のための政策転換の方向性をシステムティックに見出す方法を作り上げることである。

具体的な分析内容は、1)モータリゼーションによって交通起源環境負荷やモビリティ・ディバイドが増大するメカニズムを把握し、その各部分にはたらきかける施策や、交通・環境状況の時系列的変化を国間・都市間で相対比較可能なベンチマークシステムの構築、2)バックキャスティング(目標設定型)アプローチに基づいた戦略立案プロセスの途上国における整備方針と具体策提案、3)日本や途上国で既に実施されている「ベストプラクティス」(成功事例)から得た経験(交通システム・政策パッケージ・合意形成等)を知識ベース化し、途上国における総合的な政策パッケージとして統合、の3点に集約される。

3. 研究の方法

(1) 交通・都市構造戦略立案のためのベンチマークシステム開発

a) 持続可能な都市・交通の関係把握

本研究では、モータリゼーションの進展が都市の持続性に影響を及ぼす影響について、都市・地域発展へのボトルネック(経済)、モビリティ・ディバイドの拡大(社会)、エネルギー消費・CO₂等環境負荷排出(環境)の3つの観点でとらえ、これら各側面から見た都市・交通の持続可能性の決定メカニズムを整理する(図-1)。その際、排出ガス規制や自動車関連税といった要因や、都市成長の状況とそれに応じた交通システム投資・空間計画の形態といった要因が持続性に与える影響を詳細に分析し整理する。

b) 交通活動に起因する環境問題とモビリティ・ディバイドを把握するフレームワーク構築

本研究では、交通システムの持続性を阻害する要因として、a)環境負荷増加、b)モビリティ・ディバイド拡大、の2つを取り上げる。

まず、交通活動に起因する環境負荷の発生量は、人口や経済レベルによって決まる「交通需要」、それを各交通機関・手段でまかな

った結果としての「交通活動」、そしてその際に使用される車両や燃料・エネルギーの態様に基づく「交通技術」の3要素の積で規定される。

本研究ではこれら3つの要素の時系列変化について、実際に途上国大都市において入手可能なデータとの関係を調査し、交通・環境状況に関する実情を簡潔に記述することができるマクロ指標群を設定する。さらに、経済成長に伴う都市化とモータリゼーションの進展が環境問題やモビリティ・ディバイドをいかに発生・深刻化させるかについて、図-2のようなメカニズムを考え、この図を構成するマクロ指標群で状況を管理することができる方法を構築する。

c) モータリゼーション・都市化による問題発生メカニズムのモデル化

a)で特定化したフレームワークに基づき、すでにモータリゼーションと都市域拡大が進展している日本の大都市をベンチマークとして、以下1.~4.の視点から国際的な都市間比較を行った。

1. 自動車関連税と道路整備財源との関係

途上国大都市では、モータリゼーション進展に対して道路整備が追いついていないことが一般に見られ、その結果としてモータリゼーションのレベル以上に激しい渋滞が生じ、環境負荷が過大に発生したり、モビリティ確保に支障が生じていることが多い。それを防ぐためには、モータリゼーション進展に合わせた道路整備を進めるための財源システムが必要である。一例として、日本が戦後進めてきた自動車関連税の充当がある。この自動車関連税は、自動車の取得/保有/利用の各段階に賦課でき、モータリゼーションを抑制する効果が段階によって異なる。

このような、自動車関連税と道路整備財源に関する制度体系について国間比較を行うとともに、それらが各国大都市の交通状況にいかなる影響を与えているかを明らかにした。特に、自動車普及プロセスとその技術水準を決定づける車種・車齢などの変化メカニズムを解明し、各国の自動車市場や自動車産業の展開、それに伴うモビリティ・ディバイドや環境配慮状況の将来見通しに関する分析を可能とした。

2. 道路整備による誘発交通発生

道路整備は、短期的には渋滞解消に伴って環境負荷排出原単位を改善するものの、長期的には自動車の利便性を高めることで、公共交通等他手段の利用者を自動車へ転換させ、さらなるモータリゼーション進展を促す。道路整備によって道路渋滞と公共交通の頻度低下が同時発生することで、いずれのサービス水準も低下する現象は「ダウンズ・トマンソンのパラドックス」として知られており、そ

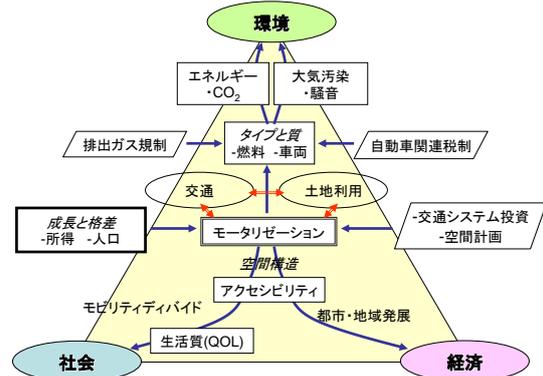


図-1 環境・経済・社会の各側面から見た都市・交通の持続可能性の決定メカニズム

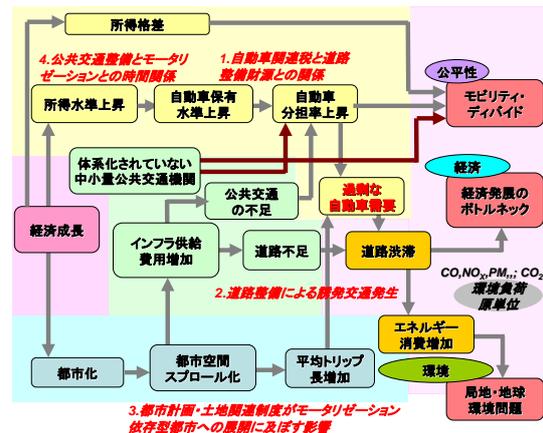


図-2 経済成長に伴う都市化とモータリゼーションの進展が環境問題やモビリティ・ディバイドに及ぼす影響

れは最終的にモビリティ・ディバイドや環境負荷の増大へとつながる。

そこで、このような状況が各国大都市で生じているかどうかを検出し、発生の程度を実証的に明らかにした。

3. 都市計画・土地関連制度がモータリゼーション依存型都市への展開に及ぼす影響

日本や途上国大都市では、適正な土地利用誘導が実施されていない場合が多い。そのため、都市域拡大に伴ってスプロールやリボン開発（幹線道路沿道の線状開発）が助長され、公共交通不便地域の増大を招くことで、さらなるモータリゼーション進展につながるとともに、モビリティ・ディバイドを拡大するという悪循環が生じる。逆に、交通施設整備状況に応じた立地規制はモータリゼーションの長期的抑制にとって有効であると言える。

そこで、途上国大都市における都市計画・土地制度の現状を整理し、モータリゼーションのコントロールという面から見た改善策の方向性を見出した。

4. 公共交通整備とモータリゼーション進展との関係

途上国大都市の多くは、鉄軌道・バス等大

量輸送機関のサービスレベルが低く、そのことがモータリゼーション進展を促進し、経済発展のボトルネックやモビリティ・ディバイドの原因となっている。特にこれは、都心から離れた郊外部において深刻である。一方、経済発展の初期に鉄軌道が現在に近い水準まで整備され、また郊外への鉄道網も充実していた東京・大阪大都市圏では、このようなボトルネックを防ぐことができていたばかりか、現在でも環境負荷やエネルギー消費が少なく、モビリティ・ディバイドも小さい都市圏を維持している。

このような都市空間構造に途上国大都市を誘導するために、整備費用の低いLRT・BRT整備と、公共交通指向型開発(Transit Oriented Development: TOD)とを組み合わせる推進する方策、その地球環境負荷削減、モビリティ・ディバイド改善等の効果を示した。さらに、途上国大都市におけるパラトランジットの役割や、それがモータリゼーション進展によっていかに衰退していくかについても検討した。

(2) 途上国大都市におけるバックキャスト型交通政策の枠組み検討

途上国大都市において目指すべきモビリティ・ディバイドの改善および環境負荷抑制の定量目標を定める。そのために、評価対象都市における今後の人口・経済やモータリゼーション進展の見通しなど基礎データの収集を行った。また、地球温暖化防止のために途上国において求められるCO₂抑制レベルを、関連文献の調査によって設定した。

その上で、バックキャスト型(目標設定型)による各種施策の必要実施量への配分の考え方や、push&pullを組み合わせた複数施策のパッケージングによる相乗効果の考え方を織り込んだ、「持続可能な交通施策」実現のための長期戦略の「ロードマップ」(対策間の相互関係を考慮した時系列的な施策実施プログラム)を描く手順を見出した。

(3) 持続型交通・都市構造戦略の立案

以上の成果を総合して、都市を持続可能とする交通・都市戦略のロードマップを具体的に作成し、いくつかの対象都市に適用した。各都市の地理的・社会的背景と都市発展段階に応じて必要な各種交通施設整備とそれらの分担のあり方、ITS・信号制御・道路関連法規・公共交通事業マネジメント等の交通管理体系の整備、車両・燃料技術の導入・普及策とそれを支えるインフラ整備や法律・経済インセンティブの進め方が特定された。その際、1. で構築したベンチマーキングシステムを活用し、各項目が順調に達成できているかどうか、またそのために各種施策がどの程

度実施できているか、を確認できる進行管理手法を合わせて整備できた。

4. 研究成果

(1) 途上国大都市におけるモビリティ・ディバイド抑制策

まず、途上国大都市におけるモビリティ・ディバイド拡大プロセスを図-3のようにまとめた。その上で、途上国において、高所得層と低所得層との間に存在する私的交通手段の有無によるモビリティ・ディバイドを抑制するために必要な、私的交通手段を代替する公共交通などの整備策を検討すべく、インド・バンガロール市において分析を行った。バンガロール市は、人口約656万人、面積709.5km²であり、ITを中心としたハイテク産業が集積している都市である。

モビリティ・ディバイドの状況とそれによる価値観への影響を把握するため、住民アンケート調査を実施した。図-4は、アンケートから得られた所得階層別の通勤・通学手段分担率である。所得の高い階層ほど、通勤・通学手段に自動車・自動二輪車を利用しており、所得の低い階層ほど、バンガロールの主要公共交通であるバスを利用している。

このことから、所得が住民の交通手段に影響を与えており、低所得層ほど利用可能交通手段が制約されることがわかる。

また、今後予想される急速な経済成長の下での交通政策を考えるために、経済成長による所得格差の変化が自動車保有状況に及ぼす影響について分析を行った。所得格差が拡大するケースと縮小するケースの2つを設定し、1人あたりGDPの値を変数とする自動車保有率モデルを用いて所得階層別に推計を行った。

図-5に示す、各シナリオの推計結果から、経済成長によって低所得層と高所得層の間に自動車保有率の格差が生じていることが分かる。所得格差が増大する場合、高所得層と低所得層の自動車保有率の差が大きくなり、低所得層のための交通手段確保が必要となる。一方、所得格差が縮小する場合、経済成長による保有率の差はあまり拡大せず、高所得層と低所得層とも緩やかな上昇となる。この場合、格差は小さいものの、両階層とも保有率が低くなるため、公共交通整備が必要といえる。

以上のことから、自動車を利用できない層の移動手段の確保を確保することで、経済成長による所得格差の変化によらず、全体のモビリティを向上させることができることを明らかにした。

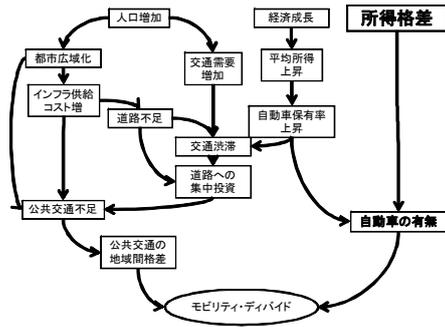


図-3 モビリティ・ディバイドの要因

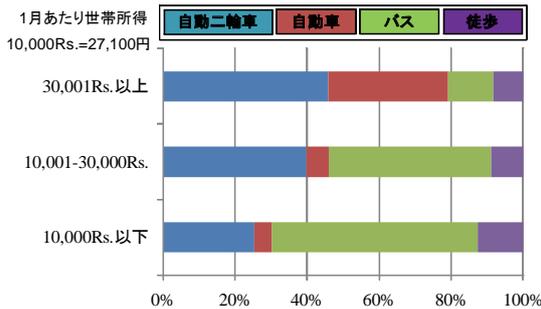


図-4 所得階層別の通勤・通学手段分担率

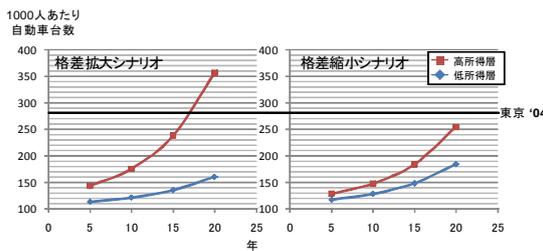


図-5 自動車保有率の将来推計結果

(2) 実効的施策としてのパラトランジット導入

財政制約が大きい途上国において公共交通を大規模に整備することは容易でない。一方、途上国においては、バスでは十分にサービスを供給しきれないエリアにおいては、パラトランジットと呼ばれる少量単位の輸送機関が発達してきた。そこで、今後、途上国でモビリティ・ディバイドを抑制するためには、公共交通整備に加え、これらのパラトランジットを活用することが有効であると考えられる。しかし、現状ではパラトランジットが交通体系の中に適切に位置付けられていないことによって、弊害も見られる。

例えば、バンコクにおいては、鉄道駅やバスターミナルにパラトランジットが乗り入れていないケースや、パラトランジットがバスベイを占拠してバス運行の障害となっているケースが見られる。ただし、パラトランジットが分担する輸送距離はバス等と比べ

て短い。メトロマニラにおいては、バスの平均トリップ距離が 10km であるのに対し、Jeepney が 3km である (MMUTIS, 1999)。したがって、パラトランジットの適切な活用範囲は、鉄道やバス等の基幹交通のフィーダー交通であると考えられる。

パラトランジットと公共交通の組み合わせを、所要時間の観点で評価し比較した。シナリオの概要を図-6に示す。パラトランジットの形態として、タイで運行されている Songtaew, Silor-Lek, Tuk Tuk, Motorsai を用いた。基準速度は、河上ら (2005) による市街地平均走行速度より、自動車, Tuk Tuk, Motorsai は 18km/h、バス, Songtaew, Silor-Lek は 12km/h とした。道路混雑の影響を受けない鉄道については、バンコクの MRT のデータより、平均走行速度 35km/h と設定した。

推計結果を図-7に示す。パラトランジットが存在せず、5km 区間を徒歩で移動し都心区間のバスに乗り継ぐ場合に、全体を自動車で移動した場合に比べて所要時間が 2 倍以上かかるが、パラトランジットが存在する場合には、移動時間を約 1 時間短縮することが可能となった。

このように、都心区間に鉄道を整備し、パラトランジットと組み合わせた場合、自動車利用の場合よりも所要時間が短くなることが分かった。そのため、鉄道整備は自動車を保有できない層に対しても広くモビリティを与える施策であることが示唆される。

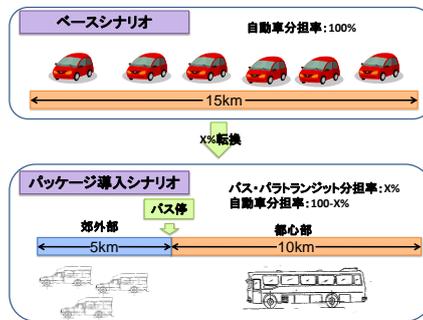


図-6 シナリオのイメージ

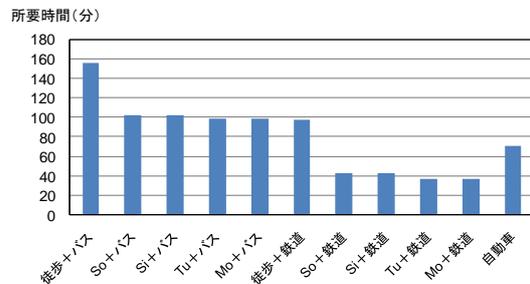


図-7 パラトランジットと公共交通の組み合わせによる所要時間の比較

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 Han, J., Yuan, Q., Jia, P., Hayashi, Y., IMPACT ANALYSIS OF HIGH SPEED RAIL ON INDUSTRIAL LOCATION: AN EMPIRICAL STUDY OF JAPAN SHINKANSEN, Selected Proceedings of the 12th World Conference on Transport Research Society, 査読有, 2010, pp.E1-02577
- ② Alhajyaseen, K.M.W. and Nakamura, H., Modeling and Analysis of Pedestrian Flow at Signalized Crosswalks, 土木計画学研究・論文集, 査読有, Vol.26, 2009, pp.611-620
- ③ Mehran, B., Nakamura, H., Considering Travel Time Reliability and Safety for Evaluation of Congestion Relief Schemes on Expressway Segments, IATSS Research, 査読有, Vol.33, No.1, 2009, pp.55-70
- ④ Jia, P., Kato, H., Hayashi, Y., Network Impact Evaluation of the Introduction of Road and Rail to a Transport Corridor for Developing Cities, International Journal of Urban Sciences, 査読有, Vol.13, No.1, 2009, pp.81-101
- ⑤ Bhandari, K., Black, J., Hayashi, Y., Impact of Globalization on Employment Distribution and Urban Mobility in Delhi, International Journal of Urban Sciences, 査読有, Vol.12 No.1, 2008, pp.1-17

[学会発表] (計 44 件)

- ① 西野慧, 戸川卓哉, 加藤博和, 林良嗣: QOL に着目した上海市における社会基盤整備の評価, 平成 22 年度土木学会中部支部研究発表会, 2011 年 3 月 4 日, 愛知県春日井市
- ② Wang, Y., Hayashi, Y., Kato, H.: PERFORMANCE EVALUATION OF SUBWAY LINES WITH DATA ENVELOPMENT ANALYSIS AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS, A CASE STUDY OF BEIJING, 第 41 回土木計画学研究発表会(春大会), 2010 年 6 月 5 日, 愛知県名古屋市
- ③ Luo, X., Hayashi, Y., Kato, H.: THE RELATIONSHIP BETWEEN TRANSPORT INFRASTRUCTURE AND REGIONAL ECONOMIC GROWTH-A CASE STUDY OF CHINA, 第 41 回土木計画学研究発表会(春大会), 2010 年 6 月 5 日, 愛知県名古屋市
- ④ Wang, Y., Li, Q., Hayashi, Y. and Kato, H.:

CCM-Based Accessibility Evaluation of the Public Bus Network in Beijing City, China, The 8th EASTS Conference 2009, 2009 年 11 月 18 日, インドネシア・スラバヤ

- ⑤ 島田亮太, 加藤博和, 林良嗣: 鉄道整備によるモータリゼーション進展抑制効果に関する基礎的分析, 第 17 回地球環境シンポジウム, 2009 年 9 月 11 日, 沖縄県那覇市
- ⑥ Jia, P., Kato, H., Hayashi, Y.: ROAD NETWORK OPTIMIZATION MODEL WITH CONSIDERATION OF DYNAMIC CHANGES IN A LONG TERM EVALUATION FOR DEVELOPING CITIES, 88th Transportation Research Board annual meeting, 2009 年 1 月 14 日, USA・ワシントン D.C.
- ⑦ Bhandari, K., Kachi, N., Kato, H., Hayashi, Y.: EFFECT OF INDIVIDUAL CHARACTERISTICS AND SPATIAL CONFIGURATIONS ON ACCESSIBILITY AND MOBILITY, 第 37 回土木計画学研究発表会(春大会), 2008 年 6 月 6 日, 北海道札幌市

[図書] (計 1 件)

- ① Rothengatter, W., Hayashi, Y., Shade, W.(Eds.): Transport Moving to Climate Intelligence -New Chances for Controlling Climate Impacts of Transport after the Economic Crisis, Springer, 2011.

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)
なし

○取得状況 (計 0 件)
なし

[その他]

ホームページ等

<http://www.sustrac.env.nagoya-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

林 良嗣 (HAYASHI YOSHITSUGU)
名古屋大学・大学院環境学研究科・教授
研究者番号: 00133091

(2)研究分担者

中村 英樹 (NAKAMURA HIDEKI)
名古屋大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 10212101

加藤 博和 (KATO HIROKAZU)

名古屋大学・大学院環境学研究科・准教授
研究者番号: 90293646

(3)連携研究者

なし