

地方都市におけるスマートシティ 開発に関する交通行動モデル

秋山 孝正¹・井ノ口 弘昭²・長谷川 陽平³

¹正会員 関西大学教授 環境都市工学部都市システム工学科
(〒564-8680 大阪府吹田市山手町三丁目3番35号)

E-mail: akiyama@kansai-u.ac.jp

²正会員 関西大学准教授 環境都市工学部都市システム工学科
(〒564-8680 大阪府吹田市山手町三丁目3番35号)

E-mail: hiroaki@inokuchi.jp

³学生員 関西大学大学院 理工学研究科ソーシャルデザイン専攻
(〒564-8680 大阪府吹田市山手町三丁目3番35号)

E-mail: k055307@kansai-u.ac.jp

地方都市においては、公共交通を中心とした集約型都市構造を目指す都市計画と高齢社会を踏まえたスマートシティとしての都市構造の議論が進展している。特にスマートシティの開発では、太陽光発電、メガソーラの設置、スマートハウス地区の導入、EVの有効活用などの都市政策が想定できる。本研究では、自動車利用率の高い地方都市における環境共生型開発の妥当性を検証する。すなわち、スマートハウス地区を住宅開発の中心として交通行動パターンの変化を、電気自動車、スマートモビリティの利用増加と合わせて検討する。これより、運輸交通部門におけるスマートシティ化のインパクトを算定する。最終的に、スマートシティ導入による都市圏交通流動と二酸化炭素排出量の削減効果、スマートハウス・エコモビリティに基づく都市活動変化について言及する。

Key Words : *smart city, traffic behaviour analysis, person trip survey, electric vehicle, smart mobility*

1. はじめに

近年、スマートシティを目指した環境政策が議論されている。本研究では、スマートシティにおける都市交通計画の検証を行いたい。このとき、都市圏の交通環境に対応して、運輸交通のスマート化の方向性が相違すると考えられる。特に、公共交通の整備水準が必ずしも十分ではない自動車依存型の交通行動パターンを前提とする地方都市の炭素化においては、運輸交通のスマート化と合わせた総合的な検討が必要であると考えられる。そこで、本研究では、都市圏の都市活動と交通行動に着目して、交通行動パターンからみたスマートシティの構成について実証的な検討を行う。具体的には、中京都市圏と京阪神都市圏の各都市に着目して、比較論的に整理する。すなわち、公共交通中心の集約型都市構造を基本とする都市交通政策と自動車中心のスマート化政策の有効性について、スマートシティの視点から評価する。最終的に、これらの検討から、地方都市の交通環境に対応したスマートシティを目指した都市交通計画を明確化する。この際、交通機関と移動距離に基づいた二酸化炭素排出量を推計する。これらの分析結果に基づき、都市交通環境に基づくスマートシティ開発について整理することができ

る。このため、スマートハウス・エコモビリティに基づく都市活動を推計するモデルを作成する。

2. 地方都市のエネルギー環境政策

本研究では、自動車利用に関連する都市交通環境に基づいたスマートシティの構成を検討する。このため、交通環境の相違した都市圏を取り上げ分析を行う。

2.1 低炭素社会における地方都市

ここでは、自動車利用の程度から、交通行動パターン構成の相違を検討する。具体的な都市圏として、中京都市圏の岐阜市を選定して、自動車利用に関する都市交通環境を比較検討する。この際、交通行動の基本データとして第4回パーソントリップ調査(2001年)結果を用いる。一般に、PT調査では都市圏の交通行動者の交通行動連鎖(トリップパターン)が記録され、同時に都市活動(アクティビティ)の把握が可能である。したがって、都市圏における自動車・公共交通機関の分担関係を反映した都市活動と交通現象を整理することが可能である。岐阜市には62ゾーンあり、全トリップで384,307トリップある。

ここでは、中規模都市を想定して、岐阜市を取り上げる。岐阜市の基本的な統計指標を表1に整理する。都市の年齢構成では、岐阜市の高齢者率（前期:12.6%・後期:11.1%）が相対的に高く、地方都市の高齢化の特徴が顕著である。この点は、本表以外にPT調査結果からも、高齢者の外出率として示される。外出率では、全体では、85.6%、前期高齢者は74.1%、後期高齢者は49.9%である。また、団地は郊外に形成されており、郊外化が進行していることがわかる。

つぎに、図1より都市交通環境を検討する。①長良川を横断放射・環状の幹線道路網が構成されている。②岐阜駅を中心に近隣都市への都市鉄道網が形成されている。③岐阜市では、JR岐阜駅の年間乗車人数が最多であり（10,760千人）、ついで、名鉄岐阜駅である（6,254千人）。④鉄道事業者はJR、名古屋鉄道の2社、バス事業者は岐阜バスの1社である。

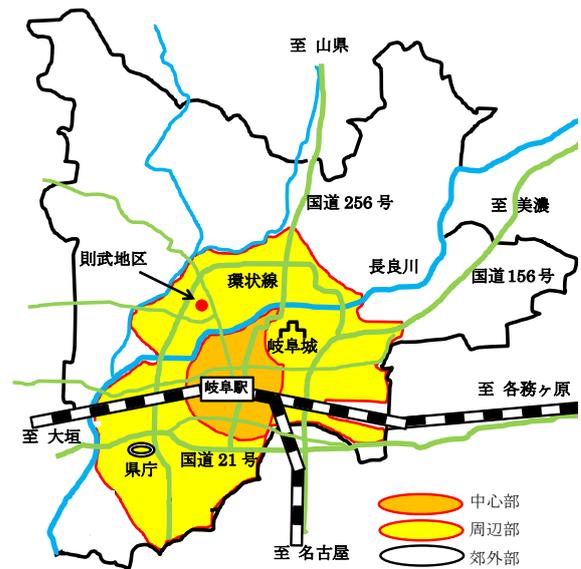


図1 岐阜市の都市交通ネットワーク

表1 岐阜市の基礎統計量

人口	413,136人	病院数	34箇所
人口密度	2,037人/km ²	商業販売額	1兆7,242億円
前期高齢者人口	52,183人	自動車登録台数	296,499台
前期高齢者率	12.6%	道路総延長	2,744km
後期高齢者人口	45,893人	鉄道路線長	14.3km
後期高齢者率	11.1%	鉄道路線数	4路線
昼夜間人口比	1.07	バス路線長	5,231.5km
面積	202.89km ²	バス路線数	97路線
世帯数	161,718世帯	年間交通事故件数	17,417件

2.2 エネルギー環境政策の概要

岐阜市が取り組んでいるエネルギー環境政策について、紹介する。岐阜市は日照量が全国第二位を誇り、地下水も豊富であるので、太陽光発電や地熱発電などの再生可能エネルギーを活用したスマートシティが期待される。

①住宅用太陽光発電

住宅の省エネ化を図ることを目的に、市内の住宅に太陽光発電システムを設置された方に対して、設置費の一部補助をおこなっている。補助金交付実績として平成24年度末までに累計2,500件超の実績がある。平成25年度当初予算は1,200件分で、太陽光発電システム1kWあたり2万円（上限は3kW、6万円）である。

②公共施設の太陽光発電

明郷小学校では明郷公民館と一体化した、図2のような太陽光発電システムが導入されている。小学校で設置が進められている標準的な太陽光発電（20kW）の発電量は、晴天日で100kWh/日程度が見込まれ、公民館の1日の電力需要に対応することも可能である。再生可能エネルギーによる公民館の電力自立化の可能性を目指す。また、平成23年度末では、44の公共施設で導入が検討されている。

③太陽光市民発電所

電力の地産地消の実現を目指し、市民参加型太陽光メガソーラー発電所である「長良川市民共同発電所」の建設を計画している。単に事業主の利益を追求するものではなく、市民や企業など幅広い方々からの出資金で事業を運営する。そして、事業自体も単に太陽光発電事業だけでなく、クリーン電力の農作物への利用や岐阜県の地域資源の有効利用、発電所のテーマパーク化などを検討されている。

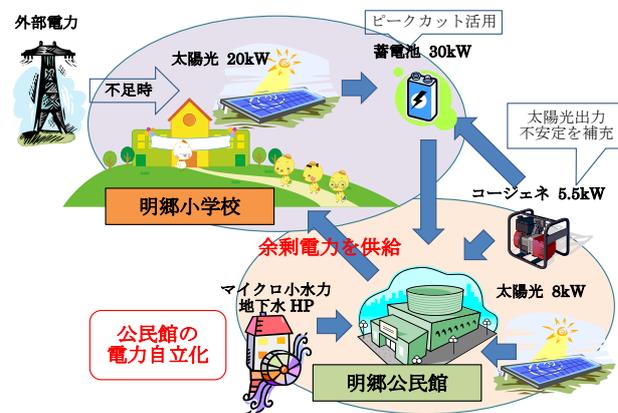


図2 明郷小学校・明郷公民館の事業内容

④再生可能エネルギー施設整備

中心市街地に位置する岐阜大学医学部等跡地において事業展開している「つかさのまち夢プロジェクト」の第1期として、「中央図書館（仮称）」を中心とした複合施設「みんなの森 ぎふメディアコスモス」と共に「憩い・にぎわい広場（仮称）」を整備する。自然エネルギーを最大限活用し、消費エネルギーを1/2に抑える。グローブを利用して、建物全体に穏やかな自然換気を行う。

そして、太陽光発電を利用して電力を産み出し、豊富な地下水を利用して冷暖房を稼働させる計画である。

⑤EV急速充電器整備

走行中に二酸化炭素を排出しない、環境にやさしい電気自動車の普及を推進するため、岐阜市駅西駐車場に設置した電気自動車用の急速充電器(1基)を、平成25年5月1日から平成26年3月まで無料で社会実験により開放している。

⑥EVカーシェアリング

二酸化炭素の排出削減効果が高いEV(電気自動車)を体験してもらうため、平成23年10月から平成25年3月まで、カーシェアリングによる貸し出しを実施した。市で岐阜市駅西駐車場に導入したEV(電気自動車)を、登録会員で共同利用を実施した。



図3 都市道路網ネットワーク

2.3 道路交通間環境の概要

図3に岐阜市の道路ネットワークを示す。ゾーン数は149個、ノード数は573個、リンク本数は1750本である。岐阜市では、環状機能をもつ道路と他都市との連絡道路の2種類の道路が存在する。市街地を周回する道路は環状線や国道156号・国道21号の一部である。また、中心部を周回する道路は、岐阜笠松線・徹明茜部線の一部等である。また、中心部から放射状に道路が延びており他都市との連絡道路として機能している。市北部・高富町方面への連絡は、岐阜駅高富線、市北東部・関市方面への連絡は、国道156号、市東部・各務原市方面への連絡は、金町那加岩地線、市南部・柳津町・羽島市方面への連絡は、岐阜羽島線・岐阜南濃線・岐阜大須線がある。

また、市内を網目状に路線バスが走行している。特に、幹線バス路線を強化し、利便性の高いものにしていくためBRT(Bus Rapid Transit)の導入を進めている。BRTはバスレーンの導入など走行環境の改善によるバスの定時性や速達性を確保し、連節バスなど車両の高度化とあわせ、利便性・快適性を高めた次世代のバスシステムである。平成23年3月27日より連結バス「清流ライナー」が導入された。現在、JR岐阜と岐阜大学・岐阜大学病院の間を結ぶ「清流ライナー岐阜大学・病院線」とJR岐阜を起点に左回りで、中心市街地である柳ヶ瀬、観光拠点である岐阜公園、ぎふ長良川鶴飼、スポーツ拠点である岐阜メモリアルセンター等をつなぐ「清流ライナー市内ループ線」で連結バスによって運行されている。4路線においてBRT導入計画が進められている。また、コミュニティーバスでは、11地区で本格運行、2地区で試行運行を行っている。鉄道駅や幹線路線バスの乗り継ぎ拠点を中心に路線網が整備されている。

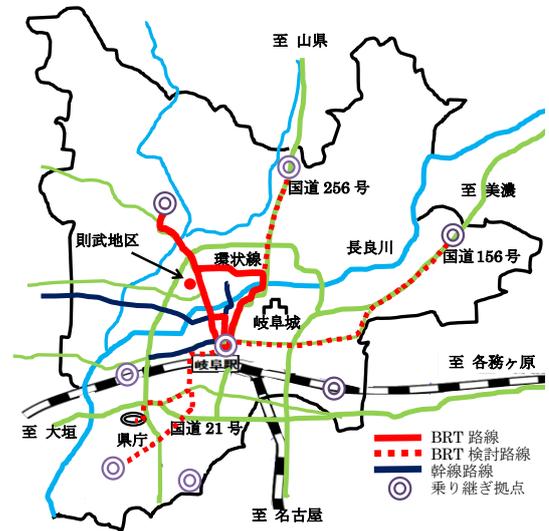


図4 バス路線網

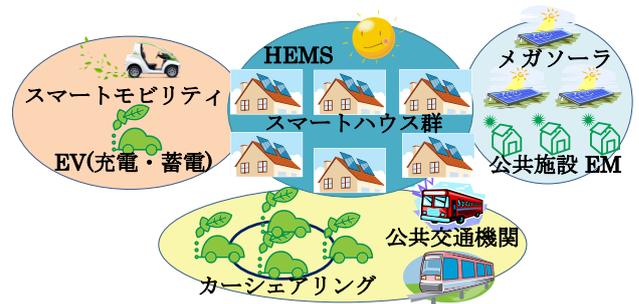


図5 スマートシティ概念図

3. スマートシティの交通行動モデル

3.1 スマートシティの都市活動

スマートシティとは、環境負荷を抑えながら継続して成長を続けられる都市である。そして、健全な経済活動をうながし、市民の生活の質を高めていける都市である。スマートシティの実現には、二酸化炭素排出量の削減やエネルギー効率の向上、省資源化の徹底、市民のライフスタイルの転換などを複合的に組み合わせる必要がある。そのため、エネルギーや情報通信、水、交通、廃棄物な

どあらゆる分野における最新技術やソリューションでつ
つなげ、地域でエネルギーを有効活用する次世代の社
会システムである。その中心となるのが、HEMSを中心に
家庭内のエネルギー利用を最適にコントロールする「ス
マートハウス」である。図5に示すように、太陽光発電
システムが創った電力を蓄電池に蓄え、EVの充電など暮
らしに必要な電力として使用。それをHEMSが効率よく賢
くコントロールし、エネルギーの省エネを実現する。

3.2 スマートシティの交通現象記述モデル

ここでは、エネルギー環境政策として設定されたスマ
ートハウス地区について、各世帯の交通行動変化を考
える。スマートハウスに関する都市交通現象の推計手順
を図6に示す。ここでは、都市政策として特定戸数のス
マートハウス整備地区を想定する。このとき、①設定さ
れたスマートハウス地区の規模に対応して、岐阜市内全
ゾーンから、人口構成割合に対応した転居世帯が発生
する。②各世帯では、スマートハウスの居住として、HEMS
およびEVの保有を基本形態と考える。したがって、スマ
ートハウス世帯には、何台かのEVが導入される。③航
続距離の制約から、EVの利用の交通行動者数が特定さ
れる。一部の交通行動パターンに対するガソリン車（P
V）が利用される。④スマートハウスに居住する交通
行動者は、EV（あるいはスマートモビリティ：SV）の
利用に伴い、交通行動変化が発生する。⑤スマートシ
ティ地区に関連する交通行動パターンの変化を都市道
路網の上で算定する。このとき、SVに関しては、乗用
車換算を行う。⑥道路交通状態の変化に基づく、環
境影響に関する各種指標を算定する。特に二酸化炭素
排出量と総走行時間を基本的な指標と考える。

ここで各ステップの主要な演算手順については、つぎ
に推計モデルの構造として紹介する。

3.3 現況再現結果

断面交通量を実績値と推計値で現況再現ができてい
るか確認を行う。ここでは、国道21号の穂積大橋、環
状線の鏡島大橋、国道156号の長良橋、国道157号の
忠節橋の4地点で断面交通量を道路交通センサスの
実績値(H22)と交通量配分の推計値(H37)比較した。
4地点とも同じ様な値を得ることができた。

4. スマートシティの都市交通変化の分析

本研究では、スマートシティ整備地区をを則武地区と
する。①岐阜市内居住者から無作為に100世帯のス
マートハウス整備地区を想定する。図8に示すよう
に、設定されたスマートハウス地区の規模に対応して、
岐阜市内全ゾーンから、人口構成割合に対応した転
居世帯が発生する。サンプル数は676サンプル、総
トリップ数は2162

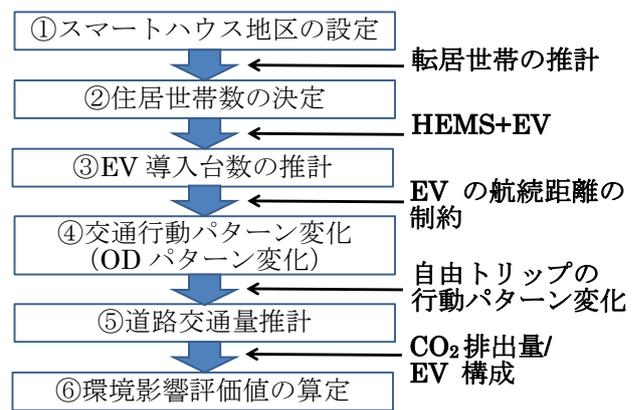


図6 交通現象記述モデルの概要

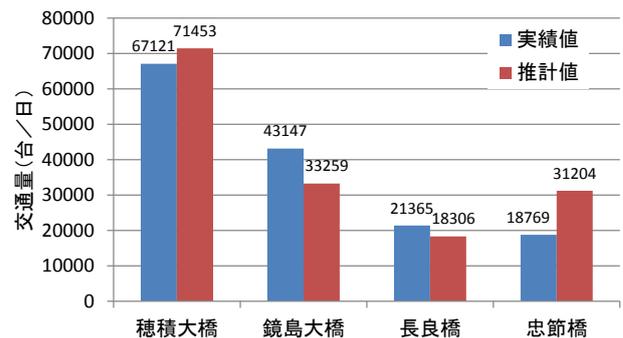


図7 主要断面の交通量変化(H22/H37)

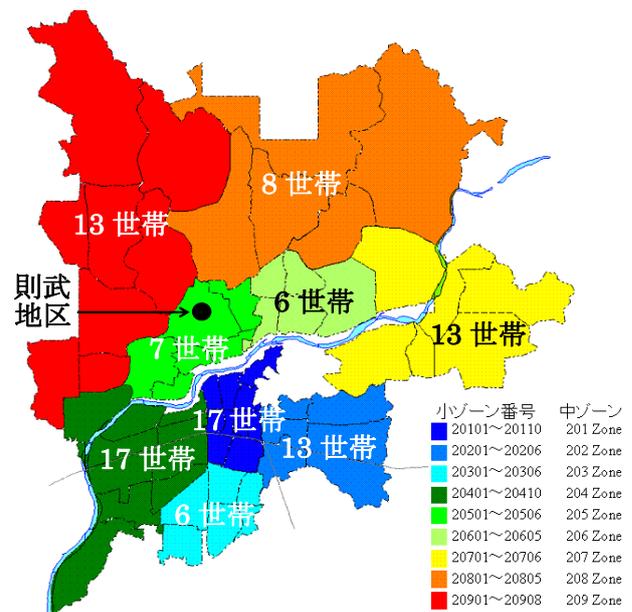


図8 転居世帯位置関係図

トリップ、自動車台数は1535台である。②各世帯では、
スマートハウスの居住として、HEMSおよびEVの保有を
基本形態と考える。したがって、スマートハウス世帯に
は、EVが導入される。③航続距離の制約から、EVの
利用の交通行動者数が特定される。50km以上の交通
行動パターンに対するガソリン車（PV）が利用される。
④スマートハウスに居住する交通行動者は、EV（ある
いはスマートモビリティ：SV）の利用に伴い、交通行動

変化が発生する。一様乱数を発生して、自由活動までの距離分布から確率にしたがって距離を設定する。内々トリップのトリップ長は、ゾーン間距離の最短トリップ長の半分と設定した。図9に自由目的のトリップ長分布を示す。自由目的以外のトリップパターンは変化しないものとする。具体的には、(自宅→勤務地・業務地→自宅)の場合、(自宅(移転先)→勤務地・業務地(変化なし)→自宅(移転先))となる。自由目的は、移転前のトリップ長に類似した距離を用い、近隣の施設に向かうと設定する。具体的には、(自宅→目的地1→目的地2→自宅)の場合、(自宅(移転先)→目的地1(変更)→目的地2(変更)→自宅(移転先))となる。⑤スマートシティ地区に関連する交通行動パターンの変化を都市道路網の上で算定する。このとき、SVに関しては、乗用車換算を行う。⑥道路交通状態の変化に基づく、環境影響に関する各種指標を算定する。表2に二酸化炭素排出量と総走行時間を基本的な指標を示す。二酸化炭素排出量は、政策前の5582.971g・CO₂/人・kmから政策後の5582.969 g・CO₂/人・kmと僅かであるが減少した。また、総走行時間は、政策前の894101.75時間から政策後の893557.51時間と減少した。

スマートシティ整備地区に100世帯のスマートハウス導入を検討したが、岐阜市全体では161,718世帯となり、環境影響に関する評価は、僅かであるが改善された。

5. おわりに

本研究では、地方都市におけるスマートシティ開発に関連する運輸交通システムに関するモデル分析を行った。ここでは、スマートハウス地区の導入にともなうEV利用とスマートモビリティの影響について検討を行った。本研究の成果は以下のように整理できる。

- 1) 地方都市の都市交通環境を整理した。これより地方都市の自動車中心の空間移動について、運輸交通のスマート化が有効に機能する可能性を示した。
- 2) 地方都市のエネルギー環境政策に関連する、スマートハウス地区に関して、太陽光発電・HEMS・EV充電・蓄電に対応する典型的な居住地区構成イメージを整理した。
- 3) スマートハウス地区への転居と運輸交通のスマート化に基づく、運輸交通面のインパクト算定モデルを構成した。これより、特定地区のスマート化が広域的に環境負荷・交通現象の両面からインパクトを与える点が観測された。

本研究では、居住空間のエネルギー環境政策からみた運輸交通のスマート化を検討した。多様な都市環境の視点からの検討においては、①都市の運輸交通のスマート化として、EVを中心に議論を行った。実際には、他の選択肢も多数想定できるため、将来交通機関の設定を検

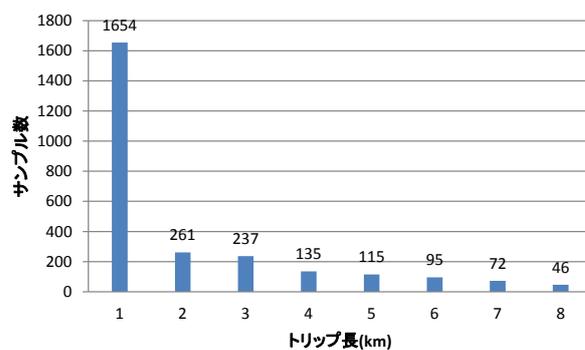


図9 自由目的のトリップ長分布

表2 環境影響評価指標の比較

評価指標	政策前	政策後
二酸化炭素排出量(g・CO ₂ /人・km)	5582.97	5582.969
総走行時間(h)	894101.75	893557.51

検討する、②スマートハウス地区に関して、転居世帯の意思決定、交通行動パターン変化、交通機関の変更などにおいて、自律的な意思決定モデルに導入が必要である。③さらに、スマートシティの社会的インパクトとして都市生活パターンの変化(生活質の向上)が考えらる。この点からの妥当な評価指標の設定が必要である。

なお、本研究を遂行するにあたって、資料収集に関連して、岐阜市企画部・都市建設部・自然共生部・まちづくり推進部等に多大な御尽力を頂きました。ここに記し感謝の意を表する次第です。また本研究は、平成24年度環境省環境総合推進経費「街区型環境未来都市モデルの構築とそれに基づく都市交通政策提案」の研究成果の一部であることを付記する。

参考文献

- 1) 統計局国勢調査, 2005.
- 2) 吹田市統計資料, 2010.
- 3) 中京都市圏総合交通計画協議会: 第4回中京都市圏パーソントリップ調査, 2001.
- 4) スマートシティ岐阜実証事業予備調査報告書, 岐阜市, 2012.
- 5) 岐阜市地球温暖化対策実行計画 - 低炭素社会へのレボリューション-, 岐阜市, 2011.
- 6) 岐阜市まるっと省エネ住宅ガイドライン, 岐阜市, 2009.
- 7) 超小型モビリティ導入に向けたガイドライン, 国土交通省 自動車局, 2012.
- 8) 太陽光発電フィールドテスト事業に関するガイドライン基礎編(2012年度版), 経済産業省資源エネルギー庁, 2013.
- 9) 長谷川陽平, 秋山孝正, 井ノ口弘昭: 「交通行動パター

- ンからみた低炭素社会の交通環境に関する研究」,平成24年度土木学会関西支部年次学術講演会講演集,CD-ROM, No. 0440, 2012.
- 10) 秋山孝正,井ノ口弘昭,長谷川陽平:「交通行動パターンに着目した低炭素社会の構成についての考察」,第45回土木計画学研究講演集,CD-ROM, No. 318, 2012.
- 11) 長谷川陽平,秋山孝正,井ノ口弘昭:「生活質を考慮した都市交通環境の比較分析」,土木学会第67回年次学術講演会講演概要集,DVD, No. IV-055, 2012.
- 12) 秋山孝正,井ノ口弘昭,長谷川陽平:「高齢者交通行動に着目した都市交通の持続可能性評価」,第46回土木計画学研究講演集,CD-ROM, No. 59, 2012.
- 13) 長谷川陽平,秋山孝正,井ノ口弘昭:「高齢層の交通行動パターンに着目した低炭素社会の構成についての考察」,第32回交通工学研究発表会論文集, No. 063, 2012.
- 14) 根岸直矢,秋山孝正,井ノ口弘昭:「交通流動変化を考慮した都市計画道路見直しに関する実証的分析」
- 15) 北村隆一 編著:ポストモータリゼーション,学芸出版社, 2001.
- 16) 環境テクノロジー プロフェッショナル用語辞典,日経BP社[編著], 2011.
- 17) 秋山孝正,奥嶋政嗣:都市交通計画のためのファジィ交通手段選択モデルの構築,日本知能情報ファジィ学会誌, Vol. 19, No. 2, pp. 176-188, 2007.
- 18) 秋山孝正,奥嶋政嗣:交通機関選択分析のためのファジィ決定手法の比較検討,土木学会論文集D, vol. 63, No. 2, pp. 145-157, 2007.
- 19) 秋山孝正,奥嶋政嗣,北村隆一:都市活動に着目した鉄道駅とまちづくりに関する実証的分析,交通学研究/2007年研究年報(通巻51号), pp. 99-108, 2008.
- 20) 秋山孝正,奥嶋政嗣:人工社会型都市モデルを用いたまちづくり政策の検討,土木計画学研究・論文集, Vol. 25, 2008.
- 21) 奥嶋政嗣,秋山孝正,北村隆一:高齢者の交通行動に着目した鉄道駅とまちに関する分析,交通学研究/2008年研究年報(通巻52号), pp. 71-80, 2009.
- 22) 谷本圭志,神山結圭,牧修平:地方部における公共交通計画のためのアクセシビリティ指標に関する比較分析,土木計画学研究・論文集, Vol. 24, pp. 671-676, 2007.
- 23) 宮崎耕輔,徳永幸之,菊池武弘,小枝昭,谷本圭志,喜多秀行:公共交通サービスレベル低下による生活行動の格差分析,土木計画学研究・論文集, Vol. 22, pp. 583-592, 2005.
- 24) 波床正敏,塚本直幸:都市交通空間における公共交通のパフォーマンスおよび自動車交通との相互作用に関する基礎的考察,土木計画学研究・論文集, Vol. 22, pp. 599-608, 2005.

(2013. 5. 7受付)