

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 8 月 26 日現在

機関番号：31501

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：平成 21 年度 ～ 平成 24 年度

課題番号：21510154

研究課題名（和文） 少子高齢化が交通需要へ与える影響の長期分析

研究課題名（英文） Longitudinal Analysis of Influence upon Traffic Demand Caused by Declining Birthrate and Increasing Ratio of Elderly People.

研究代表者

古藤 浩（KOTO Hiroshi）

東北芸術工科大学・教養教育センター・准教授

研究者番号：60244985

研究成果の概要（和文）：

11 年間の国勢調査・事業所企業統計調査メッシュデータ（1/2 メッシュ）を主な分析対象として人口推計技術、施設と人口分布の関係について研究し、次の見地・成果を得た。
 (1) 2km メッシュへの統合でデータの秘匿処置等の人口推計への影響を最小限にできる。
 (2) 様々な人口が混在する時系列データ活用時の誤差処理技術を確立。(3) 少子高齢化と交通需要につながる買い物行動の関係では、数量的な見地でも過疎地域への店の誘致等は非常に困難。ただし誘致可能性がある地区は同定できる。

研究成果の概要（英文）：

We studied about population estimation and the relation between facilities distribution and population distribution. All metrics are constructed using the Japanese national census and labour force survey for 11 years. Using 1/2-size grid system data, following results were achieved. (1) In the population estimation, we have shown that the influence of the concealed grid can be weakened, if we treat the grid system data by integrating the unit length into 2 km. (2) The error treatment technique for time series data were established. (3) From the analysis of the relationship between shopping activities and population which may influence traffic demand, we found that attracting retailers to underpopulated areas is very difficult, under both the conditions of increasing the elderly population and of decreasing birthrate. Moreover, the probability that retailers will be maintained in the future was clarified from the relation of the distance between residents and retailers.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2010 年度	600,000	180,000	780,000
2011 年度	700,000	210,000	910,000
2012 年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学，社会システム工学・安全システム

キーワード：社会システム

1. 研究開始当初の背景

少子高齢化は我が国における近年の非常に大きな社会問題である。その影響は社会の様々な面に現れつつある。交通問題の見地からみても、高齢者の運転免許の返納による交通弱者の問題や、いわゆる限界集落におけるデマンドバスの導入の必要性の増加などとして現われている。

また、団塊の世代の退職による余暇行動交通需要の増加も少子高齢化の影響としてとらえることができるだろう。

少子高齢化の影響分析が重要なのは言うまでもない。交通問題に関して現在は国家財政・地方財政の側面から議論されることが多いが、人口構造が変化しつつある中で、需要の側面から必要性を議論しておくことは重要と考えられる。また、高齢化に対応してどのように交通弱者を補助していくかを考えることも重要である。

2. 研究の目的

本研究は、少子高齢化の交通問題への影響を全体構造（マクロレベル）・日常生活による行動（ミクロレベル）の両側面から定量的に分析して将来の状況を予測する。同時に先に例として述べたような喫緊に重要な問題の考察を行って、これらが政策的誘導によってどの程度解決可能かを分析する。

そのためには次の3点を重視する。

(1) 将来的な状況を知るための人口推計

(2) 高齢者の交通行動の大きな理由は買い物である。そのため、買い物環境がどのようになってきたか、どのようになっていくかを分析する。

(3) 予測された人口が、どのように居住しているか、その分布に関する指標を考え、またその辺り傾向を分析する。

3. 研究の方法

第一段階では、人口移動に関するコーホート変化率法を応用して、日本の年齢別人口構造どのように変化していくかをマクロ・ミクロ両面から予測する。マクロは都道府県単位、ミクロは(1/2 地域)メッシュ単位での分析である(後者を後述)。

第二段階として、食料品店に注目し、2km以上移動しないと食料品店に到着できない人口がどのくらいか、また、そのような人、特に高齢者は交通弱者となることが多いので、それを解消するためにはどの程度の店をどこに配置すれば良いかを分析する。

第三段階では、第二段階をさらに発展さ

せ、食料品店の長期的な維持のための人口条件を分析する。第四段階ではグローバルには都市・地域のコンパクト性の分析、ミクロには移動販売や食料品宅配など、交通弱者に向けて考えられているサポート活動(業務)の状況とその有り様を研究する。

第三段階・第四段階はまだ研究中なので第一・第二段階を詳細に、第三段階の概略を以下に説明する。

4. 研究成果

(1) 第一段階：メッシュデータでの人口推計とその誤差

1995年～2005年の国勢調査データでの2分の1地域メッシュ(以下、1/2メッシュと書く)を用いて人口推計をおこなう。コーホート変化率法を基本とし、直近の2時点データから求められる推計値を考察する。

コーホート変化率法適用のため、各メッシュのコーホート変化率を推定する必要がある。しかし、二つの理由によりかなりの数のメッシュでコーホート変化率が計算できないという問題が起きる。一つは、各メッシュの秘匿措置等による区分が国勢調査年によって変わること、もう一つは、ある年齢層がゼロの場所に転居してきた場合にコーホート変化率が無限になることである。本研究はこの問題を推計地点の周辺のデータを援用する方法で解決した。

ある「基準距離」を決め、各メッシュデータについて、基準距離未満に存在する周辺のメッシュデータの値を合計し、それによって各メッシュのコーホート変化率を与える。コーホート変化率が空間的に連続的な傾向にあるという仮定を与えたわけである。

ただし、それでも次の三つの理由による推計困難が検出された。

- (i) 周辺の居住者が少なく空間移動平均をとってもコーホート変化率を推定できない、
- (ii) 0人だったところに転入がある場合コーホート変化率が無限大になる、
- (iii) 人数の少ない位置ではコーホート変化率が2を超える・1/2を下回るような極端な値になる。

(i),(ii)の理由でコーホート変化率を得られない場合、代用コーホート変化率を設定して分析した。一つは「全域コーホート変化率」であり、県全体の人口から与えたコーホート変化率である。もうひとつは、国立社会保障・人口問題研究所(2008)による都道府県別推計値も使って比較検討した。

次に、メッシュの秘匿・合算措置がおこなわれることに起因する誤差問題への対応を説明する。

人口推計は 1/2 メッシュでおこなうが、結果の分析は適切な統合メッシュの上で進める。1/2 メッシュを南北・東西に k メッシュずつ集め、 k^2 個のメッシュをまとめたものを“ k -統合メッシュ”と定義する。次に、秘匿メッシュの合算先が同じ k -統合メッシュ外にある場合の秘匿メッシュの人口の、 k -統合メッシュ人口に対する比率を“誤統合人口比率”と定義する。これによって k と誤統合人口比率の関係を 2005 年の例で調べたのが図 1 である。

まず、 $k=1$ での誤統合人口比率は秘匿メッシュ居住総人口の全体に対する比率と一致し 2.39%となる。次に、 $k=2$ での誤統合人口比率は 0.63%と小さくなる。メッシュ座標は 1 次メッシュの南西角を原点としているので、 $k=2$ は 3 次メッシュで集計することと同値である。どのメッシュに合算するかは国勢調査の担当者が決める人為的なことだが、なるべく 3 次メッシュ内に納めるようにしていることの反映と思われる。そのため、 $k=3$ では 0.89%と大きくなる。ちょうど三次メッシュ 2 つずつのサイズとなる $k=4$ での誤統合人口比率は 0.29%と $k=2$ の場合の半分以下とたいへん小さくなる。図 1 を吟味した結果、山形県を 1000 地区以上に分割でき、かつ誤統合人口比率が 0.3%を切る 4-統合メッシュが効果的と判断した。

・1995年・2000年のデータによる2005年人口の推計

ここでは 2000 年の年齢別人口が秘匿されていないメッシュを基準としてコーホート変化率を 1995 年と 2000 年の人口から求

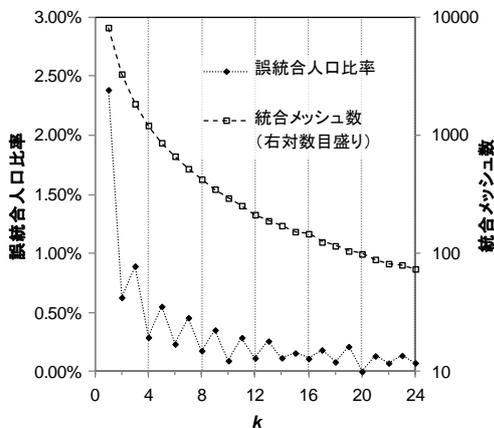


図 1 k -統合メッシュと誤統合人口比率

め、そこから 2005 年の人口を 1/2 メッシュ単位で推計する。そして、それを 4-統合メッシュ上で真の値と比較した結果を説明する。

基準距離を 0,1,2,3,4km に設定した 5 ケースと、山形県の全域コーホート変化率または 2005-2010 年の山形県の人口研仮定コーホート変化率を全ての統合メッシュに適用した場合を加え、全 7 ケースでの推計結果からとりあげるケースを検討した。ここで、「基準距離 0km」とは 1/2 メッシュ個別のコーホート変化率という意味である。

基準距離とそれに対応するメッシュ数、推計した性年齢メッシュ別人口とその真値との相関係数、第一の代用値(全域コーホート変化率)利用数を表 1 に示す。ここから、最も相関係数が高かった基準距離 2km の場合に最も注目して検討することに決めた。なお、代用コーホート変化率の利用では基準距離 0km の場合のみ使った値による表示値の相違(全域コーホート変化率→0.7274 と人口研仮定コーホート変化率→0.7281)が出た。

基準距離の効果を見るため、基準距離 2km と 0km (1/2 メッシュ個別のコーホート変化率の場合)でのコーホート変化率の分布を比べたのが図 2 である。基準距離 2km では基準距離 0km の場合に比べ 0.5 以下など極端なコーホート変化率は少ない。基準距離 2km では 201 人以上のメッシュで 0.9 以下の値のメッシュが 25%未満だが、人口が 100 人以

表 1 人口推計結果

	基準距離に対応するメッシュ数	性年齢相関係数	全域コーホート変化率利用数
基準距離0km	1	0.7274/0.7281	16560
基準距離1km	11	0.9897	3278
基準距離2km	51	0.9921	828
基準距離3km	115	0.9901	330
基準距離4km	199	0.9883	135
全域コーホート変化率のみ利用		0.9808	37468
人口研仮定コーホート変化率を利用		0.9827	37468

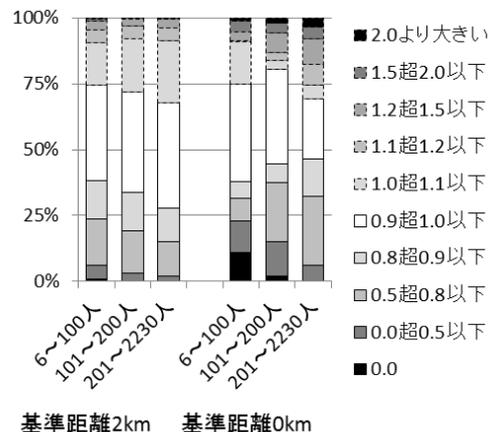


図 2 人口規模別でのコーホート変化率分布

下のメッシュではその場合は 33%ほどになるなど、低密度地域の人口減少傾向がわかる。

・推計誤差の検討

座標(X,Y)で2kmメッシュでのt年の総人口を $P_t(X, Y)$ と書き、その推計値 $\tilde{P}_t(X, Y)$ の推計精度を検討する。図3(左)に示すように、人口が多いメッシュほど推計誤差のばらつきも大きい。人口規模の影響を除いて考察するため、次の考えによって「単位推計誤差」を定義する。

単位推計誤差は、ある場所の一人が5年後に何人になるかという推計の誤差であり、人数だが小数点付きの値を用いる。推計値 $\tilde{P}_t(X, Y)$ に関する単位推計誤差は、

$$(\tilde{P}_t(X, Y) - P_t(X, Y)) / \sqrt{P_{t-5}(X, Y)}$$

と定義される。どの一人に対する単位推計誤差も同じ平均と標準偏差 sd_1 の正規分布に従うと仮定すれば、n人に対する推計誤差の標準偏差 sd_n は正規分布の和の正規性から、

$$sd_n = sd_1 \sqrt{n} \quad (1)$$

となる。ここから、

$$[n \text{人居住メッシュの予測誤差}] / \sqrt{n} \quad (2)$$

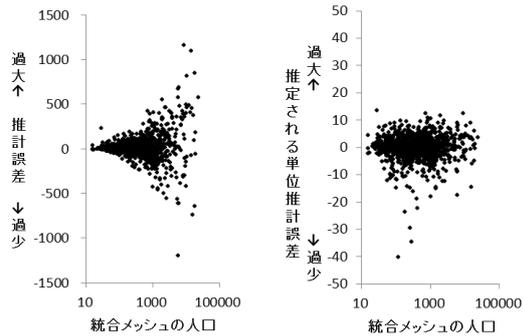
は単位推計誤差の分布と同じ正規分布に従うと考えることができるので、人口規模の異なるメッシュ間の誤差評価が可能となる。

式(2)によって人口規模の影響が除かれることは、メッシュ人口とメッシュ別に式(2)で推定される単位推計誤差の散布図(図3(右))などによって確認できる。単位推計誤差の分布は、平均0.20人の過大推計、標準偏差 sd_1 が4.87人となった。単位標準偏差 $sd_1 = 4.87$ (人) はかなり大きな値であるが、規模が大きければ推計に活用できる。例えば1万人に対する場合の標準偏差は、式(2)によって人口の平方根(100)を掛けることで487人と得る。ここから“1万人に対する487人以上の誤差が32%のデータで発生(推計値 $\pm sd_{10000}$ の外)、974人以上の誤差が4.6%のデータで発生(推計値 $\pm 2sd_{10000}$ の外)するだろう”という推定が可能となる。

単位推計誤差の考え方をまとめれば、正規分布表を用いて推計人口 $\tilde{P}_t(X, Y)$ に対する真の値が $\tilde{P}_t(X, Y) \pm sd_1 \sqrt{P_{t-5}(X, Y)}$ の範囲外となる可能性が約32%、

$\tilde{P}_t(X, Y) \pm 2sd_1 \sqrt{P_{t-5}(X, Y)}$ の範囲外となる可能性が約4.6%とまとめられる。推計区間を得るために、標準偏差にける乗数を γ と書き、真の値が [推計値 $\pm \gamma$ 補正標準偏差] に入る確率を γ -区間内推計率と呼ぶ。

表2に示す推計結果では、1-区間内推計率が79.3%、2-区間内推計率が95.3%と少し尖度が高い結果となった。ここから、推計される人口変化より増加が抑えられる・減少する山形県の傾向が明らかとなった。なお、係数 γ が大きいと過大推計の過少推計に対する比率が小さくなることもわかった。



(左)推計誤差 $\tilde{P}_{H17}(X, Y) - P_{H17}(X, Y)$

(右)単位推計誤差 $(\tilde{P}_{H17}(X, Y) - P_{H17}(X, Y)) / \sqrt{P_{H12}(X, Y)}$

図3 メッシュ人口と推計誤差、単位推計誤差

表2 4-統合メッシュの人口規模と推計結果

γ	2005年人口	過大推計 メッシュ数	区間内推計 メッシュ数	過少推計 メッシュ数	区間内推計 率
0	全体	650	0	452	0.0%
	200人以下	237	0	165	0.0%
	201人~800人	217	0	160	0.0%
	800人以上	196	0	127	0.0%
1	全体	119	874	109	79.3%
	200人以下	43	310	49	77.1%
	201人~800人	37	316	24	83.8%
	801人以上	39	248	36	76.8%
2	全体	12	1050	40	95.3%
	200人以下	3	378	21	94.0%
	201人~800人	2	370	5	98.1%
	801人以上	7	302	14	93.5%

(2)第二段階：食料品店と買い物距離

買い物利便性を買い物に要する距離によって計測・分析した。デマンド交通整備等によって人口が少ない地域の買い物利便性向上を高める取組みは広く実施されている。一方、本研究で示した食料品店の新規立地場所の検討は、もし候補地点が多くを客を獲得できる場所であれば、行政による出費なく、経営者による自発的な出店を促すだけで問題解決につながれるという利点がある。

ここでは、メッシュ単位での住民から最も近い食料品店までの距離(最近隣距離)を取

り上げる。そして全ての住民の食料品店への最近隣距離を2km未満とするよう食料品店を誘致することを検討した。食料品店への最近隣距離が2km以上となる人口は2005/06年データには10,432人であった。

計算の結果、121地点に新しい食料品店が立地すれば全ての人の買い物距離が2km未満になるという結果を得た。立地すべき点を中心とした3種類の円を図4に描く。

県南部の広い地域では人口がまばらに分布しており、食料品店は少なく、多くの新規出店が望まれるとわかる。

図4の太線の円の場所は比較的多くの利用者が期待される。2005年の山形県人口を2006年の県内の食料品店数で割ると、1店舗あたりの人口は215人である。太線の円の場所は獲得人口が215人以上であり、全てに食料品店が出店したならば、最近隣距離が2km以上であった10,432人を5,570人に減らすことができる。一方で破線の円で示した地点は獲得人口が10人未満である。これら地点には新しい食料品店が積極的に出店する可能性は小さい。むしろデマンド交通等を中心とした対策のほうが望ましい。

(3)第三段階：食料品店の存続と買い物距離

国勢調査での「世帯数」および、事業所企業統計調査による「飲食料品小売業」

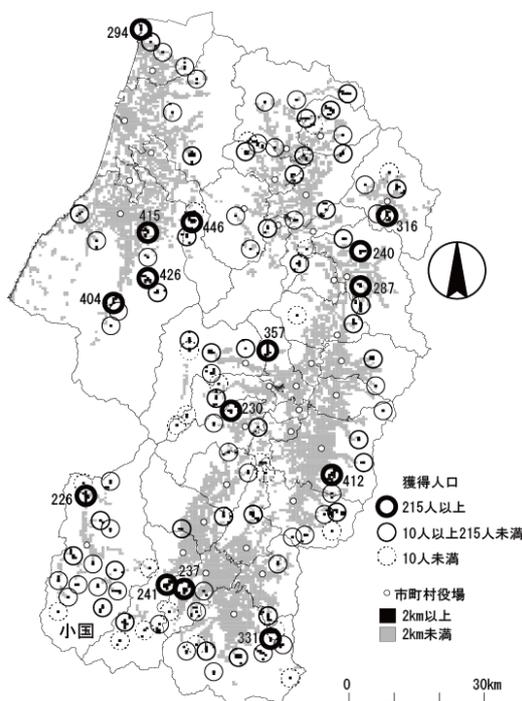


図4 最近隣距離を2km未満とする新規食料品店の配置（図中の数値は太線の円で示した新規食料品店の獲得人口）

と「各種商品小売業」の事業所の合計を“食料品店数”と呼んで注目し、その2分の1地域メッシュデータを取り上げる。

買い物困難地域判定対象メッシュとその東西南北のメッシュ、合計5つのメッシュ内に食料品店が無い場合に判定対象メッシュを“買い物困難メッシュ”、判定対象メッシュ内の世帯数を“買い物困難世帯数”と呼ぶ。なお、判定対象メッシュから5つのメッシュ内地点へは概ね750m以内の移動で到達できると推計できる。5つのメッシュの合計世帯数を“750m圏世帯数”と呼び判定対象メッシュの環境を判断する指標とした。

国勢調査では、「高齢単身世帯数」、「高齢夫婦世帯数」の値も提示されている。本研究ではこれら2種の値の合計を“高齢世帯数”と呼び、高齢者の状況を分析する材料とする。高齢者は働いていない可能性が高く、また加齢とともに運転機会が減るので、周辺に店がなければ買い物弱者になる可能性が高い。

その包括的状況は表3に示される。あるメッシュが買い物困難メッシュである確率は宮城県が最も高く50%だが、買い物困難世帯率が最も高いのは茨城県、最も低いのは逆に宮城県となる。宮城県は平野農村部に薄く広く世帯が分布していることがうかがわれる。このような三県のデータを利用して分析を進めている。

表3 買い物困難の包括的状況

	買い物困難 メッシュ数	買い物困難 メッシュ世帯数	買い物困難 メッシュ率	買い物困難 世帯率
山形県	3400	34186	41.6%	8.8%
宮城県	6700	58386	50.0%	6.7%
茨城県	5916	95666	35.5%	9.3%

(6)今後の展望

第三段階の、メッシュデータでの距離と食料品店の存続の問題、第四段階の地域のコンパクト性については、理論・分析を展開し、対象地域もより広域に分析を進め、なるべく早く査読付き論文として上梓したい。

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12件）

①三浦英俊・古藤 浩（2010）：メッシュデータを用いた人口減少地域における買い物距離の分析. 都市計画論文集, No. 45, pp. 643-646. <<査読付き>>

②三浦英俊, 古藤 浩（2010）：人口減少地域における食料品店への最近隣配置に関するデータ分析. 2010年 日本OR学会春季研究発表

会アブストラクト集, pp. 224-225.

③古藤浩, 三浦英俊(2010):メッシュデータを用いた低人口密度地域の人口予測. 2010年 日本OR学会秋季研究発表会アブストラクト集, pp. 218-219.

④Hiroshi KOTO(2011): ERROR ESTIMATION IN THE POPULATION PROJECTION FROM THE DATA OF VARIOUSLY SIZED PREFECTURES, 17th European Colloquium on Quantitative and Theoretical Geography; Proceedings, pp. 285-293. 《査読付き》

⑤古藤 浩(2011): 規模の異なる地域群の人口推計での誤差評価. 地理情報システム学会講演論文集, Vol. 20, F-2-4 (6 pages).

⑥古藤浩, 三浦英俊(2011):小地区人口予測と誤差評価. 2011年 日本OR学会春季研究発表会アブストラクト集, pp. 172-173.

⑦古藤 浩・三浦英俊(2012):メッシュデータによる低密度地域の人口推計, GIS一理論と応用, vol.20, No.1, pp.71-80. 《査読付き》

⑧古藤浩, 三浦英俊(2012): n km 最近隣距離人口によるフードデザート問題の分析. 2012年 日本OR学会春季研究発表会アブストラクト集, pp. 12-13.

⑨Hiroshi KOTO and Hidetoshi MIURA (2012) Expansion of food deserts: Relations between a population whose resident location is shorter than n km to nearest retailers and an n km area population, Abstracts of the ISOLDE XII Meeting, pp.121-122.

⑩古藤浩, 三浦英俊(2012): メッシュデータから見たフードデザート問題. 2012年 日本OR学会秋季研究発表会アブストラクト集, pp. 168-169.

⑪古藤浩, 三浦英俊(2013): 高齢世帯買い物弱者問題のメッシュデータ分析. 2013年 日本OR学会春季研究発表会アブストラクト集, pp. 218-219.

⑫三浦英俊, 古藤浩(2013): 地域内距離を用いた地域のコンパクト性の計測. 2013年 日本OR学会春季研究発表会アブストラクト集, pp. 214-215.

[学会発表] (計 12 件)

①古藤浩: 東北の都市地域における過疎・高齢化を考える. 第44回日本都市計画学会学術研究論文発表会ワークショップ(2)東北都市計画への提言(報告), 2009/11/14, 長岡技術科学大学, 長岡市
②古藤浩: 経年メッシュデータを用いた過疎地域人口分析. 都市のORワークショップ 2009, 2009/12/20, 南山大学名古屋キャンパス, 名古屋市.

③三浦英俊: 人口減少地域における食料品店への最近隣配置に関するデータ分析. 2010年 日本OR学会春季研究発表会, 2010/3/4, 首都大学東京, 東京都.

④古藤浩:メッシュデータを用いた低人口密度地域の人口予測. 2010年 日本OR学会秋季研究発表会, 2010/9/17 コラッセ福島, 福島市.

⑤古藤浩:メッシュデータによる低密度地域の人口予測での問題と限界. 政治と社会と行政のOR研究部会第8回研究会, 2011/2/22, 政策研究大学院大学, 東京都.

⑥古藤浩: n km 最近隣距離人口によるフードデザート問題の分析. 2012年 日本OR学会春季研究発表会, 2012/3/27, 防衛大学校, 横須賀市.

⑦ Hiroshi KOTO : Expansion of food deserts: Relations between a population whose resident location is shorter than n km to nearest retailers and an n km area population, ISOLDE XII, 2012/7/24, グランビア京都, 京都市.

⑧古藤浩:メッシュデータから見たフードデザート問題. 2012年日本OR学会秋季研究発表会, 2012/9/13, ウィンクあいち, 名古屋

⑨古藤浩:メッシュデータによるフードデザートの分析, 持続可能社会のためのインフラストラクチャー戦略研究会, 2012/8/30, 中央大学, 東京都.

⑩古藤浩:メッシュデータで見た買い物難民問題, 地理情報システム学会 東北支部研究交流会. 2012/12/11, 東北大学, 仙台市.

⑪古藤浩: 高齢世帯買い物弱者問題のメッシュデータ分析. 2013年日本OR学会春季研究発表会, 2013/3/6, 東京大学, 東京都

⑫三浦英俊: 地域内距離を用いた地域のコンパクト性の計測. 2013年日本OR学会春季研究発表会, 2013/3/6, 東京大学, 東京都

6. 研究組織

(1) 研究代表者

古藤 浩 (KOTO HIROSHI)

東北芸術工科大学・教養教育センター・准教授

研究者番号: 60244985

(2) 研究分担者

三浦 英俊 (MIURA HIDETOSHI)

南山大学・情報理工学部・教授

研究者番号: 30306253