

機関番号：12201  
 研究種目：基盤研究（C）（一般）  
 研究期間：2008～2010  
 課題番号：20500890  
 研究課題名（和文） 日本全国における市区町村別乗用車保有率のローカル回帰モデル推定  
 研究課題名（英文） Estimating Local Regression Models of Car Registration Rate by Municipalities of Japan  
 研究代表者  
 奥井 正俊(OKUI MASATOSHI)  
 宇都宮大学・教育学部・教授  
 研究者番号：50144548

## 研究成果の概要（和文）：

日本全国の市区町村単位の乗用車保有率を地理的加重回帰法GWRで分析した結果、その地域差の決定因は全国一律ではなく局地的レベルで複雑に変動しており、明確な地域的分化を起していることがわかった。また、そうした地域的分化は1990年前後の数年間を境にして、大きな構造変化をとげていることもわかった。以上の結果をもとに、高度成長期以来国家的規模で進展してきたモータリゼーションの地理的プロセスを示す簡単なMDSモデル作成を試みた。

## 研究成果の概要（英文）：

Fitting the geographically weighted regression model to the data-sets of car registration rates by municipalities of Japan, it became clear that the important variables determining the level of the rates had not been uniform over the country but had shown the spatial variation, and also that such determinants of motorization had given rise to regional differentiation explicitly. Furthermore it was observed that the regional differentiation of determinants had remarkably changed its structure around 1990. On the basis of above, a simple diagram was obtained from multidimensional scaling to represent the motorization process of the country in geographical context.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	100,000	30,000	130,000
2009年度	100,000	30,000	130,000
2010年度	300,000	90,000	390,000
総計	500,000	150,000	650,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：地理学

キーワード：地理学，モータリゼーション，モデル化，地理的加重回帰GWR，乗用車保有，市区町村，空間プロセス，R言語

## 1. 研究開始当初の背景

単位人口当たりの乗用車両数として定義される乗用車保有率は乗用車普及のバロメータであるが、各地の自然環境や社会経済的条件その他の諸条件が反映して地域的に大きな差異が生じている。そのため、乗用車保有率はモータリゼーションの測定指標として、さらには交通システムの構造指標として有用であり、広く交通諸科学の研究に用いられてきた。

乗用車保有率をめぐる内外の研究が回帰分析等による空間変動因の検証、所得弾力性と将来予測値の推定において多大な成果をおさめてきたことはいままでのない。しかし、未知の決定因、回帰モデルの説明力と予測の精度、モータリゼーションの空間プロセスなど、なお多くの問題が残されている。

回帰モデルを用いた先行研究は、ほとんどの場合、対象地域の広さやデータの集計形式を問

わず一様に、関数関係の地域全体にわたる定常性を前提とするグローバルモデルに寄り掛かっていた。しかし、長く伝統的に用いられてきたグローバル回帰モデルに代わって空間的非定常性を仮定するローカル回帰モデルの研究が近年始まった。今のところ Clark(2004,2007)が見られるくらいのものであるが、この二つの事例研究はグローバル回帰モデルを上回る良好な結果をもたらしている。

上述の英国ヨーク州を扱った Clark(2004)および同国のイングランドとウェールズ地方を扱った Clark(2007)は 2001 年国勢調査からの小地域単位データにローカル回帰モデルの地理的加重回帰法 (GWR) を適用したクロスセクション分析の研究であり、基準変数として世帯当たり乗用車両数を、説明変数として世帯所得と人口密度をそれぞれモデルに組みこみ、分析の結果から、回帰係数のパラメータ値がどのように空間変動するかの読みとりを試みている。したがって、この先駆者の事例研究は GWR の有効性の検証に主眼があり、時間系列次元や空間プロセスへの言及は見られないのである。

研究代表者は日本全国における乗用車保有率の空間変動因に関して、クロスセクション分析を時間的に積み上げた事例研究をすでに報告している (奥井, 2002)。ところが、その試みは変数間のグローバル関係を、都道府県を統計単位として分析したため、空間変動因のおよその傾向はつかめたとしてもその意味するところにはおのずから限界があったといわねばならない。しかし、そうではなくして空間的非定常性の仮定に立つローカル回帰モデルとともに都道府県単位以下の小地域単位のデータを用いれば、空間変動因の動態はよりきめ細かく考察することができるようになる。

## 2. 研究の目的

本研究は日本全国における市区町村別乗用車保有率のパネルデータに対してローカル回帰分析法の一つである GWR を横断的に適用するとともに、乗用車保有率の空間変動因を局地的レベルにおいて詳細に考察することにより、過去数十年間に国家的規模において進展してきたモータリゼーションの空間プロセスを解明することを試みた。

## 3. 研究の方法

本研究課題を解決するため乗用車保有率モデリングのクロスセクション分析を時間的に積み上げたのち、その一組の計算結果をもとに、次の関連ある三つの側面について検討を行った。それらは、(1) 統計的モデルの選択問題における GWR の出来、(2) GWR から得られたパラメータ値の時空間構造、(3) 乗用車保有率の空間変動ないしは地域差を生ぜしめた空間のメカニズム、すなわち国家的かつ巨視的立場からみ

たモータリゼーションの空間プロセスである。

具体的には 1970・1975・1980・1985・1990・1995・2000・2005 の各年において 2544 の単位地区ごとに、回帰モデルの基準変数である乗用車保有率および説明変数である世帯所得、人口密度、世帯通勤者数、女性労働力率の諸データを収集・集計してから、年次別回帰モデル推定、GWR のパラメータ値の縦断的検討、空間変動因の地域分化の検討を順次行った。回帰モデル推定では GWR の出来を評価するため、グローバル回帰モデルの OLS (通常の最小二乗モデル) と SEM (誤差項の空間的自己相関モデル) を併用した。統計分析にはウェブ上で公開されている R 言語および GeoDa その他の計算プログラムを用いた。

## 4. 研究成果

1975 年から 2005 年までの縦断期間に設けた対象 7 か年において、GWR はデータへの適合度と信頼性の点でグローバルモデルの OLS と SEM をはるかに超える良好な結果を与えていた (下表)。これにより、乗用車保有率とその説明変数の関数関係が空間的に変動するという空間的非定常性の仮定は、きわめて合理的な仮定であるに違いないことが強く示唆されたことになる。この状態は 7 か年を通じて変化していないが、GWR の評価基準値は年を追って次第にレベルアップしている。あるいはこの経年傾向は GWR がとらえた空間的非定常性の強化と明確化を示すものかもしれない。しかし、グローバルモデルの評価基準値も同様の上昇傾向を示しており、この点の詳細は今後の研究を待たねばならない。

また、2 種類のローカルモデルの出来を、有効パラメータ数で調整した修正 AIC および回帰残差のグローバル Moran I 統計量の基準で比較すると、二重平方加重関数を組みこんだモデルである GWR-bisquare が、ガウス型加重関数を組みこんだ GWR-Gauss を常に上回っていた (下表)。このようなことから、この先の検討では GWR-bisquare によるパラメータ値のほうをとり上げることとして、その空間変動の有意性を Leung の方法 (Leung et al., 2000) により検定したところ、それは 7 か年を通じてすべてが統計的に有意との結果が得られた。

表-1 回帰モデルの出来比較

### (1) 決定係数

年次	OLS	SEM	GWR-G	GWR-b
1970	0.337	0.611	適用不能	適用不能
1975	0.314	0.317	0.828	0.865
1980	0.268	0.268	0.825	0.856
1985	0.277	0.280	0.832	0.872
1990	0.291	0.297	0.826	0.805
1995	0.284	0.292	0.835	0.835
2000	0.314	0.316	0.861	0.861
2005	0.349	0.349	0.876	0.882

GWR-G は GWR-Gauss, GWR-b は GWR-bisquare。

## (2) 平方平均誤差

年次	OLS	SEM	GWR-G	GWR-b
1970	0.183	0.139	適用不能	適用不能
1975	0.143	0.142	0.073	0.064
1980	0.104	0.104	0.052	0.047
1985	0.092	0.092	0.045	0.039
1990	0.085	0.085	0.043	0.045
1995	0.076	0.075	0.037	0.036
2000	0.066	0.066	0.030	0.030
2005	0.065	0.065	0.028	0.028

## (3) AIC (赤池情報量基準)

年次	OLS	SEM	GWR-G	GWR-b
1970	-204.1	-368.6	適用不能	適用不能
1975	-2677.8	-2541.1	-5456.1	-6090.2
1980	-4267.9	-4120.1	-7135.7	-7680.9
1985	-4900.3	-4763.0	-7872.6	-8626.0
1990	-5316.1	-5190.8	-8201.4	-8150.5
1995	-5909.4	-5792.2	-8944.4	-9149.2
2000	-6582.4	-6441.5	-9963.2	-10162.0
2005	-6698.1	-6551.0	-10284.1	-10504.4

## (4) 修正 AIC

年次	OLS	SEM	GWR-G	GWR-b
1970			適用不能	適用不能
1975			-4355.1	-4908.6
1980			-5990.6	-6495.2
1985			-6780.3	-7456.0
1990			-7151.1	-7564.6
1995			-7899.3	-8432.2
2000			-8901.6	-9446.8
2005			-9304.7	-9689.1

修正 AIC は GWR に対する統計量。

## (5) 残差のグローバル Moran I 統計量

年次	OLS	SEM	GWR-G	GWR-b
1970	0.402	-0.007	適用不能	適用不能
1975	0.006	-0.002	0.010	-0.000
1980	-0.001	0.000	0.004	-0.002
1985	-0.007	0.001	0.020	-0.001
1990	-0.007	0.001	0.007	-0.003
1995	0.015	-0.001	-0.005	0.001
2000	-0.005	0.001	0.026	-0.002
2005	0.001	-0.000	0.030	-0.002

完全な入力データがそなわった 1980 年以降の 6 か年にわたって、GWR によるパラメータ値の統計的分布を検討した結果、説明変数の違いにかかわらず、その中心傾向の推移はグローバル関係によるパラメータ値の推移と近似しており、さらには 1990 年の前後においてパラメータ値の統計的分布には構造変化が生じた可能性の高いことがわかった。加えて、6 か年にわたるパラメータ推定値の空間的分布の推移を主成分分析で検討した結果、どの説明変数の場合でも 1985 年までの 2 か年と

1990 年以降の 4 か年の相異なるパターンが抽出された。以上を総合すると、パラメータ値の経年的変化は、1980 年代（第 I 期）および 1990 年代以降（第 II 期）の二つの時期のパターンに区別されてしかるべきである。それにしてもこのようなパターンが 1990 年を境に変化したのはなぜであろうか。この 1990 年前後の数年間という時期はまさに日本全体の国勢の大きな転換期と時間的に重なっており、その意味で上述の問題点は研究の対象としては興味を引くものである。しかし、この点についても今後の研究を待たねばならない。

回帰モデルにおける関数関係の方向と強さを示す GWR のパラメータ値およびクラスタリングの手法を用いて、決定因の地域分化を検討した結果から、1980 年代の第 I 期の状態、1990 年代以降の第 II 期の状態、およびその間の縦断的变化が明らかになるとともに、国家的規模で進展したモータリゼーションにおける空間プロセスの輪郭をつかむことができたように思われる。第 I 期における乗用車保有率の決定因は、(1)回帰モデルに組みこんだ 4 個の説明変数のすべてが重要である標準タイプ、(2)通勤人口と女性社会進出への特化タイプ、および(3)所得と人口粗密への特化タイプ、の 3 種類の結合タイプに地域的に分化していた。しかし、第 II 期になると決定因は、(1)回帰モデルの 4 個の説明変数のすべてが重要な標準タイプ、(2)女性社会進出への特化タイプ、(3)通勤人口への特化タイプ、(4)所得と人口粗密への特化タイプ、と少しばかり変化した。第 II 期における(2)と(3)のタイプは、第 I 期の(2)のタイプの性格が分解して出現したものと考えることが可能である。

第 I 期から第 II 期にかけての縦断的变化では標準タイプが両時期を通じて大部分を占めていた。しかし、その割合は減少し、特化タイプの割合が増加してきた。こうした決定因の推移における全体傾向をとらえるため、第 I 期と第 II 期における都道府県単位の枠組みで求めた結合タイプの同時確率データに対して MDS の手法を適用したところ、全体傾向は次の二つの次元（基本軸）によってとらえられることがわかった。すなわち、第 1 軸は決定因のバラエティーにおける特化傾向と多様化傾向の対照性、第 2 軸は所得と人口粗密以外の第三決定因の分化における通勤人口と女性社会進出の対照性である。この二つの基本軸が交差する 2 次元ユークリッド空間において、都道府県はほぼ三つのグループに分かれていた。これにより、決定因の地域分化は明確な形で示されたことになる。

第 1 軸の次元において特化の様相を示す地域は東西 2 大都市圏の 12 都府県や瀬戸内海をはさんで向かい合う中四国の 5 県、および沖縄・鹿児島・長崎など離島群を抱える数個

の県からなる。これらの諸地域では基本的な所得と人口粗密がベースにあることはいまでもなく、それに加えて第2軸の次元における通勤人口または女性社会進出のどちらかに決定因が分化している。離島群を抱える地域の場合は通勤人口に特化したグループであり、他方の2大都市圏の地域の場合は女性社会進出に特化したグループだということになる。その一方、第1軸の次元において多様化が継続する地域のグループは2大都市圏から遠く離れた地方圏に位置するものがほとんどである。それらは北海道から東北地方をへて中部地方にいたる東日本に最も多く、中国山陰、南四国、九州北部にも少なくない。こうした地方圏では最大の多様化を特徴とする標準タイプが、二つの時期を通じて圧倒的多数を占めている。

決定因の時間的推移における全体傾向と地域的分化の状態については上に述べたとおりである。しかし、この点に関してはなお決定因の結合タイプと地域分化のグループがいかなる地理的条件に対応するかの問題が残されている。今ここでは手持データが不足しており、南西諸島のような離島における公共交通の欠乏とマイカー通勤への依存、東京圏における稠密な市街化空間と高度に発達した公共交通網などの局地的な仮説をいくらか例示したにすぎない。これらは今後に残された検討課題としなければならない。

本研究は乗用車保有率モデリングに関する事例研究の一つであるが、ここで用いたローカル回帰モデルのGWRが日本国内においても乗用車保有率の空間変動因を探究するのにとても有効であることや、一組のクロスセクション分析の結果をもとにすれば、国家的規模からみたモータリゼーションの進展過程ないしはクルマ社会の形成過程の問題に切り込むことが可能であることを実証できたものと考えている。

1990年代に英国の地理学者たちによって考案され実用に供されてきたGWRであるが、これまでは主として探索的データ解析の目的に用いる場合が多かった。しかし、本研究で示したように、事例研究のモデル作成のためにも大変有用な空間分析ツールであるとの確認がはじめて得られたように思われる。

## 5. 主な発表論文等

〔その他〕

《ホームページ》

<http://uuair.lib.utsunomiya-u.ac.jp/dspace/handle/10241/7616> (宇都宮大学学術情報リポジトリ)

《冊子体報告書》

奥井 正俊『平成20～22年度科学研究費補助金基盤研究(C)(一般)研究成果報告書 日本全国における市区町村別乗用車保

有率のローカル回帰モデル推定』(平成23年3月, ii+107頁)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

奥井 正俊(OKUI MASATOSHI)

宇都宮大学・教育学部・教授

研究者番号: 50144548