

# ソーシャルネットワークを考慮した PM普及要因分析

桑野 将司<sup>1</sup>・岡田 吉弘<sup>2</sup>・力石 真<sup>3</sup>・藤原 章正<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 神戸大学大学院助教 工学研究科市民工学専攻 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1)  
E-mail: kuwano@port.kobe-u.ac.jp

<sup>2</sup>学生会員 神戸大学大学院 工学研究科市民工学専攻 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1)  
E-mail: yoshihiro-okada@stu.kobe-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 東京大学JSPS特別研究員 工学系研究科都市工学専攻 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)  
E-mail:chikaraishi@ut.t.u-tokyo.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 広島大学大学院教授 国際協力研究科 (〒739-8529 東広島市鏡山1-5-1)  
E-mail:afujiw@hiroshima-u.ac.jp

本研究では、高齢者の短期的な外出支援施策としてパーソナルモビリティ（以下、PM）に着目し、PMの普及要因を明らかにすることを目的に行った。PMのような消費者になじみが薄い新製品の普及では、製品に関する情報収集の動機や興味、欲望の生成において、友人・知人の行動や評価に対する同調行動が強く影響を及ぼすことが知られている。本研究では、友人・知人の行動が個人の意思決定に及ぼす影響を定量的に分析するために、複雑ネットワーク分析を応用して対象地域内での友人・知人関係を表現するとともに、友人内普及率の影響を考慮した離散選択モデルを構築する。広島県広島市安佐北区で収集したアンケート調査を用いた実証分析の結果、PMの利用意向において、友人や知人への同調行動が存在すること、および同調行動はPMのレンタル価格を5%低下させるのと同等の効果を持つことが明らかとなった。

**Key Words :** "old" newtown, personal mobility, social network, random graph

## 1. はじめに

ニュータウンは、1960年代から都市部への大規模な人口流入によって、都市部での住宅不足が深刻となり、問題解決のため、通勤・通学に適した鉄道網や幹線道路網の沿線に開発、立地された。しかし、近年は若者居住者が減少する一方で、建設時に大量に入居した団塊世代の居住者が定年退職期を迎えたことによって、ニュータウンは、住民の高齢化や施設の老朽化が進むオールド・ニュータウンとなっている。

ニュータウンの多くは、近隣住区論をはじめとする都市・地域計画理論に基づき、小学校区を1つのコミュニティとして捉え、商店やレクリエーション施設が計画的に配置されている。また、その地区内交通は、自動車の通過交通が住区内に入り込み、スピードを出すのを防ぐために意図的に道路を曲げたり、見通しを悪くするような交通静穏化施策に投資がなされ、歩行者や自転車に適した環境が整えられてきた。しかし、住民の多くが高齢者となった現在、そのような道路設計が、自動車を保有していない、あるいは自動車の運転が困難になった住民にとって住みづらい環境となっている。

今後さらに住民の高齢化が進行することによって、居住者自身の運動能力低下による外出機会の低下が予想される。そのような移動制約者の増加は、外出できず他者との関わりが少ない孤立世帯をうみ、地域全体では人的ネットワークの減少と、それによるコミュニティ崩壊が懸念される。人で賑わい、互いに助け合うような快適で魅力あふれる住区にニュータウンを再生するためには、高齢者の外出機会確保が必須である。これまで、高齢者の外出機会支援策として、バスなどの地区内公共交通機関のサービス水準の向上といった移動支援施策や、商業施設や医療施設などの生活関連施設の再配置、まちなか居住への誘導が検討されてきたが<sup>1)</sup>、多大なコストを要するばかりでなく、整備完了までに長期間を要し、実現が難しい。

本研究では、高齢化率が急激に上昇しているオールド・ニュータウンでの高齢者モビリティ確保のために、安価でかつ短期的な施策として、電動機を用いた一人乗りの乗り物である「パーソナルモビリティ（以下、PM）」に着目し、PMの普及要因を明らかにすることを目的とする。

PMのような利用者にとって馴染みの薄い新製品の普及に関しては、友人・知人などの行動による自身の購入誘発、あるいは社会の売れ行きなど、他者の行動に対する同調行動の影響が強いことが指摘されている<sup>2)</sup>。本研究では、他者への同調行動を補足するためのSP調査方法と、離散選択モデルの提案を行う。さらに、複雑ネットワーク分析を応用し、アンケート調査結果や統計データを用いて、調査対象地域の属性に応じたソーシャル・ネットワークを生成し、個人の行動変化が社会全体にどのように影響を及ぼすかを定量的に分析することによって、補助金や利用環境整備など普及促進施策の検討を行う。

## 2. 既往研究の整理と本研究の位置づけ

今後の日本において、人口の大部分を占めることになると高年齢者といかに向き合っていくかについて、既往研究で多く論じられている。それらの既往研究では、判断力や身体能力が低下した高齢者の事故防止策<sup>3) 4)</sup>、施設利便性の向上策<sup>5)</sup>、あるいは他者の介護に頼らない自立した外出支援策<sup>6)</sup>などがあり、新しい道路交通施設や生活関連施設の配置、公共交通機関の配置、およびそれらのサービス水準の見直しなどの対策<sup>7) 8)</sup>が必要であると指摘されている。しかし、少子高齢化が進行している小都市において、多大なコストと時間を必要とする新たな道路交通施設や生活関連施設、公共交通機関整備は実現が難しい。そこで、本研究では高齢者の新しい移動支援施策として、PMの普及に着目する。PMは、最高速度が6km/時と遅いため、自動車に比べて、高齢者が第1当事者になる事故の危険性や重大性は低下する。また、身近な施設までの移動が可能となれば、既存の生活関連施設の有効活用が可能となる。さらには、運転免許が不要で誰でも容易に運転可能であり、家族等の助けがなくても外出が可能となる等がPM普及で期待される。

一方で、社会において個人は、家族・親戚・友人・知人等の関係による人的つながりを構成しており、そのつながりの中で互いに影響を及ぼしあい、意思決定を行っている。土木計画学分野において、個人の意思決定に影響を及ぼす集団的相互作用は、社会的相互作用と局所的相互作用に大別され、それぞれについて分析手法の提案がなされている。前者は準拠集団全体から平均的に受ける影響のことであり、後者は特定個人間での相互作用を意味する。離散選択モデルの枠組みの中で、社会的相互作用に着目した既往研究として、福田ら<sup>9)</sup>は、違法駐輪問題やETC普及を対象としたケース・スタディーを行い、適切なモデル構築やデータ収集を行うことによって、社会的相互作用の計測と、それがマクロな集団現象に及ぼす影響について分析が可能であることを示した。森川ら<sup>10)</sup>は、社会的相互作用のもとでの人間の合理性に着目し

た個人選択理論の構築を試み、他者の効用レベルや社会的規範を考慮した離散型選択モデルの手法を提案し、自動車利用の自粛運動に対する行動意向に適用している。局所的相互作用に着目した研究として、小林ら<sup>11)</sup>は、複数の個人によってトリップが結合生産される送迎・相乗り行動のモデル化を試みている。その際、送迎・相乗り行動が出現する原因として経済的動機、利他的動機、父権的動機に着目し、これら動機により生じる個人間の意思決定における相互作用をモデル化している。

このように、土木計画学分野において、集団的相互作用に着目した研究はなされているが、一方で、マーケティング分野では、買い物などの消費行動を行う際、友人や知人からのクチコミが、新聞記事やテレビ広告の情報よりも重要視されること、さらに消費者にとって馴染みの薄い新製品に対しては、その影響が顕著であることが指摘されている<sup>12)</sup>。高齢者にとってのPMもここで指摘されている馴染みの薄い新製品の1つであると考えられる。前述のように土木計画学分野においては、社会的相互作用や局所的相互作用に関する研究蓄積はあるが、友人や知人の影響を明示的に考慮した分析は行われていない。個人の意思決定における友人や知人の影響を把握するためには、対象コミュニティ内での人的つながり、すなわちソーシャル・ネットワークの構造を把握する必要がある。ここで、ソーシャル・ネットワークとは、個人をノード、つながりの関係をリンクとみなすことで、グラフ理論上のグラフとして表現したものである。本研究では、ソーシャル・ネットワークが持つ数理的特性を指標とし、その指標が現実社会ではどのような構造になっているかをオールド・ニュータウンの住区を事例として調査し、この調査結果に適合するようなネットワークモデルを複雑ネットワーク理論を応用して生成する。そして、友人や知人の行動結果が個人のPM利用意向に及ぼす影響を考慮した離散選択モデルと生成したソーシャル・ネットワークモデルを用いて、PMの普及要因分析を行う。

## 3. データの概要

### (1) 調査対象地域

本研究では、1972年に広島市郊外に造成された高陽ニュータウンを研究の対象地域とする。高陽ニュータウンは7つの地区に分かれており、そのうちの真亀と亀崎という地区にショッピングセンター（フジグラン）や金融機関の集まるエリアがある。人口は、31,877人、65歳以上の人の割合は20.97%、60歳以上の人の割合は30.38%、世帯数は12,097世帯、65歳以上の単独世帯数は1,102世帯である。面積は268haで坂が多く、高低差が激しい地域である。そのため、身体能力の低い高齢者にとって、自動車がないと移動が困難な状況となっている。

## (2) 調査票の設計

PMの利用意向に影響を及ぼす要因としては、家族構成や居住場所などの世帯属性や、普段の活動内容や身体能力などの個人属性が影響していると考えられる。これらを踏まえて、アンケート調査では、世帯属性と個人属性に関する質問項目を設けた。具体的には、世帯属性についての質問内容は、住所、世帯構成員の性別・年齢・運転免許証の有無・駐車場の許容台数・世帯で保有している車両の台数などである。個人属性についての質問内容は、歩行状況・通院回数などの健康状態、旅行や買い物に出かけることができるかなどの社会参加状況、自分の世話をしてくれる人の有無等の社会的つながり、生活関連施設の利用頻度、頻繁に訪れる目的地とその移動手段についての設問を設けた。さらに、回答者のソーシャル・ネットワークを把握するために、高陽ニュータウン内の友人数を設問した。

## (3) SP票の設計

本研究では、SP調査を用いて、PM利用意向を分析する。本研究で使用した、SP調査の属性と水準を表-1に示す。各属性に対して、3水準あるため、 $3^7=2187$ 通りのプロファイルが存在する。本研究では実験計画法の直交表を用いて、18通りのプロファイルの選定を行った。回答者には、18通りのプロファイルからランダムに6つのプロファイルを提示し、PMの利用意向を尋ねた。

## (4) アンケート調査実施と基礎集計分析

本研究では、2011年10月から11月に、広島県広島市の高陽ニュータウンの真亀地区、亀崎地区に住む高齢者を対象にアンケートを実施した。アンケート調査の回収数は335サンプルで、このうち、分析に必要な質問項目にすべて回答した有効サンプルは253サンプルであった。

アンケート回答者の世帯・個人属性を図-1に示す。年齢分布は65歳～74歳の前期高齢者の割合が50%と最も高く、次いで65歳未満が31%と高い。自動車の利用可能性

表-1 水準表

属性	水準1	水準2	水準3
地域全体の優先道路の割合	10%	30%	50%
乗り入れ移動許可場所	買い物施設・銀行・郵便局	銀行・郵便局・病院	病院・買い物施設
駐輪場の新設場所	バス停付近	フジグラン付近	なし
友人内普及率	10%	30%	50%
地域内普及率	20%	40%	60%
PMのレンタル価格	1000円/月	2000円/月	4000円/月
PMの購入価格	20万円	30万円	40万円

に着目すると、74%の回答者が運転免許を保有しており、87%の回答者が世帯で自動車を保有していることが明らかとなった。また、主な移動手段は、自動車が50%と高く、電車が4%、バスが9%と低い。一方、200m以上休憩なしで歩行できるかを尋ねた歩行能力に関する調査結果は、95%の人が歩行可能と回答している。また、通院をしている人は64%で、月に6回以上通っている人は4%であった。以上の結果より、調査対象地域の高年者は、自分一人で外出が可能で、健康な状態にあり、その移動は、自動車交通に強く依存していることが明らかとなった。

世帯構成に着目すると、世帯人数は2人が44%と最も多く、次いで1人が27%と高い。すなわち、夫婦で暮らしている、または一人暮らしをしている高齢者が多いことが明らかとなった。

アンケート回答者の高陽ニュータウン内の友人数分布を図-2に示す。平均友人数は6.73人となった。友人数分布は、友人数が10人と回答したサンプルの割合が最も多かった。また、20人と30人と回答したサンプルも無視できないほど多い。これは「友人は何人ですか」と質問された場合、正確に数え上げるのではなく、きりのいい数字を回答したためと考えられ、回答には丸め誤差が含まれていると考えられる。

## 4. PMの普及要因分析

### (1) PM利用意向モデルの構築

本研究では、選択肢にPMを「利用する」・「利用しない」の2項を設定し、ロジットモデルを用いて、PMの

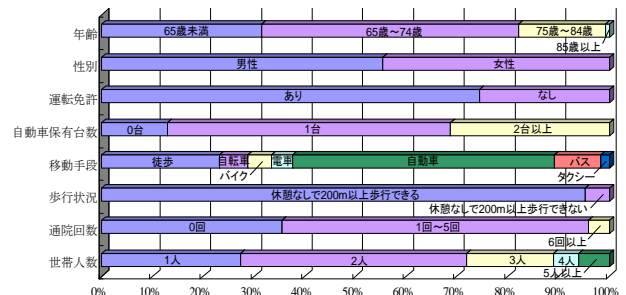


図-1 アンケート回答者の世帯・個人属性

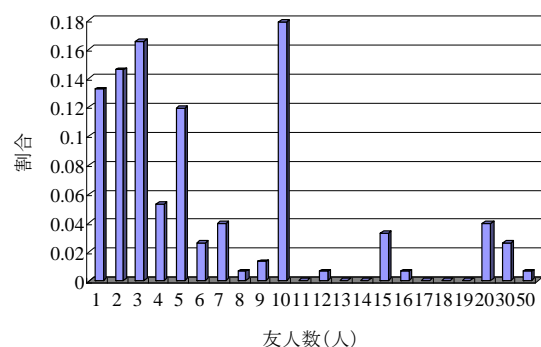


図-2 アンケート回答者の友人数分布

利用意向分析を行う。サンプル*i*が、選択肢*j* (*j*=1: PMを利用する, *j*=2: PMを利用しない)を選択する確率  $P_{ij}$  は、式(1)で表される。

$$P_{ij} = \frac{\exp(V_{ij})}{\exp(V_{i1}) + \exp(V_{i2})} \quad (1)$$

ここで、 $V_{ij}$  は選択肢 *j* を選択したときのサンプル *i* の効用関数の確定項、 $\delta_{ij}$  はサンプル *i* が選択肢 *j* を選択する場合1, そうでない場合0となるダミー変数、*N* はサンプル数である。

本研究では、他者の行動結果に個人の意思決定が部分的に左右される集団的相互作用、すなわち社会的同調効果の影響を考慮する。具体的には、効用関数の確定項に、サンプル *i* の友人内でのPM普及率  $z_i$  と地域内全体でのPM普及率  $s$  を、社会的同調行動の程度を表現する変数として導入する。これら普及率に関する変数は、他者の行動結果によるPMへの期待や使用感、信頼性、評価などの代理変数となる。友人内普及率、および地域内普及率を考慮したPM利用に関する効用関数  $V_{il}$  は式(2)で表される。

$$V_{il} = \sum_k \alpha_k x_{ik} + \sum_k \beta_k y_k + \gamma z_i + \eta s \quad (2)$$

ここで、 $x_{ik}$  はサンプル *i* の *k* 番目の個人属性に関する説明変数、 $y_k$  は *k* 番目のPM性能・利用環境に関する説明変数、 $z_i$  はサンプル *i* の友人内でのPM普及率、 $s$  は地域内全体のPM普及率、 $\alpha_k$ 、 $\beta_k$ 、 $\gamma$ 、 $\eta$  は未知パラメータである。

第3章で示した通り、本研究で取得したサンプルは335サンプルであった。本調査でのSP票を用いたPM利用意向に関する質問は、1サンプルにつき異なる水準を設定した6ケースを尋ねた。本研究ではそれらを独立な1サンプルと見なして取り扱う。

## (2) PM利用意向モデルの推定結果

PM利用意向モデルの推定結果を表-2に示す。説明変数はモデル適合度を示す尤度比が最も高くなるように、試行錯誤し選定した。

表-2のパラメータの符号の含意は、正で有意であれば、PMの利用意向が高まり、負で有意であれば、PMの利用意向が低くなることを表している。モデルの適合度指標である自由度調整済み尤度比は、0.124と比較的低い値となった。これはPM利用意向に影響を及ぼす要因が説明変数に十分含まれていないことを意味している。個人属性や日常的な交通行動に関する説明変数を導入することによって、モデル適合度を向上させることは、今後の重要な課題である。

表-2の個人属性に関する説明変数のパラメータに着目すると、運転免許と車両保有ダミーの合成変数（運転免許を持っており、かつ車両を保有している）が正で有意な値となった。これは現在自動車を運転することが可能な人は、PM利用意向が高いことを表している。また、歩行能力ダミー（休憩なしで200m以上歩くことができない=1）、通院回数に関する説明変数のパラメータは、正で有意な値となった。すなわち、長距離の歩行が困難である、あるいは通院回数が多く身体的問題を有する人は、他者の補助の必要がなく自由な外出を可能にするPMの利用意向が高いことが明らかとなった。サンプルの年齢を表す後期高齢者ダミー、末期高齢者ダミーに関する説明変数のパラメータに着目すると、後者の末期高齢者ダミーのみが負で有意となり、85歳を境にPM利用意向が低下することが明らかとなった。

政策変数に関するパラメータに着目すると、優先道路割合とバス停駐輪場ダミーに関するパラメータが正で有意、レンタル価格に関するパラメータが負で有意となった。これらの推定結果は、期待した通りの符号条件である。すなわち、優先道路や駐輪場などのPM利用状況が整備され、価格が低下するとPMの利用意向が高くなることを示している。一方、病院乗り入れダミーは負で有意となった。これは、病院内では、体の不自由な人は車

表-2 PMの普及要因分析推定結果

パラメータ	推定値	t値	
<b>個人属性に関する説明変数</b>			
運転免許ダミー×車両保有ダミー	0.318	2.576	*
世帯人数(人)	-0.027	-0.606	
歩行能力ダミー	0.064	7.799	**
通院回数(回/月)	0.123	4.299	**
後期高齢者ダミー	-0.165	-1.043	
末期高齢者ダミー	-0.393	-61.063	**
<b>政策変数</b>			
優先道路割合(%)	8.212E-03	28.816	**
買い物施設乗り入れダミー	-0.169	-1.586	
病院内乗り入れダミー	-0.336	-3.183	**
バス停駐輪場ダミー	0.340	2.746	**
レンタル価格(円/月)	-0.001	-13.637	**
<b>社会的同調効果に関する説明変数</b>			
友人内普及率(%)	8.767E-05	2.021	*
地域内普及率(%)	2.300E-03	10.380	**
<b>定数項</b>			
サンプル数		1533	
パラメータ数		14	
初期対数尤度		-1062.595	
最終対数尤度		-931.171	
尤度比		0.124	

\*\* : 1%有意, \* : 5%有意

椅子を使用可能であり、医師や看護婦などの補助者がいるので、病院内にPMを乗り入れる必要性がなく、むしろPMの利用が病院内での混雑などの他者の迷惑につながると考えているためと推測できる。

社会的同調効果に関する説明変数のパラメータに着目すると、友人内普及率、および地域内普及率のパラメータは正で有意な結果になった。これはPM利用者が増加すると、PMの利用意向が高くなることを表しており、本研究の研究仮説である、他者の利用が個人のPMの利用意向に影響を及ぼすという社会的同調効果が存在することを示す結果である。また、推定値に着目すると、地域内普及率の方が、友人内普及率よりも大きな値となった。これは、PMの利用意向に及ぼす影響は、特定の友人から受ける影響よりも、地域内全体で利用している人から受ける影響の方が比較的強いことを表している。

## 5. 複雑ネットワークによるPM普及の分析

### (1) ソーシャル・ネットワークの特徴と分類

現実世界に存在するソーシャル・ネットワークは、多様で、複雑な構造を有しているが、いくつかの基本的な数論的特性を持つと考えられている。一般的には、次数分布のべき乗則で表現される「スケールフリー性」、小さな平均ノード間距離で表現される「スモールワールド性」、大きなクラスタリング係数で表現される「クラスター性」の3つが、基本的な数論的特性として挙げられることが多い<sup>13)</sup>。ソーシャル・ネットワークを分析する1つの手法である複雑ネットワークの既往研究において、これらネットワークの数論的特性を考慮するか否かによって、様々な分析モデルの考案、あるいは3つの数論的特性に関するパラメータ値の設定が考案されているが、どのような分析場面で、どのモデルを適用すればいいか、あるいはどのようなパラメータ値を設定すればいいかを実証的に明らかにした研究は筆者の知る限り存在しない。

### (2) スケールフリー性の検証とモデルの選定

本研究の調査対象地域である高陽ニュータウンの人間関係を複雑ネットワークを用いて表現するためには、調査対象地域のソーシャル・ネットワークが、3つの数論的特性のうち、どの特性を有しているかを把握する必要がある。しかし、スモールワールド性とクラスター性の検証には、複雑な設問と、十分なサンプル数が必要である。本調査では、対象を高齢者に限定していること、および比較的小規模アンケート調査であることから、スモールワールド性とクラスター性の検証は行わないこととした。なお、スモールワールド性およびクラスター性の検証方法については、すでいくつかの調査手法が提案されており<sup>12)</sup>、それらを応用した効率的な調査方法の開発は、今後重要な課題である。

スケールフリー性は、一部の頂点が他の多数の頂点と隣接している一方で、大多数の頂点は少ない数の頂点としか隣接していないという性質である。スケールフリー性は、ある頂点がある次数 $k$ を持つ確率を $p(k)$ とすると、確率分布が式(3)に従うと表現される。

$$p(k) = ak^{-r} \quad (3)$$

ここで、 $a$ は規格化定数、 $r$ はべき指数である。

高陽ニュータウンで収集したアンケート調査の友人数分布を用いて、式(3)のパラメータ推定を行った結果を表-3に示す。自由度調整済み決定係数は0.377と、モデル適合度は非常に低い。また、モデル推定によって得られる友人数分布と、観測された友人数分布に有意な差があるか否かをコルモゴロフ・スミルノフ検定によって検証を行った結果、両者に有意な差が見られた。すなわち、高陽ニュータウンのソーシャル・ネットワークには、スケールフリー性が存在しないことが明らかとなった。

モデルの選定に当たり、スケールフリー性を考慮していない代表的な分析モデルとして、ランダムグラフとWS (Watts-Strogatz) モデルがある。ランダムグラフは、平均ノード間距離が小さい値となるため、スモールワールド性を表現したモデルとなる。しかし、次数分布は二項分布、クラスタリング係数は0に近くなるため、スケールフリー性、およびクラスター性は表現できない。WSモデルはランダムグラフと同様に、平均ノード間距離は小さく、次数分布のべき乗則は満たされないが、パラメータ値を外生的に設定することによって、クラスター性の程度を表現することが可能である。

本研究では、調査では観測できなかったクラスター性に対して、その程度を表現するパラメータ値を恣意的に設定することを避けるため、スケールフリー性とクラスター性を表現しないランダムグラフを用いることとする。

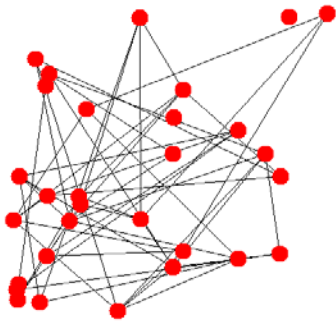
### (3) ランダムグラフによるソーシャル・ネットワークの表現

ランダムグラフとは、所定の数のノードを配置し、すべてのノードとノードとの組み合わせに関して、辺を生成確率 $p$ でランダムに生成させたグラフである。すなわ

表-3 スケールフリー性に関するモデル推定結果

パラメータ	推定値	t値	
規格化定数	0.179	-2.980	**
べき指数	-0.796	-3.177	**
サンプル数		151	
決定係数		0.419	
自由度調整済み決定係数		0.377	

\*\* : 1%有意, \* : 5%有意



ノード (赤丸) : 個人  
リンク : つながり

図-3 ソシオグラムの例

ち、すべての個人がランダムに結びついたネットワークを示すものである。  $N$  個のノードの間には、総リンク数として  $N(N-1)/2$  存在するが、ランダムグラフでは、ノード間にリンクを張るか否かの選択をノード間の結合確率  $p$  によって、それぞれについて独立に決定するアルゴリズムである。ランダムに選んだ  $mN$  対のペアにリンクを張ると、ノードから平均  $2m$  本のリンクが出ることになり、結合次数の分布はPoisson分布に従う。すなわち、結合次数の分布  $p(k)$  は、平均リンク数  $2m$ 、次数  $k$  によって式(4)で表される。

$$p(k) = \frac{\exp(-2m)(2m)^k}{k!} \quad (4)$$

ランダムに選んだノードと直接リンクで繋がっているノードの平均次数  $\hat{k}$  は  $\hat{k} = 2m$  となる。

ソーシャル・ネットワークにおける個人間の繋がりを可視化するために図表化したものをソシオグラムという。ランダムグラフを用いて、 $N = 30$ 、 $p = 0.1$  と設定したときのソシオグラムの例を図-3に示す。

#### (4) PM普及のシミュレーション分析

本節では、PM普及のシミュレーション分析を行う。具体的には、アンケート調査で得られた平均友人数と、サンプル特性、および調査対象地域の人口学的統計データを用いて、ランダムグラフを作成し、対象地域のソーシャル・ネットワークを生成する。さらに、第4章のPM利用意向モデルのパラメータ推定結果を用いて、普及のシミュレーション分析を行う。具体的な手順は以下のとおりである。

- (a) 仮想空間上のノード数、すなわち意思決定者数を、調査対象地域の高齢者数とし、統計データに基づいて  $N = 1,274$  個設定する。
- (b) 一様乱数を発生させ、調査で得られた友人数の分布(図-2)に基づいて、ノード  $i$  の次数  $k_i$  を決定し、結合確率  $p_i$  を算出する。

- (c) ノード  $i$  の結合確率  $p_i$  を所与として、5.(3)の方法にしたがってランダムグラフを作成する。
- (d) (c)で作成したランダムグラフから、ノード  $i$  の次数  $k_i$  (友人数) を算出する。
- (e) アンケート調査の回答結果より、友人数別の世帯・個人属性の分布  $Q_k(x_n)$  を算定する。ここで、 $Q_k(x_n)$  は友人数が  $k$  の世帯・個人属性  $x$  に関するカテゴリー  $n$  の割合である。ただし、 $\sum_n Q_k(x_n) = 1$  である。
- (f) 一様乱数を発生させ、(e)の世帯・個人属性の分布  $Q_k(x_n)$  から、各ノード  $i$  の世帯・個人属性  $x_i$  を決定する。
- (g) 分析シナリオで設定した優先道路割合、買い物施設乗り入れダミー、病院内乗り入れダミー、バス停駐輪場ダミーのPM性能・整備環境に関する説明変数を分析シナリオで設定する。それらの値と(f)で発生させた世帯・個人属性を用いて、各ノードのPM利用確率を算出し、それらを集計することによって、保有割合を算出する。ただし、友人内普及率  $z_i$  と地域内普及率  $s$  は初期値として0を代入しておく。友人内普及率  $z_i$  と地域内普及率  $s$  が0の状態の保有割合を「初期保有割合」と呼ぶ。
- (h) (g)で算出した初期保有割合を用いて、各ノードの友人内普及率  $z_i$ 、および各ノードの地域内普及率  $s$  の値を更新し、再度ノード別のPM利用確率、および保有割合を算出する。これを保有割合が変化しなくなるまで繰り返し計算を行う。保有割合が変化しなくなったとき、すなわち収束したときの保有割合を「最終保有割合」と呼ぶ。
- (i) 解のロバスト性を確保するために、(b)~(h)までの手順を100回繰り返し行い、その平均値と標準偏差を算出する。

シミュレーション分析では、異なるPMの利用環境を設定した3パターン分析シナリオを設定した。図-4にシミュレーション分析の結果を示す。図内の誤差棒は、100回の繰り返し計算の標準偏差を表す。3シナリオにおける標準偏差の最大値は0.0089と、非常に値が小さく、本シミュレーション結果はロバストであるといえる。

図-4の分析結果から、対象地域内の主要道路のうち、50%に優先道路を整備する、またはPMの駐輪場をバス停付近に設置することによって、レンタル価格が2,000円/月のとき、地域内全体での保有割合がそれぞれ、27.5%、26.1%となることが明らかとなった。これはPM利用環境を整備しない場合と比べて、保有割合が約7ポイント上昇したことになる。しかし、レンタル価格が2,000円/月以上になると、その効果が非常に小さくなることわかる。以上の結果は、PM普及には、優先道路整備や駐輪場の設置が有効であるが、それらを個別施策

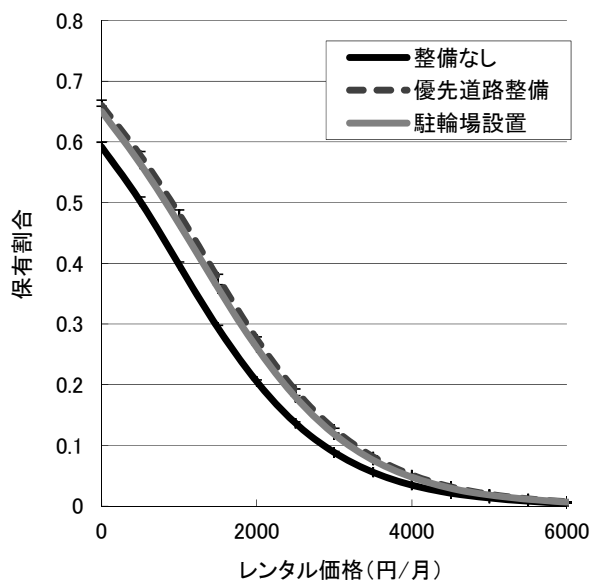


図-4 シミュレーション分析結果

として実施するのではなく、レンタル価格を考慮した複合施策として検討する必要があることを示している。さらに、社会的同調効果によって保有割合が約2ポイント上昇することが明らかとなった。これはPMの利用意向における社会的同調効果は、価格を5%低下させると同等の効果があることを示している。

## 6. 結論

本研究では、マーケティング分野で用いられている新製品の普及に関する概念を援用し、新製品に対する信頼性や他者の評価の代理変数となる友人内でのPM普及率、および地域内でのPM普及率を用いて、それらが個人の意味決定に及ぼす影響を定量的に分析するための調査・分析手法を提案した。

PM利用意向モデルの結果から、PMの利用環境整備として優先道路の設置と、バス停付近の駐輪場の設置がPMの普及に寄与することが明らかとなった。また、友人内普及率と地域内普及率がPMの普及に影響を及ぼすことが確認され、PMの普及において社会的同調効果の存在が明らかとなった。さらに、ランダムグラフを応用することによって、対象地域のソーシャル・ネットワークを再現し、異なるPMの利用環境整備の下でのシミュレーション分析を行った。分析の結果、社会的同調効果の影響は、レンタル価格5%の低下と同等の効果を持っていることが明らかとなった。これは、本研究で提案した分析システムで得られた新たな知見であり、本分析システムの有効性を示すものである。

今後の課題として、PM普及が高齢者モビリティに及ぼす影響を分析するためには、保有意向から保有後の行動変化、保有後の評価といった一連の行動を総合的に分析する必要がある。本研究では、その第1段階として、

保有意向にのみ着目しており、高齢者モビリティの向上にどの程度寄与するかを直接的に分析することはできない。PM利用者の行動変化や評価も考慮したPMの効果計測は、今後の重要な課題である。また、本研究では、PMの利用環境と普及率の独立性を仮定して、PMの普及をシミュレーションした。しかし一般に、普及率が高まれば、一般化ユーザーコストは低下すると考えられる。すなわち、レンタル価格や優先道路などの利用環境と普及率の間には相互依存性が存在する。PMの普及予測の精緻化のためには、これらの関係を明示的に分析システムに取り入れることが必要である。

## 参考文献

- 1) 坂井清志：高齢者の交通行動を踏まえた都市政策の展開 - コンパクトシティ・まちなか居住への誘導について -, IATTS review, Vol.35, No.3, pp.150-160, 2011.
- 2) 桑島由芙：関係性から見る購買行動-ネットワーク分析を用いて-, MMRC Discussion Paper, No.144, 2007.
- 3) 小場瀬令二：歩行者の交通事故と道路・交通環境, 都市計画論文集, Vol.15, pp.397-402, 1980.
- 4) 池田武司, 森望, 古屋秀樹, 民田博子, 上野一弘, 管藤学, 舟川功, 山中彰, 市橋政浩：高齢者ドライバーが第1当事者である事故の道路交通環境要因と対策に関する事例的分析, 土木計画学研究講演集, Vol.30, CD-ROM, 2004.
- 5) 本田昭四：高齢社会に対応した住宅・地区整備計画の課題と方法, 都市計画論文集, Vol.22, pp.541-546, 1987.
- 6) 樋口秀, 中出文平：健常老人の日常行動と福祉施設整備に関する研究, 都市計画論文集, Vol.26, pp.673-678, 1991.
- 7) 小倉俊臣, 野田宏治, 松本幸正, 栗本讓：視覚障害者歩行案内システムの高齢者への適用に関する研究, 都市計画論文集, Vol.37, pp.223-228, 2002.
- 8) 新田保次, 都君燮, 森康男：サービスレベルに応じた高齢者対応型バスへの転換需要予測に関する研究, 都市計画論文集, Vol.33, pp.211-216, 1998.
- 9) 福田大輔：社会的相互作用が交通行動に及ぼす影響のマイクロ計量分析, 交通と統計, No.26, 2006.
- 10) 森川高行, 田中小百合, 荻野成康：社会的相互作用を取り入れた個人選択モデル-自動車利用自粛行動への適用-, 土木学会論文集, No.569, pp.53-63, 1997.
- 11) 小林潔司, 福山敬, 松島格也：フェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーション過程に関する理論的研究, 土木学会論文集, No.590, pp.11-22, 1998.

- 12) 濱岡豊, 里村卓也 : 消費者間の相互作用についての基礎研究, 慶応義塾大学出版会株式会社, 2009.
- 13) Matthew O. Jackson: Social and Economic Networks, Princeton University Press, 2008.

## ANALYSIS OF PROMOTING FACTOR OF PERSONAL MOBILITY CONSIDERING SOCIAL NETWORK

Masashi KUWANO, Yoshihiro OKADA, Makoto CHIKARAISHI,  
and Akimasa FUJIWARA

This study focuses on a case of “Old” Newtown in Japan. A substantial number of Newtowns have been built from 1950s to 1980s around suburban areas in Japan, and since people who live in such Newtown tend to belong to a specific age group, rapid aging population will certainly come in “Old” Newtown. In order to support mobility of aged people in “Old” Newtown, this study investigates the promoting factor of Personal Mobility (PM). On the other hand, it is well recognized that individual choice behavior is usually influenced by existence, opinions, and behaviors of other people. The focus on theories of individual decision-making may partially be due to the lack of behaviorally oriented modeling methodologies for social conformity. Therefore, this study attempts to identify the structures of social network in the study area, and explore which is the most influential factor for promoting PM considering the social conformity. As a typical “Old” Newtown in Japan, Koyo Newtown, which is located in suburban area of Hiroshima city, is focused on in this study. Estimation results of suggested modeling system confirmed that social conformity is significantly influence on the PM choice behavior as well as rental price and use environmental management of PM.