

活動時間配分モデルを用いた高齢者交通施策の効果分析

飯田 直輝¹・佐藤 仁美²・森川 高行³

¹学生会員 名古屋大学大学院 工学研究科 (〒464-8603名古屋市千種区不老町C1-3 (651))

E-mail: iida.naoki@e.mbox.nagoya-u.ac.jp

²正会員 名古屋大学未来社会創造機構 (〒464-8603名古屋市千種区不老町C1-3 (651))

E-mail: sato@trans.civil.nagoya-u.ac.jp

³正会員 名古屋大学未来社会創造機構 (〒464-8603名古屋市千種区不老町C1-3 (651))

E-mail: morikawa@nagoya-u.jp

高齢者は自動車や公共交通手段の利用について肉体的な制約が増していく中で、高齢者にとって移動しやすい環境づくりが求められる。また、精神面においても高齢者が外出行動を行い社会と交流する場を増やしていくことが必要である。一方、近年では、自動運転車の開発が本格化しており、その普及がはじまりつつある。本研究では、人口や交通インフラの整備状況等により地域を分類し、自動運転の普及が、高齢者の交通行動に及ぼす影響について活動時間配分モデルを用いて分析を行った。その結果、自由に自動車を利用できるようになると、高齢者が外で自由に行う活動に割り当てる時間を増加させることを定量的に示した。

Key Words : *time allocation model, aging society, traffic policy analysis, chukyoutoshiken, free time out of home*

1. 序論

近年の日本の高齢化については著しく、総人口に対する65歳以上の人口の割合が21%を超える超高齢社会を迎えている。高齢化がいち早く進んでいる中山間地における高齢者の移動手段は公共交通が不便であることが多いため、自動車に頼らざるを得ない状況である。高齢者の自動車の運転免許保有率は年々上昇傾向にあるが、高齢化に伴い運転に対する不安から、運転免許の返納制度を利用するなど、高齢者の移動手段としては現行の自動車では限界がある。自動車を運転できない高齢者は家族に送迎などをしてもらい場合も多いが、送迎に関する意思決定権の低さや、少子高齢化に伴い家族の負担などを考えると、外出を制限している高齢者が多いと考えられる。

高齢者の移動をサポートする手法として、公共交通施設のバリアフリー化や公共交通の運行本数の増加などさまざまな方法が考えられるが、近年では運転支援システムの開発や自動運転車が大きく注目を浴びており、安全性が格段に上昇した道路交通社会が実現できると期待されている。高齢者にとって、運転寿命の延伸が期待でき

ることから得られる効果は大きいであろう。

このような背景から、本研究では、運転支援自動運転等の普及が、高齢者の外出行動に及ぼす効果について明らかにすることを目的とする。

2. 高齢者の活動や分析手法に関する既往研究

高齢者の交通行動に関する研究は、1980年代から行われており¹⁾、山村における活動をつぶさに観察する研究^{例えば2), 3)}や、高齢者のアクセシビリティを向上する交通施策の評価⁴⁾等がある。これまでの研究では、高齢化がいち早く進み、公共交通インフラも少なく自動車に頼ることが多い、山村に焦点を当てた研究が多い。一方、山村以外の地域では、生活に必要な病院や買い物等が比較的近いところにあることから、あまり問題視されてこなかった。しかし、都市部においても、郊外化の影響で車がなくては生活が難しい地域は存在しており、それらの地域の高齢者の交通状況を把握し、必要な対策を検討することは重要である。

高齢者の生活満足度と交通に関して、高齢者の余暇活動に関する橋本ら (2015) ⁵⁾ の研究によると、自動車を持っていない人は活動が消極的であり、余暇活動に移動を行わないほど活動に対する満足度が低く、宅外での交流が幸福感を高めることが明らかとなった。また、高齢者の寝たきりに対する予防対策に関して研究した古達ら (2007) ⁷⁾ は、外出頻度が生活機能やQOL、精神的健康状態にまで影響を与えることを明らかにした。これらの研究により、高齢者にとって外出を伴う自由時間は大きな意味をもっていることがわかる。以上のことを踏まえ、本研究では高齢者の交通改善の指標として外出自由時間を用いる。

時間配分モデルはこれまで多くの研究で用いられており、活動に使われた時間と所得を効制約条件として効用関数として定義し、効用最大化を行ったBecker⁸⁾が源流となる。これをもとに北村 (1984) ⁹⁾ は宅外時間が0の場合には交通行動が行われないという自明な関係に注目し、効用最大仮説を用いて宅内活動と宅外活動の2種類に対する時間を配分するモデルを構築し、交通需要解析における基礎的な指標と位置づけた。また、藤井ら (1997) ¹⁰⁾ は、活動は他の活動と独立ではなく活動の目的を考慮するべきという立場 (Activity Based Approach) から自由時間制約と所得制約が活動を支配するとし効用最大化を行い、モデルを構築し、交通施策の効果をシナリオ分析した。福田ら (2003) ¹¹⁾ は交通施策がもたらす時間短縮便益に着目し、移動時間の短縮が自由時間の増加をもたらす、その時間を自分が望む余暇活動に割り当てると仮定し、移動価値と各活動の価値を時間と所得制約のもとに効用最大化を行い、モデルを構築し、活動時間価値の定式化を行った。張ら (2002) ¹²⁾ は世帯内において個人の意思決定は独立ではなく、世帯の構成員間の意思決定の交渉の結果とする集団意思決定理論に基づき、世帯構成員間の相互作用を考慮した世帯効用関数を定義し、世帯の効用を最大化する時間配分モデルの構築を試みた。

3. 対象地域の分類

前章で述べた通り、従来の研究において、高齢者を対象にした研究は少なくないが、その多くは高齢化がいち早く進んだ山村などの過疎地であり、都市域や郊外域の高齢者も対象とした研究は少ない。本研究では、都市域から山間地を対象とするため、まず、地域の類型化を行う。

(1) 地域類型化

高齢化がいち早く進んだ過疎地域とこれから高齢化が

急速に進む都市域とを比較するために、第5回中京都市圏パーソントリップ (PT) 調査の対象圏域に対して地域類型化を行う。類型化の手法については同じくPT調査を用いて地域類型化を行った有吉 (2013) ¹³⁾ の手法を参考にする。

中京都市圏PT調査で定められた基本ゾーンにおいて、地域の情報をより良く表す変数として以下のものを平成22年国勢調査、国土数値情報および中京都市圏PT調査から用意した。

人口密度、DID人口比、DID面積比、人口増加率、高齢化率、第1次産業就業者比率、第2次産業就業者比率、第3次産業就業者比率、昼夜間人口比率、道路密度 (km/km²)、駅密度 (駅/km²)、自家用車保有率 (台/人)、通勤通学時自家用車利用率

これらのデータを用いてクラスター分析を行い、対象圏域を都市域 (N=179)、近郊域 (N=219)、農村域 (N=111) の3つに分類した。

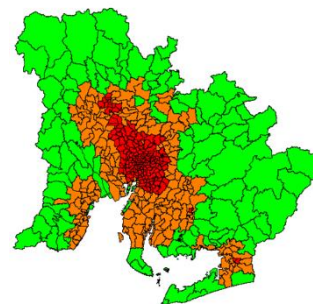


図-1 地域類型化図

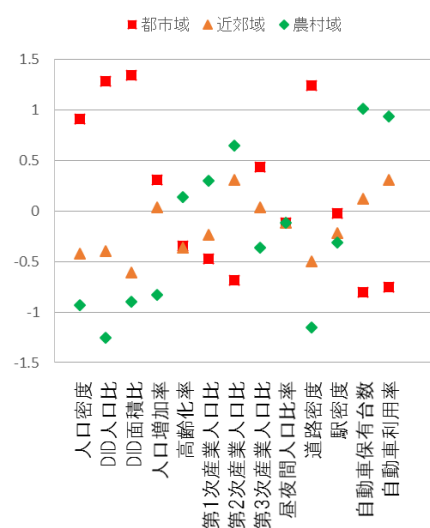


図-2 地域特性変数分布

図-2は地域ごとの変数の中央値である。この図より以下のことがわかる。

- ・都市域は人口が集中し道路・公共交通ともに整備されているが、自動車の利用率は高くない。第3次産業

に就業している人口の割合が高い。

- ・近郊域はすべての値が都市域と農村域の間を取っており、都市と農村の中間的な性質を示す。
- ・農村域は過疎化が進んでおり道路・公共交通ともに整備されている度合いは小さいが、交通手段は車に依存している。第1次産業・第2次産業に就業している割合が高い。

(2) データの基礎集計

前節の地域分類に基づき、第5回中京都市圏PT調査(平日)の基礎集計を示し、各地域の交通行動の特性について把握する。

図-3は男女の免許保有率を示している。高齢者の運転免許保有率は低いことがわかる。また、女性の運転免許保有率は年齢と共に少なくなるが、これは近年車の重要度が増し運転免許を取得する人が増えたためであると考えられる。都市域と農村域を比較すると、都市域のほうが運転免許保有率が低い。これは都市域では公共交通の整備度が高く、農村域のほうが車の重要度が高いことを示している。

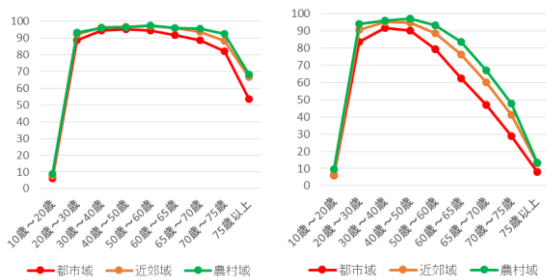


図-3 運転免許保有率 (左 男性, 右 女性)

図-4は年齢別の外出率である。男性、女性ともに60歳以上で外出率は低下しており、75歳以上でさらに少なくなっている。これは出勤のための外出がなくなったことや高齢化にともない身体的負担が増すことから外出が減少していることを示していると考えられる。

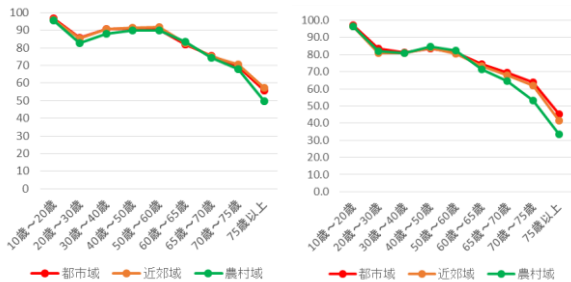


図-4 外出率 (左 男性, 右 女性)

図-5, 6は代表交通手段の分担率を示している。これ

らの図から、どの地域においても自動車の占める割合が大きいことがわかる。鉄道に関してみると、農村域では鉄道の占める割合がかなり低く、特に高齢者は移動手段として鉄道を選択していないことが分かる。これは農村では公共交通の整備度が低く、駅までのアクセス距離が長いなど、鉄道は身体的負担が大きいためと考えられる。また、都市域では二輪、徒歩の占める割合が他よりも大きいことから、都市域では近距離のトリップが多いと考えられる。

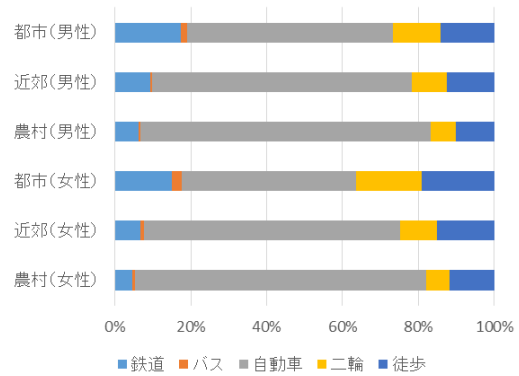


図-5 代表交通手段 (全体)

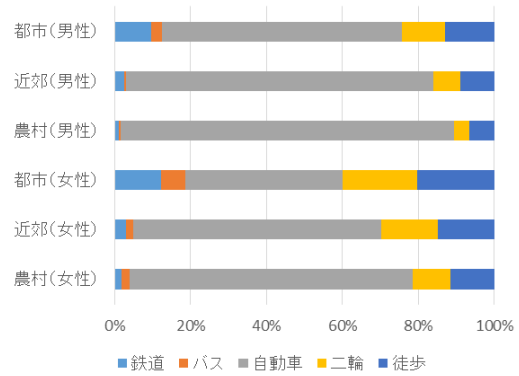


図-6 代表交通手段 (高齢者のみ)

以下の図-7, 8より高齢者の1日の時間配分は在宅時間であることがわかる。高齢者の外出の自由時間は男性・女性ともに都市域のほうが農村域のよりも多いことがわかる。農村域では比較的外出率が低く、家にこもりがちであることがわかる。

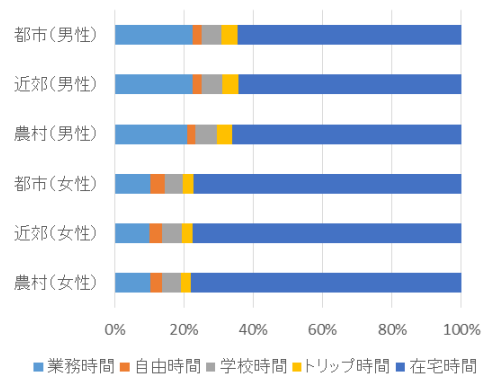


図-7 時間配分 (全体)

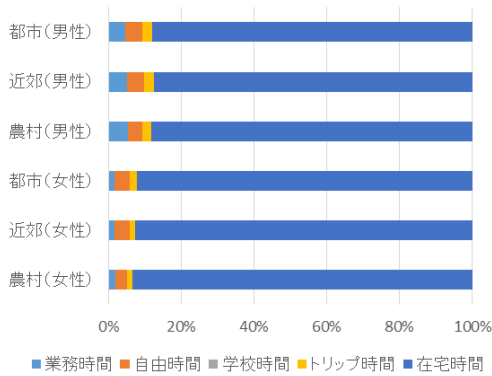


図-8 時間配分 (高齢者のみ)

4. 高齢者の活動時間配分モデル

(1) 分析の対象

本研究では、第5回中京都市圏パーソントリップ調査データを用い、65歳以上の高齢者が行う外出の自由時間を分析対象とする。1日の活動は、業務(学校)時間、外出自由時間、在宅時間の3種類に分類する。また、本研究では高齢者の有職率はそれほど高くはないことから平日と休日の差は少ないと考え、平日のみのデータを用いて分析を行う。

(2) モデルの概要

個人は一定の時間制約の下で各活動に対して、どこでその活動を行い、どの移動手段を使って移動し、どのくらい時間を費やすのかを意思決定している。各活動とそれによって得られる個人の効用は既知であり、この意思決定は個人の効用を最大化するように合理的に行われていると仮定し、効用最大化理論によりモデルの導出を行う。所得データは得られていないため、時間制約のみを考慮した時間配分モデルである張ら(2013)⁸⁾のモデルをもとにモデルを導出した。

個人の効用Uを各活動iの効用 u_i に対して重み付けをしたものの和と各活動の効用の相互作用との和で表されるとし、以下のように個人の効用Uを定式化する。

$$U = \sum_i r_i u_i + \sum_i \sum_{i' > i} r_{ii'} u_i u_{i'} \quad (1)$$

r_i は活動iに対する重みパラメータ、 $r_{ii'}$ は活動i、 i' 間の相互作用パラメータである。本研究では活動iを自宅内活動(home:h)、業務活動(work:w)、自由活動(free:f)に分類した。

以下に時間制約の条件式を示す。

$$t_h + t_w + t_f = T \quad (2)$$

ここで t_h 、 t_w 、 t_f はそれぞれ自宅内活動、業務活動、自由活動の活動時間、Tは配分可能な総時間を示す。

また、移動時間が既知であるとし、すべての効用関数が非負である、活動時間の増加によって活動の効用が逓減性する、と仮定し各活動の効用関数を以下のように定式化する。

$$u_h = \exp(\beta_h x_h + \varepsilon_h) \ln(t_h) \quad (3)$$

$$u_w = \exp\left(\frac{\beta_w x_w + \varepsilon_w}{tt_w}\right) \ln(t_w) \quad (4)$$

$$u_f = \exp\left(\frac{\beta_f x_f + \varepsilon_f}{tt_f}\right) \ln(t_f) \quad (5)$$

ここで x は個人の各活動に対する説明変数行列、 β は各活動に対するパラメータベクトル、 tt は各活動に対する移動時間、 ε は各活動における誤差項である。

時間制約条件下で最適化問題を解くために、以下のようにラグランジュ関数を定義する。

$$L = \sum_i r_i u_i + \sum_i \sum_{i' > i} r_{ii'} u_i u_{i'} + \lambda(T - t_h - t_w - t_f) \quad (6)$$

しかし、パラメータの大小や正負によっては最適解を求めることが難しいため、 $r=1$ と仮定し、式(6)を以下のように簡略化する。

$$L = \sum_i u_i + \sum_i \sum_{i' > i} u_i u_{i'} + \lambda(T - t_h - t_w - t_f) \quad (6')$$

すると、最適解が満たすべき条件式として t_h 、 t_w 、 t_f で一回偏微分し、連立方程式を立て同時推定を行うために以下のように式変形を行った。

$$\ln\left(\frac{\hat{t}_w}{\hat{t}_h}\right) = \frac{\beta_w x_w}{tt_w} - (\beta_h x_h) + \ln(1 + u_h + u_f) - \ln(1 + u_w + u_f) + \eta_w \quad (7)$$

$$\ln\left(\frac{\hat{t}_f}{\hat{t}_h}\right) = \frac{\beta_f x_f}{tt_f} - (\beta_h x_h) + \ln(1 + u_h + u_w) - \ln(1 + u_w + u_f) + \eta_f \quad (8)$$

ここで η_w 、 η_f は式の書き換えにより生じた新たな誤差項であり、この2つの誤差項に対して2変量正規分布を仮定して最尤推定法によりパラメータを推定した。

5. モデルの推定結果および交通施策分析

(1) 使用データの概要

モデルの推定のために第5回中京都市圏PT調査(平日)から高齢者のみのデータを用いた。なお活動時間については、移動目的iトリップの到着時間から次のトリップの出発時間までをその活動iの活動時間として求めた。また、3章で行った地域類型化に基づき都市域(19077サンプル)、近郊域(24317サンプル)、農村域(8185サンプル)ごとにデータを抽出し、地域ごとに活動時間配

分モデルを作成した。

(2) モデルの推定結果

表-11, 12, 13に都市域, 近郊域, 農村域での活動時間配分モデルの推定結果を示す。

表-11 都市域の活動時間配分モデル

説明変数	推定値	t 値
在宅活動のパラメータ		
定数項	-0.097	-1.82
男性ダミー	0.347*	7.72
無職ダミー	-0.808*	-16.67
単身者ダミー	-0.066	-1.12
70歳以上 75歳未満ダミー	-0.190*	-3.21
75歳以上ダミー	-0.410*	-7.63
業務活動のパラメータ		
定数項	-8.895*	-335.68
男性ダミー	0.106*	4.54
無職ダミー	-0.284*	-12.64
自動車運転免許保有ダミー	0.220*	12.21
単身者ダミー	-0.056	-1.86
自動車保有台数	-0.059*	-7.13
自転車保有台数	0.031*	5.30
70歳以上 75歳未満ダミー	-0.070*	-2.43
75歳以上ダミー	-0.251*	-9.48
送迎可能ダミー	0.932*	31.66
自由活動のパラメータ		
定数項	-8.999*	-168.76
男性ダミー	0.356*	8.31
無職ダミー	-0.627*	-15.85
自動車運転免許保有ダミー	0.048	1.03
単身者ダミー	0.061	1.15
自動車保有台数	0.034	1.71
自転車保有台数	-0.001	-0.09
70歳以上 75歳未満ダミー	-0.214*	-4.14
75歳以上ダミー	-0.323*	-6.70
送迎可能ダミー	0.768*	4.80

注 * : 95%の有意水準

自由活動のパラメータにおいて, 男性ダミーが統計的に有意となり, その値がプラスに他の活動よりも大きい。これは男性のほうが女性よりも自由活動の効用が大きいことを示している。

表-12 近郊域の活動時間配分モデル

説明変数	推定値	t 値
在宅活動のパラメータ		
定数項	0.023	0.48
男性ダミー	0.238*	5.48
無職ダミー	-0.713*	-14.76
単身者ダミー	-0.237*	-3.35
70歳以上 75歳未満ダミー	0.080	1.44
75歳以上ダミー	-0.214*	-4.26
業務活動のパラメータ		
定数項	-9.017*	-392.24
男性ダミー	0.089*	4.41
無職ダミー	-0.172*	-8.85
自動車運転免許保有ダミー	0.272*	17.11
単身者ダミー	-0.092*	-2.77
自動車保有台数	-0.038*	-6.64
自転車保有台数	0.015*	2.84
70歳以上 75歳未満ダミー	-0.002	-0.09
75歳以上ダミー	-0.164*	-7.23
送迎可能ダミー	1.088*	46.27
自由活動のパラメータ		
定数項	-9.017*	-195.09
男性ダミー	0.311*	8.61
無職ダミー	-0.616*	-18.14
自動車運転免許保有ダミー	0.055	1.44
単身者ダミー	0.040	0.72
自動車保有台数	0.036*	2.82
自転車保有台数	-0.003	-0.25
70歳以上 75歳未満ダミー	-0.126*	-2.97
75歳以上ダミー	-0.204*	-5.02
送迎可能ダミー	0.606*	5.08

注 * : 95%の有意水準

業務活動と自由活動における定数項パラメータが他のパラメータの絶対値と比べかなり大きく, かつその値がマイナスである。これは, 高齢者は在宅時間が長いためであり, 分析に用いたデータには, 外出していない高齢者のデータが多いことから, 在宅時間の影響が大きい推定結果となっている可能性が高い。そのため, 精緻なモデルとするためには, 新たなパラメータの導入やモデルの改善が必要であると考えられる。送迎可能ダミーは, その

表-13 農村域の活動時間配分モデル

説明変数	推定値	t 値
在宅活動のパラメータ		
定数項	0.026	0.25
男性ダミー	0.235*	2.97
無職ダミー	-0.723*	-8.01
単身者ダミー	-0.161	-1.23
70歳以上 75歳未満ダミー	0.160	1.53
75歳以上ダミー	-0.200*	-2.16
業務活動のパラメータ		
定数項	-9.003*	-205.55
男性ダミー	0.081*	2.23
無職ダミー	-0.142*	-4.09
自動車運転免許保有ダミー	0.284*	9.99
単身者ダミー	-0.113	-1.88
自動車保有台数	-0.048*	-4.60
自転車保有台数	0.017	1.85
70歳以上 75歳未満ダミー	0.012	0.27
75歳以上ダミー	-0.185*	-4.51
送迎可能ダミー	1.064*	25.95
自由活動のパラメータ		
定数項	-9.036*	-110.12
男性ダミー	0.296*	4.64
無職ダミー	-0.610*	-10.27
自動車運転免許保有ダミー	0.059	0.86
単身者ダミー	0.088	0.87
自動車保有台数	0.045*	1.99
自転車保有台数	-0.010	-0.48
70歳以上 75歳未満ダミー	-0.098	-1.30
75歳以上ダミー	-0.196*	-2.74
送迎可能ダミー	0.785*	3.95

注 * : 95%の有意水準

目的の移動において家族に送迎をしてもらったことがある場合に1となる説明変数である。このパラメータは有意に正で推定されており、送迎が可能な家族構成をしている場合には、業務活動も自由活動も長くなるといえる。これは、送迎により外出機会が増え、外出時間が長くなるためか、もしくは、送迎をする側の都合に合わせる必要があるため希望滞在時間以上に滞在する必要があるためとも考えられる。

(4) シミュレーションによる交通施策の効果分析

推定したパラメータを用い、推定式である式(10)、(11)と制約条件である式(2)とを連立することで活動時間についての推定値を算出することができる。この推定値から「自動車の運転支援システムの発達により自動車運転免許を保有していない人でも車を運転できるようになった」と仮定してシミュレーション分析を行った。つまり、自動車運転免許保有ダミーが0である人を1に変更してが外出自由時間の時間を算出した。その結果、外出自由時間が増加する（平均して都市域で0.13分、近郊域0.34分、農村域で0.14分）という結果が得られた。増加時間は微小ではあるが、高齢者にとって自動車の運転に対する不安を取り除くことは重要なことであると考えられる。

「ライドシェア等により近隣住民に送迎してもらうことが可能となった」場合、つまり、送迎可能ダミーが0である人のデータを1として、自由活動の時間を算出した。結果として外出自由時間が増加する（平均して都市域で2.3分、近郊域2.7分、農村域で2.4分）という結果が得られた。このことからライドシェア等の施策は高齢者の交通課題を解決する一つの手段であるといえる。

6. 結論

(1) 得られた知見

本研究では、いち早く高齢化が進んだ地域（過疎域）とこれから高齢化が進むであろう地域（都市域）を区別するために地域の類型化を行い、その類型化に基づき中京都市圏PT調査の基礎集計を行い、中京都市圏における現況を把握し、地域ごとに異なる活動時間配分モデルを用いて高齢者の外出時間の増加から交通施策の分析を行った。以下に本研究で得られた知見をまとめる。

都市域では人口が集中し公共交通が整備されているので車の重要性が比較的低く、農村域では高齢化、過疎化が進み、公共交通の整備度が低いので車の重要性が高い。また、近郊域においては都市域と農村域の中間的性質を示す。

高齢者の1日の時間配分においては在宅時間がかなり長く、外出自由時間を都市域と農村域で比較すると都市域の高齢者ほど外出自由時間が長い。、高齢者の男性は高齢者の女性よりも活発に活動しており、外出の自由時間も長いなどの特徴があることが分かった。

自動車の運転支援システムなどの次世代自動車の開発技術が高齢者の外出自由時間を増加させることが可能であると考えられる。

(2) 今後の課題

高齢者の活動時間配分モデルの提案にあたっては高齢

者の各活動をよりよく表すパラメータについて検討が必要であり、またモデルの中に高齢者の外出率の低さを組み込む必要があると思われる。

業務活動時間については無職ダミーという説明変数によって評価を試みたが、無職ダミーがすべてにおいて有意となり、業務活動時間の配分という観点から有職者・無職者について分類を行うべきであったと考えられる。

ラグランジュの未定乗数法によって効用の最大化を試みたが、効用が最大となる点が配分可能な総時間内に含まれるかどうかについても考慮すべきであると考えられる。

謝辞

本研究は、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）の研究開発事業「センター・オブ・イノベーション（COI）プログラム」の支援によって行われた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 清水浩志郎，本木正直：高齢者の交通行動に関する調査・分析，都市計画別冊(18)，pp.421-426，1983.
- 2) 大杉昇：山村における高齢者の生活行動とその空間的パターン：広島県戸河内町の事例，地理科学，42(2)，pp.82-95，1987.
- 3) 吉本照子，川田智恵子：交通の不便な地域に居住する高齢者の外出実態と交通環境に対する意識，日本老年医学会雑誌，vol.33,No.6,pp430-439，1996.
- 4) 南愛，松村暢彦，天野圭子：鉄道シニアパスが郊外住宅地の高齢者の外出行動に与える影響，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol. 69，No.5,pp.1_839-1-846，2013.
- 5) 橋本成仁，厚海尚哉：移動のしやすさと高齢者の主観的幸福感の関係に関する研究，都市計画論文集，Vol.50, No.2, pp.162-169，2015.
- 6) 橋本成仁，厚海尚哉：高齢者の余暇活動と主観的幸福感に関する研究，土木学会論文集，Vol.71，No.5，pp.567-576，2015.
- 7) 古達彩子・武政誠一：神戸市帰宅における地域高齢者の外出頻度とその要因，神大保健紀要，第 23 巻，pp.162-169，2007.
- 8) Becker, G. S.: A Theory of the Allocation of Time, The Economic Journal, Vol. 75, No. 299, pp.493-517, 1965.
- 9) Kitamura, R. : Tromp, Res:B Vol. ISB, No. 3, pp. 255-266, 1984.
- 10) 藤井聡・北村隆一・熊田善亮：交通需要解析のための所得制約・自由時間制約下での消費行動のモデル化，土木学会論文集，No.625，pp.567-576, 1997.
- 11) 福田大輔・吉野広郷・屋井鉄雄・イルワンプラセティヨ：休日のアクティビティに着目した活動時間価値の推定方法に関する研究，土木学会論文集，No. 737，pp. 211-221, 2003.
- 12) 張峻屹・A.Borgers・H.Timmermans：集団効用関数に基づく世帯時間配分モデルの開発及び実証的分析，土木計画学研究論文集，Vol.19，No.3，pp. 391-398, 2002.
- 13) 有吉 亮：都市圏パーソントリップ調査データを用いた世帯内送迎行動の分析，都市計画論文集 Vol.48，No.3，pp. 165-170, 2013.

(2016.?.?受付)

Analysis on Traffic Policies for the Elderly with Activity Time Allocation Model

Naoki IIDA, Hitomi Sato and Morikawa

This paper proposes a new style format in writing Bachelor's and Master's theses. First page provides the abstracts both in Japanese and English as well as the titles and names of the author. This may be distributed to all professors so that they can understand briefly what the author has done through his research project. Other minor revisions have been proposed such as style of references and number of letters in each page. We believe that the proposed style of thesis improves readability of thesis.