送迎の有無が送迎提供可能者の外出行動に及ぼす影響の分析*

Influences of pick-up travel on its server's out-of home activities*

前山圭司**・桑野将司***・塚井誠人****・藤原章正*****・張峻屹******
By Keiji MAEYAMA**・Masashi KUWANO***・Makoto TSUKAI****
Akimasa FUJIWARA*****・Zhang JUNYI******

１．はじめに

中山間地域では，居住地や医療施設・商業施設などの生活関連施設が生活圏内に分散して立地し，日常生活において住民は自動車交通を利用せざるを得ない．一方で免許を持たない住民や，身体的な問題から自動車を運転できない高齢者等の移動制約者の外出は，世帯内の非高齢者や，“元気な高齢者”などによる自主的な送迎により支えられている．今後も利便性の高い生活関連施設や公共交通システムの整備が困難であり，また少子高齢化が一層進行することを踏まえると，送迎提供者への負担はさらに増加すると考えられる．中山間地域住民の外出行動に関する研究はこれまでに数多く行われているが，その大半は移動制約者に着目した研究[1)2)]であり，送迎提供者の外出行動に着目した研究の蓄積は少ない．

本研究では，中山間地域を対象に，送迎行動が送迎提供可能者の外出行動に与える影響を明らかにすることを目的とする．なお本研究では，世帯内に移動制約者が存在していて，かつ非常勤で比較的自由な時間が多く，自動車の運転が可能な構成員を送迎提供可能者と定義し，送迎提供可能者の非送迎時を含む外出移動全般を分析対象とする．

２．分析対象地域の特性

（1）研究対象地域の概要

対象地域は，島根県雲南市掛合町の掛合，入間，松笠の3地区である．調査対象地域の高齢化率は約34%と高く，全国平均の21%を大きく上回り少子高齢化が進んでいる．

対象地域の路線バスは運行頻度が極めて低く，また自宅からバス停までの間には高低差がある地点が多く，距離も離れている．したがって，公共交通の利便性は極めて低く，移動制約者の移動ニーズを満たすには，世帯内送迎に強く依存せざるを得ない．

（2）アクティビティダイアリー調査の概要

本調査は個人票，世帯票から構成されている．個人票は1週間全ての活動について，活動開始時刻，活動終了時刻，活動場所，目的，移動手段等について回答を求めたアクティビティダイアリー調査である．世帯票は年齢，性別などの個人属性や住所，自動車保有状況などについて質問している．調査票は世帯に配布し，回収は郵送方式をとった．99世帯に調査票を配布し，67世帯188名からの回答を得た．

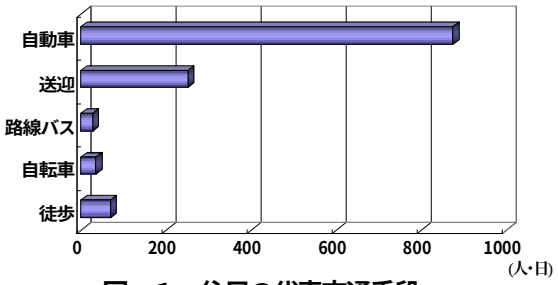
（3）集計分析による対象地域の外出行動実態把握

図-1に示す住民の代表交通手段より，回答者の外出手段の90%以上が送迎を含む自動車利用であり，当該地域の自動車依存率が高いことがわかる．図-2に高齢者・非高齢者別，免許の保有状況別の主に利用する交通手段を示す．これより，免許非保有者の約60%，高齢者の約40%が外出手段を世帯構成員による自主的な送迎に依存していることがわかった．

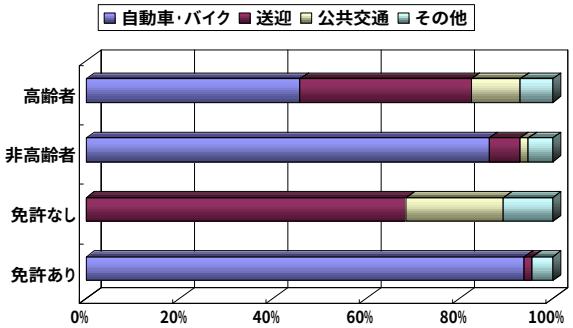
図-3に高齢者・非高齢者別，職業の有無別の外出時トリップ回数と，そのうち送迎トリップが占める割合を示す．職業の有無に関わらず高齢者の平均トリップ回数は約2.14回と，都市圏の高齢者平均トリップ回数の約1.82回と同水準となっている．一方，20歳以上65歳未満の非常勤者の平均トリップ回数は約2.16回と，都市圏での非高齢者平均トリップ回数約2.81回よりもかなり低い．また非高齢非常勤者の活動のうち，約21%が送迎行動である．すなわち非高齢非常勤者は，送迎行動が負担となるため，自分自身の活動ニーズを満たすための外出行動が減少している可能性がある．

---

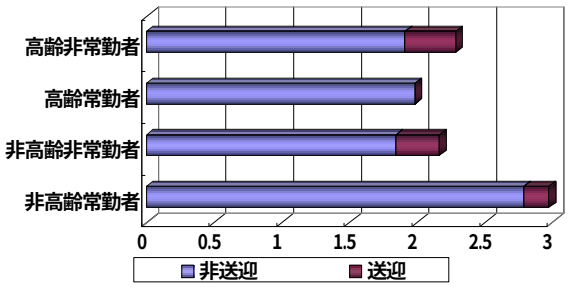
*キーワーズ： 交通行動分析，目的地選択
**学生員，広島大学大学院工学研究科
（広島県東広島市鏡山1-4-1）
***正員，修(工)，広島大学大学院工学研究科
（広島県東広島市鏡山1-4-1，TEL&FAX082-424-7825）
****正員，博(工)，広島大学大学院工学研究科
（広島県東広島市鏡山1-4-1，TEL&FAX0824-24-7827）
*****正員，博(工)，広島大学大学院国際協力研究科
（広島県東広島市鏡山1-5-1，TEL&FAX082-424-6921）
******正員，博(工)，広島大学大学院国際協力研究科
（広島県東広島市鏡山1-5-1，TEL&FAX082-424-6919）



図－１　住民の代表交通手段



図－２　年齢別・免許の有無別代表交通機関の割合

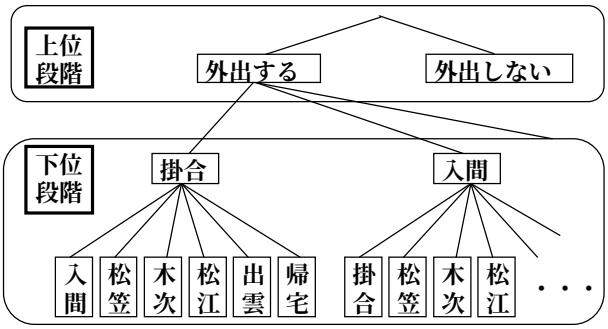


図－３　年齢・職業の有無別外出トリップ回数(回/日)と送迎行動の占める割合

３．送迎提供可能者の外出行動分析

（1）送迎提供可能者の外出行動モデルの定式化

中山間地域では移動制約者の外出は世帯構成員による送迎に依存する一方，移動制約者の送迎は送迎提供可能者の活動機会を減少させていることが明らかとなった．そこで，送迎行動が送迎提供可能者の外出発生や目的地選択行動に及ぼす影響を定量的に把握するため，送迎提供可能者の1日の外出行動のモデル化を行う．上位段階を外出発生，下位段階を外出する場合の目的地区の組み合わせとして設定した2段階ネスティッドロジットモデルを構築する．図-3にモデルのツリー図を示す．下位段階の目的地区は，掛合地区，入間地区，松笠地区，木次地区，松江地区，出雲地区の6地区とする．「第1目的地」は自宅地区を含む6地区の中から1つを選択し，「第2目的地」以降は現在いる地区を除いた5地区に，帰宅を意味する自宅地区を加えた6地区の中から1つを選択すると仮定する．なお，本研究は地区間の移動についてのみモデルの定式化を行ったため，地区内の移動に関しては取り扱わない．また，活動の目的は考慮しないため，送迎の有無による影響は移動制約者が世帯内にいるかどうかによる影響によって考慮する．



図－４　外出発生・目的地選択モデルのツリー図

なおデータの集計を行ったところ，全サンプルの92%が「第2目的地」までで移動を終えていることがわかった．そこで，以下の分析では「第2目的地」までに移動を終えたサンプルを分析対象とする．

外出発生の有無(上位段階)の選択肢 g と目的地選択選択(下位段階)の選択肢 d を同時に選択する場合の効用関数は式(1)のように定式化される．

$$U_{igd} = U_{ig} + U_{id|g} = V_{ig} + V_{id|g} + \varepsilon_{ig} + \varepsilon_{id|g} \tag{1}$$

U_{ig}，V_{ig}，ε_{ig} は各個人 i の選択肢 g の効用，確定項，確率項を表し，$U_{id|g}$，$V_{id|g}$，$\varepsilon_{id|g}$ は各個人 i が選択肢 g を選択した条件下での d を選択するときの効用，確定項，確率項を表す．

このとき，選択肢ペア g，d が選択されるときの同時選択確率 $P_i = (g,d)$ は，式(2)のように選択肢 g の選択確率 $P_i = (g)$ と，g を選択した際に d を選択する条件付確率 $P_i = (d|g)$ の積で表される．

$$P_i(g,d) = \frac{\exp\left[V_{ig} + \lambda V_{ig}^*\right]}{\sum_g \exp\left[V_{ig} + \lambda V_{ig}^*\right]} \cdot \frac{\exp\left[V_{id|g}\right]}{\sum_d \exp\left[V_{id|g}\right]} \tag{2}$$

ここで，V_{ig}^* は目的地選択(下位段階)のログサム変数，λ はスケールパラメータである．なお，ログサム変数は下位段階である目的地選択 $V_{id|g}$ の合成変数で，式(3)のように定義される．

$$V_{ig}^* = \ln \sum_d \exp(V_{id|g}) \tag{3}$$

外出発生の有無に関する効用関数は，個人iの外出効用(V_{io})と在宅効用(V_{ih})として式(4)，(5)で定義する．

$$V_{io} = \sum_n \alpha_n x_{in} \tag{4}$$

$$V_{ih} = 0 \tag{5}$$

ここで，x_{in}は個人iに関するn番目の個人・世帯属性で，α_nはその未知パラメータである．

下位段階である目的地選択の効用関数は式(6)で定義する．

$$V_{id} = \sum_m \beta_{im} y_{idm} \tag{6}$$

ここでy_{idm}は個人iの地区dに関するm番目の地区特性，β_{im}はその未知パラメータである．

試行錯誤の結果，地区の属性を表す説明変数は，①地区内の医療施設数(y_{id1})，②地区内の商業施設数(y_{id2})，③移動時間(y_{id3})の3つを採用することとした．なお，各個人は自分自身の属性や世帯属性を反映して，各地区への評価を行っていると考えられる．つまり，各地区特性の捉え方に関して個人間異質性が存在していると考えられる．

そこで，個人間異質性を表現するために，地区特性に関するパラメータを式(7)によって定式化する．

$$\beta_{im} = \sum_l \gamma_{ml} z_{iml} \tag{7}$$

ここで，z_{iml}はm番目の地区属性に関する個人iのl番目の個人・世帯属性で，γ_{ml}は未知パラメータである．式(7)は，地区特性に関するパラメータが個人や世帯の属性により決定されることを意味する．

（2）送迎提供可能者外出行動モデル推定結果

表-1に送迎提供可能者外出行動モデル推定結果を示す．なお表-1において，#は移動制約者に関する説明変数，##は送迎提供可能者に関する説明変数を示している．

モデルの説明力を表す自由度調整済み尤度比は0.461と高く，現況再現性は高い．スケールパラメータλは$0<\lambda<1$であり，図-４で仮定した階層構造は妥当であった．推定されたパラメータの符号は，全て論理的に妥当である．なお，これらのパラメータは符号が正で絶対値が大きいほど効用の値が大きくなり，外出確率が高くなる，または目的地の選択確率が高くなることを意味する．外出発生に関する推定値のうち，65歳未満の送迎提供可能者数は負で有意となった．すなわち，世帯内の65歳未満の送迎提供可能者数が多いと外出確率が低くなる．

表－１　送迎提供可能者外出行動モデル推定結果

説明変数	推定値		t値
外出発生に関する説明変数			
18歳以下の移動制約者数(人)#	-0.467		-1.03
65歳以上の移動制約者数(人)#	-0.100		-0.43
65歳以上の送迎提供可能者数(人)##	0.424	+	1.68
65歳未満の送迎提供可能者数(人)##	-0.441	**	-2.75
定数項	-0.117		-0.27
目的地選択に関する説明変数			
医療施設数に関する説明変数			
送迎提供可能者の年齢(歳)##	-2.53E-03		-1.59
送迎提供可能者の通院必要性## (有=1, 無=0)	0.441	+	1.69
移動制約者の通院必要性# (有=1, 無=0)	0.438	**	3.14
医療施設数定数項	0.126	*	2.06
商業施設数に関する説明変数			
送迎提供可能者の年齢(歳)##	-3.89E-04		-0.39
送迎提供可能者の通院必要性## (有=1, 無=0)	-5.57E-02		-0.60
移動制約者の通院必要性# (有=1, 無=0)	-0.191	**	-3.00
商業施設数定数項	0.126	*	2.06
所要時間に関する説明変数			
送迎提供可能者の年齢(歳)##	-8.38E-04	**	-4.58
送迎提供可能者の通院必要性## (有=1, 無=0)	0.035	**	3.20
移動制約者の通院必要性# (有=1, 無=0)	-3.06E-03		-0.38
所要時間定数項	-0.012		-0.95
スケールパラメータλ	0.854	**	3.26
サンプル数	377		
初期尤度	-1361.32		
最終尤度	-717.13		
自由度調整済み尤度比	0.461		

**:1%有意, *:5%有意, +:10%有意

目的地選択に関する推定値のうち，医療施設数に関しては，送迎提供可能者の通院必要性，送迎必要者の通院必要性が正で有意となった．これは病院に行く必要のある人が世帯内にいるほど，医療施設の多い地区を選好することを示している．商業施設数に関しては，移動制約者の通院必要性が負で有意となった．これは，移動制約者に通院の必要性がある場合，商業施設数が多い地域を選びにくいことを意味する．つまり，移動制約者が世帯内にいる場合や移動制約者を伴う送迎時には，商業施設には立ち寄りにくい傾向を示している．所要時間に関しては，送迎提供可能者の年齢が負で有意，送迎提供可能者の通院必要性が正で有意となった．これは高齢になるほど，移動時間の増加による効用の減少が著しいこと，および自分に通院必要性がある場合には遠くの地区にある医療施設への抵抗が低い傾向にあることを示している．

以上の推定結果を用いて，送迎の有無が送迎提供可能者の外出行動に及ぼす影響を，走行距離の期待値によって算出した．その結果を表-2の上段に示す．これより，送迎が必要な移動制約者が世帯内にいると，いない場合

よりも送迎提供可能者の移動距離や訪問地区数は増加し，外出頻度は低下する傾向を示している．よって，送迎提供可能者は，移動制約者がいることによって長距離・低頻度の外出を行うことがわかる．

４．少子高齢化の進行による送迎行動の変化

中山間地域では，都市部に比べ少子高齢化の進行が著しいため，近い将来送迎提供可能者の減少，移動制約者の増加，居住地周辺の施設集約などの急激な変化が予想される．その結果，送迎提供可能者の外出行動も大きな影響を受けると予想される．そこで，送迎提供可能者の外出行動モデルを用いて，少子高齢化が進行した場合の送迎提供可能者の外出行動変化についてシミュレーション分析を行う．

シミュレーション分析に当たって，以下のようにシナリオを設定した．「送迎提供可能者の減少」は，65歳以上，および65歳未満の送迎提供可能者がそれぞれ1人ずつ減少する場合である．また「施設の集約」は，居住地周辺(掛合，入間，松笠)の施設の閉鎖と，市の中心部(木次)への集約(施設数が3増加)が起こる場合である．このシナリオは商業施設，医療施設それぞれについて設定した．「5年経過」は，5年後に全世帯で平均年齢が5歳上昇し，18歳以下の移動制約者が0人となり，65歳以上の移動制約者が1人増加した場合である．さらに「施設の集約」と「5年経過」については，これらを組み合わせたシナリオも設定した．表-2の下段にシナリオ別のシミュレーション結果を示す．

現状と比較すると，「送迎提供可能者の減少」では外出確率は増加し，走行距離の期待値は減少する．また「施設の集約」が起こると，商業施設・医療施設がそれぞれ単独で集約した場合と，共に集約した場合のいずれも外出確率が減少し，走行距離の期待値が増加する一方で訪問地区数の期待値が減少する．さらに「5年経過」では，外出確率，走行距離の期待値，および訪問地区数の期待値はいずれも減少する．すなわち，送迎提供可能者自身の高齢化が外出確率を低下させると同時に，自身の高齢化と移動制約者の存在が移動抵抗を増加させるため，周遊トリップが大きく減少する傾向が確認できた．

さらに「5年経過」と「医療施設の集約」が同時に起こると，外出確率と訪問地区数は共に減少する一方で，走行距離の期待値が増加する．一方，「5年経過」と「商業施設の集約」が同時に起こると，外出確率，走行距離の期待値，訪問地区数の期待値も減少する．すなわち，「5年経過」によって移動制約者と送迎提供可能者が共に高齢化し，居住地から商業・医療施設が遠くなる

表－２　送迎提供可能者の外出行動シミュレーション分析

条件設定(シナリオ設定)	外出確率	走行距離の期待値(km)＊	訪問地区数の期待値(箇所)＊
現状	0.684	20.466	1.423
世帯内の移動制約者がいない	0.703	△20.349	△1.421
世帯内の移動制約者がいる	△0.583	20.783	1.428
シミュレーション結果			
送迎提供可能者の減少	0.688	△20.454	△1.423
商業施設の集約	△0.683	21.175	1.428
医療施設の集約	△0.657	24.123	1.426
5年経過	△0.649	△18.051	△1.384
5年経過+医療施設集約	△0.622	21.192	△1.386
5年経過+商業施設集約	△0.648	△18.703	△1.390
商業･医療施設集約	△0.646	24.054	△1.416
5年経過+商業･医療施設集約	△0.610	20.969	△1.375

と，必須性の高い医療目的の外出は行われるものの，商業施設への外出は行われなくなる．さらに「5年経過＋商業・医療施設集約」では，外出確率と訪問地区数の期待値は減少，走行距離の期待値は増加する．すなわち中山間地域で高齢化と施設集約が同時進行すると，送迎提供可能者の外出行動は，移動制約者自身の医療目的での外出に限定されることとなり，買い物やその他の必須性の低い外出は手控えられる傾向が強くなる．

５．まとめ

本研究では，高齢社会を迎えた中山間地域を対象に，送迎行動が送迎提供可能者の外出行動に与える影響について分析した．その結果，移動制約者の外出は送迎提供可能者による送迎に強く依存していること，送迎提供可能者は送迎を行うことで自分の活動に影響を受けていることを定量的に把握した．さらに，今後の少子高齢化を想定したシミュレーション分析を行ったところ，生活関連施設の集約や世帯内の移動制約者の増加によって，送迎提供可能者の外出頻度や外出1回当たりの走行距離の期待値は減少する傾向にあることが明らかになった．

よって，中山間地域での移動制約者および送迎提供可能者の活動利便性を担保するためには，目的地となる施設の維持や，高齢の送迎提供可能者による長距離移動を回避するための世帯を超えたコミュニティとして送迎を行うシステムを提供するなどの対策が必要であると考えられる．

参考文献

１）岸　邦弘，佐藤馨一：住民ニーズに基づいた過疎地域における生活交通手段の策定プロセス，土木計画学研究・論文集vol24，pp591-597,2006

２）森山昌幸，藤原章正，杉惠頼寧：高齢社会における過疎集落の交通サービス水準と生活の質の関連性分析，土木計画学研究・論文集Vol.19,pp725-732,2002