

人口過疎地域における集落内送迎の成立可能性の検討

○清水玲美(早稲田大学) 根本芽衣(岩手県立大学)

後藤裕介(岩手県立大学) 蓮池隆(早稲田大学)

Consideration of Car Pool as Transportation in Depopulated Area in Japan

* R. Shimizu(Waseda University), M. Nemoto(Iwate Prefectural University),
Y. Goto(Iwate Prefectural University), and T. Hasuike (Waseda University)

概要— 近年、日本の地方山間部では、交通弱者問題が深刻となっている。一方で、日本全国に限界集落と呼ばれる高齢化が非常に進んだ地域が増加しており、車を運転することが困難な交通弱者への持続可能で受容可能な交通手段の提供が求められている。本研究では、限界集落における交通手段として車の乗合を提案し、その実現可能性について検討していく。また、日本全国の集落に対して適用可能な手法を提案するため、個人情報を含まない集計データから集落の人口構成や住民の活動スケジュールを予測することで、シミュレーションに使用するデータとする。

キーワード: リアルスケールシミュレーション, 限界集落, 交通弱者, データ生成

1. 研究背景と目的

近年、地方の市町村では若者の都市部への流出が原因で人口の過疎化・少子高齢化が進み、公共交通手段を持たない交通弱者が増加している¹⁾。特に限界集落と呼ばれるような市町村では、総人口の少なさから、電車やバス等の公共交通機関は減少傾向にある²⁾。さらに、地方山間部では医療機関や生活関連施設が集落内に存在せず、徒歩のみでは移動需要を賄うことができない場合が多い。このような、公共交通機関が未発達もしくは衰退してしまった地方部において、受容可能かつ持続可能な交通手段を提供するため、本研究では、人口の少ない市町村の人口分布や世帯構成、個人の活動について統計データから調査を行う。また、集落内の交通需要を賄う手段として、集落コミュニティ内での車の乗合を提案するため、乗合が集落内で実現可能な手段かどうかをシミュレーション実験により検討する。

本研究では、日本全国の市町村にてリアルスケールシミュレーションを行う手法を提案するため、個人情報を含まない政府統計データ³⁾⁻⁵⁾を使用して人口分布に応じた個票を仮想的に生成し、各個人の一日の活動スケジュールを推定する。さらに、乗合の可能性を検討するため、推定した個票ごとの活動スケジュールを定量的に評価し、スケジュールが変更可能な時間帯を抽出することで、送迎者と被送迎者をマッチングする手法を提案する。

2. 関連研究

原田⁶⁾は、政府統計データに対して、位置情報を保持する仮想個票を高速に生成する最適化手法を提案した。これにより、市区町村・丁目レベルの地域内の総人口に対し、性別や年齢、世帯構成等の属性を付与した正確な個票を作成した。

また、日高⁷⁾は、個人情報を含まない統計データとアンケート調査による個人の活動データを利用し、パーソントリップデータを疑似的に作成する手法を提案した。さらに、実際のモバイル空間統計データに

おける人口分布と比較することで、手法の有用性について言及した。

桑野⁸⁾は、実際の集落において住民に対して一日の活動スケジュールに関するアンケート調査を実施し、住民それぞれのスケジュール内の行為に対する重みづけを行った。これにより、スケジュール内で変更可能な行為および時間帯を調査し、スケジュールの確立している個人の間での乗合の可能性を示唆した。ここでは、人口分布やスケジュールの調査にアンケートを用いているため、個人情報が含まれることや、複数の地域に適用する際調査に多くの時間とコストを要するなどの問題点が存在する。

3. 本研究の位置づけと研究概要

本研究では、従来アンケート等の調査が必要であった研究に対して、最適化手法を用いた個票および活動スケジュールの予測を行うことで、効率的に様々なシナリオの分析を行うことを可能とする。具体的に、次のような特徴が挙げられる。

- 集計データのみから集落内の個票およびスケジュールを生成する手法の提案
- 個人の活動スケジュールの価値を定量的に評価する手法の提案
- 日本全国のあらゆる地域に適用できるリアルスケールシミュレーション手法の提案

本研究は、住民の分布および一日の活動を把握するためのスケジュール生成ステップと、個人の一日のスケジュールを評価して乗合のマッチングを行うステップの二つに分けられる。

前半部分では、個人情報を含まない統計データを利用して、特定の地域に住む人口の総数および性別や年齢、職業等の属性を持った仮想個票を Simulated Annealing(SA)法により生成する。さらに、統計データにより予め決められた「睡眠」や「食事」などの 20 種類の行為を用いて、「一日の行動者率」および「時間別行動者率」から属性ごとに行為間遷移確率を生成することで、個人の 1 日のスケジュールを確率的に作成する。

後半部分では、生成した個人のスケジュールに対して「送迎」活動を追加した場合のスケジュールの価値の減少率を調査するため、個人のスケジュールの価値を定量的に評価するモデルを構築する。

最後に、実際の日本国内の集落を例に数値実験を行い、変更コストの低い時間帯を集落内でマッチングすることで、乗合の実現可能性を検討していく。

4. 集計分析を用いた個票および生活活動の予測

本節では、集落内の世帯構成や個人の活動に関する情報を把握するため、日本の公的統計データを用いて、集落の個票および個票に基づいた生活活動を予測する。

4.1. 仮想個票生成モデル

本研究では、原田⁹⁾が提案した手法を用いて、SA法により人口構成を維持した位置情報属性付きの世帯構成を合成し、各構成員を仮想個票として扱う。仮想個票を合成するにあたっては、国勢調査の人口等基本集計⁹⁾などの集計データを用いる。ここで、社会生活基本調査の一部のデータは、人口20万人未満の市町村については限定的な情報しか公開されていない。そのため、広域を対象とした集計データを市町村の粒度に推計し、推計した集計データを用いて仮想個票の生成を行う。以下では、原田が提案した手法について説明する。

4.1.1. 市町村単位の統計表の推定

仮想個票の生成に用いる集計データは、「家族類型・世帯人員別世帯数」および「家族類型・男女別1歳階級人口分布」である。それぞれの推計方法を以下に示す。

(1) 家族類型・世帯人員別世帯数の推定手順

国勢調査の人口等基本集計において、世帯人員に関する項目は、世帯人員が7人以上の世帯についてはすべて「7人以上」としてまとめられており、世帯人員が7人以上の世帯について詳細な世帯人員の内訳を推計する必要がある。したがって、家族類型・世帯人員別世帯数の統計表の世帯人員をより詳細に得るために、次の式(1)を用いてSA法により世帯人員の内訳を推計する。

$$\text{Minimize } \text{pop}_t - \sum_{m=1}^{M_{\max}} (H_{tm}m) (> 0) \quad (1)$$

ただし、 pop_t は家族類型 t の人口、 H は世帯、 m は世帯内人数である。また、次の式を用いて最適化を行う。

$$g_s = \sum_{j=1}^{G_s} |d_{sj} - R_{sj}| \quad (2)$$

ここで、 G_s は統計表 s の項目数、 d_{sj} は統計表 s の条件 X_{sj} を満たす世帯数もしくは人口、 R_{sj} は統計表 s の項目 j の実数である。最適化の手順は次の通りである。

Step1. $\sum_s g_s = 0$ もしくは探索回数が規定に達すれば終了する。

Step2. 家族類型と7人以上の世帯をランダムに1世帯選択し、世帯人員数を7から M_{\max} 間でランダムに変更する。

Step3. 解の遷移を判定する。

Step4. 探索回数を更新してSAの温度を冷却し、Step1へ。

(2) 家族類型・男女別1歳階級人口分布の推定手順
統計表では、家族類型・男女別5歳階級の人口分布が日本全国のすべての市町村で公開されている。これを用いて、ある市町村の家族類型・男女別1歳階級別人口 $p_{t,g,a}$ を、同じ市町村を対象にした男女別1歳階級別人口 $p_{g,a}$ を用いて5歳階級別の家族類型 t の割合により推計する。

$$p_{t,g,a} = \text{Round} \left(\frac{p_{g,a} p_{r_{t,g,a5}}}{\sum_{i \in T} p_{r_{i,g,a5}}} \right) \quad (3)$$

ここで、 $p_{t,g,a}$ は家族類型 t 、性別 g 、年齢 a の人口、 $p_{g,a}$ は性別 g 、年齢 a の総人口、 $p_{r_{t,g,a5}}$ は家族類型 t 、性別 g 、年齢 $a \sim a + 4$ の人口、 T は家族類型の最大数である。

4.1.2. 人口構成を維持した仮想個票の生成

前節にて推定した統計データをもとに、SA法を用いて仮想個票を生成する。生成方法は次の通りである。

Step1. 初期解（世帯構成）の生成

- i. 「家族類型・世帯人員別世帯数」の統計表に記載されている世帯数通りに、初期世帯を確率的に生成する。
- ii. 世帯内役割に応じて性別が確定する者の性別を決定する。
- iii. 性別が確定していない構成員の性別を男女別人口に整合するように決定する。
- iv. 「家族類型・男女別人口分布」に整合するように各構成員の年齢を決定する。

Step2. 最適化

次の式を用いて解空間を探索する。

$$\text{Minimize } \sum_{s=1}^S f_s(A) \quad (4)$$

$$f_s(A) = \sum_{j=1}^{G_s} |c_{sj}(A) - \text{Round}(r_{sj} \times m_{sj}(A))| \quad (5)$$

ただし、 A は合成データ、 c_{sj} は統計表 s の条件 X_{sj} と条件 Y_{sj} を満たす合成データの市民の数、 r_{sj} は統計表 s の項目 j の割合、 m_{sj} は統計表 s の条件 X_{sj} を満たす合成データの市民の数を示す。また、探索の手順は次の通りである。なお、探索回数が規定数に達するまで以下の手順を繰り返す。

- i. 合成対象の家族類型・性別をランダムに選択し、選択された属性を保持する構成員をランダムに2人選び、構成員の年齢を交換する。
- ii. 解の遷移を判定する。
- iii. 探索回数を更新してSAの温度を冷却する。

4.2. 活動スケジュール生成モデル

活動スケジュールの生成にあたっては、「性別や年齢、世帯内の役割、職業区分といった個人の属性により、個人の1日の活動スケジュールが決定される」と仮定してモデルを構築する。また、行為の間に1次のマルコフ性を仮定し、現時点での行為は一つ前の時点での行為により決定されるとする。従って、個人の1日の活動スケジュールを各時間帯における行為を時系列に並べた行為系列と定義したとき、行為間遷移確率行列を導出することで、行為系列を確率的に生成することができる。

4.2.1. 行為間遷移確率の導出

本研究では、行為系列を 15 分ごとの行為とし、4.1 節にて生成された仮想個票の属性のうち、性別・年齢・職業を入力として、属性ごとの遷移確率行列を算出する。また、得られた遷移確率行列から、乱数を用いて各時間帯の行為を確率的に決定することで、行為系列とする。行為間遷移確率の生成には、社会生活基本調査¹⁰⁾の「1日の行為者率」「時間帯別行為者率」を用い、行為の種類として社会生活基本調査にて定義されている 20 の行為を使用する。

行為間に 1 次のマルコフ性を仮定したとき、時刻 t において行為 i を選択した人が時刻 $t+1$ において行為 j を選択する確率 a_{ij}^t を要素とした遷移確率行列 $A^t (> 0)$ および、時刻 t における行為者率 y^t に対して、次の式が成り立つ。

$$y^{t+1} = A^t y^t \quad (6)$$

$$\sum_j a_{ij}^t = 1 \quad (7)$$

また、行為 i の一日の行為者率 P_i^{day} について(8)が成り立つ。

$$P_i^{day} = \sum_t \sum_j a_{ij}^t y_j^t \quad (8)$$

したがって、式(6)~(8)を同時に満たす遷移確率行列 $A^t (> 0)$ を選択することで、現実の集計分布に最も近い解を得ることができる。一方で、時間帯別行為者率の制約(6)および(7)を満たす解は無数に存在するため、すべての解を比較して 1 日の行為者率の制約(8)を満たす解を一意的に導出することは困難である。そこで、本研究では、本問題を遷移確率行列 $A^t (> 0)$ のエントロピーを最大化する最適化問題として定式化することで、遷移確率行列の要素よりも少ないパラメータを調整し、式(8)を満たす解を探索する。定式化を次に示す。ただし、 δ_{ij} はクロネッカーのデルタである。

$$\text{Minimize } \sum_{i,j} (1 - \beta_i^t \delta_{ij}) a_{ij}^t{}^2 \quad (9)$$

$$\text{Subject to } \sum_j a_{ij}^t = 1, \quad (10)$$

$$y_i^{t+1} - \sum_j a_{ij}^t y_j^t = 0, \quad (11)$$

$$a_{ij}^t > 0, \forall i, j \quad (12)$$

ここで、目的関数(9)は $\beta_i^t = 1$ としたときに、Tsallis エントロピーとなり、エントロピーの性質から、不確実性の高い解が得られやすいという問題点がある。そこで、事前情報として「同じ行為の続きやすさ」を意味する β_i^t を導入することで、より現実 に即した解を導出する。 β_i^t とは、時刻 t において行為 i を選択した人が時刻 $t+1$ において同じ行為 i を選択する確率である。この事前情報 β_i^t を操作することで、一日の行為者率 P_i^{day} に最も近い遷移確率行列を推定することができる。

4.2.2. 活動スケジュールの生成および選択

4.2.1 節にて得られた行為間遷移確率行列を用いて、活動スケジュールを確率的に生成する。ここで、確率的に生成する活動スケジュールに対して、時系列を考慮して一貫性を持たせるために、行為間遷移確

率行列のほかに属性ごとの行為別行為者平均時間を用いて、活動スケジュールを生成する。生成方法は次の通りである。

Step1. 仮想個票から個票を 1 つ選択し、個票の年齢・性別・職業の属性に対応した統計表の集計データおよび行為間遷移確率集合を選択する。

Step2. AM4 時を 1 日の始まりとし、初期状態となる行為を決定し行為系列に追加する。初期状態の決定には、Step1 で選択したデータの AM4 時の行為者率を利用して、乱数を用いて確率的に決定する。

Step3. 行為別行動者平均時間を用いて、現在選択中の行為が連続する時間を正規分布に従い導出する。

Step4. 次のタイムステップに移り、
(ア) Step3 の連続時間が終了したら、乱数を用いて行為間遷移確率行列から次の行動を確率的に決定し、行為系列に追加する。

(イ) Step3 の連続時間内であれば、前のタイムステップで選択した行為と同じ行為を行為系列に追加する。

Step5. 終了時間であれば Step1、それ以外は Step4 へ。

ここで、上述の手法を用いて複数パターンの活動スケジュールを生成するとき、各時間帯の行為は確率的に決定されるため、生成のたびに大きく異なる活動スケジュールが生成される可能性がある。従って、個人の活動スケジュールとして一貫性のある妥当な活動スケジュールを生成するために、複数通りの活動スケジュールから代表的な活動スケジュールを抽出し、これをもとに平日 3 日間のスケジュールを作成する。

Step1. 仮想個票ごとに 100 通りの活動スケジュールを生成する。

Step2. 100 通りの活動スケジュールに対し、k-means 法により 3 つのクラスタに分類する。

Step3. 3 つのクラスタのうち、最も要素数の多いクラスタを選択し、クラスタ内の各時間帯において最大尤度の行為を抽出する。抽出した各時間帯の行為を並べることで、新たな行為系列とする。

Step4. 新たな行為系列の各行為の連続時間を平均、NHK 国民生活調査から該当する行為の分散を分散とし、正規分布に従い行為の連続時間を算出する。

Step5. 行為順はそのままに、連続時間を Step4 の時間に変更し、活動スケジュール全体の時間が 24 時間となるよう調整する。

Step6. Step4~5 の方法で 3 通りの活動スケジュールを生成する。

5. 送迎活動を含む活動スケジュールの評価

本章では、桑野ら⁹⁾の提案したモデルに基づき、個人の活動スケジュールを定量的に評価するモデルを構築する。ここでは、個人の活動スケジュールのある時間に送迎活動を挿入した場合の個人にとってのスケジュールの価値を時間帯ごとに比較する。これにより、コストが最小となる時間帯を個人ごとに調査

し、個人にとって送迎を行うのに最も適した時間を
選択することができる。

5.1. 活動スケジュールの最適化

本研究においては、活動スケジュールを評価する
にあたって、「個人は活動スケジュールを決定する際
に、各活動の「時間帯の価値」および「時間長の価値」
を最大化するように、1日に行う活動の順序および開
始・終了時刻を決定する」と仮定する。従って、入力と
なる3日分の活動スケジュールのある時間帯に予定
外の活動である「送迎」を挿入した場合、送迎を含む
活動スケジュールの活動時間帯の価値 V_k と活動時間
長の価値 L_k の和が最大となる活動スケジュールを決
定する。本研究では、これを個人にとっての送迎を含
む場合の最適スケジュールとする。

ここで、活動時間帯の価値 V_k および活動時間長の
価値 L_k をそれぞれ以下のように定義する。ただし、入
力する3つのスケジュール S^t を S_1^t, S_2^t, S_3^t 、最適化され
たスケジュールを \hat{S}^t とする。

活動時間帯の価値 V_k とは、個人が日常的に行為を
行っている時間帯であるか否かを示す指標であり、
式(13)で表す。

$$V_k = \sum_{t=ts_{nk}}^{te_{nk}} w_n \delta_n(t) \quad (13)$$

ただし、 ts_{nk} とは1日のうち k 番目の行為 n の開始
時刻、 te_{nk} とは k 番目の行為 n の終了時刻、 w_n は行為 n
の時間帯に関する重みパラメータである。本研究で
は、行為 n の時間帯に関する価値を、3日間を通して同
じ時間帯に行為を行っているものほど時間帯に対す
る重みが大きいと仮定し、以下の式(14)で定義する。
また、 $\delta_n(t)$ を式(15)に示す。

$$w_n = \frac{\sum_{S_1^t=S_2^t=S_3^t=n} t}{\frac{T_n}{3}} \quad (14)$$

$$\delta_n(t) = \begin{cases} 1 & (\hat{S}^t = S_1^t \text{ or } S_2^t \text{ or } S_3^t) \\ 0 & (\hat{S}^t \neq S_1^t, S_2^t, S_3^t) \end{cases} \quad (15)$$

ここで、 T_n は活動 n の期間内総活動時間、 ts_{nk} は日常
的に k 番目の行為 n を開始する時刻、 te_{nk} は日常的に
 k 番目の行為 n を終了する時刻である。すなわち、 ts_{nk}
および te_{nk} とは、入力する3日間の活動スケジュー
ルを通した k 番目の行為 n の最早開始時刻および最
遅終了時刻で表される。ただし、 w_n については、全行為
の重みの総和が1になるようスケールした値を
用いることとする。

また、活動時間長の価値 L_k とは、個人が日常的に行
為を行っている時間とのズレを負の価値として算出
する指標であり、以下の式(16)で定義する。

$$L_k = v_n |(te_{nk} - ts_{nk}) - ave_n| \quad (16)$$

ここで、 v_n は行為 n の時間長に関する重みパラメ
ータ、 ave_n は行為 n の1回あたりの平均活動時間長で
ある。なお、本研究では活動時間長が長い活動ほど活動
時間長の価値が大きくなると仮定して、活動時間長
に関する重みパラメータ v_n を、3日間の活動スケジ
ュールの総時間長に対する各行為の総時間長の割合と
し、次の式(17)で定義する。

$$v_n = \frac{T_n}{\sum_n T_n} \quad (17)$$

以上より、個人の最適スケジュールを算出するた
めに、以下の式(18)を最大にするような各行為の開
始・終了時刻 ts_{nk}, te_{nk} を求めることで、活動スケ
ジュール価値の最も高い解を算出する。ここで、妥当性
を担保するため、実際の活動スケジュールに対する
再現性を示す項 r_n を導入する。再現性 r_n とは、1日の総
活動時間における、時刻 t にて予測された行為 \hat{S}_t と入
力された活動スケジュールの時刻 t における行為 S_t
が一致する割合を示す。

$$\text{Maximize } U = \sum_k (V_k - L_k) + \sum_n r_n \quad (18)$$

$$r_n = \frac{\sum_n \delta_n(t)}{\sum_n T_n} \quad (19)$$

また、元の活動スケジュールと比較した際の送迎
活動を含むシナリオの下でのスケジュール価値の減
少率をスケジュールの変更コストとし、式(20)のよ
うに定義した。

$$\text{Cost}_c = \left(1 - \frac{U_c^*}{\hat{U}}\right) \quad (20)$$

ただし、 \hat{U} は個票より生成された活動スケジュールの
価値、 U_c^* は送迎を含むシナリオ c 下での最適スケジ
ュール価値である。本研究では、異なる送迎時間帯を複
数仮定することでシナリオとし、シナリオごとのコス
トの大きさを比較することで、送迎に最も適した
時間帯を各個人について調査し、マッチングを行う。

6. 数値実験によるマッチングおよび結果の分析

提案手法を用いて、限界集落の定義に当てはまる
岩手県岩泉町について数値実験を行い、家族間乗合
のマッチングシミュレーションを行う。なお、本実験
では社会生活基本調査のうち「平日」のデータのみ
を用いることとし、平日の乗合マッチングが可能か
を検討する。

岩手県岩泉町について原田の手法により個票を生
成した結果の実際の住民構成¹¹⁾との誤差は次の
Table1のとおりである。

Table.1 仮想個票の誤差

		統計表	生成データ	誤差
総人口(人)		77	76	-0.013
世帯数(戸)		38	38	0
男女比率 (%)	男	0.487	0.487	0
	女	0.513	0.513	0
年齢比率 (%)	~15	0.104	0.053	-0.051
	16~25	0.049	0.026	-0.022
	26~65	0.461	0.487	0.026
	66~80	0.236	0.263	0.027
	81~	0.129	0.171	0.042

また、行為間遷移確率行列を作成し、個票ごとに平
日の3通りの活動スケジュールを作成した。2次計画
問題を解くに当たっては、最適化ソルバーのひとつで

ある Gurobi を用いた活動スケジュールの例を Fig.1 に示す。

42歳・男性・有職者			26歳・女性・無職者		
4	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
5	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
6	身の回りの用事	身の回りの用事	身の回りの用事	身の回りの用事	身の回りの用事
7	身の回りの用事	身の回りの用事	身の回りの用事	身の回りの用事	身の回りの用事
8	家事	家事	家事	家事	家事
9	家事	家事	家事	家事	家事
10	育児	育児	育児	育児	育児
11	食事	食事	食事	食事	食事
12	食事	食事	食事	食事	食事
13					
14	仕事	仕事	仕事	仕事	仕事
15	仕事	仕事	仕事	仕事	仕事
16	仕事	仕事	仕事	仕事	仕事
17	仕事	仕事	仕事	仕事	仕事
18	家事	家事	家事	家事	家事
19	育児	育児	育児	育児	育児
20	育児	育児	育児	育児	育児
21	テレビ・ラジオ・新聞・雑誌	テレビ・ラジオ・新聞・雑誌	テレビ・ラジオ・新聞・雑誌	テレビ・ラジオ・新聞・雑誌	テレビ・ラジオ・新聞・雑誌
22	休養・くつろぎ	休養・くつろぎ	休養・くつろぎ	休養・くつろぎ	休養・くつろぎ
23	その他	その他	その他	その他	その他
24	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
25	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
26	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
27	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
28	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
29	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
30	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
31	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
32	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠
33	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠	睡眠

Fig.1 平日3日間の活動スケジュールの例

最後に、6.1 節にて作成した平日3日間の個票ごとのスケジュールに対して、ある一定時間の送迎活動を挿入する場合の個人にとって最適なスケジュールについて検討する。なお、本研究では、送迎の中でも「買い物のための送迎」を検討することとし、近くのスーパーマーケットまでの送迎活動について考える。

対象地域の岩手県岩泉町から最も近い位置にあるスーパーマーケットまでの距離は 8km、送迎にかかる時間は往復で 30~40 分程度である^[21]。したがって、買い物に必要な時間を 1 時間程度とし、送迎時間の開始から終了までの時間を 90 分に設定した。また、送迎を行う時間帯として、9:00~10:30、10:30~12:00、12:00~13:30、13:30~15:00、15:00~16:30、16:30~18:00 の 6 通りのシナリオを用意する。

また、送迎者および被送迎者を地域内で特定するため、地域内の全ての個票に対して、年齢に応じて送迎者・被送迎者のラベルを付与した。ここでは、18 歳以上の者は運転免許を持っていると仮定して、送迎者に当てはまる年齢を 25~69 歳、被送迎者に当てはまる年齢を 70 歳以上とした。

送迎者・被送迎者のラベルが付与された仮想個票を用いて、個票ごとに 6 つのシナリオで送迎を行った場合の最適スケジュールを導出し、元のスケジュールからの減少率をコストとして算出した。ただし、本研究にて用いたモデルはスケジュール価値の大きさが個人ごとに異なるため、コストの比較は個人内でのみ行うことに注意されたい。また、スケジュールの変更コストが最小となる時間帯を個票ごとに調査し、時間帯ごとに集計する。ここで、対象地域内での送迎者の送迎可能人数が変化することで送迎の成立可能性が変化するため、送迎者の送迎可能割合を 100%

から 50%の間を 10%刻みで変化させて集計を行った。ただし、送迎可能割合が 50%の場合、送迎者のうち 50%の人数をランダムに選択して送迎可能者とする。送迎可能人数の集計結果を Table 2~7 に示す。

表より、送迎者の送迎可能割合が 60%以上の場合、ほとんどの時間で送迎が成立する可能性が高いことがわかる。反対に、送迎者の送迎可能割合が 50%以下となると、多くの時間帯で送迎が成立する可能性が非常に低くなるため、全時間帯での送迎を確保するには、送迎者の送迎可能割合が 60%以上であることが望ましいと言える。

7. 本研究のまとめ

本研究では、日本全国すべての地域においてリアルスケールシミュレーションを行うためのデータ生成手法を提案することを目的とし、個人情報を含みたくない集計データのみから地域の個票および活動スケジュールを生成する方法を提案した。また、提案手法を用いて実際に仮想個票および個票ごとの活動スケジュールを生成し、得られた個票と活動スケジュールを用いて、限界集落での車の乗合の可能性について検討する方法を述べた。

数値実験では、適齢の住民はすべて運転免許を持っていると仮定し、買い物のための送迎の可能性を、送迎者の送迎可能割合ごとに検討した。結果、岩手県岩泉町において、送迎者の人数による家族間送迎の成立可能性について検討することができた。

Table.2 時間帯別送迎可能人数(送迎割合 100%)

時間帯	送迎者(人) ※25~69 歳	被送迎者 (人) ※70 歳以上
09:00~10:30	13	3
10:30~12:00	2	1
12:00~13:30	6	3
13:30~15:00	16	12
15:00~16:30	5	2
16:30~18:00	4	4

Table.3 時間帯別送迎可能人数(送迎割合 90%)

時間帯	送迎者(人) ※25~69 歳	被送迎者 (人) ※70 歳以上
09:00~10:30	11	3
10:30~12:00	1	1
12:00~13:30	6	3
13:30~15:00	14	12
15:00~16:30	5	2
16:30~18:00	4	4

Table.4 時間帯別送迎可能人数(送迎割合 80%)

時間帯	送迎者(人) ※25～69歳	被送迎者(人) ※70歳以上
09:00～10:30	9	3
10:30～12:00	2	1
12:00～13:30	3	3
13:30～15:00	14	12
15:00～16:30	5	2
16:30～18:00	3	4

Table.5 時間帯別送迎可能人数(送迎割合 70%)

時間帯	送迎者(人) ※25～69歳	被送迎者(人) ※70歳以上
09:00～10:30	8	3
10:30～12:00	2	1
12:00～13:30	3	3
13:30～15:00	10	12
15:00～16:30	5	2
16:30～18:00	4	4

Table.6 時間帯別送迎可能人数(送迎割合 60%)

時間帯	送迎者(人) ※25～69歳	被送迎者(人) ※70歳以上
09:00～10:30	8	3
10:30～12:00	1	1
12:00～13:30	3	3
13:30～15:00	11	12
15:00～16:30	3	2
16:30～18:00	1	4

本論文にて提案した手法は、一般にインターネット等で公開されている集計データのみから、特定の市町村の人口分布や世帯構成、住民の活動スケジュールの仮想データを容易に作成することができる。そのため、本研究にて行った家族間送迎のマッチングのみに限らず、現実の日本国内を対象としたリアルスケールシミュレーションに幅広く利用できるであろう。また、パーソントリップ調査や国勢調査を代表として、一般に公開されている集計データには、人口が多い地域に限定して詳細な集計を行っているものが多いが、本手法を用いることで、人口が少ない地域における統計表を推計することが可能であるため、提案手法の適評範囲は広く、多くのシミュレーション

ンで有用な手法となるであろう。

Table.7 時間帯別送迎可能人数(送迎割合 50%)

時間帯	送迎者(人) ※25～69歳	被送迎者(人) ※70歳以上
09:00～10:30	8	3
10:30～12:00	0	1
12:00～13:30	1	3
13:30～15:00	7	12
15:00～16:30	4	2
16:30～18:00	3	4

参考文献

- 1) 国土交通省:交通弱者対策, <https://www.mlit.go.jp/hakusyo/transport/shouwa57/ind010601/005.html>, 最終閲覧日 2020年1月20日。
- 2) 国土交通省:過疎集落の現状と今後の取り組みについて, <http://www.mlit.go.jp/common/001116565.pdf>, 最終閲覧日 2020年1月20日。
- 3) 総務省統計局:平成27年国勢調査の概要, <https://www.stat.go.jp/data/kokusei/2015/gaiyou.html>, 最終閲覧日 2020年1月20日。
- 4) 厚生労働省:人口動態調査, <https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/81-1.html>, 最終閲覧日 2020年1月20日。
- 5) NHK 放送文化研究所:国民生活時間調査, https://www.nhk.or.jp/bunken/research/yoron/20160217_1.html, 最終閲覧日 2020年1月20日。
- 6) 原田拓弥:リアルスケール社会シミュレーションのための仮想個票合成手法の開発, 関西大学審査学位論文(2018)。
- 7) 日高健, 大野宏司, 志賀孝広:集計データの統合による都市内の移動行動データ生成, 土木学会論文集, 72巻, 4号, 324/343 (2016)。
- 8) 桑野将司, 塚井誠人:活動スケジュール評価に基づく集落コミュニティ内送迎の個人間マッチング手法, 日本都市計画学会都市計画論文集, 45-3号, 697/702 (2010)。
- 9) 総務省統計局:e-stat 人口等基本集計, <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00200521&tstat=000001080615>, 最終閲覧日 2020年1月20日。
- 10) 総務省統計局:e-stat 社会生活基本調査, <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200533&tstat=000001095335&cycle=0&tclass1=000001095377&tclass2=00001095378&tclass3=000001095379>, 最終閲覧日 2020年1月20日。
- 11) 総務省統計局:e-stat 人口等基本集計 都道府県結果(03岩手県), <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200521&tstat=000001080615&cycle=0&tclass1=000001089055&tclass2=000001089057&tclass3=000001089060>, 最終閲覧日 2020年1月20日。