

東京大学大学院新領域創成科学研究科
人間環境学専攻

平成 30 年度
修士論文

運行実績データによるオンデマンド交通導入の
ための需要予測に関する研究

2019 年 2 月 7 日提出

指導教員 稗方 和夫 准教授 印

学生証番号 47-146722

水林 義博

目次

第 1 章	序論	1
1.1	背景	2
1.2	目的	2
1.3	本論文の構成	2
第 2 章	関連研究	3
2.1	はじめに	4
2.2	本研究に関連する交通需要予測モデル	4
2.2.1	交通需要予測モデルの分類	4
2.2.2	四段階推定法	4
2.2.3	集計型手法と非集計型手法	5
2.2.4	交通計画における GIS データの適用	6
2.2.5	離散連続モデル	6
2.2.6	間接効用関数から需要関数の導出	6
2.3	本研究の位置づけ	7
第 3 章	提案手法	9
3.1	提案手法の概要	10
3.2	需要推定に使用するデータ	12
3.2.1	既存運行自治体におけるオンデマンドバスのログデータ	12
3.2.2	GIS データ	12
3.3	前処理	13
3.3.1	全体の需要の変動を推計する方法	13
	オンデマンドバスの登録者の変化を推定する方法	13
	潜在登録者数と 65 歳以上の人口との関係の回帰分析	16
	月・曜日・時間ごとの予約者数を導出する方法	17
3.3.2	各 2 ゾーン間の需要推定のための前処理	18
	カテゴリー別・距離別の予約者数の割合を導出する方法	18

	カテゴリーごとの予約者数を推定するためのパラメータの抽出方法	19
3.4	主処理	20
3.4.1	各2ゾーン間の需要推定	20
	準備するデータとその集計方法	20
	各2ゾーン間におけるカテゴリーごとの予約者数の割合を推定する 方法	20
	当面数年間における登録者数，予約者数を推定する方法	21
第4章	ケーススタディー	23
4.1	はじめに	24
4.2	前処理の計算結果	24
4.2.1	全体の需要の変動を推計した結果	24
	オンデマンドバスの登録者の変化を推定した結果	24
	潜在登録者数と65歳以上の人口との関係を回帰分析した結果	24
4.2.2	各2ゾーン間の需要を推定した結果	25
	オンデマンドバスの移動ログデータを分析した自治体について	25
	移動ログにおける予約とみなすレコードについて	26
	カテゴリー別・距離別の予約者数の割合を導出するためのパラ メータの取得結果	26
	カテゴリーごとの予約者数を推定するためのパラメータの抽出結果	28
4.3	東金市における各2ゾーン間の需要推計	29
4.3.1	需要推計の結果	29
4.3.2	需要推計の評価	36
第5章	考察	41
5.1	はじめに	42
5.2	全体の需要の変動を推計する方法に関する考察	42
5.3	各2ゾーン間の需要推定方法に関する考察	42
5.3.1	バス停の種類に関する需要の振り分けの妥当性に関する考察	43
5.3.2	各カテゴリーにおける目的地ゾーンへの需要の振り分けの妥当性 に関する考察	44
	総合病院 (Category 0) について	44
	診療所 (Category 1) について	45
	都道府県庁・役場 (Category 3) について	46
	スーパー (Category 4) について	47
	大型商業施設 (Category 5) について	48
	まとめ	49

5.3.3	各カテゴリーにおける自宅ゾーンへの需要の振り分けの妥当性に関する考察	49
5.3.4	2 ゾーン間における実予約者数と予想予約者数に関する考察	50
第 6 章	結論	63
6.1	結論	64
6.2	今後の展望	64
参考文献		71
付録 A	計算結果	73
A.1	システム・ダイナミックス・モデルによる登録者数の変化のシミュレーション結果	73

図目次

3-1	需要の推計値を求める手順	10
3-2	Borshchev et al. ら [1] による bass diffusion と呼ばれる現象のシステム・ダイナミックス・モデル	14
3-3	各自治体における登録者数の変化	15
3-4	ODB サービスへの登録者の変化を表すシステム・ダイナミックス・モデル	16
3-5	各変数に対応する集合の包含関係	17
4-1	東金市におけるシステム・ダイナミックス・モデルによる登録者数の変化のシミュレーション結果	25
4-2	人口 PEP と潜在登録者数 (p_0) の回帰直線	28
4-3	東金市における 2 ゾーン間の予測需要	35
4-4	東金市における 2 ゾーン間の実需要	35
4-5	東金市における 2 ゾーン間の予想需要から実需要を引いた差	36
4-6	東金市における 2 ゾーン間の予想予約者数から実予約数を引いた差のヒストグラム	37
5-1	登録者数と予約者数の回帰分析	53
A-1	鳩山市の登録者数の変化をシミュレートした結果	73
A-2	寄居町の登録者数の変化をシミュレートした結果	74
A-3	東金市の登録者数の変化をシミュレートした結果	74
A-4	柏市の登録者数の変化をシミュレートした結果	75
A-5	山武市の登録者数の変化をシミュレートした結果	75
A-6	横芝光町の登録者数の変化をシミュレートした結果	76
A-7	茅ヶ崎市の登録者数の変化をシミュレートした結果	76
A-8	中井町の登録者数の変化をシミュレートした結果	77
A-9	高浜町の登録者数の変化をシミュレートした結果	77
A-10	若桜町の登録者数の変化をシミュレートした結果	78
A-11	甲州市の登録者数の変化をシミュレートした結果	78

A-12	海津市の登録者数の変化をシミュレートした結果	79
A-13	養老町の登録者数の変化をシミュレートした結果	79
A-14	大野町の登録者数の変化をシミュレートした結果	80
A-15	玉城町の登録者数の変化をシミュレートした結果	80
A-16	豊岡市の登録者数の変化をシミュレートした結果	81
A-17	香芝市の登録者数の変化をシミュレートした結果	81
A-18	飯塚市の登録者数の変化をシミュレートした結果	82
A-19	川南町の登録者数の変化をシミュレートした結果	82

表目次

3-1	記号の用法	11
4-1	登録者数の実データに最もフィットするパラメータ	26
4-2	各自治体における 65 歳以上の人口	27
4-3	各自治体におけるオンデマンドバスの運行体系	29
4-4	自治体・カテゴリーごとのパラメータ β_1 の最適値	30
4-5	自治体・カテゴリーごとのパラメータ β_2 の最適値	30
4-6	総合病院のパラメータ $\log \lambda_\gamma, \mu_\gamma$ の値	30
4-7	診療所のパラメータ $\log \lambda_\gamma, \mu_\gamma$ の値	30
4-8	デイケアサービスのパラメータ $\log \lambda_\gamma, \mu_\gamma$ の値	31
4-9	都道府県庁・役場のパラメータ $\log \lambda_\gamma, \mu_\gamma$ の値	31
4-10	スーパーのパラメータ $\log \lambda_\gamma, \mu_\gamma$ の値	31
4-11	大型商業施設のパラメータ $\log \lambda_\gamma, \mu_\gamma$ の値	31
4-12	カテゴリーごとの予約者数を推定するパラメータ	32
4-13	入力に用いた東金市のスーパー	33
4-14	入力に用いた東金市の大型商業施設	33
4-15	東金市の各ゾーンにおける各カテゴリーの施設数	34
4-16	東金市における 2 ゾーン間の予想予約者数から実予約数を引いた差の度 数分布表 (100 刻み)	38
4-17	東金市における 2 ゾーン間の予想予約者数から実予約数を引いた差の度 数分布表 (0 の付近, 50 刻み)	39
5-1	バス停の種類	43
5-2	東金市におけるバス停の種類ごとの施設数	44
5-3	東金市におけるバス停の種類ごとの実予約者数	44
5-4	東金市におけるカテゴリーごとの実予約者数と予想予約者数の割合の比較	44
5-5	全自治体におけるカテゴリーごとの実予約者数	45
5-6	全自治体におけるカテゴリーごとの施設数	46

5-7	東金市における総合病院（Category 0）を目的地とする移動の目的地ゾーンごとの実予約者数と推定予約者数の比較	46
5-8	東金市における診療所（Category 1）を目的地とする移動の目的地ゾーンごとの実予約者数と推定予約者数の比較	47
5-9	東金市における都道府県庁・役場（Category 3）を目的地とする移動の目的地ゾーンごとの実予約者数と推定予約者数の比較	48
5-10	東金市におけるスーパー（Category 4）を目的地とする移動の目的地ゾーンごとの実予約者数と推定予約者数の比較	48
5-11	東金市における大型商業施設（Category 5）を目的地とする移動の目的地ゾーンごとの実予約者数と推定予約者数の比較	49
5-12	東金市における各ゾーンの人口、及び登録者数（その1）	51
5-13	東金市における各ゾーンの人口、及び登録者数（その2）	52
5-14	東金市における診療所（Category 1）を目的地とする移動の自宅ゾーンごとの実予約者数と推定予約者数の比較（その1）	55
5-15	東金市における診療所（Category 1）を目的地とする移動の自宅ゾーンごとの実予約者数と推定予約者数の比較（その2）	56
5-16	実予約者数が1位のゾーンの組における施設名と予約件数	57
5-17	実予約者数が2位のゾーンの組における施設名と予約件数	57
5-18	実予約者数が3位のゾーンの組における施設名と予約件数	58
5-19	東金市における2ゾーン間の需要推計において予想予約者数が上位80番目までのデータ	59
5-20	東金市において2ゾーン間の実予約者数が上位80番目までのデータ	60
5-21	東金市における2ゾーン間の需要推計において予想予約者数から実予約者数を引いた差が上位80番目までのデータ	61
5-22	東金市における2ゾーン間の需要推計において予想予約者数から実予約者数を引いた差が下位80番目までのデータ	62

第 1 章

序論

1.1	背景	2
1.2	目的	2
1.3	本論文の構成	2

1.1 背景

オンデマンドバス（以下，ODB と略す．）を導入する自治体は，運行エリア，運行時間帯，導入する車両の種類と台数，運賃を決めなければならない．また，各会計年度ごとに運行形態を決めなければならない．

オンデマンドバスの運行を検討している自治体は，人口密度が低いことが多く，パーソントリップ調査が行われていないことが少なくない．そこで，オンデマンドバスの主な利用者である高齢者がよく用いる施設や店舗の情報からできる限り正確に需要を見込むことが重要である．

1.2 目的

本研究の目的は，これからオンデマンドバスを導入する自治体の担当者，及び，既に導入されているオンデマンドバスの運行体系の改善を検討する自治体の担当者のために，国土数値情報（GIS データ），及び過去のオンデマンドバスのログデータを用いてオンデマンドバスの需要を予測することである．オンデマンドバスは，その運行のアルゴリズムが決まれば，それに従った運行シミュレータを作ることが可能である．本研究では，運行シミュレータを用いて，自治体における最適な運賃や車両台数の検討することを前提に，運行シミュレータが予約を発生させるために必要な予約者数のデータを作る方法を提案する．

1.3 本論文の構成

第 1 章では，本研究の目的について述べた．

第 2 章では，オンデマンドバスの需要を予測する方法を提案する．

第 3 章では，オンデマンドバスのログデータを入手したすべての自治体について，登録者数の変化を表すシステム・ダイナミクス・モデルによるシミュレーション・データとその実データとのフィッティングを行う．さらに，オンデマンドバスのログデータを入手した自治体のログデータから得られたパラメータ，及び，東金市における GIS データを用いて，約 1km 四方のメッシュに分けられた 2 ゾーン間での需要の推定を試みる．

第 4 章では，第 2 章で述べるシステム・ダイナミクス・モデルを適用する場合の適用の限界について考察する．また，東金市における 2 年間の実運行データから計算した実需要と，第 3 章で推定した予想需要を比較する．

第 5 章では，結論と今後の展望を述べる．

第 2 章

関連研究

2.1	はじめに	4
2.2	本研究に関連する交通需要予測モデル	4
	2.2.1 交通需要予測モデルの分類	4
	2.2.2 四段階推定法	4
	2.2.3 集計型手法と非集計型手法	5
	2.2.4 交通計画における GIS データの適用	6
	2.2.5 離散連続モデル	6
	2.2.6 間接効用関数から需要関数の導出	6
2.3	本研究の位置づけ	7

2.1 はじめに

本章では、交通需要の予測モデルについて、よく使われる交通需要モデルについて概説し、本研究で用いる交通需要モデルの位置付けについて述べる。

2.2 本研究に関連する交通需要予測モデル

2.2.1 交通需要予測モデルの分類

梶木ら [11] によれば、交通需要予測モデルは次の 3 つの視点で分類できる。

1. 集計型と非集計型
2. 確率型と決定型
3. 同時型と連鎖型

集計型と非集計型について、集計型は、1人1人の交通行動をゾーンの単位で集計し、これをゾーンごとの特徴を表す変数で説明するものである。他方の非集計型は、交通の最小単位である個人を対象に、都市活動や交通サービス、個人の特性を元に個人の交通行動の一部ないし全部を決定する過程を説明するものである。

確率型と決定型について、確率型は、トリップの生起回数、目的地、利用交通手段、経路などの選択の可能性を確率現象として捉え、推定するモデルである。他方の決定型は、それらの可能性を確定的に説明し、推定するものである。

同時型と連鎖型について、同時型は、交通行動全体を同時的に推定するものである。他方の連鎖型は、交通行動をいくつかの段階に分け、前段階の結果を前提としながら、次の段階を推定するものである。

梶木ら [11] によれば、都市交通のマスタープランは集計型-決定型-連鎖型のモデルがほとんどであり、後述する四段階推定法は、この型の組み合わせにあたる。また、梶木ら [11] は、最近では、非集計型-確率型-連鎖型のモデルが交通行動の分析や交通施策に用いられることも多いと指摘する。

2.2.2 四段階推定法

四段階推定法とは、前述の連鎖型のモデルであり、次の 4 段階に分けて予測する。

1. トリップの総量を予測する。
2. トリップの発生ゾーンと集中ゾーンごとのトリップ数を予測する。
3. 発生ゾーンと集中ゾーンごとのトリップについて、どんな交通手段が利用されるかを予測する。

4. 交通手段ごとに、どんな経路が選択されるかを予測する。

2.2.3 集計型手法と非集計型手法

長谷川 [9] は、オンデマンド交通の導入計画策定の支援のために、活動-目的地-交通手段の3段階からなる交通行動モデルを構築し、運行計画の評価法を運行エリア・収益性・交通サービス水準の観点から提案している。その中で、交通手段の選択に対して、多項ロジットモデルを用いている。

森地ら [8] は、非集計型モデルが四段階推定法など、長期的かつ広範囲な交通計画に適用されていない時代に、初めて OD を推定する方法として非集計型モデルを用いた。特に、目的地の選択、及び交通手段の選択に非集計型モデルを用いている。

森川ら [7] は、客観的に計測可能なデータだけではなく、主観的な要因を取り入れて交通行動を分析する方法を非集計型手法を用いて与えている。客観的に計測可能なデータとは、旅行時間、費用、乗り換え回数、意思決定者の性別、免許証の有無などであり、主観的な要因とは、交通機関の信頼性、快適性、利便性などである。ケーススタディーとして、主観的な要因も考慮に入れた非集計型手法を交通機関選択の問題に適用した。交通機関選択には線形構造方程式モデルと離散型選択モデルを用いている。

金森ら (2007)[4] は、四段階推定法のもつ欠点を克服する方法として活動選択を考慮した時間帯別・統合均衡モデルを提案した。交通の発生段階まで統合した確率モデルに、時間帯間の相互干渉を考慮することができる時間帯別均衡配分モデルを組み込んだものである。活動・交通行動のモデルとしては、Nested Logit モデルを用いている。実際に、名古屋都市圏で本モデルを適用し、有効性を確認している。

さらに、金森ら (2009)[5] は、先の研究の改良を行った。具体的には、微小となる交通需要を離散的に取り扱うためのシミュレーション手法の導入、活動場所選択モデルのパラメータ再推定、リンクコスト関数の補正、計算コスト削減を目指した並列処理の導入を行った。

吉田ら [3] は、都市圏規模のトリップ分布量を予測するために、2つの目的地選択モデルを提案し、実証分析を行った。本研究では、選択モデルとして、基本的に多項ロジットモデルを用いている。第一のモデルは、目的地の効用関数が選別の閾値によって切断されることを仮定した選択モデルである。第二のモデルは、選択肢の選別を自らの選択肢サンプリングとみなし、それを内生化する選択モデルである。提案されたこれら2つのモデル、及び従来の手法として、選別を考慮しない集計ロジットモデルと重力モデルを仙台都市圏のトリップ分布予測に使用し、パーソントリップ調査の結果と比較したところ、提案された2つのモデルが、従来の手法よりも優れた精度であることが示された。

2.2.4 交通計画における GIS データの適用

交通計画において国土数値情報（GIS データ）を適用した研究は近年多く見られる ([2], [10], [13]).

前出の長谷川 [9] は、提案した交通行動モデルの中で、GIS データとして、公共交通機関の駅、バス停の位置情報を用いている。

杉尾ら [10] は、GIS データを利用して、バス路線および路線網を評価する指標を用いて、公共交通網の計画支援システムを開発している。

GIS を中山間地域の公共交通計画支援ツールの開発に活用した事例としては、森山ら [6] がある。通計画代替案の評価指標として、採算性だけでなく QOL 指標（集落の生活のしやすさ）、CS 指標（交通システムの利用しやすさ）、EQ 指標（集落間の平等性）を取り入れた。利用頻度予測モデルとしては、離散連続モデルを適用した。

2.2.5 離散連続モデル

福田ら (2013)[12] によれば、離散連続モデルは、離散的な選択行動と連続量に関する選択行動とが部分的に共通の要因によって関連付けられている状況を記述するための行動モデルである。福田ら (2013) は、この離散連続モデルの研究動向に関するレビューを行い、どんな状況でどの離散連続モデルを使用すべきかを説明している。離散連続モデルには、大別すれば、構造型と誘導型があり、これらを折衷した手法も提案されている。構造型はミクロ経済理論より演繹的に導出されたモデルであり、構造型は統計モデルによる現象の直接的記述に主眼を置いたモデルである。

2.2.6 間接効用関数から需要関数の導出

i を個人を表すインデックス、 J を財の選択肢の集合とし、 $j \in J$ とする。さらに、 i の所得が Y_i であり、財 j の価格が p_j 、財 j を x_{ij} だけ消費すると、 i は所得制約

$$\sum_j p_j x_{ij} \leq Y_i \quad (2.1)$$

を受ける。この所得制約下での直接効用関数最大化の結果として得られる効用を間接効用と定義する。間接効用関数 Y_{ij} は次の式で与える。

$$Y_{ij} = Y_{ij}(p_j, Y_i, z_{ij}, s_i, e_{ij}). \quad (2.2)$$

ここに、 z_{ij} は選択肢 j の観測される属性、 s_i は i の社会経済属性、 e_{ij} は非観測特性である。

個人 i は間接効用が最大となる選択肢 j を選択するものとする。 P_{ij} を i が選択肢 j を

選択する確率とする。間接効用関数の最適解は、次のロワの恒等式によって与えられる。

$$x_{ij} = -\frac{\partial Y_{ij}/\partial p_j}{\partial Y_{ij}/\partial Y_i} = g_{ij}(p_j, Y_i, z_{ij}, s_i, e_{ij}). \quad (2.3)$$

この g_{ij} が需要関数を与える。

2.3 本研究の位置づけ

オンデマンドバスの需要の予測には、次の2つの困難がある。

1つ目に、オンデマンドバスの利用の総量が他の交通モードと比較して極めて少ないことである。従って、よく使われるロジットモデルなどを用いて使われる交通手段を推定した場合、オンデマンドバスの利用割合は、推定に使えないくらい小さく見積もられる。

2つ目に、オンデマンドバスが導入されている地域、あるいは、導入が検討されている地域は、人口密度が小さいところが大多数である。そのため、パーソントリップ調査が行われておらず、そのデータを使用できない。

従って、他の交通手段との比較の上で、オンデマンドバスの需要を推計することは困難である。そこで、本研究では、これまでオンデマンドバスが導入された地域のログデータを需要の推計のために用いる。これまでの研究を調べたところ、オンデマンドバスの需要の推計のために、オンデマンドバスの移動ログデータを用いた研究は見つからない。本研究では、四段階推定法の最初の2段階について予測を行う。そのために、オンデマンドバスの移動ログデータ以外に GIS データを用いる。

第 3 章

提案手法

3.1	提案手法の概要	10
3.2	需要推定に使用するデータ	12
	3.2.1 既存運行自治体におけるオンデマンドバスのログデータ	12
	3.2.2 GIS データ	12
3.3	前処理	13
	3.3.1 全体の需要の変動を推計する方法	13
	3.3.2 各 2 ゾーン間の需要推定のための前処理	18
3.4	主処理	20
	3.4.1 各 2 ゾーン間の需要推定	20

3.1 提案手法の概要

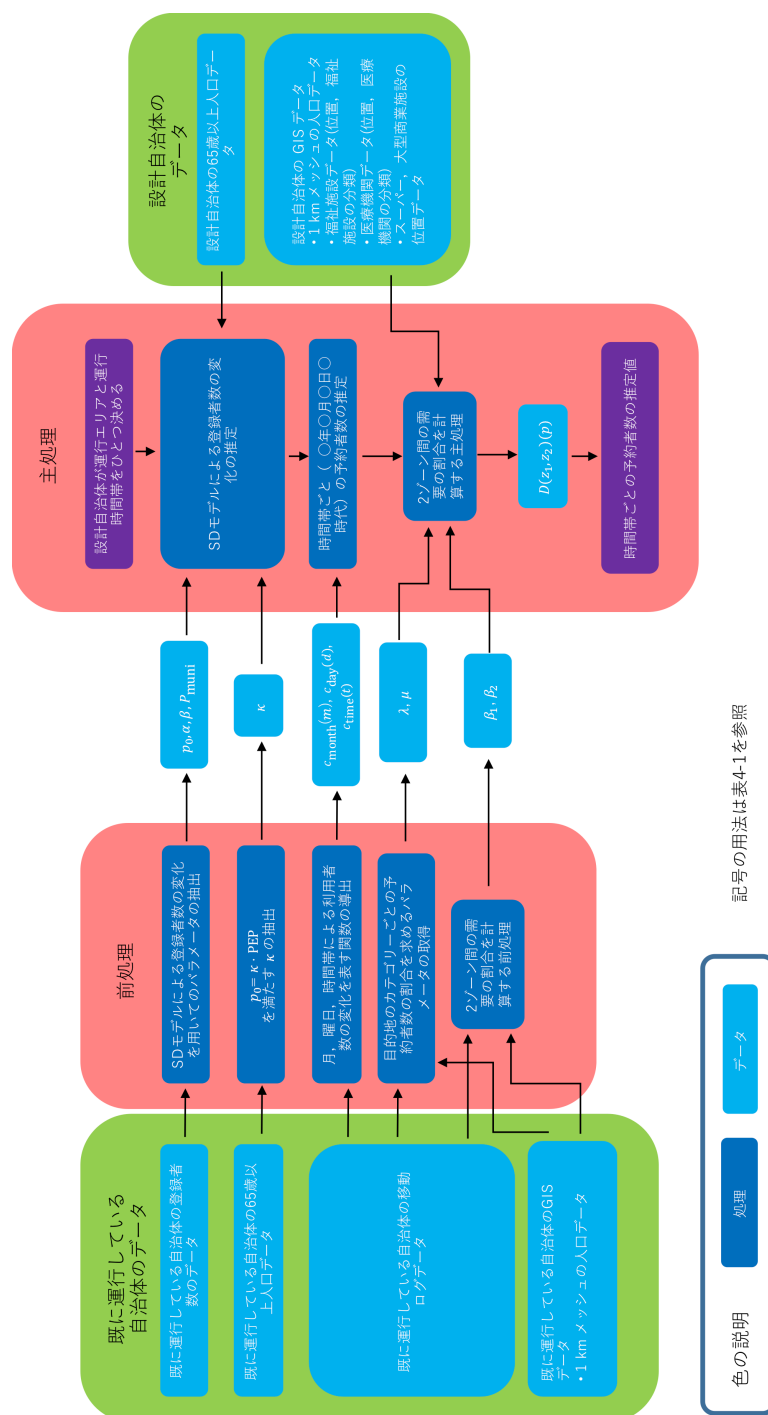


図3-1 需要の推計値を求める手順

本章では、これからオンデマンドバスを導入しようと検討している自治体、及び既に運

表 3-1 記号の用法

記号	説明
p_0	潜在的登録者数
α, β	口コミで情報が住民へ到達する確率を表すパラメータ
P_{muni}	自治体の広報の情報が住民へ到達する確率
PEP	65 歳以上人口 (Population of Elderly Persons)
γ	移動目的のカテゴリ
z_1, z_2	1km メッシュに分割された区画であるゾーン
S	運行エリアの面積
m	月
d	曜日
t	時間帯 (1 時間刻み)

行している自治体に対して、需要を推計する方法を述べる。

地理情報に関する様々な統計データを整理するため、地球上を緯度・経度に基づいたメッシュに分け、その分けられた区域（以下、この区域をゾーンと呼ぶものとする。）にメッシュコードが割り当てられている。メッシュによる分割方法、及びメッシュコードの割り当て方は、「統計に用いる標準地域メッシュおよび標準地域メッシュ・コード」（昭和 48 年 7 月 12 日行政管理庁告示第 143 号）において定められている。このメッシュコードに基づいた様々な国土数値情報が、国土交通省によって公開されている。本研究では、専ら 3 次メッシュと呼ばれる概ね一辺が 1km の正方形に区切られたメッシュを用いる。

本研究の最終的な目標は、設計自治体が運行予定エリアをメッシュコードで与え、さらに運行予定時間帯も与えたとき、日時、時間帯ごとの各 2 ゾーン間でのオンデマンドバスの予約者数の推定値を求めることである。図 3-1 は、その手順を示す。手順は、大きく分けて前処理と主処理からなる。前処理では既にオンデマンドバスを運行している自治体の移動ログデータと GIS データを、主処理では設計自治体の GIS データを用いる。前処理と主処理の両方において、様々な集計は、運行エリア、または運行予定エリアに対して、先に述べた 3 次メッシュに基づき、各 2 ゾーン間で様々なデータを集計する。

すべての処理で用いるデータについては、3.2 節で述べる。前処理については 3.3 節で、主処理については 3.4 節で詳述する。

3.2 需要推定に使用するデータ

3.2.1 既存運行自治体におけるオンデマンドバスのログデータ

需要の推定に用いるパラメータを取り出すため、東京大学のオンデマンドバス・システムを用いて運行している全国 19 市町村のログデータを用いる。ログデータには、移動ログデータ、バス停のデータ、登録者のデータが含まれる。

登録者のデータについては 2009 年 9 月から 2017 年 10 月までの運行されている期間のデータ、移動のログデータについては 2015 年 11 月 1 日から 2017 年 10 月 31 日までのデータを用いる。移動のログデータが存在する自治体は、鳩山市、寄居町、東金市、柏市、山武市、横芝光町、茅ヶ崎市、中井町、高浜町、若狭町、甲州市、海津市、養老町、大野町、玉城町、豊岡市、香芝市、飯塚市、川南町の 19 自治体である。これら 19 自治体の移動のログデータを需要の推計に利用する。

バス停のデータには、バス停の最寄りの施設について、その施設のカテゴリーがラベル付けられている。一例として、次のカテゴリーのラベルが存在する。

- 総合病院
- 診療所
- デイケアサービス
- 都道府県庁・役場
- スーパー
- 大型商業施設

これらのラベルは各自治体の担当者が付けたものである。自治体によっては、バス停データにカテゴリーが付けられていない場合もある。

また、バス停は「自宅」、「共通」、「共通（自宅を含む）」のいずれかに区分されている。「自宅」はある利用者の最寄りのバス停となっているバス停であり、「共通」は、目的地となる施設が最寄りである場合にこのように区分される。なお、「共通（自宅を含む）」は、ある利用者の最寄りのバス停であり、かつ目的地となる施設が最寄りである場合の区分である。

3.2.2 GIS データ

需要、及びキャパシティの推定に、国土交通省が公開する以下の GIS(Geographic Information System) データを用いる。

- 1km メッシュの人口データ

国土交通省国土政策局国土情報課の web サイト*¹では、2010 年の 1km メッシュの人口データ、及び、2020 年から 5 年ごとの 1km メッシュの予想人口データが公開されている。総人口、0-14 歳人口、15-64 歳人口、65 歳以上人口、75 歳以上人口それぞれについてのデータがある。

- 公共施設データ

国土交通省国土政策局国土情報課の web サイト*²では、公共施設のデータが公開されている。このデータには、施設の位置、施設の分類、施設の名称等のデータが含まれる。

- 医療機関データ

国土交通省国土政策局国土情報課の web サイト*³では、医療機関のデータが公開されている。このデータには、医療機関の位置、病院・診療所・歯科診療所の区分等のデータが含まれる。なお、本データには、私設の病院等のデータも含まれる。

3.3 前処理

3.3.1 全体の需要の変動を推計する方法

オンデマンドバスの登録者の変化を推定する方法

自治体によって、オンデマンドバスサービスの利用登録者の変化は異なる（図 3-3）。初めて、オンデマンドバスサービスを導入する自治体や既に導入している自治体において、これから登録者数がどのように変化していくかを捉えたい。そのために、システム・ダイナミックス・モデルを用いて変化の様子をモデル化し、これまでの登録者数のデータを用いてモデルのパラメータを推定する。

Borshchev ら [1] は、System Dynamics Modeling, Discrete Event Modeling, Agent Based Modeling を比較し、System Dynamics Modeling と Discrete Event Modeling から、いかに Agent Based model を構築できるかを示した。この研究の中で、伝統的、かつ教科書的なモデルの例として、bass diffusion と呼ばれる現象を取り上げている。図 3-2 はそのモデルを示す。このモデルは、何らかの商品などが、宣伝と口コミによって人々に知られていく現象を説明する。

このモデルをそのままオンデマンドバス・サービスが拡散していく現象に適用する。図 3-4 は、潜在的登録者（Potential Registrants, サービスを知れば利用する人）が登録者（Registrants）になる遷移を示したものである。潜在的登録者が登録するには、何らかの方法でオンデマンドバス・サービスに関する情報を知る必要がある。ここでは、自治体に

*¹ <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-mesh1000.html> (2018 年 12 月 18 日閲覧)

*² http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/old/old_datalist.html (2018 年 12 月 18 日閲覧)

*³ <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/jpgis/datalist/KsjTmplt-P04.html> (2018 年 12 月 18 日閲覧)

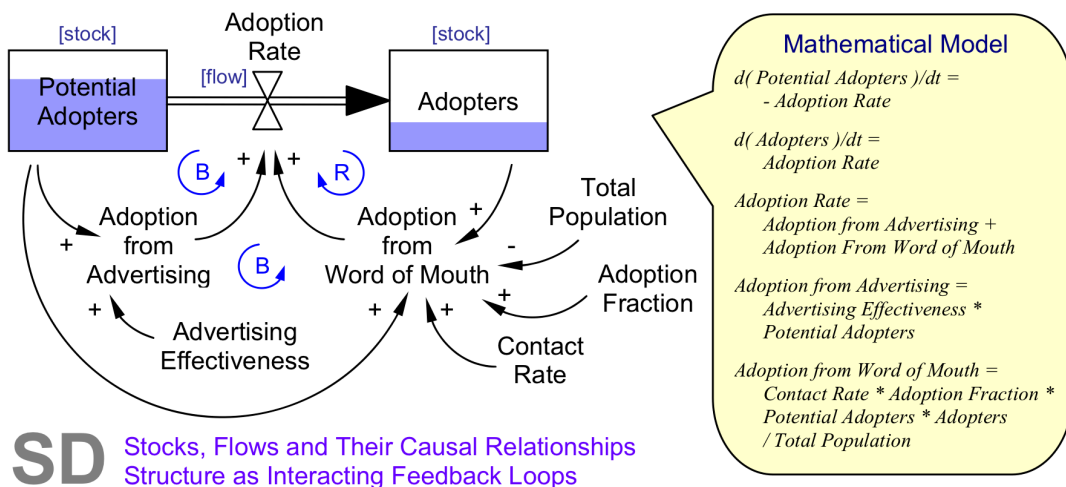


図 3-2 Borshchev et al. ら [1] による bass diffusion と呼ばれる現象のシステム・ダイナミクス・モデル

よる広報に触れる可能性と、口コミで情報に触れる可能性を考える。

モデルを表現するための記号を導入する。 m ($m = 0, 1, 2, \dots$) を月を表すインデックスとする。 p_m を月 m における潜在的登録者数, r_m を月 m における登録者数, s_m を月 m までの登録者数の和とする。 P_{muni} を住民が自治体のオンデマンドバスに関する広報に触れる確率, $P_{\text{wm}}(m)$ を月 m に潜在的登録者がオンデマンド・バス・サービスに関する情報を口コミで知る確率とする。すると, 次の漸化式によって潜在的登録者数, 登録者数, 登録者数の和の関係が表される。

$$r_m = p_m(P_{\text{muni}} + P_{\text{wm}}(m) - P_{\text{muni}}P_{\text{wm}}(m)), \quad (3.1)$$

$$p_m = p_{m-1} - r_{m-1}, \quad (3.2)$$

$$s_m = s_{m-1} + r_{m-1}. \quad (3.3)$$

さらに, s_m が潜在登録者数 p_0 を超えないように, 制約条件

$$s_m \leq p_0 \quad (3.4)$$

を設ける。

集合 U を自治体の住民全体の集合, 集合 A_m は月 m にオンデマンドバス・サービスを知っている住民の集合とする。すると, 登録者の集合, 潜在的登録者の集合, A_m の包含関係は, 図 3-5 のようになる。

さらに, 住民 $i, j \in U$ に対して, P_{ij} を住民 j が住民 i からオンデマンドバス・サービスの情報を知らされる確率とする。ただし, 住民 j が住民 i を知らない場合は, $P_{ij} = 0$ である。もし, 住民 i が潜在的登録者であり, かつ, 住民 j が A_m に属する場合, 住民 i は確率 P_{ij} でオンデマンドバス・サービスを知ることになる。また, 住民 i が潜在的登録者であるが, 住民 j がオンデマンドバス・サービスを知らない場合, すなわち $j \notin A_m$ の

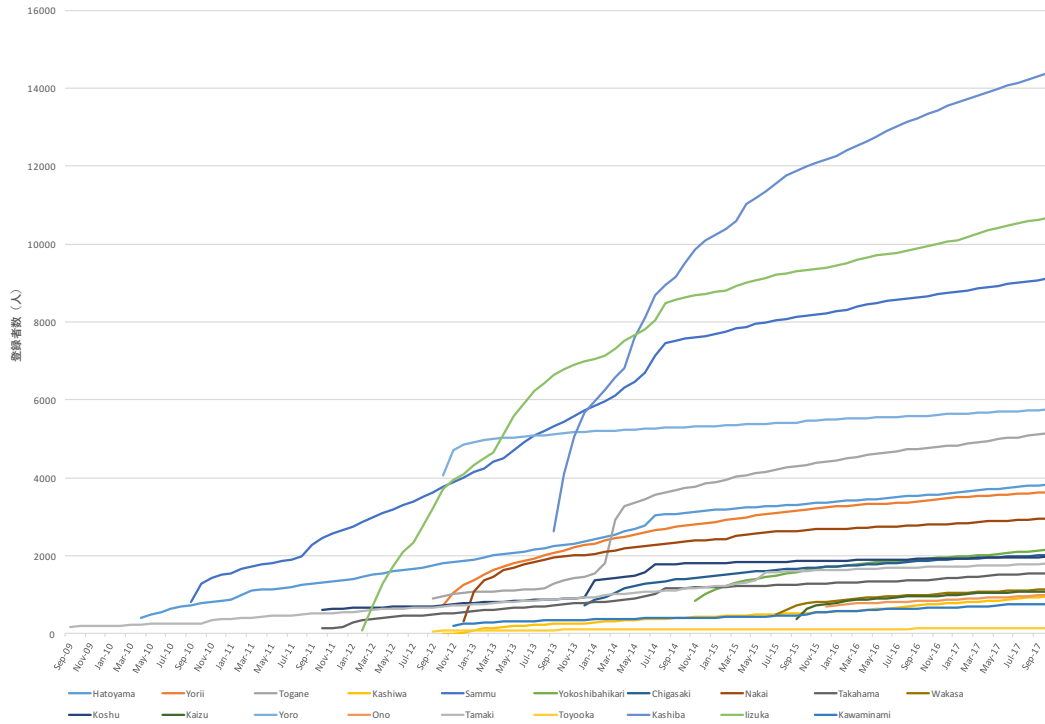


図 3-3 各自治体における登録者数の変化

場合、住民 i がオンデマンドバス・サービスを知ることはない。従って、住民 i がオンデマンドバス・サービスを知る確率は、

$$1 - \left(\prod_{j \in A_m} (1 - P_{ij}) \right) \quad (3.5)$$

と表される。

しかしながら、 P_{ij} を知ることは難しいので、オンデマンドバス・サービスを知っている人が、そのサービスを知らない人にサービスに関する情報を伝える確率が \bar{P} であると仮定する。すると、月 m にオンデマンドバス・サービスを知っている住民の人数 $n_i(m)$ (すなわち、集合 A_m の要素の個数) を用いて、確率 (3.5) は、

$$1 - (1 - \bar{P})^{n_i(m)} \quad (3.6)$$

と表される。さらに、 $n_i(m)$ は s_m に比例すると推定されることから、 $n_i(m) = \beta s_m$ と書ける。また、 $\alpha := 1 - \bar{P}$ とおくと、確率 (3.6) は、

$$P_{wm}(m) = 1 - \alpha^{\beta s_m} \quad (3.7)$$

と表される。

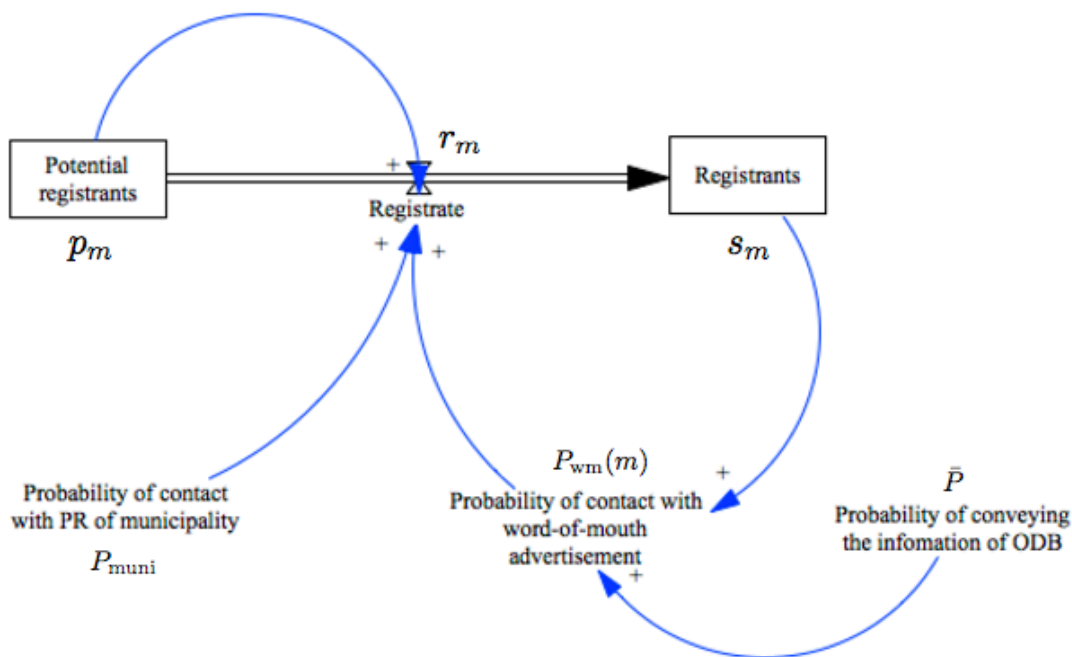


図 3-4 ODB サービスへの登録者の変化を表すシステム・ダイナミックス・モデル

以上、式 (3.1) から (3.3), 及び、式 (3.7) を用いて登録者の変化をシミュレートする数列が得られる。このシミュレーションのパラメータは、 $p_0, \alpha, \beta, P_{\text{muni}}$ である。この 4 つのパラメータから得られる数列と実際の登録者数の変化のデータを次の平均二乗誤差 (MSE, mean square error) を用いて評価する。

$$\text{MSE} = \frac{1}{M} \sum_{m=0}^M (s_m - a_m)^2. \tag{3.8}$$

ただし、 a_m は月 m における実際の登録者数を表す。

潜在登録者数と 65 歳以上の人口との関係の回帰分析

オンデマンドバスは高齢者の利用が多い。(※各自治体における高齢者の割合を示すデータを挿入する。)そこで、65 歳以上の人口に着目し、回帰分析を行う。

3.3.1 節のシステム・ダイナミックス・モデルで用いたパラメータのうち、潜在登録者数 p_0 は 65 歳以上の人口に概ね比例すると推定される。そこで、65 歳以上の人口 PEP(Population of Elderly Persons) を目的変数、潜在登録者数 p_0 を説明変数とした回帰分析をすべての自治体において行う。すると、次の回帰式が得られる。

$$p_0 \approx \kappa \cdot \text{PEP}. \tag{3.9}$$

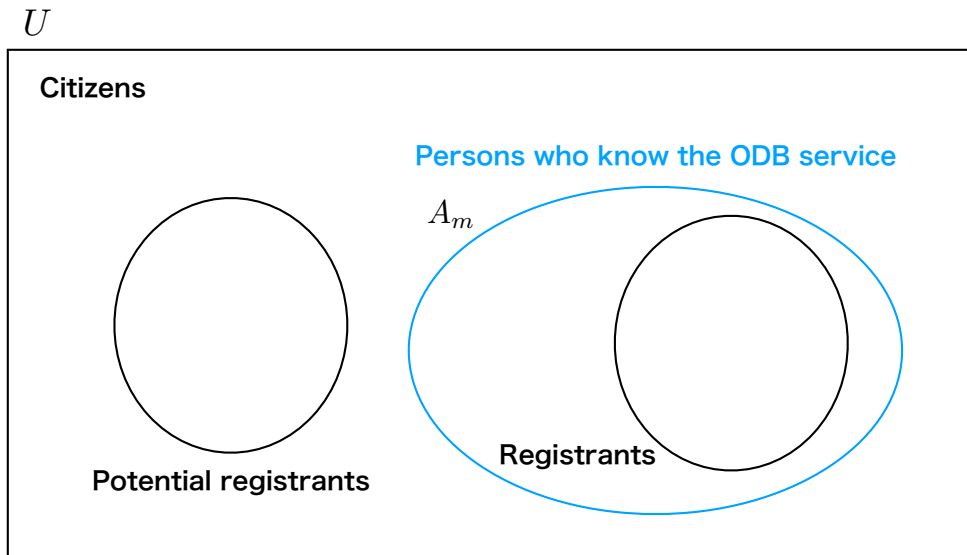


図 3-5 各変数に対応する集合の包含関係

月・曜日・時間ごとの予約者数を導出する方法

オンデマンドバスの利用者数の、月、曜日、時間帯による変動を、全データから抽出する。既にオンデマンドバスを運行している各自治体について、 m 月の 1 日あたりの平均予約者数を目的変数、その月の登録者数を説明変数として、線型回帰分析を行う。これにより、

$$(m \text{ 月の 1 日あたりの平均予約者数}) \approx (\text{各自治体の月係数}) \times (m \text{ 月の登録者数})$$

をみたく各自治体の月係数を求める。さらに、全自治体の月係数の平均値を $c_{\text{month}}(m)$ と書き、単に月係数ということとする。

また、既にオンデマンドバスを運行している全自治体の曜日 d の 1 日あたりの平均予約者数を年間の 1 日あたりの予約者数の平均で割ったものを、曜日 d の曜日係数と定義する。さらに、全自治体の曜日 d の曜日係数の平均値を $c_{\text{day}}(d)$ と書き、単に曜日係数ということとする。

さらに、運行時間帯を 1 時間ごとに区切ってインデックスを付け、それを t とする。各自治体の時間帯 t における平均予約者数を年間の 1 日あたりの予約者数の平均で割ったものを、その自治体における時間帯 t の時間帯係数と定義する。さらに、全自治体の時間帯 t の時間帯係数の平均値を $c_{\text{time}}(t)$ と書き、単に時間帯係数ということとする。

以上で定義した月係数、曜日係数、時間帯係数を用いて、 m 月かつ曜日が d である日の

時間帯 t における予約者数を

$$N_{\text{reservation}}(t) = N_{\text{registrants}}(m) \times c_{\text{month}}(m) \times c_{\text{day}}(d) \times c_{\text{time}}(t) \quad (3.10)$$

と推定する。ただし、 $N_{\text{registrants}}(m)$ は、各自治体における m 月の登録者数である。

3.3.2 各 2 ゾーン間の需要推定のための前処理

カテゴリー別・距離別の予約者数の割合を導出する方法

カテゴリー別・距離別の予約者数の割合を導出する方法について説明する。

オンデマンドバスのログデータでは、オンデマンドバスの出発地、到着地をバス停として定めており、各登録者に対して、自宅の最寄りのバス停が登録されている。また、各バス停には、最寄りの施設のカテゴリーが登録されている。それらのカテゴリーの中から、特に高齢者の利用が多いと思われる次の施設を選択する。

- 総合病院
- 診療所
- デイケアサービス
- 都道府県庁・役場
- スーパー
- 大型商業施設

これらのカテゴリーの集合を C とおく。以後、移動のログデータの出発地、到着地のいずれかが自宅であり、もう一方がこれらの施設のうちのひとつであるものについて、予約者数の割合を導出する方法を与える。他に、出発地、到着地の両方が自宅でないものもあるが、これらは集計から外す。

次に、この集計で用いる場所と距離の扱い方について説明する。後に予約者数の割合の推定を行う際の便を考慮して、集計は世界測地系による 1km メッシュで行う。ここで、1km メッシュに切られた各正方形をゾーンということとし、ゾーンの集合を Z と表す。自宅と施設の場所の情報については、実際の場所ではなく、各ゾーンの中心点に対応させ、2点の中心点のユークリッド距離を用いる。

さらに、 $\gamma \in C$ をカテゴリーとし、カテゴリー γ に属する施設の集合を I_γ とする。施設 $i \in I_\gamma$ に対して、利用者 n が施設 i を選択する確率 $P_n(i)$ とする。ここでは確率 $P_n(i)$ を求める方法について述べる。この選択のモデルとして、本研究では多項ロジットモデルを用いる。多項選択ロジットモデルにおいては、利用者 n が施設 i を選択する場合の効用が

$$U_n(i) = V_n(i) + \varepsilon_n(i) \quad (3.11)$$

によって表される。ただし、 $V_n(i)$ は確定項であり、 $\varepsilon_n(i)$ はランダム項である。ランダム項 $\varepsilon_n(i)$ がガンベル分布に従うと仮定する場合の選択モデルが多項ロジットモデルであ

る。効用 $U_n(i)$ が最大である施設 i を各利用者 n が選択する場合、そのときの選択確率 $P_n(i)$ が

$$P_n(i) = \frac{\exp V_n(i)}{\sum_{j \in I_\gamma} \exp V_n(j)} \quad (3.12)$$

によって表される。ここで、確定項 $V_n(i)$ は、利用者 n の自宅と施設 i との距離 d を用いて、

$$V_n(i) = \beta_1 + \beta_2 d \quad (3.13)$$

によって表されるものと仮定する。具体的には、 β_1 はオンデマンドバスを乗る前と降りた後の煩わしさを表す負の効用である。また、 β_2 はオンデマンドバスでの移動中に感じる不快感を表す負の効用であり、ここでは乗車距離 d に比例するものと仮定する。利用者 n の自宅と施設 i との距離を表す d について、実際の計算では、利用者 n の自宅の属するゾーンと施設 i が属するゾーンの中心間の距離で近似する。

ここで用いたパラメータ β_1, β_2 の推定には尤度関数を用いられる。尤度関数は、

$$\prod_n \prod_i P_n(i)^{\delta_n(i)} \quad (3.14)$$

であり、尤度関数が最大となるパラメータ β_1, β_2 が最適なパラメータとなる。ここに、 $\delta_n(i)$ は利用者 n が施設 i を選択した場合には値 1 を、それ以外の場合は値 0 をとる。実際の計算では、対数尤度関数

$$\sum_n \sum_i \delta_n(i) P_n(i) \quad (3.15)$$

を用いる。

得られたパラメータ β_1, β_2 は、オンデマンドバスに乗る行為そのものによって決まるものであり、目的地の施設のカテゴリーや、自治体には依存しないものと推定される。そこで、得られたパラメータ β_1, β_2 それぞれの平均値を、需要推計の計算に用いる。

カテゴリーごとの予約者数を推定するためのパラメータの抽出方法

カテゴリーごとの予約者数を推定するためのパラメータの抽出方法について説明する。ここでは、カテゴリーごとの予約者数が、運行エリアの登録者数とそのカテゴリーの施設の数に関係するものと仮定する。

カテゴリー $\gamma \in C$ においてオンデマンドバスを予約した人の 1 年間の人数を $N_{\text{reservation}}$ 、登録者数 $N_{\text{registrants}}$ とする。また、1 年間の予約者数については、オンデマンドバスを運行する自治体の移動ログのデータを用いる。オンデマンドバスの移動ログは 2015 年 11 月 1 日から 2017 年 10 月 31 日までのものを用いるため、前半の 1 年間

と，前半の1年間に分けて求める．さらに，その運行エリアにおける $\gamma \in C$ の施設数を n_γ とする．

このとき，

$$\frac{N_{\text{reservation}}}{N_{\text{registrants}}} \approx \lambda_\gamma \cdot n_\gamma^{\mu_\gamma} \quad (3.16)$$

となるものと仮定する．ここで用いたパラメータ λ_γ , μ_γ を求めるため，式 (3.16) の対数をとって，重回帰分析を行う．

3.4 主処理

本節では，以上の分析結果を利用して，これから運行を検討する自治体を含めて，運行エリア，または運行予定エリアにおける当面数年間の予約者数を推定する方法を示す．

3.4.1 項では，予約者数を推定するために準備するデータについて，3.4.1 項では，各2ゾーン間における予約者数を推定する方法について述べる．

3.4.1 各2ゾーン間の需要推定

準備するデータとその集計方法

まず，設計自治体について，運行エリアをひとつ選び，運行エリアに属するゾーンについて3.2.2 項に挙げた GIS データを準備する．そのデータから，メッシュ z の65歳以上の人口データ PEP_z を計算する．また，カテゴリ $\gamma \in C$ について，ゾーン z に属するカテゴリ γ の施設の個数 $n_\gamma(z)$ を求める．

各2ゾーン間におけるカテゴリごとの予約者数の割合を推定する方法

2つの目的地が含まれるゾーン $z_1 \in Z$ と自宅が含まれるゾーン $z_2 \in Z$ における目的地がカテゴリ $\gamma \in C$ にラベル付けられた移動の予約者数の割合を推定する方法を述べる．

まず，ゾーン z_1 が目的地の施設が属するゾーン，ゾーン z_2 が自宅の属するゾーン， Z をすべてのゾーンの集合とする．ゾーン z の中の， $\gamma \in C$ に属する施設の数 $n_\gamma(z)$ とする．また，式 (3.16) の回帰分析によって得られたパラメータ λ , μ の値は，いずれも γ によって定まるため，それぞれ λ_γ , μ_γ と表す．ゾーン z における65歳以上の人口を PEP_z とすると，2ゾーン z_1 と z_2 において，

$$\tilde{D}_\gamma(z_1, z_2) = \frac{\exp n_\gamma(z_1) V(z_1)}{\sum_{z \in Z} \exp n_\gamma(z) V(z)} \cdot \lambda_\gamma \cdot n_\gamma^{\mu_\gamma} \cdot PEP_{z_2} \quad (3.17)$$

とする。ただし、

$$V(z) = \beta_1 + \beta_2 \text{Dist}(z, z_2), \quad (3.18)$$

$$n_\gamma = \sum_{z \in Z} n_\gamma(z) \quad (3.19)$$

である。さらに、

$$\text{Sum} = \sum_{z_1, z_2} \tilde{D}_\gamma(z_1, z_2) \quad (3.20)$$

とにおいて、

$$D_\gamma(z_1, z_2) = \frac{\tilde{D}_\gamma(z_1, z_2)}{\text{Sum}} \quad (3.21)$$

により、目的地が含まれるゾーン $z_1 \in Z$ と自宅が含まれるゾーンにおける推計された需要の割合を計算する。

当面数年間における登録者数、予約者数を推定する方法

3.3.1 項では、システム・ダイナミクス・モデルにより、登録者の変化を推定するモデルを与えた。同モデルで用いたパラメータは、 p_0 , α , β , P_{muni} であった。このうち、口コミによる情報の伝搬確率 P_{wm} は α , β をパラメータとしており、 α , β の両方のパラメータに関して単調減少である。また、 P_{muni} は自治体の広報から情報を得る確率であり、自治体の努力次第でこの確率を高められる。さらに、 p_0 は回帰式 (3.9) に従うのであった。そこで、 p_0 は係数 κ を用いて推定し、 α , β , P_{muni} の3つのパラメータについては、それらの最小値と最大値を用いてシステム・ダイナミクス・モデルを適用する。これによって、最も登録者数が伸びる場合の変化と、最も登録者数が伸びない場合の変化が求められる。そこで、月を表すインデックスを m として、月 m における登録者数の最大値、最小値をそれぞれ $N_{\text{registrants}}^{\max}(m)$, $N_{\text{registrants}}^{\min}(m)$, また、平均値を $N_{\text{registrants}}^{\text{avg}}(m)$ と表す。

また、月係数、曜日係数、時間帯係数を用いれば、式 (3.10) によって、時間帯 t における予約者数を推定することができる。各日の時間帯 t における予約者数の上限、下限、及び平均値は、それぞれ

$$N_{\text{reservation}}^{\max}(t) = N_{\text{registrants}}^{\max}(m) \cdot c_{\text{month}}(m) \cdot c_{\text{day}}(d) \cdot c_{\text{time}}(t) \quad (3.22)$$

$$N_{\text{reservation}}^{\min}(t) = N_{\text{registrants}}^{\min}(m) \cdot c_{\text{month}}(m) \cdot c_{\text{day}}(d) \cdot c_{\text{time}}(t) \quad (3.23)$$

$$N_{\text{reservation}}^{\text{avg}}(t) = N_{\text{registrants}}^{\text{avg}}(m) \cdot c_{\text{month}}(m) \cdot c_{\text{day}}(d) \cdot c_{\text{time}}(t) \quad (3.24)$$

と表される。

これらに、2ゾーン間の予約者の割合の推定値 $D(z_1, z_2)$ を掛けることによって、時間帯 t における各2ゾーン間の予約者数の推定値の上限、下限、平均値が求められる。

第4章

ケーススタディー

4.1	はじめに	24
4.2	前処理の計算結果	24
	4.2.1 全体の需要の変動を推計した結果	24
	4.2.2 各2ゾーン間の需要を推定した結果	25
4.3	東金市における各2ゾーン間の需要推計	29
	4.3.1 需要推計の結果	29
	4.3.2 需要推計の評価	36

4.1 はじめに

本章では、前章で述べた提案手法に基づいてケーススタディーを行なった結果を述べる。4.2節では、これまでオンデマンドバスが導入された自治体における登録者、バス停、移動ログのデータから取得した需要予測に必要なパラメータについて、取得した値の結果を述べる。これは提案手法における前処理に相当する。

4.3節では、前処理で取得したパラメータを用いて、東金市における需要を予測する。これは提案手法における主処理に相当する。

4.2 前処理の計算結果

4.2.1 全体の需要の変動を推計した結果

オンデマンドバスの登録者の変化を推定した結果

3.3.1項では、登録者数の変化を推定するためのシステム・ダイナミクス・モデルを与えた。このモデルは、 α , β , P_{muni} , p_0 の4つのパラメータを含む。本節では、東京大学のシステムを用いてオンデマンドバスを運行している全国の19自治体について、各自治体におけるオンデマンドバス・サービスの登録者数の変化に最もフィットする4つのパラメータを求めた。その結果を表4-1に示す。なお、実データに最もフィットする登録者数の変化については、付録A.1に示した。

表4-1のうち、 α については、 5.60×10^{-11} を外れ値として取り除き、残りのものの最大値、最小値、平均値を求めた。 β については、 2.99×10^{-13} を採用した。 P_{muni} については、すべての最大値、最小値、平均値を求めた。

それらの値を用いて、東金市についてシミュレーションした結果を図4-1に示す。

潜在登録者数と65歳以上の人口との関係を回帰分析した結果

式(3.9)におけるパラメータ κ を求める。 κ を求めるため、各自治体におけるバス停の位置データを用いて、各バス停が含まれるゾーンの地域メッシュ・コード*1を求め、バス停が含まれるすべてのゾーンの65歳以上の人口を足し上げた。「国土数値情報 将来推計人口メッシュ (H26国政局推計)」では、各ゾーンの2010年における実際の人口と、2050年の推計人口のデータしか含まれていない。それに対して、オンデマンドバスの移動ログデータは、2015年11月1日から2017年10月31日までのデータであるため、この年あたりの人口を推計しなければならない。そこで、2010年から2015年まで、一定の割合で

*1 地域メッシュ・コードの定義方法は、

<http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kougyo/mesh/2003/kaisetsu/pdf/gaiyo1.pdf>
を参照した。

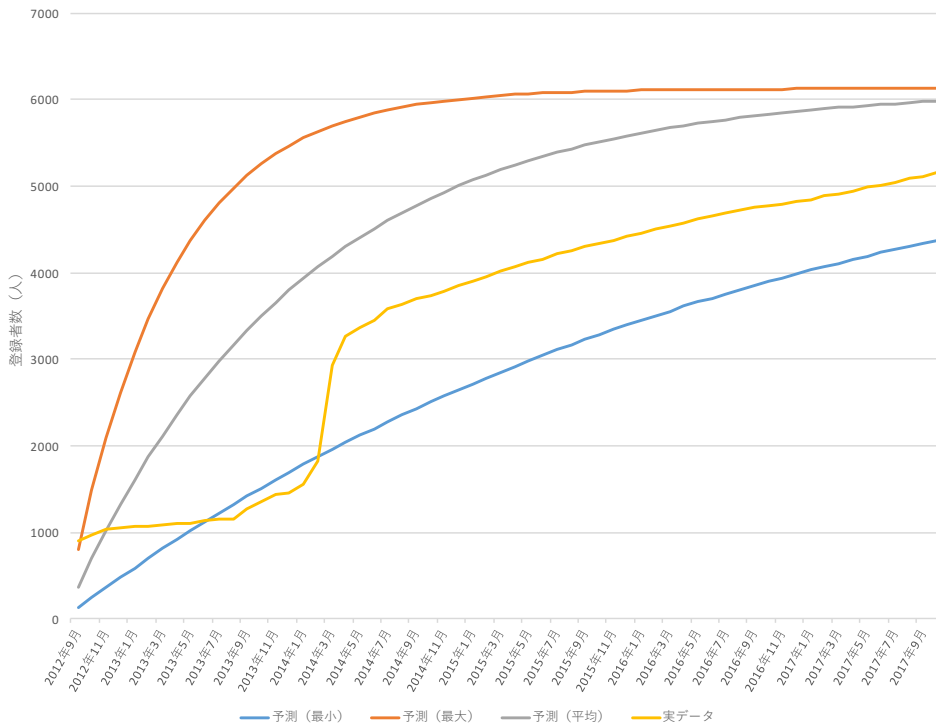


図 4-1 東金市におけるシステム・ダイナミクス・モデルによる登録者数の変化のシミュレーション結果

人口が増加するものと仮定して、2016年の人口を推計した。式(3.9)におけるPEPとして、各自治体における2016年の65歳以上の推計人口を用いた。

なお、当該、将来推計人口メッシュは補正の処理がされているため、人口は整数値ではなく、小数値のデータとなっている。そのため、表4-2の人口も小数値のままとした。

これらの人口PEPを説明変数、表4-1で得られた潜在登録者数 p_0 を目的変数として回帰分析を行うことにより、図4-2の回帰直線が得られた。また、パラメータ κ の値は0.35419658と求められた。なお、決定係数 R^2 は0.787143161であった。

4.2.2 各2ゾーン間の需要を推定した結果

オンデマンドバスの移動ログデータを分析した自治体について

オンデマンドバスのログデータを入手できた自治体における運行体系を調べた結果が表4-3である。この表が示すように、運行区域や運行方法に制限が設けられている自治体や、ゾーン料金制が取られている自治体もある。そのような自治体を分析に使うと、正しくパラメータが得られない。そこで、3.3.2項で述べたカテゴリーごとの予約者数を推定するためのパラメータの抽出には、鳩山市、寄居町、東金市、柏市、横芝光町、茅ヶ崎市、中井町、海津市、養老町、大野町、玉城町、香芝市、川南町のみデータを用いた。

表 4-1 登録者数の実データに最もフィットするパラメータ

	α	β	P_{muni}	p_0	MSE
Hatoyama	0.001473984	2.99E-13	0.02511167	3822	55130.59341
Yorii	4.45E-04	2.99E-13	0.06290066	3623	42891.88525
Togane	0.001519984	2.99E-13	0.041409656	5273	185625.5323
Kashiwa	0.002679979	2.99E-13	0.02589967	946	4114.098361
Sammu	0.002208983	6.03E-11	0.02813157	9083	454893.7442
Yokoshibahikari	0.001249986	2.99E-13	0.13280065	2134	35025.47222
Chigasaki	5.98E-04	2.99E-13	0.10900065	2007	30281.85106
Nakai	0.001159986	2.99E-13	0.08790065	2941	51251.76271
Takahama	5.80E-04	2.99E-13	0.031200657	1596	5470.547945
Wakasa	0.001346985	2.99E-13	0.2100007	1123	9008.571429
Koshu	5.56E-04	2.99E-13	0.043200668	1973	43443.9863
Kaizu	0.001389985	3.41E-08	0.31000066	1082	15983.53846
Yoro	7.00E-04	7.00E-04	0.7089003	5736	196093.7377
Ono	0.011649991	8.84E-07	0.4980005	981	12894.43478
Tamaki	6.02E-04	2.99E-13	0.018279668	1794	36957.37755
Toyooka	5.60E-11	2.99E-13	0.099000655	136	247.4193548
Kashiba	3.56E-04	2.99E-13	0.07589065	14310	434589.84
Iizuka	0.001759982	3.71E-10	0.04608269	10627	34765.21739
Kawaminami	9.50E-04	2.99E-13	0.038000673	764	6072.583333

移動ログにおける予約とみなすレコードについて

オンデマンドバスの移動ログデータには、検索操作、予約確定、キャンセル、友達乗り合わせの検索操作・確定操作、キャンセル操作などの記録が付けられている。このうち、検索のみして予約の確定に至らなかったレコードは需要とみなし、予約者数としてカウントした。一方、予約が確定したのちに、予約者が自らキャンセルしたレコードについては、予約者数としてカウントしないものとした。

カテゴリ別・距離別の予約者数の割合を導出するためのパラメータの取得結果

3.3.2 項の手法に従って、パラメータ β_1 と β_2 の最適値を計算した。

ここで、パラメータ β_1 , β_2 の求め方の手順について述べる。まず、 β_1 , β_2 の初期値をそれぞれ 0, 0 とする。さらに、 $\Delta\beta_1$, $\Delta\beta_2$ をそれぞれ 10, 10 とする。 β_1 の値を $\beta_1 - \Delta\beta_1$, $\beta_1 - \Delta\beta_1/10$, β_1 , $\beta_1 + \Delta\beta_1/10$, $\beta_1 + \Delta\beta_1$ の 5 通りで、 β_2 の値を $\beta_2 - \Delta\beta_2$,

表 4-2 各自治体における 65 歳以上の人口

自治体名	65 歳以上人口	潜在登録者数 p_0	p_0 の予測値	残差
鳩山市	6284.040394	3822	2225.785617	1596.214383
寄居町	8941.582839	3623	3167.078063	455.9219374
東金市	17150.12625	5273	6074.516067	-801.5160667
柏市	11930.24772	946	4225.652943	-3279.652943
山武市	18763.92448	9083	6646.117881	2436.882119
横芝光町	8579.466328	2134	3038.817633	-904.8176328
茅ヶ崎市	13964.41815	2007	4946.149152	-2939.149152
中井町	7932.090732	2941	2809.519411	131.4805894
高浜町	2936.477724	1596	1040.090368	555.9096325
若狭町	4745.562033	1123	1680.861843	-557.8618429
甲州市	8977.114081	1973	3179.663107	-1206.663107
海津市	9645.274446	1082	3416.323223	-2334.323223
養老町	9694.636416	5736	3433.807064	2302.192936
大野町	6759.53961	981	2394.205813	-1413.205813
玉城町	6603.677244	1794	2338.999896	-544.9998962
豊岡市	1648.356323	136	583.8421725	-447.8421725
香芝市	18336.45835	14310	6494.710839	7815.289161
飯塚市	35767.16594	10627	12668.60786	-2041.607857
川南町	4420.907429	764	1565.870292	-801.8702925

$\beta_2 - \Delta\beta_2/10$, β_2 , $\beta_2 + \Delta\beta_2/10$, $\beta_2 + \Delta\beta_2$ の 5 通りで動かし, β_1 と β_2 の値の対として, 計 25 個の対数尤度関数を比較する. この中で最も対数尤度関数の大きい β_1 , β_2 を選ぶ. また, $\beta_1 \pm \Delta\beta_1/10$ が対数尤度関数の最大値を与えた場合は, $\Delta\beta_1$ を $\Delta\beta_1/10$ に, $\beta_2 \pm \Delta\beta_2/10$ が対数尤度関数の最大値を与えた場合は, $\Delta\beta_2$ を $\Delta\beta_2/10$ に更新する. ただし, $\Delta\beta_1$ と $\Delta\beta_2$ の最大値はともに 10^{-7} とする. このアルゴリズムに従って β_1 , β_2 が変化しなくなるまで, この計算を繰り返し, それ以上対数尤度関数が小さくならなくなった β_1 と β_2 を最適なパラメータとして取り出す. なお, 10 万回, この計算を繰り返しても計算が止まらない場合は, パラメータが得られないものと判断する.

以上の通り, パラメータ β_1 と β_2 の値を計算した. パラメータ β_1 に関する結果を表 4-4 に, パラメータ β_2 に関する結果を表 4-5 に示す. ただし, 値が得られなかったものは空欄とした. β_1 と β_2 の値が得られなかった原因としては, バス停にカテゴリーがラベル付けされていないこと, 及び, そのカテゴリーの移動データが少な過ぎることが考えられる.

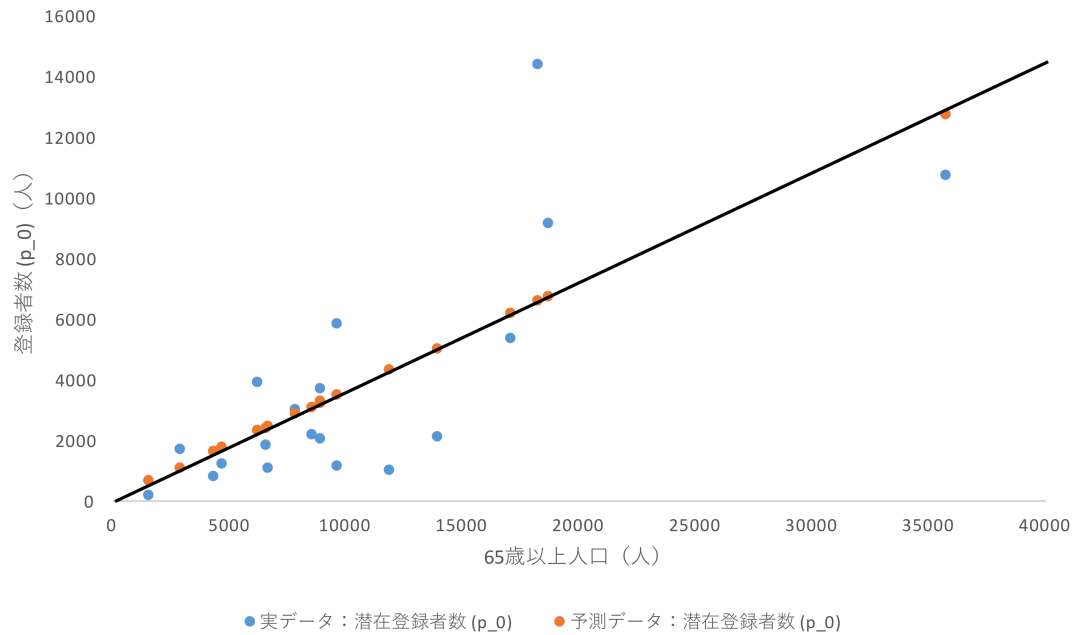


図 4-2 人口 PEP と潜在登録者数 (p_0) の回帰直線

これらの値の平均値を取り， β_1 と β_2 の値をそれぞれ -7.443377047 ， -9.490081151 として，主処理の計算に用いた。

カテゴリごとの予約者数を推定するためのパラメータの抽出結果

カテゴリごとの予約者数を推定するため，式 (3.16) を用いる。この式に含まれるパラメータ λ_γ ， μ_γ を推定するが，実際の重回帰分析には，この式の対数をとった次の式を用いる。

$$\log N_{\text{reservation},\gamma} - \log N_{\text{registrants},\gamma} \approx \log \lambda_\gamma + \mu_\gamma \log n_\gamma. \quad (4.1)$$

表 4-6 から表 4-11 までは，重回帰分析の結果である。重回帰分析の結果，総合病院，デイケアサービス，都道府県庁・役場，大型商業施設については， μ_γ の t 値の絶対値が 2 より小さくなり，施設数 n との相関が小さいと判断される。そこで，施設数 n のデータを取り除き， $\log N_{\text{reservation}} - \log N_{\text{registrants}}$ の平均値を求めた。この平均値は， $\log \lambda_\gamma$ に近似される。すなわち，

$$\log N_{\text{reservation}} - \log N_{\text{registrants}} \approx \log \lambda_\gamma. \quad (4.2)$$

以上で求めた λ_γ ， μ_γ の値，及び，総合病院，デイケアサービス，都道府県庁・役場，大型商業施設に関する $\log N_{\text{reservation}} - \log N_{\text{registrants}}$ の平均値をまとめたものが，表 4-12 である。

表 4-3 各自治体におけるオンデマンドバスの運行体系

自治体名	運賃	特記事項
鳩山市	¥100	・ 埼玉医大便のみ500円
寄居町	¥300	
東金市	¥400	
柏市		・ 区域制の料金体系であり、同区域は300円、他区域は500円
山武市	¥300	・ 蓮沼・松尾地域、山武地域、成東地域のそれぞれの地域内を運行する。 ・ 山武市役所、さんむ医療センターの2施設に限り、地域外からも乗合タクシーで直接移動することができる。
横芝光町	¥300	
茅ヶ崎市	¥100	・ 小出地区限定
中井町	¥200	
高浜町	¥300	・ 運転免許証を返納された方は150円
若狭町	¥300	
甲州市	¥200	・ デマンドバス定時運行あり ・ 甲州市塩山地域を5エリアに分け、各運行エリアの中を運行する。
海津市	¥300	・ 運転免許証自主返納者は150円 ・ 回数券あり ・ 平成28年10月1日からエリアによる料金設定を廃止した。
養老町	¥200	
大野町	¥300	・ 大野デマンドタクシー揖斐厚生病院直行便「あいのりくんプラス」を平成30年10月1日から運行した。
玉城町	¥0	
豊岡市	¥300	・ 1日3往復6便（利用対象地域（結・戸島・楽々浦・飯谷）と城崎町中心市街地の間のみ） ・ 1年間のみの実験
香芝市	¥200	
飯塚市	¥300	・ 回数券あり、障害者割引あり ・ 8つの地区の各地区内と限られた地区外のバス停のみ利用可能
川南町	¥200	

4.3 東金市における各2ゾーン間の需要推計

4.3.1 需要推計の結果

東金市は、現在もオンデマンドバスが運行されており、移動のログデータが存在する自治体のひとつである。ここでは、提案手法で示した計算方法に基づいて、東金市全体での年間でのオンデマンドバスの予約者数を1とした各2ゾーン間における予約者数の割合を推定する。推定した値を、2016年11月1日から2017年10月31日までの実データと比較して、その妥当性を検証する。

運行エリアは現在の運行エリアをそのまま使用するが、現在、オンデマンドバスのログデータに登録されているバス停が存在するゾーンのすべてをそのまま運行エリアとする。

表 4-4 自治体・カテゴリーごとのパラメータ β_1 の最適値

自治体コード	自治体名	総合病院	診療所	接骨院	デイケアサービス	都道府県庁・役場	スーパー	大型商業施設
11348	鳩山市	-3.2323		0.7	-2	-74.1393	-4.1	
11408	寄居町		-31.521624	1.88	-61.1894		-5	-5.9
12213	東金市	-2.111594	2.12	11.11789		-1.384	1	-13.42
12217	柏市		-1	-21.91			-25	
12237	山武市			-1		-9.131913	-11.46129	
12410	横芝光町		-1.2	-1.84	-1.689211			-1
14207	茅ヶ崎市							
14361	中井町							
19213	甲州市							
21221	海津市					-22	-2	
21341	養老町							
21403	大野町		-2.23				-1.3518943	
24461	玉城町		-2	-6			-19.9	
28209	豊岡市							
29210	香芝市				-77	-8	-48.3	
40205	飯塚市	-1.72912	0.69	-6.4924119	-31.131	-42.6111	-1.8915	-11
45405	川南町							

表 4-5 自治体・カテゴリーごとのパラメータ β_2 の最適値

自治体コード	自治体名	総合病院	診療所	接骨院	デイケアサービス	都道府県庁・役場	スーパー	大型商業施設
11348	鳩山市	-13.2889		-4	2	-25.224521	-141	
11408	寄居町		-159.569	-9	83.63		-38	-5.2
12213	東金市	1.7439264	-5.44	-0.4554687		-5.352133	-1	-3.242639
12217	柏市			-5.6			-9	
12237	山武市					-1.8537168	-2.915919	
12410	横芝光町		-5.7891231	-6.94452	-12.213623			1
14207	茅ヶ崎市							
14361	中井町							
19213	甲州市							
21221	海津市					-6	-2	
21341	養老町							
21403	大野町		-136				-0.7434455	
24461	玉城町		27	-6			-8.65869	
28209	豊岡市							
29210	香芝市				-14	-8	-45.313	
40205	飯塚市	-2.815474	-9	-2.5573519	-1.3891893	-3.36448	-2.7623	-1
45405	川南町							

表 4-6 総合病院のパラメータ $\log \lambda_\gamma$, μ_γ の値

	値	t 値	p 値
$\log \lambda_\gamma$	-3.138902749	-3.133727661	0.013936594
μ_γ	2.066190626	1.92087404	0.090992798

表 4-7 診療所のパラメータ $\log \lambda_\gamma$, μ_γ の値

	値	t 値	p 値
$\log \lambda_\gamma$	-0.614974816	-2.707638809	0.035216433
μ_γ	0.296012997	3.673893616	0.01040594

まず、各ゾーンにおける 65 歳以上の人口データを準備する。「国土数値情報 将来推計人口メッシュ (H26 国政局推計)」では、各ゾーンの 2010 年における実際の人口と、2050 年の推計人口のデータしか含まれていない。推計したデータの検証のために、2016 年 11 月 1 日から 2017 年 10 月 31 日までの実データを比較したいため、2017 年の 65 歳以上の人口を推定する。2017 年の人口は、2010 年から 2050 年まで、一定の割合で人口が増加

表 4-8 デイケアサービスのパラメータ $\log \lambda_\gamma$, μ_γ の値

	値	t 値	p 値
$\log \lambda_\gamma$	-5.959287229	-2.429852222	0.059391484
μ_γ	1.92212581	0.859830815	0.429171971

表 4-9 都道府県庁・役場のパラメータ $\log \lambda_\gamma$, μ_γ の値

	値	t 値	p 値
$\log \lambda_\gamma$	-0.990161935	-3.009723317	0.016820635
μ_γ	-0.886274724	-1.77385788	0.114013582

表 4-10 スーパーのパラメータ $\log \lambda_\gamma$, μ_γ の値

	値	t 値	p 値
$\log \lambda_\gamma$	6.482458309	2.813650543	0.016858066
μ_γ	-4.47927372	-3.285503141	0.007262469

表 4-11 大型商業施設のパラメータ $\log \lambda_\gamma$, μ_γ の値

	値	t 値	p 値
$\log \lambda_\gamma$	-1.752469901	-2.392123821	0.048018691
μ_γ	0.870550984	1.529261964	0.170048026

するものと仮定して計算する。すなわち、 y 年の人口を $\text{Population}(y)$ とすると、式

$$\text{Population}(y) = \frac{(2050 - y) \text{Population}(2010) + (y - 2010) \text{Population}(2050)}{40} \quad (4.3)$$

に従って計算する。

各カテゴリーに対応する施設は、国土交通省が web 上で公開する公共施設のデータ、及び医療機関のデータを用いた。これらのデータには、施設の緯度、経度のデータと、その施設の分類が与えられている。データにおける分類のカテゴリーへの対応づけは下記の通りである。

1. 総合病院
 - 病院
2. 診療所
 - 診療所

表 4-12 カテゴリーごとの予約者数を推定するパラメータ

カテゴリー (γ)	$\log \lambda_\gamma$	μ_γ
総合病院	-3.138902749	2.066190626
診療所	-0.614974816	0.296012997
デイケアサービス	-3.912300141	
都道府県庁・役場	-1.430623926	
スーパー	6.482458309	-4.47927372
大型商業施設	-0.869470387	

- 歯科診療所
- 3. デイケアサービス
 - 老人福祉センター
- 4. 都道府県庁・役場
 - 都道府県庁
 - 市役所
 - 支庁
 - 支所
 - 出張所
 - 市区町村の分課機関
 - その他の地方機関

さらに、スーパーと大型商業施設に関しては、国土数値情報が公開されていないため、Google Map で検索の上、表 4-13 と表 4-14 の情報を入力した。

バス停データが存在するゾーンは、小さい順に次の 110 個である。

53402219, 53402228, 53402229, 53402238, 53402239, 53402246, 53402247,
 53402249, 53402255, 53402256, 53402257, 53402258, 53402259, 53402264,
 53402265, 53402266, 53402267, 53402268, 53402269, 53402273, 53402274,
 53402275, 53402276, 53402277, 53402278, 53402279, 53402283, 53402284,
 53402285, 53402286, 53402287, 53402288, 53402289, 53402293, 53402294,
 53402295, 53402296, 53402297, 53402298, 53402299, 53402300, 53402301,
 53402302, 53402310, 53402311, 53402312, 53402320, 53402321, 53402322,
 53402330, 53402331, 53402332, 53402333, 53402340, 53402341, 53402342,
 53402343, 53402350, 53402351, 53402352, 53402353, 53402360, 53402361,
 53402362, 53402363, 53402364, 53402370, 53402371, 53402372, 53402373,
 53402374, 53402380, 53402381, 53402382, 53402383, 53402384, 53402390,

表 4-13 入力に用いた東金市のスーパー

店舗名	北緯	東経
ベイシア東金店	35.583918	140.387464
タイヨービッグハウス 東金店	35.549691	140.354831
せんだう 東金プラザ	35.555122	140.393632
スーパーチェーンカワグチ日吉台店	35.570943	140.353378
スーパースズキ	35.523663	140.372172
大木スーパー	35.55783	140.380314
業務スーパー 東金店	35.547134	140.406574
カスミ押堀店	35.550771	140.364949
カスミ 田間店	35.578348	140.388133
村の市場東金店	35.568152	140.373191
フードプラザハヤシ大網店	35.512195	140.352493

表 4-14 入力に用いた東金市の大型商業施設

店舗名	北緯	東経
サンピア	35.558794	140.364648
東金マルシェ	35.577403	140.3831

53402391, 53402392, 53402393, 53402394, 53403205, 53403208, 53403209, 53403216, 53403217, 53403218, 53403219, 53403225, 53403226, 53403227, 53403228, 53403235, 53403236, 53403238, 53403244, 53403245, 53403246, 53403254, 53403255, 53403256, 53403300, 53403301, 53403302, 53403303, 53403304, 53403310, 53403311, 53403320

また、各ゾーンにおける各カテゴリーの施設数を表 4-15 に示す。

前節で得たパラメータ λ_γ , μ_γ のうち、デイケアサービス、都道府県庁・役場、大型商業施設は、 λ_γ のみしか得られていない。そこで、これら以外のカテゴリーでは、

$$\tilde{D}_\gamma(z_1, z_2) = \frac{\exp n_\gamma(z_1)V(z_1)}{\sum_{z \in Z} \exp n_\gamma(z)V(z)} \cdot \lambda_\gamma \cdot n_\gamma^{\mu_\gamma} \cdot \text{PEP}_{z_2} \quad (4.4)$$

を、イケアサービス、都道府県庁・役場、大型商業施設については、

$$\tilde{D}_\gamma(z_1, z_2) = \frac{\exp n_\gamma(z_1)V(z_1)}{\sum_{z \in Z} \exp n_\gamma(z)V(z)} \cdot \lambda_\gamma \cdot \text{PEP}_{z_2} \quad (4.5)$$

表 4-15 東金市の各ゾーンにおける各カテゴリーの施設数

メッシュコード	総合病院	診療所	デイケアサービス	都道府県庁・役場	スーパー	大型商業施設
53402229	0	1	0	0	1	0
53402257	0	1	0	0	0	0
53402258	1	1	0	0	1	0
53402267	0	1	0	0	0	0
53402268	0	11	0	0	0	0
53402269	1	8	0	3	1	0
53402278	0	5	0	0	0	0
53402279	0	10	1	0	0	1
53402283	0	1	0	0	0	0
53402286	0	1	0	0	0	0
53402288	0	2	0	0	1	0
53402289	0	5	0	0	1	0
53402311	0	1	0	0	0	0
53402341	0	1	0	0	0	0
53402350	0	1	0	0	0	0
53402351	0	1	0	1	0	0
53402352	0	1	0	0	1	0
53402360	0	0	0	0	1	0
53402361	0	0	0	0	1	0
53402373	0	1	0	0	0	0
53402390	0	1	0	0	0	1
53402391	0	3	0	0	1	0
53402392	0	1	0	0	0	0
53402394	0	1	2	0	0	0
53403208	0	1	0	0	0	0
53403300	0	0	0	0	1	0
53403301	0	1	0	0	0	0
53403304	0	1	0	0	0	0
53403311	0	2	0	0	0	0
合計	2	64	3	4	10	2

を用いて予約者数の割合を推計した。その結果、図 4-3 のように、予想予約者数を表す 110×110 の上三角行列行列が得られた。実際には、予約者数の割合の推計値を計算し、その値は 0 から 1 までの実数で求めたが、予想予約者数と実予約者数の比較のため、予想の推計値に実予約者数の総数を乗じて、予想予約者数を求めた。実際の予約者数は、図 4-4 の通りである。予想予約者数から実予約数を引いた差を表したものが、図 4-5 である。

また、表 5-19 では、予想予約者数が多いものから 80 番目までのメッシュコードのペアを、表 5-19 では、実予約者数が多いものから 80 番目までのメッシュコードのペアを示した。さらに、表 5-21 では、予想予約者数から実予約数を引いた差が上位 80 番目までのメッシュコードのペアを、表 5-22 では、予想予約者数から実予約数を引いた差が下位 80 番目までのメッシュコードのペアを示した。

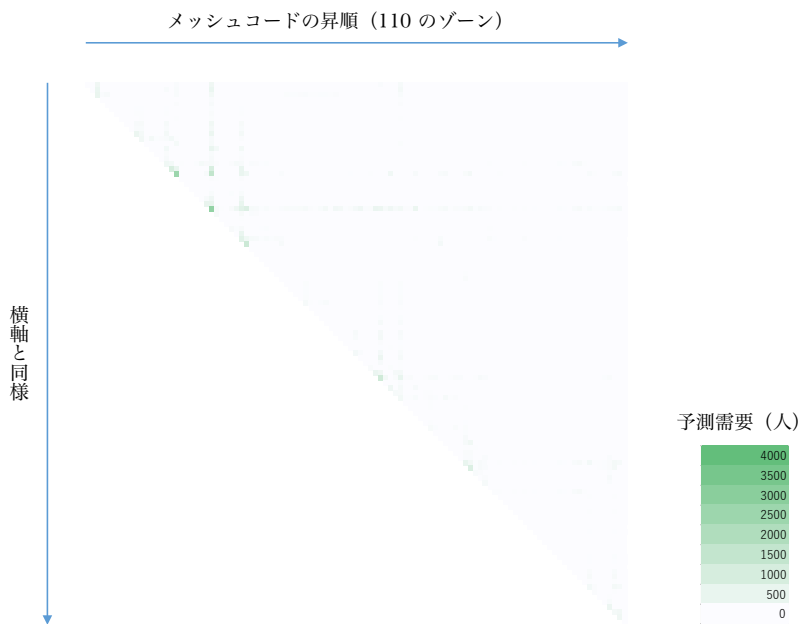


図 4-3 東金市における 2 ゾーン間の予測需要

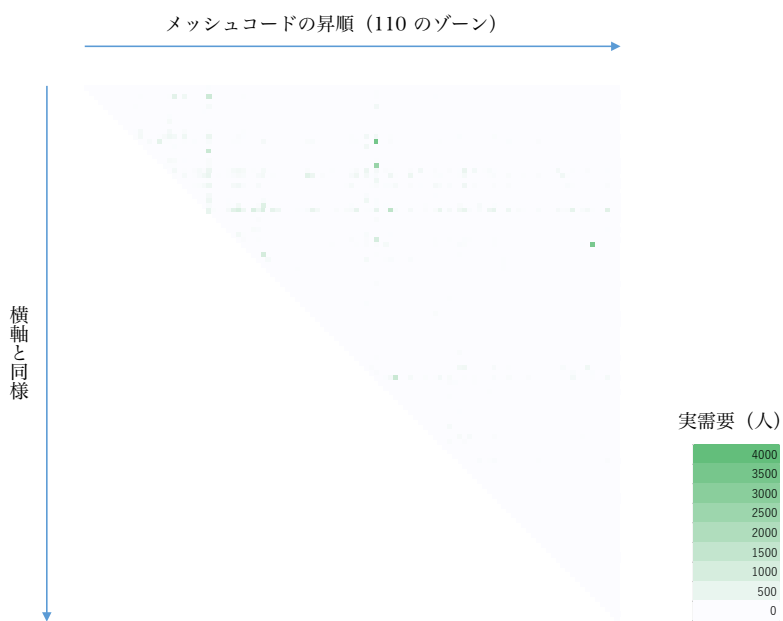


図 4-4 東金市における 2 ゾーン間の実需要

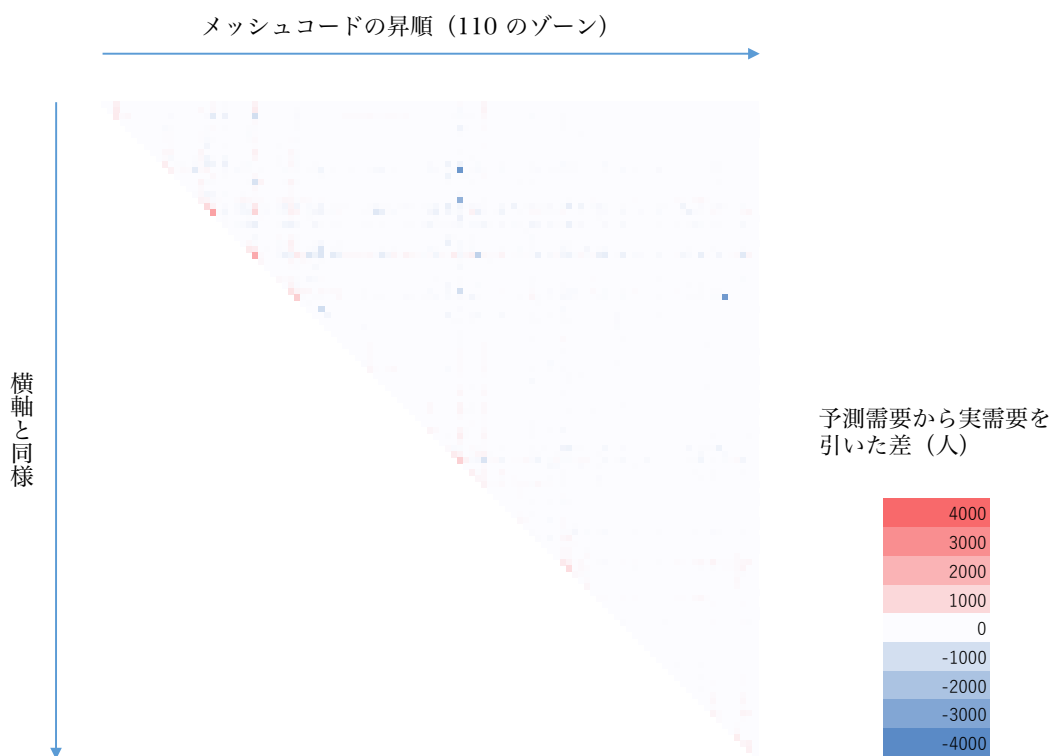


図 4-5 東金市における 2 ゾーン間の予測需要から実需要を引いた差

4.3.2 需要推計の評価

図 4-5 のように、予測需要（予想予約者数）から実需要（実予約数）を引いた差が求められた。110 のゾーンを 2 つ組み合わせると 5995 組になるが、これらの予測需要から実需要を引いた差について度数分布を求めた。その結果が、図 4-6、表 4-16、表 4-17 である。これらの結果によれば、予測需要から実需要を引いた差について、5995 組中 5626 組が -50 以上 50 未満の範囲に含まれることが示された。これは、全体の約 93.8% にあたる。また、図 4-5 でも、ほとんどの 2 ゾーンの組が -50 以上 50 未満の範囲に含まれることが示された。

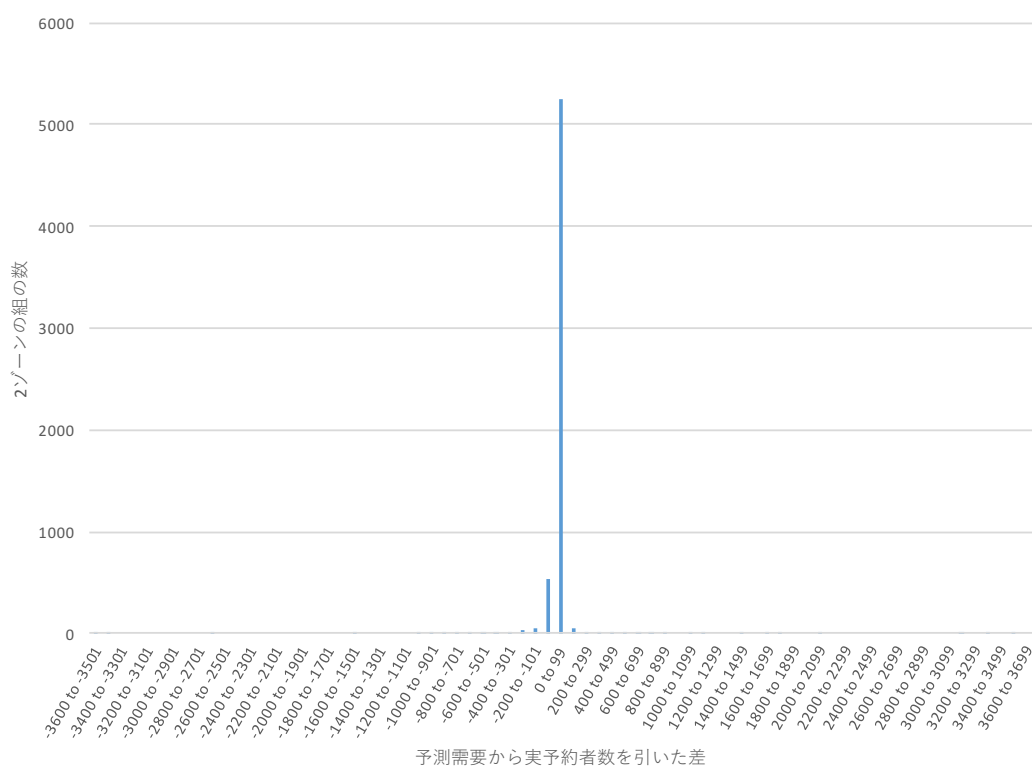


図 4-6 東金市における 2 ゾーン間の予想予約者数から実予約数を引いた差のヒストグラム

表 4-16 東金市における 2 ゾーン間の予想予約者数から実予約数を引いた差の度数分布表 (100 刻み)

予測需要から実需要を引いた差	件数
-3600 to -3501	1
-3500 to -3401	1
-3400 to -3301	0
-3300 to -3201	0
-3200 to -3101	0
-3100 to -3001	0
-3000 to -2901	0
-2900 to -2801	0
-2800 to -2701	0
-2700 to -2601	1
-2600 to -2501	0
-2500 to -2401	0
-2400 to -2301	0
-2300 to -2201	0
-2200 to -2101	0
-2100 to -2001	0
-2000 to -1901	0
-1900 to -1801	0
-1800 to -1701	0
-1700 to -1601	0
-1600 to -1501	1
-1500 to -1401	0
-1400 to -1301	0
-1300 to -1201	0
-1200 to -1101	0
-1100 to -1001	3
-1000 to -901	1
-900 to -801	1
-800 to -701	4
-700 to -601	3
-600 to -501	4
-500 to -401	6
-400 to -301	17
-300 to -201	25
-200 to -101	45
-100 to -1	533
0 to 99	5239
100 to 199	50
200 to 299	18
300 to 399	10
400 to 499	8
500 to 599	7
600 to 699	2
700 to 799	3
800 to 899	1
900 to 999	0
1000 to 1099	1
1100 to 1199	1
1200 to 1299	0
1300 to 1399	0
1400 to 1499	3
1500 to 1599	0
1600 to 1699	1
1700 to 1799	1
1800 to 1899	0
1900 to 1999	0
2000 to 2099	1
2100 to 2199	0
2200 to 2299	0
2300 to 2399	0
2400 to 2499	0
2500 to 2599	0
2600 to 2699	0
2700 to 2799	0
2800 to 2899	0
2900 to 2999	0
3000 to 3099	0
3100 to 3199	1
3200 to 3299	0
3300 to 3399	1
3400 to 3499	0
3500 to 3599	1
3600 to 3699	0

表 4-17 東金市における 2 ゾーン間の予想予約者数から実予約数を引いた差の度数分布表 (0 の付近, 50 刻み)

予測需要から実需要を引いた差	件数
-500 to -451	3
-450 to -401	3
-400 to -351	3
-350 to -301	14
-300 to -251	10
-250 to -201	15
-200 to -151	23
-150 to -101	22
-100 to -51	87
-50 to -1	446
0 to 49	5180
50 to 99	59
100 to 149	27
150 to 199	23
200 to 249	9
250 to 299	9
300 to 349	3
350 to 399	7
400 to 449	6
450 to 499	2
500 to 549	2

第5章

考察

5.1	はじめに	42
5.2	全体の需要の変動を推計する方法に関する考察	42
5.3	各2ゾーン間の需要推定方法に関する考察	42
5.3.1	バス停の種類に関する需要の振り分けの妥当性に関する考察	43
5.3.2	各カテゴリーにおける目的地ゾーンへの需要の振り分けの妥当性に関する考察	44
5.3.3	各カテゴリーにおける自宅ゾーンへの需要の振り分けの妥当性に関する考察	49
5.3.4	2ゾーン間における実予約者数と予想予約者数に関する考察	50

5.1 はじめに

本章では、前章で述べた提案手法に基づいてケーススタディーを行なった結果を述べる。

5.2 節では、本章では、システム・ダイナミックス・モデルを用いて登録者の変化を推定する方法のフィッティングに関して考察する。

さらに、5.3 節では、東金市における各 2 ゾーン間の実需要と予測需要を比較し、推定方法の改善方法について考察する。

5.2 全体の需要の変動を推計する方法に関する考察

第 3 章では、システム・ダイナミックス・モデルを用いて登録者の変化を推定する方法を与えた。本節では、実データと予測データを比較し、システム・ダイナミックス・モデルの適用の限界について述べる。

最もフィッティングが成功したのは、香芝市（図 A-17）と飯塚市（図 A-18）である。これらの自治体では、実データがほぼモデル通りの挙動を示している。

一方で、実データの曲線をみると、登録者の増え方が途中で変わっている自治体が多くある。特に特定の月に大きく登録者が伸びている自治体がある。このような場合には、ひとつの曲線でフィッティングすれば、実データと予測データが大きく異なる結果となる。大きく登録者が伸びている月には、自治体による広報が強化されたと考えられ、正しくその後の登録者を予測するためには、大きく登録者が伸びている月以降で再度フィッティングすることが望ましい。

また、サービスが始まる月に登録者が圧倒的に多く、その後の登録者の増加が緩やかである場合にも、提案したモデルでのフィッティングは難しい。養老町（図 A-13）や大野町（図 A-14）の例がそれに当たる。フィッティングがうまくいかない原因は、モデルの初期状態の登録者が 0 から始まるためである。このような場合には、最初の月の登録者数を実際の値にセットすることでよりフィットした曲線を得ることができる。

5.3 各 2 ゾーン間の需要推定方法に関する考察

前章では、図 4-6、表 4-16、表 4-17 から、予測需要から実需要を引いた差が -50 以上 50 未満の範囲に、2 ゾーンの組全体の約 93.8% が入っていることが示された。しかしながら、表 5-19 と表 5-19 で見ると、実予約者数と予想予約者数は大きくかけ離れている 2 ゾーンの組も存在する。そこで、本節では、予測需要と実需要を 2 ゾーンの組に比較し、予測が大きく外れている 2 ゾーンの組について、その原因を探る。

提案手法による需要の計算では、目的地と自宅の間の需要のみを求めており、目的地が含まれるメッシュコードと自宅が含まれるメッシュコードのペアに対して需要を予測して

いる。そこで、各カテゴリー別、目的地のメッシュコード毎に、また、各カテゴリー別、自宅のメッシュコード毎に集計し、実予約者数と予想予約者数を比較する。

表 5-1 バス停の種類

共通バス停						その他	自宅バス停
Category 0	Category 1	Category 2	Category 3	Category 4	Category 5		
総合病院	診療所	デイケアサービス	都道府県庁・役場	スーパー	大型商業施設		

バス停は、表 5-1 のように分類される。さらに、共通バス停のうち、カテゴリー 0 から 5 に含まれないものとして、接骨院、中学校、公民館、バス停、コンビニ、その他公共施設、幼稚園・保育園、その他学校、その他商業施設、駅、観光名所、老人福祉施設・有料老人H、ホテル、その他老人介護施設、介護S、小学校、その他病院・医療施設、郵便局、工場、高等学校、警察署、大学、その他飲食店、事業所、その他がある。

5.3.1 バス停の種類に関する需要の振り分けの妥当性に関する考察

東金市において、バス停の種類ごとに、どれだけの実需要があるかを集計したのが、表 5-3 である。

自宅バス停と共通バス停間の移動のうち、その他の実予約者数が約 2.7 万と無視できない数であることが分かる。これは全体の需要の約 4 割を占める。これは決して無視できない数字である。表 5-2 のにおけるバス停の種類ごとの施設数においても、その他の施設数が約 3500 あり、無視できない数である。

また、共通バス停同士の移動についても、提案手法では予測の対象外としているが、これも約 4,000 あり、約 7% を占める。

さらに、表 5-4 は、自宅バス停と共通バス停間の移動のうち、カテゴリー 0 から 5 に当てはまる移動について、実予約者数と予想予約者数を比較したものである。各カテゴリーに対する需要の振り分けは、式 (3.16) を用いている。総合病院に関しては予想が少なく見積もられており、診療所については予想が多く見積もられているが、その他については、実予約者数と予想予約者数の割合の間にそれほど大きな違いはみられない。

一方、全自治体において、各カテゴリーについての実予約者数を集計したものが表 5-5 であり、各カテゴリーについての施設数を集計したものが表 5-6 である。どのカテゴリーが利用されるかについては、自治体ごとに著しい隔りがある。さらに、施設が存在するが、そのカテゴリーでの利用が全くない自治体も多数あり、これは公共交通の環境に大きく依存するものと推察される。

表 5-2 東金市におけるバス停の種類ごとの施設数

Category 0	Category 1	Category 2	Category 3	Category 4	Category 5	その他
総合病院	診療所	デイケアサー ビス	都道府県庁・ 役場	スーパー	大型商業施設	
3	65	9	4	14	7	3503

表 5-3 東金市におけるバス停の種類ごとの実予約者数

	自宅バス停と共通バス停間の移動							共通バス停同士 の移動	自宅バス停同士 の移動
	Category 0	Category 1	Category 2	Category 3	Category 4	Category 5	その他		
	総合病院	診療所	デイケアサー ビス	都道府県庁・ 役場	スーパー	大型商業施設			
実予約者数	15994	17084	0	1323	71	3588	3588	4406	6
実予約者数の割合	34.72%	37.09%	0.00%	2.87%	0.15%	7.79%	7.79%	9.57%	0.01%

表 5-4 東金市におけるカテゴリーごとの実予約者数と予想予約者数の割合の比較

	Category 0	Category 1	Category 2	Category 3	Category 4	Category 5
	総合病院	診療所	デイケア サービス	都道府県庁・ 役場	スーパー	大型商業施設
実予約者数の割合	40.05%	46.55%	0.00%	3.48%	0.19%	9.73%
予想予約者数の割合	14.12%	62.32%	0.67%	8.05%	0.73%	14.11%

5.3.2 各カテゴリーにおける目的地ゾーンへの需要の振り分けの妥当性に関する考察

本項では、需要推定の妥当性をより詳しく調べるため、各カテゴリーについての予想予約者数を、目的地が含まれるゾーンと、自宅が含まれるゾーンごとに集計した結果を目的地が含まれるゾーンが同じ移動について、すべての需要を足し上げた結果を考察する。なお、デイケアセンター（Category 2）については、2年間における予約者がまったく存在しなかったため、考察に含めない。

総合病院（Category 0）について

表 5-7 は、総合病院（Category 0）に関する結果である。総合病院の位置情報は、平成 22 年のデータを用いている。総合病院の場所については、2 つの病院の場所が実際の施設の場所と推定で用いた施設の場所で異なっている。

実予約者数が最も多いメッシュコード 53402352 のゾーンに存在する総合病院は、浅井病院であり、予測でもこの病院は用いられている。一方、実データには含まれているが、

表 5-5 全自治体におけるカテゴリごとの実予約者数

自治体名	Category 0 総合病院	Category 1 診療所	Category 2 デイケア サービス	Category 3 都道府県庁・ 役場	Category 4 スーパー	Category 5 大型商業施設
鳩山市	1030	0	53	3116	4561	0
寄居町	3533	9038	8	1623	7274	7714
東金市	15994	17084	0	1323	71	3588
柏市	0	1235	5	0	2108	1346
山武市	32510	0	0	9698	31534	13069
横芝光町	11	2577	468	1882	8131	3855
茅ヶ崎市	0	0	0	0	0	0
中井町	0	0	0	0	0	0
甲州市	0	0	0	0	0	0
海津市	15	0	0	5	5	0
養老町	0	0	0	0	0	0
大野町	0	1203	0	0	4071	0
玉城町	0	3637	576	934	6946	0
豊岡市	0	0	0	0	0	0
香芝市	15651	0	634	2422	12291	9712
飯塚市	25396	8662	122	4543	11622	13691
川南町	0	0	0	0	0	0

GIS データには含まれていない病院は、東千葉メディカルセンター（メッシュコード：53402274）とサンピア歯科クリニック（メッシュコード：53402279）である。東千葉メディカルセンターは 22 の診療科をもつ総合病院である。平成 26 年に現在の場所に新築移転されたことから、GIS データには含まれていない。しかし、サンピア歯科クリニックは総合病院ではない。これはバス停データのカテゴリの割り当ての誤りである。一方、GIS データには含まれていたが実データとして、千葉県立東金病院（メッシュコード：53402267）があるが、この病院は平成 26 年に閉院していた。

病院の需要は大きいことから、需要の見積もりには、開院、閉院、移転の情報を更新する必要がある。

診療所（Category 1）について

表 5-8 は、診療所（Category 1）に関する結果である。診療所の位置情報は平成 22 年度のデータを用いており、実際の施設数と推定で用いた施設数を比較しても、大幅には異なっていないことが分かる。他方、実予約者数をみると、施設数が比較的多いメッシュコード 53402268, 53402269, 53402279 のゾーンに多くの実予約者がいる一方で、メッシュコード 53402350 のゾーンには、診療所が 1 つしか存在しないにも関わらず、診療所が 14 も存在するメッシュコード 53402279 のゾーンよりも予約者数が多い。診療所も規

表 5-6 全自治体におけるカテゴリーごとの施設数

自治体名	Category 0 総合病院	Category 1 診療所	Category 2 デイケア サービス	Category 3 都道府県庁・ 役場	Category 4 スーパー	Category 5 大型商業施設
鳩山市	3	1	2	2	5	0
寄居町	1	17	3	1	4	4
東金市	3	70	1	3	8	8
柏市	0	7	1	3	6	1
山武市	1	1	3	8	5	1
横芝光町	1	7	3	1	5	3
茅ヶ崎市	2	0	0	2	1	0
中井町	1	0	0	1	3	0
甲州市	1	11	0	1	2	5
海津市	1	0	0	5	5	0
養老町	1	0	0	1	4	0
大野町	0	4	1	0	3	0
玉城町	0	6	1	1	2	0
豊岡市	0	0	0	0	0	0
香芝市	4	0	4	2	8	1
飯塚市	15	33	14	5	30	14
川南町	2	0	0	1	1	0

表 5-7 東金市における総合病院（Category 0）を目的地とする移動の目的地ゾーンごとの実予約者数と推定予約者数の比較

メッシュ コード	実際の 施設数	推定で用い た施設数	実予約者数	実予約者数の 割合	予測需要 (割合)	備考
53402267	0	1	0	0.00%	31.60%	千葉県立東金病院（平成26年に閉院）
53402269	0	1	0	0.00%	38.62%	両総病院
53402274	1	0	4137	28.17%	0.00%	東千葉メディカルセンター（平成26年に現在地へ移転）
53402279	1	0	62	0.42%	0.00%	サンピア歯科クリニック、総合病院ではない
53402352	1	1	10488	71.41%	29.78%	浅井病院

模や患者数などが分かるデータがなければ、正確な予測は難しい。また、ロジットモデルを用いた推計では、どのゾーンにも一様に人が訪れると予想されている。特に、予測には各ゾーンに存在する施設の数に掛けているにも関わらず、施設数に比例して訪問者の数が多くなってはいない。これは、同じゾーンに含まれる診療所は、どの診療所も移動の効用が等しくなり、同じゾーンの診療所に等しく需要が分かれるように計算されるためであると考えられる。

都道府県庁・役場（Category 3）について

表 5-9 は、都道府県庁・役場（Category 3）に関する結果である。これは平成 18 年度の位置情報を用いている。実データをみると、特にメッシュコード 53402279 のゾーン

表 5-8 東金市における診療所 (Category 1) を目的地とする移動の目的地ゾーンごとの実予約者数と推定予約者数の比較

メッシュコード	実際の施設数	推定で用いた施設数	実予約者数	実予約者数の割合	予測需要 (割合)
53402229	1	1	0	0.00%	6.70%
53402257	1	1	205	1.20%	5.54%
53402258	1	1	40	0.23%	0.98%
53402267	1	1	206	1.21%	2.40%
53402268	14	11	3552	20.80%	4.85%
53402269	8	8	5173	30.30%	6.32%
53402278	6	5	678	3.97%	4.00%
53402279	14	10	2660	15.58%	6.19%
53402283	0	1	0	0.00%	5.40%
53402286	1	1	143	0.84%	3.51%
53402288	3	2	103	0.60%	2.72%
53402289	6	5	112	0.66%	4.83%
53402311	1	1	0	0.00%	5.40%
53402341	1	1	44	0.26%	4.93%
53402350	1	1	2983	17.47%	1.17%
53402351	1	1	10	0.06%	3.22%
53402352	0	1	0	0.00%	5.51%
53402353	1	0	224	1.31%	0.00%
53402373	0	1	0	0.00%	3.47%
53402380	1	0	344	2.01%	0.00%
53402390	1	1	143	0.84%	2.21%
53402391	4	3	342	2.00%	3.85%
53402392	1	1	80	0.47%	1.83%
53402394	1	1	0	0.00%	2.45%
53403208	1	1	31	0.18%	6.73%
53403301	0	1	0	0.00%	1.20%
53403304	0	1	0	0.00%	1.57%
53403311	0	2	0	0.00%	3.02%

にある施設に利用が集中している。一方で、推定に用いたデータでは、メッシュコード 53402279 のゾーンにある施設しかデータがなく、Category3 のすべての利用者がここを目的地とする結果となった。

スーパー (Category 4) について

表 5-10 は、スーパー (Category 4) に関する結果である。スーパーについては、実予約者数が 2 年間で 69 件であり、全体の利用件数と比較すれば極めて利用者が少ない。実際の予約者が最も多い大木スーパー (メッシュコード : 53402360) は、Google Map によ

表 5-9 東金市における都道府県庁・役場 (Category 3) を目的地とする移動の目的地ゾーンごとの実予約者数と推定予約者数の比較

メッシュコード	実際の施設数	推定で用いた施設数	実予約者数	実予約者数の割合	予測需要 (割合)	
53402269	1	0	11	0.86%	0.00%	東金市建設経済部ガス課
53402279	1	1	1260	98.67%	100.00%	東金市役所
53402361	1	0	6	0.47%	0.00%	東金市建設経済部下水対策課

る検索でも見つけることができ、予測用に用いた店舗のデータにも含まれている。ただ、この店舗は売り場面積が小さく、恐らく駐車場もないと思われる商店である。この店舗に全体の 65% が利用するという事は予測が難しい。また、2 番目に予約者が多いスーパーカワグチ日吉台店 (メッシュコード: 53402288) は、予測用に用いた店舗のデータにも含まれている比較的大きなスーパーマーケットである。しかし、予約者数は大木スーパーと比較すれば、予約者数は 3 分の 1 以下である。なお、3 番目に予約者が多いスーパーカワグチ福俵店 (メッシュコード: 53402257) は、平成 28 年 5 月に閉店しており、Google Map による検索では見つからなかった。

スーパーについては、総数が小さいこともあり、すべてのスーパーに満遍なく人が行く結果となった予測とは異なって、いくつかのスーパーに予約者が偏る結果となった。

表 5-10 東金市におけるスーパー (Category 4) を目的地とする移動の目的地ゾーンごとの実予約者数と推定予約者数の比較

メッシュコード	実際の施設数	推定で用いた施設数	実予約者数	実予約者数の割合	予測需要 (割合)	
53402229	0	1	1	0.014492754	0.123607904	
53402257	0	0	11	0.159420290	0.000000000	スーパーカワグチ福俵店 (平成28年5月に閉店)
53402258	0	1	0	0.000000000	0.139470233	カスミ・押堀インター (既に閉店)
53402269	0	1	0	0.000000000	0.094086086	
53402288	0	1	12	0.173913043	0.148967292	スーパーカワグチ日吉台店, 比較的大規模なスーパー
53402289	0	1	0	0.000000000	0.075078068	
53402352	0	1	0	0.000000000	0.123654688	
53402360	0	1	45	0.652173913	0.038996928	大木スーパー, 比較的小規模なスーパー
53402361	0	1	0	0.000000000	0.035175421	
53402391	0	1	0	0.000000000	0.117053403	
53403300	0	1	0	0.000000000	0.103909977	

大型商業施設 (Category 5) について

表 5-11 は、大型商業施設 (Category 5) に関する結果である。最も予約者が多いカスミ・押堀インター (メッシュコード: 53402258) は、すでに閉店しているが、Google Map の検索で見つけることができた。しかし、Google Map ではスーパーマーケットとなっており、この店舗は予測ではスーパーのカテゴリーに分類されている。なお、メッシュコード 53402258 のゾーンにおける実際の施設数が 2 となっているが、正しくはバス停の数が

2であり、カスミ・押堀インターの近くに2つのバス停が設けられているために、施設数が2となっている。

次に、予測においても実データにおいても予約者数が多いメッシュコード53402390については、バス停の実データでは、ベイシア東金店、カスミ田間店、ゲオ東金店である。ベイシア東金店、カスミ田間店はスーパーマーケットであり、予測データではスーパーのカテゴリーに分類されている。また、ゲオ東金店はゲームセンターである。一方、予測データでメッシュコード53402390のゾーンに入っている東金マルシェはショッピングモールであるが、これはバス停データに含まれていない。

さらに、推定では、メッシュコード53402279のゾーンに存在する施設に約7割が訪れることになっているが、実データによればこの施設の利用者は最も少ない。しかし、総合病院に分類されている「サンピア 東金商工会議所駐車場前（共通乗降場）（サンピア歯科クリニック）」というバス停は、大型商業施設サンピアの最寄りのバス停であり、2年間で62人が予約している。このバス停の利用者は歯科の利用者だけではない可能性がある。一方、実データにおけるメッシュコード53402279の店舗は「村の市場」というスーパーマーケットであり、136人すべてがこの店舗の利用者である。

まとめ

実需要と予測需要が大きく異なる原因のひとつは、公共交通の環境によるものであるものと推察される。そのため、より正確な需要予測を行うためには、公共交通に関するデータを用いることが不可欠である。また、その他の原因として、同じカテゴリーの各施設の利用者が大きく異なることも考えられるため、施設の位置情報以外に、施設の利用者数を推定するためのデータも不可欠である。

表5-11 東金市における大型商業施設（Category 5）を目的地とする移動の目的地ゾーンごとの実予約者数と推定予約者数の比較

メッシュコード	実際の施設数	推定で用いた施設数	実予約者数	実予約者数の割合	予測需要(割合)	
53402258	2	0	2331	65.33%	0.00%	カスミ・押堀インター（既に閉店）、スーパーマーケット
53402279	1	1	136	3.81%	72.10%	村の市場、スーパーマーケット
53402380	1	0	282	7.90%	0.00%	カインズホーム
53402390	3	1	819	22.95%	27.90%	ベイシア東金店、カスミ田間店、ゲオ東金店、東金マルシェ
53403301	1	0	0	0.00%	0.00%	家具の松澤

5.3.3 各カテゴリーにおける自宅ゾーンへの需要の振り分けの妥当性に関する考察

需要推定では、各ゾーンの65歳以上の人口について比例配分するように計算している。そこで、各ゾーンの65歳以上の人口、65歳以上の登録者数、全年齢の登録者数を調べた

ものが、表 5-12, 及び表 5-13 である*1.

本項では、各カテゴリーについて予想予約者数を、目的地が含まれるゾーンと、自宅が含まれるゾーンごとに集計した結果を自宅が含まれるゾーンが同じ移動について、すべての需要を足し上げた結果を考察する。65 歳以上の登録割合をみると各ゾーンの割合に大きなばらつきがある。ゾーンごとに登録者数の割合に隔たりがある原因のひとつは、公共交通の環境の違いによるものであると推察される。

表 5-14, 及び、表 5-15 は、診療所 (Category 1) を目的地とする移動の自宅ゾーンごとの実予約者数と推定予約者数の比較した。当然であるが、予測需要は 65 歳以上人口に正比例している。一方で、実予約者数について、65 歳以上人口, 65 歳以上登録者数, 全年齢の登録者数との回帰分析を行なったところ、登録者数との重相関 R の値は、それぞれ 0.642868818, 0.761209453, 0.762335491 となった。当然ながら全年齢の登録者数との相関が最も大きい。登録者数との回帰分析の結果を示した図が、図 5-1 である。従って、各ゾーンの登録者数を用いれば、より正確に需要を予測できることが明らかになった。

従って、既に運行している自治体において需要の推定を行う場合には、各ゾーンごとの登録者数の変化を第 3 章で与えたシステムダイナミクスモデルを用いて推定することで、より正確な需要が推定できるものと期待できる。

5.3.4 2 ゾーン間における実予約者数と予想予約者数に関する考察

表 5-19 が示すように、予想予約者数が上位 3 番目までの 2 ゾーン間のペアは、53402269 と 53402279 の 3 通りの組み合わせである。メッシュコード 53402269 のゾーンには、両総病院という総合病院, 8 つの診療所, スーパーマーケットのカスミ押堀店がある。メッシュコード 53402279 のゾーンには、10 の診療所, 東金市役所, サンピアという大型商業施設がある。さらに、これらのゾーンの 65 歳以上の人口はメッシュコード 53402269 が 729 メッシュコード 53402279 が 800 と比較的多い。

表 5-20 が示すように、これら 2 つのゾーンがいずれか一方に含まれるゾーンに関しては、比較的に実予約者数が多い。

53402269 と 53402279 の 3 通りの組み合わせからなるペアが、予想よりも実予約者が少ない理由のひとつとして、表 5-14 に見るように、53402269 と 53402279 を自宅ゾーンにもつ実予約者数が、予想予約者数と比較して少ないことが挙げられる。また、多くの需要が予想されていた両総病院の利用者と、予測ではメッシュコード 53402269 のゾーンに含まれているカスミ押堀店が実データでは 53402258 に分類されている*2こと、大型商業施設サンピアの利用者が予想よりも大幅に少ないことも原因と考えられる。

*1 65 歳以上の人口は、2017 年における人口を式 (4.3) による計算によって求めているため、65 歳以上の人口に占める 65 歳以上の登録者数の割合が 1 を超えることもあり得る。

*2 メッシュコード 53402258 と 53402269 のゾーンは隣接しており、店舗の場所とバス停の場所が異なるために、メッシュコードが異なるものとみられる。

表 5-12 東金市における各ゾーンの人口, 及び登録者数 (その 1)

メッシュコード	65 歳以上人口	65 歳以上登録者数	登録者数	65 歳以上の登録割合
53402219	294	21	28	0.071
53402228	389	3	4	0.008
53402229	212	93	137	0.439
53402238	78	6	6	0.077
53402239	122	17	22	0.139
53402246	49	4	4	0.082
53402247	87	12	26	0.138
53402249	56	10	11	0.179
53402255	271	1	3	0.004
53402256	189	29	41	0.153
53402257	383	92	120	0.240
53402258	125	20	34	0.160
53402259	144	33	43	0.229
53402264	417	62	90	0.149
53402265	99	2	4	0.020
53402266	119	16	21	0.134
53402267	139	14	26	0.101
53402268	826	92	145	0.111
53402269	729	135	185	0.185
53402273	60	8	10	0.133
53402274	14	6	8	0.429
53402275	24	7	15	0.292
53402276	98	29	37	0.296
53402277	287	92	141	0.321
53402278	453	71	93	0.157
53402279	800	136	215	0.170
53402283	133	12	16	0.090
53402284	31	10	18	0.323
53402285	22	9	13	0.409
53402286	113	35	51	0.310
53402287	314	138	274	0.439
53402288	200	101	149	0.505
53402289	549	103	160	0.188
53402293	148	2	3	0.014
53402294	130	21	27	0.162
53402295	48	15	26	0.313
53402296	101	53	106	0.525
53402297	42	10	24	0.238
53402298	69	24	42	0.348
53402299	140	48	70	0.343
53402300	112	14	18	0.125
53402301	100	2	3	0.020
53402302	97	0	2	0.000
53402310	112	12	17	0.107
53402311	153	50	79	0.327
53402312	64	5	11	0.078
53402320	40	4	9	0.100
53402321	98	13	20	0.133
53402322	200	24	39	0.120
53402330	43	6	14	0.140
53402331	235	24	34	0.102
53402332	202	19	23	0.094
53402333	50	1	3	0.020

また, 表 5-20 の上位 3 つのものについては, 予想予約者が 0 となっている。

1 番目は, メッシュコードが 53402258 と 53402352 のペアである。これらのゾーンの
実データと予測データにおける施設名とこれらのゾーンの組の実データ, 予測データそ
れぞれにおける予約件数を表 5-16 に示す。53402258 のゾーンには, カスミ押堀店が,
53402352 のゾーンには, 浅井病院が含まれている。カスミ押堀店は予測用のデータでは
メッシュコード 53402269 のゾーンに含まれているために, 53402258 に需要が発生しな

表 5-13 東金市における各ゾーンの人口，及び登録者数（その 2）

メッシュコード	65 歳以上人口	65 歳以上登録者数	登録者数	65 歳以上の登録割合
53402340	88	18	24	0.205
53402341	183	41	73	0.224
53402342	288	83	115	0.288
53402343	78	3	7	0.038
53402350	83	10	17	0.120
53402351	396	77	104	0.194
53402352	347	52	80	0.150
53402353	149	18	29	0.121
53402360	283	45	73	0.159
53402361	158	38	66	0.241
53402362	214	37	44	0.173
53402363	67	22	31	0.328
53402364	91	4	9	0.044
53402370	255	45	84	0.176
53402371	17	1	1	0.059
53402372	56	13	19	0.232
53402373	109	18	30	0.165
53402374	105	16	24	0.152
53402380	207	31	72	0.150
53402381	275	67	91	0.244
53402382	61	15	19	0.246
53402383	171	38	66	0.222
53402384	153	12	13	0.078
53402390	223	43	74	0.193
53402391	378	197	286	0.521
53402392	100	21	36	0.210
53402393	229	51	65	0.223
53402394	156	9	11	0.058
53403205	79	1	3	0.013
53403208	39	11	19	0.282
53403209	73	36	50	0.493
53403216	12	4	11	0.333
53403217	3	0	2	0.000
53403218	63	26	42	0.413
53403219	3	0	0	0.000
53403225	80	14	24	0.175
53403226	17	22	46	1.294
53403227	47	22	47	0.468
53403228	7	2	4	0.286
53403235	42	26	40	0.619
53403236	15	8	15	0.533
53403238	22	6	11	0.273
53403244	95	11	22	0.116
53403245	52	28	47	0.538
53403246	41	28	50	0.683
53403254	188	40	60	0.213
53403255	268	47	85	0.175
53403256	67	4	7	0.060
53403300	207	56	73	0.271
53403301	67	11	15	0.164
53403302	85	15	23	0.176
53403303	94	14	22	0.149
53403304	178	2	2	0.011
53403310	188	51	65	0.271
53403311	291	0	0	0.000
53403320	39	14	15	0.359

い。また，表 5-8 が示すように，浅井病院は総合病院の中で 71.41% の需要を占めているのに対し，予測では 29.78% となっている。この差も予測需要が少なく見積もられた原因であると考えられる。

2 番目は，メッシュコードが 53402289 と 53403302 のペアである。これらのゾーンの

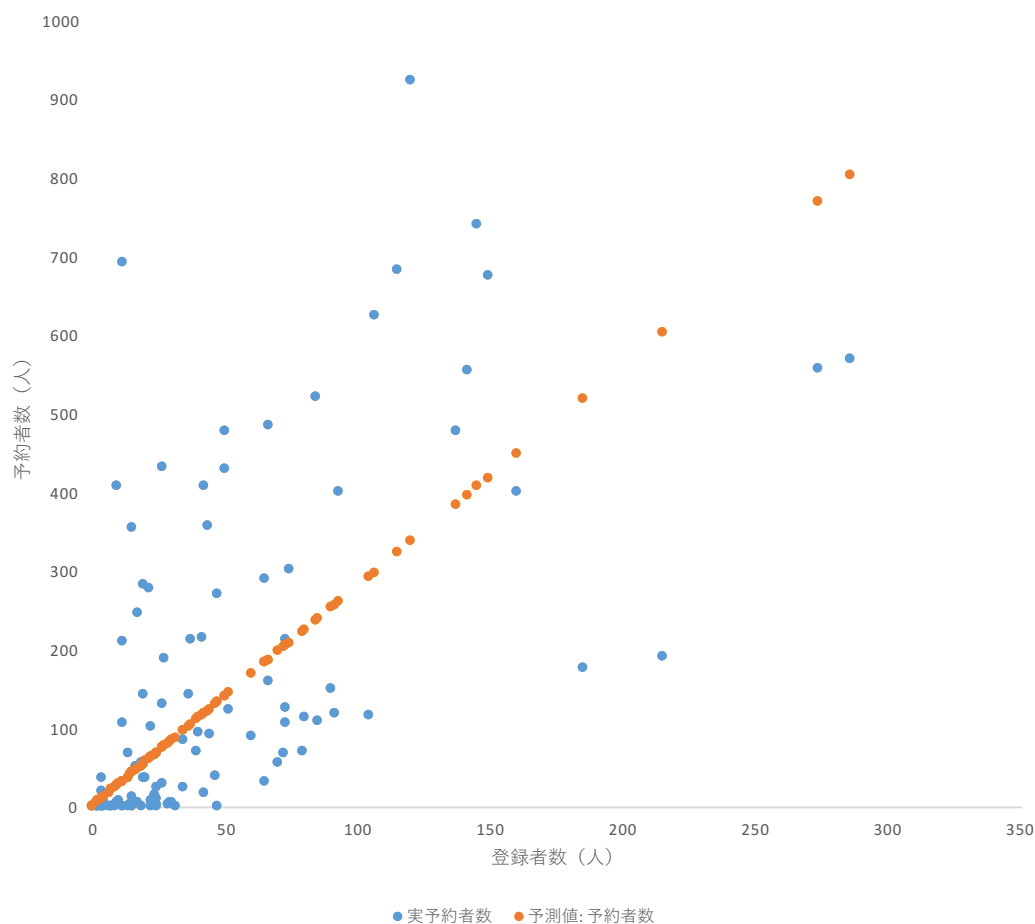


図 5-1 登録者数と予約者数の回帰分析

実データと予測データにおける施設名とこれらのゾーンの組の実データ、予測データそれぞれにおける予約件数を表 5-17 に示す。53402289 のゾーンには、5 つの診療所が含まれているが、表 5-8 が示すようにこれらの診療所の実予約者数は少ない。また、表 5-14 が示すように、このゾーンを自宅とする利用者が特別に多いとも言えない。さらに、メッシュコード 53403302 のゾーンには、カテゴリ 0 から 5 までの施設が存在しない。特に、これらのペアの予約者数が多い理由は、今回注目しなかったカテゴリの利用について調べてみなければ、その原因は分からない。

3 番目は、メッシュコードが 53402267 と 53402352 のペアである。これらのゾーンの実データと予測データにおける施設名とこれらのゾーンの組の実データ、予測データそれぞれにおける予約件数を表 5-18 に示す。実データにおいて、メッシュコード 53402267 のゾーンには、診療所が 1 つ存在するだけであるが、メッシュコード 53402352 のゾーンには先にも言及した浅井病院がある。その浅井病院に圧倒的多数である 2551 件の利用がある。一方、予測データでは、メッシュコードが 53402267 のゾーンに千葉県立東金病院

が、メッシュコードが 53402352 のゾーンに浅井病院、業務スーパー東金店が含まれているが、これらの需要はほぼ 0 と推計されている。なお、表 5-14、及び、表 5-15 が示すように、これらのゾーンを自宅とする利用者が特別に多いとは言えない。

表5-14 東金市における診療所（Category 1）を目的地とする移動の自宅ゾーンごとの実予約者数と推定予約者数の比較（その1）

メッシュコード	65歳以上 人口	65歳以上 登録者数	登録者数	実予約者 数	実予約者数の 割合	予測需要 (割合)
53402219	294	21	28	1	0.006%	1.702%
53402228	389	3	4	1	0.006%	2.251%
53402229	212	93	137	477	2.794%	1.225%
53402238	78	6	6	0	0.000%	0.453%
53402239	122	17	22	101	0.592%	0.705%
53402246	49	4	4	7	0.041%	0.284%
53402247	87	12	26	29	0.170%	0.503%
53402249	56	10	11	209	1.224%	0.322%
53402255	271	1	3	0	0.000%	1.566%
53402256	189	29	41	213	1.248%	1.091%
53402257	383	92	120	921	5.394%	2.216%
53402258	125	20	34	22	0.129%	0.725%
53402259	144	33	43	355	2.079%	0.832%
53402264	417	62	90	148	0.867%	2.412%
53402265	99	2	4	0	0.000%	0.572%
53402266	119	16	21	277	1.622%	0.688%
53402267	139	14	26	130	0.761%	0.805%
53402268	826	92	145	738	4.323%	4.774%
53402269	729	135	185	175	1.025%	4.215%
53402273	60	8	10	6	0.035%	0.345%
53402274	14	6	8	0	0.000%	0.081%
53402275	24	7	15	0	0.000%	0.137%
53402276	98	29	37	210	1.230%	0.567%
53402277	287	92	141	553	3.239%	1.658%
53402278	453	71	93	400	2.343%	2.618%
53402279	800	136	215	189	1.107%	4.624%
53402283	133	12	16	49	0.287%	0.768%
53402284	31	10	18	55	0.322%	0.182%
53402285	22	9	13	0	0.000%	0.130%
53402286	113	35	51	123	0.720%	0.655%
53402287	314	138	274	555	3.251%	1.815%
53402288	200	101	149	674	3.948%	1.155%
53402289	549	103	160	400	2.343%	3.172%
53402293	148	2	3	0	0.000%	0.855%
53402294	130	21	27	186	1.089%	0.754%
53402295	48	15	26	430	2.519%	0.275%
53402296	101	53	106	623	3.649%	0.582%
53402297	42	10	24	2	0.012%	0.243%
53402298	69	24	42	17	0.100%	0.399%
53402299	140	48	70	54	0.316%	0.809%
53402300	112	14	18	0	0.000%	0.646%
53402301	100	2	3	18	0.105%	0.576%
53402302	97	0	2	0	0.000%	0.562%
53402310	112	12	17	3	0.018%	0.646%
53402311	153	50	79	68	0.398%	0.885%
53402312	64	5	11	690	4.041%	0.368%
53402320	40	4	9	407	2.384%	0.231%
53402321	98	13	20	35	0.205%	0.567%
53402322	200	24	39	69	0.404%	1.156%
53402330	43	6	14	1	0.006%	0.251%
53402331	235	24	34	83	0.486%	1.359%
53402332	202	19	23	10	0.059%	1.170%
53402333	50	1	3	0	0.000%	0.288%

表 5-15 東金市における診療所（Category 1）を目的地とする移動の自宅ゾーンごとの実予約者数と推定予約者数の比較（その 2）

メッシュコード	65歳以上 人口	65歳以上 登録者数	登録者数	実予約者 数	実予約者数の 割合	予測需要 (割合)
53402340	88	18	24	24	0.141%	0.509%
53402341	183	41	73	212	1.242%	1.061%
53402342	288	83	115	682	3.995%	1.666%
53402343	78	3	7	0	0.000%	0.451%
53402350	83	10	17	245	1.435%	0.483%
53402351	396	77	104	115	0.674%	2.290%
53402352	347	52	80	112	0.656%	2.009%
53402353	149	18	29	5	0.029%	0.860%
53402360	283	45	73	106	0.621%	1.634%
53402361	158	38	66	484	2.835%	0.915%
53402362	214	37	44	90	0.527%	1.240%
53402363	67	22	31	0	0.000%	0.388%
53402364	91	4	9	4	0.023%	0.524%
53402370	255	45	84	520	3.046%	1.473%
53402371	17	1	1	0	0.000%	0.096%
53402372	56	13	19	281	1.646%	0.322%
53402373	109	18	30	5	0.029%	0.630%
53402374	105	16	24	9	0.053%	0.605%
53402380	207	31	72	66	0.387%	1.199%
53402381	275	67	91	117	0.685%	1.592%
53402382	61	15	19	35	0.205%	0.353%
53402383	171	38	66	159	0.931%	0.991%
53402384	153	12	13	66	0.387%	0.885%
53402390	223	43	74	300	1.757%	1.290%
53402391	378	197	286	568	3.327%	2.188%
53402392	100	21	36	142	0.832%	0.576%
53402393	229	51	65	289	1.693%	1.325%
53402394	156	9	11	104	0.609%	0.902%
53403205	79	1	3	34	0.199%	0.460%
53403208	39	11	19	141	0.826%	0.227%
53403209	73	36	50	475	2.782%	0.421%
53403216	12	4	11	0	0.000%	0.071%
53403217	3	0	2	0	0.000%	0.016%
53403218	63	26	42	405	2.372%	0.363%
53403219	3	0	0	0	0.000%	0.020%
53403225	80	14	24	0	0.000%	0.460%
53403226	17	22	46	38	0.223%	0.099%
53403227	47	22	47	0	0.000%	0.272%
53403228	7	2	4	0	0.000%	0.042%
53403235	42	26	40	92	0.539%	0.242%
53403236	15	8	15	11	0.064%	0.090%
53403238	22	6	11	0	0.000%	0.126%
53403244	95	11	22	7	0.041%	0.552%
53403245	52	28	47	270	1.581%	0.303%
53403246	41	28	50	429	2.513%	0.239%
53403254	188	40	60	88	0.515%	1.087%
53403255	268	47	85	107	0.627%	1.552%
53403256	67	4	7	0	0.000%	0.386%
53403300	207	56	73	125	0.732%	1.198%
53403301	67	11	15	354	2.073%	0.387%
53403302	85	15	23	13	0.076%	0.490%
53403303	94	14	22	0	0.000%	0.543%
53403304	178	2	2	0	0.000%	1.031%
53403310	188	51	65	30	0.176%	1.088%
53403311	291	0	0	0	0.000%	1.685%
53403320	39	14	15	0	0.000%	0.224%

表 5-16 実予約者数が 1 位のゾーンの組における施設名と予約件数

	目的地	自宅	Category						その他	運行エリア全体の総数		
			0	1	2	3	4	5				
			総合病院	診療所	デイケアサービス	都道府県庁・役場	スーパー	大型商業施設				
実データ	施設名	53402258		・神野歯科クリニック前					・カスミ 押堀インター入口 循環バス上り停留所脇 (ビッグハウス側) ・カスミ 押堀インター入口 循環バス下り停留所脇 (カスミ側)			
		53402352		・浅井病院				・前嶋商店				
	予約件数	53402258	53402352	0	0	0	0	0	0	3	15	67670
		53402352	53402258	3520	0	0	0	0	0	0		
予測データ	施設名	53402258		・神野歯科クリニック				・タイヨービッグハウス 東金店				
		53402352		・浅井病院	・北辰堂佐藤医院			・業務スーパー 東金店				
	予約件数	53402258	53402352	0	2.45967E-16	0	0	2.10085E-14	0	0		51381.72504
		53402352	53402258	5.78451E-10	2.10085E-14	0	0	2.45967E-16	0	0		

表 5-17 実予約者数が 2 位のゾーンの組における施設名と予約件数

	目的地	自宅	Category						その他	運行エリア全体の総数		
			0	1	2	3	4	5				
			総合病院	診療所	デイケアサービス	都道府県庁・役場	スーパー	大型商業施設				
実データ	施設名	53402289		・平沼歯科医院前 ・田間カネハン商店前 (共通乗降場) (※) ・今井医院入口砂押県道 (千葉学芸高校前停留所) (海側) ・使用不可!! おぐらクリニック前 (H27.8.12 移転) ・勝田歯科医院前 (隔りは田間カネハン)								
		53403302										
	予約件数	53402289	53403302	0	0	0	0	0	0	0	3417	67670
		53403302	53402289	0	0	0	0	0	0	0		
予測データ	施設名	53402289		・今井医院 ・おぐらクリニック ・勝田歯科医院 ・いごう歯科医院 ・平沼歯科医院				・村の市場東金店				
		53403302										
	予約件数	53402289	53403302	0	1.69992E-09	0	0	1.70E-09	0	0		51381.72504
		53403302	53402289	0	0	0	0	0	0	0		

表 5-18 実予約者数が 3 位のゾーンの組における施設名と予約件数

	目的地	自宅	Category						その他	運行エリア全体の総数	
			0	1	2	3	4	5			
			総合病院	診療所	デイケアサービス	都道府県庁・役場	スーパー	大型商業施設			
実データ	施設名	53402267			・斉藤クリニック前						
	施設名	53402352		・浅井病院							
	予約件数	53402267	53402352	0	0	0	0	0	0	0	
		53402352	53402267		2551	0	0	0	0	0	56
予測データ	施設名	53402267		・千葉県立東金病院	・斉藤クリニック						
	施設名	53402352		・浅井病院	・北辰堂佐藤医院				・業務スーパー東金店		
	予約件数	53402267	53402352	1.40564E-19	6.20578E-19	0	0	0	0	0	
		53402352	53402267	5.63455E-20	2.48553E-19	0	0	1.95472E-15	0	0	51381.72504

表 5-19 東金市における 2 ゾーン間の需要推計において予想予約者数が上位 80 番目までのデータ

予想予約者数の順位	予想予約者数	実予約者数	メッシュコード	メッシュコード
1	2748	515	53402279	53402279
2	2505	46	53402269	53402269
3	1518	479	53402269	53402279
4	1257	11	53402289	53402289
5	1194	22	53402352	53402352
6	946	19	53402268	53402268
	946	413	53402268	53402279
8	867	7	53402391	53402391
9	847	374	53402279	53402289
10	691	897	53402279	53402288
11	687	7	53402288	53402288
12	519	106	53402278	53402279
	519	3	53402278	53402278
14	511	1	53402390	53402390
15	509	248	53402278	53402288
16	501	1324	53402352	53402362
17	485	0	53402229	53402229
18	478	1330	53402264	53402279
19	476	257	53402287	53402288
20	474	152	53402269	53402288
21	473	214	53402268	53402269
	473	249	53402268	53402288
23	454	57	53402279	53402351
	454	0	53402351	53402351
25	446	0	53402228	53402279
	446	0	53402228	53402229
27	439	38	53402257	53402257
	439	438	53402257	53402279
29	434	205	53402279	53402370
30	412	41	53402342	53402352
31	408	0	53403304	53403304
32	398	534	53402279	53402352
33	360	685	53402279	53402287
34	339	70	53402351	53402352
35	337	55	53402219	53402279
	337	0	53402219	53402229
37	334	0	53403311	53403311
38	332	42	53402279	53402360
39	330	537	53402279	53402342
40	329	21	53402277	53402288
	329	362	53402277	53402279
42	324	0	53402360	53402360
43	319	51	53402267	53402267
44	314	117	53402269	53402289
	314	72	53402288	53402289
46	313	72	53402381	53402391
47	310	0	53402255	53402279
48	302	26	53402269	53402360
49	287	2	53402258	53402258
50	280	10	53402390	53402391
51	274	0	53403310	53403311
52	269	21	53402279	53402331
53	256	0	53402352	53402353
54	247	5	53402264	53402288
55	246	1	53402362	53402362
56	244	108	53402279	53402362
57	243	1238	53402229	53402279
58	239	0	53402264	53402267
	239	18	53402390	53403300
60	238	0	53402264	53402283
61	237	0	53403300	53403300
	237	49	53402258	53402268
	237	45	53402267	53402268
64	232	0	53402332	53402352
	232	96	53402279	53402332
66	230	144	53402258	53402264
67	229	71	53402390	53403310
	229	21	53402279	53402322
	229	8	53402351	53402362
70	226	0	53403300	53403310
71	220	153	53402257	53402267
	220	67	53402257	53402288
	220	218	53402257	53402258
	220	0	53402228	53402362
75	217	3	53402391	53403310
	217	493	53402279	53402391
77	216	0	53403310	53403310
	216	51	53402256	53402279
79	215	188	53402269	53402391
80	211	39	53402289	53402380

表 5-20 東金市において 2 ゾーン間の実予約者数が上位 80 番目までのデータ

実予約者数の順位	実予約者数	予想予約者数	メッシュコード	メッシュコード
1	3538	0	53402258	53402352
2	3417	0	53402289	53403302
3	2607	0	53402267	53402352
4	1644	181	53402279	53402361
5	1330	478	53402264	53402279
6	1324	501	53402352	53402362
7	1238	243	53402229	53402279
8	1042	0	53402294	53402296
9	996	0	53402288	53402352
10	897	691	53402279	53402288
11	872	149	53402279	53402294
12	867	114	53402279	53402296
13	762	0	53402278	53402296
14	729	108	53402279	53403310
15	685	360	53402279	53402287
16	680	0	53402269	53402312
17	655	109	53402229	53402269
18	626	68	53402258	53402266
19	589	43	53402279	53402298
20	569	154	53402279	53403255
21	537	330	53402279	53402342
22	534	398	53402279	53402352
23	526	42	53402279	53403209
24	518	46	53402279	53402320
25	515	2748	53402279	53402279
26	493	217	53402279	53402391
27	487	158	53402279	53402381
28	479	1518	53402269	53402279
29	463	0	53402268	53402391
30	438	439	53402257	53402279
31	413	946	53402268	53402279
32	404	0	53402268	53402350
33	396	0	53402269	53402320
34	391	22	53402279	53403208
35	379	16	53402274	53402279
36	378	151	53402269	53402370
37	374	847	53402279	53402289
38	369	54	53402279	53402295
39	362	329	53402277	53402279
40	361	36	53402279	53403218
41	355	80	53402279	53402299
42	338	0	53402269	53402342
43	330	0	53402269	53402361
44	323	0	53402274	53402391
45	322	0	53402277	53402350
46	320	0	53402273	53402352
47	318	0	53402257	53402274
48	317	0	53402229	53402274
49	315	0	53402350	53403301
50	314	0	53402257	53402268
51	311	128	53402279	53402390
52	304	0	53402350	53402391
53	301	135	53402269	53402278
54	296	0	53402269	53403246
55	280	8	53402259	53402350
56	271	0	53402239	53402352
	271	0	53402268	53402372
58	269	0	53402257	53402352
59	266	0	53402257	53402350
60	264	16	53402274	53402288
61	257	476	53402287	53402288
62	256	112	53402279	53402321
63	249	473	53402268	53402288
64	248	509	53402278	53402288
65	246	0	53402350	53402390
66	240	0	53402257	53402269
67	236	0	53402268	53402393
68	234	0	53402268	53403245
69	229	49	53402269	53402350
70	225	38	53402279	53403301
71	219	0	53402269	53402296
72	218	220	53402257	53402258
73	214	473	53402268	53402269
74	211	6	53402352	53402381
75	210	0	53402352	53403255
76	207	0	53402274	53402287
	207	0	53402268	53402352
78	205	434	53402279	53402370
79	202	0	53402258	53402296
	202	112	53402276	53402279

表5-21 東金市における2ゾーン間の需要推計において予想予約者数から実予約者数を引いた差が上位80番目までのデータ

順位	差	メッシュコード	メッシュコード
1	1855	53402269	53402269
2	1771	53402269	53402279
3	1049	53402279	53402279
4	863	53402268	53402269
5	704	53402289	53402289
6	664	53402268	53402279
7	599	53402269	53402289
8	590	53402279	53402289
9	519	53402268	53402268
10	516	53402351	53402351
11	508	53402228	53402229
	508	53402228	53402279
13	501	53402269	53402360
14	490	53402258	53402268
15	486	53402391	53402391
16	485	53402278	53402279
17	459	53402279	53402351
18	431	53402352	53402352
19	390	53402258	53402264
20	384	53402219	53402229
21	380	53402269	53403311
22	353	53402255	53402258
	353	53402255	53402279
24	336	53402269	53403255
	336	53402279	53402360
26	329	53402219	53402279
27	317	53402269	53402287
28	309	53402390	53402391
29	308	53402351	53402361
30	304	53402269	53402391
31	294	53402269	53402278
32	292	53402278	53402278
33	290	53402390	53402390
34	289	53402279	53402370
35	288	53402269	53402381
36	286	53402279	53402331
37	285	53402381	53402391
38	284	53402351	53402352
39	282	53402257	53402258
40	276	53402229	53402229
41	271	53402264	53402283
42	260	53402264	53402269
43	258	53402269	53402390
44	254	53402390	53403300
	254	53402288	53402288
	254	53402228	53402258
47	251	53402269	53403300
48	245	53402269	53403310
49	243	53402258	53402258
50	240	53402342	53402352
	240	53402279	53402322
52	235	53402269	53402380
53	230	53402269	53402351
54	228	53402228	53402269
55	223	53402393	53402394
56	212	53402257	53402257
57	207	53402259	53402269
58	203	53402394	53402394
59	202	53402289	53402380
60	198	53402384	53402394
61	197	53402269	53403254
62	195	53402256	53402279
63	194	53402352	53402353
64	193	53402279	53402293
65	192	53403300	53403311
	192	53402219	53402258
67	190	53403311	53403311
	190	53402342	53402351
	190	53402390	53403311
	190	53402394	53403311
71	188	53402219	53402351
72	184	53402360	53402360
73	177	53402255	53402269
74	175	53402390	53403255
	175	53403208	53403255
76	174	53403255	53403300
77	171	53402269	53402299
78	170	53402279	53402311
79	168	53402279	53402332
80	167	53402277	53402288

表 5-22 東金市における 2 ゾーン間の需要推計において予想予約者数から実予約者数を引いた差が下位 80 番目までのデータ

順位	差	メッシュコード	メッシュコード
1	-3538	53402258	53402352
2	-3417	53402289	53403302
3	-2607	53402267	53402352
4	-1438	53402279	53402361
5	-1119	53402352	53402362
6	-1042	53402294	53402296
7	-996	53402288	53402352
8	-962	53402229	53402279
9	-786	53402264	53402279
10	-762	53402278	53402296
11	-737	53402279	53402296
12	-702	53402279	53402294
13	-673	53402269	53402312
14	-646	53402229	53402269
15	-631	53402279	53402288
16	-615	53402279	53403310
17	-540	53402279	53402298
18	-479	53402279	53403209
19	-471	53402258	53402266
20	-466	53402279	53402320
21	-463	53402268	53402391
22	-404	53402268	53402350
23	-396	53402269	53402320
24	-394	53402279	53403255
25	-365	53402279	53403208
26	-361	53402274	53402279
27	-323	53402274	53402391
28	-322	53402277	53402350
29	-320	53402279	53403218
	-320	53402273	53402352
31	-318	53402257	53402274
32	-317	53402229	53402274
33	-316	53402279	53402391
34	-315	53402350	53403301
35	-314	53402257	53402268
36	-307	53402279	53402295
	-307	53402279	53402381
38	-304	53402350	53402391
39	-276	53402279	53402287
40	-271	53402259	53402350
	-271	53402239	53402352
	-271	53402268	53402372
43	-269	53402257	53402352
44	-266	53402257	53402350
45	-264	53402279	53402299
46	-255	53402274	53402288
47	-249	53402268	53402288
48	-246	53402350	53402390
49	-242	53402269	53403246
50	-236	53402268	53402393
51	-234	53402268	53403245
52	-227	53402269	53402361
53	-225	53402279	53403301
54	-211	53402352	53402381
55	-210	53402352	53403255
56	-207	53402274	53402287
	-207	53402268	53402352
58	-200	53402256	53402268
59	-197	53402274	53402380
60	-196	53402352	53402361
61	-195	53402258	53402296
62	-194	53402279	53402383
63	-193	53402289	53402360
64	-192	53402268	53402287
65	-190	53402352	53403310
66	-187	53402295	53402350
67	-186	53402268	53402296
68	-183	53402268	53402289
69	-182	53402249	53402268
70	-180	53402295	53402297
	-180	53402274	53402278
72	-171	53402269	53402350
73	-167	53402352	53402370
74	-165	53402279	53402390
75	-163	53402268	53402277
76	-161	53402279	53403245
	-161	53402279	53402342
78	-160	53402274	53402362
79	-157	53402274	53402341
80	-156	53402266	53402268

第 6 章

結論

6.1	結論	64
6.2	今後の展望	64

6.1 結論

本研究では、オンデマンドバスを導入する自治体、及び、オンデマンドバスの運行体系の改善を検討する自治体において、その自治体の国土数値情報（GIS データ）を用いてオンデマンドバスの需要を予測する方法を提案した。

提案した手法に基づいて東金市における 2 ゾーン間の需要を推計した結果、予測需要から実需要を引いた差が -50 以上 50 未満の範囲に、2 ゾーンの組全体の約 93.8% が入っていることが示された。一方で、実需要と予測需要が大きく外れる 2 ゾーンのペアがあることが明らかになった。特に、目的地ゾーン別に実需要と予測需要を比較した結果、距離をパラメータとしたロジットモデルを用いて需要を配分する方法では、実需要と予測需要との間に大きな隔たりがあった。各カテゴリー（目的地の施設の分類）に属する施設ごとに利用者数が大きく異なる原因のひとつは、公共交通の環境によるものであるものと推察される。そのため、より正確な需要予測を行うためには、公共交通に関するデータを用いることが不可欠である。また、その他の原因として、同じカテゴリーの各施設の利用者が大きく異なることも考えられるため、施設の位置情報以外に、施設の利用者数を推定するためのデータも不可欠である。

また、東金市の例では施設に割り当てられているカテゴリーが妥当ではない例があり、予測の際には、これを正しく振り直す必要がある。さらに、総合病院や大型商業施設の開業、閉業、移転があると予測に大きな影響を与えることも明らかになった。

一方、自宅ゾーン別に実需要と予測需要を比較した結果、概ね登録者数と大きな相関があることが分かった。そして、各ゾーンの登録者の割合がゾーンによって隔たりがあることが明らかになった。この原因のひとつも、公共交通の環境によるものであるものと推察される。既にオンデマンドバスを運行している自治体において需要の推定を行う場合には、各ゾーンごとの登録者数の変化をシステムダイナミクスモデルを適用することで、より正確な需要が推定できるものと期待できる。

さらに、共通バス停と自宅バス停との間の移動に関しては、今回提案手法で対象としたカテゴリーに入っていない施設の利用者数が約 4 割と無視できないくらいに大きいことが明らかになった。また、共通バス停同士の利用も約 7% の実需要があり、これも場合によっては推計に入れる必要がある。

6.2 今後の展望

本研究で提案した手法では、目的地ゾーン別に実需要と予測需要を比較した結果が大きく異なっていた。この問題を改善するために、本研究で使用しなかった有用なデータを用いることが重要である。需要予測に有用なデータとして、次の 3 つが考えられる。

1 つ目は、医療機関の病床数のデータである。2 つ目に、国土交通省が公開する商業統

計3次、4次メッシュデータである。これらのデータには、ゾーンごとの売り場面積、売上などのデータがあり、これらも商業施設への移動の需要予測の精度の向上に利用できるものと期待される。3つ目に、目的地のカテゴリーをさらに増やすことである。今回は目的地のカテゴリーとして6つのカテゴリーに絞ったが、より多くのカテゴリーについて推計することによって、より実需要に近づくものと考えられる。

さらに、今回は、オンデマンドバスのシュミレータを用いて、需要の予測データに基づいて予約を発生させ、シュミレータ上で配車する段階まで研究を進めることができなかった。実際に数台のバスをシュミレータ上で配車し、どれだけの乗り合いが発生するか、どれだけ予約を成立させられるかを検討することも、今後の課題である。

謝辞

本研究を進めるにあたり、多くの方々のご協力、ご助力を賜りました。ここに衷心より感謝申し上げます。

東京大学大学院新領域創成科学研究科人間環境学専攻 准教授 稗方和夫先生には、本論文を書くにあたり、手法の妥当性の判断、正しい論理展開の方法など、多岐に渡ってご指導いただきました。特に、本稿提出までの約半年に渡り、大変に貴重なお時間をいただいて、研究のペース配分も含め、研究方針の仔細に渡ってご指導いただきました。心から厚く御礼申し上げます。

海上・港湾・航空技術研究所 理事長 大和裕幸先生には、大変ご多忙にも関わらず、常に研究の道しるべを与えて頂き、多くの本質的かつ的確なアドバイスを頂きました。それだけでなく、研究や仕事に臨む姿勢についても数多く教わりました。また、歴史や絵画など幅広い教養が人生に彩りを与えることにも、気付かせていただきました。心から感謝申し上げます。

大学院工学研究院 システムの創生部門 准教授 満行泰河先生には、柏に在住の際には何かと病気がちだった私を、様々な面から支えていただきました。先生のどんな状況においても、常に前向きで、直向きな姿勢には、大変学ばされました。心から感謝申し上げます。

東京大学大学院新領域創成科学研究科人間環境学専攻 特任准教授 兼 MIT System Design & Management アカデミックディレクターおよび上級講師 Bryan Moser 先生には、輪講その他において研究の手法に関して貴重なアドバイスを頂いたと同時に、米国の研究生活や文化について国際的な視野を与えてくださいました。心から感謝申し上げます。

稗方研究室の秘書の山本和子様、山田祐子様、大塚朋子様、鮫島文子様には、数々の研究室の事務を請け負っていただき、また研究室の環境を整えていただきました。また、当方の体調についても、いつも気遣っていただきました。心から感謝申し上げます。

東京大学大学院新領域創成科学研究科人間環境学専攻 稗方研究室 協力研究員の本多

建様には、オンデマンド交通システムの特性や、効率的な運行をするための運用形態などに関する具体的なアイデアや、ログデータの集計方法など、様々なことを教わりました。心から感謝申し上げます。

順風路株式会社の吉富広三社長、神谷聖二様には、大変お忙しい中、オンデマンドバスに関する様々なデータをご準備いただきました。また、オンデマンドバスの特性、有効な運用方法などについても、多岐に渡ってご教授いただきました。心から感謝申し上げます。

東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻 技術専門員 榎本昌一様には、いつも温かくお声がけいただき、また、PC の設定などについていろいろとサポートいただきました。心から感謝申し上げます。

博士課程に所属され、研究室の先輩でもある富士通株式会社の岡田伊策様、笈田佳彰様には、勉強会や輪講などで大変お世話になりました。社会人になってから博士号を取得することの意義についても教わり、私にとって大きなモチベーションになりました。心から感謝申し上げます。

研究室の先輩であった孫晶鈺様には、研究面や TA の準備に関する相談のみならず、生活面においてもいろいろと相談にのって頂きました。心から感謝申し上げます。

同じく、研究室の先輩であった中村覚様には、ご自身も大変ご多用中にも関わらず、研究のロジック面で私が混乱していることに対して根気よく耳を傾けくださり、ともに考えていただきました。また、私が苦手であるプログラミングについても、いろいろとサポート頂きました。心から感謝申し上げます。

同じく、研究室の先輩であった石黒慧様、河野裕様、廣井貴彬様、深田直人様には、様々な面からサポートいただきました。石黒様には、同じくオンデマンドバスをテーマに研究する先輩として、オンデマンドバスに関わるデータの処理の方法など、一から手ほどきを受けました。大変にお世話になりました。心から感謝申し上げます。また、廣井様には、同じくオンデマンドバスをテーマに研究する先輩として、研究面で多岐に渡ってディスカッションにお付き合いいただきました。また、ArcGIS の使い方やデータの処理方法など、いろいろなことを教わりました。心から感謝申し上げます。

博士課程の和中真之介様には、様々なディスカッションの際に、核心をつき、かつ率直な数々のアドバイスを頂きました。的確に物事を決断し、人を引っ張っていく姿は、学ぶべきところが数多くありました。心から感謝申し上げます。

研究室の同輩、及び後輩である齋藤智輝様、松原洸也様、上野隆治様、後藤拓矢様、馬目信人様、伊藤航大様、岡田航太様、石原祥太郎様、神庭広希様、宇野健介様、王汝佳様、

小沢健悟様、三浦笑峰様、笠原達也様、松尾康平様、趙之楠様、Khatun Mst Taskia 様、茶屋愛太郎様、堀井悠司様には、輪講でのディスカッションなどを通して、貴重なご意見を賜りました。

特に、松原洸也様には、当方がプログラミングの未経験者ゆえ、TA などの準備で分からなく、困っている点を、いろいろと助けていただきました。心から感謝申し上げます。

また、伊藤航大様には、遠隔地から輪講に参加するための設定のために、いろいろとご尽力いただきました。心から感謝申し上げます。

末筆ながら、高齢になってからの大学院への進学を承諾し、また、在学中に病気になってからの生活を常に支えてくれた家族に、心から感謝いたします。

参考文献

- [1] Andrei Borshchev and Alexei Filippov. From system dynamics and discrete event to practical agent based modeling: reasons, techniques, tools. In *Proceedings of the 22nd international conference of the system dynamics society*, Vol. 22, 2004.
- [2] 菊池輝, 小畑篤史, 藤井聡, 北村隆一. Gis を用いた交通機関・目的地点選択モデル: ゾーンシステムから座標システムへの地理空間表現手法の移行に向けて. *土木計画学研究・論文集*, Vol. 17, pp. 605–612, 2000.
- [3] 吉田朗, 原田昇. 選択肢集合の確率的形成を考慮した集計型目的地選択モデルの研究. *土木学会論文集*, No. 618, pp. 1–13, 1999.
- [4] 金森亮, 三輪富生, 森川高行. 活動選択を考慮した時間帯別・統合均衡モデルの構築と適用. *土木計画学研究・論文集*, Vol. 24, pp. 545–556, 2007.
- [5] 金森亮, 森川高行, 山本俊行, 三輪富生. 総合交通戦略の策定に向けた統合型交通需要予測モデルの開発. *土木学会論文集 D*, Vol. 65, No. 4, pp. 503–518, 2009.
- [6] 森山昌幸, 藤原章正, 杉恵頼寧. Gis を活用した中山間地域の公共交通計画支援ツールの開発. *土木計画学研究・論文集*, Vol. 21, pp. 759–768, 2004.
- [7] 森川高行, 佐々木邦明. 交通行動分析の新展開 主観的要因を考慮した非集計離散型選択モデル. *土木学会論文集*, No. 470, pp. 115–124, 1993.
- [8] 森地茂, 屋井鉄雄, 田村亨. 非集計行動モデルによる od 交通量推計方法. *土木計画学研究・論文集*, Vol. 2, pp. 45–52, 1985.
- [9] 長谷川嵩. 非集計モデルを用いたオンデマンド交通導入計画支援手法. Master's thesis, 新領域創成科学研究科修士論文, 2013.
- [10] 杉尾恵太, 磯部友彦, 竹内伝史. Gis を用いたバス路線網計画支援システムの構築. *土木計画学研究・論文集*, Vol. 18, pp. 617–626, 2001.
- [11] 樗木武, 井上信昭. *交通計画学*. 共立出版, 1993.
- [12] 福田大輔, 力石真. 離散-連続モデルの研究動向に関するレビュー. *土木学会論文集 D3 (土木計画学)*, Vol. 69, No. 5, pp. I.497–I.510, 2013.
- [13] 李燕. 交通計画 gis のベースシステムの構築手法について. *土木計画学研究・論文集*, Vol. 19, pp. 467–472, 2002.

付録 A

計算結果

A.1 システム・ダイナミクス・モデルによる登録者数の変化のシミュレーション結果

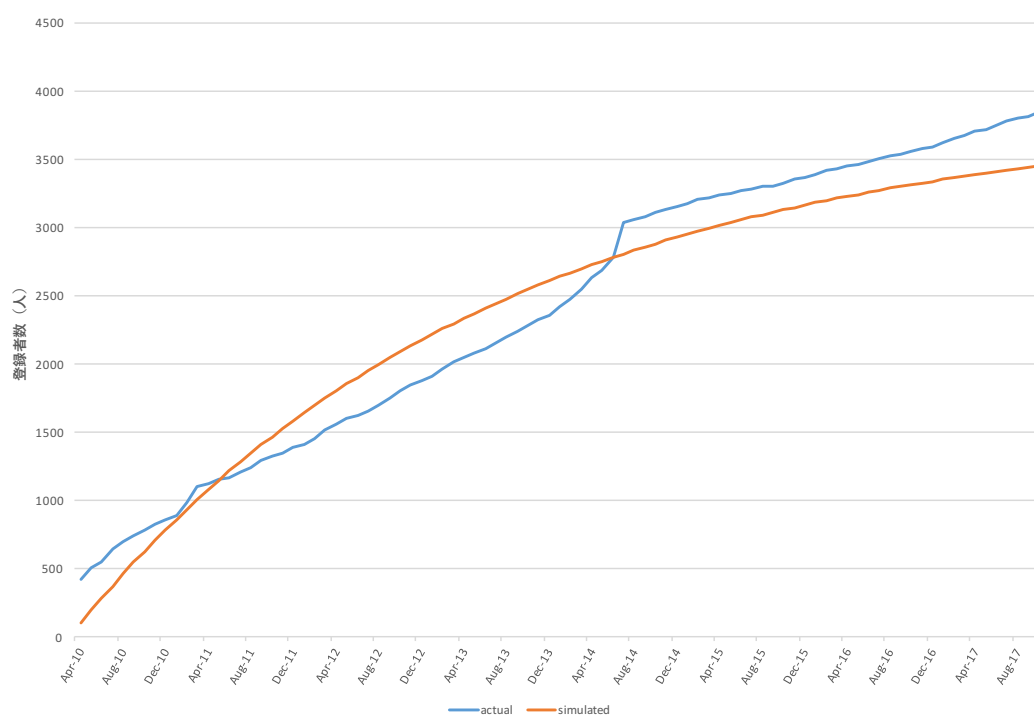


図 A-1 鳩山市の登録者数の変化をシミュレートした結果

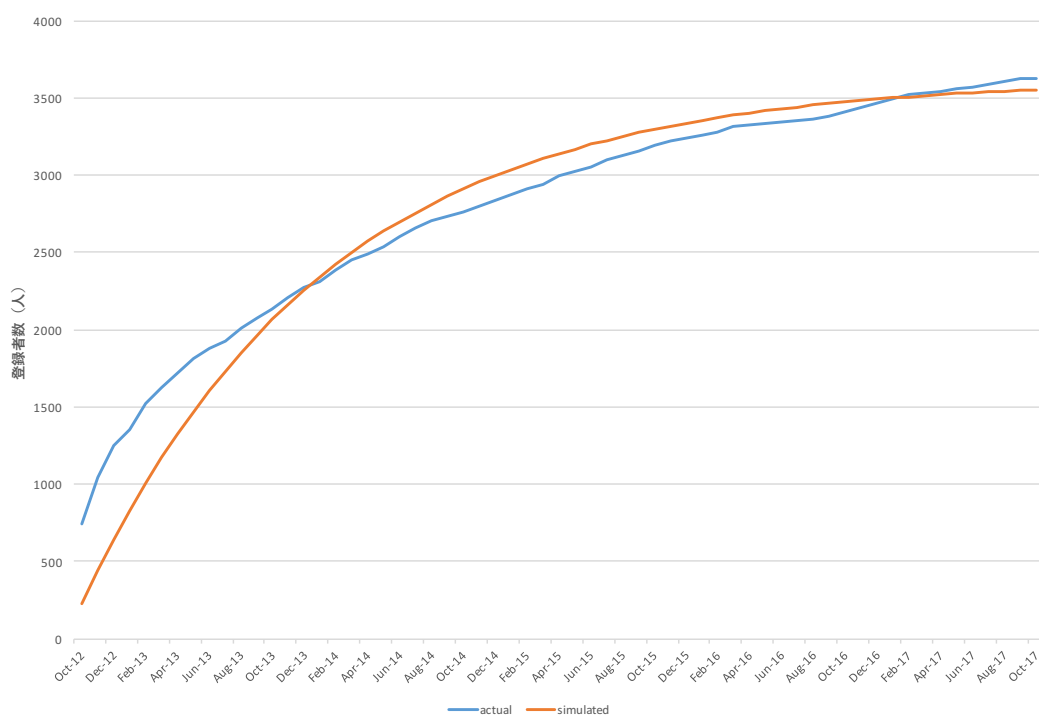


図 A-2 寄居町の登録者数の変化をシミュレートした結果

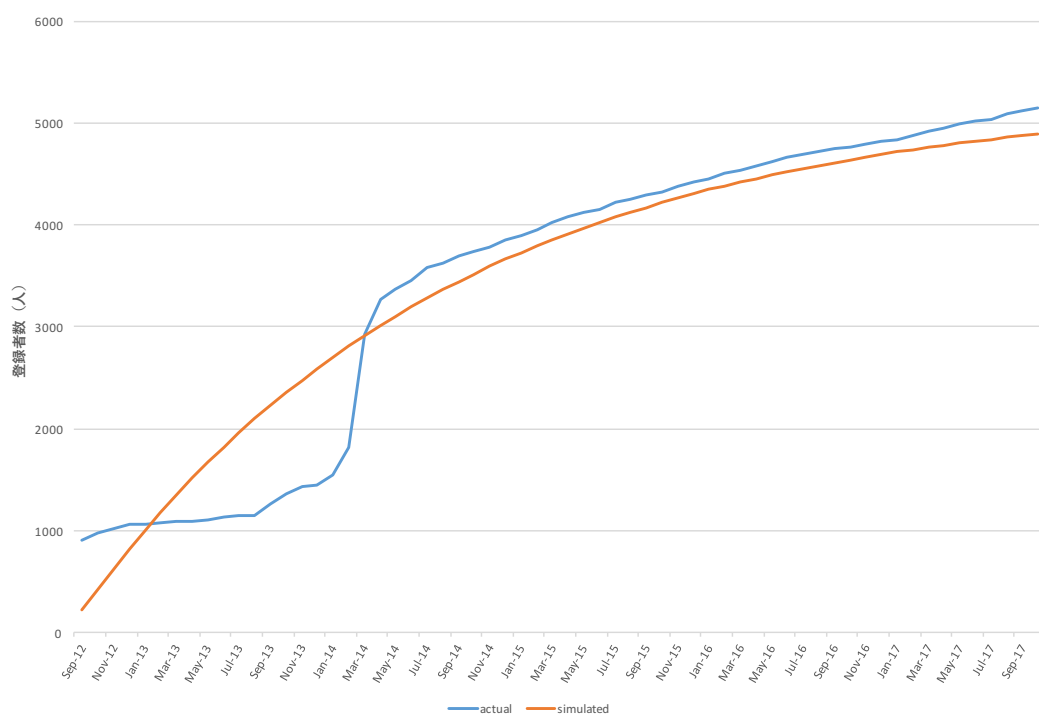


図 A-3 東金市の登録者数の変化をシミュレートした結果

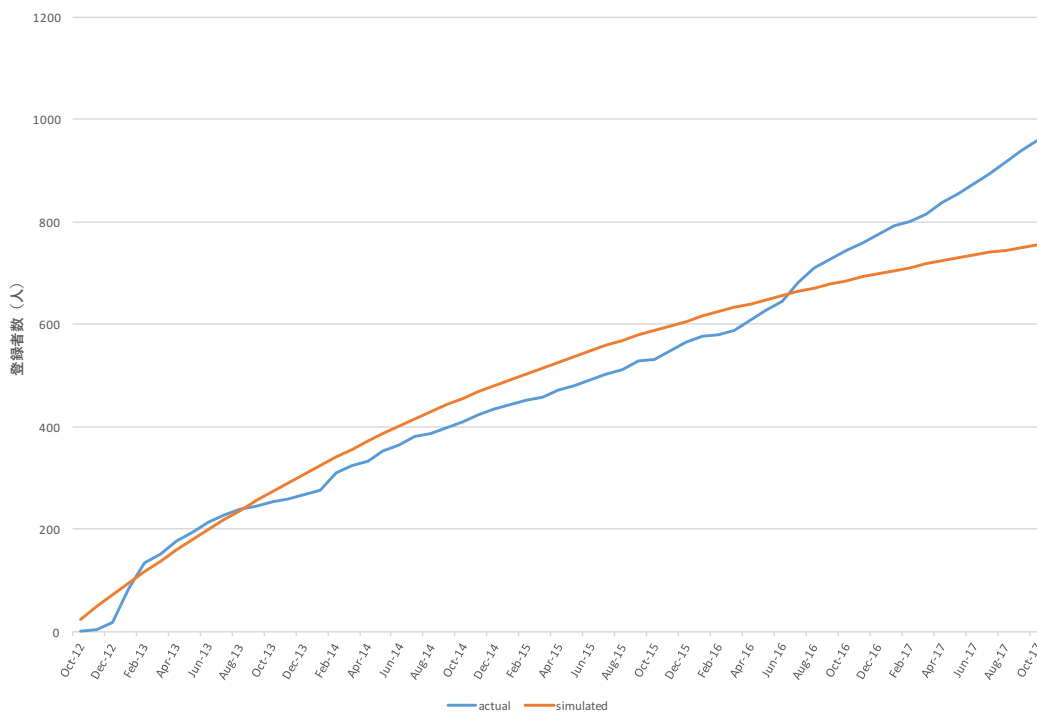


図 A-4 柏市の登録者数の変化をシミュレートした結果

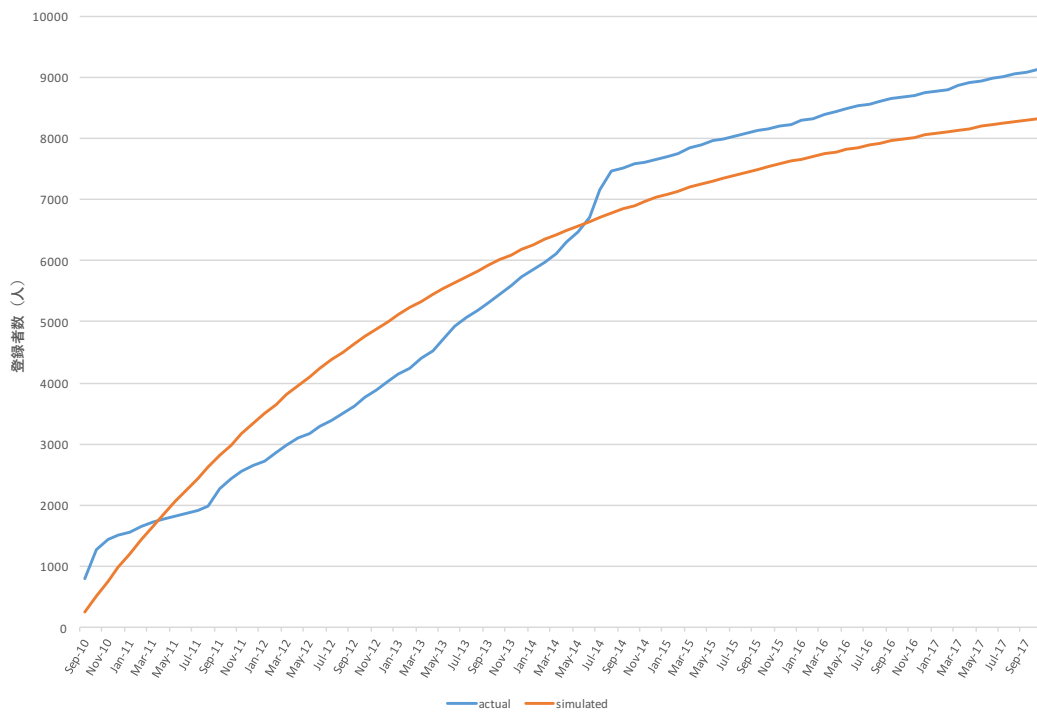


図 A-5 山武市の登録者数の変化をシミュレートした結果

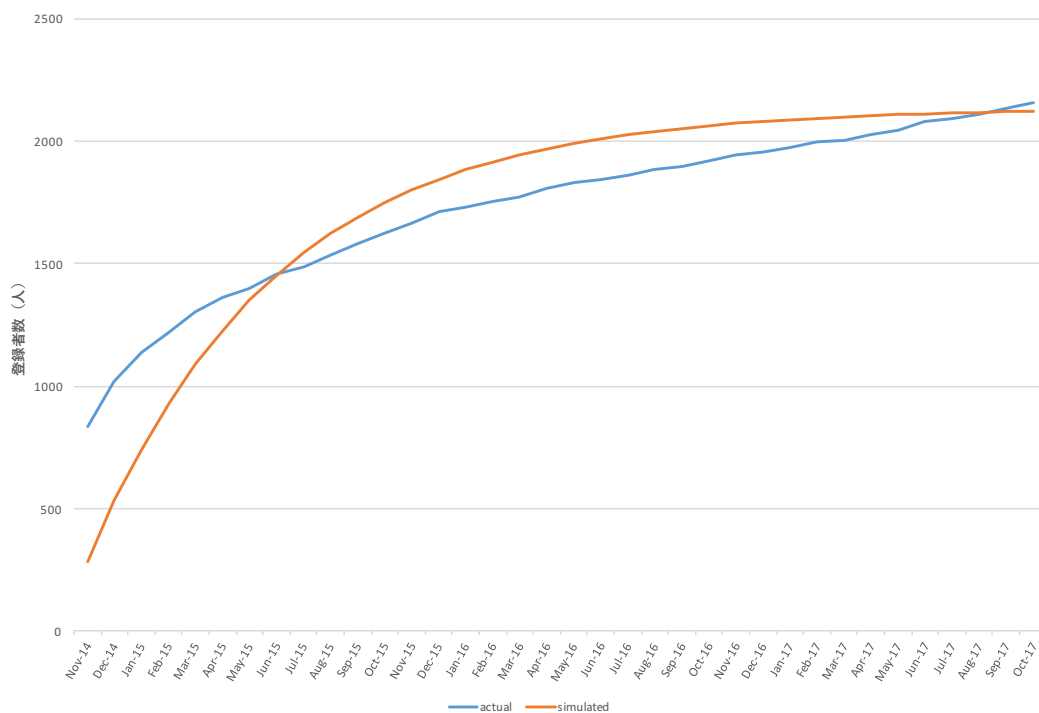


図 A-6 横芝光町の登録者数の変化をシミュレートした結果

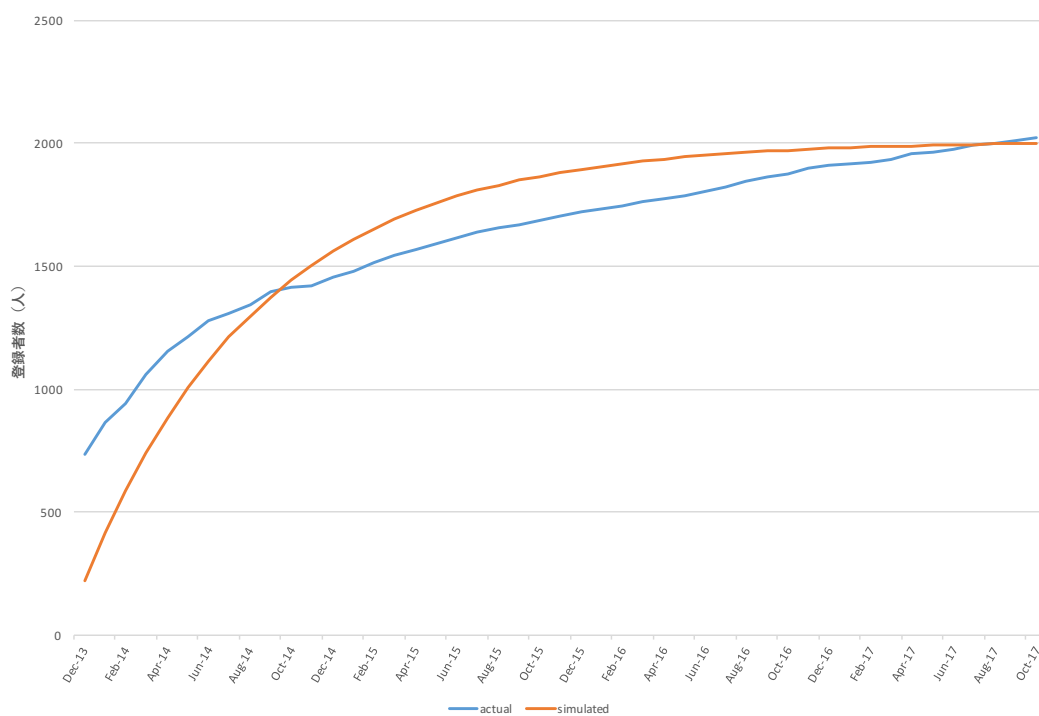


図 A-7 茅ヶ崎市の登録者数の変化をシミュレートした結果

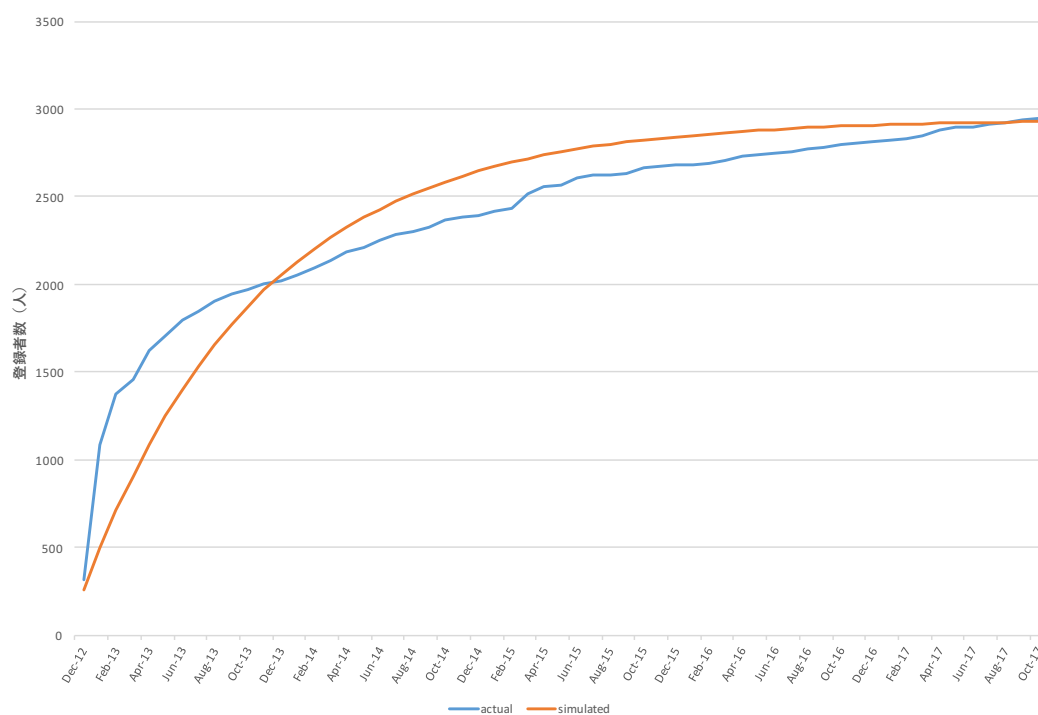


図 A-8 中井町の登録者数の変化をシミュレートした結果

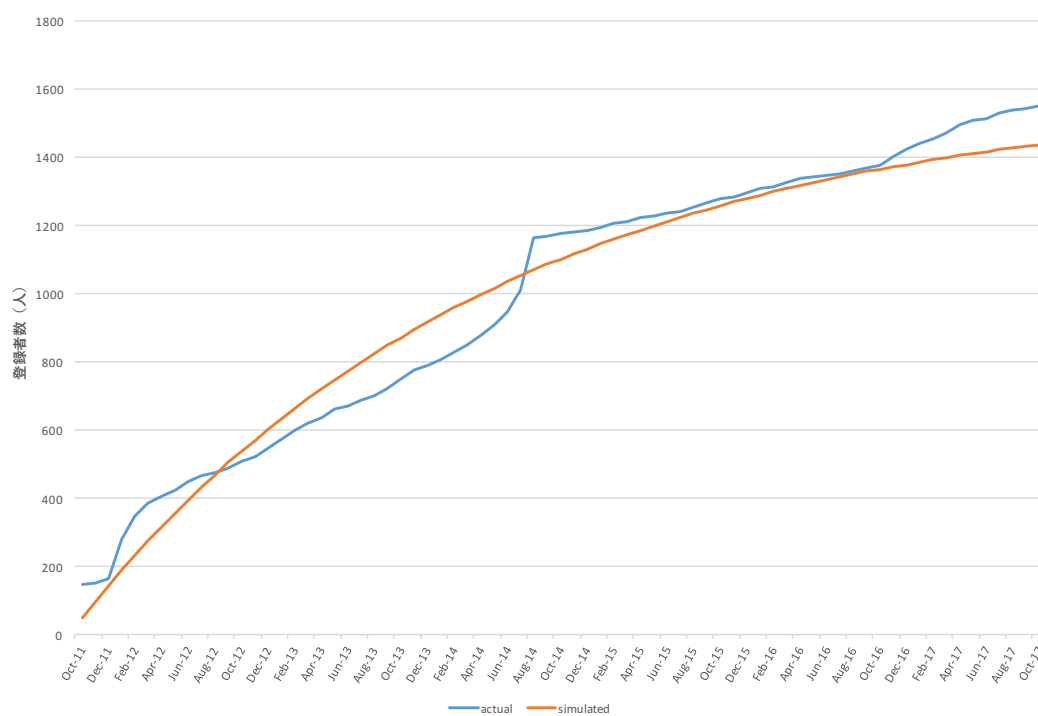


図 A-9 高浜町の登録者数の変化をシミュレートした結果

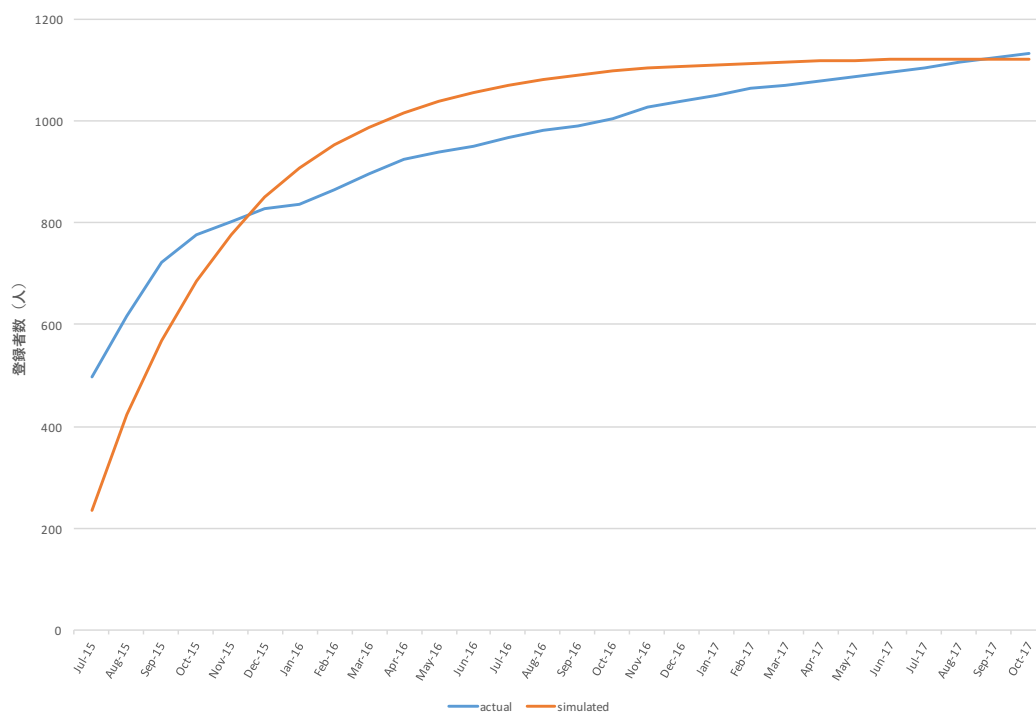


図 A-10 若桜町の登録者数の変化をシミュレートした結果

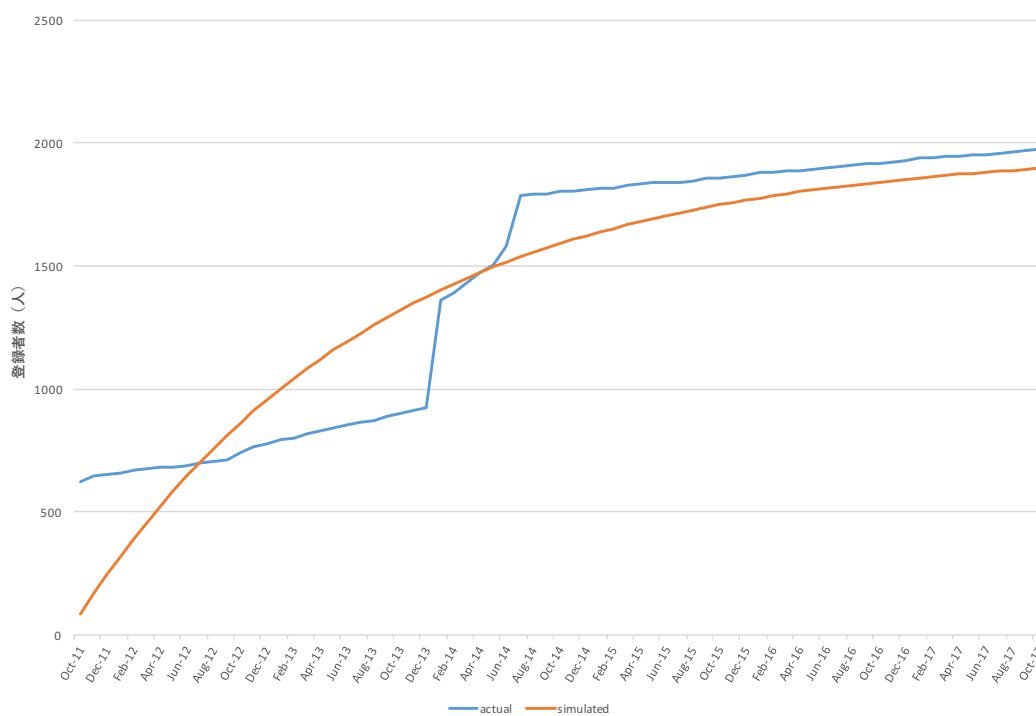


図 A-11 甲州市の登録者数の変化をシミュレートした結果

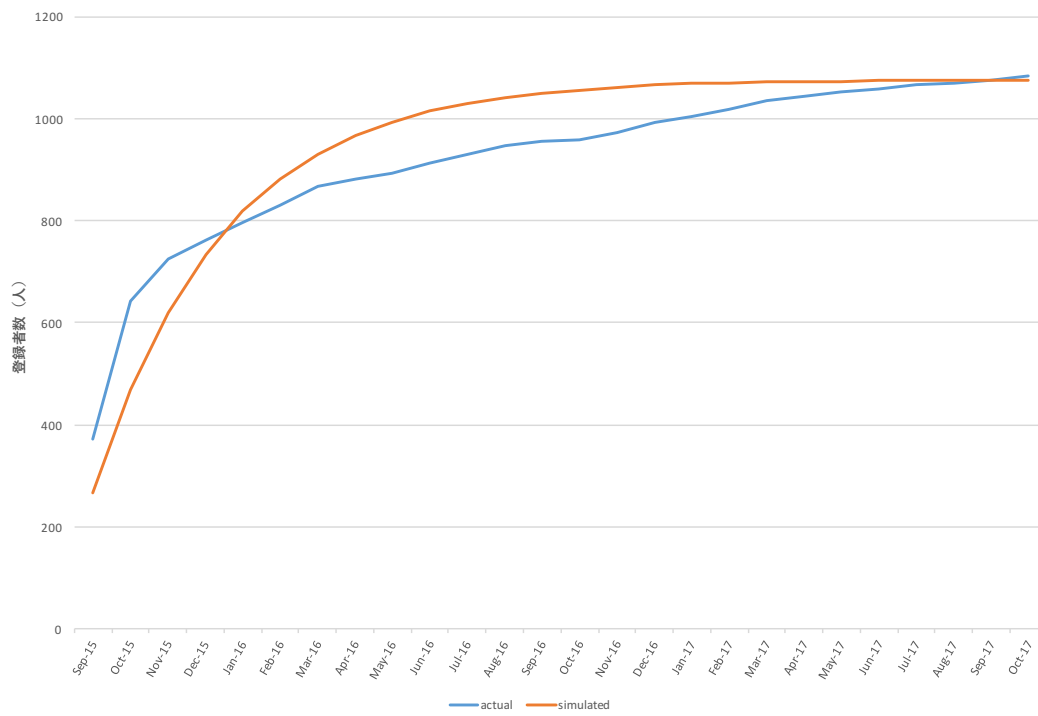


図 A-12 海津市の登録者数の変化をシミュレートした結果

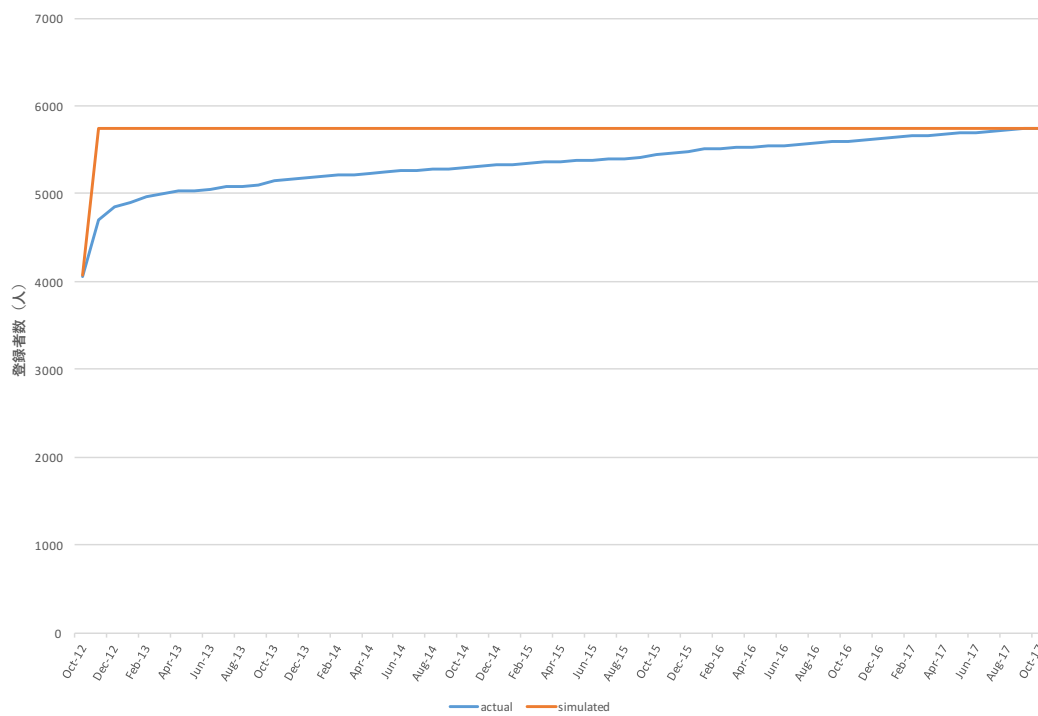


図 A-13 養老町の登録者数の変化をシミュレートした結果

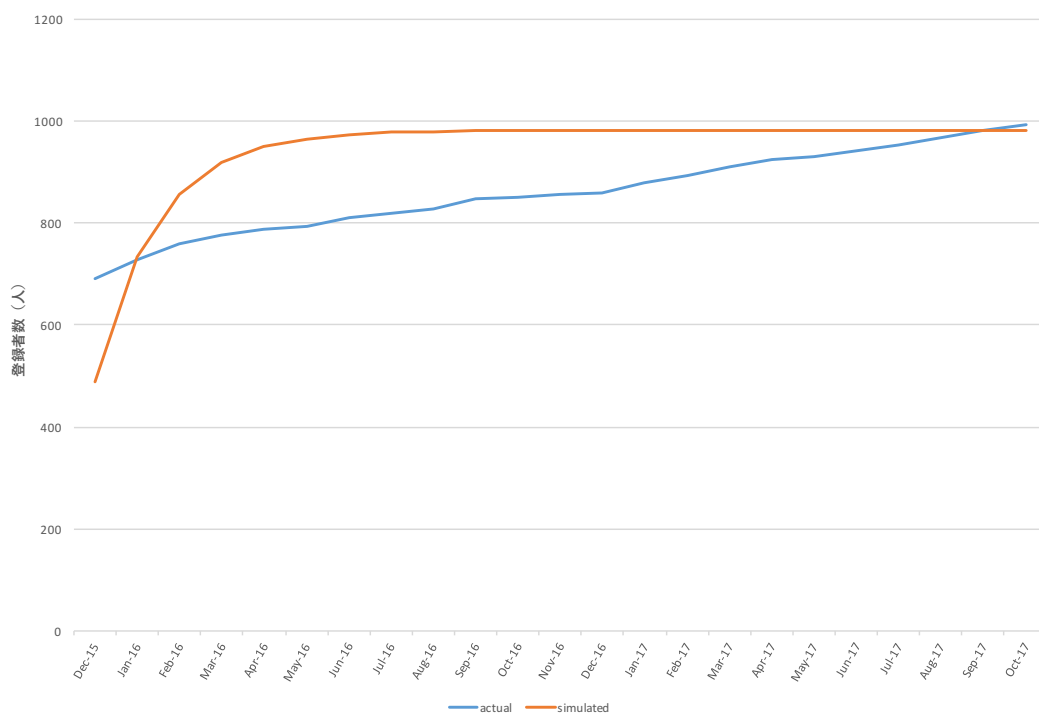


図 A-14 大野町の登録者数の変化をシミュレートした結果

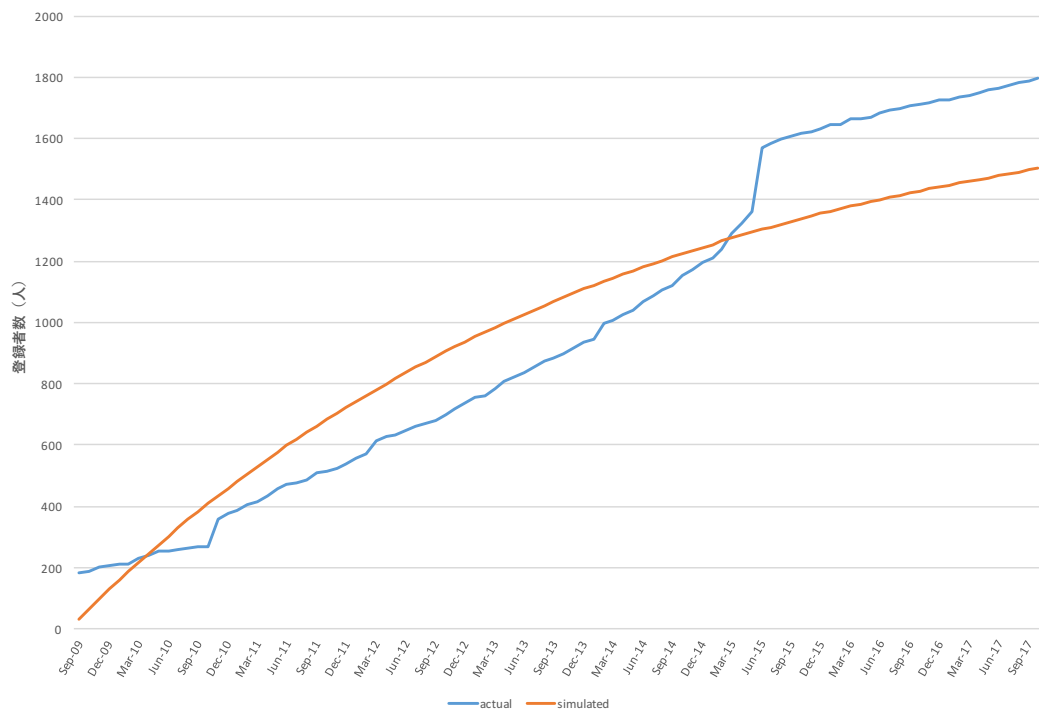


図 A-15 玉城町の登録者数の変化をシミュレートした結果

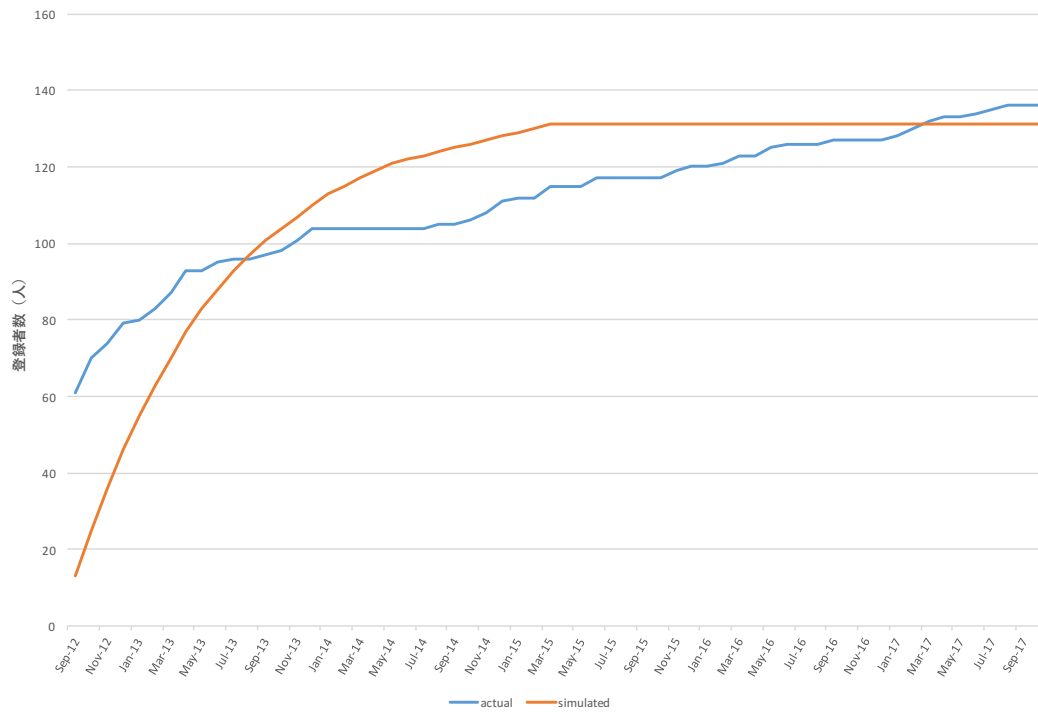


図 A-16 豊岡市の登録者数の変化をシミュレートした結果

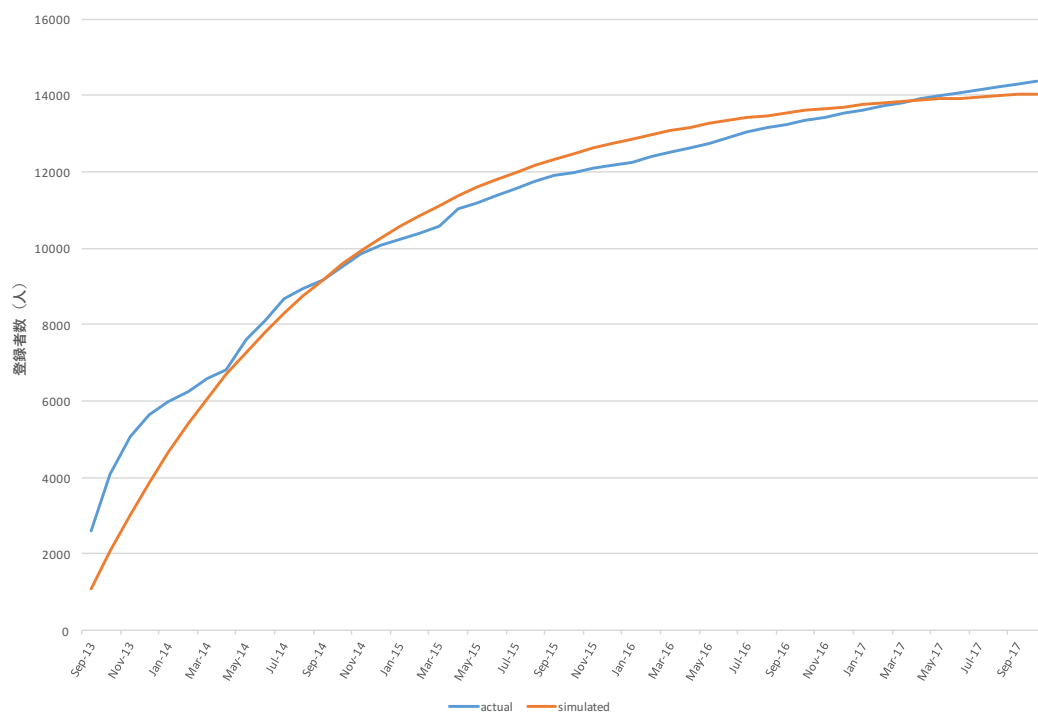


図 A-17 香芝市の登録者数の変化をシミュレートした結果

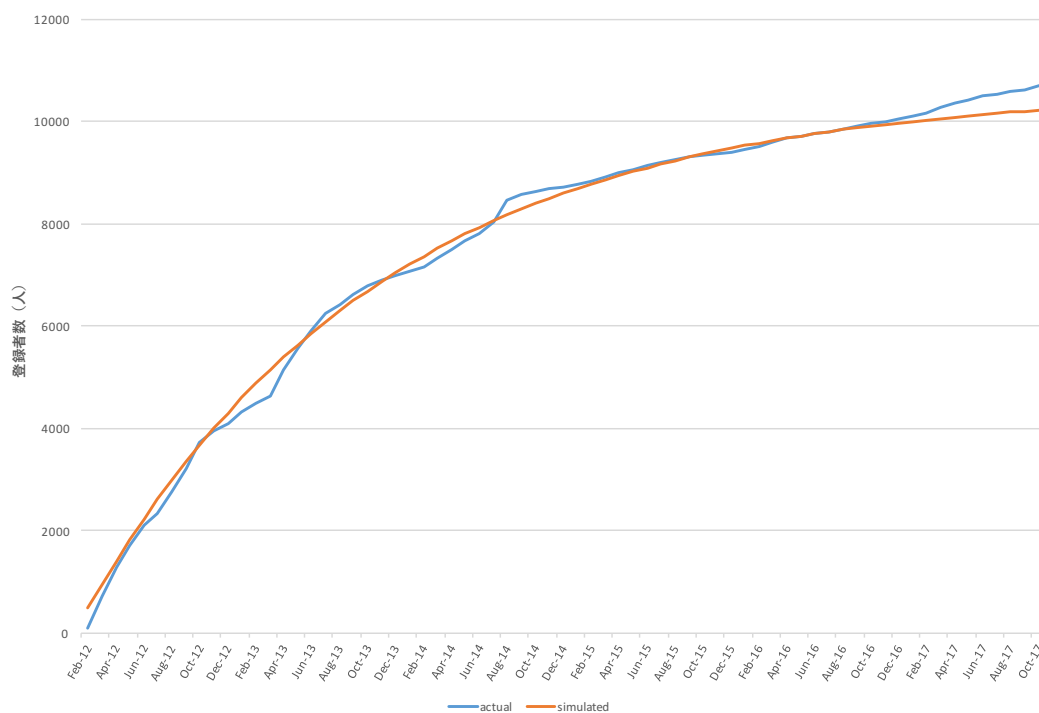


図 A-18 飯塚市の登録者数の変化をシミュレートした結果

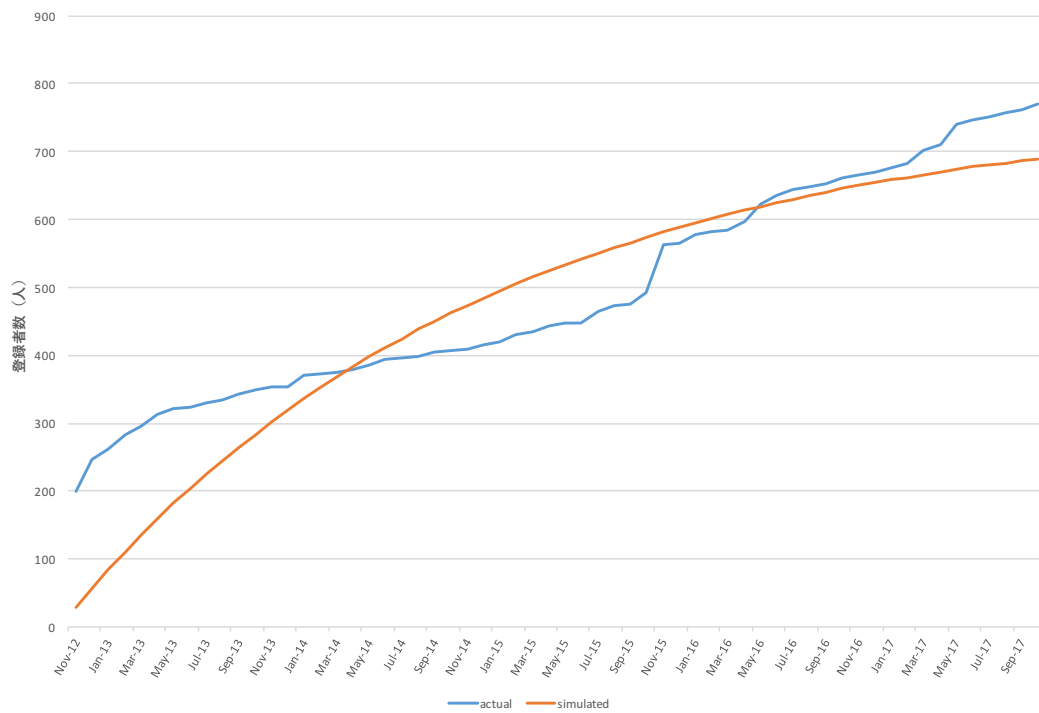


図 A-19 川南町の登録者数の変化をシミュレートした結果