

将来の立地状況を踏まえた山梨県笛吹市の バス交通ネットワーク再編計画の提案

伊藤 歩¹・山崎 健人¹・有働 友哉²・武藤 慎一³

¹学生会員 山梨大学 工学部土木環境工学科 (〒400-8511 山梨県甲府市武田4-3-11)

²学生会員 山梨大学 大学院医工農学総合教育部工学専攻 (〒400-8511 山梨県甲府市武田4-3-11)

E-mail:g18tc003@yamanashi.ac.jp

³正会員 山梨大学准教授 大学院総合研究部工学域 (〒400-8511 山梨県甲府市武田4-3-11)

E-mail:smutoh@yamanashi.co.jp

山梨県笛吹市は、本格的に少子高齢社会を迎えた典型的な地方都市である。そのため、人口が急速に減少し、一方で高齢化率の上昇する中で、バスを中心とした公共交通ネットワークをいかに維持するのが大きな問題となっていた。また、笛吹市は市町村合併により新しく生まれた市であり、合併前の旧町村間の公共交通による移動の円滑化も課題であった。

本研究では、まずアンケートによる笛吹市民の交通利用状況とバス利用の意向に係る調査を実施した。この結果から笛吹市民の交通利用実態を把握するとともに、立地・交通統合モデルを用いて、将来の立地変化を基に少子高齢社会に対応した公共交通ネットワーク再編計画案の提示を行うことが本研究の目的である。特に、人々の立地意向を考慮して再編計画を立案するところに特徴がある。

Key Words : bus network, reorganization plan, prediction location, CGEUE model

1. はじめに

わが国の地方都市や過疎・中山間地域では、モータリゼーションによる自動車依存型の社会構造や少子高齢社会の到来、人口減少の進展によって、バス等の公共交通の利用者は減少の一途をたどっている。これにより採算性が悪くなり、減便や廃止、系統数の減少が生じ地域の交通サービスの低下を招いているのが現状である。また、市町村合併により新設された自治体でも合併前のバス交通ネットワークがそのまま維持されているところも多く、地域間の移動が困難であること、公共交通空白地域と呼ばれるバス路線などの公共交通が運行されていない地域の存在といった課題が挙げられる。そのため、合併前の旧町村間のアクセスを向上させ、少子高齢社会に対応したバス交通ネットワークへの再編が課題である。

山梨県笛吹市ではこうした現状を踏まえて、人々の交通利用状況とバス等の公共交通の利用に関するアンケート調査を実施した。本研究では、このアンケート結果から笛吹市民の交通利用実態を把握するとともに、立地・交通統合モデルを用いて、将来の立地変化を基に少子高齢社会に対応した公共交通ネットワーク再編計画案の提示を行うことが目的である。

2. 山梨県笛吹市

(1) 笛吹市の概要

今回アンケート調査を実施した山梨県笛吹市は、2004(平成16)年10月に東八代郡の6町村(石和町、御坂町、一宮町、八代町、春日居町、境川村)が合併して誕生した。さらに2006(平成18)年8月には、東八代郡の1村(芦川村)を編入し現在に至っている。地理的には山梨県の中央部やや東寄りに位置し、面積は201.9km²である。市域は甲府盆地に含まれ、盆地の北部や東部、南部の山岳丘陵地帯から流れ出る水系を集め、盆地中央部を南西に向かって笛吹川が流れている。日川、金川、浅川、境川等の扇状地と盆地底部の沖積平地が広がり、山裾から平坦地にかけて果樹を主体とした農地が分布し、その背後には御坂山地があり山間にはほぼ東西に流れる芦川に沿って点在する旧芦川村の集落がある。このように、当地域は笛吹川に沿って広がる平坦地を中心に、南北の丘陵・山岳地帯に挟まれた比較的まとまりのある地形を有する地域である。

また、市役所本館は旧石和町にあり、市役所支所はそのほかの旧6町村に設置されている。人口は、2003(平成15)年の71,699人をピークに減少傾向にあり、笛吹市

の人口推移(図-1)を見ると、2015(平成27)年の国勢調査での総人口は69,559人となっている。そして、人口予測の結果からは、2045(令和27)年に54,661人と現在の総人口から約2割減少するとされている。高齢化率も2015(平成27)年で28.6%と全国平均の26.7%と比較して高く、本格的に少子高齢社会を迎えた典型的な地方都市である。

(2) 笛吹市のバス交通網の現状

現在の笛吹市のバス路線図を図-2に示した。これを見ると、合併前のバス交通ネットワークが基本的にはそのまま維持されており、公共交通を利用するならば合併前の他町村への移動は困難である。また、バス等の公共交通が運行されていない地域もあり、同じ笛吹市内でも交通サービスに格差が生じているのが現状である。

(3) アンケート調査

1.でも述べたとおり、本格的な少子高齢社会を迎え、人口減少の課題を抱える笛吹市において、公共交通による移動の確保、そしてそれらを効率的に実施することが課題となっていた。そこで笛吹市では、山梨大学との間で締結された包括的連携協定も活かして、笛吹市における地域公共交通の現状および地域特性の把握、地域住民の移動ニーズの調査を目的としてアンケートを実施した。アンケートの概要については次章で述べる。

(4) 分析方法

アンケート調査の質問項目の中の回答者の居住地(郵便番号で把握)を尋ねる項目、および移動の目的地を尋ねる項目(その中で移動の目的、移動時間帯、移動手段、利用頻度等も調査)から交通ODデータの作成を行う。次に、得られたODデータを通して、交通の利用頻度や地域ごとの人口に対する回答者の抽出率を考慮して、笛吹市全体の交通状況の把握を行う。これに基づき、バス交通ネットワークの再編計画案を立案することにした。

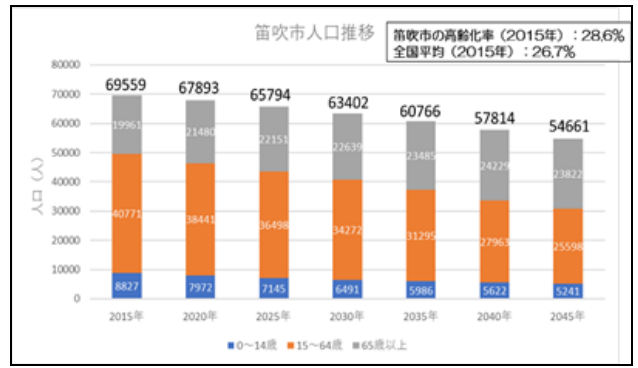


図-1 笛吹市の人口推移

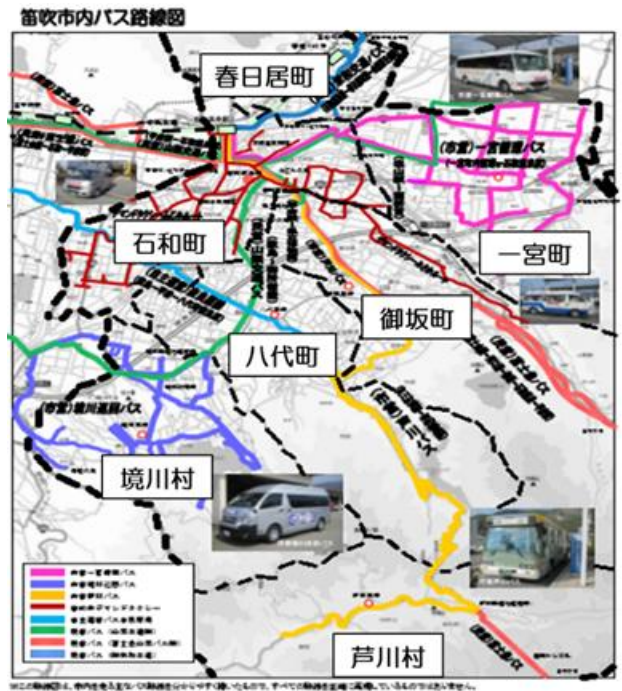


図-2 笛吹市内バス路線図

3. アンケート調査概要

本研究では山梨県笛吹市において、市内在住の15歳以上の市民を対象にしたアンケート調査を行った。アンケートの概要は表-1に示すとおりである。アンケートは回答者の普段の移動状況の把握(目的地・移動手段・移動目的・頻度など)を主目的とし、その他では公共交通(バス・デマンドタクシー)に関する不満などを調査した。

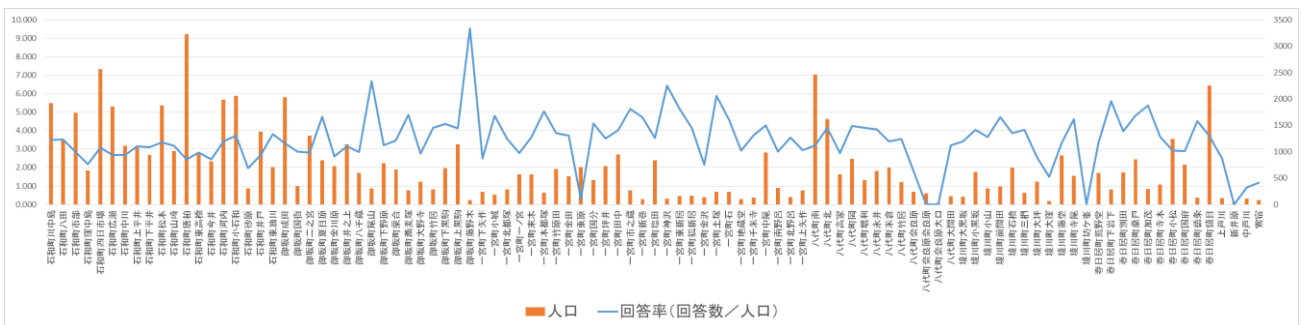


図-3 笛吹市の人口分布

表-1 アンケート調査の概要

調査名	笛吹市における公共交通アンケート
調査対象	笛吹市内在住の15歳以上の市民から無作為に抽出
調査日時	2019年2月～3月15日
調査方法	郵送配布・郵送回収
配布数	7116部
回収数	2543部
有効回答数	2440部
無効回答数	83部
有効回答率	34.3%
主な調査項目	<ul style="list-style-type: none"> 個人属性（性別・年齢・世帯構成など） 居住地 免許返納後の移動手段 普段の移動状況（目的地・移動手段・移動目的・移動時間・頻度など） デマンドタクシーの認知度 公共交通・停留所の不満点 公共交通を利用しない理由

居住地域別の回答率を図-3に示す。図-3は町丁目別の人口を棒グラフで示し、折れ線グラフで町丁目別の回答率（町丁目ごとの回答数／町丁目ごとの人口）を示している。人口が極端に少ない地域では回答率に差が出ているが、その他地域では3%前後の回答率は得られた。本研究では回答者の移動状況から回答者の居住地を起点（origin）、普段の移動状況の目的地を終点（destination）とし、OD表を作成し分析を進める。

4. アンケートによる笛吹市の交通利用状況結果

アンケート結果を集計しODデータを作成することで、現時点での笛吹市全体の交通利用状況とバス交通利用状況が把握できた。

(1) 笛吹市全体の交通利用状況

得られたODデータから、笛吹市全体の交通利用状況（図-4）を示すと、出発地の交通量を表す発生交通量は、石和町（49,473トリップ/日）、八代町（15,767トリップ/日）となり、以下御坂町（13,335トリップ/日）と続いている。旧町村別の人口と発生交通量は概ね比例しているが、八代町に関してはトリップ数が人口に対して多く、目的地の交通量を表す集中交通量も非常に少ないので、町外への移動が活発であると考えられる。集中交通量に関しては、笛吹市内では石和町（47,471トリップ/日）と旧7町村の中では最も多く、石和町内外からの移動が多いと考えられる。また、笛吹市以外の自治体を目的地と

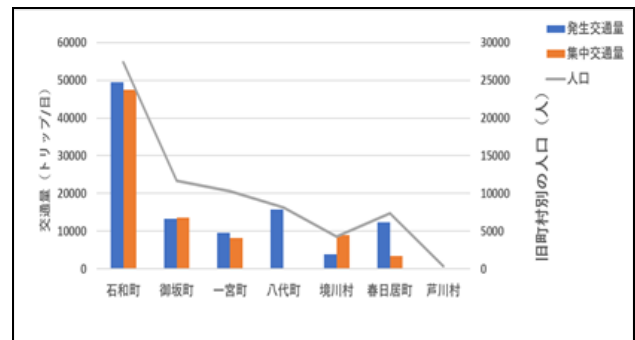


図-4 笛吹市の全体の移動状況と人口

表-2 笛吹市外の自治体ごとの交通量と割合

自治体	交通量(トリップ/日)	割合
甲府市	18057	79.90%
昭和町	214	0.95%
山梨市	3310	14.65%
甲州市	355	1.57%
大月市	31	0.14%
上野原市	0	0.00%
富士吉田市	20	0.09%
都留市	1	0.01%
甲斐市	71	0.31%
韮崎市	67	0.30%
北杜市	34	0.15%
中央市	234	1.04%
南アルプス市	69	0.31%
市川三郷町	27	0.12%
富士川町	4	0.02%
身延町	9	0.04%
富士河口湖町	33	0.15%
山中湖村	0	0.00%
忍野村	9	0.04%
長野県	4	0.02%
東京都	50	0.22%
静岡県	0	0.00%

して回答したトリップ数の合計は、22,599トリップ/日となり、笛吹市から他の自治体への移動も活発であることが分かる。詳しい内訳は、山梨県の主要な市町村と山梨県に隣接する長野県、東京都、静岡県である（表-2）。笛吹市外で集中交通量が最も多いのは甲府市であり、全体の約8割を占めている。以下山梨市、甲州市と続き、いずれも笛吹市に隣接する市への移動が多いと言える。

(2) 笛吹市のバス交通利用状況

笛吹市のバス交通に関する移動状況（図-4）は、発生交通量は一宮町（40トリップ/日）と最も多く、次に春日居町、石和町の順に続いている。集中交通量に関しては、石和町が最も多く全体の移動状況と同様に石和町内外か

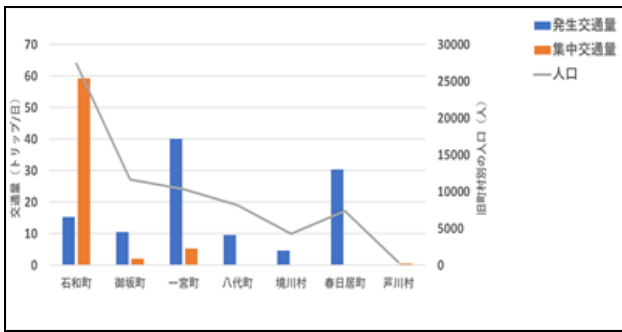


図5 笛吹市のバス交通の移動状況と人口

表-3 笛吹市外の自治体ごとのバス交通量と割合

自治体	交通量 (トリップ/日)	割合
甲府市	41	94.09%
昭和町	0	0.00%
山梨市	1	1.34%
甲州市	0	0.00%
大月市	0	0.00%
上野原市	0	0.00%
富士吉田市	0	0.00%
都留市	0	0.00%
甲斐市	0	0.00%
韮崎市	0	0.00%
北杜市	0	0.00%
中央市	0	0.00%
南アルプス市	0	0.00%
市川三郷町	0	0.00%
富士川町	0	0.00%
身延町	0	0.00%
富士河口湖町	0	0.16%
山中湖村	0	0.00%
忍野村	0	0.00%
長野県	0	0.00%
東京都	2	4.40%
静岡県	0	0.00%

らの移動が多く、また笛吹市内において交通結節点の役割を果たしていると考えられる。また、笛吹市外を目的地とする人のほとんどが甲府市を移動先と回答しており、笛吹市外と回答した全43トリップ/日のうち約9割を占めている(表-2)。笛吹市に隣接する山梨市や富士河口湖町を目的地として回答している人もいることが分かった。また、東京都と回答した人もいた。その他の自治体を回答している人は無く、バスの移動状況は目的地が笛吹市内外を問わず限定的であることが分かった。利用率の観点では、人口に対して発生交通量が少なく利用率が低いと考えられる。

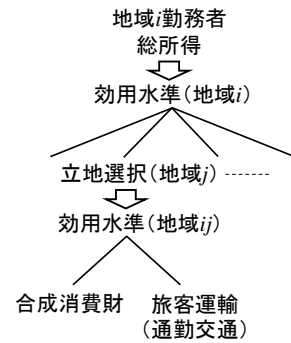


図-6 家計の立地選択行動モデルのツリー構造

5. 立地選択モデル

(1) 家計の立地選択行動モデル

本研究ではアンケートによる交通状況の把握に加えて、笛吹市の立地分析を行い、将来の立地状況を予測した上で公共交通の再編を考える。また再編する場合の立地予測を行うことで、再編による効果を立地への影響も考慮して評価する。そこで、以下では家計の立地選択行動モデルを示す。

ゾーン*i*に勤務する家計が居住地としてゾーン*j*を選択する立地選択行動モデルを示す。その行動モデルは、図-6のようなツリー構造により表現される。この立地選択行動を、本研究では通常の財消費行動と同じように、家計が居住地*j*でどれだけ効用(合成財消費)を得るのかを決定する問題としてモデル化する。それは以下のように表される。

$$e_H^i = \min_{u_H^j} \left[\sum_j p_V^{ij} u_H^j \right] \quad (1a)$$

$$\text{s.t. } u_H^i = \gamma_{LH}^i \left[\sum_j \alpha_{LH}^{ij} \left\{ \beta_{LH}^{ij} u_H^j \right\}^{\frac{\sigma_{LH}^i - 1}{\sigma_{LH}^i}} \right]^{\frac{\sigma_{LH}^i}{\sigma_{LH}^i - 1}} \quad (1b)$$

ただし、 u_H^j : ゾーン*j*に居住しゾーン*i*に勤務する家計が獲得する効用水準、 p_V^{ij} : 効用水準の価格(式(15)より決定される)、 $\alpha_{LH}^{ij}, \beta_{LH}^{ij}$: 分配パラメータ ($\sum_j \alpha_{LH}^{ij} = 1, \sum_j \beta_{LH}^{ij} = 1$)、 γ_{LH}^i : 効率パラメータ、 σ_{LH}^i : 代替弾力性パラメータ。

式(1)は、ゾーン*i*に勤務する家計の総効用 u_H^i を基に、彼らが居住地*j*を選択し、そこでどれだけ効用を得るのかを、支出最小化問題により表現したものである。この中で p_V^{ij} は効用水準の価格と呼ぶが、これは家計の合成消費財および通勤交通の消費行動モデルから導出される。以上より、 u_H^j は合成消費財と通勤交通の合成財を表すといえるが、これをここでは、従来の立地モデルと合わせるために効用水準と呼ぶことにしたものである。

式(1)を解くと、 u_H^j が以下のとおり求められる。

$$u_H^{ij} = \frac{1}{\gamma_{LH}^i (\beta_{LH}^{ij})^{1-\sigma_{LH}^i}} \left(\frac{\alpha_{LH}^{ij}}{p_V^i} \right)^{\sigma_{LH}^i} \Psi_{LH}^i \frac{\sigma_{LH}^i}{1-\sigma_{LH}^i} \cdot u_H^i \quad (2)$$

ただし、 $\Psi_{LH}^i = \sum_n \left(\alpha_{LH}^{ij} \right)^{\sigma_{LH}^i} \left(\frac{p_V^i}{\beta_{LH}^{ij}} \right)^{1-\sigma_{LH}^i}$.

式(2)は、ゾーン*j*の効用水準価格（あるいは合成財価格）が低下すれば、そこで得ようとする効用水準 u_H^{ij} が増加する関数形となっている。式(2)を式(1a)に代入すると、勤務地*i*における支出水準が以下のように得られる。

$$\begin{aligned} e_H^i &= \frac{1}{\gamma_{LH}^i} \Psi_{LH}^i \frac{1}{1-\sigma_{LH}^i} \cdot u_H^i \\ &= p_V^i \cdot u_H^i \end{aligned} \quad (3)$$

ただし、簡単化のため $p_V^i \equiv \frac{1}{\gamma_{LH}^i} \Psi_{LH}^i \frac{1}{1-\sigma_{LH}^i}$ とおいている。

ここで、そもそも支出水準とは価格が与えられた下で、ある効用（ここでは u_H^i ）を実現するために必要な所得を意味する。今、家計一人あたり所得が全家計に対し同一であるとし、ゾーン*i*に勤務する家計数を全産業の労働投入時間の地域比率により求めれば、ゾーン*i*に勤務する家計の総所得は以下ようになる。

$$\Omega_H^i = \left[\{wT + rK\} (1 + \tau_H) - S_H \right] \frac{\sum_m l_m^i}{\sum_j \sum_m l_m^j} + r_{RE}^i K_{RE}^i \quad (4)$$

ただし、 T ：対象地域全体の総利用可能時間の合計、 K ：対象地域全体の総資本ストック量（ただし、不動産資本ストックを除く）、 K_{RE}^i ：地域*i*の不動産資本ストック、 w, r ：賃金率と利子率、 r_{RE}^i ：地域*i*の不動産資本利子率、 τ_H ：所得税率、 S_H ：都市圏全体の総貯蓄額。

式(4)の家計の総所得の下で実現する効用水準は、式(3)の支出水準の式より以下のように求められる。

$$v_H^i = \frac{\Omega_H^i}{p_V^i} \quad (5)$$

これを式(2)の u_H^i に代入することにより、ゾーン*j*に居住しゾーン*i*に勤務する家計の効用水準が求められる。なお、その効用水準が決定される際に用いられる価格は p_V^i であり、ゾーン*j*に居住しゾーン*i*に勤務する家計の支出額は $p_V^i \cdot u_H^i$ となる。ゾーン*i*に勤務しゾーン*j*に居住する家計人口数は、この家計の支出額の地域比率から導出できる。

$$N_H^{ij} = \frac{p_V^i \cdot u_H^i}{\Omega_H^i} N_H^i \quad (6a)$$

なお、 $\Omega_H^i = \sum_j p_V^j \cdot u_H^j$ であり、ゾーン*i*に勤務する家計数を全産業の労働投入時間の地域比率により求めていることから、式(6a)は以下のようにも表される。

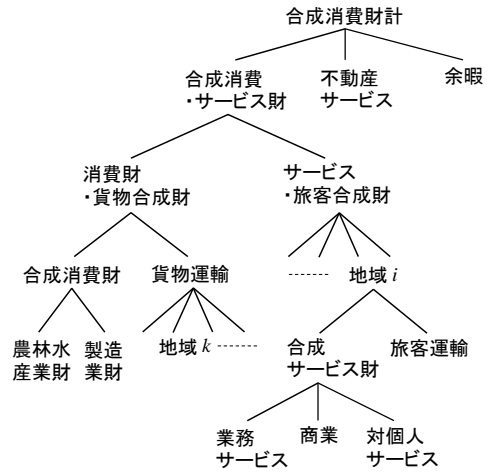


図-7 家計の消費行動モデルのツリー構造

$$N_H^{ij} = \frac{p_V^i \cdot u_H^i}{\sum_j p_V^j \cdot u_H^j} \cdot \frac{\sum_m l_m^i}{\sum_i \sum_m l_m^i} \cdot N_H^T \quad (6b)$$

以上より、本モデルでは u_H^{ij} を決定することが立地を決定すると解釈できる。

次に、図-3より、ゾーン*j*に居住することを決めた家計は、合成消費財と通勤交通に係る旅客運輸サービスの各消費量を決定する。これは、以下の支出最小化問題により定式化される。

$$p_V^i u_H^{ij} = \min_{z_{VH}^{ij}, x_{TPCH}^{ij}} \left[q_{VH}^j z_{VH}^{ij} + p_{TP}^{ij} x_{TPCH}^{ij} \right] \quad (7a)$$

$$\text{s.t. } u_H^{ij} = \gamma_{CH}^{ij} \left[\left(1 - \alpha_{CH}^{ij} \right) \left(1 - \beta_{CH}^{ij} \right) z_{VH}^{ij} \frac{\sigma_{CH}^{ij} - 1}{\sigma_{CH}^{ij}} \right]^{\frac{\sigma_{CH}^{ij}}{\sigma_{CH}^{ij} - 1}} + \alpha_{CH}^{ij} \left\{ \beta_{CH}^{ij} x_{TPCH}^{ij} \right\}^{\frac{\sigma_{CH}^{ij} - 1}{\sigma_{CH}^{ij}}} \quad (7b)$$

ただし、 z_{VH}^{ij}, q_{VH}^j ：ゾーン*j*での合成消費財の消費量とその価格、 $x_{TPCH}^{ij}, p_{TP}^{ij}$ ：通勤のための旅客運輸サービスの消費量とその価格、 $\alpha_{CH}^{ij}, \beta_{CH}^{ij}$ ：分配パラメータ、 γ_{CH}^{ij} ：効率パラメータ、 σ_{CH}^{ij} ：代替弾力性パラメータ。式(7)を解くと、以下の需要関数が求められる。

$$z_{VH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{CH}^{ij} (1 - \beta_{CH}^{ij})^{1-\sigma_{CH}^{ij}}} \left(\frac{1 - \alpha_{CH}^{ij}}{q_{VH}^j} \right)^{\sigma_{CH}^{ij}} \Psi_{CH}^{ij} \frac{\sigma_{CH}^{ij}}{1-\sigma_{CH}^{ij}} \cdot u_H^{ij} \quad (8a)$$

$$x_{TPCH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{CH}^{ij} (\beta_{CH}^{ij})^{1-\sigma_{CH}^{ij}}} \left(\frac{\alpha_{CH}^{ij}}{p_{TP}^{ij}} \right)^{\sigma_{CH}^{ij}} \Psi_{CH}^{ij} \frac{\sigma_{CH}^{ij}}{1-\sigma_{CH}^{ij}} \cdot u_H^{ij} \quad (8b)$$

ただし、 $\Psi_{CH}^{ij} = (1 - \alpha_{CH}^{ij})^{\sigma_{CH}^{ij}} \left(\frac{q_{VH}^j}{1 - \beta_{CH}^{ij}} \right)^{1-\sigma_{CH}^{ij}} + (\alpha_{CH}^{ij})^{\sigma_{CH}^{ij}} \left(\frac{p_{TP}^{ij}}{\beta_{CH}^{ij}} \right)^{1-\sigma_{CH}^{ij}}$.

式(8)を式(7a)に代入すると、式(7)で用いた効用水準の価格が求められる。

$$p_V^{ij} = \frac{1}{\gamma_{CH}^{ij}} \Psi_{CH}^{ij} \frac{1}{1-\sigma_{CH}^{ij}} \quad (9)$$

6. おわりに

本研究では、山梨県笛吹市において行った公共交通アンケート結果から、笛吹市民の交通利用実態を分析してきた。その結果、現在のバス交通の利用者が非常に少ないことが明らかになったが、今後詳しい分析を進めていく中でバスの利用者がどのような目的で利用しているか等を考えていく必要がある。それに加え、笛吹市の将来

の立地分析を行い、効率的な公共交通ネットワークの再編計画を考えることが今後の方針である。

参考文献

- 1) 総務省統計局：国勢調査，人口等基本集計結果，2016
- 2) 国立社会保障・人口問題研究所：将来推計人口，2017
- 3) 総務省：住民基本台帳に基づく人口，人口動態及び世帯数，2019
- 4) 山梨県笛吹市：笛吹市内バス路線図，
https://www.city.fuefuki.yamanashi.jp/documents/457/bus_rosen.pdf，2018

(2019.10.04 受付)