

抽出方法が分権的調査手法によって得られる 意見集約結果に及ぼす影響

青木 駿太¹・尾崎 拍夢²・織田澤 利守³・喜多 秀行⁴

¹ 学生会員 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1)
E-mail: 193t101t@stu.kobe-u.ac.jp

² 正会員 株式会社エイテック東日本支社調査技術部 (〒151-0071 東京都渋谷区本町 4-12-7)
E-mail: ozaki-rz@kk-atec.jp

³ 正会員 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1)
E-mail: ota@opal.kobe-u.ac.jp

⁴ 正会員 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1)
E-mail: kita@crystal.kobe-u.ac.jp

地域公共交通計画の策定にあたっては、それが検討されている地域の実情について十分かつ正確な認識に基づき表明される意見が表明される必要がある。それを実現するための手法として、「対象地域の全住民の生活状況を何人かごとに分割し、意見表明者全員に分配する」手法が提案されているが、先行研究ではそこで提供される情報や表明される意見の収集は全数調査により行うことが前提とされていた。本研究ではそれを標本調査で行った場合においてもこの手法が適用可能かをモデル分析及び数値分析により確かめた。その結果、情報を標本調査により収集する場合には、生活水準の相対頻度分布が全数調査と標本調査で一致しており、かつ意見表明者に提供される情報の総数が全数調査と同じであるならばこの手法は適用可能であることが明らかになった。また意見を標本調査により収集する場合には、意見表明者に含まれる対象地域の住民の割合をより高くする必要があることが明らかになった。

Key Words : *consensus building, local transport planning, social choice, willingness to pay, sample survey*

1. はじめに

(1) 地域社会の総意に基づく公共交通計画

モータリゼーションが進展した昨今、地方部を中心に公共交通サービスの利用者数は大幅に減少している。その結果採算の取れなくなった公共交通サービスは、縮小の一途をたどっている。しかし過疎地域には、移動を公共交通サービスに依存しているため、これらのサービスが受けられなくなることによって日常生活に必要な最低限の活動さえも満足に行うことができなくなる住民が多く存在する。こうした住民の生活を支えるためには、交通事業者に代わって自治体が地域公共交通計画を策定し公共交通サービスを維持していく必要がある¹⁾。

この公共交通サービスにかかる費用は、利用者の支払う運賃と、住民の支払うに税より賄われるのが一般的である。したがって、計画策定者である自治体はその地域に見合った公共交通計画を策定するために、サービスが検討されている地域の住民やそのサービスに対する税負担者の全て

の意見を考慮した上で、社会的に望ましい判断を下す必要がある²⁾。

(2) 意見形成の基盤となるべき情報の偏り

この、各個人の意見を集約し社会的に望ましい判断を下す方法、すなわち社会的選択手法については、既に多くの研究がなされている。

一方、各個人が意見を形成するために必要な情報が提供されているか、といった点についてはあまり議論がなされていない。各個人は情報処理能力に限界が存在することもあり、断片的または不正確な情報をもとに意見を表明している可能性があり、その場合、たとえそれらを適切に集約したとしてもその結果は社会的に望ましい決定とはならない可能性がある。例えば、地域公共交通計画の策定にあたり、各個人から表明される意見が、一部の地域や特定の人々に「偏った」情報に基づいていた場合、地域の実情について誤った認識の下表明された意見に基づいた社会的判断がなされることとなる。その結果、サービス供給が過小になる

ことで助けるべき交通弱者が必要なサービスを受けられない、逆に過剰に供給することによって税負担者に対して過剰に税を強いてしまう、などといった状況に陥る可能性がある。

そのことから、社会的選択にあたり、「偏り」のない、十分かつ正確な情報に基づき意見を形成・表明できるような手法の開発が必要となっている。

(3) 分権的調査手法の提案とその課題

この問題意識から田中ら³⁾は、地域公共交通計画の策定にあたり「全住民の生活状況を何人か毎に分割し、意見表明者全員に分配する」手法(以下、「分権的調査手法」)を提案しており、田中ら³⁾、尾崎ら⁴⁾、尾崎ら⁵⁾において、その手法が「偏り」のない、適切な情報に基づき意見を形成・表明できるような手法として有用であることが確かめられていた。

ところで、その手法は意見表明者に提供する情報や表明される意見の収集は全数調査によって行われることが前提とされていた。しかし既往の多くの調査が示すように全数調査は難しく、実務への適用を考えるうえで課題となっていた。

(4) 本研究の目的

そこで本研究では、情報・意見収集を標本調査によって行うことを検討し、その場合に分権的調査手法が有用性をもって用いることができる条件や、標本調査が分権的調査手法によって得られる意見集約結果に及ぼす影響について検討する。その結果新たな知見を得ることができれば、分権的調査手法をより実用展開に近づけることが可能となるだろう。

2. 本研究の基本的考え方

(1) 分権的調査手法の概要

本研究の考え方を述べるにあたり、まず先行研究である田中ら³⁾および尾崎ら⁴⁾の概要を説明する。

田中ら³⁾は、「偏り」のない情報に基づき意見を形成・表明できるような最も理想的な手法として、地域公共交通計画の策定にあたって「公共交通サービスを提供する地域の全住民の生活状況を意見表明者全員に提供する」手法(図-1 中「情報提供手法 A」)を挙げている。しかし人間の処理能力には限界があるため、その地域の全住民の生活状況を正確に把握することは不可能である。そこで田中ら³⁾はその代替手法として、「全住民の生活状況を何人か毎に分割し、意見表明者全員に分配する」手法(以下、「分権的調査手法」、図-1 中「情報提供手法 B」)を提案した。田中ら³⁾は、この情報提供手法によって得られる意見表明者 1 人 1 人の意見は偏った情報による偏った意見であるかもしれないが、これらを集約すると、全住民の生活状況を意見表明者全員が認知したときに得られる意見を集約したものと一致すると考えた。

そこで田中ら³⁾は、分配された情報と表明される支払い意思額(以下、WTP)に関するモデルを構築し、全住民の生活状況を意見表明者全員に提供したときに各意見表明者が表明する WTP を集約したもの(以下、「完全情報下における WTP を集約したもの」と、全住民の生活状況を何人か毎に分割し、意見表明者全員に分配する形で与えたときに各意見表明者が表明する WTP を集約したもの(以下、「分割情報下における WTP を集約したもの」)が一致することを確かめた。

さらに尾崎ら⁴⁾は、田中ら³⁾が構築したモデルを、人間にはそれぞれ認知できる情報量に限界があることを考慮して拡張した。そして、認知できる情報量の限界を考慮したときの分割情報下における意見を集約したものは、完全情報下における意見を集約したものとほぼ一致することを確かめた。また実証分析によって、現実においても完全情報下における意見を集約したものと分割情報下によって得られる意見を集約したものが一致するかどうかを確かめた。

田中ら³⁾および尾崎ら⁴⁾が構築したモデルの詳細は付録を参照されたい。

(2) 分権的調査手法における課題

田中ら³⁾および尾崎ら⁴⁾(以下、「先行研究」と総称する)が構築したモデルでは、公共交通サービスの提供が検討されている地域の全住民を生活状況の情報提供者としていた。一方、現実には当該地域の全住民から生活状況を聞き出すことは困難であることから、情報提供者についても標本調査を行うことが考えられる。しかし、その場合においても分権的調査手法が有用であるかについては検討されていない。

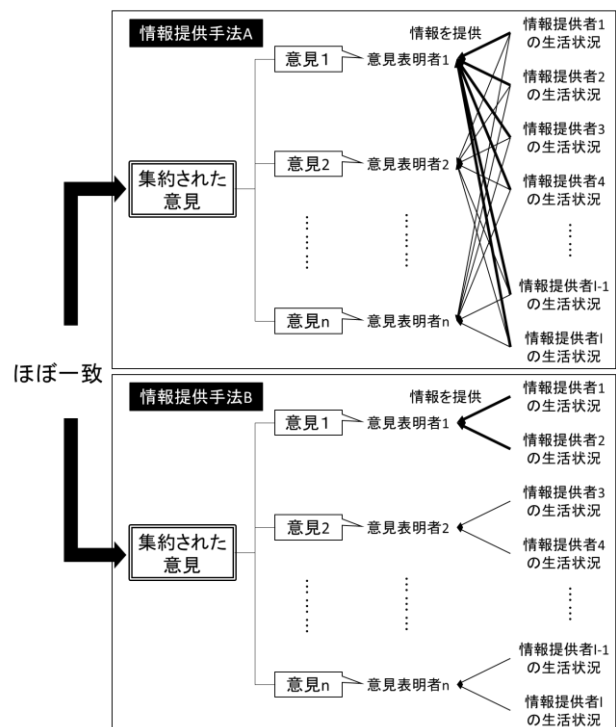


図-1 分権的調査手法の概念図

また、先行研究では、分権的調査手法を適用する環境として、情報提供者と意見表明者が一致する場合、または一致しない場合の 2 種類でしか検討がなされていなかった。一方、現実には全意見表明者から意見を聞き出すことは困難である。そこで意見表明者について標本調査を行うことを考えると、情報提供者と意見表明者の組み合わせとしてはこれら以外の場合も生じうる。しかしその場合における分権的調査手法の適用可能性については検討されていない。

(3) 標本調査の導入とその妥当性の検証

そこで本研究では、情報提供者または意見表明者を抽出する、ということを検討し、以下の 2 点について検討を行う。

まず、当該地域住民からの情報収集を標本調査で行った場合でも、分割情報下と完全情報下で得られる WTP が一致するかを確かめる。具体的には、情報収集を標本調査で行ったときの分割情報下における意見を集約したものと、情報収集を全数調査で行ったときの完全情報下における意見を集約したものをモデル式上で比較し、両者をほぼ一致させるための条件を見つける。その後、その条件の適切性・妥当性を数値分析によって確かめる。

また、当該地域住民または地域外住民からの意見収集を標本調査で行った場合でも、分割情報下と完全情報下で得られる WTP が一致するかを確かめる。具体的には、情報提供者と意見表明者の関係について、これまで確かめられてこなかった組み合わせにおいても完全情報下と分割情報下における意見を集約したものが一致するかを数値分析によって確かめる。

3. 標本調査により情報収集を行う場合の検討

(1) はじめに

先行研究では、対象地区住民からの情報収集を全数調査で行うことを前提としていたが、想定している規模のコミュニティで全数調査を行うことは困難である。そこで本章では、当該地域住民からの情報収集を全数調査ではなく標本調査で行うことを検討する。具体的には、標本調査を実施した場合に分割情報下で得られる WTP の期待値の平均と、完全情報下で得られる WTP の期待値の平均が一致するための条件をモデル分析によって探る。また、標本調査を実施した場合に、両者が一致するかを数値分析によって確かめる。これらにより、分権的調査手法のより現実に近い場における適用可能性を明らかにする。

(2) モデル分析

a) 分析の考え方

本節ではモデル式を用いて標本調査を実施した場合に

分割情報下で得られる WTP を集約したものと、完全情報下で得られる WTP を集約したものを比較し、両者が一致する条件を導くことで、標本調査を考慮した場合にも「偏りのない」情報提供手法が成立する可能性を示すことを目指す。

いま、当該地域住民からの情報収集について考えるにあたり、それを全数調査で行う場合と標本調査で行う場合で区別する。以下では、全数調査のときの分割情報下における意見を集約したものを W_A 、完全情報下における意見を集約したものを W_B 、今回新たに考える、標本調査のときの分割情報下における意見を集約したものを W'_A とする。

また、情報収集を全数調査で行ったときの情報提供者数を l 、意見表明者数を n 、情報提供者 1 人が与えるシグナル数を x 、意見表明者 1 人が与えられるシグナル数を y とし、標本調査で行ったときそれぞれ n' 、 l' 、 x' 、 y' とする。

さて、田中ら³⁾は、分割情報下における WTP W_A と完全情報下における WTP W_B を比較するにあたり、式(1)に示すような W_C を考え、 $W_A = W_C$ 、 $W_C = W_B$ を確かめることで $W_A = W_B$ がほぼ一致することを確かめた。

$$W_C = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(z) p(z) dz \quad (1)$$

ただし $p(z)$ は平均 M および分散 Σ^2 の正規分布 $N(M, \Sigma^2)$ 、

$$M = \frac{m_{12\dots y} + m_{23\dots y+1} + \dots + m_{n12\dots y-1}}{n} \quad (2)$$

$$\Sigma^2 = \frac{\sigma_{12\dots y}^2 + \sigma_{23\dots y+1}^2 + \dots + \sigma_{n12\dots y-1}^2}{n^2} \quad (3)$$

本研究ではこれに加え、式(4)に示すような W'_C を考える。

$$W'_C = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(z') p(z') dz' \quad (4)$$

ただし $p(z')$ は平均 M' および分散 Σ'^2 の正規分布 $N(M', \Sigma'^2)$ 、

$$M' = \frac{m_{12\dots y'} + m_{23\dots y'+1} + \dots + m_{n'12\dots y'-1}}{n'} \quad (5)$$

$$\Sigma'^2 = \frac{\sigma_{12\dots y'}^2 + \sigma_{23\dots y'+1}^2 + \dots + \sigma_{n'12\dots y'-1}^2}{n'^2} \quad (6)$$

W'_A と W_B が一致する条件は、図-2 に示すように、① $W'_A = W'_C$ 、② $W'_C = W_C$ 、③ $W_C = W_B$ を確かめることで明らかにすることができる。このうち①および③は分割情報下と完全

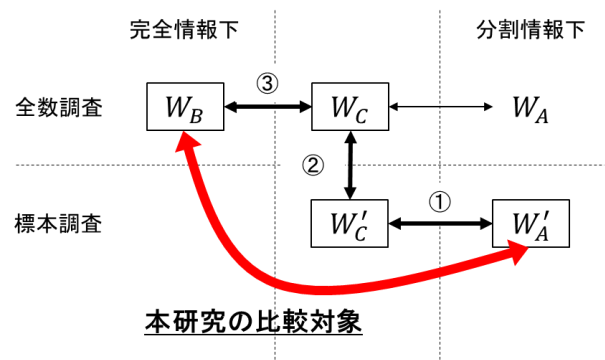


図-2 W'_A と W_B の比較の流れ

情報下との違いによる影響を、②は標本調査と全数調査との違いによる影響を確かめるものである。すでに、③ $W_C = W_B$ は田中ら³⁾によって一致することが確かめられており、また① $W'_A = W'_C$ についても田中ら³⁾の結果より成立することがいえる。そこで本研究は② $W'_C = W_C$ となることを確かめる。

また、WTP 関数 $\varphi(\theta)$ および $\varphi(z)$ 、 $\varphi(z')$ は主体によらず一定と考える。そのため、 W'_C と W_C が一致するか、という議論は正規分布 $p(z')$ と $p(z)$ が一致するか、という議論に収束させることができる。そこで、以下では $p(z')$ と $p(z)$ の平均および分散をそれぞれ比較していく。両者が一致するならば、 $W'_C = W_C$ が一致するため、 $W'_A = W'_C$ 、 $W'_C = W_C$ 、 $W_C = W_B$ より W'_A と W_B が一致することがいえる。

b) 分析

まず、 W'_C に対応する正規分布 $p(z')$ の平均 M' と分散 Σ'^2 を式(7)(8)に示す。なお σ_ε^2 は情報の提供方法による誤差や回答者の認識の違いなどから生まれる分散であり、 σ_0^2 に比べて充分小さいと考えられる。

$$M' = \frac{x'\sigma_0^2}{n'(y'\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2)}S_1 + \frac{x'\sigma_0^2}{n'(y'\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2)}S_2 + \dots + \frac{x'\sigma_0^2}{n'(y'\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2)}S_{l'} + \frac{\sigma_\varepsilon^2}{y'\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2}m_0 \cong \frac{x'(S_1 + S_2 + \dots + S_{l'})}{n'y'} \quad (7)$$

$$\Sigma'^2 = \frac{\sigma_0^2\sigma_\varepsilon^2}{n'(y'\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2)} \cong \frac{\sigma_\varepsilon^2}{n'y'} \quad (8)$$

次に、 W_C に対応する正規分布 $p(z)$ の平均 M と分散 Σ^2 を式(9)(10)に示す。

$$M = \frac{x\sigma_0^2}{n(y\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2)}S_1 + \frac{x\sigma_0^2}{n(y\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2)}S_2 + \dots + \frac{x\sigma_0^2}{n(y\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2)}S_l + \frac{\sigma_\varepsilon^2}{y\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2}m_0 \cong \frac{x(S_1 + S_2 + \dots + S_l)}{ny} \quad (9)$$

$$\Sigma^2 = \frac{\sigma_0^2\sigma_\varepsilon^2}{n(y\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2)} \cong \frac{\sigma_\varepsilon^2}{ny} \quad (10)$$

情報提供者が与えるシグナルの総数と、意見表明者が与えられるシグナルの総数(以下、どちらも「シグナルの総数」と呼ぶ)は常に等しく、

$$n'y' = l'x' \quad (11)$$

$$ny = lx \quad (12)$$

であることから M' 、 Σ'^2 および M 、 Σ^2 はそれぞれ式(13)~(16)となる。

$$M' \cong \frac{x'(S_1 + S_2 + \dots + S_{l'})}{n'y'} = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_{l'}}{l'} \quad (13)$$

$$\Sigma'^2 \cong \frac{\sigma_\varepsilon^2}{n'y'} = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{l'x'} \quad (14)$$

$$M \cong \frac{x(S_1 + S_2 + \dots + S_l)}{ny} = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_l}{l} \quad (15)$$

$$\Sigma^2 \cong \frac{\sigma_\varepsilon^2}{ny} = \frac{\sigma_\varepsilon^2}{lx} \quad (16)$$

式(13)と式(15)、式(14)と式(16)を比較すると、それぞれ一致する条件として以下の3式を得ることができる。

$$\frac{S_1 + S_2 + \dots + S_{l'}}{l} = \frac{S_1 + S_2 + \dots + S_l}{l'} \quad (17)$$

$$lx = l'x' \quad (18)$$

$$\sigma_\varepsilon^2 = \text{const.} \quad (19)$$

この条件は、「標本調査を行うにあたり、抽出するシグナルの相対頻度分布を当該地域全住民のシグナルの相対頻度分布と一致させ、かつシグナルの総数を全数調査のときと変えない」と言うことができる。これらを満たしていれば $p(z')$ と $p(z)$ が一致するため、 $W'_C = W_C$ となり、その結果 $W'_A = W'_C$ 、 $W'_C = W_C$ 、 $W_C = W_B$ より $W'_A = W_B$ となる。すなわち、これが $W'_A = W_B$ となる条件である。

(3) 数値分析

本節では簡単な数値計算事例を通じて、モデル分析によって明らかにした条件下で W_B と W'_A が一致するかを検証し、その条件の妥当性・適切性を確認する。

a) 条件設定

情報提供者である当該地域の住民数 $l = 200$ 人とした。それぞれの情報提供者 i に対応するシグナル S_i ($i = 1 \sim 200$)は生活水準 S の相対頻度分布 $f(S)$; 平均 $\theta = 4$ 、分散 $\sigma_\varepsilon^2 = 0.01$ の正規分布に従ってランダムに発生させた。

意見表明者の認知生活水準 θ の初期分布 $p_0(\theta)$ は平均 $m_0 = 5$ 、分散 $\sigma_0^2 = 1$ の正規分布であると設定した。意見表明者はある住民 i のシグナル S_i を受けて、当該地域に対しての認知生活水準 θ を更新する。その上で意見表明者は情報認知後の自身の認知生活水準に応じて WTP を表明する。今回、WTP 関数 $\varphi(\theta)$ は以下の式で定義する。

$$\varphi(\theta) = 1000e^{-0.25\theta} \quad (20)$$

ここまでで設定したパラメータを表-1 にまとめる。

b) 期待支払い意思額の算出

まず W_B と W'_A を算出する。完全情報下における各意見表明者は 200 シグナル全てを認知し、分割情報下における各意見表明者は 200 人分のシグナルからランダムに分配された 10 シグナルを認知する。なお分権的調査手法では各情報提供者 1 人あたりが与えるシグナル数が等しくなるよう分配するため、シグナルの総数の関係より、分割情報下において情報提供者 1 人あたりが与えるシグナル数 $x = 25$ に定

表-1 数値分析にあたり設定した値

m_0	σ_0^2	θ	σ_ε^2	n	y	l	x
5	1	4	0.01	500	10	200	25

まる. 完全情報下と分割情報下で, 全意見表明者の WTP の期待値を平均したものが W_B, W_A となる.

続けて W_A' を算出する. 今回算出するのは, モデル分析で求めた一致条件(式(17)~(19))のもとで情報提供者数 l' を 200 から 100, 50, 10 に変化させた場合の W_A' である. 条件式(17)(19)で, 全住民の生活水準の相対頻度分布と抽出した情報提供者の生活水準の相対頻度分布の平均と分散が一致するよう情報提供者を抽出することとしているため, 全住民の生活水準の相対頻度分布 $f(S):N(4,0.01)$ を満たす値を情報提供者数 l' だけ用意し, それらの値を各情報提供者の生活水準とする.

意見表明者は, l' 人分のシグナルならランダムに分配された 10 シグナルを認知する. 条件式(18)では, 情報提供者数を 200 から変化させてもシグナルの総数は一定に保つこととしていた. そのため, 情報提供者数 l' と情報提供者数 1 人当たりが与えるシグナル数 x' の関係は表-2 のように設定した. 分配されたシグナルをもとに得られる各意見表明者の認知生活水準の事後分布と WTP 関数 $\varphi(\theta)$ より各意見表明者の WTP の期待値を算出し, それを全意見表明者で平均したものが W_A' となる.

c) 結果

算出した W_B, W_A, W_A' の関係を図-3 に示す. l' の変化によって値が変化するのは W_A' のみであり, W_B, W_A は一定である. なお, 各情報提供者の生活水準及び分割情報下において各意見表明者に分配されるシグナルは指定した条件下でランダムに発生するため, W_B, W_A, W_A' の値に多少の誤差を及ぼすことが考えられる. よって W_B の値, W_A の値, W_A' の l' ごとの各値はそれぞれ 20 回の計算結果の平均値を示している.

d) 考察

l' が 10, 50, 100 人のいずれの場合においても, W_B と W_A'

表-2 情報提供者数 l' と情報提供者 1 人が与えるシグナル数 x'

l'	100	50	10
x'	50	100	500

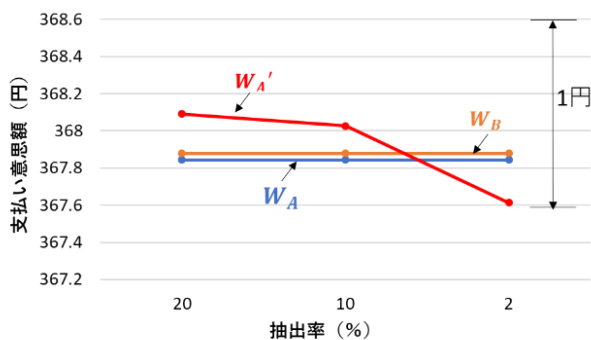


図-3 数値分析結果

の差と W_B と W_A の差が完全に一致することは示せなかった. 一致しなかった理由としては, W_A, W_A' を形成する意見表明者にシグナルを完全にはランダムに分配できておらず, 少なからず規則性を持って分配してしまったことが考えられる. また(2)で導いた一致条件は, $\sigma_0^2 \gg \sigma_\epsilon^2$ を前提としていたが, 今回の分析で設定した値では両者に十分な差が開いておらず, $\sigma_0^2 \gg \sigma_\epsilon^2$ が実現していなかったことなども考えられる.

しかし W_B と W_A' のみに着目すると, l' が 10, 50, 100 人のいずれの場合においてもその差は 1 円未満である. 意見表明者数を 500 人として分析したことを考慮に入れると, 両者はほぼ一致していると判断しても問題ないと考え.

よって数値分析では, モデルによって明らかにしたことを完全に再現できたとは言いがたいが, モデルによって導いた一致条件により W_B と W_A' がほぼ一致することを示した.

4. 標本調査により意見収集を行う場合の検討

(1) はじめに

先行研究では, 分権的調査手法が適用できるか否か, 「情報提供者と意見表明者が一致する場合」「情報提供者と意見表明者が一致しない場合」の 2 つの場合について検討がなされていた. しかし, 既存の数多のアンケート調査結果をみても明らかなように, 全数調査は難しい. そのため, 意見表明者たる計画対象地域内外の住民を抽出し, または結果的に一部住民を抽出した形で調査を行うことが考えられる. そのような場合, 情報提供者と意見表明者の関係についてはこれまで考えられてこなかった組み合わせも生起することが考えられるが, その場合における分権的調査手法の適用可能性については検討されてこなかった.

そこで, これまで考えられてこなかった場合においても分権的調査手法が適用可能かどうか, すなわち, それぞれの場合における分割情報下における WTP の期待値の平均 W_A' と, 完全情報下における WTP の期待値の平均 W_B が一致するかどうか, 数値分析を行い確かめる. このことにより, より広範な場合における分権的調査手法の適用可能性を明らかにする.

(2) 考えられる情報提供者と意見表明者の組み合わせ

情報提供者と意見表明者の関係については, これまで確かめられてきた組み合わせを含め以下に示す 5 種類が考えられる. 本節では, それぞれの場合がどのような状況に相当するか, およびそれぞれの場合で意見表明者はどのようにして WTP を表明するかについて説明する. なお今回は, 2. で考えたような, 情報提供者について標本調査を行うことは考えない. すなわち情報提供者は計画の対象地域の全住民であるとして検討を行う.

a) 情報提供者と意見表明者が一致する場合

これは、計画されている公共交通サービスが全市町村民を対象としたものである場合や、公共交通サービスの費用を受益者負担の原則に従い対象地域住民で負担するような場合などが相当する。計画の対象地域の住民は、移動環境などの情報を互いに提供し合い、自分の状況および提供された他の住民の状況をもとに認知生活水準を更新し WTP を表明する。

b) 情報提供者と意見表明者が一致しない場合

これは、財政上の理由等から、計画の対象地域外の住民に支援の意思があるかどうかを確認する場合などが相当する。計画の対象地域外の住民は、自分の状況は考慮せず、提供された住民の情報をもとに認知生活水準を更新し WTP を表明する。

c) 意見表明者の一部が情報提供者である場合

これは、市町村の中の一部地域を対象に計画されている公共交通サービスの費用を、税金などによって全市町村民が負担するような場合などが相当する。計画の対象地域の住民は、移動環境などの情報を互いに提供し合い、自分の

状況および提供された他の住民の状況をもとに認知生活水準を更新し WTP を表明する。また移動環境などの情報は対象地域外の住民にも提供され、対象地域外の住民はその情報のみをもとに認知生活水準を更新し WTP を表明する。

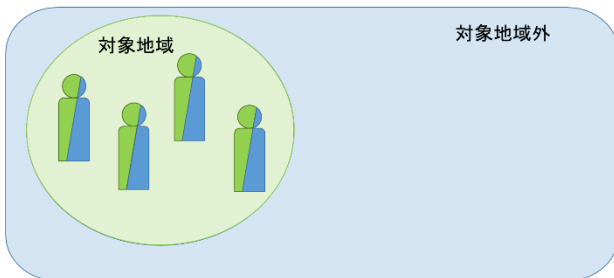
d) 情報提供者の一部が意見表明者である場合

これは、a)の状況において、対象地域の住民が非常に多かたたり、全員参加した場での合意形成が難しかったりするために、対象地域住民から抽出された一部の住民が代表者として意見を表明するような場合が相当する。計画の対象地域の住民は、移動環境などの情報を同じく対象地域に住んでいる代表者に提供する。代表者は自分の状況および提供された他の住民の状況をもとに認知生活水準を更新し WTP を表明する。

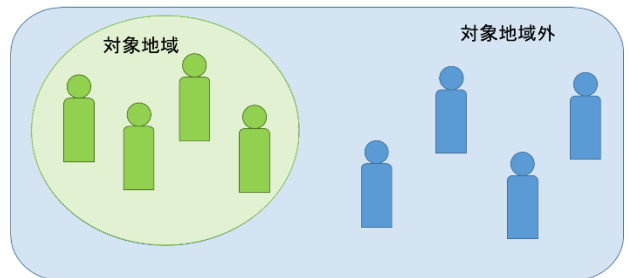
e) 情報提供者と意見表明者が一部重複する場合

これは、c)の状況において、対象地域内についてはその住民が非常に多かたたり、全員参加した場での合意形成が難しかったりする場合に、計画の対象地域内外から抽出された一部の住民が代表者として意見を表明するような場合が相当する。またこの組み合わせは c)の状況において、全

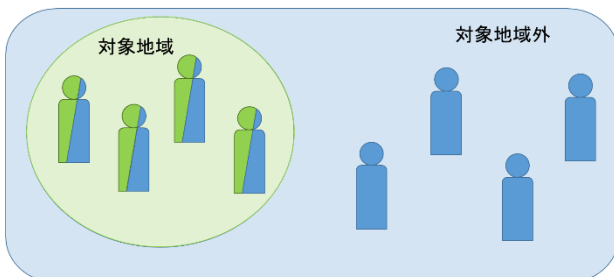
a) 情報提供者と意見表明者が一致する場合



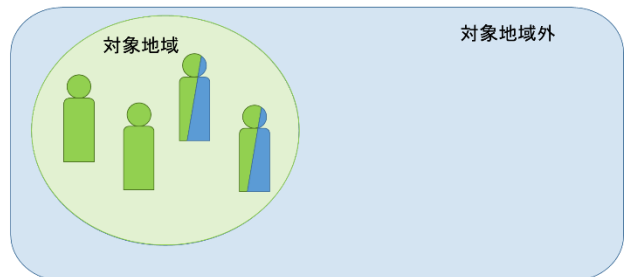
b) 情報提供者と意見表明者が一致しない場合



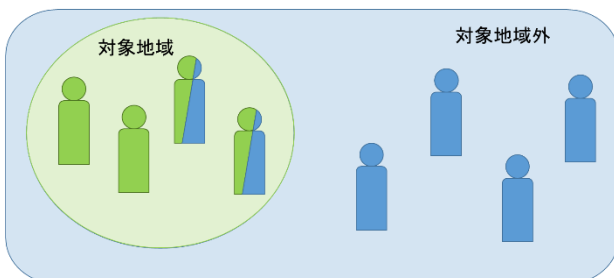
c) 意見表明者の一部が情報提供者である場合



d) 情報提供者の一部が意見表明者である場合



e) 情報提供者と意見表明者が一部重複する場合



凡例:

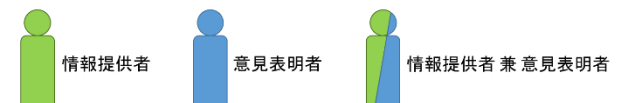


図4 考えられる情報提供者と意見表明者の組み合わせ

市町村民に対し意見を問う調査を実施した場合に結果的に最も実現するであろう状況でもある。

計画の対象地域の住民は、移動環境などの情報を同じく対象地域に住んでいる代表者に提供する。代表者は自分の状況および提供された他の住民の状況をもとに認知生活水準を更新し WTP を表明する。また移動環境などの情報は対象地域外の住民にも提供され、対象地域外の住民はその情報のみをもとに認知生活水準を更新し WTP を表明する。

(3) 数値分析の流れ

以下では(1)の目的を達成するために行う数値分析において想定した状況を示す。なお今回行う数値分析では、尾崎ら⁵⁾における実証分析で行った調査と同様の状況設定を可能な限り用いることとした。このことにより、アンケート調査を行った状況を再現し、結果の妥当性の向上を図る。

a) 想定する状況

まず、この地域には、バスを利用したい、またはバスを利用したいができていない高齢者が 100 人住んでいることとする。その人々の生活水準は正規分布 $f(S) : N(5,4)$ に従っており、表-3 に示す値および人数である。この地域に対し、バスの小型化とバス停の増設が検討されている。この代替案による実現水準は尾崎ら⁵⁾の実証分析において得られた値 $\theta' = 5.71$ を用いる。

意見表明者には、100 人分の移動環境に関する情報から表-4 の組み合わせに従い 4 人分の情報を提供される。その上で意見表明者は、認知生活水準に関する信念を更新し、代替案に対する WTP を表明する。意見表明者は、自分が計画の対象地域の住民である場合は、自分の生活水準と、提供された 4 人分の情報のうち認知限界情報量である y_c 人分の合計 $y_c + 1$ 人分の情報をもとに認知生活水準を更新するものとする。一方自分が計画の対象地域外の住民である場合は、提供された 4 人分の情報のうち認知限界情報量である y_c 人分の情報のみをもとに認知生活水準を更新するものとする。

b) 求められる WTP の期待値

今回の数値分析においては、意見表明者は初期状態(意見表明者が対象地域内の住民である場合は自分の状態も認知していない状態)では無知のヴェールを被っていると考え、認知生活水準の初期分布を一様分布と仮定する。

この仮定下においては、認知生活水準の事後分布の $p(\theta)$ の平均 m および分散 σ^2 は、式(20)および式(21)のように求められる。ここで $sumS$ は認知した y 人分(意見表明者が対象地域内の住民である場合は $y = y_c + 1$ 、対象地域外の住民である場合は $y = y_c$ 、完全情報下の場合は $y = 100$)の情報の示す生活水準の和を意味している。

$$m = \frac{\sigma_0^2}{y\sigma_0^2 + \sigma_\epsilon^2} sumS + \frac{\sigma_\epsilon^2}{y\sigma_0^2 + \sigma_\epsilon^2} m_0 \xrightarrow{\sigma_0^2 \rightarrow \infty} \frac{sumS}{y} \quad (20)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sigma_0^2 \sigma_\epsilon^2}{y\sigma_0^2 + \sigma_\epsilon^2} \xrightarrow{\sigma_0^2 \rightarrow \infty} \frac{\sigma_\epsilon^2}{y} \quad (21)$$

各意見表明者の WTP の期待値 W は、式(22)のように求められる。尾崎ら⁵⁾の実証分析においては、生活水準の最小値を 0、最大値を 10 としたため、積分区間は $[0,10]$ とした。また WTP 関数 $\varphi_k(\theta' - \theta)$ は、尾崎ら⁵⁾で推定したモデル 1 を用いることとした(表-5)。

$$W = \int_0^{10} \varphi_k(\theta' - \theta) p(\theta' - \theta) d(\theta' - \theta)$$

表-3 各情報の示す生活水準の値および仮定した生活水準の相対頻度分布下における各情報の生起人数⁵⁾

情報	生活水準の値 S_i ($i = 1, 2, \dots, 10$)	生起人数 (合計 100 人)
シグナル 1	0.333	1
シグナル 2	1.833	5
シグナル 3	3.000	10
シグナル 4	3.833	14
シグナル 5	4.667	16
シグナル 6	5.000	17
シグナル 7	5.167	17
シグナル 8	5.667	16
シグナル 9	8.333	2
シグナル 10	8.333	2

表-4 回答者に割り付ける情報の組み合わせとその人数⁵⁾

	シグナル (S○…シグナル○)				割付回答者数 ($n = 200$ のとき)
ケース①	S7	S1	S3	S8	8
ケース②	S7	S3	S4	S2	8
ケース③	S7	S6	S4	S8	8
ケース④	S7	S9	S10	S8	16
ケース⑤	S8	S4	S2	S7	32
ケース⑥	S3	S7	S6	S5	32
ケース⑦	S6	S5	S7	S3	32
ケース⑧	S4	S8	S5	S6	32
ケース⑨	S5	S6	S8	S4	32

表-5 尾崎らで推定した WTP 関数のパラメータ⁵⁾

変数	モデル 1
(定数項)	924.97
実現水準と認知生活水準の差 $\theta' - \theta$	48.31
バス利用頻度(回/週)	96.69
スーパーまでの距離(m)	0.01743
世帯年収ダミー; 1500 万以上	1438.74
回答者交通手段ダミー; 徒歩	1581.65

$$= \int_0^{\theta'} \varphi_k(\theta)p(\theta)d\theta = \int_0^{\theta'} \{\varphi(\theta) + \delta_k\}p(\theta)d\theta \quad (22)$$

最後に、全意見表明者の WTP の期待値を平均することで、分割情報下における WTP の期待値の平均 W_A を算出する。それが完全情報下におけるものとどの程度差があるかを確かめるため、式(23)に定義する「誤差率」を算出し評価する。この誤差率は、「分割情報下における WTP の期待値の平均 W_A と完全情報下における WTP の期待値の平均 W_B の差が、 W_B に比べどの程度の大きさであるか」を示している。

$$(\text{誤差率}) = \frac{W_A - W_B}{W_B} \quad (23)$$

(4) 数値分析において設定した値

数値分析を行うにあたり、設定した条件を表-6 にまとめる。なおこれらのうち、意見表明者数および各意見表明者の認知生活水準の初期分布 $p_0(\theta)$ 、事後分布 $p(\theta)$ 、認知限界情報量 y_c 以外は、尾崎ら⁵⁾の実証分析において設定した条件および推定結果に基づいている。意見表明者数については、合計人数および計画の対象地域の住民数、対象地域外の住民数について多数の場合を考えた。

(5) 数値分析結果

数値分析の結果を表-7 にまとめる。このことから、分権的調査手法によって、理想的な手法における WTP の集約値を -12~-19% 程度の誤差精度をもって推定することが可能であることが分かった。

また、意見表明者に占める計画の対象地域の住民の割合と誤差率の関係を見たところ、図-5 のように地域内住民の割合が高ければ誤差率の絶対値は小さくなる、すなわち完全情報下における WTP の期待値の平均 W_B に近い結果が得られることが明らかになった。一方で、計画の対象地域の住民の割合が同じ場合においては誤差率の大きさに特に傾向は見られなかった。

以上より分権的調査手法は、今回示された誤差精度を許容する限りにおいては有用であることが明らかになった。また、適用に際しては、計画の対象地域の住民の合意形成の場への参加をより喚起していく必要があることが明らかになった。

5. おわりに

(1) 本研究のまとめ

本研究では、情報提供者または意見表明者を抽出する、という観点から、以下の 2 点について検討を行った。まず、当該地域住民からの情報収集を標本調査で行うことを考慮したときでも、分割情報下における意見を集約したものは完

表-6 数値分析において設定した条件

情報提供者に関して	
地域住民の生活水準	$N(5,4)$
相対頻度分布 $f(S) : N(\theta, \sigma_\varepsilon^2)$	
地域住民数 l	100 人
地域住民の生活水準 $S_i (i = 1 \sim 100)$	表-4 に基づいて決定
意見表明者に関して	
意見表明者数 n	表-7 の通り
意見表明者 1 人に提供される情報数 y	地域内住民のとき: 4 人分 地域外住民のとき: 5 人分 完全情報下のとき: 100 人分
認知生活水準の初期分布 $p_0(\theta)$	一様分布
認知生活水準の事後分布 $p(\theta)$	式(20)・(21)に基づいて算出
WTP 関数 $\varphi_k(\theta' - \theta, x_k)$	尾崎ら ⁵⁾ の実証分析で得られた推定式(Model1)
認知限界情報量 y_c	地域内住民のとき: 2~5 人分 地域外住民のとき: 1~4 人分 から等確率に選択 ($\alpha_{y_c} = 0.25$)
意見表明者の属性	尾崎ら ⁵⁾ の実証分析の回答者からランダムに選抜
実現水準 θ'	5.71

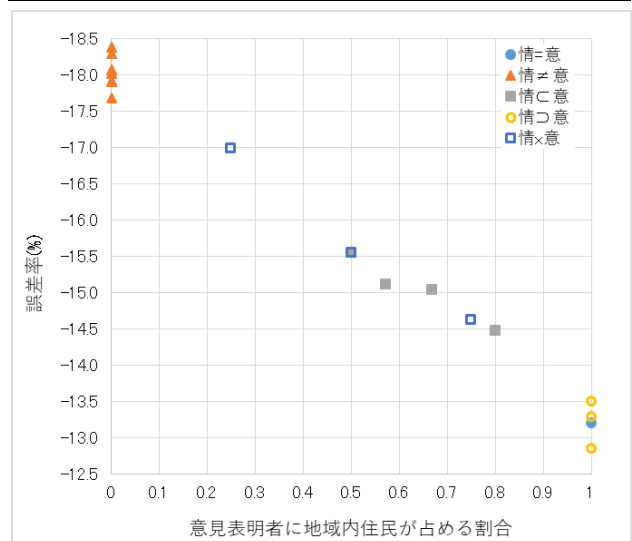


図-5 意見表明者に占める地域内の住民の割合と誤差率の関係

全情報下における意見を集約したものと一致するかを確かめた。モデルでの比較の結果、一定条件下において両者は一致することを導いた。また数値分析によってこの条件の妥当性を確かめた。

また、意見表明者について標本調査を行うことを考慮し、先行研究では検討されていなかった情報提供者と意見表明者の組み合わせにおける分権的調査手法の適用可能性を確かめた。両者が一致する場合、両者が一致しない場

表-7 数値分析結果

パターン	WTP の期待値の平均(円)			合計n	意見表明者数(人)	
	WTP の期待値の平均	完全情報下との差	誤差率(%)		うち 地域内住民	地域内住民の 占める割合
完全情報下	1166.39			100		
情=意	1012.36	-154.03	-13.21	100	100	1
	957.35	-209.04	-17.92	25	0	0
情≠意	952.00	-214.39	-18.38	50	0	0
	957.56	-208.83	-17.90	75	0	0
	953.01	-213.39	-18.29	100	0	0
	960.16	-206.23	-17.68	125	0	0
	955.65	-210.75	-18.06	150	0	0
	955.61	-210.78	-18.07	175	0	0
	956.30	-210.10	-18.01	200	0	0
情<意	997.46	-168.94	-14.48	125	100	0.8
	990.96	-175.43	-15.04	150	100	0.67
	990.01	-176.39	-15.12	175	100	0.57
	985.04	-181.36	-15.55	200	100	0.5
情>意	1016.59	-149.81	-12.84	25	25	1
	1011.39	-155.00	-13.29	50	50	1
	1008.97	-157.43	-13.50	75	75	1
情 x 意	968.30	-198.09	-16.98	100	25	0.25
	985.01	-181.38	-15.55	100	50	0.5
	995.87	-170.53	-14.62	100	75	0.75

情=意・・・情報提供者と意見表明者が一致する場合

情<意・・・意見表明者の一部が情報提供者である場合

情 x 意・・・情報提供者と意見表明者が一部重複する場合

情≠意・・・情報提供者と意見表明者が一致しない場合

情>意・・・情報提供者の一部が意見表明者である場合

合、一方がもう一方に含まれる場合、両者が一部重複する場合について完全情報下と分割情報下における WTP の期待値の平均値が一致するか確かめたところ分権的調査手法では理想的な状況において得られる WTP を-12～-19%の誤差精度をもって推定することができることが明らかになった。また、両者をより一致させるためには、計画の対象地域住民の合意形成の場への参加をより喚起させていくことが重要であることが明らかとなった。

(2) 今後の課題

本研究では、当該地域住民からの情報収集を標本調査で行うことを考慮したときでも、分権的調査手法が妥当となる条件を導いたが、この条件には、「抽出するシグナルの分布を当該地域住民のシグナルの分布と一致させる」よう標本調査を行うことを含めている。計画策定者側が、事前に当該地域住民がどの層に所属しているかを把握することは困難であることから、これを実現できる場面は限られると考えられる。よって今後は、標本調査においてこのような層別抽出が行えないときを考慮して、抽出率と W_B 、 W_A' の差の関係性を

明らかにすることを目指す。これが実現すれば、標本調査において層別抽出が行えないときでも、計画にかけるコストや手間と相談しながら必要な程度の完全情報下における意見を集約したものが把握できるようになるだろう。

付録 先行研究で構築したモデルについて

先行研究において構築されたモデルにおいては、公共交通サービスの対象地域の住民の生活状況や移動環境の良さは、それを定量評価した値である生活水準 S で表される。この地域住民の生活水準 S の相対頻度分布 $f(S)$ は正規分布 $N(\theta, \sigma_\varepsilon^2)$ であり、ある地域住民 i の生活水準 S_i は分散 σ_ε^2 によって生じる平均値 θ との差 ε_i を用いて $S_i = \theta + \varepsilon_i$ と表される。なおこの分散 σ_ε^2 は、地域住民ごとの生活水準の値の違いのほか、計画策定者が情報を収集した時や、意見表明者が情報を認知した時に生じる誤差などから生まれる分散とされている。

一方、意見表明者の認知生活水準は $f(S)$ の平均 θ に関する信念と考えることができ、その確率密度関数は $p(\theta)$ で

表される。自分も含め誰の情報も認知していないときの認知生活水準の初期分布 $p_0(\theta)$ は正規分布 $N(m_0, \sigma_0^2)$ であり、どの意見表明者もその分布は同じであるものとしている。意見表明者は、住民*i*に関する情報が計画策定者を通じ提供されると、その情報の尤度 $f(S_i)$ を推測し、その値をもとに認知生活水準を初期分布 $p_0(\theta)$ から事後分布 $p_i(\theta)$ に更新する。 $p_i(\theta)$ も正規分布 $N(m_i, \sigma_i^2)$ となり、そのパラメータ m_i および σ_i^2 は以下のように求められる。

$$m_i = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2} S_i + \frac{\sigma_\varepsilon^2}{\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2} m_0 \quad (24)$$

$$\sigma_i^2 = \frac{\sigma_0^2 \sigma_\varepsilon^2}{\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2} \quad (25)$$

情報*i*を認知した意見表明者が表明する WTP の期待値 W_i は、認知生活水準 θ に対する WTP 関数 $\varphi(\theta)$ を考えて、以下のように求められる。

$$W_i = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta) p_i(\theta) d\theta \quad (26)$$

さらに多くの情報が提供された場合も同様に、意見表明者はそれらの情報を認知し、認知生活水準の事後分布を形成し、それに対応した支払い意思額を表明する。しかし、人間の情報処理能力には限りがあり、非常に多くの情報が提示された場合は認知することができない。その認知できる情報の最大量(認知限界情報量)を y_c とすると、 $y > y_c$ であるときは、 y_c 人分しか認知できず、 $y_c + 1$ 人目以降の情報を提供されても認知生活水準は更新できない。このことを踏まえ、情報量と追加的に受け取る情報の認識誤差、情報認知後の認知生活水準の事後分布および WTP の期待値の関係を表すと表-8 のようになる。

さて、地域住民数を l 人、意見表明者数を n 人とするとき、完全情報下における WTP の期待値の平均 W_B は、

$$W_B = W_{12\dots l} \quad (27)$$

で求められる。一方、分割情報下における WTP の期待値の平均 W_A は、意見表明者 n 人のうち認知限界情報量が y_c 人である人数の割合を α_{y_c} ($\sum_{y_c=1}^l \alpha_{y_c} = 1$)とすると、

$$W_A = \frac{1}{n} \left\{ \frac{\alpha_1 n}{l C_1} (W_1 + W_2 + \dots + W_l) + \frac{\alpha_2 n}{l C_2} (W_{12} + W_{13} + \dots + W_{(l-1)l}) + \frac{\alpha_3 n}{l C_3} (W_{123} + W_{124} + \dots + W_{(l-2)(l-1)l}) \right.$$

表-8 意見表明者が受け取る情報量、追加的に受け取る情報の認識誤差、情報認知後の認知生活水準の事後分布および WTP の期待値の関係

情報量 y	追加的に受け取った 情報 <i>i</i> の認識誤差 $\sigma_{\varepsilon i}^2$	認知生活水準の 事後分布	WTP の 期待値
-	-	$p_0(\theta)$	-
1	$\sigma_{\varepsilon c}^2$	$p_1(\theta)$	W_1
\vdots	$\sigma_{\varepsilon c}^2$	$p_{1\dots y}(\theta)$	$W_{1\dots y}$
y_c	$\sigma_{\varepsilon c}^2$	$p_{1\dots y_c}(\theta)$	$W_{1\dots y_c}$
\vdots	∞	$p_{1\dots y_c}(\theta)$	$W_{1\dots y_c}$
n	∞	$p_{1\dots y_c}(\theta)$	$W_{1\dots y_c}$

$$+ \dots + \frac{\alpha_{y_c} n}{l C_{y_c}} (W_{12\dots y_c} + W_{13\dots(y_c+1)} + \dots + W_{(l-y_c+1)(l-y_c+2)\dots l}) + \dots + \frac{\alpha_y n}{l C_y} (W_{12\dots y} + W_{13\dots(y+1)} + \dots + W_{(l-y+1)(l-y+2)\dots l}) \quad (28)$$

で求められる。先行研究のモデル分析の結果より、

- ① $\varphi(\theta)$ はどの意見表明者も同じである
- ② $\sigma_0^2 \gg \sigma_\varepsilon^2$ である
- ③ ある情報提供者 1 人の情報を受ける人数を x 人、意見表明者 1 人に与えられる情報数を y 、情報提供者数を l 人、意見表明者数を n 人としたとき $l/n = y/x$ であるならば、両者はほぼ一致することが確かめられている。

参考文献

- 1) (財)国際交通安全学会:地域社会が保障すべき生活交通のサービス水準に関する研究, pp.57-84, 2008.
- 2) (財)国際交通安全学会:地域公共交通と連携した包括的な生活保障の仕組みづくりに関する研究(そのⅡ)報告書, pp.123-131, 2012.
- 3) 田中詢紀, 織田澤利守, 喜多秀行:地域公共交通計画における偏りのない事実認識の共有方法, 土木計画学研究・講演集, Vol.54, No.16, pp.145-157, 2016.
- 4) 尾崎拍夢, 織田澤利守, 喜多秀行:認知可能な情報量の限界を考慮した偏りのない事実認識の共有手法, 土木学会論文集(未投稿).
- 5) 尾崎拍夢, 織田澤利守, 喜多秀行:公共的判断に基づく地域住民の総意形成のための分権的調査手法に関する実証分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.59, 2019.