

認知可能な情報量を考慮した 偏りのない事実認識の共有手法

尾崎 拍夢¹・織田澤 利守²・喜多 秀行³

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: 173t110t@stu.kobe-u.ac.jp

² 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

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: kita@crystal.kobe-u.ac.jp

地域公共交通計画の策定にあたっては、対象地域の住民の実情(生活水準)や政策の意図と効果などについて正確かつ十分な認識を持った上で表明された住民の総意に基づき決定することが望ましい。しかし、全ての住民の実情を正確に認識することは人間の情報処理能力上困難であり、結果一部の住民に偏った意見や総意が表明される恐れがあった。これに対し情報を偏りなく提供・集約する手法として、「全住民の生活状況を数人ごとに分割して意見表明者に分配し、表明された意見を集約する」という手法が提案されており、モデル分析及び数値分析によってその妥当性が確認されていた。しかし実証分析は行われていなかったため、本研究では実証分析を行いその妥当性を実証レベルで確認した。

また本研究では、人間には認知可能な情報量に限界があることを考慮してモデルを拡張し、限界量以上の情報が提供された場合にも偏りない情報提供・集約手法としてこの手法が適切・有用であるかをモデル分析及び実証分析により確認した。

Key Words : *consensus building, local transport planning, willingness to pay, empirical analysis, disaggregate-and-aggregate method*

1. 本研究の背景及び目的

人間は、生活する中で情報を入手し、その情報をもとに様々な物事についての意見を形成し、ないしは様々な物事について判断して生きている。しかし、その物事に関するありとあらゆる情報を入手し、またはその情報すべてを考慮して物事の判断を行うことは現実には不可能である。また、情報の発信者の「声」の大きさやその広報の方法などによってはマイノリティやサイレント・マジョリティの情報がかき消され、我々が意識的に得ようとしないうり彼らの情報を入手することができないこともあるだろう。我々はこれらのことが原因で、その物事に関するありとあらゆる情報のうち一部のみを考慮して意見を形成したり物事を判断したりせざるをえなくなっている。

このことは地域公共交通計画に対する意見を形成するにあたってもいえる。計画策定者はある地域において公共交通サービスを提供するにあたり、その地域の住民や、そのサービスの財源となる税を支払う地域外の住民の意見を集約し、その意見を踏まえた上で社会的に望ましい判断を下

すことが求められる¹⁾。しかし、その地域の住民や地域外の住民が一部の偏った情報に基づき意見を表明していた場合、サービス供給が過少となり本来公共交通サービスを受けるべきであった交通弱者がサービスを受けられなかったり、逆に過剰に供給することによって税負担を必要以上に強いることになったりしてしまう。このことを避け、社会的に望ましい決定を下すためには、意見表明者がその地域の住民の実情や政策の意図と効果などについて正確かつ十分な認識を持ち、その上で社会的に望ましいと考える意見を表明してもらうことが必要となる。

喜多ら²⁾は、認知喚起型調査手法(調査票を介して政策に対する認知や経験、対象地域の実情に関する情報を提供・喚起させるような調査手法)において提供する情報が偏っていた場合、表明される意見が特定の方向に誘導されてしまう可能性を指摘した。そこで田中ら³⁾は、対象地域の実情に関する情報を「偏りなく」提供する方法として、「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」という手法を提案した(図-1 中「情報提供方法 A」)。しかし先述した通り、その地域の住民のあり

とあらゆる情報すべてを考慮して物事の判断を行うことは現実には不可能であることから、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、意見表明者に分配する」という手法を提案している(図-1 中「情報提供方法 B」). 田中ら²⁾は、この情報提供手法によって得られる意見表明者一人一人の意見は一部の情報に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に提供した場合と同じ結果が得られると考え、モデル分析及び数値分析によって両者がほぼ一致することを確認した。

しかし実証分析は行われておらず、田中ら²⁾の「全住民の生活状況を何人か毎に分割し、意見表明者に分配する」手法によって得られる意見を集約したものが、「全住民の生活状況を意見表明者全員に提供する」手法によって得られる意見を集約したものと実際に一致するかどうかはわかっていなかった。

また、情報提供を行う主体、例えば計画を策定する自治体などは、意見表明者が全住民の生活状況を認知できないことはわかっている、具体的にどの程度までなら認知できるのかはわからない。そのため、もし認知できる限界よりも多くの情報を提供した場合、田中ら²⁾の情報提供手法によって得られる意見を集約したものが、全住民の生活状況を意見表明者全員に提供した結果得られる意見を集約したものと一致しない可能性もあるが、田中ら²⁾ではそのことも確かめられていない。

そこで本研究ではまず、田中ら²⁾において用いられている意見表明者の情報認識に関するモデルを、人間には認知できる情報量に限界があることを考慮して拡張する。その上で、全住民の生活状況を意見表明者全員に提供した結

果得られる意見を集約したものと、田中ら²⁾の情報提供・集約手法によって得られる意見を集約したものをモデル式上で比較し、田中ら²⁾の情報提供・集約手法によって「偏りのない」情報認識が可能かどうかをより現実に近い環境下で確認する。

また、既往研究において行われてこなかった、全住民の生活状況を意見表明者全員に提供した結果得られる意見を集約したものが、田中ら²⁾の情報提供・集約手法によって得られる意見を集約したものと実際に一致するかどうかを、実証分析を行い確かめる。併せて、認知できる情報量を上回る情報量を提供した場合においても、田中ら²⁾の情報提供・集約手法によって得られる意見を集約したものと一致するかについても実証分析によって確かめる。このことにより、「偏りのない」情報提供・集約手法としての田中ら²⁾の情報提供・集約手法の適切性・有用性を現実の場においても明らかにする。

2. 既往研究の整理と本研究の位置づけ

(1) 既往研究

a) 認知喚起型調査手法に関する既往研究

藤井ら³⁾は、CVM(仮想評価法)を合意形成のためのコミュニケーションツールとして活用するにあたり、公共財に関する説明のほか、政策が CVM において得られた回答に基づいて決定されているという説明が WTP(支払い意思額)に影響を及ぼすのかについて調査分析を行った。その結果、公共財に関する説明が詳しいほど公共財に対する態度が肯定的になり、また政策が CVM に基づいて決定されているという説明によって手続きの公正知覚が向上し、その結果政策の受容意識、即ち WTP が向上することがわかった。

山下ら⁴⁾は、CVM やそのほかの意識調査への回答者は、公共財に関する説明や質問内容から得られる直接的な情報と、政策が CVM に基づいて決定されているという説明などその他の間接的情報に基づき政策賛否や WTP を回答していると考えた。その上で、回答者が WTP を表明するにあたって考慮する間接的情報には回答者の公共財に関する知識や経験も相当すると考え、これらを十分に喚起するような調査手法、即ち認知喚起型調査手法を提案した。さらにその効果を検証するべく、政策に関する客観的な情報のほか、その政策に関する回答者の認知や経験などを喚起する設問を設け、過疎地域の交通支援政策について WTP を問うアンケート調査を行い、分析を行った。その結果、回答者の認知や経験などを喚起する設問によって政策の理解が深まり、また WTP の期待値も上昇することがわかった。

喜多ら⁵⁾は、地方公共交通計画策定のためには意見表明の対象となる事象や政策の意図と効果などについて十分且つ正確な認識を持った上で意見を形成し表明する必要が

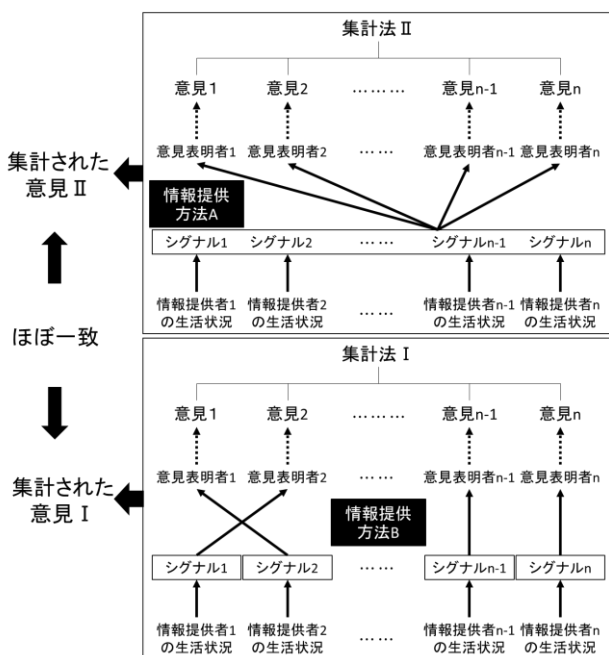


図-1 田中ら²⁾において提案された情報提供・集約手法の概念図

あるとの考えから、認知喚起型調査手法において地域の住民の実情に関する情報を提供することによる WTP への影響について調査するため、アンケート調査による分析を行った。その結果、情報の与え方によって意見の変化が異なること、回答者は提供された情報を加味して政策に関する意見を判断すること、属性によって WTP が異なること、の 3 点が明らかになった。

しかし同時に喜多ら²⁾は、提供する住民の情報や提供手法によっては特定の回答へ誘導する「誘導質問」となる可能性があることを指摘していた。そこで田中ら²⁾は、特定の回答に誘導させることのないような、「偏りのない」情報提供・集約手法の提案を行った。最も理想的な「偏りのない」情報提供・集約手法として、田中ら²⁾は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、というものを挙げているが、お互いに面識のないような人口規模である大きなコミュニティでは、地域住民の情報を認知することは実際には不可能である。

b) 田中²⁾らの情報認識モデル及び田中²⁾らの情報提供・集約手法について

そこで田中ら²⁾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、意見表明者に分配する、という手法を提案し、その結果得られる WTP を集約したものが、理想的な情報提供によって得られる WTP、即ち全住民の生活状況を意見表明者全員に提供した場合に得られる WTP を集約したものとほぼ一致することをモデル分析及び数値分析によって確かめている。ここに、「生活状況」とは商店や医療機関など日常生活に不可欠な活動拠点への移動利便性、後出の「生活水準」はそれを定量評価したものである。

以下では、田中ら²⁾で用いられているモデル及び WTP の算出法について示す。なおこれ以降では、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した結果得られる意見を「完全情報下で得られる意見」、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何人か毎に分割し、意見表明者全員に分配した結果得られる意見を「分割情報下で得られる意見」と呼ぶ。

当該計画の対象とされている地域住民は情報提供者として、それぞれの生活水準を表明し、意見表明者に提供する。ここでそ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 $N(\theta', \sigma_\varepsilon^2)$ であるとする。 θ' はその地域の生活水準の平均値、 σ_ε^2 は個人による特性の違い・情報収集・情報提供の際に生じた誤差等による分散である。その地域のある住民 i の生活水準は分散 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、これを住民 i のシグナル S_i と呼ぶ。

一方意見表明者は、認知生活水準(自分が認知した情報をもとに推測した $f(S)$ の平均 θ') に関して確率密度分布

$g_i(\theta')$ を持っている。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確率密度関数の初期分布 $g_0(\theta')$ 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する。意見表明者は、住民 1 の情報を受け取ると、その尤度 $f(S_1)$ をもとに式(1)~(3)のようにベイズ更新を行い、初期分布 $g_0(\theta')$ を事後分布 $g_1(\theta')$ に更新する。

以後本論文においては、これらを情報認識モデルと呼ぶこととする。

$$g_1(\theta') = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2} f(S_1) + \frac{\sigma_\varepsilon^2}{\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2} g_0(\theta') \quad (1)$$

$$m_1 = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2} S_1 + \frac{\sigma_\varepsilon^2}{\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2} m_0 \quad (2)$$

$$\sigma_1^2 = \frac{\sigma_0^2 \sigma_\varepsilon^2}{\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2} \quad (3)$$

ここで、認知生活水準 θ' に対する WTP 関数 $\varphi(\theta')$ を考える。認知生活水準の確率密度分布 $g_i(\theta')$ と WTP 関数 $\varphi(\theta')$ より、完全情報下における WTP の期待値の平均 W_B は

$$W_B = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{12\dots n}(\theta') d\theta' \quad (4)$$

分割情報下における WTP の期待値の平均 W_A は

$$W_A = \frac{1}{n} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{12\dots i}(\theta') d\theta' + \frac{1}{n} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{23\dots i+1}(\theta') d\theta' + \dots \quad (5)$$

となり、両者は

- 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、ほぼ一致することがわかっている。しかし、田中ら²⁾ではこのことについて実証分析は行われておらず、実現象をどこまでの確に記述できているかはわかっていなかった。

(2) 本研究の位置づけ

そこで本研究では、田中ら²⁾の構築した情報認識モデル及び情報提供・集約手法が実際に成り立つのか確かめるため、実証分析を行う。しかし現実には、人間が認知できる情報量は限られているため、シグナル数を増やすと 1 シグナルあたりの情報量が減少し、一方で認識誤差 σ_ε^2 が増大することが考えられるが、そのことについてはこのモデルにおいては考慮されていない。そこで、情報量と認識誤差の関係の明確化、及び情報認識モデルを拡張し、実証分析を行う。

3. 認知限界情報量を考慮した認識誤差モデル

前章までで述べてきたように、人間には認知できる情報量に限界が存在する。本章では、このことを考慮したときの、情報量と各情報の認識誤差及び各情報認知後の認知生活水準の事後分布との関係をモデルによって表す。なお以後では、認知できる情報の最大量を「認知限界情報量」と呼ぶ。

(1) 意見表明者が受け取る情報量と、各情報の認識誤差の関係

まず、意見表明者が受け取る情報量と、各情報の認識誤差との関係について考える。

一般に人間は、認知限界情報量以下の情報は認知できるが、認知限界情報量より多くの情報については認知することができなくなると考えられる。例えば、「示された果物の名前を覚える」というときに、情報が2つ、例えば『りんご』、『みかん』ならば覚えられるが、『りんご』、『みかん』、『ぶどう』、『梨』、『メロン』、『すいか』、『キウイ』、・・・などのようにその数が増えるといくつかは覚えきれない、といった状況である。

本研究では、この「認知できなくなる状況」を「認識誤差が ∞ となる」ことで表現する。もし受け取る情報量 y が認知限界情報量 y_c より少ない場合、受け取った情報を全て認知し、そのときの認識誤差 σ_ε^2 は $\sigma_{\varepsilon c}^2$ で一定である。しかし受け取る情報量 y が認知限界情報量 y_c より多い場合、認知限界情報量より多い情報は認知できず、そのときの認識誤差 σ_ε^2 は ∞ となり、その情報に関する尤度は正規分布ではなく一様分布となる。このことを、意見表明者が受け取る情報量と各情報の認識誤差との関係で表すと、表-1 および図-2 のようになる。

(2) 情報量と情報認知後の認知生活水準の関係

本節では、前節で定義した情報量と認識誤差の関係を、田中ら²⁾の情報認識モデル(式(1)～式(3))に適用し、情報量と各情報認知後の認知生活水準の事後分布との関係をモデルで表す。

a) 2人モデル

まず、考える地域の住民が2人しかいないときを考える。2人の住民、住民1と住民2はそれぞれ情報提供者として情報1と情報2を提供する。次に2人の住民は意見表明者として、自分の情報及び相手の情報を受け取り、尤度

$$f(S_1) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{\varepsilon 1}^2}} \exp\left(-\frac{(S_1 - \theta')^2}{2\sigma_{\varepsilon 1}^2}\right) \quad (6)$$

$$f(S_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{\varepsilon 2}^2}} \exp\left(-\frac{(S_2 - \theta')^2}{2\sigma_{\varepsilon 2}^2}\right) \quad (7)$$

を考慮して認知生活水準を更新し、意見を表明する。なお、 $\sigma_\varepsilon^2 = \sigma_{\varepsilon 1}^2 = \sigma_{\varepsilon 2}^2$ である。住民1は情報1、情報2の順に、住民2は情報2、情報1の順に認知する。

表-1 意見表明者が受け取る情報量と各情報の認識誤差との関係

情報量 y	各情報の認識誤差 σ_ε^2
0	-
1	$\sigma_{\varepsilon c}^2$
\vdots	$\sigma_{\varepsilon c}^2$
y_c	$\sigma_{\varepsilon c}^2$
\vdots	∞
n	∞

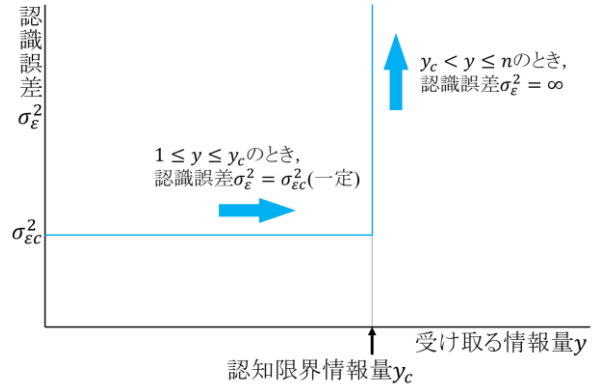


図-2 意見表明者が受け取る情報量と各情報の認識誤差との関係

いま、認知限界情報量 $y_c = 1$ の場合、即ち1つの情報しか認知できない場合を考える。

住民1は、情報1を受け取り認知するが、情報2は受け取っても認知できない。このとき前節で定義した情報量と認識誤差の関係を田中ら²⁾の情報認識モデルに適用すると、情報2を受け取った後の認知生活水準 θ' の事後分布 $g_{12}(\theta')$ の平均 m_{12} 、分散 σ_{12}^2 は、式(8)、(9)のように求められる。

$$m_{12} = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_1^2 + \sigma_{\varepsilon 2}^2} S_2 + \frac{\sigma_{\varepsilon 2}^2}{\sigma_1^2 + \sigma_{\varepsilon 2}^2} m_1 \xrightarrow{\sigma_{\varepsilon 2}^2 \rightarrow \infty} m_1 \quad (8)$$

$$\sigma_{12}^2 = \frac{\sigma_1^2 \sigma_{\varepsilon 2}^2}{\sigma_1^2 + \sigma_{\varepsilon 2}^2} \xrightarrow{\sigma_{\varepsilon 2}^2 \rightarrow \infty} \sigma_1^2 \quad (9)$$

またこの結果から、 $g_{12}(\theta') = g_1(\theta')$ であることがわかる。

住民2についても同様に考える。住民2は、情報2を受け取り認知するが、情報1は受け取っても認知できない。このとき情報量と認識誤差の関係を田中ら²⁾の情報認識モデルに適用すると、情報1を受け取った後の認知生活水準 θ' の事後分布 $g_{21}(\theta')$ の平均 m_{21} 、分散 σ_{21}^2 は、式(10)、(11)のように求められる。

$$m_{21} = \frac{\sigma_2^2}{\sigma_2^2 + \sigma_{\varepsilon 1}^2} S_1 + \frac{\sigma_{\varepsilon 1}^2}{\sigma_2^2 + \sigma_{\varepsilon 1}^2} m_2 \xrightarrow{\sigma_{\varepsilon 1}^2 \rightarrow \infty} m_2 \quad (10)$$

$$\sigma_{21}^2 = \frac{\sigma_2^2 \sigma_{\varepsilon 1}^2}{\sigma_2^2 + \sigma_{\varepsilon 1}^2} \xrightarrow{\sigma_{\varepsilon 1}^2 \rightarrow \infty} \sigma_2^2 \quad (11)$$

またこの結果から、 $g_{21}(\theta') = g_2(\theta')$ であることがわかる。

b) n人モデル

以上の議論を、地域住民数をn人に拡張する。すなわち、
 地域住民数 = 意見表明者数 = 情報量 $y = n$ とする。

n人の住民, 住民1, 住民2...住民nはそれぞれ情報提供者として情報 1, 情報 2...情報nを提供する。次にn人の住民は意見表明者として、自分の情報及び他の(n-1)人の情報を受け取り、認知生活水準を更新し、意見を表明する。

$n \leq y_c$ のとき住民 1 は、受け取ったn個の情報全てを認知することができる。このとき、n個目の情報を受け取った後の認知生活水準 θ' の事後分布 $g_{12...n}(\theta')$ の平均 $m_{12...n}$, 分散 $\sigma_{12...n}^2$ は、式(12), (13)のように求められる。

$$m_{12...n} = \frac{\sigma_{12...n}^2}{\sigma_{12...n}^2 + \sigma_\varepsilon^2} S_n + \frac{\sigma_\varepsilon^2}{\sigma_{12...n}^2 + \sigma_\varepsilon^2} m_{12...n} \quad (12)$$

$$\sigma_{12...n}^2 = \frac{\sigma_{12...n-1}^2 \sigma_\varepsilon^2}{\sigma_{12...n-1}^2 + \sigma_\varepsilon^2} \quad (13)$$

$n > y_c$ のとき住民1は、受け取ったn個の情報のうち情報1を含む y_c 個の情報を認知するが、残る $(n - y_c)$ 個の情報は認知できる情報量に限界があるため認知できない。このとき表-1 に示す情報量と認識誤差の関係を田中ら²⁾の情報認識モデルに適用すると、情報 y_c を受け取った後の認知生活水準 θ' の事後分布 $g_{12...y_c}(\theta')$ の平均 $m_{12...y_c}$, 分散 $\sigma_{12...y_c}^2$ は、式(14), (15)のように求められる。

$$m_{12...y_c} = \frac{\sigma_0^2}{y_c \sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2} S_1 + \frac{\sigma_0^2}{y_c \sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2} S_2 + \dots + \frac{\sigma_0^2}{y_c \sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2} S_{y_c} + \frac{\sigma_\varepsilon^2}{y_c \sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2} m_0 \quad (14)$$

$$\sigma_{12...y_c}^2 = \frac{\sigma_0^2 \sigma_\varepsilon^2}{y_c \sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2} \quad (15)$$

さらに情報 $y_c + 1$ を受け取った場合の認知生活水準 θ' の事後分布 $g_{12...y_c+1}(\theta')$ の平均 $m_{12...y_c+1}$, 分散 $\sigma_{12...y_c+1}^2$ は、式(16), (17)のように求められる。

$$m_{12...y_c+1} = \frac{\sigma_{12...y_c}^2}{\sigma_{12...y_c}^2 + \sigma_{\varepsilon(y_c+1)}^2} S_{y_c+1} + \frac{\sigma_{\varepsilon(y_c+1)}^2}{\sigma_{12...y_c}^2 + \sigma_{\varepsilon(y_c+1)}^2} m_{12...y_c} \xrightarrow{\sigma_{\varepsilon(y_c+1)}^2 \rightarrow \infty} m_{12...y_c} \quad (16)$$

$$\sigma_{12...y_c+1}^2 = \frac{\sigma_{12...y_c}^2 \sigma_{\varepsilon(y_c+1)}^2}{\sigma_{12...y_c}^2 + \sigma_{\varepsilon(y_c+1)}^2} \xrightarrow{\sigma_{\varepsilon(y_c+1)}^2 \rightarrow \infty} \sigma_{12...y_c}^2 \quad (17)$$

以降同様にしてn個全ての情報を受け取ると、認知生活水準 θ' の事後分布 $g_{12...n}(\theta')$ の平均 $m_{12...n}$, 分散 $\sigma_{12...n}^2$ は、

$$m_{12...n} \xrightarrow{\sigma_{\varepsilon n}^2 \rightarrow \infty} m_{12...n-1} \xrightarrow{\sigma_{\varepsilon(n-1)}^2 \rightarrow \infty} \dots \xrightarrow{\sigma_{\varepsilon(y_c+2)}^2 \rightarrow \infty} m_{12...y_c+1} \xrightarrow{\sigma_{\varepsilon(y_c+1)}^2 \rightarrow \infty} m_{12...y_c} \quad (18)$$

$$\sigma_{12...n}^2 \xrightarrow{\sigma_{\varepsilon n}^2 \rightarrow \infty} \sigma_{12...n-1}^2 \xrightarrow{\sigma_{\varepsilon(n-1)}^2 \rightarrow \infty} \dots \xrightarrow{\sigma_{\varepsilon(y_c+2)}^2 \rightarrow \infty} \sigma_{12...y_c+1}^2 \xrightarrow{\sigma_{\varepsilon(y_c+1)}^2 \rightarrow \infty} \sigma_{12...y_c}^2 \quad (19)$$

となり、この結果から、 $g_{12...n}(\theta') = g_{12...y_c}(\theta')$ であることがわかる。

以降詳しい証明は省略するが、他の住民についても住民1と同様のことがいえる。

(3) 認知限界情報量を考慮した認識誤差モデルまとめ

以上より、意見表明者が受け取る情報量と、各情報の認識誤差及び各情報認知後の認知生活水準の事後分布との関係(以後、認識誤差モデルと呼ぶ)は表-2 及び図-3 のように表される。即ち、受け取る情報量 y が認知限界情報量 y_c より少ない場合は、受け取った情報を認知し、その情報に基づいて認知生活水準を判断する。しかし、受け取る情報量 y が認知限界情報量 y_c より多い場合、認知限界情報量より多い情報は受け取っても認知できないため、認知できた情報のみに基づいて認知生活水準を判断する。このことは、直感的にみても納得のいくものであろう。

表-2 意見表明者が受け取る情報量と各情報の認識誤差及び情報認知後の認知生活水準の事後分布の関係

情報量 y	各情報の認識誤差 σ_ε^2	情報認知後の認知生活水準の事後分布
0	-	$g_0(\theta')$
1	$\sigma_{\varepsilon c}^2$	$g_1(\theta')$
\vdots	$\sigma_{\varepsilon c}^2$	$g_{1...y}(\theta')$
y_c	$\sigma_{\varepsilon c}^2$	$g_{1...y_c}(\theta')$
\vdots	∞	$g_{1...y_c}(\theta')$
n	∞	$g_{1...y_c}(\theta')$

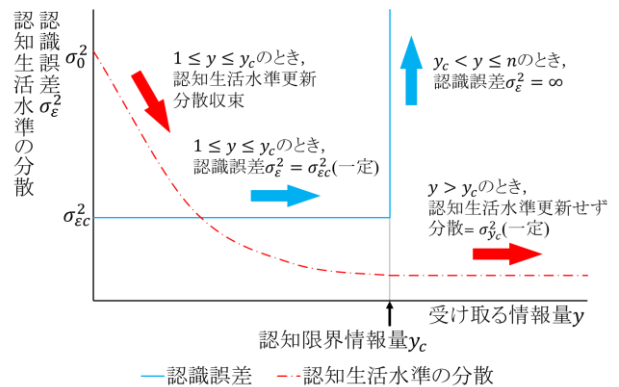


図-3 意見表明者が受け取る情報量、各情報の認識誤差及び各情報認知後の認知生活水準の事後分布との関係

4. 認知限界情報量を考慮した田中ら²⁾の情報提供・集約手法の適切性・有用性の確認

本章では、前章で定義した認識誤差モデルを元に、田中らを踏まえ、認知限界情報量を考慮したときの分割情報下で得られる WTP の期待値を求め、理想的な「偏りのない」情報提供・集約手法、即ち認知限界情報量がない中での完全情報下で得られる WTP の期待値と比較する。両者が一致するかを確かめることで、「偏りのない」情報提供・集約手法として田中ら²⁾の情報提供・集約手法が適切・有用であることを確認する。

なお、以下の分析においては、認知限界情報量は全ての意見表明者について同じであるとする。認知限界情報量の個人差を考慮することについては、3 節及び 5 章において触れる。

(1) 2 人モデル

まず、最も簡単な例として 2 人モデルの場合から考える。完全情報下で得られる WTP の期待値の平均値 W_B は、

$$\begin{aligned} W_B &= \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{12}(\theta') d\theta' \\ &\quad + \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{21}(\theta') d\theta' \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{12}(\theta') d\theta' \end{aligned} \quad (20)$$

となる。また、認知限界情報量がない場合に分割情報下で得られる WTP の期待値の平均値 W_A は、意見表明者 1 人あたりに提供する情報 $y = 1$ のとき、

$$\begin{aligned} W_A &= \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_1(\theta') d\theta' \\ &\quad + \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_2(\theta') d\theta' \end{aligned} \quad (21)$$

意見表明者 1 人あたりに提供する情報 $y = 2$ のとき、

$$\begin{aligned} W_A &= \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{12}(\theta') d\theta' \\ &\quad + \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{21}(\theta') d\theta' \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{12}(\theta') d\theta' \end{aligned} \quad (22)$$

となる。田中ら²⁾において、完全情報下で得られる意見と分割情報下で得られる意見はほぼ一致する、即ち $W_A \cong W_B$ となることが既に証明されている。

a) 認知限界情報量が 1 のとき

まず、認知限界情報量 $y_c = 1$ の場合、即ち 1 つの情報のみ認知できる場合を考える。

意見表明者 1 人あたりに提供する情報 $y = 1$ のとき、分割情報下で得られる WTP の期待値の平均値 W'_A は、

$$\begin{aligned} W'_A &= \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_1(\theta') d\theta' \\ &\quad + \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_2(\theta') d\theta' \end{aligned} \quad (23)$$

となる。 $W_A = W'_A$ であるので、 $W_A \cong W_B$ より、 $W'_A \cong W_B$ であることがいえる。

意見表明者 1 人あたりに提供する情報 $y = 2$ のとき、分割情報下で得られる WTP の期待値の平均値 W'_A は、

$$\begin{aligned} W'_A &= \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{12}(\theta') d\theta' \\ &\quad + \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{21}(\theta') d\theta' \\ &= \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_1(\theta') d\theta' \\ &\quad + \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_2(\theta') d\theta' \end{aligned} \quad (24)$$

となる。この場合も、 $W_A = W'_A$ であるので、 $W_A \cong W_B$ より、 $W'_A \cong W_B$ であることがいえる。

b) 認知限界情報量が 2 のとき

次に、認知限界情報量 $y_c = 2$ の場合、即ち 2 つの情報のどちらも認知できる場合を考える。

意見表明者 1 人あたりに提供する情報 $y = 1$ のとき、分割情報下で得られる WTP の期待値の平均値 W'_A は、

$$\begin{aligned} W'_A &= \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_1(\theta') d\theta' \\ &\quad + \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_2(\theta') d\theta' \end{aligned} \quad (25)$$

となる。 $W_A = W'_A$ であるので、 $W_A \cong W_B$ より、 $W'_A \cong W_B$ であることがいえる。

意見表明者 1 人あたりに提供する情報 $y = 2$ のとき、分割情報下で得られる WTP の期待値の平均値 W'_A は、

$$\begin{aligned} W'_A &= \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{12}(\theta') d\theta' \\ &\quad + \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{21}(\theta') d\theta' \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{12}(\theta') d\theta' \end{aligned} \quad (26)$$

となる。これは明らかに $W'_A = W_B$ である。

以上より、基本モデルにおいては、

- ① 認知限界情報量 $y_c = 1$ の場合、または認知限界情報量 $y_c = 2$ でかつ田中ら²⁾の情報提供・集約手法下において意見表明者 1 人につき情報を 1 つ提供する場合(すなわち $y = 1$ の場合)、 $W'_A \cong W_B$
- ② 認知限界情報量 $y_c = 2$ でかつ田中ら²⁾の情報提供・集約手法において意見表明者 1 人につき情報を 2 つ提供する場合(すなわち $y = 2$ の場合)、 $W'_A = W_B$

であることがわかった。

(2) n人モデル

以上の検討を, n人モデルとして一般化する。

完全情報下で得られる WTP の期待値の平均値 W_B は,

$$W_B = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{12\dots n}(\theta') d\theta' \quad (27)$$

となる。また, 認知限界情報量がない場合に分割情報下で得られる WTP の期待値の平均値 W_A は, 意見表明者 1 人につき情報をy個提供する(yは変数である)とき,

$$\begin{aligned} W_A &= \frac{1}{n} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{12\dots y}(\theta') d\theta' \\ &+ \frac{1}{n} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{23\dots y+1}(\theta') d\theta' + \dots \\ &+ \frac{1}{n} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{n1\dots y-1}(\theta') d\theta' \quad (28) \end{aligned}$$

となる。田中ら²⁾において, 完全情報下で得られる意見と分割情報下で得られる意見はyの値に関わらずほぼ一致する, 即ち $W_A \cong W_B$ となることが既に証明されている。

ここで, 認知限界情報量が y_c , 即ち y_c 個の情報のみ認知できる場合を考える。

意見表明者 1 人につき情報をy個提供するとき, 分割情報下で得られる WTP の期待値の平均値 W'_A は, $1 \leq y \leq y_c$ のとき,

$$\begin{aligned} W'_A &= \frac{1}{n} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{12\dots y}(\theta') d\theta' \\ &+ \frac{1}{n} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{23\dots y+1}(\theta') d\theta' + \dots \\ &+ \frac{1}{n} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{n1\dots y-1}(\theta') d\theta' \quad (29) \end{aligned}$$

となる。このとき $1 \leq y \leq y_c$ となるいずれのyについても $W_A = W'_A$ となるので, $W_A \cong W_B$ より, $W'_A \cong W_B$ であることがいえる。

また $y_c < y \leq n$ のとき, 分割情報下で得られる WTP の期待値の平均値 W'_A は, yの値に関わらず,

$$\begin{aligned} W'_A &= \frac{1}{n} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{12\dots y_c}(\theta') d\theta' \\ &+ \frac{1}{n} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{23\dots y_c+1}(\theta') d\theta' + \dots \\ &+ \frac{1}{n} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{n1\dots y_c-1}(\theta') d\theta' \quad (30) \end{aligned}$$

となる。これは, $y = y_c$ のときの W_A

$$\begin{aligned} W_A &= \frac{1}{n} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{12\dots y_c}(\theta') d\theta' \\ &+ \frac{1}{n} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{23\dots y_c+1}(\theta') d\theta' + \dots \\ &+ \frac{1}{n} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta') g_{n1\dots y_c-1}(\theta') d\theta' \quad (31) \end{aligned}$$

と一致するので, yの値に関わらず $W'_A \cong W_B$ であることがいえる。

(3) まとめ

認知限界情報量を考慮したときの分割情報下で得られる WTP の期待値 W'_A と, 認知限界情報量がない中での完全情報下で得られる WTP の期待値 W_B を比較したところ, 認知限界情報量が全ての意見表明者について同じであるとの条件を置けば, 地域の住民の人数や意見表明者 1 人に提供する情報の個数に関わらず両者はほぼ一致することがわかった。

このことにより, 一定の条件はあるものの, 田中ら²⁾の情報提供・集約手法が「偏りのない」情報提供・集約手法として有用であることがいえた。

しかし, 現実には認知限界情報量が全ての意見表明者について同じであるとの保証はない。本研究では認知限界情報量の個人差を考慮した結果, W'_A と W_B が一致しない可能性も考えられた。そこで, W'_A と W_B が一致するかについて, 次章に示す実証分析を行う。

5. 実証分析

(1) 調査 1: 田中ら²⁾の情報認識モデル及び情報提供・集約手法の適切性の実証

田中ら²⁾では情報認識モデルを構築し, それを用いて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おける意見を集約したものがほぼ一致することをモデル分析及び数値分析で確かめていた。しかし, 実証分析は行われておらず, 田中ら²⁾の情報提供・集約手法が「偏りのない」情報提供・集約手法として実際に適切であるかは確かめられていなかった。そこで, 以下では

仮説①: 田中ら²⁾の情報認識モデルが人間の認知過程を説明できている

仮説②: 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おける意見を集約したものが一致するの 2 点について, アンケート調査を行うことで実証し, 田中ら²⁾の情報提供・集約手法の適切性・有用性を実証レベルで明らかにする。

ところで, 田中ら²⁾の分析では, WTP 関数 $\varphi(\theta')$ はどの意見表明者も同じである, 即ち認知生活水準 θ' が同じであれば表明される WTP は同じ額であるとの前提が置かれていた。しかし実際には認知生活水準が同じでも WTP は異なりうる。このことについて田中ら²⁾は, WTP の異質性を考慮したモデルの拡張の必要性を指摘していたが, 本研究では行われていない。そこで今回の調査では, WTP の代わりに認知生活水準そのものを表明してもらうこととした。

また, 人間の認知できる情報量には限界があることから

回答者は完全情報下における WTP や認知生活水準は表明できないと考えられたため、仮説②の検証に当たっては認知生活水準を集約した際の平均値が地域住民の生活水準の相対頻度分布 $f(S)$ の平均値と一致するかをみることにした。

a) 調査概要

調査は、回答者の募集や提供する情報の割り付けが紙面調査よりも簡単であることから、Web 調査を用いた。調査期間は 2017 年 2 月 1 日(水)～2 日(木)、対象は政令指定都市のない都道府県に住む 20～69 歳(高校生除く)の 1450 人とした。提供する情報には生活水準の低い人の情報も含まれており、政令指定都市に住む人々はそのような状況に陥ることが少なく生活水準の適正な評価が出来ない可能性があったため、スクリーニングによってこれらの人々をサンプルから外すこととした。なお仕様により、スクリーニングは都道府県単位で行った。また今回の Web 調査は(株)マクロミルに委託して実施した。

b) 準備

今回は生活状況を表すものとして「買い物環境」を用いることとした。喜多ら⁵⁾は、「数値情報」と「新聞記事」という形態の異なる 2 種類の情報が回答に与える影響をウェブ調査により比較し、数値的な情報のみから問題の所在や実態を想像することは必ずしも容易でなく、文脈と共に情報を与えることが理解をより助けるとの知見を得ている。そこで調査に先立ち、5 段階の買い物環境に対応する 10 種類の 400 字程度の叙事的な情報(以下シグナル 1～5, 1'～ 5')を作成し、回答者に 2 種類を割り付けた。シグナルは表-3 に示す要素を組み合わせることで作成した。実際に提供したシグナルの例を表-4 に示す。また割り付けに当たり、買い物環境の異なるシグナルを組み合わせる場合は、シグナル 1～5 の中から 2 種類を組み合わせ、買い物環境の同じシグナルを組み合わせる場合は、シグナル 1 とシグナル 1'のように買い物環境の同じ、異なるシグナルを組み合わせた。これらの組み合わせは提供順も加味すると 25 通りあり、それぞれ 58 人ずつに割り付けた。

また、地域住民の生活水準の相対頻度分布 $f(S)$ を正規分布 $N(2,1)$, $N(4,2)$, $N(7,3)$ と、その地域の住民数を 100 人と設定した。

c) 調査手順

調査を行う前に、回答者には買い物環境に関する一般的な説明を提示する。また、買い物環境を評価するための参考として、最も悪い例と最も良い例を提示する。

次に、回答者に 1 つずつシグナルを提供し、その買い物環境の良さを 0 から 10 の整数値で評価させる。また、提供されたシグナルから推測した地域全体の買い物環境の平均を「2 以上 3 未満」のように 1 ごとの範囲で評価させる。認

表-3「買い物環境」についての情報を構成する要素

商店までの距離、商店までの道の平坦さ、
バス停への距離、バスの運行頻度、バス停の状況、
自転車の利用可能性、自家用車の利用可能性(自分で運転できるか、家族等の送迎があるか、平日も利用可能か、週末しか利用しないか)、外出能力

表-4 調査において提供したシグナルの例(シグナル 3)

子供の時からおばさんとなった今に至るまで、この地区に住み続けて数十年になる。かつては両親とともに買い物に行くこともあったが、最近では 2 人ともすっかり年老いてしまい、買い物は基本的に自分一人に任されている。スーパーまでは 800m とこの地区の中でも比較的近いほうだが、その途中で結構大きな坂がある。また体力の衰えはきていないが、それでも徒歩や自転車でスーパーに行こうとすると、荷物が多い日などは坂の途中で休憩したくなったり、自転車で坂を登ろうとしてよろけて転倒したりしそうになる。ただ、家から 50m ほどの通り沿いにバス停があり、そこからバスが比較的頻繁に出ているので、買い物に行く際はバスに乗っていくことが多く、徒歩や自転車で買い物に行くことはあまりない。平日は、夫が通勤に自家用車を使っているため買い物には使えないが、休日には使うこともできるので、大きなものなどを買うときは休日に自家用車で行くことがある。

知生活水準についても整数で評価させることもできたが、「2 よりは大きいが 3 ほどではない」といった回答を考慮するため、範囲での評価を行うこととした。

d) 集計

回答より得られる各シグナルの買い物環境の評価値の平均を、その買い物環境下にある人の生活水準 S_i ($i = 1 \sim 5$)として扱うこととした。なおシグナル 1 と 1', シグナル 2 と 2'などは同じ生活水準下にあるものとして集計した。それぞれの値は表-5 のようになった。

また、調査準備の段階において設定した地域住民の生活水準の相対頻度分布 $f(S)$ に各生活水準の値を代入し、各シグナルの示す買い物環境下にある人の相対頻度を求める。この相対頻度に地域住民の人数(100 人)をかけると、それぞれの買い物環境下にある人数を算出することができるので、その人数分だけ地域全体の買い物環境の平均の回答を抽出する。

まず、仮説①を検証するため、表-5 に示すシグナルの生活水準を情報認識モデル(式(2))に代入して得られる認知生活水準の事後分布の平均値を求め、これを回答者が評価した地域全体の買い物環境の平均と比較した。この際、調査から判断できなかった認知生活水準の初期分布

$g_0(\theta')$ は一様分布と仮定した。また 1 ごと の範囲で評価して もらった地域全体の買い物環境の平均値は、「2 以上 3 未 満」であれば 2.5 のように、それぞれの範囲の中間値である として集計した。

1 つ目のシグナルを認知した場合に情報認識モデルより 得られる認知生活水準の事後分布 $g_i(\theta')$ の平均 m_i ・回答 者が評価した地域全体の買い物環境 $\bar{g}_i(\theta')$ の平均 \bar{m}_i の平均・分散、及び t 値は表-6 のようになった。なお、初期分布 を一様分布としているので、 m_i は式(32)のように求められる。

$$m_i = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_0^2 + \sigma_\epsilon^2} S_i + \frac{\sigma_\epsilon^2}{\sigma_0^2 + \sigma_\epsilon^2} m_0 \xrightarrow{\sigma_0^2 \rightarrow \infty} S_i \quad (32)$$

m_i と \bar{m}_i が一致するか否かについて t 検定を行ったところ、 両者が一致すると の帰無仮説はいずれの場合も棄却され た。

2 つ目のシグナルを認知した場合についても同様に、情 報認識モデルより得られる認知生活水準の事後分布 $g_{ij}(\theta')$ の平均 m_{ij} と、回答者が評価した地域全体の買い物 環境 $\bar{g}_{ij}(\theta')$ の平均 \bar{m}_{ij} の平均が、一致するかについて t 検 定を行った。初期分布が一様分布のとき、 m_{ij} は式(33)のよ うに求められる。

$$m_{ij} = \frac{\sigma_i^2}{\sigma_i^2 + \sigma_\epsilon^2} S_j + \frac{\sigma_\epsilon^2}{\sigma_i^2 + \sigma_\epsilon^2} m_i \xrightarrow{\sigma_0^2 \rightarrow \infty} \frac{S_j + S_i}{2} \quad (33)$$

その結果、25 通りの組み合わせのうち 9 通りで有意差が見 られなかった。また、 m_{ij} と \bar{m}_{ij} の差は、図-5 に示すように 1 シグナル目の生活水準が大きいと大きく、逆に 1 シグナル 目の生活水準が小さいと小さくなった。このことから、2 つシ グナルを提供した場合、情報認識モデルによって得られる 値に比べに比べ 1 シグナル目の生活水準の影響を強く受

けることがわかった。

次に仮説②を検証するため、地域住民の生活水準の相 対頻度分布 $f(S)$ の平均値 θ' と、抽出した地域全体の買い 物環境 $\bar{g}_i(\theta')$ の平均 \bar{m}_i の回答を集約・平均したものを $\bar{\theta}'$ とを 比較した。表-7 に、シグナルを 1 つまたは 2 つ認知した場 合の θ' 、 $\bar{\theta}'$ を示す。なお $\bar{\theta}'$ の算出に当たっては、地域全体 の買い物環境の平均についての回答を 10 回抽出し、得ら れた 10 個の $\bar{\theta}'$ を平均した。表-7 によると、両者の差 $\theta' - \bar{\theta}'$ が認知するシグナル数が増えることで改善していることがわ かる。田中ら²⁾においても、認知するシグナル数が増えるこ

表-5 各シグナルの生活水準

S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
7.478	6.271	5.478	3.355	2.433

(S_i …シグナル i 及びシグナル i' の生活水準)

表-6 1 つ目のシグナルを認知した後の認知生活水準の 事後分布の平均

シグナル		S-1	S-2	S-3	S-4	S-5
m_i	平均	7.478	6.271	5.478	3.355	2.433
	分散	2.374	3.086	2.768	2.458	2.913
t 値		-7.375	-7.204	-4.500	6.742	6.142

(S- i :シグナル i)

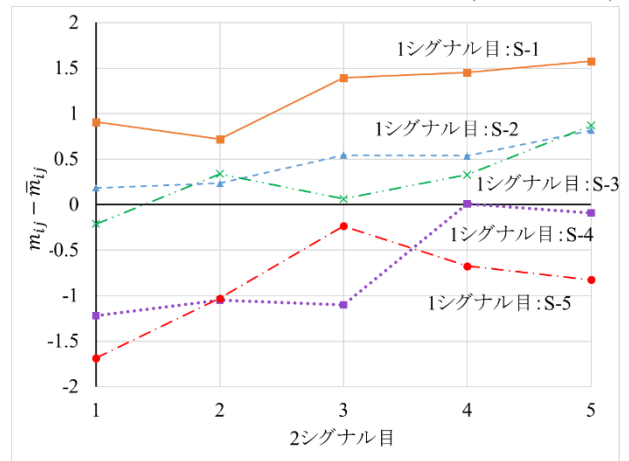


図-5 2 つ目のシグナルを認知した後の 認知生活水準の事後分布の平均の変化

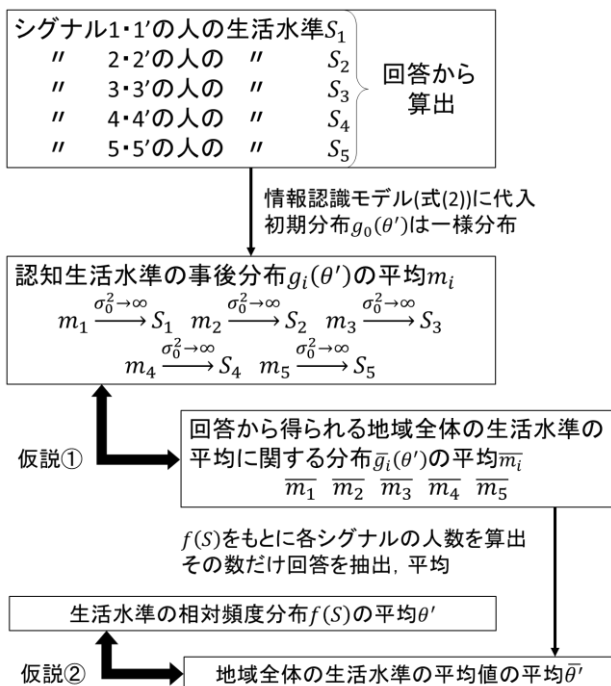


図-4 調査 1 における分析の流れ

表-7 設定した地域住民の生活水準の相対頻度分布の平均と 認知生活水準を集約することで得られる値及び両者の差

$f(S)$		$N(2,1)$	$N(4,2)$	$N(7,3)$
θ'		2	4	7
シグナル 1 つ認知	$\bar{\theta}'$	3.306	4.260	5.780
	$\theta' - \bar{\theta}'$	-1.306	-0.260	1.220
シグナル 2 つ認知	$\bar{\theta}'$	3.222	4.170	5.970
	$\theta' - \bar{\theta}'$	-1.222	-0.170	1.030

とで、分割情報下における WTP が完全情報下における WTP に近づくことが指摘されており、これはそのことを支持する結果であると言える。

e) 考察

調査 1 の結果、意見表明者が実際に考える認知生活水準の事後分布 $\bar{g}_i(\theta') \cdot \bar{g}_{ij}(\theta')$ の平均 $\bar{m}_i \cdot \bar{m}_{ij}$ とモデルによって求められる認知生活水準の事後分布 $g_i(\theta') \cdot g_{ij}(\theta')$ の平均 $m_i \cdot m_{ij}$ はシグナルを 1 つ認知した場合は 5 通り全てにおいて、2 つ認知した場合においては 25 通り中 9 通りで両者が一致すると仮説はいずれの場合も棄却された。また、意見表明者が実際に考える認知生活水準の事後分布 $\bar{g}_i(\theta') \cdot \bar{g}_{ij}(\theta')$ の平均 $\bar{m}_i \cdot \bar{m}_{ij}$ は、モデルによって求められる認知生活水準の事後分布 $g_i(\theta') \cdot g_{ij}(\theta')$ の平均 $m_i \cdot m_{ij}$ に比べ、中央値である 5 に近い値を示した。今回の調査においては、地域の住民の中から 1 人分または 2 人分のシグナルを提供し、地域全体の生活水準を評価させたが、実際とある地域の住民 1 人の情報から地域全体の生活状態を推測することは非常に難しいだろう。すなわち、今回の調査において回答者は、その地域の母数に対し提供された情報の個数が少なかったために、田中ら²⁾の情報認識モデルが想定していた通りに事後分布を評価できなかった可能性がある。そのため、提供すべき最少情報量を考慮して情報認識モデルや認識誤差モデルを改良することにより、モデルの再現性及び田中ら²⁾の情報提供・集約手法の「偏りのない」情報提供・集約手法としての適切性・有用性を現状以上に確保することができるのではないかと考える。

また、2 つ認知した場合、表明される認知生活水準は先に認知したシグナルに影響されることがわかった。このことから、情報を 2 つ(ここではシグナル A と B とおく)提供する場合、シグナル A, B の順に提供する組とシグナル B, A の順に提供する組を設定することで、それらを集計すると互いの 1 つ目のシグナルの影響が相殺され、結果的に情報の偏りに起因しない、「偏りのない」情報提供・集約が可能になるのではないかと考える。

また、認知生活水準を集約して得られる値 $\bar{\theta}'$ と、地域住民の生活水準の相対頻度分布 $f(S)$ の平均 θ' の差は、シグナルを 1 つ提供した場合より 2 つ提供した場合の方が小さくなっており、提供するシグナルを増やすことでその一致度が改善することがわかる。田中ら²⁾においても数値分析を行った結果、意見表明者 1 人あたりに提供するシグナル数が多くなるほど、表明された意見は完全情報下での意見に近づくことが指摘されており、本実証分析の結果はこの指摘を支持するものといえる。

(2) 調査 2: 認知限界情報量がある場合における田中ら²⁾の情報提供・集約手法の適切性の実証

3, 4 章では、認知限界情報量がどの意見表明者も同じで

あるとの前提の下、認知限界情報量を上回る情報量を提供したとき、意見表明者の表明する意見がどのようになるかをモデル分析により確かめた。しかし、実際には認知限界情報量には個人差があり、ここで示したことが成り立たない可能性もある。

しかし、もし、ある情報の組(例えば A さん～E さんの情報)を提供した際に、認知限界情報量に個人差があっても、集約した結果得られた意見が認知限界情報量がない場合と一致すれば、全ての情報の組み合わせについて集約した結果得られる意見は完全情報下での意見と一致することが予想される。

また、地域住民に関する多くの情報を一度にまとめて提供しようとする、「A さんの生活状況は～であり、B さんの生活状況は～であり、・・・」といったように提供するタイミングに順序が生じてしまう。この情報提供時の並び方によって、表明される意見に傾向が見られる、例えば最初に登場する情報を過度に考慮した意見となることなどがわかれば、集約した結果その偏りが相殺されて認知限界情報量がない場合と一致することが予想される。

そこで、本実証分析において、

仮説③: 認知限界情報量は個人差がある

仮説④: 特定の情報の組を提供した際、認知限界情報量がある中で意見表明者が表明する意見を集約したものは、認知限界情報量がない場合に表明される意見と一致する

仮説⑤: 特定の情報の組を提供した際、意見表明者が認知する情報は提供時の並び方に影響される

の 3 点について、アンケート調査を行い検証する。その結果を用いることで、認知限界情報量を考慮した中で実際に田中ら²⁾の情報提供・集約手法を用いるにあたって考慮すべき事項を明らかに出来るのではないかと考える。

なお調査 2 においても、調査 1 と同様の理由により WTP ではなく認知生活水準を表明してもらうこととした。

a) 調査概要

調査 2 についても、調査 1 同様 Web 調査を行った。調査期間は 2 月 3 日(金)～2 月 5 日(日)で、対象も調査 1 同様、政令指定都市のない都道府県に住む 20～69 歳(高校生除く)の 412 人とした。調査 1 と調査 2 を 1 つの調査として同時に行くと、調査 1 において提供したシグナルやそのシグナルを生活水準として評価した値を参考に調査 2 を答える可能性があったため、調査 2 は調査 1 とは独立して実施した。

b) 準備

調査 2 においても、生活状況を表すものとして「買い物環境」を用いることとした。また調査において提供する情報として調査 1 で作成したシグナル 1～5 を用い、その提供する順序パターンとして、表-8 に示す 2 パターンを設定し、それ

ぞれ 206 人に割り付けた。

c) 調査手順

まず調査 1 と同様、買い物環境に関する一般的な説明と、買い物環境の最も悪い例と最も良い例を提示する。

次に、5 つのシグナルを表-8 の順序パターンに従って並べて提示し、1 つを自由に選ばせる。この際、選んだシグナルをよく読み、その内容を記憶するよう指示する。これを 5 つのシグナル全てを選ぶまで繰り返す。ただし、その途中で回答者がこれ以上記憶することが困難だと判断した場合はそこで選ぶのをやめてもらい、次の段階に進んでもらう。

次の段階では、選んだシグナルについてそれぞれの買い物環境の良さを 0~10 の整数で評価させる。また、選んだ全てのシグナルから推測した地域全体の買い物環境の平均を 1 ごとの範囲で評価させる。

最後に、選んだシグナルの内容について覚えていることを各シグナルにつき 3 つを上限に自由に記述させる。この際、初めの方に選んだシグナルについては記憶が薄れている可能性があるため、想起させるための補助として『『買い物環境』を構成する要素』をヒントとして記載した。

d) 集計

まず、上記で述べた最後の設問において、選んだシグナルの内容について何も書けていない場合や書いた内容がシグナルの内容と大きく離れている場合は、そのシグナルの内容をよく読まず適当に回答したと判断し、集計対象から除外した。回答した 412 人のうち、除外したのは 57 人分の回答であった。表-9 に除外した回答者の回答例を示す。

集計対象となった回答について、読んだシグナル数・順序パターン別の回答数を表-10 に示す。このことから、認知限界情報はやはり個人差があることがわかる。

調査 1 同様、回答より得られる各シグナルの買い物環境の評価値の平均を、その買い物環境下にある人の生活水準 S_i ($i = 1 \sim 5$) として扱うこととした。それぞれの値は表-11 のようになった。調査 2 においても調査 1 同様、認知生活水準の初期分布 $g_0(\theta')$ は一様分布と仮定し、地域全体の買い物環境の平均値についても、それぞれの範囲の中間値を用いて集計した。

調査 1 同様、情報認識モデルより得られる認知生活水準の事後分布 $g_i(\theta')$ の平均 m_i と、回答者が評価した地域全体の買い物環境 $\bar{g}_i(\theta')$ の平均 \bar{m}_i が一致するか否かを、順序パターンごとに t 検定により確かめた。その結果を表-12 に示す。なお、「選んだシグナル」欄の数字列は、例えば「134」であれば、シグナル 1・3・4 を選んだ場合であることを表している(選んだ順序は問わない)。また、 t 値の欄が「※」である場合は、 \bar{m}_i の分散が 0 となったため t 検定が行えなかったことを表している。また「1245」の組は該当する回答がなかったため省略している。この結果より、31 通りの組み合

表-8 調査 2 におけるシグナルの提供順序

提供順序	1 番目	2 番目	3 番目	4 番目	5 番目
パターン 1	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5
パターン 2	S-3	S-5	S-4	S-2	S-1

(S-i:シグナル i)

表-9 集計対象から除外した回答者の自由記述欄回答例

除外理由	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5
覚えていない	覚えていない	忘れた	わすれた		覚えていない
当たり障りがない内容	くるま 便利	徒ほ そこそこ便利	車 少し不便	徒歩 不便	車
意味のないもの	マン	ひげ	おとこ、	なり	おゆか

(S-i:シグナル i, 原文ママ)

表-10 回答者が認知したシグナルの個数とその人数

読んだ個数	順序パターン		
	パターン 1	パターン 2	合計
5 個	46	51	97
4 個	1	6	7
3 個	27	20	47
2 個	56	53	109
1 個	53	42	95

表-11 各シグナルの生活水準

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
人数	200	165	234	174	194
生活水準	8.240	6.721	5.517	3.293	2.180

(S_i ...シグナル i の生活水準)

わせのうち検定を行うことができた 21 通りについて、 m_i と \bar{m}_i が 5% 有意水準で有意に一致しなかったのは 2 通りのみであった。

仮説④を検証するため、シグナル 1~5 を認知した場合に情報認識モデルに代入して得られる認知生活水準の事後分布 $g_{12345}(\theta')$ の平均 m_{12345} と、回答者が評価した地域全体の買い物環境の良さ $\bar{g}_i(\theta')$ の平均 \bar{m}_i を全回答について平均した値が一致するかを見た。 $m_{12345} \cdot \bar{m}_i$ の平均・分散及び t 値を表-13 に示す。この結果、順序パターン 2 についてのみ 5% 有意水準で有意差が見られた。

また、仮説⑤を検証するため、シグナルを選んだ順番ごとに人数を集計し、認知する順番・情報に傾向があるかをみた。図-6 に、認知した順番ごとの人数について、その割合を順序パターンに関わらず合計したものを示す。凡例の数字列は、例えば「134」であれば、最初に 1 番目に並んでいたシグナルを読み、次に 3 番目、その次に 4 番目に並んでいたシグナルを読んだことを表している。紙幅の制約上、

表-12 シグナルを認知した後の認知生活水準の事後分布の平均

選んだシグナル	12345	1234	1235	1345	2345	
人数	97	1	1	4	1	
m_i	平均	5.190	5.943	5.665	4.808	4.428
\bar{m}_i	平均	5.098	4.500	3.500	4.500	4.500
	分散	1.416	0.000	0.000	0.000	0.000
t 値	-0.765	※	※	※	※	
選んだシグナル	123	124	125	134	135	
人数	11	1	3	2	7	
m_i	平均	6.826	6.085	5.714	5.683	5.313
\bar{m}_i	平均	6.318	5.500	5.833	5.500	5.357
	分散	1.603	0.000	0.889	1.000	3.265
t 値	-1.330	※	0.219	-0.259	0.065	
選んだシグナル	145	234	235	245	345	
人数	1	1	2	3	16	
m_i	平均	4.571	5.177	4.806	4.065	3.664
\bar{m}_i	平均	4.500	7.500	5.500	4.500	3.875
	分散	0.000	0.000	0.000	0.000	2.359
t 値	※	※	※	※	0.551	
選んだシグナル	12	13	14	15	23	
人数	16	17	6	5	6	
m_i	平均	7.481	6.879	5.767	5.210	6.119
\bar{m}_i	平均	6.875	5.971	5.667	5.300	5.667
	分散	1.859	1.543	0.472	1.360	2.806
t 値	5.680	-1.777	-3.014	-0.356	0.172	
選んだシグナル	24	25	34	35	45	
人数	8	4	11	24	12	
m_i	平均	5.007	4.451	4.405	3.849	2.737
\bar{m}_i	平均	4.625	4.500	5.045	4.125	3.250
	分散	1.859	1.000	2.793	1.234	2.188
t 値	6.510	-0.793	0.098	1.271	1.218	
選んだシグナル	1	2	3	4	5	
人数	28	9	33	11	14	
m_i	平均	8.240	6.721	5.517	3.293	2.180
\bar{m}_i	平均	7.071	5.833	5.318	3.682	3.357
	分散	2.959	3.333	2.391	1.421	4.265
t 値	-3.595	-1.459	-0.739	1.081	2.132	

表-13 シグナル 1~5 を提供した際に得られる認知生活水準の平均

順序パターン	パターン 1	パターン 2	
m_{12345}	平均	5.190	
\bar{m}_i	平均	5.423	4.884
	分散	3.185	2.527
t 値	1.767	-2.530	

凡例では割合の高かった 6 通りまでを掲載している. この結果より, シグナルを 4 個認知した場合は該当する回答者数が少なく特定の傾向があるかはわからなかったが, 5 個及び 1~3 個の場合については, 並んでいる順番に認知した場合が他に比べ多いことがわかった.

e) 考察

調査 2 の結果, 認知限界情報量は個人差があることがわかった. また, シグナル 1~5 の 5 つのシグナルを提供し, 意見表明者が表明した認知生活水準 $\bar{g}_i(\theta')$ の平均 \bar{m}_i を認知した情報数に関わらず集約・平均したところ, 認知生活水準がなく完全情報下において表明される認知生活水準 $g_{12345}(\theta')$ の平均 m_{12345} との間には 5% 有意水準下ではパターン 1 は有意差なし, パターン 2 は有意差ありとなった. このことから, 両者は必ずしも一致するとは限らないことがいえる. 3, 4 章において, 認知限界情報量がどの意見表明者も同じであるならば, 認知限界情報量がある場合でも, 分割情報下で得られる意見は完全情報下で得られる意見とほぼ一致することを示したが, この結果は, 認知限界情報量に個人差がある場合, それが場合によっては成り立たない

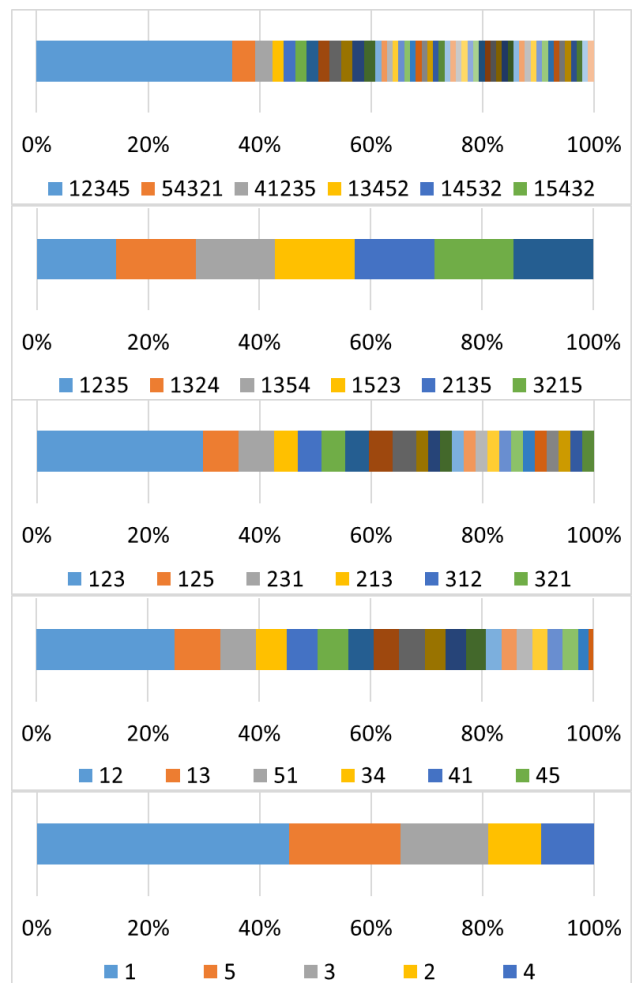


図-6 情報を1つ認知した回答者の, 認知する順番 (上から, 認知した情報数が 5 個, 4 個, 3 個, 2 個, 1 個の場合)

ことを明らかにしている。そのため、田中ら²⁾の情報認識モデル及び本研究の認識誤差モデルにおいては、認知限界情報量の個人差を考慮する必要があることがいえるだろう。

また図-5より、認知する順番にはある程度の傾向があることがわかった。実際、表-14に示した \bar{m}_i の値は、 m_{12345} に比べ1番目・2番目に並んでいる情報寄りの値となっている。しかしこのことから、提供する際に回答者ごとにランダムな順序で情報を提供することで、それを集計することで表明される意見に内在する情報の偏りが相殺され、結果的に情報の偏りに起因しない、「偏りのない」情報提供・集約が可能になるのではないかと考える。

(3) 調査手法の相違が結果にもたらす影響に関する考察

本研究では以上2つの実証分析を行ったが、本研究で行った実証分析と、田中ら²⁾のモデル分析及び数値分析との間には、調査手法に関していくつかの違いが存在する。

まず、田中ら²⁾では意見表明者の認知生活水準の初期分布を特定の正規分布として扱っていたが、本実証分析ではこれが一様分布であると仮定した。そのため、モデル及び回答から得られた認知生活水準が一致しなかった原因として、実際には意見表明者が何らかの初期分布を持っていたことが考えられ、その初期分布の影響が回答との差を生じさせた可能性がある。

また、数値分析ではシグナルの個数は5個、種類は5種類であったが、本実証分析ではシグナルの個数は100個、種類は5種類であった。地域住民が5人であれば、その生活状況が人数と同じ5通りとなることは考えられるが、地域住民が100人であるにもかかわらず生活状況が5通りしかないということはあまり考えにくい。このほか、モデル分析では無限領域の分布を仮定し生活水準の最大値及び最低値は設定していなかったが、本実証分析においては叙述的に提供されるシグナルを数値的に評価する際の基準となるようそれらを設定していたこと、及び、生活水準や認知生活水準に関する選択肢が離散的であったことも、両者の違いとして挙げられる。また、モデル分析では各住民の生活状況とシグナルの値が一意に対応していたが、本実証分析ではシグナルを叙述的に提供し評価させたため一意に対応していない。これらのことが実証分析の結果に及ぼす影響については不明な点が多く、更なる分析を行う必要があると思われる。

さらに、モデルにおいてはシグナルは「尤度」として処理されるが、本実証分析においては提供するシグナルに尤度の要素となる認識誤差 σ_e^2 についての情報は含まれておらず、また回答者が尤度として処理するための誘導も行われていない。そのため、平均のみを考慮した本実証分析の結果をもとにWTPの期待値が一致するかを評価することは必ずしも適切とはいえない。そのため今後の研究において、シグナルを「尤度」として処理できるような情報加工・提供手

法を検討していく必要がある。

6. おわりに

(1) 本研究のまとめ

本研究では、政策の内容や地域住民の実情を理解した上で社会的に望ましい選択ができるような合意形成手法の構築を最終的な目的とし、当面の目的であるサービスと負担の組み合わせを地域住民が選択する交通計画策定手法としての認知喚起型調査手法の改良に向けて残る課題のひとつである、「情報量」と「情報認知時に生じる誤差」の関係の情報認識モデルへの組み込みに取り組んだ。具体的には、人間には認知できる情報量に限界があることを考慮して情報量と認識誤差の関係を定義し、田中ら²⁾の情報認識モデルに適用した。さらに、認知できる情報量に限界がある場合において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することで、認知できる情報量に限界がある場合においても田中ら²⁾の情報提供・集約手法が「偏りのない」情報提供・集約手法として適切・有用であるかどうかをモデル分析により確かめた。

その結果、田中ら²⁾の情報提供・集約手法において提供する情報量が認知限界情報量を上回っていた場合においても、認知限界情報量が人によって異ならなければ、田中ら²⁾の情報提供・集約手法下で得られるWTPを集約したものと、完全情報下で得られるWTPを集約したものがほぼ一致することがわかった。このことから、田中ら²⁾の情報提供・集約手法によって「偏りのない」情報認識が可能かどうかにより現実に近い環境下で確認された。

また本研究では、田中ら²⁾において行われていなかった、田中ら²⁾の情報提供・集約手法の適切性についての実証分析も実施した。実施に際しては、完全情報下の再現やWTPを表明させての分析は行えなかったが、仮想的な地域の住民の生活水準の平均値が田中ら²⁾の情報提供・集約手法によって得られる認知生活水準の事後分布の平均値と一致するかどうかを確かめた。その結果より、意見表明者1人に提供される情報量がその母数に比べ過度に少ないと、地域の生活水準分布を評価するために参考にできる情報が少ないために認知生活水準の事後分布がモデルと一致せず、結果両者が一致しないこと、提供される情報量が増えることでその一致度が向上すること、さらに情報量を増やすと、認知限界情報量及びその量に個人差があることが原因で状況によっては一致しなくなることがわかった。また、複数の情報を認知する場合に表明される認知生活水準は、より先に提供・提示された情報に強く影響されることがわかった。このことから、提供する情報をランダムに提供、配置することにより、結果的に情報の偏りに起因しない、「偏りのない」情

報提供・集約が可能になるとの考察が得られた。

(2) 今後の課題

本研究は、アンケート調査における情報提供・集計において認知可能な情報量に限界があることを考慮した点に新規性があるが、その一方で、本研究のモデル分析に際しては「認知限界情報量が全ての意見表明者について同じ」という前提条件を置いており、そのために実証分析において得られた結果とは異なる結果を得ることとなった。今後議論を進めるに当たっては、この認知限界情報量の個人差を考慮して情報認識モデルの拡張を行う必要がある。

また、実証分析より、提供する情報が母数に比べ過度に少ないと、認知生活水準の評価値がモデルと一致しないことがわかった。田中ら²⁾の情報提供・集約手法を用いて当該地域の生活水準分布の認識する過程をモデル化するためには、本研究で考慮した「提供可能な情報量の上限」だけでなく、このような「最低限提供すべき情報量」についても考慮する必要があるだろう。これと、本研究で考慮した「提供可能な情報量の上限」を組み合わせることで、田中ら²⁾の情報提供・集約手法を用いるにあたって提供すべき適切な情報量の範囲を定めることができ、認知喚起型調査手法をより実用に適したかたちに改良することができるのではないかと考える。

また、田中ら²⁾で挙げられていた課題のうち、「情報提供者と意見表明者の関係性についての多様化」と「支払い意思額に関する異質性の考慮」については未だ解決されていない。認知喚起型調査手法の改良に向けて、これらの課題の解決にも引き続き取り組む必要があるだろう。

以上の課題が解決した暁には、認知喚起型調査手法において提供する情報の収集手法、収集した情報を提供に適した形にする情報加工手法、認知喚起型調査手法によって表明される意見の収集・集計法、及び集計した意見から代替案を評価する方法の構築を順次行い、最終的に、田中ら²⁾の情報提供・集約手法を用いた社会的選択・合意形成手法の構築を行いたいと考えている。

謝辞: 本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金 基礎研究(A)(課題番号:25249071, 研究代表者:喜多秀行)の助成を受けた研究成果の一部である。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) (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
- 2) 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
- 3) 藤井聡, 須田日出男, 西田悟史, 北村隆一:手続きの公正と合意形成のための CVM, 土木計画学研究・論文集, Vol.19, No.1, pp.99-104, 2002
- 4) 山下和哉, 塚井誠人, 桑野将司, 増田裕元:過疎地域整備に関する認知喚起型調査手法の提案, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.68, No.5, pp.I_207-I_221, 2012
- 5) 喜多秀行, 田中詢紀, 四辻裕文:地域の実態に対する認知の差異が共助意識に及ぼす影響に関する一考察, 土木計画学研究・講演集, Vol.49, No.136, 2014