

地域公共交通計画における 偏りのない事実認識の共有手法

田中 詢紀¹・織田澤 利守²・喜多 秀行³

1 正会員 修士(工) 新関西国際空港株式会社(〒549-0011 大阪府泉南郡田尻町泉州空港中 1 番地)

E-mail:

3 正会員 博士(工学)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

2 正会員 工博 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

地域交通計画における合意形成において、意見表明者は一部の住民の声に偏った断片的で不十分な認識の下で自らの意見を表明する場合が多く見られる。本研究では、意見表明者に対する「偏りのない」情報提供手法を定義、提案し、その適切性・妥当性を確認することを目的とする。

本研究において適切な情報提供とは意見表明者全員が当該地域全住民の生活水準を把握できる情報提供と定義する。本研究ではそれを当該地域の住民を何人かごとに分割、意見表明者にそれぞれ分割した住民の生活水準を提供することにより近似的に達成する情報提供手法を提案する。数値分析を行うことによって本研究における情報提供を行った上で表明された意見が完全情報下とほぼ等しい値を示すことが示され、モデル式上で本研究の情報提供の有用性を確認できた。

Key Words: *consensus building, transportation planning, willingness to pay, questionnaire survey*

1. はじめに

地域公共交通計画において、公共交通サービスの提供に関する従来の合意形成手法は計画策定者が住民の意見を聞き、その意見を考慮した上で予算制約に合うように最終的な判断を下すというものがよく見受けられる¹⁾²⁾。計画策定者は住民の状況を完全に把握することはできないため、アンケート等で住民の要望を聞き、その要望を踏まえた上で、社会的に望ましい方法案を作成する¹⁾²⁾。

住民の意見を集約し、社会として一つの望ましい決定を下す(社会的選択)段階に持ち込む合意形成手法は考えられているが³⁾、個人の「正当な意見」を聞き出すという事に対してはあまり注力されていない。ここでいう「正当な意見」とは意見形成の基となる地域の住民の実情や政策の意図と効果などについて充分かつ正確な認識を持った上で形成され、かつ社会的な視点に立った意見とする。お互いがお互いの生活水準が分かっている小

さなコミュニティでは、住民同士の話し合いで困った人に配慮しながら行うことが可能であり、合意形成が上手く見られる場面もある²⁾。しかし現状として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計画を策定しなければならず、一部の住民の声や一部の地域に偏った断片的で不十分な認識の上で意見を形成している場合が多い。その問題を解決するために調査において、情報を提供することにより住民が「互いの状況」をよく理解し、その情報を踏まえた上で判断された意見を表明できる調査手法の開発が必要となっている。

その必要性から田中・喜多・四辻⁴⁾は認知喚起型調査手法(アンケートの設問を通して地域の実情等の情報を同時に提供する)を用いて提供する情報により意見の変化が見られることを確認した。しかし田中・喜多・四辻⁴⁾の論文における情報提供において、特定の回答に誘導してしまう可能性についてはあまり考慮されていない。よって適切で特定の回答に誘導することのない情報提供

とは何かを定義し、それに沿って情報提供を行い、表明された意見を集約して共有すべき事実認識を作るための手法を構築する必要がある。

そこで本研究では、当該地域に関する「偏りのない（特定の回答に誘導させることのない）」情報提供手法を提案し、その適切性・妥当性を確認することを目的とする。具体的には、回答者の情報認識に関するモデル式を構築し、提案した情報提供手法の適切性・妥当性をモデル式を構築し、数値分析を行うことによって検証したい。

本研究の目的が達成され、実証分析を行うことにより本手法の適切性・妥当性確認できれば上位の最終的な目的として地域住民が互いの状況をよく理解した上での意見表明が可能となり、合意形成と社会的選択を組み込んだ方法論の構築を行いたい。

2. 本研究の考え方

(1) 本研究が考える社会選択のプロセス

地域公共交通計画において、とりまとめた個々の住民の意見を踏まえ、社会として一つの望ましいと考える決定を行うことを本研究では社会的選択と表現する。

本章では本研究が考える地域公共交通計画における社会的選択に至るまでのプロセスを明確にし、これまで提案されている手法と関連する研究を概観し、問題点を指摘するとともに、本研究が対象とする部分を明確にする。本節では図-1 に示すように本研究が考える社会的選択に至るまでのプロセスを①情報収集、②情報加工、③情報提供、④情報認識、⑤意見形成、⑥意見収集・集計、⑦代替案評価の7段階に分けて述べる。

本研究では大きく分けて2種類の調査を考えている。

1つは①「情報収集」段階において、当該地域住民の生活水準等を把握する為に行う調査（以下実態把握調査）、もう1つは⑤「意見収集」段階において、既に明らかである情報または実態把握調査で得た情報等を提供した上で回答者（以降意見表明者と呼ぶ）に政策に対する意見を問う調査（以下意見収集調査）である。

①「情報収集」の段階で計画策定者は当該地域住民（政策が行なわれる地域の住民）に対して実態把握調査を行い、当該地域住民に対する情報収集を行う。

②「情報加工」の段階では情報収集段階で当該地域住民から得られた回答を基に計画策定者は意見収集調査の回答者に対して提供する情報に加工する。

③「情報提供」段階において計画策定者は加工した情報を意見収集調査の際、回答者（意見表明者）に提供する。実態把握調査で得られた全回答者の回答をそのまま意見収集調査の全回答者に提供することが理想であるが、回答者が受け取れる情報量には限界があり、統計データな

どの集約された情報等限られた情報量の中で情報提供が行えるような情報加工が必要である。

④「情報認識」段階において、意見収集調査の回答者（以下意見表明者とする）は計画策定者から提供された情報を認識する。

⑤「意見形成」段階において、情報を受け取った回答者は当該地域に対する自らの意見を形成する。

⑥「意見収集・集計」段階において、計画策定者は意見収集調査の回答を収集、集計し、その意見を基に⑦代替案評価の段階において最終的な代替案評価を行う。

(2) 既往研究

②情報加工段階、③情報提供段階に関する既存研究として、計画策定者が住民に対して行う意識調査（アンケート調査）を政策の意図と背景等に関する理解度を高めるコミュニケーションツール（認知喚起型調査手法）として活用した場合の効果の検証を行った研究がある。

山下ら⁶⁾は調査票を介して政策に関する客観的な情報を提示するばかりでなく、対象の政策に関する認知や、経験などといった間接的な情報について、それらを喚起する質問を追加した場合の効果を検証することを目的とした研究を行った。この研究で、住民に対する意識調査等の際、対象の政策に関する認知や、経験などといった間接的な情報を喚起する設問を設置することにより、回答者の政策の理解が高まる、WTP（支払い意思額）の期待値が上昇するということが明らかとなった。しかし、政策の意義に関する情報を喚起させる設問を中心に設置しており、当該地域の実情に関する情報を喚起させる設問についてはほとんどない。政策の意義に関する認識はあるが、当該地域や当該地域の住民の生活水準はあまり知らない状況下で回答している人もいるので、その状況での回答は、正当に知るべき情報を知ってから判断された回答とは言えないと考えられる。

そこで田中ら⁴⁾は認知喚起型調査手法の開発を最終的な目的とし、地域公共交通計画における当該地域に関する情報提供による意見変化の分析に関する研究を行った。住民に対する意識調査の際、当該地域に関する情報を設問に盛り込む事によって、

①当該地域に対する認識の違いにより意見に差が見られる

②情報の与え方、意見の尋ね方によって意見の変化が異なる。

③回答者は得られた情報を加味し、意見を判断する能力を有する

ということが分かった。しかし本研究における調査手法における情報提供において特定の回答に誘導させる誘導質問になる可能性がおおいに考えられこの論文ではその点について考慮していない。よって、誘導質問となる

ことを避けうる、偏りの無い情報提供手法を構築することが必要である。

(3) 本研究の位置付け

本研究では新しい情報加工、提供方法について提案しその適切性・妥当性を確認する事を目的としている。本研究の目的が達成された後、適切な情報加工、情報提供を含んだ社会的選択手法を構築したいと考えている。具体的には政策担当者が回答者に対して実施するアンケート調査の際に提供する情報において偏りのない情報加工・情報提供手法の提案を行いたいと考えている。ここで言う偏りのない理想的な情報提供とは、その事例に関連する全ての主体に関する全ての情報を適切に認識した上で当該地域の政策に関する意見を形成できるような情報提供手法である。

回答者が理想的な情報提供を受けた上での意見形成を本研究では完全情報下における意見形成と呼ぶ。地域公共交通計画において考えれば、全住民の生活水準を全住民が把握するという事である。しかし現状、多数の住民が存在する大きなコミュニティにおいては、受け取れ

る情報の量に制約が存在しており、全住民の生活水準を把握する事は不可能であり、限られた一部の断片的な情報または集計化された統計データ等を元に自らの意見を表明している。

そこで本研究では新たな情報提供手法として、実態把握調査によって得られた全住民の状況（または適切にサンプリングされた住民の状況）を何人か毎に分割し、回答者にそれぞれ分配する形で与えるような情報提供手法を考えている。図-1に情報提供手法の概略図を示す。この手法であれば、一人の意見表明者の意見に注目すれば分割された断片的な情報を受けた上で意見を表明している為、完全情報下に比べて意見に偏りはあり、正当な意見を表明しているとは言えないかもしれない。しかし、全意見表明者の意見を収集した結果に着目すれば、完全情報下での意見と比較しても偏りは無いのではないかと考えるものである。全住民が全住民の状況を知った上で表明した場合の意見と本研究で提供する情報提供手法の値をモデル式上で比較し、集計した意見の一致を確認することで本研究の提案する情報加工・情報提供手法の適切性・妥当性を確認したいと考えている。

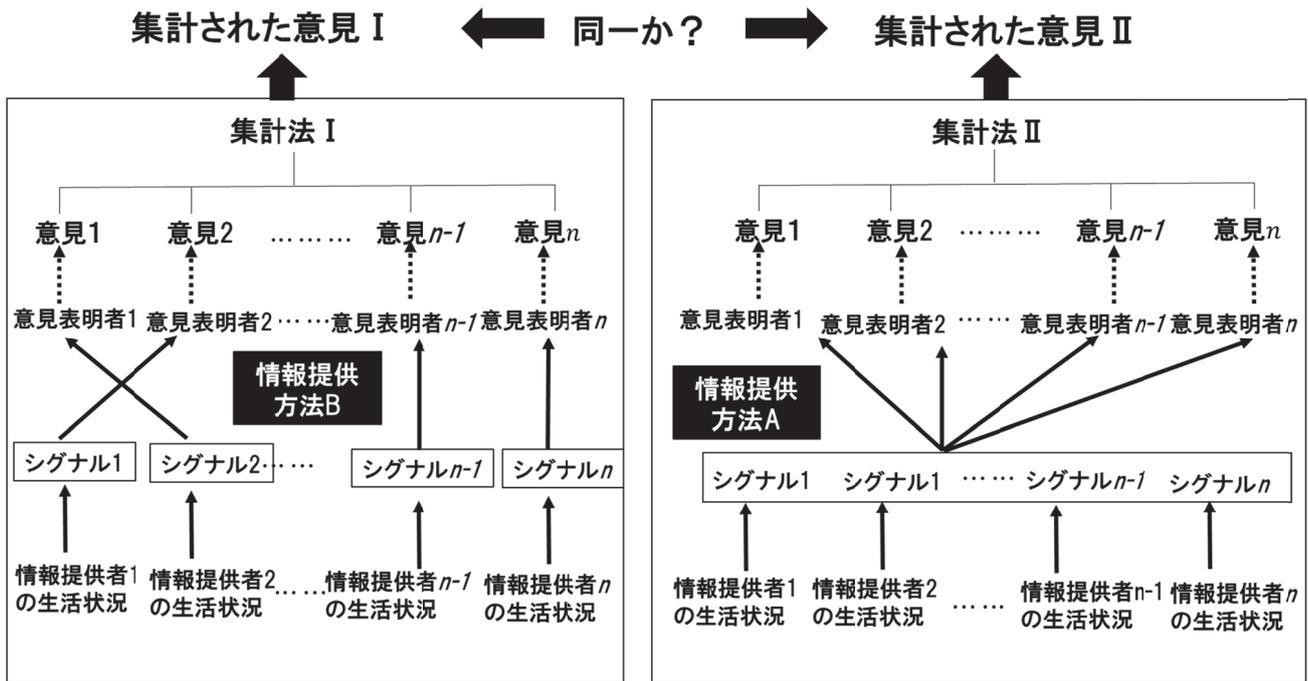


図-1 情報提供手法の概略図

3. モデル

(1) 想定する状況

本研究で想定している状況について説明する。本研究では、地域公共交通計画の中でもお互いがお互いのことを認識できないような人口規模の地域を考え、行政が計画策定者となって意見表明者に対して意見収集調査を行い、その調査の際、当該地域に対する情報提供者の生活水準に関する情報を提供し、意見表明者がその情報を認識した上で政策に対する意見を尋ねる状況を考える。アンケート調査(意見収集調査)の際、計画策定者は意見表明者に設問を通して当該地域住民の生活水準に関する情報提供を行う。意見表明者は情報を受けて、当該地域に対しての認知を更新し、その認知に応じて支払い意思額を表明する状況を想定している。支払い意思額とは提案されている代替案が実施された際に支援してよい金額のことであり、代替案に対する意見として表明される。そして意見表明者全員の期待支払い意思額を収集して集計し、その意見を基に計画策定者は代替案を選定する。

(2) モデルの枠組み

本モデルでは実態把握調査における回答者と意見収集調査における回答者が一致している状態、すなわち情報提供者と意見表明者が一致している状態を想定している。完全情報下の期待支払い意思額の収集結果 (A) と仮定) と本研究が提案する情報提供手法における期待支払い意思額の収集結果 (B) と仮定) をモデル式上で比較し本研究における情報提供手法の適切性・妥当性を確認する。

その中でも情報提供者と意見表明者が 2 人 (情報提供者と意見表明者は同一人物) の場合を基本モデルとしており、住民 1, 住民 2 の 2 人の住民からなる地域を想定している。

(3.1) 基本モデル

基本モデルにおける完全情報下の意見形成とは、住民 1, 住民 2 がそれぞれ自分を含めた 2 人の情報を認識した上で意見を形成する場合を指す。また、基本モデルにおいて、本研究による情報提供を受けた場合とは、住民 1, 住民 2 がそれぞれ自分の情報のみ、すなわち 1 人の情報を認識した上で意見を形成した場合を指す。本来自分自身の生活水準は情報提供を受ける前から認知しているものであるが、本研究のモデル式上では初期状態は誰の状況も認知していない状況とし、次に自分自身の生活水準を情報として認知するものとする。以下社会的選択のプロセスに沿ってモデル式をそれぞれの段階ごとに記述する。

(3.2) ①情報収集②情報加工③情報提供段階におけるモデル式

当該地域住民に関する生活水準を S で表すものとする。 S の値が大きければ生活水準は高く、小さければ生活水準は低いものとする。計画策定者は実態把握調査によって情報提供者 i の生活水準 S_i を把握する。全情報提供者の生活水準 S の相対頻度分布 $f(S)$ は正規分布 $N(\theta', \sigma_\varepsilon^2)$ に従うと本研究では仮定する。ここで、 θ' は当該地域の一般的な生活水準 (本研究では一定とする)、 σ_ε^2 は個人による特性の違い、情報収集・情報提供の際に生まれる誤差等から生まれる分散 (本研究では一定とする) と考える。その正規分布の実現値を $S_i = \theta' + \varepsilon_i$ としこれを住民 i のシグナルと呼ぶ。ここで ε_i は分散 σ_ε^2 によって生じる平均値 θ' との差である。基本モデルの場合は $S_1 = \theta' + \varepsilon_1$ (住民 1 の生活水準)、 $S_2 = \theta' + \varepsilon_2$ (住民 2 の生活水準) の 2 つのシグナルが存在する。

これらのシグナルを意見表明者に提供するに際し、以下の 2 つの情報提供方法のいずれかを用いることとする。(A)完全情報下の場合と(B)本研究で行う情報提供の場合の 2 つのシグナルの与え方をそれぞれ以下に示す。

(A)完全情報下の場合

意見収集調査の際、住民 1 と住民 2 のそれぞれに 2 つのシグナル S_1 と S_2 両方を提供する。つまり住民 1 と住民 2 はお互いの状況を把握した状態で意見を表明する状況を考える。

(B)本研究で行う情報提供の場合

意見収集調査の際、住民 1 には S_1 のみ、住民 2 には S_2 のみを提供する。つまり住民 1 と住民 2 はそれぞれ自らの生活水準のみを把握した状態で意見を表明する。

(3.3) ④情報認識段階におけるモデル式

意見表明者は認知生活水準 θ (意見表明者が認知している当該地域の生活水準) に関する確率密度関数 $f(\theta)$ に関して初期分布 $f_0(\theta)$ を持ち、その分布は平均 m_0 分散 σ_0^2 の正規分布に従う。(どの回答者の初期分布も一律とする) 意見表明者は住民の生活水準をシグナル S_1 として認知し、認知生活水準 θ の確率密度関数の初期分布 $f_0(\theta)$ を事後分布 $f_1(\theta)$ に更新する。意見表明者の初期分布を $f(\theta_0) \sim N(m_0, \sigma_0^2)$ シグナル 1 の分布を $f(\theta_1) \sim N(S_1, \sigma_\varepsilon^2)$ とすると、事後分布 $f(\theta_1) \sim N(m_1, \sigma_1^2)$ は初期分布の分散 σ_0^2 とシグナル 1 の分散 σ_ε^2 がそれぞれ、分散の合計 (初期分布の分散とシグナル 1 の分散の和) に占める割合の比で重みづけた値になる (式 1)。ここで、 $S = S_1$ であるシグナル 1 の分布が $f(\theta_1) \sim N(S_1, \sigma_\varepsilon^2)$ となるのは、シグナルを受け取る意見表明者はシグナルの分散 σ_ε^2 のみを知っておりシグナ

ル全体の平均値 θ' は知らないものと仮定しているからである。

初期分布 $f(\theta_0) \sim N(m_0, \sigma_0^2)$ と事後分布 $f(\theta_1) \sim N(m_1, \sigma_1^2)$ の関係は以下の式で表される。

$$f_1(\theta_1) = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2} f_1(S_1) + \frac{\sigma_\varepsilon^2}{\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2} f_0(\theta_0) \quad (1)$$

また、事後分布 $f_1(\theta_1)$ の平均 m_1 、分散 σ_1^2 をそれぞれ計算すると以下ようになる。

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

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

(A)完全情報下の場合と(B)本研究で行う情報提供の場合のシグナルを受ける前の事前分布とシグナルを受け取った後の事後分布の関係は以下ようになる。

(A)完全情報下の場合

意見表明調査の際、住民 1 と住民 2 にそれぞれ 2 つのシグナル $S_1 = \theta'_1$ と $S_2 = \theta'_2$ を提供するため、両者の事後分布 $f_{12}(\theta_{12}) \sim N(m_{12}, \sigma_{12}^2)$ は以下ようになる。

$$m_{12} = \frac{\sigma_0^2}{2\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2} S_2 + \frac{\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2}{2\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2} m_1$$

$$= \frac{\sigma^2}{2\sigma^2 + \sigma_\varepsilon^2} S_1 + \frac{\sigma^2}{2\sigma^2 + \sigma_\varepsilon^2} S_2 + \frac{\sigma_\varepsilon^2}{2\sigma^2 + \sigma_\varepsilon^2} m_0 \quad (4)$$

$$\sigma_{12}^2 = \frac{\sigma_1^2 \sigma_\varepsilon^2}{\sigma_1^2 + \sigma_\varepsilon^2} = \frac{\sigma_0^2 \sigma_\varepsilon^2}{2\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2} \quad (5)$$

住民 1 と住民 2 の初期分布 $f_0(\theta_0)$ は等しく、与えられたシグナルも等しい(S_1 と S_2)ため両者とも同じ事後分布 $f_{12}(\theta_{12})$ をとる。

(B)本研究で提案する情報提供の場合

意見表明調査の際、住民 1 に S_1 、住民 2 に S_2 を提供する。

住民 1 の事後分布 $f_1(\theta_1) \sim N(m_1, \sigma_1^2)$ は以下ようになる。

$$m_1 = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2} S_1 + \frac{\sigma_\varepsilon^2}{\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2} m_0 \quad (6)$$

$$\sigma_1^2 = \frac{\sigma_0^2 \sigma_\varepsilon^2}{(\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2)} \quad (7)$$

また同様に住民 2 の事後分布 $f_2(\theta_2) \sim N(m_2, \sigma_2^2)$ は以下ようになる。

$$m_2 = \frac{\sigma_0^2}{\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2} S_2 + \frac{\sigma_\varepsilon^2}{\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2} m_0 \quad (8)$$

$$\sigma_2^2 = \frac{\sigma_0^2 \sigma_\varepsilon^2}{(\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2)} \quad (9)$$

(3.4) ⑤意見形成⑥意見収集・集約段階におけるモデル式

意見表明者は与えられたシグナル S_i を認知し、自らの認知生活水準 $f(\theta)$ を更新する。当該地域において行われる政策に対して、どの程度支援する意思があるかを示す支払い意思額 $\varphi(\theta)$ の関数は回答者によって変わらない、つまり θ の値が等しければどの意見表明者であっても同じ支払い意思額 $\varphi(\theta)$ の値を示すと本研究では仮定する。認知生活水準 θ の確率分布 $f(\theta)$ と θ に対する支払い意思額 $\varphi(\theta)$ のグラフを掛け合わせる事によって期待支払い意思額 W を算出する。

本研究においては全回答者の期待支払い意思額の平均を算出し、(A)完全情報下の場合と(B)本研究で行う情報提供の場合の期待支払い意思額の平均値を比較することによって本研究による情報提供手法がどの程度完全情報下に代替できる情報提供手法であるのかを確認する。

(A)完全情報下の場合に表明される期待支払い意思額の平均値 W_B と(B)本研究で行う情報提供の場合の期待支払い意思額の平均値 W_A は以下ようになる。

(A)完全情報下の場合

シグナル S_1, S_2 を受けた住民 1 の期待支払い意思額の平均値 W_{B1} 、同じくシグナル S_1, S_2 を受けた住民 2 の期待支払い意思額の平均値 W_{B2} の平均値 W_B を算出する。

$$W_B = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^2 W_{Bj} = \frac{1}{2} (W_{B1} + W_{B2})$$

$$= \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta_{12}) f_{12}(\theta_{12}) d\theta_{12}$$

$$+ \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta_{12}) f_{12}(\theta_{12}) d\theta_{12}$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta_{12}) f_{12}(\theta_{12}) d\theta_{12} \quad (10)$$

(B)本研究で行う情報提供の場合

シグナル S_1 を受けた住民 1 の期待支払い意思額の平均値 W_{A1} とシグナル S_2 を受けた住民 2 の期待支払い意思額 W_{A2} の平均値 W_A を算出する。

$$W_A = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^2 W_{Aj} = \frac{1}{2} (W_{A1} + W_{A2})$$

$$= \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta_1) f_1(\theta_1) d\theta_1 + \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta_2) f_2(\theta_2) d\theta_2 \quad (11)$$

(4) 提案する情報提供集計手法の不偏性の確認

本研究による情報提供手法の下で表明・収集・集計された意見が完全情報下において表明・収集・集計された意見と近似的に一致していること($W_A \cong W_B$)をモデル式を用いて確認する。全員が全員の状況を知った上で意見を形成する、すなわち意見表明者全員が実態把握調査の全回答者の生活水準を情報として受け取っている状態を

完全情報下としてこの状況において表明された意見を真の意見とする。モデル式から算出された完全情報下における全意見表明者の支払い意思額の平均 W_B と本研究において提案された情報提供手法による全意見表明者の支払い意思額の平均 W_A を比較し、どれほど完全情報下に近いかを考察する。 W_A と W_B の値が近似的に一致していれば、実際の社会では実現が困難な完全情報下の状況を本研究の情報提供手法で代替することができるのではないかと考えられる。

基本モデルにおいて、本研究による情報提供手法の適切性・妥当性を確認する。

(A)完全情報下（全員が全員の状況をわかっている状態）は二人の住民がお互いの状況を理解している状態、すなわち二人の住民はどちらもシグナル1とシグナル2を受け取り、認知生活水準 θ の確率密度分布 $f(\theta)$ の分布が $N(m_{12}, \sigma_{12}^2)$ となっている状態である。

(B)本研究の情報提供は、お互いが自分自身のシグナルのみ受け取っている状況、すなわち認知生活水準の確率密度分布 $f(\theta)$ の分布が住民1は $N(m_1, \sigma_1^2)$ 、住民2は

$N(m_2, \sigma_2^2)$ となっている状態である。

この二つの状態にそれぞれにおける期待支払い意思額の平均が近似的に等しいこと ($W_A \cong W_B$) を示すため以下のプロセス（（証明1-1）と（証明1-2））で証明する。（証明1-1）では $W_B \cong W_C$ を証明し、（証明1-2）では $W_A \cong W_C$ を証明する。（証明の流れの概略図を図-2に示す）

(W_C は $f(\theta_1)$ と $f(\theta_2)$ の分布の平均を取ったグラフ

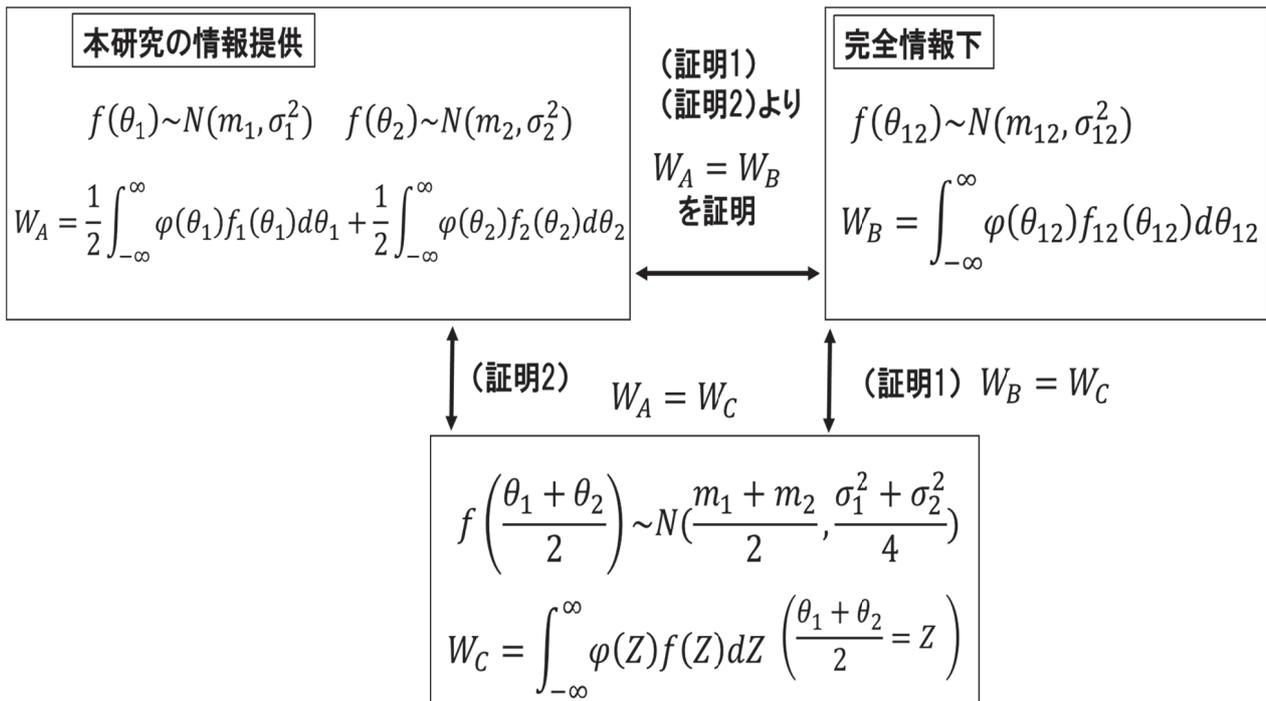
$$f\left(\frac{\theta_1 + \theta_2}{2}\right) \sim N\left(\frac{m_1 + m_2}{2}, \frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}{4}\right)$$

から算出された期待支払い意思額

$$W_C = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi\left(\frac{\theta_1 + \theta_2}{2}\right) f_1\left(\frac{\theta_1 + \theta_2}{2}\right) d\theta_1 \quad (12)$$

とする)

（証明1-1）と（証明1-2）を示すことによって、本研究による情報提供により表明された期待支払い意思額の平均値 W_A と完全情報下による情報提供により表明された期待支払い意思額の平均値 W_B が等しいことが示せる。証明の流れの概略図を図-2に示す。



(A) $f(\theta_1) \sim N(m_1, \sigma_1^2) \quad f(\theta_2) \sim N(m_2, \sigma_2^2)$

$$W_A = \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta_1) f_1(\theta_1) d\theta_1 + \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta_2) f_2(\theta_2) d\theta_2$$

(B) $f(\theta_{12}) \sim N(m_{12}, \sigma_{12}^2)$

$$W_B = \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta_{12}) f_{12}(\theta_{12}) d\theta_{12}$$

図-2 証明の流れ

（証明1-1）

完全情報下における認知生活水準 θ の分布

$f_{12}(\theta_{12}) \sim N(m_{12}, \sigma_{12}^2)$ と $f_1(\theta_1)$ と $f_2(\theta_2)$ の θ_1 と θ_2 の平均値の分布

$$f\left(\frac{\theta_1 + \theta_2}{2}\right) \sim N\left(\frac{m_1 + m_2}{2}, \frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}{4}\right)$$

の二つの正規分布が等しいことを示すことで $W_B \cong W_C$ を示す。（支払い意思額の関数は主体によらず一定の為、

認知生活水準 θ の確率分布 $f(\theta)$ が等しくなれば期待支払い意思額も等しくなるため。）

認知生活水準の分布の平均値について比較する。すなわち m_{12} と $(m_1 + m_2)/2$ を比較する。式(2)と(4)から m_{12} と $(m_1 + m_2)/2$ を計算すると

$$m_{12} = \frac{\sigma^2}{2\sigma^2 + \sigma_\varepsilon^2} S_1 + \frac{\sigma^2}{2\sigma^2 + \sigma_\varepsilon^2} S_2 + \frac{\sigma_\varepsilon^2}{2\sigma^2 + \sigma_\varepsilon^2} m \quad (13)$$

$$\frac{m_1 + m_2}{2} = \frac{\sigma^2}{2(\sigma^2 + \sigma_\varepsilon^2)} S_1 + \frac{\sigma^2}{2(\sigma^2 + \sigma_\varepsilon^2)} S_2 + \frac{\sigma_\varepsilon^2}{\sigma^2 + \sigma_\varepsilon^2} m \quad (14)$$

になる。ここで σ_ε は個人による特性の違い、情報収集・情報提供の際に生まれる誤差等から生まれる分散であり、意見表明者がシグナルを受け取っていない状態における確率密度分布 $f(\theta)$ の分散 σ_0 に比べて充分小さいと考えられる。

この条件が成り立つ場合において

$$m_{12} \cong \frac{m_1 + m_2}{2}$$

が成り立つと考えられる。

よって σ_ε が σ_0 に比べて充分小さい場合、二つの分布の平均値がほぼ等しいことが示された。

次に認知生活水準の分布について比較する。式(3)と(5)から $(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)/4$ と σ_{12}^2 を計算すると

$$\frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}{4} = \frac{\sigma_0^2 \sigma_\varepsilon^2}{2(\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2)} \quad (15)$$

$$\sigma_{12}^2 = \frac{\sigma_0^2 \sigma_\varepsilon^2}{2\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2} \quad (16)$$

になる。

ここで σ_ε 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、意見表明者がシグナルを受け取っていない状態における確率密度 $f(\theta)$ の分散 σ_0 に比べて充分小さいと考えられる。この場合において

$$\frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}{4} \cong \sigma_{12}^2$$

が成り立つと考えられる。よって σ_ε が σ_0 に比べて充分小さい場合、二つの分布の分散はほぼ等しいと考えられる。

平均と分散が一致していることにより $N(m_{12}, \sigma_{12}^2)$ 、 $N((m_1 + m_2)/2, (\sigma_1^2 + \sigma_2^2)/4)$ の二つの正規分布が等しいことを示すことができた。支払い意思額の関数 $\varphi(z)$ は主体によらず一定の為、認知生活水準の確率分布 $f(\theta)$ が等しくなれば期待支払い意思額も等しくなるため $W_B \cong W_C$ の不偏性が示された。

(証明 1-2)

本研究による情報提供によって表明された期待支払い意思額の平均 W_A が $f(\theta_1)$ と $f(\theta_2)$ の平均値の分布を取ったグラフ

$$f\left(\frac{\theta_1 + \theta_2}{2}\right) \sim N\left(\frac{m_1 + m_2}{2}, \frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}{4}\right)$$

から算出された期待支払い意思額と近似的に等しいこと $W_A \cong W_C$ を W_A を構成する積分式を変形することによって示す。

本研究による情報提供による住民1と住民2の期待支払い意思額の平均 W_A は以下の式で表される。

$$W_A = \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta_1) f_1(\theta_1) d\theta_1 + \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta_2) f_2(\theta_2) d\theta_2 \quad (17)$$

上記の式において、住民1の認知生活水準の値は住民2の認知生活水準に依存しない為、 $f(\theta_1)$ と $f(\theta_2)$ は独立であると考えることができる。よって $f(\theta_1)$ と $f(\theta_2)$ の和は同時生起確率分布 $f(\theta_1)f(\theta_2)$ と等しいとみなすことができる。

すなわち上記の(式 17)は以下のように置き換える事ができる。

$$W_A = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \left\{ \frac{\varphi(\theta_1) + \varphi(\theta_2)}{2} \right\} f_1(\theta_1) f_2(\theta_2) d\theta_1 d\theta_2 \quad (18)$$

またここで $(\theta_1 + \theta_2)/2 = z$ とおくと、支払い意思額の関数 $\varphi(z)$ は原点に向かって凸であると定義するので

$$\frac{\varphi(\theta_1) + \varphi(\theta_2)}{2} \geq \varphi\left(\frac{\theta_1 + \theta_2}{2}\right) = \varphi(z)$$

よって以下の関係式が成り立つ。

$$\begin{aligned} W_A &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \left\{ \frac{\varphi(\theta_1) + \varphi(\theta_2)}{2} \right\} f_1(\theta_1) f_2(\theta_2) d\theta_1 d\theta_2 \\ &\geq \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(z) f_1(2z - \theta_2) f_2(\theta_2) dz d\theta_2 \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(z) f(z) dz = W_B \end{aligned} \quad (19)$$

よって $W_A \geq W_B$ が成り立つ。

ここでの不等号

$$\frac{\varphi(\theta_1) + \varphi(\theta_2)}{2} \geq \varphi\left(\frac{\theta_1 + \theta_2}{2}\right)$$

は $\varphi(z)$ が線形である場合は、

$$\frac{\varphi(\theta_1) + \varphi(\theta_2)}{2} = \varphi\left(\frac{\theta_1 + \theta_2}{2}\right)$$

が成り立つ為 $W_A = W_B$ が成り立ち、 $\varphi(z)$ が線形でない場合においても非常に小さな差であると考え、 $W_A \cong W_B$ は成り立つと考える。

よって $W_A \cong W_B$ は示され、(証明 1-2)は証明された。また確率変数が独立である場合、2人以上の主体によっても同様に成り立つ。

そして(証明 1-1)と(証明 1-2)から本研究による情報提供を受けた後表明された期待支払い意思額 W_A と、完全情報下で表明された期待支払い意思額 W_B はほぼ等しい事が証明された。

また本稿ではスペースの関係上割愛しているが、住民数が2人以上の際も、同様に $W_A \cong W_B$ は示されることがわかった。

(4) 住民が n 人の場合への拡張

次に n 人の住民からなるコミュニティについて考え、モデルの一般化を行う。また意見表明者一人に対しての情報提供人数を変化させ、一人当たり i 人情報提供した際のモデルの一般化を行う。それぞれの状況に関しての認知生活水準 θ の確率密度分布 $f(\theta)$ (正規分布) の平均と分散を完全情報下と比較する。

完全情報下 (全員が全員の状況をわかっている状態) は n 人の住民がお互いの状況を理解している状態、すなわち n 人の住民は全て n 個のシグナルを受け取り、認知生活水準 θ の確率密度分布 $f(\theta)$ が $N(m_{12\dots n}, \sigma_{12\dots n}^2)$ となっている状態である。

証明方法に関しては基本モデルと同様に (証明 1) と (証明 2) を示すことにより行う。今回の証明を基本モデルと区別するために、(証明 2-1), (証明 2-2) とそれぞれ表記することにした。

(証明 2-1)

それぞれの状況下①～③ (以下に示す) で形成された期待支払い意思額の平均 W_A が完全情報下で形成された期待支払い意思額 W_B と比較し、近似的に一致していること ($W_A \cong W_B$) を示したい。

完全情報下 (全員が全員の状況をわかっている状態) における認知生活水準 θ の確率密度分布 $f(\theta)$ の平均

$m_{12\dots n}$ と分散 $\sigma_{12\dots n}^2$ は以下ようになる。

$$m_{12\dots n} = \frac{\sigma^2}{n\sigma^2 + \sigma_\epsilon^2} S_1 + \frac{\sigma^2}{n\sigma^2 + \sigma_\epsilon^2} S_2 + \dots + \frac{\sigma^2}{n\sigma^2 + \sigma_\epsilon^2} S_n + \frac{\sigma_\epsilon^2}{n\sigma^2 + \sigma_\epsilon^2} m \quad (20)$$

$$\sigma_{12\dots n}^2 = \frac{\sigma_0^2 \sigma_\epsilon^2}{n\sigma_0^2 + \sigma_\epsilon^2} \quad (21)$$

①意見表明者 1 人に対し、1 人分のシグナル (自分のシグナルのみ) を提供した場合の回答者の認知生活水準 θ の確率密度分布 $f(\theta)$ の $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n$ の平均値の分布

$$N\left(\frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{n}, \frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2}{n^2}\right)$$

は以下ようになる。

$$\begin{aligned} & \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{n} \\ &= \frac{\sigma^2}{n(\sigma^2 + \sigma_\epsilon^2)} S_1 + \frac{\sigma^2}{n(\sigma^2 + \sigma_\epsilon^2)} S_2 + \dots \\ &+ \frac{\sigma^2}{n(\sigma^2 + \sigma_\epsilon^2)} S_n + \frac{\sigma_\epsilon^2}{\sigma^2 + \sigma_\epsilon^2} m \quad (22) \end{aligned}$$

$$\frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_n^2}{n^2} = \frac{\sigma_0^2 \sigma_\epsilon^2}{n(\sigma_0^2 + \sigma_\epsilon^2)} \quad (23)$$

②意見表明者 1 人につき、2 人分のシグナル (自分を含む) を提供した場合の回答者の認知生活水準 θ の確率密度分布 $f(\theta)$ の $\theta_{12}, \theta_{23}, \dots, \theta_{n1}$ の平均値の分布

$$N\left(\frac{m_{12} + m_{23} + \dots + m_{n1}}{n}, \frac{\sigma_{12}^2 + \sigma_{23}^2 + \dots + \sigma_{n1}^2}{n^2}\right)$$

は以下ようになる。

$$\begin{aligned} & \frac{m_{12} + m_{23} + \dots + m_{n1}}{n} = \frac{\sigma^2}{n(\sigma^2 + 0.5\sigma_\epsilon^2)} S_1 \\ &+ \frac{\sigma^2}{n(\sigma^2 + 0.5\sigma_\epsilon^2)} S_2 + \dots + \frac{\sigma^2}{n(\sigma^2 + 0.5\sigma_\epsilon^2)} S_n \\ &+ \frac{\sigma_\epsilon^2}{2\sigma^2 + \sigma_\epsilon^2} m \quad (24) \end{aligned}$$

$$\frac{\sigma_{12}^2 + \sigma_{23}^2 + \dots + \sigma_{n1}^2}{n^2} = \frac{\sigma_0^2 \sigma_\epsilon^2}{n(2\sigma_0^2 + \sigma_\epsilon^2)} \quad (25)$$

③意見表明者 1 人につき、 i 人分のシグナル (自分を含む) を与えた場合の回答者の認知生活水準 θ の確率密度分布 $f(\theta)$ の $\theta_{12\dots i}, \theta_{23\dots i+1}, \dots, \theta_{n1\dots i-1}$ の平均値の分布

$$N\left(\frac{m_{12\dots i} + m_{23\dots i+1} + \dots + m_{n1\dots i-1}}{n}, \frac{\sigma_{12\dots i}^2 + \sigma_{23\dots i+1}^2 + \dots + \sigma_{n1\dots i-1}^2}{n^2}\right)$$

は以下ようになる。

$$\begin{aligned} & \frac{m_{12\dots i} + m_{23\dots i+1} + \dots + m_{n1\dots i-1}}{n} \\ &= \frac{\sigma^2}{n\left(\sigma^2 + \frac{1}{i}\sigma_\epsilon^2\right)} S_1 + \frac{\sigma^2}{n\left(\sigma^2 + \frac{1}{i}\sigma_\epsilon^2\right)} S_2 + \dots \\ &+ \frac{\sigma^2}{n\left(\sigma^2 + \frac{1}{i}\sigma_\epsilon^2\right)} S_n + \frac{\sigma_\epsilon^2}{i\sigma^2 + \sigma_\epsilon^2} m \quad (26) \end{aligned}$$

$$\frac{\sigma_{12\dots i}^2 + \sigma_{23\dots i+1}^2 + \dots + \sigma_{n1\dots i-1}^2}{n^2} = \frac{\sigma_0^2 \sigma_\epsilon^2}{n(i\sigma_0^2 + \sigma_\epsilon^2)} \quad (27)$$

ここで完全情報下と①～③の状況による回答者の認知生活水準 θ の確率密度分布 $f(\theta)$ をそれぞれ比較する。ここで σ_ϵ 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 に比べて充分小さいと考えられる。よってこの場合一人あたりのシグナル提供人数 i を変化させた際も、完全情報下と①～③の状況による回答者の確率密度分布 $f(\theta)$ はおおよそ一致し、等式 $W_B \cong W_C$ が成り立つことがいえる。

(証明 2-2)

住民数が i 人の場合においても θ がそれぞれ独立である場合は基本モデルの(証明 2)と同様に成り立つ。

θ がそれぞれ独立でない際、基本モデルとは同様に成り立たない場合に関しての証明を行う。簡単な為、独立でない θ_{12} , θ_{23} , θ_{31} の場合を考える。以下のようにして証明される。

$$W_A = \frac{1}{3} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta_{12}) f_{12}(\theta_{12}) d\theta_{12} + \frac{1}{3} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta_{23}) f_{23}(\theta_{23}) d\theta_{23} + \frac{1}{3} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\theta_{31}) f_{31}(\theta_{31}) d\theta_{31} \quad (28)$$

ここで θ_{12} , θ_{23} , θ_{31} の同時生起確率を $g(\theta_{12}, \theta_{23}, \theta_{31})$ とすると式 (28) は以下のように書き換えられる。

$$= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\varphi(\theta_{12}) + \varphi(\theta_{23}) + \varphi(\theta_{31})}{3} \times g(\theta_{12}, \theta_{23}, \theta_{31}) d\theta_{12} d\theta_{23} d\theta_{31} \quad (29)$$

ここで $\varphi(\theta)$ は原点に向かって凸であると仮定すると、

$$\frac{\varphi(\theta_{12}) + \varphi(\theta_{23}) + \varphi(\theta_{31})}{3} \geq \varphi\left(\frac{\theta_{12} + \theta_{23} + \theta_{31}}{3}\right)$$

と表記することができる。よって式 (29) は以下のように変形できる。

$$\geq \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi\left(\frac{\theta_{12} + \theta_{23} + \theta_{31}}{3}\right) \times g(\theta_{12}, \theta_{23}, \theta_{31}) d\theta_{12} d\theta_{23} d\theta_{31} \quad (30)$$

また θ_{12} と θ_{23} と θ_{31} の値は

$$\begin{aligned} \theta_{12} &= \frac{\sigma_0^2}{\sigma_0^2 + \sigma_\epsilon^2} \theta_1 + \frac{\sigma_0^2}{\sigma_0^2 + \sigma_\epsilon^2} \theta_2 + \frac{\sigma_\epsilon^2}{\sigma_0^2 + \sigma_\epsilon^2} \theta_0 \\ \theta_{23} &= \frac{\sigma_0^2}{\sigma_0^2 + \sigma_\epsilon^2} \theta_2 + \frac{\sigma_0^2}{\sigma_0^2 + \sigma_\epsilon^2} \theta_3 + \frac{\sigma_\epsilon^2}{\sigma_0^2 + \sigma_\epsilon^2} \theta_0 \\ \theta_{31} &= \frac{\sigma_0^2}{\sigma_0^2 + \sigma_\epsilon^2} \theta_3 + \frac{\sigma_0^2}{\sigma_0^2 + \sigma_\epsilon^2} \theta_1 + \frac{\sigma_\epsilon^2}{\sigma_0^2 + \sigma_\epsilon^2} \theta_0 \end{aligned}$$

であるので、それぞれ代入して式 (30) は以下のように変形できる。

$$\begin{aligned} &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi\left(\frac{\sigma_\epsilon^2}{3(\sigma^2 + \sigma_\epsilon^2)} (\theta_0 + \theta_0 + \theta_0) + \frac{2\sigma^2}{3(2\sigma^2 + \sigma_\epsilon^2)} (\theta_1 + \theta_2 + \theta_3)\right) \\ &\quad \times g'(\theta_0, \theta_1, \theta_2, \theta_3) d\theta_0 d\theta_1 d\theta_2 d\theta_3 \quad (31) \end{aligned}$$

ここで

$$\frac{\theta_{12} + \theta_{23} + \theta_{31}}{3} = Z$$

とおくと式 (31) は以下のように変形できる。
になる。

$$= \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(\bar{\theta}) f(\bar{\theta}) d\bar{\theta} = W_B \quad (32)$$

$\bar{\theta} \sim N(\bar{m}, \bar{\sigma}^2)$ に従うので、 \bar{m} , $\bar{\sigma}^2$ は以下ようになる。

$$\begin{aligned} \bar{m} &= \frac{2\sigma^2}{3(2\sigma^2 + \sigma_\epsilon^2)} (S_1 + S_2 + S_3) + \frac{\sigma_\epsilon^2}{2\sigma^2 + \sigma_\epsilon^2} m \quad (33) \\ \bar{\sigma}^2 &= 3\sigma^2 \left(\frac{\sigma_\epsilon^2}{3(2\sigma^2 + \sigma_\epsilon^2)} \right) + 3\sigma_\epsilon^2 \left(\frac{\sigma^2}{3(2\sigma^2 + \sigma_\epsilon^2)} \right) \\ &= \frac{\sigma^2 \sigma_\epsilon^2}{3(2\sigma^2 + \sigma_\epsilon^2)} \quad (34) \end{aligned}$$

よって $W_A \cong W_C$ は示され、(証明 2-2) は証明された。
また確率変数が独立でない場合において、2人以上の主体によっても同様に成り立つ為、 n 人の場合においても成り立つ。

よって(証明 2-1) と(証明 2-2) が成り立つことにより、 $W_A \cong W_B$ が示された。

よって住民数が n 人の場合においても本研究の有用性はあると考えられる。

(5) 情報提供者が当該地域住民、意見表明者が地域外の住民の場合への拡張

情報提供者が当該地域住民、意見表明者が地域外の住民であり、情報提供者と意見表明者が一致していない場合も同様に等式が成り立つかどうかを確認する。この状況は当該地域住民に政策を打つ際に財政上の理由等から、周辺住民に支援の意思があるかどうかを確認する際などに起こると考えられる。意見表明者は当該地域住民ではないため、自らの生活水準は含めずに、当該地域の生活水準を認知し、意見を表明する。

情報提供者を l 人、意見表明者を n 人とすると、完全情報下(意見表明者 n 人全員が情報提供者 l 人の情報を認知している場合)の認知生活水準 θ の確率密度関数 $f(\theta)$ に関する正規分布の平均 $m_{12...l}$ と分散 $\sigma_{12...l}^2$ は以下のようになる。

$$\begin{aligned} m_{12...l} &= \frac{\sigma^2}{l\sigma^2 + \sigma_\epsilon^2} S_1 + \frac{\sigma^2}{l\sigma^2 + \sigma_\epsilon^2} S_2 + \dots + \frac{\sigma^2}{l\sigma^2 + \sigma_\epsilon^2} S_l \\ &\quad + \frac{\sigma_\epsilon^2}{l\sigma^2 + \sigma_\epsilon^2} m \quad (35) \end{aligned}$$

$$\sigma_{12...l}^2 = \frac{\sigma_0^2 \sigma_\epsilon^2}{l\sigma_0^2 + \sigma_\epsilon^2} \quad (36)$$

意見表明者 1 人につき、 y 人(自分を含む)の情報を与える場合を考える。また情報提供者一人当たり、意見表明者に提供する人数を x とする。

この際の平均を M_A 分散を ∇_A^2 とすると以下のようになる。

$$M_A = \frac{x\sigma^2}{n(y\sigma^2 + \sigma_\epsilon^2)} S_1 + \frac{x\sigma^2}{n(y\sigma^2 + \sigma_\epsilon^2)} S_2 + \dots$$

$$+ \frac{x\sigma^2}{n(y\sigma^2 + \sigma_\varepsilon^2)} S_n + \frac{\sigma_\varepsilon^2}{l\sigma^2 + \sigma_\varepsilon^2} m \quad (37)$$

$$\nabla_A^2 = \frac{\sigma_0^2 \sigma_\varepsilon^2}{n(y\sigma_0^2 + \sigma_\varepsilon^2)} \quad (38)$$

ここで完全情報下と比較する。ここで σ_ε 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 に比べて充分小さいと考えられる。よってこの場合、 $m_{12\dots l}$ と $M_A, \sigma_{12\dots l}^2$ と ∇_A^2 においてそれぞれの係数を比較して、以下の2つの等式が成り立つ場合に平均と分散が一致する。

$$\frac{\sigma^2}{l\sigma^2 + \sigma_\varepsilon^2} = \frac{x\sigma^2}{n(y\sigma^2 + \sigma_\varepsilon^2)} \quad (39)$$

$$ny = l \quad (40)$$

すなわちこの2つの等式を解いて

$$x = 1, \quad ny = l$$

が成り立つ場合のみ平均と分散が一致する。すなわち、意見表明者一人当たり到一个のシグナルを与えた場合この等式が成り立つ。しかし、 σ_ε の値が十分小さく、 ny 、すなわちシグナルの総数が十分大きい場合、分散の値は0に近づく。その場合、平均のみを一致させればよいので、以下の等式が成り立つ場合に平均が一致する。

$$\frac{l}{n} = \frac{y}{x} \quad (41)$$

情報提供者の数 (l) と一人当たり学習できる情報 (y) には、上限が存在すると考えられる為、その上限に沿った、情報の登場回数 (x) 回答者の数(n)を設定する。この条件に合えば理論上は、偏りのない情報提供を行うことが可能であると考えられる。

(6) モデルのまとめ

本章のモデルの構築によりモデル式上で以下のことが言えることがわかった。

- ① 情報提供者により得られた生活水準を数人ずつ分割し、それぞれ意見表明者に情報提供を行った上で表明された意見は、意見表明者全員に情報提供者全員の情報を提供した上で表明された意見とほぼ一致する。
- ② 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 σ_ε を小さくすることで本研究による情報提供により表明された意見と完全情報下で表明された意見の差は小さくなる。

次章では数値分析により具体的な数値を当てはめた際においても本研究による情報提供の適切性・妥当性が成り立つかを検証する。また、情報提供者、意見表明者の数、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 σ_ε を変化させた際に、本研究による情報提供により表明された意見と完全情報下で表明さ

れた意見の差がどのように変化するかを検証する。

4. 数値分析

(1) 数値分析の目的と方法

簡単な数値計算事例を通じて、本研究による情報提供を行った上で意見表明者が表明した期待支払い意思額と完全情報下（意見表明者全員が当該地域住民全員の実情を認知している状態）で意見表明者が表明した期待支払い意思額が等しいかを分析し、本研究による情報提供の適切性・妥当性を確認する。

以下分析のための条件設定を行う。各パラメータの設定について述べる。意見表明者は認知生活状況 θ の確率密度関数 $f(\theta)$ に初期分布を持ち、その分布は平均 m_0 分散 σ_0^2 の正規分布に従う。この際の平均と分散は $m_0=5$ $\sigma_0^2=1$ と設定する。回答者は情報 S_i を受けて、当該地域に対しての認知生活水準 θ を認知し直し、その認知に応じて支払い意思額 $\varphi(\theta)$ を表明する状況を想定している。この際のシグナル S_i は $N(S_i, \sigma_\varepsilon^2)$ を取り、 $S_i = 4$ とし、 $\sigma_\varepsilon^2 = 0.8, 0.5, 0.1, 0.01$ の4つの場合において分析を行うとする。またこの際の支払い意思額 $\varphi(\theta)$ は、以下の式で表されると定義する。

$$\varphi(\theta) = \alpha e^{\beta\theta} \quad (42)$$

これらの変数値の設定をまとめたものを表に示す

表-1 変数値

m_0	σ_0^2	θ'	α	β	σ_ε^2
5	1	4	1000	-0.25	0.01

(2) 数値分析の結果

数値分析の結果を以下に示す。設定した条件下で、シグナルの分散 σ_ε^2 と意見表明者数 (=情報提供者数) N を変化させた場合の結果を表に示している。 σ_ε^2 は人の特性の違い、情報収集・情報提供の際に生まれる誤差等から生まれる分散であると考えられる。よって情報提供や情報収集におけるアンケート調査の精度がどの程度意見の違いに影響するかを分析したい。また N を変化させることで意見表明者数に関わらず、本研究の有用性が成り立つかを分析したい。また正規確率分布 $N(\theta', \sigma_\varepsilon^2)$ に従って発生するシグナル S_i の値によって結果が多少左右されてしまうことから、20回の数値分析を実施し、その支払い意思額の平均値を結果として示している。

W_A は本研究による情報提供手法による期待支払い意思額平均額、 W_B は完全情報下において表明された期待支払い意思額、 W_C は本研究による情報提供手法によって得られた認知生活水準 $f(\theta)$ の全住民の平均の分布から算出された期待支払い意思額である。

$\sigma_\varepsilon^2=0.01$ の際、主体数 n を 2 人から 5 人まで変化させた場合の支払い意思額 W_A, W_B, W_C の平均を表-2, 図-3 に示す。また主体数 n が 5 人の際、意見表明者一人当たりの情報提供人数 i を 2 人から 5 人まで変化させた場合の支払い意思額の平均 W_A, W_B, W_C を表-3, 図-4 に示す。表-2 主体数に対する支払い意思額の平均 W_A, W_B, W_C

支払い意思額 (円)	W_A	W_B	W_C
主体数 (人)			
$n = 2$	367.508	367.765	367.376
$n = 3$	368.231	368.661	368.048
$n = 4$	368.073	368.618	367.892
$n = 5$	368.075	368.629	367.894

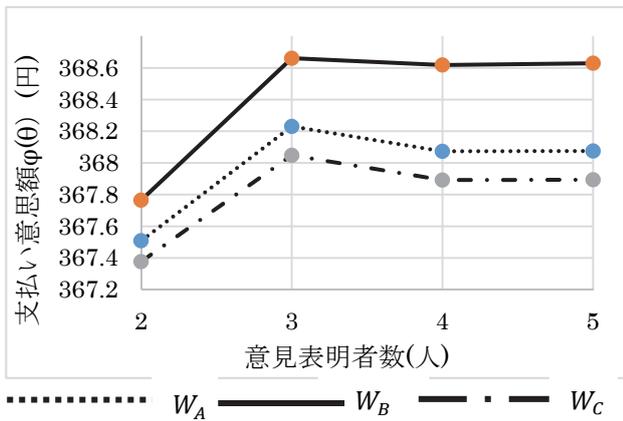


図-3 主体数に対する支払い意思額の平均 W_A, W_B, W_C

表-3 $n = 5$ の場合の回答者一人当たりの情報提供人数と支払い意思額の W_A, W_C の平均値の比較

支払い意思額 (円)	W_A	W_C
情報提供人数 (人)		
$i = 1$	367.312	367.109
$i = 2$	367.629	367.551
$i = 3$	367.744	367.699
$i = 4$	367.805	367.773
$i = 5$	367.836	367.827

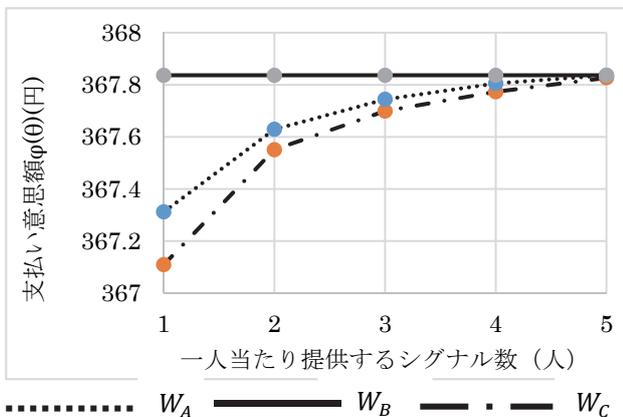


図-4 $n = 5$ の場合の回答者一人当たりの提供人数に対する支払い意思額 W_A, W_B, W_C の平均

(3) 数値分析の考察

モデル式上では一定の条件下において (σ_ε が σ_0 に比べて充分小さい場合、支払い意思額 $\varphi(\theta)$ が原点に向かって凸または線形の場合) $W_A \geq W_C, W_C \cong W_B$ が示されていたが、実際の数値分析においてもこれらの関係式が示されることが分かった。 W_A, W_B の大小関係については W_B の値が W_A と比較してより大きな値を示し、図-5 のように、 σ_ε^2 の値が大きくなるに従って差 $W_B - W_A$ は広がる。住民数を多くしてもシグナルの実現値が正規分布に従っている為、差は大きくは変化しない。よって情報収集段階や情報提供段階において、調査による誤差をできるだけ減らすことによって W_A と W_B の差は小さくなる、つまり本研究による情報提供を受けた後に表明された意見がより正確な値を示す。

よって数値分析上では本研究における情報提供により提供された情報を基に表明、収集した期待支払い意思額は、完全情報下により表明、収集した期待支払い意思額よりもわずかに低い値を示すことが示された。また意見表明者一人当たりに提供する情報提供人数 i を増加させた場合、 W_B, W_C は完全情報下において表明された期待支払い意思額 W_A の値に近づくことが示された。よって一人当たりに提供する、当該地域住民の人数を多くすることで、より真の支払い意思額が表明されると考えられる。しかし、回答者がアンケート調査によって受け取る情報量には限界があり、提供人数を多くすることによって誤差 σ_ε^2 が大きくなってしまふと考えられるが本研究ではその影響については考慮していない。今回数値分析で得られたデータを基に実証分析によって適切性・妥当性を示すことを今後の課題にしたい。

表-4 主体数に対する支払い意思額の差 $W_B - W_A$

σ_ε^2 の値	$\sigma_\varepsilon^2 = 0.01$	$\sigma_\varepsilon^2 = 0.1$	$\sigma_\varepsilon^2 = 0.5$	$\sigma_\varepsilon^2 = 0.8$
主体数 (人)				
2	0.257	3.183	7.742	11.591
3	0.431	4.286	12.220	19.432
4	0.545	4.796	14.737	23.820
5	0.554	5.007	15.856	23.920

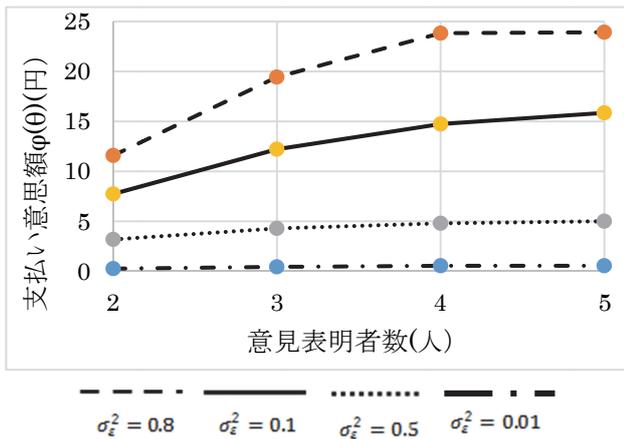


図-5 主体数に対する支払い意思額 W_A と W_B の差
5. おわりに

(1) 本研究のまとめ

本研究は、当該地域に関する「偏りのない(特定の回答に誘導することのない)」情報提供手法を提案し、その適切性・妥当性を確認することを目的として実施したものである。そのために、意見表明者の情報認識に関するモデルを構築し数値分析を行うことによって、提案した情報提供手法の適切性・妥当性を検証した。

モデル式を用いて解析的な検討を行なった結果、

- ① 情報提供者により得られた生活水準を数人ずつに分割し、それぞれ意見表明者に情報提供を行った上で表明された意見は、意見表明者全員に情報提供者全員の情報を提供した上で表明された意見とほぼ一致する。
- ② 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 σ_ϵ を小さくすることで本研究による情報提供により表明された意見と完全情報下で表明された意見の差は小さくなる。

という知見が得られ、また数値分析を行った結果、知見を支持する結果が得られることが確認できた。

また、数値分析の結果からは、

- ③ 本研究における情報提供手法において意見表明者一人当たり提供するシグナル(情報提供者の生活状況)が多くなるほど、表明された意見は完全情報下において表明された意見に近づく

という知見を得るとともに、数値分析を通して、設定した条件下では知見を支持する結果が得られることを確認した。これにより、「大きなコミュニティ」においても意見表明者に過大な情報処理を求めることなく、「偏りのない」情報提供とそれに基づいた住民全体の意見(コミュニティ)を把握し得ることが明らかとなった。

(2) 今後の課題

本研究では、地域交通計画における合意形成の際に用

いられるアンケートにおける情報提供手法を提案し、その情報提供の適切性・妥当性をモデル式を構築、数値分析を行うことで検証した。しかし、数値分析それも極めて限定された条件化におけるものにとどまっており、実際にアンケート調査を行い、得られたデータを分析するような実証分析には至っていない。よって今後の研究では、本研究の数値分析で得られたデータを参考にし、実証分析を行うことで本研究の情報提供手法の適切性・妥当性を実証する必要があると考えている。実証分析で本研究における情報提供手法の適切性・妥当性が確認されれば、最終的には社会的選択手法全体を構築したい。

以下の項では、モデル式の構築、数値分析、実証分析、社会的選択手法の構築の4つに分け、今後の課題述べる

モデルの構築に関する今後の課題(モデルの拡張すべき部分)を整理する。

- ① 情報提供者と意見表明者の関係性についての多様化
本研究において、情報提供者と意見表明者が一致している場合、情報提供者が当該地域住民、意見表明者が地域外の住民の場合においてモデルを構築している。しかし実際の状況においては意見表明者の一部が情報提供者と一致している場合等その他の状況も存在することから、これらの状況を考慮しうるようモデルを拡張する必要があると考えられる。

② シグナルの誤差 σ_ϵ と情報量の関係の明確化

本研究では主体が n 人の場合において、意見表明者一人当たり提供するシグナル数 i を変化させた場合の認知生活水準の正規分布の平均と分散を算出した。本研究において、シグナル数 i の値によらずシグナルの認識誤差 σ_ϵ は一定としている。しかし実際は意見表明者がアンケート調査において認知できる情報量には限界があり、シグナル数 i を増やすごとに一つのシグナルの情報量は低下し、その結果、認識誤差 σ_ϵ は大きくなると考えられる。

よって、シグナルの誤差 σ_ϵ と情報量の関係を定義し、それを盛り込んだモデルを構築する必要があると考えられる。

③ 支払い意思額 $\varphi(\theta)$ に関する異質性の考慮

本研究においては、認知生活状況 θ と支払い意思額とを関係づける関数 $\varphi(\theta)$ は意見表明者に関わらず同一としている。しかし、実際は意見表明者によって交通サービスの改善に関する価値認識は異なっており、回答者に対する支払い意思額が異なるという異質性を考慮したモデルを構築する必要があると考えられる。

また、支払い意思額において、本研究では認知生活水

準 θ のみに依存しているとしている。しかし実際は、意見表明者の財政状況によっても回答が影響を受ける可能性が大いに考えられ、支払い意思額以外に意見を表明できるような手法に関しても検討する必要があると考えられる。

数値分析に関しての今後の課題を整理する。

① 支払い意思額 $\varphi(\theta)$ を変化させた場合の影響について

本研究では支払い意思額関数 $\varphi(\theta)$ を $\varphi(\theta) = 1000/e^{0.25x}$ と特定した下で、分析を行った。しかし、支払い意思額関数 $\varphi(\theta)$ は個人により、あるいは代替案や地域特性等によっても異なり、それが結果に影響する可能性が大いに考えられる。

よって今後は、支払い意思額 $\varphi(\theta)$ を変化させた場合の影響についての分析を行う必要があると考えられる。

② 情報提供者と意見表明者が一致しない場合の分析

本研究で行った数値分析は、情報提供者と意見表明者が完全に一致している状況を仮定している。しかし実際は、情報提供者が当該地域住民、意見表明者が地域外の住民の場合、情報提供者が当該地域住民、意見表明者が同地域の別住民の場合、を始め様々な状況が存在しており、これらの違いが結果に影響すると考えられる。

よって今後は、情報提供者と意見表明者が完全に一致していない状況においても分析を行う必要があると考えられる。

今後、本研究で構築したモデルと、数値分析の結果を参考にし、実証分析を行い実際の社会においても同様に成り立つかどうかを検証したいと考えている。しかし、完全情報下は全員が全員の状況を知っている状態であるが、実際の社会においては回答者が受け取れる情報量に限界があり、完全情報下を作りだすことが不可能であるので、それに代替する実証分析手法を提案する必要がある。また、本研究では情報収集、情報提供の具体的な手

法が定義されていない。

よってどのようなアンケート、設問で情報収集者から生活水準を聞くか、どのような情報に加工して意見表明者に提供するか定義する必要がある。

本研究の情報収集・情報提供手法の有用性が確認できれば、それを一段階として社会的選択手法の構築へと発展させたいと考えている。本研究において大幅に簡略化している、情報収集段階、代替案評価段階においても適切な手法を構築することによって、最終的には本研究の情報提供方法を利用した社会的選択のプロセスを完成したい。

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：提案した地域公共交通計画手法論の実証展開，地域公共交通と連携した包括的な生活保障のしくみづくりに関する研究報告書 p.123-131，H24.3月
- 3) 喜多秀行・岸野啓一・今井正徳・岡田敬：地域公共交通計画策定の実証的研究～奈良県生駒市の例に基づく考察～，土木学会論文集 D3 Vol.68, No. 5
- 4) 田中詢紀・喜多秀行・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：土木計画学研究論文集, Vol.49, No.136, CD-ROM, 2014
- 5) 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，土木計画学研究・論文集, Vol.68, No.5, 2012年9月
- 6) 織田澤利守・山田昌和：情報の外部性を考慮した災害避難意思決定モデルとその厚生分析，土木計画学研究・講演集, Vol. 34, No. 77, CD-ROM, 2006.
- 7) Chridtophe P.Chamley: Rational Herds Economic Models of Social Learning , pp 23-26, 2003

On Survey Techniques of Mutual Mind under the Un-biased Recognition about the Actual State of the Area

Junki TANAKA, Toshimori OTAZAWA and Hideyuki KITA

When it comes to the consensus building of local transportation plan, The people who express their opinions are only one part of the residents or the opinions are based on some specific areas which cannot be applied to other parts. His research aims to define and suggest an 'impartial (not try to lead to one specific answer) way of providing information about the region to the people who state their opinions to the questionnaires about local transportation plan. The ideal way of providing information in this research that the people who express their opinions know about the living condition of all the residents well. herefore, this research suggests that we divide the residents into several people, and let them give the information of their living condition to the people who express opinions. We built the model formula and did numerical analysis to conform the appropriateness and the suitability. By these two analysis it proved that 'the opinions by the people who knew others' living condition' and 'the opinions based on the way this research suggests' were same, and the usefulness of this method was conformed on the model formula too.