

複数の評価主体を統合したファジィ AHP 手法 と合意形成支援への適用

福島 宏文¹・岸 邦宏²・佐藤 馨一³

¹正会員 土木研究所 寒地土木研究所 地域景観チーム (〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34)

E-mail: fukushima-h2ym@ceri.go.jp (Corresponding Author)

²正会員 北海道大学教授 大学院工学研究院 (〒060-8628 札幌市北区北 13 条西 8 丁目)

E-mail: kishi@eng.hokudai.ac.jp

³フェロー会員 北海道大学名誉教授

本研究では、公共事業の合意形成プロセスに複数の関係者が参加する場合において、問題の構造の理解や、意思決定の決着を支援することを目的に、複数の評価主体を統合した代替案評価を可能とするファジィ AHP 手法を提案した。ファジィ AHP による代替案の評価得点は、非加法性測度であるため、異なる評価主体による評価得点の比較については慎重な解釈が必要であるが、複数の評価主体の意見を評価基準のレベルで統合することで、この課題に対応した。また、この評価手法を用いた合意形成支援の手順を示し、JR 札沼線の路線存廃問題を対象としたケーススタディを行い、支援モデルの有用性を検証した。

Key Words: *fuzzy AHP, consensus building, group decision making process, Maximin strategy*

1. はじめに

公共事業はその公益性から、最終的な意思決定においてすべての人々がその便益を享受でき、不利益を被らない判断が最適であることは言うまでもない。しかし、現実には多種多様な主体が存在し、お互いの価値観の相違や利害対立等から、すべての面で満足のいく意思決定を行うことは極めて困難であり、意思決定者の責任に基づく決定や地域や住民の許容、妥協等により何らかの決定がなされているのが現状である。

また、昨今は、少子高齢化の進展など人口構造の変化に対応した地域連携を支援するための交通ネットワーク整備や、気候変動に対応し、あらゆる関係者が協働して水災害対策を行う「流域治水」の考え方の導入など、公共事業があつかう区域が、行政界をまたぐような広域を対象とする施策が展開されている。

本研究では、このような状況を踏まえ、複数自治体をまたぐような広域的な公共事業を念頭に、あらゆる関係者が課題解決の議論や合意形成プロセスに参加する場合において、問題の構造の理解や、意思決定の決着を支援することを目的に、複数主体を統合した評価を可能としたファジィ AHP を提案し、ケーススタディを行う。

2. AHP による合意形成へのアプローチ

現実の公共事業において意思決定するにあたっては、複数の評価主体の合意形成をいかにに行い意思決定するかということが問題となる。

公共事業の分野においては、様々な意思決定手法が提案されているが、意思決定のプロセスをモデル化する手法として、AHP (Analytic Hierarchy Process) に着目した研究が行われてきた。

AHP は、T.L.サーティーによって提案されたもので、問題の階層化から最終決定までの手順が体系化されている。「ゲーム感覚意思決定法」(刀根薫 1986)¹⁾では、AHP のグループにおける適用方法として、メンバー全員で一対比較の値を決定しコンセンサスを得る方法と、メンバー全員の同意が得られない場合として各人の一対比較値の幾何平均を集団の一対比較値として集計化する方法を紹介している。

しかし、複数の評価主体の一対比較値を集計化する方法は、集団の意見が両極端に分かれた場合や、個人の意見がバラバラに散らばっている場合に、全体の平均値と個人の意思とがかけ離れてしまう問題が生じることが指摘されている²⁾。これに対応する方法として、個々の

評価主体の評価基準値を類似度によって、いくつかのグループに分けた上で意思決定の判断材料とする方法や、調査結果を評価主体にフィードバックし再調査する方法、代替案の長所や短所に注目し、代替案を再考する方法など、意思決定プロセスを調整する方法が提案されている。

また、山田らは「集団区間 AHP 法」として、各評価者に区間値として申告した一対比較値行列を元に集団として整合性の高い一対比較行列を導出する方法を提案している³⁾。また、中西らは「集団意思決定ストレス法」として、評価者の格付けを行い、評価者の不満の総和を最小化する集団案を数理計画法によって導く方法を提案している⁴⁾。

一方、筆者らは、代替案評価にファジィ測度の考え方を取り入れた AHP 手法（以下、ファジィ AHP）の集団意思決定への適用性を検討してきた。ファジィ AHP は、代替案の持つ得点の内、高得点や低得点に注目したより主観的な評価値を意思決定者に示すことができる。1997 年には、ファジィ AHP による評価値をゲーム理論の利得として意思決定問題のモデル表現を行った⁵⁾。2002 年には、ファジィ AHP による評価値をマックス・ミニ評価で表し、ある代替案に対する各評価主体の評価結果の最小値を複数の評価主体の「統合的評価」とする方法を提案している⁶⁾。いずれの方法も、各主体による代替案のレベルの評価値を算出し、それを元に意思決定をするアプローチを取っているが、本研究では、複数主体を評価基準のレベルで統合し、ファジィ AHP の評価得点の代表値を算出する方法について提案を行う。

3. ファジィ測度を用いた AHP 手法

通常の AHP に対し、ファジィ測度を用いて拡張した評価方法（以下ファジィ AHP）が提案されており、以下のような特徴を持つ。

- ・従来の平均的な評価に加え、ファジィ理論における非加法性測度である可能性測度と非加法性測度を用いることにより、代替案の持つ得点の内、高得点や低得点に注目した評価値を意思決定者に示すことができる。
- ・通常の AHP の加法的ウェイトの場合の項目間の独立性が緩和され、類似した評価基準の追記による順位の逆転現象が改善される。

ここでは、評価主体が単独の場合の従来のファジィ AHP の概説を行う。また、評価値算出の図形的解釈を整理して示す。

(1) ファジィ測度

ある集合 X を考えた場合、 X の部分集合 A, B などを区間 $[0, 1]$ の数値に対応付ける関数 g が、次の条件を満たすとき、ファジィ測度という。

- i) $g(\emptyset) = 0, g(X) = 1$
- ii) $A \subset B$ ならば $g(A) \leq g(B)$
- iii) $A_1 \subset A_2 \subset \dots$ あるいは $A_1 \supset A_2 \supset \dots$ ならば
$$\lim_{n \rightarrow \infty} g(A_n) = g(\lim_{n \rightarrow \infty} A_n)$$

また、条件 ii) から、 $A \cup B$ と $A \cap B$ とに関して、次の関係が成り立つ。

- iv) $g(A \cup B) \geq \max(g(A), g(B))$
- v) $g(A \cap B) \leq \min(g(A), g(B))$

iv) において、下限になるファジィ測度 g を Π とし、これを可能性測度と定義する。同様に v) の上限となるファジィ測度 g を N とおき、これを必然性測度と定義する。すなわち、

$$\Pi(A \cup B) = \max(\Pi(A), \Pi(B)) \quad ; \quad \forall A, B \subseteq X$$

$$N(A \cap B) = \min(N(A), N(B)) \quad ; \quad \forall A, B \subseteq X$$

となる。

(2) 説明可能度

通常の AHP においては、一対比較のマトリクスを M 、とすると、

$$(M - \lambda I)W = 0 \quad , \quad \sum w_i = 1$$

から M の最大の固有値 λ_{max} とそれに対応した固有ベクトル W を評価要因のウェイトとして求めることになる。

ファジィ AHP においては、評価要因の一対比較により得られたウェイトをファジィ測度ととらえ、最大の評価要因の重みを 1 に正規化し、説明可能度として使用する。評価要因の説明可能度 E は、以下の式により最大の固有値 λ_{max} に対応した固有ベクトルとして得られる。

$$(M - \lambda I)E = 0 \quad , \quad \max(e_i) = 1$$

ファジィ AHP では、説明可能度を「評価基準 x_i が上位目的を説明できる度合い」と定義する。

説明可能度 = 1.0 とは、その評価が上位目的を完全に説明できることを示す。

説明可能度 = 0.1 とは、その評価が上位目的を 0.1 の度合いで説明できることを示す。

ファジィ測度を適用すれば、得点の低い評価基準を高い評価基準が代替することや、逆に高い評価基準を低い評価基準で補完することも可能であり、これによりショケ積分では、非加法的に代替案の評価得点の計算を行うことが可能である。その評価要因の代替・補完を、評価得点の高いものを適用するか低いものを適用するか、あるいは平均値を使うかにより、次節で示す U 評価、L 評価、N 評価の評価得点が算出される。

(3) ファジィ AHP の定式化

説明可能度を用い、ショケ積分により求められるファジィ AHP による評価得点は、以下の式であらわされる。

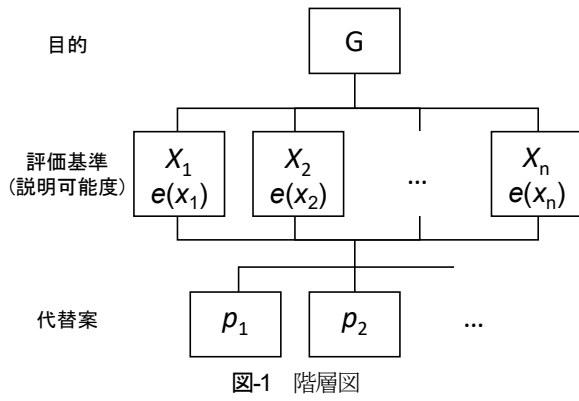


図-1 階層図

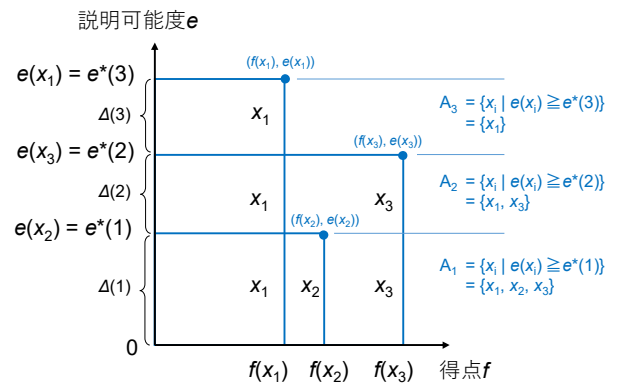


図-2 説明可能度 e と得点 f の関係 (評価基準 x の数 $n=3$ の場合の概念図)

$$U = \sum_{j=1}^n \Delta(j) \cdot \max_{x \in A_j} f(x)$$

$$N = \sum_{j=1}^n \Delta(j) \cdot \text{mean } f(x)$$

$$L = \sum_{j=1}^n \Delta(j) \cdot \text{mix } f(x)$$

ここで

U : U評価の評価得点 (Upper評価・長所重視的の評価)

N : N評価の評価得点 (Normal評価・平均的の評価)

L : L評価の評価得点 (Lower評価・短所重視的の評価)

n : 評価基準の数

x_i : i 番目の評価基準

$f(x_i)$: 代替案の評価基準 x_i の得点

$e(x_i)$: 評価基準 x_i の説明可能度

$E = \{e(x_1), e(x_2), \dots, e(x_n)\}$: 説明可能度 $e(x_i)$ の集合

$$E^* = \left\{ e^*(j) \mid \forall e^*(j) \in E; e^*(j) \geq e^*(j-1), e^*(0) = 0 \right\}$$

: 昇順に並べ替えた E

$$\Delta(j) = e^*(j) - e^*(j-1)$$

$$A_j = \{x_i \mid e(x_i) \geq e^*(j)\}$$

: 説明可能度が $e^*(j)$ 以上となる評価基準 x_i の集合

(4) ファジィ AHP の図形的解釈および意思決定の立場

前節でファジィ AHP の定式化を示したが、評価得点の算出方法の理解のため、図形的解釈を行う。

図-2、図-3 は評価基準の数が 3 の場合の評価得点算出の概念を示したものである。

ef 平面上に、すべての評価基準の説明可能度と得点をプロットし、座標軸に垂線をおろす。 $\Delta(1) \sim \Delta(3)$ の各層において、得点 f の最大値で面積を集計した場合が U 評価、最小値の場合が L 評価、平均値の場合が N 評価となる (図-3)。

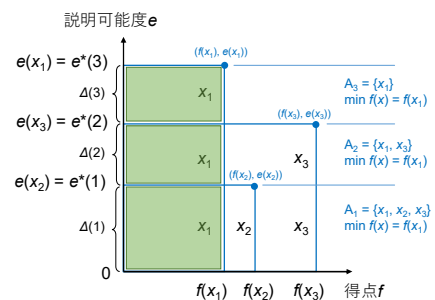
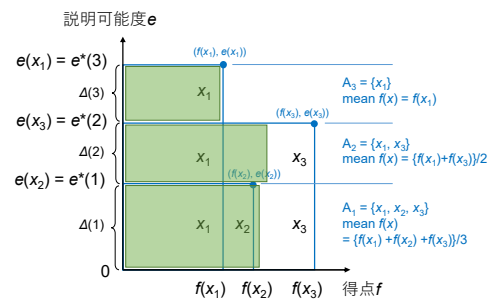
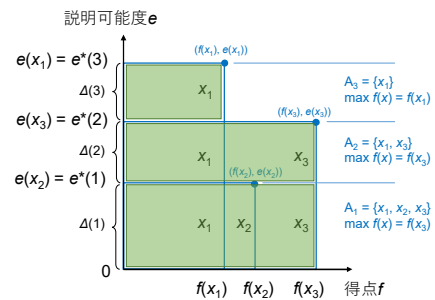


図-3 ファジィ AHP による評価得点の算出イメージ (上から、U 評価、N 評価、L 評価)

表-1 は、ファジィ AHP の評価の種別と意思決定の主観的な立場の表現等の対応を解釈し整理したものである。

ファジィ AHP で扱う対象によって、対応する表現は変わってくる。例えば、学力試験では、複数科目得点の「バランスを重視」したり、逆に 1 科目の得点が高いことに重きを置き「個性を重視」したりする。また、本研究であつかうような公共事業の意思決定など複数の主体がかかわる場合などは、短所を重視し「消極的な」「慎

重な」「悲観的な」「保守的な」が対応し、民間事業などでリスクを許容する場合は逆に良い評価を重視する「積極的な」「大胆な」「楽観的な」「冒険的な」という表現が対応する。

表-1 ファジィ AHP の各評価に対応する表現

ファジィ測度	必然性測度	可能性測度
ファジィ AHP の評価	L 評価	U 評価
評価方法	短所重視的評価	長所重視的評価
	補完的	代替的
	バランス重視	個性重視
	消極的な	積極的な
意思決定の立場に対応する表現	慎重な	大胆な
	悲観的な	楽観的な
	保守的な	冒険的な
	悪い点がないことを評価	よい点があることを評価
	確実性重視	可能性重視

・N評価は、U評価とL評価の中間的評価

※文献7を参考に整理

4. ファジィ AHP による複数評価主体の統合評価方法

3.(1)で示した通り、ファジィ AHP であつかうファジィ測度は、非加法性測度であり、集合の包含関係により値の大小が対応する。そのため、異なる評価主体による評価得点を比較することは慎重に解釈する必要がある。

本章では、この問題に対応するため、複数の主体の意見を評価基準のレベルで統合し、ファジィ AHP の評価得点の代表値を算出する方法について提案を行う。

(1) 評価主体が2者の場合の統合評価方法の定式化

a) 図形的解釈

3.(4)で示したファジィ AHP の e_f 平面による図形的解釈を拡張し、評価主体が2者の場合について考える。

図-4は、評価主体が異なる2つの e_f 平面を f 軸で結合し、 e_1 - e_2 - f 三次元空間で表現したものである。

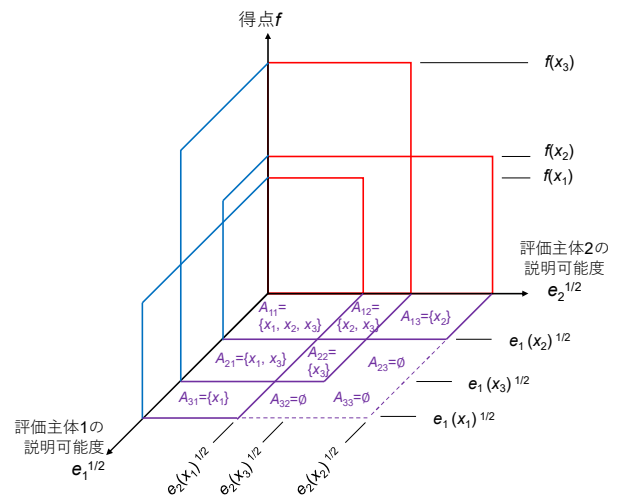


図-4 説明可能度 e_1 および e_2 と得点 f の関係 (評価基準 x の数 $n=3$ の場合の概念図)

すべての評価基準の説明可能度 e_1, e_2 を e_1 - e_2 平面にプロットし、座標軸への垂線で分割される各領域について、属する評価基準 x_i を A_{jk} として対応させる。

図-5 で示す通り、 A_{jk} を対応させた各領域を底面とし、得点 f の最大値を高さとした直方体の体積を集計した場合が U 評価、最小値の場合が L 評価、平均値の場合が N 評価となる。

ただし、説明可能度 e_1, e_2 の座標軸については、平方根軸としている。これは 3. で定式化した、評価主体が単独の場合の評価得点と整合をとるため、説明可能度 e の差分 Δ の積のディメンジョンを 1 次元に統一したものである。これにより、 e_1 の評価主体と e_2 の評価主体が完全に一致した場合に、評価主体が単独の評価得点と一致することになる。

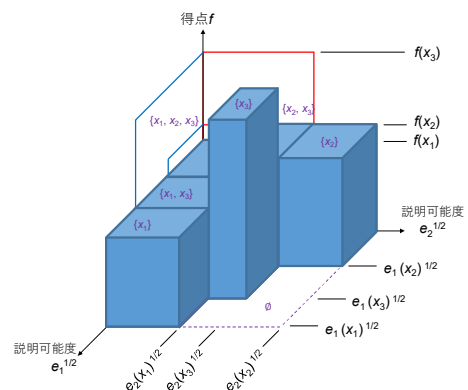
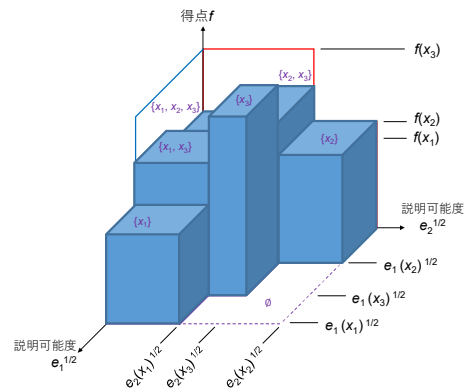
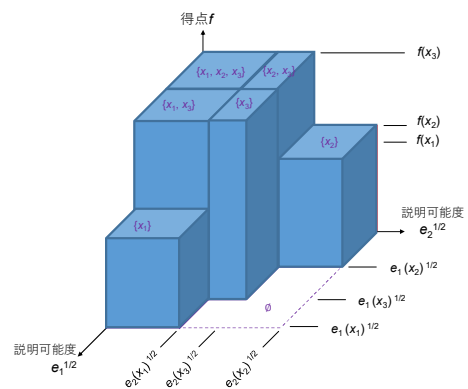


図-5 評価主体が2者の場合のファジィ AHP による評価得点の算出イメージ (上から、U評価、N評価、L評価)

b) 定式化

a)で整理した概念図をもとに、評価主体が2者の場合のファジィ AHP の定式化を行う。

$$U = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \Delta_1(j)\Delta_2(k) \cdot \max_{x \in A_{jk}} f(x)$$

$$N = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \Delta_1(j)\Delta_2(k) \cdot \text{mean}_{x \in A_{jk}} f(x)$$

$$L = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \Delta_1(j)\Delta_2(k) \cdot \min_{x \in A_{jk}} f(x)$$

ここで、

$e_1(x_i), e_2(x_i)$: 評価主体 1 及び 2 の x_i の説明可能度

$$E_1 = \{e_1(x_1), e_1(x_2), \dots, e_1(x_n)\}$$

$$E_2 = \{e_2(x_1), e_2(x_2), \dots, e_2(x_n)\}$$

$$E_1^* = \{e_1^*(j) | \forall e_1^*(j) \in E_1; e_1^*(j) \geq e_1^*(j-1), e_1^*(0) = 0\}$$

$$E_2^* = \{e_2^*(k) | \forall e_2^*(k) \in E_2; e_2^*(k) \geq e_2^*(k-1), e_2^*(0) = 0\}$$

$$\Delta_1(j) = \sqrt{e_1^*(j)} - \sqrt{e_1^*(j-1)}$$

$$\Delta_2(k) = \sqrt{e_2^*(k)} - \sqrt{e_2^*(k-1)}$$

$$A_{jk} = \{x_i | e_1(x_i) \geq e_1^*(j) \wedge e_2(x_i) \geq e_2^*(k)\}$$

: 説明可能度が $e_1^*(j), e_2^*(k)$ 以上となる x_i の集合

(2) 評価主体が複数の場合の統合評価方法の定式化

評価主体が 2 者の場合の考え方を拡張し、評価主体の数が m の場合について示す。

a) 図形的解釈

説明可能度 $e_1 \sim e_m$ の m 乗根を座標軸とした m 次元空間において、 n 個 (n は評価要因の数) の m 次元超直方体により分割される空間領域のそれぞれに対し、属する評価基準 x_i の得点 f の最大値、平均値、最小値を集計することで、 U, N, L 評価の評価得点となる(図-6, 図-7)。

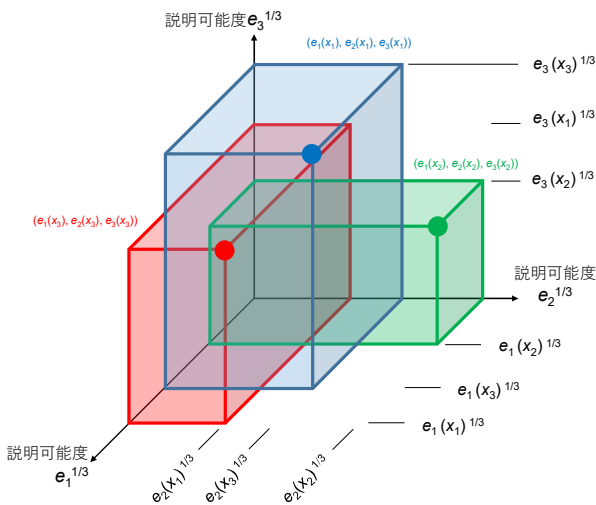


図-6 説明可能度 $e_1 \sim e_3$ の関係 (評価主体数 $m=3$ 、評価基準数 $n=3$ の場合の概念図)

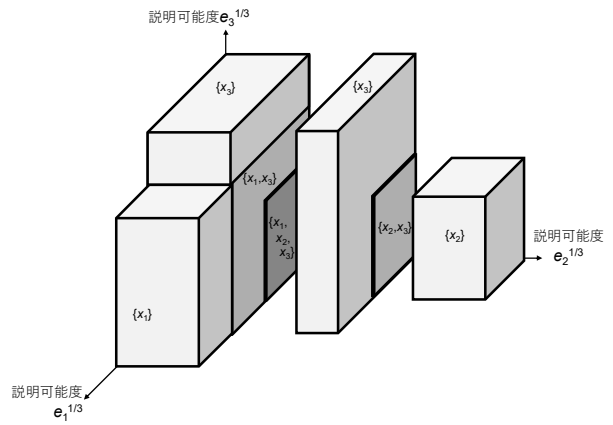


図-7 m 次元超直方体により分割される領域のイメージ

b) 定式化

定式化すると以下の通りとなる。

$$U = \sum_{j_1=1}^n \sum_{j_2=1}^n \dots \sum_{j_m=1}^n \Delta_1(j_1) \dots \Delta_m(j_m) \cdot \max_{x \in A_{j_1, \dots, j_m}} f(x)$$

$$= \sum_{\substack{1 \leq j_k \leq n \\ 1 \leq k \leq m}} \prod_{h=1}^m \Delta_h(j_h) \cdot \max_{x \in A_{j_1, \dots, j_m}} f(x)$$

$$N = \sum_{\substack{1 \leq j_k \leq n \\ 1 \leq k \leq m}} \prod_{h=1}^m \Delta_h(j_h) \cdot \text{mean}_{x \in A_{j_1, \dots, j_m}} f(x)$$

$$L = \sum_{\substack{1 \leq j_k \leq n \\ 1 \leq k \leq m}} \prod_{h=1}^m \Delta_h(j_h) \cdot \min_{x \in A_{j_1, \dots, j_m}} f(x)$$

ここで、

m : 評価主体の数

$e_h(x_i)$: h 番目の評価主体による評価基準 x_i の説明可能度

$$E_h = \{e_h(x_1), e_h(x_2), \dots, e_h(x_n)\}$$

$$E_h^* = \left\{ e_h^*(j) \mid \begin{array}{l} \forall e_h^*(j) \in E_h; \\ e_h^*(j) \geq e_h^*(j-1), e_h^*(0) = 0 \end{array} \right\}$$

$$\Delta_h(j) = \sqrt[m]{e_h^*(j)} - \sqrt[m]{e_h^*(j-1)}$$

$$A_{j_1, \dots, j_m} = \{x_i \mid \bigwedge_{h=1}^m e_h(x_i) \geq e_h^*(j_h)\}$$

5. 評価主体統合ファジィ AHP による合意形成支援モデルの提案

これまでの集合合意形成手法は、複数の主体の意見を集約することで全体の代表値を求め、評価を行うことが中心となってきた。2.で述べたメンバー全員でコンセンサスを得る方法や幾何平均により集計化する方法は、まさにこの方法で、多数派の意見が結論に反映されることになる。

4.で示した評価主体統合ファジィ AHP による評価は、異なる主体の評価要因の重要視の度合いを対等に扱い統合し評価を行う。

公共事業においては、事業者や他の利害関係者が直面するリスクを最小限に抑えつつ、可能な限り多くのメリットを得ることを目指すこと、すなわちマキシミン戦略による選択を基本に合意形成を図ることが求められる。

確実性を重視しリスクを最小化する L 評価の得点が最大となる代替案を選択した場合、マキシミン戦略に相当するとし、評価主体統合ファジィ AHP 活用し合意形成を支援するプロセスを提案する。

- ① 調査実施者は、対象とする事業について AHP 評価の階層図を定め、事業等の対象地域や利害関係者等にアンケート調査を実施。
- ② 実際に問題となっている具体の状況や回答者の意向を整理し、いくつかの評価主体グループに分類しアンケート結果を集計。
- ③ 各評価主体における評価基準の重要度（説明可能度）の類似度等を参考に、協調・対立の関係性を把握。
- ④ 特に対立している評価主体について、評価主体統合ファジィ AHP による評価値を算出。
- ⑤ 統合した U, N, L の 3 つの評価得点の内、L 評価の結果を統合した評価主体全体のマキシミン戦略による選択結果とし、確実性を重視した「望ましい案」として合意形成を図る。

6. 評価主体統合ファジィ AHP による合意形成支援のケーススタディ

5. で示した合意形成の手順について、JR 札沼線の路線存廃問題を対象としたケーススタディを行い、有用性を検証する。

(1) 札沼線における検討の経緯

札沼線は全通時点では、札幌市桑園駅から沼田町の石狩沼田駅を結ぶ線区であったが、新十津川駅～石狩沼田駅間が 1972 年に廃止、北海道医療大学駅～新十津川駅間が JR 北海道により「当社単独では維持することが困難な線区」とされ、2020 年に廃止された(図-8)。

この内、北海道医療大学駅～新十津川駅間の廃止に当たっては、沿線の当別町、月形町、浦臼町、新十津川町の 4 町において、数回にわたり「札沼線沿線 4 町長意見交換会」を実施するなど積極的な議論がなされた。

2017 年 4 月 21 日に実施された第 1 回では、鉄道の存続という意見を堅持していたものの、2017 年 11 月 13 日に実施された第 5 回では、住民の利用状況を客観的データに基づいて分析した結果、現状のまま鉄道を維持することは困難だと町長らが判断し、バス転換も含めた最適な公共交通の在り方について検討することとなった。そして、より具体的な方向性を示すため、2018 年 1 月 16 日に「札沼線沿線まちづくり検討会議」が発足し、JR 北

海道も交えた協議が進められ、同年 12 月 20 日の第 5 回検討会議において、JR 北海道と沿線 4 町が同区間の廃止について合意するに至った。



図-8 札沼線

(2) 沿線 3 地域への鉄道存廃に関する意識調査

本研究はケーススタディとして、既存研究⁸⁾で行った意識調査のデータを用いて分析を行う。札沼線沿線の月形町、浦臼町、新十津川町において、投函配布・郵送回収方式で意識調査を実施した。調査日、調査票回収率等を表-2 に示す。

表-2 意識調査概要

調査地域	月形町 (石狩月形駅)	浦臼町 (浦臼駅)	新十津川町 (新十津川駅)
調査日	2017/12/26	2017/12/26	2018/1/5
配布部数	294	200	200
配布票数	588	400	800
回収率(部数)	25.5%	25.0%	37.3%
回収率(票数)	18.9%	18.8%	29.1%

調査票では、「個人属性」、「交通行動」に加え、サービスレベルの変化に伴う満足度・不満足度、鉄道路線存廃についての意見を尋ねた。さらに、鉄道に限らず公共交通を維持していく上で、どの評価要因が重要だと考えるか、図-9 の評価要因 1 及び 2 について一対比較による調査を実施した。

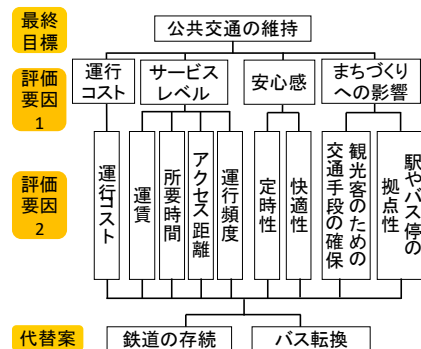


図-9 ケーススタディにおける AHP 階層構造

(3) 沿線3地域の評価主体の設定

鉄道の存廃について5段階評価で意見を尋ねた(図-10)。3地域とも「バス転換してもしようがないと思う」と回答した人が最も多く、「バス転換すべきだと思う」の回答と合わせるとバス転換派が過半数である。この3地域の中では浦臼町において、鉄道の存続に対する意向が高く、鉄道存続派は37%である。

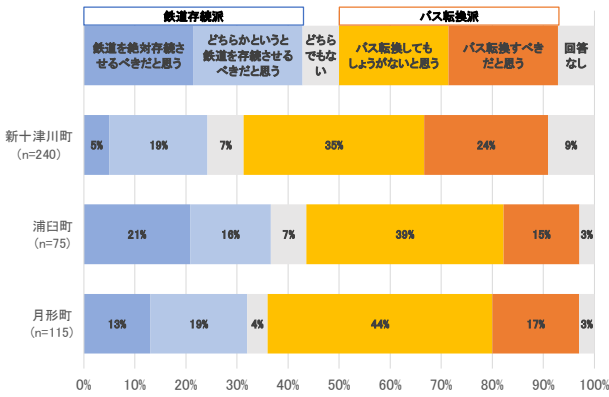


図-10 鉄道の存廃についての意見

ファジィ AHP による分析に当たっては、この鉄道の存廃についての意見を元に、評価主体を設定した。3地域のそれぞれについて、「鉄道を絶対存続させるべきだと思う」と「どちらかという鉄道を存続させるべきだと思う」の回答者を「鉄道存続派」とし、「バス転換すべきだと思う」と「バス転換してもしようがないと思う」の回答者を「バス転換派」とする、合計6つの評価主体に整理し、一対比較の整合度があるもの(CI<1.5)により分析を行った(表-3)。

6つの評価主体それぞれの、評価要因の説明可能度と代替案の得点は、表-4、表-5の通り。

表-3 AHP 分析に用いた評価主体とデータ数

	新十津川町	浦臼町	月形町
鉄道存続派	17	9	12
バス転換派	41	13	15

表-4 評価要因の説明可能度

L1	運行コスト	サービスレベル				安心感		まちづくりへの影響	
L2	運行コスト	運賃	所要時間	アクセス距離	運行頻度	定時性	快適性	観光客のための交通手段の確保	駅やバス停の拠点性
新十津川町	鉄道存続派	0.510	0.847				0.852		1.000
	バス転換派	1.000	0.665	0.793	0.793	1.000	0.706	1.000	0.880
浦臼町	鉄道存続派	0.882	1.000				0.975		0.662
	バス転換派	1.000	1.000	0.713	0.593	0.878	0.759	1.000	0.717
月形町	鉄道存続派	0.430	0.476				0.412		1.000
	バス転換派	1.000	1.000	0.641	0.621	0.873	0.688	1.000	0.982
新十津川町	鉄道存続派	0.635	0.964				0.766		1.000
	バス転換派	1.000	0.668	0.677	0.715	1.000	0.592	1.000	1.000
浦臼町	鉄道存続派	0.846	0.776				1.000		0.644
	バス転換派	1.000	0.882	0.732	0.568	1.000	0.622	1.000	0.674
月形町	鉄道存続派	1.000	0.559				0.651		0.596
	バス転換派	1.000	0.823	0.789	0.699	1.000	0.586	1.000	0.827

表-5 代替案の評価基準の得点

	運行コスト	サービスレベル				安心感		まちづくりへの影響	
	運行コスト	運賃	所要時間	アクセス距離	運行頻度	定時性	快適性	観光客のための交通手段の確保	駅やバス停の拠点性
新十津川町	鉄道存続	0.143	1.000	1.000	0.200	0.333	1.000	1.000	1.000
新十津川町	バス転換	1.000	1.000	0.333	1.000	1.000	0.200	0.200	0.333
浦臼町	鉄道存続	0.143	1.000	1.000	0.200	0.333	1.000	1.000	1.000
浦臼町	バス転換	1.000	1.000	0.333	1.000	1.000	0.200	0.200	0.333
月形町	鉄道存続	0.143	1.000	1.000	0.200	0.333	1.000	1.000	1.000
月形町	バス転換	1.000	1.000	0.333	1.000	1.000	0.200	0.200	0.333

(4) 沿線3地域のファジィ AHP による分析

沿線3地域の鉄道存続派・バス転換派の2つの評価主体について、それぞれの主体と、主体を統合した場合についてファジィ AHPによる評価を行った(図-11)。

a) 新十津川町

鉄道存続派は、N評価とL評価において「鉄道存続」の代替案が優位、U評価では、2つの代替案の得点が同一となった。

バス転換派では、鉄道廃止を容認しているにもかかわらずN評価において、「鉄道存続」の代替案が優位となった。短所重視評価であるL評価においては意向通り「バス転換」の代替案が優位となっている。このことから、バス転換派は、「悲観的」「確実性重視」といったスタンスであることが窺える。

鉄道存続派とバス転換派を統合した場合、マキシミン戦略となるL評価で「バス転換」の代替案が優位となった。新十津川町としては、「バス転換」を望ましい案として進める。

b) 浦臼町

鉄道存続派は、新十津川町と同様、N,L評価において「鉄道存続」が優位、U評価では、2つの代替案の得点が同一となった。

また、バス転換派においても新十津川町と同様、N評価では「鉄道存続」が優位となり、L評価では「バス転換」が優位となった。短所重視の立場が窺える。

鉄道存続派とバス転換派を統合した場合、L評価で「鉄道存続」の代替案が優位となった。

図-9で示した通り、バス転換派が多数派である中、鉄道存続が上位となったことや、他地域との意見の違いを踏まえた調整が求められる。

c) 月形町

鉄道存続派は、U,N,L評価ともに「鉄道存続」の代替案が優位となった。バス転換派についても、3つの評価ともに「バス転換」の代替案が優位となった。

鉄道存続派とバス転換派を統合した場合、マキシミン戦略となるL評価で「バス転換」の代替案が優位となった。月形町としては、「バス転換」を望ましい案として進める。

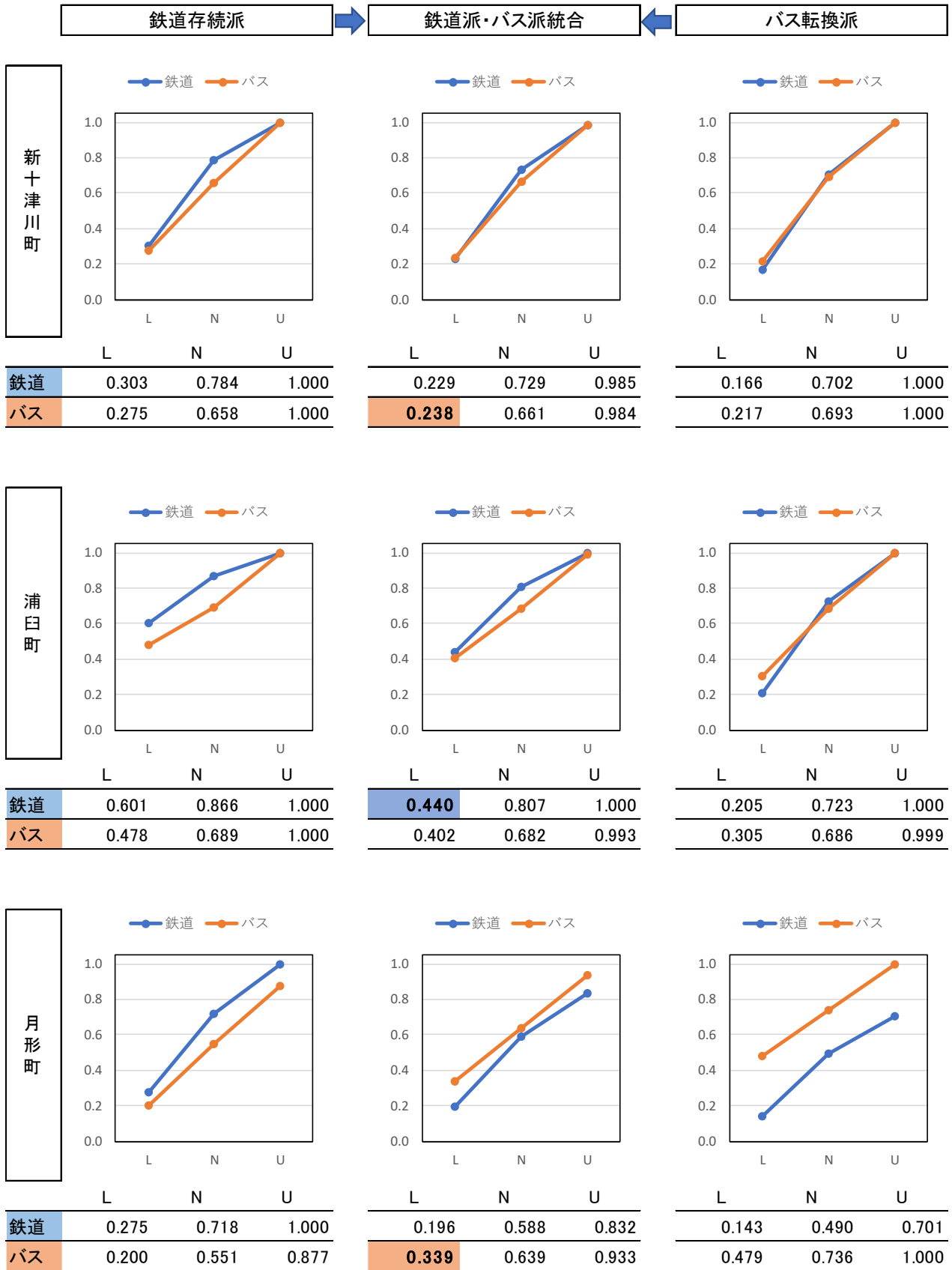


図-11 沿線3地域におけるファジィ AHP の評価結果

(4) 評価主体間の対立構造の確認

沿線 3 地域それぞれの望ましい案が一致しないことから、路線全体での合意形成方法を探る必要がある。議論の対象となる問題構造を明確にするため、各主体の評価基準（評価要因 1 のレベル）の説明可能度の類似度により意見の隔たりの把握を行った。

類似度の算出は、コサイン類似度によった（表-6）。コサイン類似度は、2 つのベクトルの類似度を表す尺度で、2 つのベクトルがなす角のコサイン値のこと。[-1, 1] の区間の値をとり、1 に近ければ似ていることになる。

表-6 各評価主体間の説明可能度によるコサイン類似度

新十津川町	鉄道 存続派					
	0.953	バス 転換派				
浦臼町	0.955	0.858	鉄道 存続派			
	0.994	0.965	0.953	バス 転換派		
月形町	0.953	0.997	0.859	0.958	鉄道 存続派	
	0.898	0.960	0.858	0.918	0.965	バス 転換派

3 つのそれぞれの地域内において、鉄道存続派とバス転換派の間での、類似度は大きな開きは無かった。

6 つの評価主体の間で、説明可能度の類似度に比較的开きがあったのは、

- ・浦臼町鉄道存続派－新十津川町バス転換派
- ・浦臼町鉄道存続派－月形町バス転換派

であった。

この類似度に関きがあった、浦臼町鉄道存続派、新十津川町バス転換派、月形町バス転換派の 3 つの評価主体は、それぞれ自身の地域の望ましい案の推進派となっていた。

(5) 沿線 3 町全体としての評価結果

コサイン類似度による対立状況を踏まえ、3 つの町の、マキシミン戦略の推進派の 3 者（浦臼町鉄道存続派、新十津川町バス転換派、月形町バス転換派）を統合したファジィ AHP による評価を行った。

3 者統合の評価の結果、U 評価：バス転換、N 評価：鉄道存続、L 評価：バス転換が優位となる結果であった（図-12）。この内、マキシミン戦略をとり、統合の L 評価で優位なバス転換を推進することが、路線全体の望ましい案と考えられる。

(6) 合意形成に向けた方針の考察

評価主体統合ファジィ AHP の結果から路線全体の方針として「バス転換」を望ましい案とした。しかしながら、代替案としての「鉄道の存続」と「バス転換」を比較すると、ファジィ AHP の評価得点から見た差異は、大きいとは言えない。

評価主体間の類似度からも、各町内においては、鉄道存続派とバス転換派の二者に意見の相違はあまり見られないという構造であった。

評価要因の説明可能度については、新十津川町、浦臼町、月形町のいずれにおいても、鉄道存続派はまちづくりへの影響を重視する傾向があり、バス転換派は運行コストを重要視する傾向が見られた。

合意形成に向けては、路線全体としてはバス転換を実施しながらも、単純に交通手段としてのバス路線を確保すればいいということではなく、鉄道存続派の評価主体が重視している「まちづくりへの影響」について、自治体、地域住民、事業者である JR 北海道が考えていくことが必要であることが示唆された。

前述の通り、北海道医療大学駅～新十津川駅間は、2020年に実際に廃止され、このケーススタディの結論である「バス転換」と一致しているが、「まちづくり」についても積極的な取り組みを期待する。

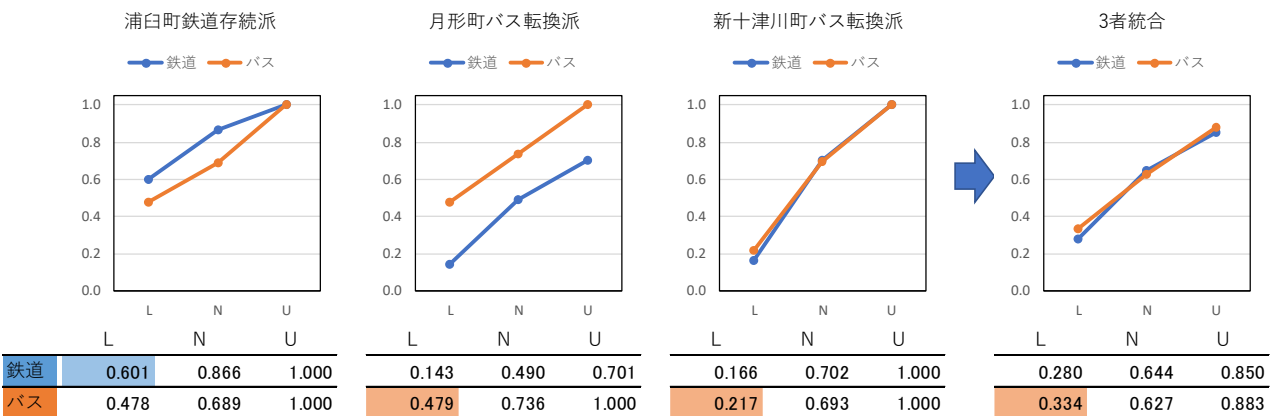


図-12 評価主体 3 者を統合したファジィ AHP の評価結果

7. 結論

本研究では、公共事業の合意形成プロセスに複数の関係者が参加する場合の意思決定を支援することを目的に、ファジィ AHP 手法の拡張を行い、以下の知見を得た。

- (1) ファジィ AHP の図形的解釈を行い、複数の評価主体を統合した評価が可能なファジィ AHP 手法を提案した。
 - ・ ファジィ測度は、非加法性測度であり、集合の包含関係に値の大小が対応するため、異なる評価主体による評価得点の単純比較は慎重な解釈が必要であるが、複数の主体意向を評価基準のレベルで統合し、ファジィ AHP の評価得点の代表値を算出する方法でこの問題に対応した
- (2) 評価主体統合ファジィ AHP を用いた、合意形成支援手順を示した。
 - ・ 評価主体のグループを整理し、類似度等から問題の協調・対立の関係性を把握
 - ・ 対立構造の評価主体を統合しファジィ AHP を実施
 - ・ 公共事業においては、マキシミン戦略をとる立場から、評価主体統合ファジィ AHP の L 評価による意思決定で合意形成をはかる
- (3) JR 札沼線の路線存廃問題を対象としたケーススタディを行い、支援モデルの有用性を検証した。

今後は、この手法の実例への適用や、他の合意形成手法との関係性整理や体系化を進めたい。

REFERENCES

- 1) 刀根 薫：ゲーム感覚意思決定法，pp. 40-41，日科技連出版社，1986.
- 2) 福島宏文，永井隆夫，高野伸栄：階層分析法の集計化技法に関する研究，土木学会第 51 回年次学術講演会講演概要集，IV-326，pp. 652-653，1996.
- 3) 山田善靖，杉山 学，八巻直一：合意形成モデルを用いたグループ AHP，日本オペレーションズ・リサーチ学会論文誌，40 巻 2 号，pp. 236-244，1997.
- 4) 中西昌武，木下栄蔵：集団意思決定ストレス法の集団 AHP への適用，日本オペレーションズ・リサーチ学会論文誌，41 巻 4 号，pp. 560-571，1998.
- 5) 福島宏文，岸 邦宏，加賀屋誠一，佐藤馨一：ファジィ AHP を用いた土木計画における合意・決着プロセスに関する研究，土木計画学研究・講演集，20(2)，pp. 357-360，1997.
- 6) 岸 邦宏：7.4 節 ファジィ AHP，参加型社会の決め方—公共事業における集団意思決定—，pp. 197-210，近代科学社，2004.
- 7) 高萩栄一郎，椎塚久雄：階層化ファジィ積分(HFI)による「もの」「サービス」の総合評価法の提案—高齢者施設の選択を例に一，日本感性工学会論文誌，Vol.17 No.3，pp. 347-355，2018.
- 8) 阿部麻友子，岸 邦宏：鉄道路線存廃における合意形成プロセスに関する研究，土木学会北海道支部論文報告集，第 74 号，CD-ROM，2018.