Ⅳ－33　可能性・必然性概念によるファジィモデリングの計画問題への適用について

北海道大学　　正員　加賀屋　誠　一
デラウェア大学　　　菊　池　慎　也

1．はじめに

近年、ファジィ理論の実用面での普及がめざましく、家電業界をはじめとして、人間が行うのと同じような価値判断を機械で代替する手段として大きく貢献しつつある。

ファジィ理論は、元々、真か偽で表現できない情報を処理する理論として開発されたものである。したがって、その理論の多くは、多値論理の方法論に基づいているといってよい。多値論理は、このような真偽で決めることができない命題に"分からない"という、第3の真理値を与えることからはじまった考え方である。論理学を別な見方で考えると、論理学における命題は、集合に対応し、記号による命題演算は、集合演算で行うことができる。ファジィ理論の創始者ザデーは、多値論理による集合演算に帰属度関数を導入し、本質的な人間の知識や思考に関するあいまい性を許し、その存在を認める理論の展開を試みた。

これは、現代科学があいまい性をできるだけ排除し、すべての知識、現象を明確化することに価値を見いだしてきたのと異なっている。[1] しかしながら、このようなあいまい性を認めた考え方が、すべてのものに適用可能とは限らない。真か偽かどちらかで解決できる科学には、このようなあいまいさを考慮することが必要がなく、むしろ従来の考え方を適用した方がよい。一方、人間の主観性が介在する科学では、真と偽で決めかねる場合が多く、逆に、それらのあいまいな情報をいかに、利用するかを考える必要がある。ここでは、それらの主観性による不確かさやあいまい性について、ファジィ理論においての、2つのあいまい性によって整理し、さらに、ファジィモデリングを、人間の主観を表現するための様相性に基づく可能性・必然性概念の視点から検討し、計画問題への適用を考えていくものである。

2. 計画問題における不確かさ・あいまい性

われわれの扱う不確かさやあいまい性の性質を調べると、次のような様相が考えられる。[2]

a)蓋然性・・・まだ経験しないことや、将来起こることなど、その時点では分からないが、結果が必ず出現するものをいう。これは、Probabilityを意味する。この場合は、結果が必ず明白になるので、予測不可能ではなく、計算が困難なものが対象となる。計画問題では、リスクを伴う問題や、期待効用による決定分析などが、この概念に当てはまる。

b)多義性・・・幾つかの解釈があり、一義に定まらないものをいう。すなわち、1対多の関係を表し、計画問題では多くの代替案のうちのどれであるか特定できない状態を表すこともできる。なお、Klirは、これを、ambiguityとして定義している。[3]

c)不正確性・・・誤りの混入によって、その本質を理解できない場合をいう。従来は、誤りや、ノイズが、ある一定の法則性をもち、発生すると考え、蓋然性のもとに多くの現象が表現されてきた。しかしながら、例えば、誤解というような主観性が強いものについては、むしろ、多義性という様相を考えて行く必要がある。したがって、これは、probabilityとambiguityの中間的な位置付けになる。計画問題では、ノイズの中の現象認識、例えば、クラスター分析や、画像解析などがその例となる。

d)不完全性・・・知識をもっていない場合、また知識が不足しているための不確かさをいう。換言すれば、無知の不確かさということになる。一般的には、対象がよく分からないために、はっきりと認識できない場合と、対象は、よく分かるが、うまく表現できないかあるいは、表現に不確かさが残る場合の2種類がある。前者の場合は、前述したような、多義的な不確かさ、ambiguityとして考えることができるが、後者の場合、

An Application of Fuzzy Modeling in terms of Possibility and Necesssity Notions to Infrastructure Planning, By Seiichi KAGAYA and Shinya KIKUCHI

vagueness、すなわち対象の認識のための境界があいまいなこととして扱っている。計画問題としては、意思決定における各意思決定者の認識の違い、住民調査のunknownな考え方の取り扱いなど、極めて重要な様相の1つと考えられる。
e)あいまい性・・・意味や定義に対するあいまいさをいう。これは、1つ1つの言葉の意味の広がりによるあいまい性であり、言葉そのものが本質的にもつあいまい性のため、その意味や、定義が明確にされない場合をいう。この場合、数学的には、ある対象を境界のはっきりしない集合に入れることを意味し、前述した多義的不確かさというより、むしろあいまいさによる不確かさと解釈できる。計画問題では、物理量と意識量との関係、すなわち、物理量を、人間がどのように評価するかの間に存在する不確かさと考えることができる。これは、あいまい性の概念では、vaguenessと定義される。

(2)ファジィ性の２つの解釈

以上の不確かさの様相をみると、大別して2つの概念の違いを見つけることができる。すなわち、vaguenessとambiguityの考え方である。集合論的に説明すると、前者は、明白な集合要素が、境界のはっきりしない集合に含まれる度合いで評価するするもので、vague－nessによるファジィ性である。すなわち、集合要素を決める対象が明確でそれが帰属する集合があいまいな場合の考え方である。例えば、「ある代替案は、その目標の実現のために非常によい案である。」という命題があるとする。ここでの"ある代替案"は、明白な案であり、"よい案"という集合は、あいまいな境界をもった集合と考えることができる。この考え方は、ファジィ理論の最も基本になる考え方で、集合に対する帰属度を評価することによって、ファジィ集合が定義され、境界のあいまい性を多値連続性として表すことにより、ファジィ論理による推論が可能となる。すなわち、ファジィ集合は、ファジィシステムの構築、ファジィ推論を行うためには極めて重要な考え方になる。

一方、後者については、集合が明白で、集合要素があいまいな場合に考え方で、ambiguityによるファジィ性である。これはまた、あいまいな要素が、明白な集合にどの程度含まれるかの度合いを示すので、測度と対応した考え方ともいえる。この測度は、確率測度とほぼ同様な取り扱いができ、期待値的なアナロジーによって判断や評価を伴う問題を考えることができる。例えば、「この代替案は、その目標の80%から95%まで達成できる。」という結果があるとする。この場合、代替案の目標達成度は、80%も、90%もいずれも真であるといえ、どちらも可能性があるといえる。このように、ファジィ測度は、後述するように極めて弾力性のある測度であり、人間の価値判断の本質となる可能性、必然性を表現できる特質をもっている。本研究では、主として、後者のファジィ性について論じることとし、前者の検討例については、文献4)および5)を参照されたい。

３．ファジィ測度の２つの様相性

(1)確率測度の主観性

上述したように、ambiguity概念によるファジィ測度の考え方は、確率測度に非常に近く、ルベーグ測度の拡張と考えることもできる。ambiguityによる不確かさの考え方は、全体集合Xの中に定められた部分集合$A_1, A_2, \ldots\ldots$のどこに対象xが属するかの不確かさである。これを数学的に記述するには、対象xが属するであろう度合いに応じて、各部分集合Aiに数値を与える。確率の考え方もこれと類似している。すなわち、確率では、さまざまな事象を部分集合とみなし、それぞれの事象の生起する確からしさを部分集合に属する度合いとして、0から1の間の値を与えるのである。確率の場合、起こりえる試行（根元事象）が、任意の数であっても、相対頻度を決めることによって、その度合いが、明示的に決定されるとされる。しかしながら、生起する事象によっては、試行を繰り返すことができない場合も数多く存在する。このようなケースでは、人間の主観的判断によらざるをえない。すなわち、この場合の度合いは、事象が起きるか、起きないかの賭けによって決定する。この主観確率は、それらを決める人間の経験や知識に依存するので、新しい知識や、経験が与えられると、確率測度の値も変化することになる。この過程を定式化したものが、ベイズ統計学である。[6)]
このような確率測度の場合の数学的枠組みは、生起する事象に、０から１までの度合いを与えてやることから出発し、すべての生起事象（全事象）を１としている。すなわち、これは、試行の結果、必ず与

えられた事象が生起するということ、確率の最大値が与えられ、有界性の条件といわれる。一方、根元現象を1つも含まない場合を0としている。確率測度の概念で重要なことは、異なる事象間では、共通の根元事象が存在しない。したがって、各生起事象間で加法性が成り立つ。さまざまな解釈がなりたつが、コルモゴロフによるこの有界性と加法性が確率を定義する条件といえる。

確率は、事象が生起する確からしさの度合いを表す測度であるが、人間の主観的判断や評価を問題にするとき、「たぶん．．．であろう」、「絶対．．．はずだ」など判断のあいまい性が存在するのが一般的である。したがって、主観確率では、これらグレイゾーンをどのように取り扱うかが大きな問題となる。ちなみに、ベイズの統計学ではこのような点が考慮されていない。確率にこのような考え方をはじめて検討したのは、デンプスター・シェーファーである。[7] 彼らは、通常の確率では取り扱うことができない無知量を導入し、その不完全性をどのように考えるかによって、幅のある確率測度を定義した。これをDempster-Shafer理論という。(略してD-S理論)その上界確率を plausibility measure、下界確率を belief measureとし、これを用いると、あいまいさを反映した区間推定ができる。また、この考え方は、確信度あるいは、証拠理論にも利用され、エキスパートシステムの確信度としても用いられている。例えば、あるプロダクションルール「スタッドタイヤ装着率が高ければ、車粉塵による迷惑度が高い」の真である確信度が、専門家の評価で0.45であるとする。これを、$m(A)=0.45$とする。($m(A)$を基本確率という)これ以外に確信度を表す要素がないとすると、偽である確率は、通常の確率で考えると、$P(A)=0.45$となり、確率の加法性より、$P(A)+P(A^c)=1$より、$P(A^c)=1-0.45=0.55$となり、無知量が取り扱えない。D-S理論では、確信度の残りの部分0.55を、$m(\{A, A^c\})=0.55$と考え、これは、無知によるものとした。このように、$m(A)$は、Aに割り当てた確信度であり、Aに関する合計の確信度ではない。すなわち、確率に意味での加法性は、必ずしも成立しなくなる。このように、確率理論での加法性の条件を緩和した測度を与えれば、無知量、あいまいさを表現することができる。

(2)ファジィ測度の考え方

以上、主観を扱う確率論について、論じてきたが、最も重要なことは、人間の価値判断には、unknownな部分があり、われわれが、1つの決定を行う場合も初めからその決定を所有しているわけではないことである。すなわち、われわれの意識の内部には、常に、ケースバイケースの考え方があり、その考え方により、臨機応変に、極めてバランスのとれた意思決定をしている。すなわち、この中庸を伴った考え方は、ある場合はリスク嗜好の意思決定、また別の場合は、リスク回避的意思決定を生む。また、予測においても、楽観的な見方と悲観的な見方の間の幅を生み出している。したがって、このような、yesとnoの間に存在する不確かな部分も同じステージで考えられる方法論が必要である。D-S理論は、このような方法論に確率論からの接近法である。また、ファジィ測度は、あいまいな対象をスケールを表す集合への帰属度で、評価しようとするものである。いずれの場合も、確率論での、加法性の条件の緩和を行って不確か性を表している。ファジィ測度では、確率測度の加法性の代わりに「単調性の条件」を導入している。単調性の条件は、図1のように、2つの部分集合があって、一方が他方に含まれているとき、含まれる方の部分集合に与える測度は、含む方の部分集合より小さいか、せいぜい等しいというものである。これを、式で表すと、(1)のようになる。すなわち、2つの部分集合A, Bで、AがBに含まれるとすると、ファジィ測度gは、

$$g(A) \leqq g(B) \qquad (1)$$

となる。

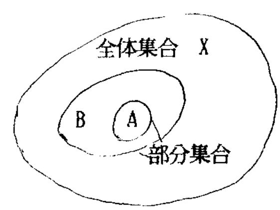

図1　単調性の条件

ファジィ測度での2つの様相である可能性とは、ある事象がどのような状態でも生起するだろうと考えられるすべてのものの度合いであり、必然性とは、事象が当然生起するはずだという度合いを示す。したがって、前述した意思決定では、リスク嗜好が前者であり、リスク回避の考え方が後者であると言える。また、予測では、楽観的見方が、前者であり、悲観的見方が項であると言える。なお、D-S理論に基づく2つの測度(Pl測度、Bel測度)の特殊な形が、可能性測度、必然性測

度に対応している。[8)]

4．可能性・必然性測度の算出[9)]

ファジィ測度は、次の式(2)、(3)を満足するgをいう。今、全体集合Xとし、事象$A \subset X$の生起する度合を$g(A)$とする。この場合、空集合ϕは不可能な事象、全体事象は、確実な事象である。すなわち、

$$g(\phi) = 0, \quad g(X) = 1 \qquad (2)$$

であり、これは有界性の条件を表す公理である。
また、すべてのA、Bについて、(1)に示される単調性の条件が成り立つ。あらためて表すと次のようになる。

$$A \subseteq B \quad \Rightarrow \quad g(A) \leqq g(B) \qquad (3)$$

また(3)から、$A \cup B$と$A \cap B$とに関して次式が成り立つ。

$$g(A \cup B) \geqq \max\{g(A), g(B)\} \qquad (4)$$

$$g(A \cap B) \leqq \min\{g(A), g(B)\} \qquad (5)$$

(4)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。すなわち、

$$\Pi(A \cup B) = \max\{\Pi(A), \Pi(B)\} = \Pi(A) \vee \Pi(B); \forall A, \forall B \qquad (6)$$

ただし、$A \cap B = \phi$になるとは限らない。ここで、$E \subset X$を確かな事象とし、Πはその値として$\{0, 1\}$をとり、(6)を満足するとすると、Πは次のように定義できる。

$$\Pi(A) = \begin{cases} 1\ ; & A \cap E \neq \phi \\ 0\ ; & \text{その他} \end{cases} \qquad (7)$$

これは、事象Eが確かであるので、事象Aの可能性があることを示している。
またXが離散集合ならば、X上の可能性分布$\pi(x)$から $\Pi(A) = \sup_{x \in A} \pi(x)$ (8)
同様に、(5)の不等式の上限になるファジィ測度gをNとおき、これを必然性測度とする。すなわち、

$$N(A \cap B) = \min\{N(A), N(B)\} = N(A) \wedge N(B)\ ; \forall A, \forall B \qquad (9)$$

(7)と同様、$E \subset X$を確かな事象とし、Nはその値として、$\{0, 1\}$をとり、(9)を満足するとすれば、Nは、

$$N(A) = \begin{cases} 1\ ; & E \subseteq A \\ 0\ ; & \text{その他} \end{cases} \qquad (10)$$

(7)と(10)との双対性から、(11)が導かれる。

$$\Pi(A) = 1 - N(A^c) \qquad (11)$$

これは、$\Pi(A)=1$とすると、Aが可能であることは、Aでないことは必然ではないことを表している。
(8)を用いると、(11)は、(12)のように書き換えられる。 $N(A) = \inf_{x \notin A}(1 - \pi(x))$ (12)
すなわち、可能性分布$\pi(x)$から必然性が定義できる。(7)および(10)から明らかに(13)のようになる。

$$\Pi(A) \geqq N(A) \qquad (13)$$

また、$N(A) > 0 \Rightarrow \Pi(A) = 1$ (14)

$$\Pi(A) < 1 \Rightarrow N(A) = 0 \qquad (15)$$

これは直感に適合し、必然性が少しでもあれば、可能性は1であり、可能性が1より小さければ、必然性がないことを意味している。また、次の式が成り立つ。

$$\Pi(A) + \Pi(A^c) \geqq 1 \qquad (16)$$

$$N(A) + N(A^c) \leqq 1 \qquad (17)$$

これより、可能性測度と必然性測度の概念は、加法性の条件を拡張したものであることがわかる。
さらに、集合Aが、ファジィ集合の場合、そのメンバーシップグレード$\mu_A(x)$を導入し、測度を次のように与える。、まず、$\Pi(A)$は

$$\Pi(A) = \sup_x(\pi(x) \wedge \mu_A(x)) \qquad (18)$$

次に、$N(A)$は、(12)及び(18)を用いて、

$$N(A) = \inf_x((1 - \pi(x)) \vee \mu_A(x)) \qquad (19)$$

最後に、可能性分布$\pi(x)$が、図2のように与えられたとき、可能性測度と必然性測度を用いて、次のように可能性分布関数を定義する。

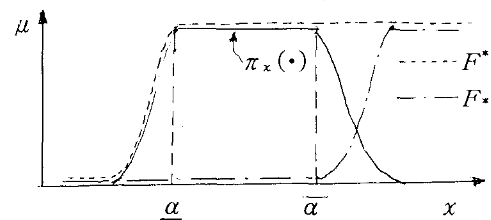

図2 可能性分布関数の算出

$$F^*(x) = \Pi_X(-\infty, x) = \begin{cases} \pi_X(x); & x \leqq \underline{\alpha} \\ 1 ; & x > \underline{\alpha} \end{cases} \qquad (20)$$

$$F_*(x) = N_X(-\infty, x) = \begin{cases} 1 - \pi_X(x); & x \geqq \overline{\alpha} \\ 0 ; & x < \overline{\alpha} \end{cases} \qquad (21)$$

5．ファジィモデリングの具体的例

次に、ファジィ測度を利用したファジィモデリングの具体的例について、紹介する。
（1）運転者の意思を反映した右折シミュレーション……右折車線のあるなしにかかわらず、ドライバーの右折行動を把握することは、道路管理計画上あ

るいは、交通安全管理上、非常に重要なことの1つであるといえる。交差点で右折しようとする車は、安全にターンするために、対向車との間隔を十分とることができるまで、待たなければならない。そして、それぞれのドライバーの特性によって安全間隔が異なるといえる。加えて、長時間の待ち時間によって、ドライバーの心理にも影響を与え、通常の安全間隔以下で、ターンする意思決定を下すこともある。ここでは、これらの点を踏まえ、安全間隔の可能性分布に対して、ファジィ測度によって、ターン可能安全間隔を評価、ターンの意思決定を行うプロセスをとる。これらの意思決定機構を、右折シミュレーションモデルに導入し、任意の交通状態を発生させ、右折状態の予測を行うのが、ここでの目的である。

モデル開発 [モデルの条件設定]　ここでのシミュレーションモデルについて、①道路条件として、片側1車線、交差点に右折車線をもつものと考えた。また、②交通量の発生状態としては、モンテカルロ法によって乱数発生によって行った。③右折車は、対向車との安全間隔をファジィ測度で評価する。④この場合の、右折車は、さまざまな特性をもつドライバーによって、運転されているものとし、それらの安全距離（時間）は、モンテカルロ法によって発生するものとする。⑤右折の意思決定は、ファジィ測度が、ある基準を上回るとき行われる。

[ファジィ測度の考え方]今、右折に要する安全間隔（交差点到着時の対向車との間隔）をほぼt秒とすると安全間隔のメンバーシップ関数$\mu_M(t)$は、図3に示される。

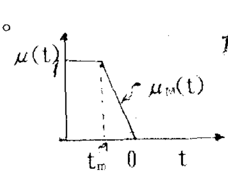

図3　安全間隔の考え方

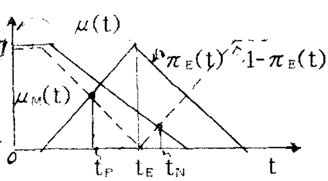

図4　ファジィ測度による意思決定機構

また、実際の対向車との間の安全間隔として、ドライバーが認識する距離を図3に重ねると、図4のようになる。（この時の認識間隔を$\pi_E(t)$とする）これらの考え方にしたがって、ドライバーの認識間隔が、安全間隔に存在する度合いをファジィ測度で評価すると、(18)および(19)により、(22)、(23)がえられる。

$$\Pi(M) = \sup_t(\pi_E(t) \wedge \mu_M(t)) \qquad (22)$$

$$N(M) = \inf_t((1-\pi_E(t)) \vee \mu_M(t)) \qquad (23)$$

ここでは、さまざまな意思決定プロセスが考えられるが、決定には、必然性測度、実際の行動には、可能性測度が寄与すると考えてシミュレーションを行っている。すなわち、ドライバーは、必然性測度が、ある基準以上であれば、右折の行動を起こし、また、その行動時間は、その時の可能性測度をサポートする時間というシナリオを考えている。実際のシミュレーションは、ある一定の時間で乱数発生させ、5回のシミュレーションを行った。その結果は、表1に示される。また、同じ表には、ドライバーの特性を考慮しない場合の結果もあげ、比較を行った。

表1 右折交差点でのシミュレーション結果
（安全基準=0.8の場合）

試行回数	通過交通量	右折交通量	対向車交通量	平均遅れ
A-1	368台	209台	547台	5.93sec
A-2	391	174	579	4.70
A-3	401	209	606	5.99
A-4	383	189	602	5.69
A-5	361	201	597	5.56
平均A	380	196	586	5.57
平均B	394	205	570	4.43

備考：試行Aは、運転者の特性を変化させた場合、
試行Bは、運転者の特性を均一にした場合である

これらの結果をまとめると、次のような点が指摘できる。1)ドライバーの特性の違いを考慮した場合（安全間隔が違いを考慮した場合）は、考慮した場合に比べ、若干であるが右折車数が減少への影響が大きい。これは、特性の違う交通の混在の影響の可能性が強い。2)必然性に対する安全基準を、大きくすると、当然ながら遅れが大きくなる。その影響も大きいことから、安全運転と、交通管理、さらに、交通環境のバランスの問題は、重要であると考えられる。3)このように、交通シミュレーションのモデルに、人間の特性を考慮することは、意義のあることであると考えるが、実際に、リアルなモデルを構築するためにこの方法は、より多くの検討の可能性を持ち合わせている。今後、実際の現象との斉合性とも合わせ検討が必要である。

(2)交通需要特性からみた、トリップのグルーピングへの適用‥‥‥バスのスケジューリングの問題や、ルートの決定問題では、トリップの需要特性の類似性の評価が、極めて重要な問題となる。特に、アメリカで普及している高齢者等の公共交通体系の１つである、ダイヤルアンドライド方式では、できるだけ効率的に、できるだけ不満なくルートと、スケジュールを考えなければならない。そのためには、類似性の高いトリップをグルーピングし、そのグループごとに、バスなどを運行させる方法が好ましいとい

える。ここでは、非常に多様性のある、また行動に幅のある高齢者の行動特性を考え、それらの類似性評価によるグルーピングの方法を考えた。その手順は、次のようになる。[10)]

[モデルの条件]トリップの特性を表す要素としては、トリップiとトリップjを考え、それらの出発地間の距離、到着地間の距離、出発時刻の違い、到着時刻の違い、トリップの方向性の違い、2つのトリップの出発地と到着地との距離などが考えられる。ここでは、それらの評価基準と、可能性測度、必然性測度の分布関数からルベーグスチルチェス積分を適用する。そうすると、各測度の期待値が求まり、それらの評価値をいくつかのしきい値によってカットし（αカット）、グルーピングを行う。

[ファジィ測度の期待値の算定]前述したように、可能性測度、必然性測度は、D-S理論で定義した、Pl測度、Bel測度の特殊なケースであるので、ΠやNに等しいPl値やBel値が存在する。すなわち、焦点要素（部分集合の1種と考えられる）が、入れこになる条件を探すとその時は、両者は等しくなる。したがって、(20)、(21)は、それぞれPl分布関数、Bel分布関数で表される。これより、各測度による期待値を求める。焦点要素Aの基本確率$m(A)$を用いて積分を行うと、(24)、(25)のようになり、期待値が表される。

$$E^{*}(f) = \int v\, dF_{*}(v) = \Sigma m(A) \cdot \max f(x) \quad (24)$$

$$E_{*}(f) = \int v\, dF^{*}(v) = \Sigma m(A) \cdot \min f(x) \quad (25)$$

この場合、E^{*}は、Bel測度による期待値（上限期待値）E_{*}はPl測度による期待値（下限期待値）である。いま、w_kをk番目の評価基準の可能性測度で表された重要さの程度とする。w_kが、q個の値$r_1 < r_2 < \cdots < r_q$をとっているとして、q個の集合A_lを$A_l = \{x_k w_k \geq r_l\}$, $l=1$, qと定め、Aを焦点要素として基本確率$m(A_l)$を(26)のように求める。ただし$r_0=0$とする。

$$m(A_l) = r_l - r_{l-1},\ l=1, q \quad (26)$$

基本確率が定まると、上限期待値E^{*}と下限期待値E_{*}は、r_lの関数として求められる。これらの期待値を類似性の強さを表す評価値とすれば、上記の問題に適用できる。これらの方法を用いて、トリップサンプル15で得られた分析結果を示すと、表2のようになる。検討結果をまとめると、次のようになる。

1)ここでは、2つのトリップ間の各属性ごとの評価値と各属性間の重みのファジィデータをもとにして、ファジィ測度による総合評価値を求めたが、上限期待値による評価は、特に、各属性値が高いトリップに高い得点が集まっている。2)また、下限期待値による得点は、各属性値の低いものがないトリップに高い得点が得られた。3)各グルーピングであるが、上限期待値の場合、αカット値が、高い値で、グループの分化が起こっている。これに対して、下限期待値の場合、αカット値を、落としてグループの分化が起こっている。4)いずれにしても、双方の期待値の性格が異なるので、最終的なグルーピングは、いくつかのカット値による結果を照合しながら決めて行く必要があると考えるが、それらの方法は今後の課題である。

表2　類似性評価の過程と得られた結果

(1)各属性の類似性

i ＼ j	トリップ 1	2	3	・・・・ 15 (重み W_1)
トリップ 1	1.00	0.26	1.00	0.20
2	0.26	1.00	0.26	0.62
15	0.20	0.62	0.21	1.00

(2)総合評価による類似性

i ＼ j	トリップ 1	2	3	・・・・ 15 (上限期待値)
トリップ 1	1.00	0.60	0.63	0.45
2	0.60	1.00	0.71	0.46
15	0.45	0.46		1.00

(3)グルーピング結果

上限期待値による（しきい値=0.8）		下限期待値による（しきい値=0.5）	
CLUSTER (1)	2 5	CLUSTER (1)	1 6 2 5 11
(2)	6 7	(2)	8 15
(3)	8 12	(3)	3
(4)	9 11	(4)	4
(5)	10 13	(5)	7
(6)	1	(6)	9
(7)	3	(7)	10
(8)	4	(8)	12
(9)	14	(9)	13
(10)	15	(10)	14

6. おわりに

ここでは、主として、ファジィ測度の周辺の考え方と、ファジィ測度の定義、算出手順及びその応用例について示した。そして、この測度が、ゆるやかな条件の下に、人間の主観的・多義的の表現ができることを明らかにした。しかしながら、ファジィ測度は、比較的新しいファジィ理論の中でも、歴史が極めて浅い分野であり、応用面で今後益々論議が必要になってくるといえる。

7. 参考文献

1)菅野道夫;ファジィ理論の目指すもの一主観の科学から科学の主観化へ、日刊工業新聞社、112-138、1989. 2)向殿政男、本多中二;ファジィ一「あいまいの科学」、岩波書店、1-24、1990. 3)Klir, G. J. &Folger, T. A. ;Fuzzy Sets, Uncertaity and Information, Prentice-Hall, 107-134, 1988. 4)加賀屋誠一、山村悦夫;ファジィ環境における地域計画施策の多基準評価、第5回ファジィシステムシンポジウム論文集、391-396、1989. 5)加賀屋誠一、山村悦夫;土木計画問題におけるファジィ環境下での社会的選好性に関する基礎的考察、土木学会支部論文報告集46号、505-510、1990.
6)Pearl, J. ;Probabilistic Reasoning in Intelligent System Networks Plausible Inference, Morgan Kaufmann, 415-464. 7)6)に同じ. 8)Dubois, D. & Prade, H. ;Fuzzy Sets and Systems:Theory and Applications, Academic Press, 125-147, 1980. 9)田中英夫;ファジィモデリングとその応用、朝倉書店、74-120、1990. 10)Kagaya, S., Kikuchi, S. & Donnelly, R. A. ; Use of Fuzzy Theory Technique for Grouping of Trips in Vehicle Routing & Scheduling problem, Fifth International Workshop on Computer-Aided Scheduling of Public Transport, Montréal, 1990.