

対話型同定法が同定された メンバーシップ関数形状に及ぼす影響†

吉川 歩*

本稿では対話型メンバーシップ関数(MF)同定法の手続きが同定されたMFの形状に及ぼす影響について論じる。最初に対話型MF同定法の1つであるBASE法を例として、同定されたMFの形状に影響を及ぼす可能性のある要因を詳述する。次にそれらの要因のうち、①要素の呈示順序、②所属度の評定の段階、③その評定に用いる評語を取り上げ、これらが同定されたMFの形状に及ぼす影響について心理実験を通して検討した。その結果、呈示順序の違いがMFの遷移領域幅に影響を及ぼすこと、全体集合の要素を昇順で呈示すると強制二者択一的に評定される傾向が強いこと、所属度評定用の評語は得られるMFの形状に影響を与えないことなどが明らかになった。

キーワード：対話型メンバーシップ関数同定法、要素の呈示順序、所属度の評定の段階、評定用評語

1. まえがき

研究背景：メンバーシップ関数(MF)はあいまいさを定量的に表現するための道具である。特に判断や概念に含まれるあいまいさや個人差、いわゆる主観情報、あるいは感性情報の表現方法として、MFは重要な役割を担う。一般に同じ概念に対するMFの形状も主観を反映して個人により異なる。制御などの用途では恣意的に決定すればよいと考えられることも多いが、概念の意味そのものを研究対象とする場合には、適切な方法により測定された結果として、個人差が存在しなければ意味がない[1]。

先行研究：ファジィ集合論が提案されて以来、いろいろなMF同定法が提案されている[1-3]。またこれらの手法の分類に関する研究も行われている[4, 5]。主観情報や感性情報の測定法としてMF同定法を位置づけた場合、次の2つの事項が重要となる。一つはいかにあいまいさを適切に表現するMFを同定するかである。またもう1つは、ファジィ理論に関する知識を持たないユーザでも、いかに容易に同定できるかである。しかし、多くの研究は前者の立場に立っており、後者のMF同定法がMFの形状を適切に決定する道具であるという点にはほとんど注意を払っていない。これに対して、吉川は後者の立場から、対話型MF同定法であるBASE法(Boundary ASymptotic Estimation

method, 境界漸近推定法)を提案している[6]。そして心理実験により、使いやすさに重点を置いた提案手法の有効性を検証している。使いやすさは改善されたものの、実際に利用する中でMF同定法としての適切さに影響を及ぼす要因が見出されている[7, 8, 10]。

研究目的：本研究の最終目的は、対話型に限定せずファジィ理論の知識を持たない利用者にも使いやすく、同時に適切なMFが同定できる手法の開発である。そのためには、今一度原点に立ち返り、同定されるMFに影響を及ぼす可能性がある要因を整理し、影響の程度を検証することが不可欠である。そこで本稿では次の2点を扱う。

1つは、BASE法を例として、対話型MF同定法から得られるMFに影響を及ぼす可能性のある要因を詳述する。もう1つは、MF同定法の適切さに影響する可能性がある要因の中から、1)システムから呈示される刺激としての要素の呈示順序、2)所属度の評定方法および3)評定に用いる評語の各要因が得られるMFの形状に及ぼす影響を得られたMFの形状の比較を通して検討する

2. MF同定法の分類と対話型MF同定法

呈示対象と同定対象による分類：中村はこれまでに提案されたMF同定法の特徴を明らかにするため、呈示する対象と評定する対象という基軸により同定法の分類を行っている[4]。つまりファジィ集合の構成要素である要素と所属度のいずれを呈示し、いずれを回答させるかが分類の大きな基準となっている。要素を呈示し、被験者(回答者)にその所属度を評定させるもの

† Influence of Procedures for Interactive Identification Method on Forms of Identified Membership Functions
Ayumi YOSHIKAWA

* 甲南大学会計大学院
Graduate School of Accountancy, Konan University

を呈示要素評定法、また所属度を呈示し、それらの所属度に該当する要素あるいはその範囲を回答させるものを該当要素応答法とそれぞれ名付けている。図1は呈示要素評定法と該当要素応答法の原理を示したものである。前者では、呈示された要素の近傍を評価の窓としてその要素の所属度が回答される。また後者では、呈示された所属度が評定のための閾値として参照され、該当する要素の区間の端点が回答される。

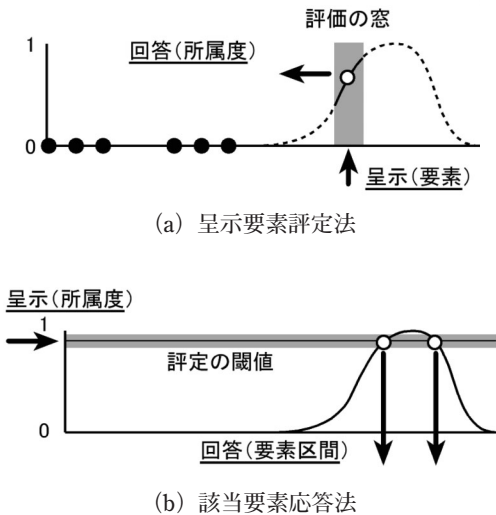


図1 呈示要素評定法と該当要素応答法の原理

評定の手続きによる分類：他方、吉川は同定の際の手法(手順)に着目し、異なる側面からの分類を提案している[7, 8]。図2に示すように、この分類では、まず手法を同定者(被験者)とシステムの対話の有無により分類し、更に非対話型手法を非計算機型と計算機援用型に分類している。従来の鉛筆と質問紙を用いる手法が非対話型の非計算機型手法に、質問紙を計算機上に移植した手法が非対話型の計算機援用型手法に該当する。対話の要素がなければ単純に計算機化しただけでは対話型手法ではないことに注意されたい。

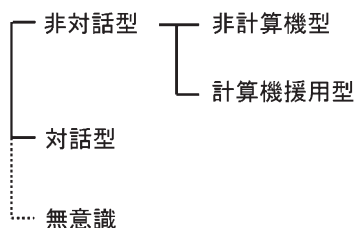


図2 手順に基づくMF同定法の分類

対話の効用：対話型手法の特徴は、計算機を利用して対話を行うことにより、同定者の内部にある潜在的な情報であるMFの具現化が容易になることである。図3は対話により潜在的な情報が具現化される過程を模式的に示したものである。対話型手法は、人対人のコミュニケーションで見られる、対話が呼び水となって漠然としていた考えがまとまったり、あるいは精緻化されたりする効果をMF同定に取り入れたものである。BASE法はこの対話型MF同定法の1つの具体化された手法と呼ぶことができる。3および4では、このBASE法を取り上げ、同定の原理や問題点と改良のための方向性について検討する。なお吉川は、次に発展すべき方向性として、同定を行っているということ意識させずにMFを同定させるという無意識という分類を示している。

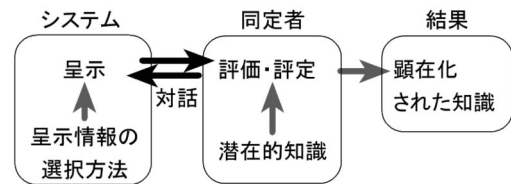


図3 対話による潜在的知識の顕在化の過程

3. BASE法の原理

BASE法の起源：BASE法はHeskethらにより提案されたファジィグラフ評定尺度図法(Fuzzy Graphic Rating Scale method, 以下FGRS法)[9]を改良したものである。FGRS法は、中村の分類では該当要素応答法に分類される。FGRS法で問題となった点は、1レベル集合(所属度1の区間)と台集合の端点を直接回答することが簡単だとは言えないことである[6]。その理由の1つとして2.の図1で示したように、該当要素応答法では、まず頭の中でMFの形状をイメージし、そのMFに所属度に対する閾値を当てて、端点を切り出すという作業が必要となることが挙げられる。しかしファジィ集合に関する知識が乏しいユーザーにとっては、区間の切り出しが難しいだけでなく、そもそもMF全体の形状をイメージすることが困難である場合も多い。このユーザーの頭の中に存在するMFをここでは取り出されるべき真のMFとして真値と呼ぶ。

BASE法：BASE法はこの端点の切り出しを間接的に行うことで潜在的な情報であるレベル集合の端点をできるだけ容易に決定する手法である。図4は図3の対話による情報の具現化のモデルをBASE法に当てはめたものである。BASE法では、(1)個々の要素を呈

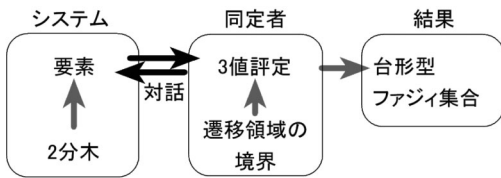


図4 BASE法によるMFの顕在化の過程

示して所属度を評定させる呈示要素評定法の方式をとること、(2)評定は{所属/非所属/判別困難}の3値とすること、(3)評定結果を元に呈示する要素を2分木探索により選択することで、(4)端点の存在する区間、つまり評定が所属から判別困難、あるいは非所属から判別困難に変化する要素の区間を狭めてMFの推定を行っている。図5は上記のBASE法による同定の流れを、呈示される要素とその評定の流れとして示したものである。図より他の要素の評定から評定結果が推測可能な要素は回答が求められていないことがわかる。また端点を間接的に推定するため、FGRS法に比べ評定回数は増加するものの、特に初めてMF同定を行う場合、FGRS法に比べBASE法が回答しやすいと評価される傾向があることが比較実験から示されている[6]。

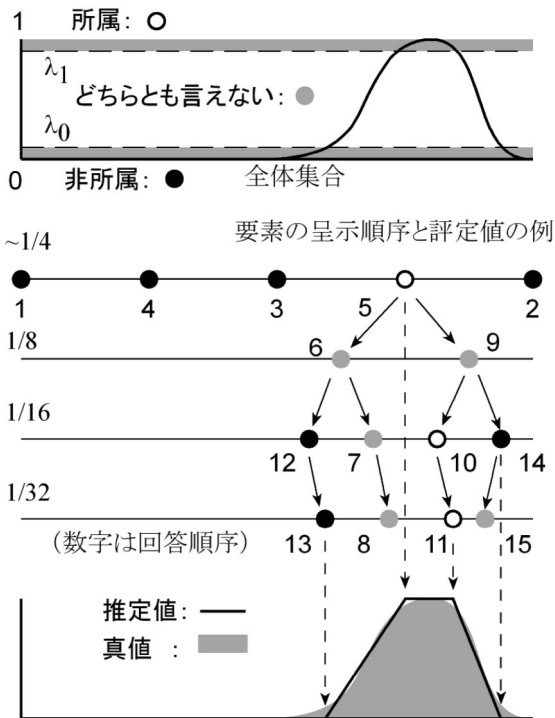


図5 BASE法によるMF同定の原理

4. BASE法の問題点

BASE法の問題点：BASE法を実際に程度副詞のMFの同定などで使用する中でいくつかの改善を要する問題点が見いだされている[7, 8, 10]。それらの中で重大な影響があると思われるものは評定結果のフィードバックと判別困難を表す評語の2点である[10]。

フィードバックの影響：第1点は評定途中の個々の結果のフィードバックの影響である。フィードバックの有無と回答しやすさの関係を主観評定させた結果、フィードバックが回答しやすさの改善に役立つことが認められた[6]。そのため要素と評定結果をフィードバックする手法を採用している。BASE法は正規凸ファジィ集合のMFを同定することに特化している。つまりできるだけ凸型のMFが同定されるように導くガイドとしてフィードバックを採用していた。しかし回答済み要素の評定結果を表示することにより凸型に誘導するよりも、評定が単調に変化しない区間は判断の揺れとしてあいまいな領域として扱う方が適切ではないかという指摘や、フィードバックが評定へのバイアスとして影響する可能性の指摘があった。

判別困難のラベルの影響：またもう1点は判別困難の評定を表すラベル、すなわち評語の影響である。被験者によっては強制2者択一的な評定を行い、その結果として所属度が0から1に変化する、いわゆる遷移領域の幅が本来よりも狭くなる不具合が認められていた。その一因としてラベル「どちらでもない(どちらとも言えない)」の意味が取りにくいという指摘があった。これらの指摘は、実際にBASE法を使用する際に得られるMFに影響及ぼす可能性がある。そのため影響の有無の調査と影響を緩和、除去するための改良案が必要である。続く5.で改良案を6.および7.で実験を通じた影響の調査を扱う。

5. BASE法の改良の方向性

改良の対象：上述のBASE法の問題点を改善するためには、定義、手順そして実際に用いるシステムのそれぞれについて見直しを行う必要がある。

定義の見直し：定義の見直しとして、3.で示したBASE法の定義、要件を次のように変更する。(1)全体集合上の要素をある手順にしたがって呈示し、(2)その呈示された要素が同定対象のファジィ概念へ所属、あるいは一致する程度を評定させ、(3)それら個々の評定結果から1レベル集合と台集合の端点を推定し、正規凸ファジィ集合を同定する手法をBASE法と再定義する。

手順の見直し：文献[7, 8, 10]および4.の問題点を

踏まえ、次の6点を検討対象とする。

- ・ **評価対象となる要素の表現方法**：図示、文章表現など、いわゆる刺激の呈示方法である。例えば、全体集合を表す数直線上のポインタ、文章による表現、マルチメディア(図、音声)など。
- ・ **要素の呈示順序**：いわゆる刺激の呈示順序に相当する。例えば、昇順、降順、ランダム、2分木、評価結果を考慮した2分木など。
- ・ **所属度の評価方法**：所属度の評価の段階数、確信度の付加回答の別に相当する。例えば、3値評価、2値評価+確信度評価、3値以上の多値評価、連続値評価など。
- ・ **所属度評価の評語**：所属の程度を回答させる際に用いる評価カテゴリに相当する。例えば、{自然/不自然}、{正しい/間違い}、{所属/非所属}、{一致/不一致}など。
- ・ **同定中の評価結果のフィードバック**：同定中に回答者へ評価結果を開示する方法である。なし、要素の位置のみ、要素と評価結果。
- ・ **同定された形状の表現方法**：同定終了後に同定されたMFを回答者に呈示する際の表現方法に相当する。例えば、台形表示、S/Z/Π型、区間端点を数値により表示など。

なお下線は文献[6]による従来のBASE法で用いられている方法を表す。また各検討対象は実験により最良の方法を選択すべきもの(呈示順序、評価方法、フィードバック)とオプションとして選択可能にすればよいもの(要素の表現方法、同定結果の表現方法、評語)に分けられる。

要因の重要性：上記の要因はBASE法だけでなく、MF同定法一般にも当てはまる部分が多い。つまり得られる知見は、特定の方法の改良だけでなく、一般的な同定法の改良にも寄与することが期待できる。本稿では上記の要因のうち、6.の実験1では要素の呈示順序と所属度の評価方法が同定されたMFの形状に与える影響、また7.の実験2では所属度の評語が与える影響についてそれぞれ検討する。

システムの見直し：提案当初のBASE法はMacintosh上でC言語により開発された[10]。しかしOSの依存性が利用の妨げとなることも多かったため、OSの依存度が低いJava言語のアプリレットに移植された[6]。しかしながら、Javaアプリレットでは利用者側の装置の性能により影響を受けてしまう。そこで本稿では、従来のクライアント側で動作するアプリレット型ではなく、サーバ側でロジックが処理されるサーバレットを採用した。この変更により、クライアント側のWebブラウザには単なるHTMLファイルだけがダウンロー

ドされるために、ワークステーションから携帯端末まで同一のシステムで利用可能となる。

6. 検証実験1：呈示順序と評価方法の影響

6.1 方法・条件

呈示順序：前節で示した検討対象のうち、本章では要素の呈示順序と所属度の評価方法の影響について比較検討を行う。呈示順序として、(1)ランダム、(2)2分木、(3)昇順の3種の手法を対象とする。なお今回は被験者ごとの回答数を同一にするため、図5の従来のBASE法で採用されている評価の異なる区間を2分木で回答する方法は除外した。また呈示順序のランダムについては予め求めた疑似乱数による呈示順序1系列だけを固定して用いた。

所属度の評価法：所属度の評価方法は、(1)3値評価と(2)2値評価+確信度の2値評価の2種の手法を対象とする。後者の方法は、Hersh & Caramazzaの方法の確信度の評価を5段階から2段階としたものに相当する[12]。所属度の評価は、要素と同定対象のファジィ集合のラベルを組合せた「140cmの成人男性は非常に背が高い」のような文章について、その表現が{自然な(違和感のない)表現/不自然な(違和感のある)表現/判断に迷う}として行われた。確信度は{上の評価に自信がある(迷わず評価した)/上の評価に自信がない(迷って評価した)}として評価させた。なお所属度、確信度とも入力にはラジオボタンを用いた(図6)。

他の条件：その他の項目については、評価対象の要素の表現法としては文章による表現、評価結果のフィードバックはなし、同定された最終形状は非表示とした。

次の背の高さの表現について回答してください
身長 140[cm]の成人男性は非常に背が高い

自然な(違和感のない)表現

不自然な(違和感のある)表現

上の評価に自信がある(迷わず評価した)

上の評価に自信がない(迷って評価した)

決定・次へ

図6 実験画面の例（2値評価+確信度）

手続：同定するファジィ集合は言語ヘッジ「非常に／かなり／ちょっと」と属性「背が高い」を組合せた言語的な背の高さ3種とした。また全体集合は140[cm]から220[cm]、要素は5[cm]間隔の17点とした。実験は全被験者ともランダム、2分木、昇順の順で実施し、呈示順序ごとに3値評定、2値+確信度の順で実施した。実験では、各要素に対する評定(後者では、さらに確信度)ならびに1要素当りの回答時間を測定・記録した。なお実験前に評価する言葉が変更されるときに必要な休憩を取り、評価の際は休まずに回答するように教示を与えた。

被験者：被験者は女性11名であった。ただし、うち1名は実験後半の評定が明らかに異常であったため解析から除外した。実験時間は被験者に依存するが、およそ20分から40分程度であった。

環境：実験は10Mbpsのイントラネット経由で実施した。11名のうち8名は同時に実験を実施したが、アクセスの集中や通信路のトラフィックによる表示の遅延は認められなかった。被験者側のWebブラウザはWindows 2000あるいはXP上のInternet Explorerを利用した。またサーバにはPower Macintosh G4を用いた。そこにMac OS X用のTomcat 4.0.4をインストールし、サブレットとして開発した実験プログラムを動作させた。

6.2 結果および考察

MFの構成：得られた17要素に対する評定から各ヘッジのMFを構成した。まず形状が凸となるように修正を加える。図7の例では、要素の変化に対して所属度の評定が単調に変化していない箇所が見られる。この部分は評定に迷いがあつたとみなし、その領域は全て「判断に迷う」あるいは「評価に自信がない」に変

換する。また明らかに周囲の要素の評定から誤評定と推定できる要素は正しい評定に修正する。これらの修正された要素の個数を非凸化要素数と呼ぶ。なお、今回の実験では見られなかったが、状況によっては自然—判断に迷うの評定が交互に現れる場合もある。そのような場合は修正するのではなく、そのMFを再度評定させる必要がある。

判別困難の変換：所属度2値評定+確信度2値評定の場合は、所属度と確信度の組合せから4段階になる。しかし、本手法では所属度の詳細な段階を求めることが目的ではなく、迷いの区間を求めることが目的である。したがって「評価に自信がない」は所属度の評定によらず、3値評定の場合の「判断に迷う」に変換して処理を行った。

比較項目：要素の呈示順序、評定方法の違いがMFの形状に与えた影響を比較するために、次の4つの項目を取り上げる。(1)評定の非単調変化を表す「非凸化要素数」、(2)「回答時間」の1要素当りの平均値、(3)「1レベル集合幅」、そして(4)所属度が0から1に変化する領域である「遷移領域幅」である。これらの値を被験者、呈示順序、評定方法、ヘッジごとに算出した。

有効データ：10名の被験者のうち1名は実験の際の誤操作のため、1つのヘッジのMFが欠損していた。またもう1名は、評定は全て行われたが、2つのヘッジで1レベル集合に相当する「自然な表現」という評定が得られなかったため、1レベル集合の端点が推定できなかった。便宜上遷移領域の中心点を1レベル集合と推定することも可能であるが、本稿ではこれら2名も以下の解析からは除外している。表1は、8名の被験者の平均値である。

分散分析：表1から呈示順序、評定法の与える影響の定性的な傾向を読み取ることは可能であるが、定量的に検討するために分散分析を行った。本稿では、呈示順序(A)と評定法(B)を1次要因、ヘッジ(C)を2次要因とし、また被験者(R)を繰返しとみなし、単一分割法により解析を行った[13]。被験者、1次誤差、交互作用A×B、A×C、B×C、A×B×CのF値をまず20%水準で検定し有意でないものは、1次誤差あるいは2次誤差にプールして再度F値を算出した。表2に無視できる要因を除いて得られた分散分析結果を示す。以下各項目別に考察を行う。

非凸化要素数：表2より呈示法の違いが非凸化要素数に有意水準1%で影響を及ぼすことがわかる。表1の平均値も合わせて見ると、ランダムが最も多く、2分木、昇順の順となっている。今回の実験では回答の履歴はフィードバックされないため、直近の評定が現

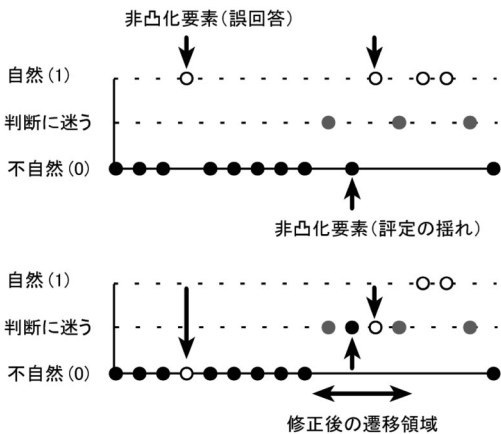


図7 得られた評定に対する修正

表1 各項目ごとの平均値 (実験1)

(a) 非凸化要素数					(c) 1レベル集合幅										
評定法		3値所属度			2値所属度+確信度			評定法		3値所属度			2値所属度+確信度		
呈示法		乱数	2分木	昇順	乱数	2分木	昇順	呈示法		乱数	2分木	昇順	乱数	2分木	昇順
ヘッジ	非常に	0.38	0.13	0.00	1.00	0.00	0.00	ヘッジ	非常に	29.4	31.3	33.1	26.3	30.0	31.3
	かなり	0.75	0.50	0.00	0.63	0.63	0.00		かなり	26.3	30.0	29.4	31.3	31.9	25.6
	ちよつと	0.75	0.50	0.00	0.75	0.88	0.13		ちよつと	11.3	11.3	14.4	13.1	13.8	11.9
ヘッジ平均		0.65	0.39	0.00	0.65	0.52	0.04	ヘッジ平均		21.7	23.9	25.4	23.3	25.2	22.6

(b) 遷移領域幅					(d) 1要素当り回答時間										
評定法		3値所属度			2値所属度+確信度			評定法		3値所属度			2値所属度+確信度		
呈示法		乱数	2分木	昇順	乱数	2分木	昇順	呈示法		乱数	2分木	昇順	乱数	2分木	昇順
ヘッジ	非常に	15.0	12.5	8.1	30.6	19.4	9.4	ヘッジ	非常に	4.88	3.24	2.40	5.95	4.55	3.42
	かなり	19.4	16.9	13.8	22.5	20.6	13.8		かなり	3.83	3.18	2.36	4.83	3.95	3.39
	ちよつと	20.6	18.1	13.8	15.6	26.3	16.3		ちよつと	3.92	3.41	2.28	4.76	4.22	3.41
ヘッジ平均		18.9	16.3	12.2	21.7	22.8	13.5	ヘッジ平均		4.14	3.26	2.34	5.10	4.22	3.42

表2 得られたMFの4項目に関する分散分析結果 (実験1)

(a) 非凸化要素数						(c) 1レベル集合幅					
要因	平方和	df	分散	F値	有意	要因	平方和	df	分散	F値	有意
被験者(R)	12.4	7	1.8	2.70	<0.05	被験者(R)	1372	7	196	2.45	<0.05
評定法(A)	0.4	1	0.4	0.67		評定法(A)	0.7	1	0.7	0.01	
呈示法(B)	11.5	2	5.8	8.74	<0.01	呈示法(B)	82.3	2	41.1	0.51	
ヘッジ(C)	1.6	2	0.8	1.18		ヘッジ(C)	9314	2	4657	58.2	<0.01
2次誤差	86.3	131	0.7			2次誤差	10476	131	80.0		

(b) 遷移領域幅						(d) 1要素当り回答時間					
要因	平方和	df	分散	F値	有意	要因	平方和	df	分散	F値	有意
被験者(R)	4608	7	658	4.32	<0.01	被験者(R)	52.9	7	7.6	19.4	<0.01
評定法(A)	584	1	584	3.83	<0.10	評定法(A)	35.6	1	35.6	91.4	<0.01
呈示法(B)	1768	2	884	5.80	<0.01	呈示法(B)	79.5	2	39.7	102.1	<0.01
1次誤差	5637	37	152	2.25	<0.01	ヘッジ(C)	6.5	2	3.3	8.37	<0.01
ヘッジ(C)	177	2	89	1.31		B×C	7.0	4	1.7	4.49	<0.01
A×C	273	2	137	2.02		2次誤差	49.4	127	0.4		
B×C	664	4	166	2.45	<0.10						
A×B×C	643	4	161	2.37	<0.10						
2次誤差	5692	84	68								

在の要素の評定の参考になりにくい順に多くなっている。また被験者についても5%水準で影響が認められることから、個人差も存在することが見て取れる。しかし、評定法とヘッジについては有意な影響は認められなかった。

遷移領域幅：表2より呈示法と被験者についてそれ

ぞれ1%水準で有意な影響が認められる。また表1の平均値から、ランダムと2分木はほぼ同じ程度の幅となっているが、昇順ではそれらよりも狭くなっていることがわかる。つまり昇順で評定した場合、より強制2者択一的な評定が行われる傾向が認められる。評定法については10%水準で有意な影響が認められる。所

属度2値評定+2値確信度では4段階のうち2段階を遷移領域に対する評定としているため、所属度3値評定よりも遷移領域が広がると予想したが、実際には3値評定の平均値15.3[cm]に対して、2値評定+確信度の平均値19.4[cm]と1要素分程度であった。この理由として今回所属度の評定として用いた{自然な表現/不自然な表現}を弁別するための閾値が、「判断に迷う」の中央値である0.5からあまり離れていなかったことが考えられる。この影響については、続く7.で所属度の評語の差異による影響として取り上げる。

1 レベル集合幅：表2よりヘッジについて1%水準で有意な影響が認められる。表1から「非常に」、「かなり」に比べて、「ちょっと」の幅が狭くなっていることがわかる。これは今回参加した被験者が前2者を単調増加型として同定したのに対し、後者を単峰性の凸型として同定したことによる。評定法、呈示法の影響はいずれも有意ではないことから、これらを変化させても「自然な表現」と評定された幅は影響を受けないことがわかる。

1 要素当り回答時間：表2より、被験者、評定法、呈示法、ヘッジ、呈示法とヘッジの交互作用ともいわずれも1%水準で有意な影響が認められる。表1より、評定法については所属度2値評定+2値確信度が長くなっている。これは入力するためのラジオボタンを押す回数が最低2回必要であることから、事前の予想と一致する結果となっている。また呈示法についてはランダム>2分木>昇順の順であり、呈示順序が規則的で、次に回答すべき要素が予測されやすいものほど回答時間が短くなる傾向がある。ヘッジについては、非常に>かなり>ちょっとの順となっている。ただし今回は実験順序の影響をキャンセルするための被験者間で順序を変えて、全体としてバランスを取っていないため、実験順序との分離はできない。特に呈示法とヘッジの交互作用が有意になっているが、表1より「非常に」の「ランダム」で長くなっている。つまりこれは今回の実験で最初に回答された組合せであることから、実験順序の影響を強く受けている可能性が大きい。この点については、再度条件を変え検討したい。

回答時間と判断の迷い：また回答時間を迷いとの関係であるが、回答時間の長かった要素が判断に迷うと評定された要素あるいは1レベル集合の端点の要素と一致している例もあった。その一方、全く関係ない要素で長くなっている例もある。これは文献[6]と同じ結果である。そのため、回答時間が長いものを機械的に迷っていると処理することはかえって形状を歪める危険性をはらんでいる。特に表2の分散分析の結果でも個人差の影響が有意であることからわかるよう

に、事前に迷いの閾値を定めることも困難である。しかしながら、1つのヘッジに対する同定が終了した後、回答時間の平均値から特に長くなっている要素を再評価させるなどの形で利用することは可能である。この点については今後システム化の際に検討したい。

7. 検証実験2：評語の影響

7.1 方法・条件

評定用の評語：本章では評語、すなわち所属度評定のカテゴリの与える影響について検討する。評語として実験1で用いた{自然/不自然}に加えて、{正しい/正しくない}、{同意/非同意}、{ごく自然/全く不自然}と{かなり背が高い/かなり背が高いと言えない}のようなヘッジによる直接表現の5種を用いた。これらの各組合せに「判断に迷う」を加えた3値で回答を求めた。

手続・環境：同定対象は実験1と同様、「日本人成人男性の背の高さの程度表現」とした。評語の実験順は上の説明で記載した順序であった。各評語内では、{非常に、かなり、ちょっと}の順でMFを同定させた。実験環境は実験1と同様、ウェブブラウザとサーバー用サーバを用いて実施した。ただし実験1と同様のイントラネット経路に加えて、インターネット経路で実験に参加した被験者もいた。なお実験1と同様、各要素に対する評定に加えて回答時間も記録しているが、実験2では後の解析には利用していない。

被験者：実験2では被験者を2群に分けた。一方は要素を昇順で呈示し、他方は要素をランダムな順序で呈示した。ランダム系列は5種用意し、3種のヘッジに均等に当たるように組合せた。被験者は全て女性であった。昇順呈示での被験者は12名(うち有効9名)で、他方ランダム呈示での被験者は19名(うち有効11名)であった。なお解析に用いなかった被験者の理由として、程度の評定の基準が実験中に大きく変動したものの、1レベル集合に相当する評定がなかったもの、正常に実験が行われずデータに欠損があったものが挙げられる。

7.2 結果および考察

比較項目：まず実験1と同様、得られた評定を形状が凸となるように修正を行った後、凸型のMFを構成した。MFの形状を比較するための項目として、実験1で用いた「非凸化要素数」、「1レベル集合幅」、「遷移領域幅」に加えて、MFの「重心」の計4種を用いた。なお「回答時間」については実験1の結果より形状の比較に関しては有効な情報が少ないことから、本章の解析では用いていない。表3は各項目について呈示

表3 各項目ごとの平均値 (実験2)

(a) 非凸化要素数

呈示順		ランダム					昇順				
評語		自然	正誤	同意	ごく	直接	自然	正誤	同意	ごく	直接
ヘッジ	非常に	0.64	0.45	0.36	0.27	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	かなり	0.27	0.27	0.18	0.18	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ちょっと	0.73	0.73	0.64	0.82	0.36	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00
ヘッジ平均		0.55	0.48	0.39	0.42	0.33	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00

(b) 遷移領域幅

呈示順		ランダム					昇順				
評語		自然	正誤	同意	ごく	直接	自然	正誤	同意	ごく	直接
ヘッジ	非常に	20.9	18.2	16.8	20.9	16.4	12.8	13.9	12.2	13.9	10.6
	かなり	17.7	19.5	18.6	18.2	14.1	10.0	14.4	12.2	12.2	11.1
	ちょっと	18.6	21.4	17.3	21.4	19.5	17.8	15.6	13.9	18.3	16.7
ヘッジ平均		19.1	19.7	17.6	20.2	16.7	13.5	14.6	12.8	14.8	12.8

(c) 1レベル集合幅

呈示順		ランダム					昇順				
評語		自然	正誤	同意	ごく	直接	自然	正誤	同意	ごく	直接
ヘッジ	非常に	30.0	29.1	30.9	27.3	27.7	36.7	32.8	31.1	32.2	31.1
	かなり	33.6	29.1	30.0	31.8	32.3	36.7	32.2	33.9	32.8	33.9
	ちょっと	16.4	12.3	14.5	15.5	14.5	10.6	9.4	8.9	7.2	8.9
ヘッジ平均		26.7	23.5	25.2	24.8	24.8	28.0	24.8	24.6	24.1	24.6

(d) 重心

呈示順		ランダム					昇順				
評語		自然	正誤	同意	ごく	直接	自然	正誤	同意	ごく	直接
ヘッジ	非常に	198.5	200.5	199.9	200.6	201.6	198.3	199.9	201.2	200.2	201.6
	かなり	197.9	199.7	199.5	199.2	200.1	199.0	200.0	199.8	200.4	200.1
	ちょっと	173.7	173.0	173.3	174.4	174.4	175.8	175.5	177.0	177.0	177.9
ヘッジ平均		190.1	191.1	190.9	191.4	192.0	191.0	191.8	192.7	192.5	193.2

順ごとに被験者間の平均値を算出した結果である。

分散分析結果：評語の差異が同定されたMFの形状に与える影響を定量的に検討するために、実験1と同様、各項目について分散分析を行った。評語を1次要因(A)、ヘッジを2次要因(B)、被験者を繰返し(R)とする単一分割法により分散分析を行った。実験1と同様、被験者、1次誤差(A×R)、交互作用A×BのF値を20%水準で検定し有意でないものは1次誤差あるいは2次誤差にプールして再度F値を算出した。表4は各要因の検定結果をまとめたものである。なお煩雑になるため、個々の自由度、平方和、F値などは省略し、検定結果の有意水準のみの記述に留めていている。

表4 各項目に対する分散分析結果 (実験2)

(a) ランダム

要因	非凸化	遷移	1レベル	重心
評語(A)				
被験者(R)	5%	1%	1%	1%
ヘッジ(B)	1%		1%	1%
A × R	5%	10%		

(b) 昇順

要因	非凸化	遷移	1レベル	重心
評語(A)				
被験者(R)		1%	1%	1%
ヘッジ(B)		1%	1%	1%

評語の影響：表4より、4種の項目ともランダム呈示、昇順呈示のいずれの場合でも、評語の差異はMF形状に10%水準で有意な影響を及ぼさないことが見て取れる。この結果は6.で評語ごとに閾値となる所属度が異なる可能性があるという仮説を棄却することを意味する。つまり評語は同定されるファジィ概念の呈示の仕方などに合わせて適切なものを選択すればよいことを示唆する。しかしこの結果は別の問題も提起している。ここでは{自然/不自然}とそれらの評語に量子子を加えて程度を両極に、つまり所属度0、1に近づけた評語{ごく自然/全く不自然}を用いている。ところがこれらの遷移領域幅の平均値は、昇順の「自然」：「ごく自然」で13.5：14.8[cm]、ランダムでは19.1：20.2[cm]と呈示順内では差はない。この結果は評語の選択によって3値評定の評定の閾値を0と1に近づけることが困難であることを示唆している。評定の段階数との関係については第2報にて報告する予定である。

その他の結果：他の要因については、実験1と同様、各項目とも被験者の間に有意な差が認められる。また昇順とランダムを比較すると、前者の遷移領域幅が狭くなるという実験1と同様の結果が得られている。このことから昇順で評定を行わせることは、本来遷移領域と回答されるべき区間まで、強制的に二者択一回答される傾向が強まるため避けることが望ましい。

8. むすび

まとめ：本稿では、対話型MF同定法の改良を目的として、その一手法であるBASE法の問題点と改善の方向性を示した。さらにその改善点のうち、要素の呈示方法と所属度の評定方法について同定作業を行わせて同定されたMFへの影響について検討を行った。結果より呈示方法の違いが遷移領域幅に影響を及ぼすこと、特に昇順呈示の場合、強制二者択一的に回答される傾向があることが明らかになった。また所属度評定の評語は得られるMFの形状に影響は与えないことが結果より示された。ただし、評語の程度を変えることで弁別の閾値を変更することが困難である可能性も示された。

今後の課題：MFの形状は文脈などの影響を受け変化することは言うまでもない。しかしMFを使用するその瞬間は真値として頭の中には存在している。ただし最も重要な問題は、そのMFを取り出す作業、つまり同定作業がそのMFの形状に影響を及ぼすことである。筆者の行う一連の研究はできる限り被測定対象の系を乱すことなく、MFを同定する方法を見出すこと

にある。その目的を達成するため、対話型の手法の改良を行うとともに、2.で述べた無意識型の手法の開発も行う必要がある。

謝辞

本研究は、平成13、14年科学研究費補助金若手研究(B)「対話型メンバーシップ関数同定法の改良」(課題番号13750392)の助成を受けた。記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 山下利之：第3章 ファジィ理論と心理学，日本ファジィ学会編 講座ファジィ14 ファジィ理論と人文・社会科学，日刊工業新聞社，93-104，1994
- [2] 山下利之：第4章 ファジィ評定，ファジィー心理学への展開一，垣内出版，61-75，1992
- [3] 小田哲久：第4章 市場多様化のための消費者心理分析，マネジメント・ネットワーク編 顧客創造のためのマーケット分析法，日刊工業新聞社，103-115，1995
- [4] 中村和男：第5章 ファジィ理論と行動科学，日本ファジィ学会編 講座ファジィ14 ファジィ理論と人文・社会科学，日刊工業新聞社，194-198，1994
- [5] 吉川歩：ファジィ評定とメンバーシップ関数同定法，日本ファジィ学会誌，10，2，184-192，1998
- [6] Yoshikawa, A.: Improvement of Membership Function Identification Method in Usability and Precision, in ed. Roy et al., Advances in Soft Computing -Engineering Design and Manufacturing, Springer Verlag, London, 248-259, 1998
- [7] 吉川歩：対話型メンバーシップ関数同定法の現状と問題点，第6回あいまいな気持ちに挑むワークショップ講演論文集，43-44，2001
- [8] 吉川歩：対話型メンバーシップ関数同定のユーザインタフェースの改良，第12回東海ファジィ研究会(蒲研)講演論文集，18-1-18-4，2002
- [9] Hesketh, B., Pryor, R., & Hesketh, T.: An application of a computerized Fuzzy Graphic Rating Scale to the psychological measurement of individual differences, International Journal of Man-Machine Studies, 29, 21-35, 1987
- [10] 吉川歩：BASE法で得られるMFに評定手法が与える影響，第18回ファジィシステムシンポジウム講演論文集，409-410，2002
- [11] 吉川歩：計算機の援用によるファジィ範疇法の測定精度と使いやすさの改善，立石科学技術振興財団助成研究成果集，4，118-124，1995
- [12] Hersh, H. M. & Caramazza, A.: A fuzzy set approach to modifiers and vagueness in natural language, Journal of Experimental Psychology : General, 105, 254-276, 1976
- [13] 二見良治，西敏明：課題解決のための実験計画法I，日科技連，2001

(2006年8月15日 受付)

(2006年9月21日 採録)

[問い合わせ先]

〒658-8501 神戸市東灘区岡本8-9-1

甲南大学会計大学院

吉川 歩

TEL：078-435-2715

FAX：078-435-2555(大学院事務室)

E-mail：ayumi@sip-ac.jp

http://www.sip-ac.jp/

著者紹介



よしかわ あゆみ
吉川 歩 [正会員]

甲南大学 会計大学院 1992年3月京都工芸繊維大学大学院博士後期課程単位取得退学。博士(学術, 京都工芸繊維大学)。同年京都工芸繊維大学工芸学部電子情報工学科助手。岡山大学教育学部講師などを経て, 2006年4月より甲南大学会計大学院教授。現在の研究テーマは主観情報処理, ファジィ規則を用いた低解像度ナンバープレート数字の識別など。

Influence of Procedures for Interactive Identification Method on Forms of Identified Membership Functions

by

Ayumi YOSHIKAWA

Abstract :

In this paper we discuss influence of procedures for an interactive identification method on forms of identified membership functions. First, we clarify factors that influence forms of identified membership functions, taking the BASE method as an example. Secondly, we examine influence of three factors, 1) presentation order of elements, 2) number of categories for rating membership degree, 3) verbal labels of these categories, through two psychological experiments. The obtained results are as follows; 1) the presentation order affects transition area width of identified membership functions. 2) Especially, when the elements are presented in ascending order, the rating tends to become forced binary decision. 3) The verbal labels do not affect the forms of identified membership functions.

Keywords : Interactive method for identifying membership functions, Presentation order of element, Number of categories for rating membership degree, Verbal label for rating category

Contact Address : **Ayumi YOSHIKAWA**

*Graduate School of Accountancy, Konan University
8-9-1, Okamoto, Higashinada-ku, Kobe 658-8501, JAPAN*

TEL : 078-435-2715

FAX : 078-435-2555

E-mail : ayumi@sip-ac.jp