

論 文

多重尺度図法と Between 集合によるファジー範ちゅう法の改良

正 員 吉川 歩[†] 正 員 西村 武[†]

Psychological Scaling by the Multiple-Scale Technique and the Between-Sets

Ayumi YOSHIKAWA[†] and Takeshi NISHIMURA[†], *Members*

あらまし 吉川・西村によって提案されたファジー範ちゅう法は、言語カテゴリーの意味や主観的な程度のあいまいさを考慮し、1人の評価者の評定尺度法による1回の評定から心理尺度値を求めることができる尺度構成法である。しかしながら、この方法は離散的な言語カテゴリーを用いているため、連続量である心理尺度値を表現する能力に限界がある。そこで本論文では、上記の問題点を改善するための方法として、Between集合を用いて二つのカテゴリーの間を表現する方法と、複数の尺度図から得られた心理尺度値を合成する多重尺度図法を提案した。そしてこれらの方法の効果を検証するために、ランダムドット図形から受ける「点の多さ-少なさ」の印象を測定する心理実験を行った。その結果、Between集合による間のカテゴリーを用いることで心理尺度値の空白区間が解消されること、max合成を用いた多重尺度図法が表現力の改善に有効であることなどが明らかになった。

キーワード 尺度構成, ファジー範ちゅう法, Between集合, 評定尺度法

1. ま え が き

システムや装置の評価には処理能力のような客観的な指標が用いられることが多かった。しかしそれらの中でもユーザインタフェースのような人間が関係する対象を評価する場合には、システムを利用するユーザの側からの評価、つまり主観的な評価も重要である。既にこのような観点から視覚や聴覚系のインタフェースの評価に主観評価を取り入れた研究が行われている^{(1)~(3)}。

これらの評価でよく用いられている方法に評定尺度法⁽⁴⁾がある。この方法は、例えば「非常に背が高い」のような属性(背が高い)とその程度を表す修飾語(非常に)を組み合わせたカテゴリーの中から、対象のもつ属性の主観的な程度を表現するのに適した一つのカテゴリーを選択して回答する方法である。この方法は日常生活で用いられている程度の表現法と類似しているもので、初心者でも比較的簡単に回答することができる。またこの方法は絶対判断であるために、一対比較法の

ように対象数が増加することにより実験数が2乗のオーダーで増加することはない。更に尺度図を用いず評価を口頭で行わせることも可能であるため、作業を伴うような対象を評価する際に、評価の回答による作業の中断を最小限に抑えられるなどといった特徴がある。

カテゴリー尺度図に使用されているカテゴリーは、いわゆる順序尺度すなわちカテゴリー間の大小関係が意味をもつような尺度を構成している。このためこの尺度図を用いて得られた結果も大小関係以上の意味は表していない。現実にはカテゴリー間の距離が等間隔であると仮定して平均値の計算などの統計処理されることが多いが、厳密にはカテゴリー間の距離が意味をもつ、いわゆる間隔尺度を構成する必要がある。このために従来系列範ちゅう法⁽⁴⁾が用いられてきた。しかしこの方法は反復測定によって得られた評定結果の標準偏差を単位としてカテゴリー間の距離、すなわち心理尺度値を定めている。このため各評価者の1回の評定結果からだけでは心理尺度値、つまり対象のもつ属性の主観的な程度を求めることができない。また尺度構成に際して、対象のもつ属性の主観的程度が1点でなく広がりをもった範囲となることや、この主観的な程度を表現するためのカテゴリーの境界に存在する不

[†] 京都工芸繊維大学工芸学部電子情報工学科, 京都市
Faculty of Engineering and Design, Kyoto Institute of Technology, Kyoto-shi, 606 Japan

明りょうさも考慮されていない。この境界の不明りょうさを以下ではベグネスと呼ぶ。

このような系列範ちゅう法の欠点を取り除くために吉川・西村は既にファジー理論に基づいた評定判断過程のモデルを提案し⁽⁵⁾、それをもとにファジー範ちゅう法という心理尺度構成法を導いている⁽⁶⁾。この方法では、主観的程度とカテゴリーのベグネスをそれぞれファジー集合として表現することができ、また対象に対する1回の評定結果からその心理尺度値を求めることができる。

しかしカテゴリー尺度図を用いた評定尺度法には次のような欠点もある。一つはカテゴリーの選択の仕方が悪い場合、例えばある範囲を表すカテゴリーが尺度図に含まれていない場合には回答が困難になることである。すなわち評価者と実験者が心に描くカテゴリーの意味に差異があるために、尺度図を作成した実験者にとってはうまく選択されているとしても、評価者にとってはよい選択になっているとは限らない。もう一つはカテゴリーが離散的であるために、本来連続量である心理尺度値を表現する能力に限界があることである。カテゴリー尺度図によって測定された離散的な心理尺度値が、連続量である真の心理尺度値を近似する能力を表現力と呼ぶことにする。評定尺度法では物理量の測定と異なり、目盛りを細かくすること、つまりカテゴリー数を増加させることによって単純に表現力を向上させることはできない。逆に同じような意味のカテゴリーが増えることによって評価者に混乱を与える可能性すらある。これからもわかるように、カテゴリー尺度図を用いた評定尺度法に関する問題点はファジー範ちゅう法によって解決されていない。従ってそれらの問題点を解決することができれば、ファジー範ちゅう法の有効性をより高めることができる。

そこで本論文では「実験者が評価者のカテゴリーの意味を事前に知らない」という条件のもとで、測定される心理尺度値の表現力を改善するための二つの方法を提案する。第1の方法は、修飾語を用いたカテゴリーの数を増加させずに表現力を改善するために、二つのカテゴリーの「間(あいだ)」を Between 集合⁽⁷⁾によって表現する方法である。また第2の方法は、異なるカテゴリーから構成された複数の尺度図を用いて、これらから得られた心理尺度値を合成することにより表現力の改善を行う多重尺度図法⁽⁸⁾である。そして心理実験結果を通して、これらの方法がファジー範ちゅう法から得られる心理尺度値の表現力の改善に有効である

ことを示す。

2. ファジー範ちゅう法から得られる心理尺度値の表現力の改善方法

2.1 ファジー範ちゅう法による心理尺度の構成法

ファジー範ちゅう法は、対象のもつ属性の主観的な程度とそれを表現するために用いられるカテゴリーの意味の両者に含まれるベグネスを考慮して、1人の評定者が個々の対象について行った評定をもとに、その心理尺度値を推定する方法である。この方法の詳細は文献(5)、(6)に譲り、ここではその概略を述べるとどめる。

ファジー範ちゅう法のもととなる評定判断過程のモデルでは、対象のもつ属性の主観的な程度を表す言語カテゴリーを選択するために、「対象が属性をもつ」という命題の真理値と言語真理値[†]を比較して得られた両者の一致の程度が利用される。そして真理値限定から得られたその一致の程度がしきい値を超えたときに、その言語真理値に用いられていた言語ヘッジで属性を修飾したものが言語カテゴリーとして与えられる⁽⁵⁾。例えばある人の「背の高さ」の程度が「かなり高い」と評価されたなら、「その人は背が高い」という命題の真理値と言語真理値「かなり真」の一致の程度がしきい値を超えたと考える。そしてこの一致の程度の形状を数値真理値と所属度が等しい“unitary true”と仮定すると、選択されたカテゴリーと同じ言語ヘッジをもつ言語真理値が対象の心理尺度値の推定値となる⁽⁶⁾。

つまりファジー範ちゅう法では、カテゴリーの心理尺度構成は対象の評定結果を用いず、カテゴリーと同じ言語ヘッジをもつ言語真理値を同定することによって行われる。従って一つの対象の1回の評定結果からその心理尺度値を求めることができる。そしてカテゴリーや対象の心理尺度値の形状は、 $[0,1]$ に規格化された数値心理尺度値 t からなる全体集合上で、各数値心理尺度値がカテゴリーや対象の心理尺度値をどれだけよく表しているかに相当する確信度の関数、すなわち

† 古典的な集合と異なりファジー集合では、要素がその集合に属する程度を $[0,1]$ の実数値によって記述する。この程度を所属度と呼ぶ。更にこの所属度が一つの数値でなくファジー集合として表現されるものを type-2 ファジー集合と呼ぶ。また所属度は要素がその集合を特徴づける属性を有するという命題の真理値の程度と解釈することができる。このような $[0,1]$ の実数区間で定義された真理値を数値真理値と呼ぶ。言語真理値はこの数値真理値 $[0,1]$ 上で「かなり」のような程度を表現する修飾語である言語ヘッジを用いて定義される。この言語真理値は数値真理値上のファジー集合となり、type-2 ファジー集合として表現される。

type-2 ファジー集合として表現される。尺度図 j から得られる刺激 s_i の心理尺度値 $\mu_j(t; s_i)$ は

$$\mu_j(t; s_i) = \mu(t; c(r(s_i), j)) \quad (1)$$

但し、

$c(k, j)$: 尺度図 j 上の k 番目のカテゴリ

$j=1, \dots, M, k=1, \dots, N$

$r(s_i)$: s_i に対して選択されたカテゴリ

従って type-2 ファジー集合の形状を通して両者のベグネスを扱うことができる。またカテゴリの心理尺度値の推定に言語真理値を用いているので、数値心理尺度値の両端が固定されている。これより間隔尺度よりも更に上位の比率尺度の性質をもつ可能性があると考えられている。

2.2 Between 集合による間の表現の利用

1.でも述べたように、評定尺度法では対象の心理尺度値は離散的なカテゴリを通して測定されるため、得られる心理尺度値はカテゴリの心理尺度値によって決定される。このため尺度図を構成するカテゴリによって表すことができる心理尺度値に空白区間があった場合、その部分に対しては該当するカテゴリが存在しないことになる。しかし本論文で仮定しているように、一般に実験者は評価者のカテゴリの意味を実験前には知らないため、尺度図作成の段階で空白区間を予想することは困難である。また仮に知っていたとしても、その空白区間を埋めるのに適した言語ヘッジが常に見つかる保証はない。

そこでここでは二つのカテゴリの間のカテゴリを用いることで心理尺度値の空白区間を解消し、得られる心理尺度値を改善する。ファジー範ちゅう法ではカテゴリの心理尺度値はファジー集合として与えられるので、二つのファジー集合の「間」を表す集合を求める必要がある。ここでは二つのファジー集合の「間」を表す集合として提唱されている Between 集合⁽⁷⁾を用いる。文献(7)では「間」を二つの概念のいずれに属しているか判断しにくい状態と考え、その一つの表現として Between 集合を式(2)のように定義している。

$$\mu_{A \sim B}(x) = 1 - |\mu_{\leq A}(x) - \mu_{\geq B}(x)| \quad (2)$$

但し、 A, B はファジー集合 ($A < B$ と仮定する)、 $\leq A, \geq B$ はそれぞれ A 以下、 B 以上を表す集合、そして $A \sim B$ が A と B の Between 集合である。この式(2)によって「間」の集合を定義すると、Between 集合は必ず正規凸ファジー集合になり、常にもとの二つのファジー集合の間に位置することが保証される。更にもとの二つのファジー集合と Between 集合との和集

合を求めると、和集合の所属度の最小値は 0.5 以上となる。従ってこの Between 集合を二つのカテゴリの間のカテゴリの表現に用いることで、台集合上のいかなる数値心理尺度値も確信度(所属度) 0.5 以上でいずれかのカテゴリに属するようにできる。

2.3 多重尺度図法による心理尺度値の改善

評定尺度法では、一つの評定結果に対する心理尺度値はカテゴリの心理尺度値によって決定されてしまう。つまり与えられたカテゴリ以上に自由に対象の心理尺度値を表現することはできない。しかし 1.で述べたように物理的な測定と異なり、カテゴリ数を増やすことでそれを改善することには限界がある。仮に表す程度が似通ったカテゴリを増やしたとしても、評定者がカテゴリを選択する際に混乱を与えるだけで、大きな効果は期待できない。

ところでファジー範ちゅう法の特徴に、尺度図を構成するカテゴリの種類によらず、数値心理尺度値の両端が固定されていることがある。例えば、「高い-低い」という属性の場合であれば、尺度図に用いられているカテゴリにかかわらず、その数値心理尺度値の両端はそれぞれ「完全に低い」と「完全に高い」を意味している。つまり異なるカテゴリ尺度図によって測定された複数の心理尺度値を合成できることを意味している。そこで一つの対象について複数の尺度図から得られた心理尺度値を合成することによって、心理尺度値の表現力の改善を行う。この方法を多重尺度図法⁽⁸⁾と呼ぶ。

この多重尺度図法による合成方法は、カテゴリと対象の心理尺度値の関係により二つに分けることができる。一つは複数のカテゴリ間で論理和演算を行う max 合成であり、もう一つは論理積演算を行う min 合成である。max 合成は、論理和演算によって複数のカテゴリの和を求め、カテゴリの表現できる範囲を拡張して対象の心理尺度値に近づけようとしている。但し論理和演算から得られる和集合は凸ファジー集合になるとは限らない。しかし対象の心理尺度値が多峰性、つまり多義になるとは考えにくいので、単峰性になるように凸化を行っている。この凸化された合成カテゴリは「あるカテゴリからもう一つのカテゴリまで」⁽⁹⁾を表していると解釈できる。以下では、論理和演算の後に凸化を行う一連の演算を max 合成と呼ぶ。max 合成によって得られる心理尺度値 $\mu_{\max(j_0, \dots, j_n)}(t; s_i)$ は式(3)のように書ける。

$$\mu_{\max(j_a, \dots, j_b)}(t; s_i) = \text{conv} \left\{ \max_{j \in \{j_a, \dots, j_b\}} \mu(t; c(r(s_i), j)) \right\} \quad (3)$$

但し, $j_a, \dots, j_b \in \{1, \dots, M\}$.

この max 合成はカテゴリの心理尺度値よりも対象の方が広い範囲を表している場合、または複数のカテゴリに対象がまたがっている場合に有効である。

一方, min 合成は二つあるいはそれ以上のカテゴリの共通部分集合を用いて範囲を制限し、ファジー範ちゅう法から得られた心理尺度値を対象の心理尺度値に近づけようとしている。max 合成と同様、式で表現すると式(4)のようになる。

$$\mu_{\min(j_a, \dots, j_b)}(t; s_i) = \min_{j \in \{j_a, \dots, j_b\}} \mu(t; c(r(s_i), j)) \quad (4)$$

これはカテゴリの心理尺度値よりも対象の心理尺度値の表す範囲が狭い場合に有効である。但し min 合成を用いるためには、合成に用いるカテゴリの共通部分集合が空集合でないことが必要である。

3. 検証実験

本章では 2. で提案したファジー範ちゅう法から得られる心理尺度値の表現力を改善する二つの方法の有効性を心理実験結果を通して検証する。

3.1 実験方法および条件

評価対象(以下、刺激と呼ぶ)には図 1 に示したようなランダムドットパターンを用いた。このパターンは 1 辺 10 cm の正方形内に直径 5 mm のドットがランダムに配置されている。ドットは最大、縦横 13 個ずつ 169 個並べることができる。実験ではドット数 n を 1 から 169 個の中から選んだ 19 通りのパターンを刺激として用いた。

評価属性は、このパターンから受ける「点の多さ-少なさ」の印象とした。この印象は図 2 (a) に示したようなカテゴリ尺度図を用いて測定した。実験には異なる

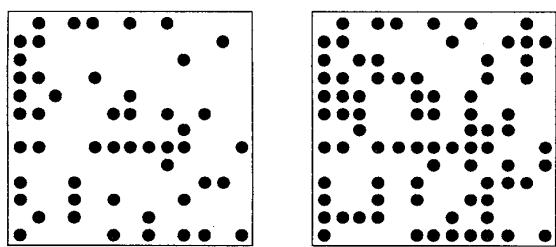


図 1 実験で用いた刺激の一例

Fig. 1 Examples of stimuli used in the experiment.

るカテゴリから構成された 3 種の尺度図を用いた。各尺度図で使用した言語ヘッジは、「少し、けっこう、非常に」(尺度図 1), 「ちょっと、だいぶん、すごく」(尺度図 2), 「まあまあ、かなり、むちゃくちゃ」(尺度図 3) であった。これらの言語ヘッジと「多い」あるいは「少ない」を組み合わせたカテゴリと「どちらとも言えない」を基本カテゴリと呼ぶ。これらの尺度図では二つの基本カテゴリの「間」を表す六つのカテゴリと最も外側の基本カテゴリの更に外側に、例えば「非常に多いよりも多い」と「非常に少ないよりも少ない」というカテゴリを設けているので、15 段階評定となる。これらのカテゴリの選択に際してあらかじめ被験者にカテゴリの意味を調査する実験は行っていない。つまり実験者が被験者のカテゴリの意味を全く知らない場合に相当する。また図 2 (b) に示したグラフ尺度図は刺激の心理尺度値をファジーグラフ評定尺度法^{(10),(11)}で直接推定するために用いた。このグラフ尺度図は全長 10 cm で、この上に刺激から受ける印象を「最もよく表している範囲」と「表しているとみなせる範囲」をそれぞれ記入させた。この測定

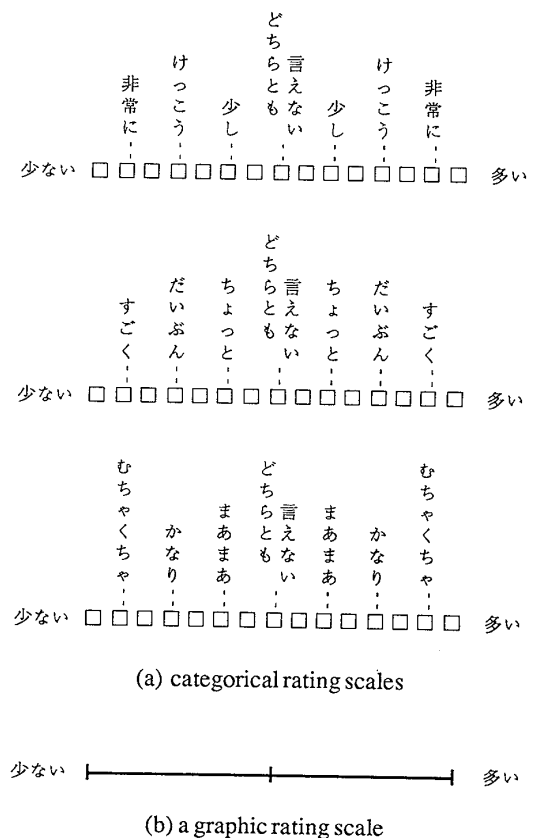


図 2 実験で用いた 2 種類の尺度図の例

Fig. 2 A sample of two kinds of scales used in the experiment.

結果は、多重尺度図法から合成された心理尺度値を評価するために用いた。3種のカテゴリー尺度図とグラフ尺度図が1枚に印刷された回答用紙を用いて、1刺激に対して同時に4種の尺度図で印象を評価させた。

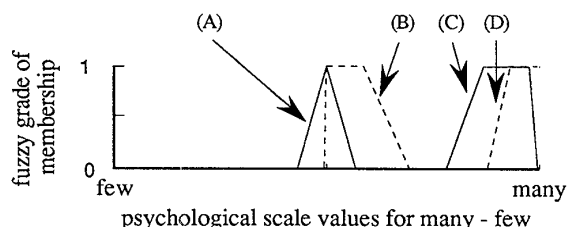
またこの印象の評価実験の前後に、カテゴリーに使用されている言語ヘッジと「真」または「偽」を組み合わせた18種類と「真でも偽でもない」の計19種類の言語真理値の形状を同定させた。同定にはグラフ尺度図を用いて、印象の評価と同様、二つの範囲を記入させた。

被験者は22~25歳の日本人成人男性8名であった。彼らはすべて日本語を母国語としており、カテゴリーおよび言語真理値の意味の理解は問題がない。

3.2 実験結果

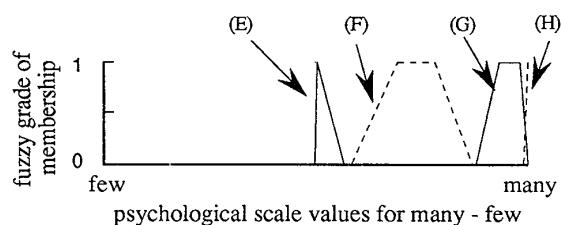
3.2.1 Between 集合による心理尺度値の表現力の改善

被験者によって同定された言語真理値の形状を用いて、基本カテゴリーの心理尺度値を求めた。各言語真理値の形状は「最もよく表している範囲」を1レベル集合、「表しているとみなせる範囲」を台集合として、その間を線形補間して求めた。その一例を図3に示す。横軸は数値的な心理尺度値、つまり対象のもつ属性の



- (A) "Not either many or few"(どちらとも言えない),
 (B) "Slightly many"(ちょっと多い),
 (C) "Fairly many"(だいぶん多い),
 (D) "Heavily many"(すごく多い)

(a) primary categories



- (E) between "Not either many or few" and "Slightly many",
 (F) between "Slightly many" and "Fairly many",
 (G) between "Fairly many" and "Heavily many",
 (H) more than "Heavily many"

(b) categories between two primary categories

図3 実験から得られたファジー心理尺度値の一例

Fig. 3 An example of fuzzy psychological scale values obtained from the experiment.

主観的な程度を、縦軸はカテゴリーにその数値心理尺度値が属している程度を示している。以下では type-2 ファジー集合として表現された心理尺度値をファジー心理尺度値と呼ぶ。そして隣り合う二つの基本カテゴリーのファジー心理尺度値から Between 集合を計算し、二つの基本カテゴリーの“間”(例えば、“ちょっと多い”と“だいぶん多い”の間の□に相当する)を求めた。更に最も外側のカテゴリー、例えば“非常に多いよりも多い”については、“完全に多い”を意味する数値心理尺度値1でファジー所属度1となるシングルトンと“非常に多い”の間の Between 集合として求めた。またここではファジー範ちゅう法から得られるカテゴリーは数値心理尺度値0.5を軸として左右対称に位置するので、言語アンカー「多い」の側だけを示した。

図3(a)に示した基本カテゴリーのファジー心理尺度値について見ると、この被験者の場合「ちょっと多い」と「だいぶん多い」の間にどちらにも属していない区間が存在している。この区間は図3(b)の Between 集合として計算された「ちょっと多いとだいぶん多いの間」を表すカテゴリーによって表現できることが見てとれる。更にこの効果を定量的に評価するために、次に示す二つの指標の値を求めた。一つは全カテゴリーのファジー心理尺度値の和集合の相対濃度 $RC(j)$ であり、もう一つはファジー心理尺度値の和集合の所属度の最小値 $MIN(j)$ である。ファジー集合の相対濃度は、ファジー集合の濃度を全体集合の濃度で除したものと与えられる。濃度は連続ファジー集合の場合面積として与えられるので、相対濃度はファジー集合と全体集合の面積比になる。これは0から1までの値をとり、1に近いほど全カテゴリーで全数値心理尺度値をよく表せることを意味する。一方和集合の所属度の最小値も0から1までの値をとる。相対濃度が数値心理尺度値全体としての記述力の良さを表しているのに対し、最小値は数値心理尺度値の中で最も表現力の悪かった場合を表している。これらの指標は以下のように書ける。

$$RC(j) = \left\| \max_{k \in \{1, \dots, N\}} \mu(t; c(k, j)) \right\| \quad (5)$$

$$MIN(j) = \min_{t \in [0, 1]} \left\{ \max_{k \in \{1, \dots, N\}} \mu(t; c(k, j)) \right\} \quad (6)$$

図4は横軸に Between 集合による間の表現を用いなかった場合の指標値、縦軸に Between 集合を用いた場合の指標値をとり、各被験者の各尺度図ごとの値を示したものである。図より両者とも Between 集合を用い

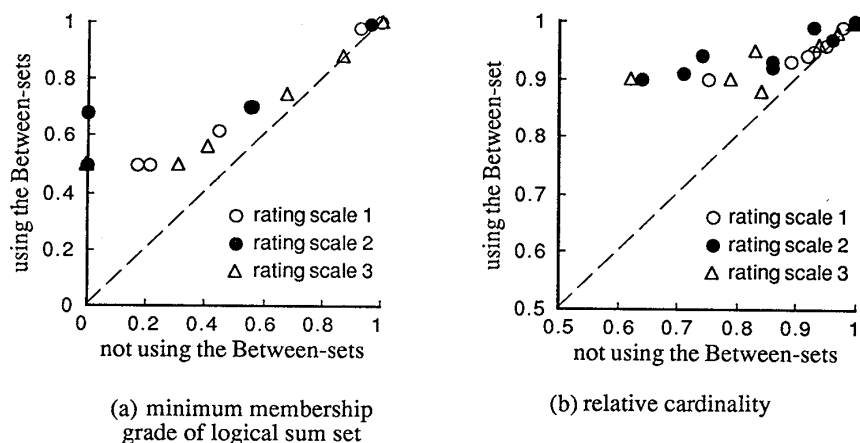


図4 Between 集合による心理尺度値の改善の効果
Fig. 4 Improvement of psychological scale values by the Between-sets.

ることで値が改善されていることが見てとれる。特に Between 集合を用いていない場合の指標値が小さいものほど、改善の効果が大きいことがわかる。これより Between 集合を用いることで心理尺度値の記述力を改善できると結論づけることができる。

3.2.2 多重尺度図法による心理尺度値の表現力の改善

ファジー範ちゅう法から得られたカテゴリーのファジー心理尺度値をもとにして、刺激に対するファジー心理尺度値を推定した。また3種の尺度図から得られたファジー心理尺度値から2あるいは3種を選び、min および max 合成によって合成した。1刺激当り11種のファジー心理尺度値が得られたことになる。

この11種類の心理尺度値を評価するために、ファジーグラフ尺度図法から得られた心理尺度値をその真値と仮定して比較を行った。ファジーグラフ評定尺度法から直接推定されたファジー心理尺度値との間で次の二つの指標を計算した。第1の指標は一致度 $M(j_1, j_2)$ である。これは二つのファジー集合の共通部分集合、すなわち論理積集合の所属度の最大値として与えられる。つまり二つのファジー集合のある要素でともに所属度が1となる時、最大値1をとる。第2の指標は類似度 $S(j_1, j_2)$ である。これは二つのファジー集合の共通部分集合の相対濃度を和集合の相対濃度で割ったものとして与えられる⁽¹²⁾。つまり完全に両者の形状が同一であるときに最大値1をとる。一致度は、両者の数値心理尺度値の中で最もよく一致している数値心理尺度値における両者の一致の程度を表しているのに対して、類似度は両者の形状の一致の程度を表している。従って類似度の方が両者の一致を判定する基準が厳しくなっ

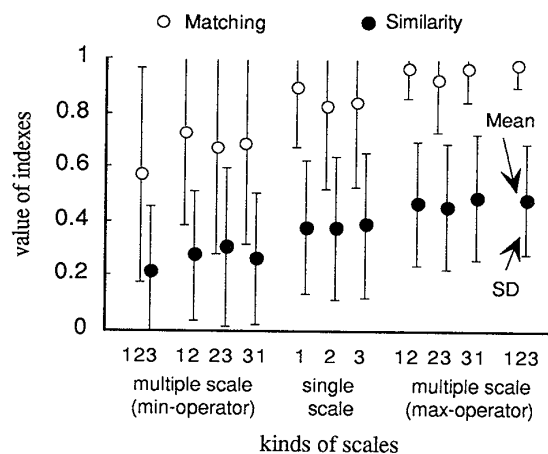


図5 2種の指標と尺度図の種類の関係
Fig. 5 The relations between two indexes and kinds of scales.

ている。それぞれ次式のように表される。

$$M(j_1, j_2) = \max_{j \in \{0,1\}} \{ \mu_{j_1}(t; s_i) \wedge \mu_{j_2}(t; s_i) \} \quad (7)$$

$$S(j_1, j_2) = \frac{\| \mu_{j_1}(t; s_i) \wedge \mu_{j_2}(t; s_i) \|}{\| \mu_{j_1}(t; s_i) \vee \mu_{j_2}(t; s_i) \|} \quad (8)$$

但し、 $j_1, j_2 \in \{1, 2, 3, \max(1, 2), \max(2, 3), \max(3, 1), \min(1, 2, 3), \min(1, 2), \min(2, 3), \min(3, 1), \min(1, 2, 3)\}$ 。

図5はカテゴリー尺度図から得られた11種類のファジー心理尺度値とグラフ尺度図から得られたもの間で求めた二つの指標を、それぞれ全被験者の全刺激について平均したものである。多重尺度図法から得られた値を用いているものについては、合成に用いた尺度図の番号を示してある。図より、まず合成法間で比較すると、両指標とも min 合成3本、2本、単独、max

表1 指標の平均値の差のt検定による尺度図の合成法の比較

尺度図		min合成			単独			max合成			類似度	
		1,2	2,3	3,1	1	2	3	1,2	2,3	3,1		1,2,3
min合成	尺度図	5	1	10	1	1	1	1	1	1	1	1,2,3
	1,2	1	ns	ns	1	1	1	1	1	1	1	1,2
	2,3	5	ns	ns	5	5	1	1	1	1	1	2,3
単独	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3,1
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
max合成	1,2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,2
	2,3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2,3
	3,1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3,1
一致度		1,2,3	1,2	2,3	3,1	1	2	3	1,2	2,3	3,1	尺度図

有意水準
 1: $p < 0.01$, 5: $p < 0.05$, 10: $p < 0.10$, ns: $p \geq 0.10$

合成2本, 3本の順に値がよくなっていることが見てとれる。これより表現力の改善にはmax合成が有効であることがわかる。また合成法内で比較すると, 尺度図の違いによる指標の差異は大きくないことが見てとれる。更に定量的に検討するために, 11種の平均値の間で差の有意差検定を行った。表1はそれぞれの指標について平均値間に有意差が認められた有意水準を示したものである。まず表中網かけを施した同一の合成法内の結果について見てみると, 一致度に関して単独とmax合成で5%あるいは10%で有意差が認められたものがあつたほかは, 一致度, 類似度ともに有意差は認められなかった。これより各尺度図から得られたファジー心理尺度値が, グラフ尺度図から得られたそれを表現する能力にはほぼ差がないと言える。次に合成法間について見ると, 3種のmax合成と2種のmax合成を除けば, 一致度, 類似度ともほとんどの組合せで1%で有意な差が認められた。先の図5の結果と併せて考えると, max合成は単独の尺度図から得られる心理尺度値の表現力を改善する効果があると結論づけることができる。また3種と2種のmax合成の間に1例を除いて有意差が認められなかったことは, 更に尺度図を増やしてもそれから得られる改善の効果は小さいことを示唆している。以上の結果と評価の際の被験者の負担を考慮すると, 心理尺度値の表現力を改善するためには, 2種の尺度図を用いて評定した結果をmax合成する方法が有効と言える。しかしこの結果は今回用いた3種の尺度図についての結果であり, 用いる尺度図によっては合成による改善の効果が得られない場

合もあり得る。合成によって改善の効果が得られる尺度図の選択法については今後の課題としたい。

3.3 考察

今回提案した心理尺度値の表現力の改善方法は, 系列範ちゅう法で尺度構成を行う場合と同様に, 実験前に実験者が被験者のカテゴリーの形状, つまり意味を全く知らない場合を仮定している。この条件のもとで提案法は有効であることが実験的にも確認された。しかし上記の条件のもとで表現力を改善するには限界がある。例えば, Between集合を用いて二つのカテゴリーの「間」を表現しても, もとの二つのカテゴリーの間隔, つまり数値心理尺度値の空白区間が広ければ, それ以上詳細に表現することはできない。また複数の尺度図を合成する場合にも, 合成する尺度図間のカテゴリーがほとんど同じものであれば, 合成による効果は期待できないことは容易に推測できる。

この問題はファジー範ちゅう法の特徴であるカテゴリーの心理尺度値の構成を評定に先だつて行えることで回避できる。つまりあらかじめカテゴリーの心理尺度値を測定し, それをもとにカテゴリーを最適配置すればよい。この方法は各被験者ごとに最適な組合せをもったカテゴリー尺度図を与えることが可能である。このカテゴリーの最適配置法とその効果については, 別の機会に報告する。

3.2の結果よりmax合成によって心理尺度値の表現力が改善されることが示された。これはカテゴリーのファジー心理尺度値と刺激のファジー心理尺度値のベグネスの広がり, ほぼ同程度か, 刺激の心理尺度値の方が広いためと考えられる。合成を行っていないファジー範ちゅう法から得られたファジー心理尺度値とグラフ尺度図から得られたものから1.0, 0.8, 0.6, 0.4, 0.2の各レベル集合と台集合の幅を求め, 被験者ごとに全刺激について相加平均した値を比較した。その結果, 両者の間で平均値に有意な差が認められたのは, 全24例中(被験者8×尺度図3)6例であり, この中でカテゴリーのファジー心理尺度値よりも刺激の心理尺度値の方が大きかったものは1例のみであった。これらの結果より, 刺激とカテゴリーのファジー心理尺度値の幅が同程度であったことがわかる。このためにmin合成による改善の効果が小さかったものと考えられる。

図5のmax合成により改善された二つの指標について見てみると, 一致度はほぼ1に近い値となっており, 十分に改善されていると言える。一方, 類似度は0.46~0.49であり, 値からは類似度の改善が不十分である

ような印象を受ける。しかしグラフ尺度図を用いた回答の際の記入誤差を考慮すれば、十分改善されていると言うことができる。例えばこの実験で用いた全長 10 cm の尺度図上に「最もよく表している範囲」が 5 mm, 「表しているとみなせる範囲」が 15 mm の左右対称な台形型の type-2 ファジー集合があるとする。この集合を記入する際に、二つの範囲とも左に 2.5 mm ずれたとする。このずれたファジー集合もとのファジー集合との間で類似度を計算すると 0.6 となる。従って回答時の記入誤差と同程度まで改善できていることがわかる。

4. むすび

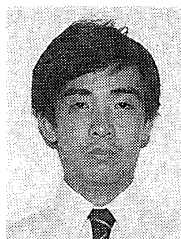
本論文では、被験者のカテゴリーの意味が実験者には未知であるという条件のもとで、カテゴリー尺度図とファジー範ちゅう法を用いて得られた心理尺度値が刺激の心理尺度値の真値を表現する能力を改善するための二つの方法を提案した。Between 集合による「間」の表現は数値心理尺度値の空白区間をなくすことによって、また多重尺度図法は表現可能な形状を増やすことによって、それぞれ心理尺度値を改善することを心理実験を通して検証した。

今後の課題としては、3.2 で述べたが、多重尺度図法によって心理尺度値が改善できる尺度図の条件を明らかにすることが挙げられる。更に 3.3 でも触れたが、被験者のカテゴリーの意味が既知である場合に、カテゴリーが最適配置となる条件の導出とその尺度図を用いた効果の検証が挙げられる。また推定される刺激の心理尺度値の精度が言語真値の精度に依存するため、それを同定する方法の改良と言語真値のデータベース化のためのその形状の時間的な安定性の解析を行う必要がある。

文 献

- (1) 成田長人：“主観評価で用いる日本語評価用語の知覚間隔の検証”，信学論(D-II), **J75-D-II**, 11, pp. 1968-1974 (1992-11).
- (2) 西村 武, 森本一成, 新居雅行, 岸本泰蔵, 吉川 歩：“VDT 陽面表示画面の好ましい白背景色”，テレビ誌, **42**, pp. 1351-1357 (1988-12).
- (3) 中山 剛：“心理尺度構成法とその応用”，1987 ヒューマン・インタフェース講習会資料, pp. 77-130 (1987).
- (4) ギルホード J. P. 著, 秋重義治監訳：“精神測定法”，培風館 (1959).
- (5) 吉川 歩, 西村 武：“評定判断過程の新モデルとその実験的検証”，フィジィ誌, **3**, 2, pp. 366-371 (1991-05).
- (6) 吉川 歩, 西村 武：“フィジィ範ちゅう法を用いた心理尺度構成とその実験的検証”，ファジィ誌, **5**, 4, pp. 719-731 (1993-08).

- (7) 吉川 歩：“Between 集合の数学的性質”，ファジィ誌, **4**, 1, pp. 150-159 (1992-02).
- (8) 吉川 歩, 西村 武：“MUSCAT (多重尺度図法) による心理尺度構成”，第 7 回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム講演論文集, pp. 147-152 (1991-10).
- (9) シュマッカー K. J. 著, 鬼沢武久訳：“ファジィ集合”，啓学出版 (1990).
- (10) Hesketh B., Pryor R., Gleitzman M. and Hesketh T. : “Practical applications and psychometric evaluation of a computerized fuzzy graphic rating scale”, In Zetenyi T. (Ed.), *Fuzzy sets in psychology*, pp. 425-454, North-Holland (1988).
- (11) Hesketh T., Pryor R. and Hesketh B. : “An application of a computerized fuzzy graphic rating scale to the psychological measurement of individual differences”, *Int. J. of Man-Machine Studies*, **29**, pp. 21-35 (1988).
- (12) Dubois D. and Prade H. : “Fuzzy Sets and Systems : Theory and Applications”, Academic Press (1980).
(平成 5 年 6 月 7 日受付, 8 月 13 日再受付)



吉川 歩

平 4 京都市工芸大学院工芸科学研究科博士後期課程単位修得退学。同年 4 月京都工芸繊維大学工芸学部電子情報工学科助手。人間の行う主観的な情報処理過程や人間によって処理された主観情報を解析し、応用する「主観情報処理」に関する研究に従事。その一環としてファジー理論を用いた心理尺度構成やファジー集合の同定法などに関する研究を行っている。京都工芸繊維大学博士(学術)。日本ファジィ学会等会員。



西村 武

昭 33 京大・工・電気卒。同年(株)日立製作所入社、中央研究所勤務。昭 43 京都工芸繊維大学に転じ、工芸学部助教授、工業短期大学部教授を経て、昭 63 工芸学部電子情報工学科教授。この間、画質評価の研究、ヒューマンインタフェースの評価の研究などに従事。昭 50 テレビジョン学会丹羽高柳賞論文部門受賞。工博。テレビジョン学会、照明学会、日本照明委員会、日本色彩学会、日本人間工学会、計測自動制御学会、日本社会心理学会各会員。