

ファジィ理論を用いた 評定尺度図設計支援システム[†]

吉川 歩^{*}

本稿では、程度副詞をカテゴリーとして用いた評定尺度図を、程度副詞の表す程度の個人差や尺度図の回答しやすさを考慮して、システムティックに設計する新しい方法を提案する。システムを構築するための基礎的知見を得るために、尺度図の作成、尺度図の回答しやすさおよび配置状態に関する順位評定などの作業から構成される2つの心理実験を実施した。

そして得られた結果をもとに、まず本稿のアプローチの必要性を明らかにするため、回答しやすい尺度図に個人差が認められることを例示する。次にシステムで扱う必要のある要因を明らかにするため、回答しやすさの評価に影響を及ぼす要因を抽出する。そしてそれらの要因を定量的に扱う方法を確立するため、回答しやすさおよびカテゴリー配置の主観的順位評定とカテゴリー配置に関する数値指標の候補をもとに、回答しやすさと配置の関係を明らかにする。さらに提案システムの構成を決定するため、カテゴリーの配置の指標に基づいた尺度図の回答しやすさの予測可能性について論じる。最後に、得られた知見をもとにして、回答者との対話を通して各回答者に適した尺度図の設計を支援するシステムの構成を提案する。

キーワード：評定尺度図，程度副詞，カテゴリーの配置，評定尺度図の回答しやすさ

1. まえがき

研究背景：「かなり」や「非常に」のような程度副詞を目盛とする尺度図は、心理学、ヒューマン・インタフェースの評価、社会調査、感性工学など、主観的な程度や量の回答を必要とする分野で広く利用されている。このような程度副詞を目盛として用いた尺度図は、ギルホード[1]の分類では数値評定尺度図に属するが、本稿ではカテゴリー評定尺度図と呼ぶこととする。物理的な物差と異なり、カテゴリー評定尺度図には普遍的な目盛は存在しない。つまり実験者は測定に使用する物差をその都度作成する必要がある。

重要性：カテゴリー評定尺度図で使用されるカテゴリーの選択および配置は、過去の実験での経験や同種の研究を参考にするという経験則に従ってなされることが多い。しかしすべての実験者が尺度図を作成するエキスパートであるわけではない。また過去の実験で成功したカテゴリーの組合せや配置が常に他の場合にも有効である保証もない。特に経験の浅い実験者にとっては、尺度図の作成が実験実施の障壁となる場合もある。このことから誰もが適切な尺度図を作成できるシステムティックな手法の開発が重要になってくる。

先行研究：上記のようなカテゴリーの選択・配置に

伴う問題を軽減するための研究は既に行われている。織田[2]は、程度量表現用語の大小関係の対比較データをギルホードのケースV[1]を用いて数値化し、それらを等間隔に配置することを試みている。また吉川誠次[3]は、グラフ尺度図により評定された200名分の嗜好表現用語の表す程度から平均値を求め、その値をもとに等間隔配置となる推奨される9段階のカテゴリーの配置を導出している。さらに竹谷ら[4]は、程度量表現用語の大小関係の対比較データを意味構造分析法[5]を用いて数値化し、その値をもとに等間隔にカテゴリーを配置する手法を提案している。他方、竹内[6]は、程度表現用語の表す程度の不明瞭さをファジィ集合を用いて表現することを試みている。

問題点：上述の先行研究には回答者への配慮の欠如と個人差の適切な扱いの欠如の2つの問題が存在する。

前者は尺度図を作成するときに回答者の立場に立った配慮が欠如していることである。上述のように、先行研究では物理的な物差の目盛のアナロジーからカテゴリーを等間隔に配置することを目標としている。もちろん、等間隔配置は尺度図作成の際に充足すべき1つの要件であることは疑いない。しかしカテゴリー評定尺度図は程度や量を回答するための道具である。つまり回答者がカテゴリーを通して程度を回答するときに、どれだけ対象の程度を適切に回答できるかという回答しやすさ、すなわち尺度図の使いやすさにも十分な配慮が必要である。

一方後者は尺度図を作成するときにカテゴリーの意味の個人差が考慮されていないことである。カテゴリー評定尺度図を用いた従来の測定では、集団全体と

[†] Fuzzy Theoretic Approach to Computer Aided Design of Categorical Rating Scales
Ayumi YOSHIKAWA

^{*} 京都工芸繊維大学工学部電子情報工学科
Faculty of Engineering and Design, Kyoto Institute of Technology

しての代表値を求めることに重点が置かれることが多かった。そのため多くの場合、尺度図を作成する際にカテゴリーの意味の個人差は適切に考慮されていなかった。しかし清水[7]や吉川ら[8]は、それぞれ感性工学の分野やヒューマン・インタフェースの評価で個人ごとの評価の重要性を指摘している。そして吉川らはこの重要性から、カテゴリーの意味の個人差を適切に扱うことが可能な心理尺度構成法（多重尺度図法）を既に提案している[9,10]。しかしカテゴリーの意味の個人差を考慮した尺度図の作成法については未着手である。

さらに個人差に加えて、カテゴリーの表す程度の境界の不明瞭さも適切には扱われていない。例えば等間隔配置について考えた場合、ファジィ集合として表現されるカテゴリーをどのように配置すれば回答者が主観的に等間隔と感じるのかといった、配置状態を記述する指標も見いだされていない。

研究目的：本稿では、カテゴリーが表す程度の個人差とその境界の不明瞭さを適切に考慮し、回答者個々の回答しやすさ、および得られるデータの精度も考慮したカテゴリー評価尺度図の設計支援システムを構築するための基礎的な知見を得ることを目的とする。

続く2.では、心理実験結果を通して回答者が回答しやすいと感じる尺度図に個人差が存在することを例示する。さらに回答しやすさに影響を及ぼす要因について言及する。また3.では、配置に関する主観的な順位評価とカテゴリーの配置状態を記述する数値的な指標の関係を明らかにする。さらに配置状態を表現する数値指標をもとにした回答しやすさの予測可能性について論じる。そして4.では、得られた結果をもとに支援システムを構築する際に考慮すべき事項を考察するとともに、そのシステムの構成を示す。

2. 尺度図の回答しやすさに影響を及ぼす要因

2.1 本章の目的

本章では、回答者の感じる回答しやすさを考慮したカテゴリー評価尺度図設計支援システムを構築する際に重要となる以下の事項を、心理実験を通して明らかにする。

- ・回答しやすいと感じる尺度図の個人差の存在。
- ・回答しやすさに影響を及ぼす要因の抽出。

2.2 実験条件及び方法

程度副詞：後述の作業で用いた10種の程度副詞を表1に示す。これらの程度副詞の選定に先立ち、竹内[6]と同様の5段階頻度尺度を用いて151名の被験者の47

表1 実験に用いた言語ヘッジとその使用頻度

言語ヘッジ（平均使用頻度）		（五十音順）
かなり(4.5)	けっこう(4.5)	すごく (4.3)
少し (4.1)	そうとう(3.7)	ちょっと(4.4)
非常に(3.2)	まあまあ(4.2)	もっとも(2.4)
やや (2.5)		

【使用頻度】5:よく使う, 4:ときどき使う, 3:たまに使う

2:ほとんど使わない, 1:まったく使わない

:7段階尺度図でよく使用, 太字:文献[3]推奨のカテゴリー

種の程度副詞の使用頻度を調べる予備実験を実施した。そしてその結果を考慮し、カテゴリーとして慣例的に使用されている程度副詞や文献[3]で推奨されたものが含まれ、かつ表す程度が偏らないように選定した。

実験の設定：カテゴリー評価尺度図の回答しやすさを被験者に正しく評価させるためには、尺度図を用いて主観的な程度や量を回答する場面を想起させる必要がある。そこで後述の作業では、刺激や場面を想起しやすいという点を重視して、「物理的な身長から受ける背の高さの印象を回答する」という場面を想定した。

実験方法：実施した5種の作業を実施順に説明する。

(1)回答しやすいと感じる尺度図の構成：表1に示した10種の程度副詞と「高い」または「低い」を組合せた20種と「高いとも低いとも言えない」を合わせた21種の程度表現語をカテゴリーの候補として被験者に提示した。そして「110cmから220cmの範囲から20名の日本人男性の身長が示されたとき、それから受ける背の高さの印象を、回答用紙の程度を表す選択肢を選んで回答する場面を想像する」ように教示を与えた。次に「実験者から示された選択肢数で、背の高さの印象を最も回答しやすい回答用紙となるように、選択肢に使う言葉を21種の候補から選んで配置する」ように求めた。選択肢数、すなわちカテゴリー数は3から9とした。

(2)回答しやすさに基づく尺度図の順位評価：作業(1)と同様、「身長から受ける背の高さの印象を回答する場面を想像する」ように教示を与え、作業(1)で被験者自身が作成した3から9カテゴリーの7組の尺度図の回答しやすさの順位を評価させた。これに引き続き、実験者が用意した同一カテゴリー数の評価尺度図5組の間の回答しやすさの順位を評価させた。なおカテゴリー数は5から9の5種とした。したがって、順位評価作業は6条件のもとで実施されたことになる。また順位評価では同順位の複数回答を認めた。

(3)回答しやすさに影響を与える要因の自由筆記：作業(1),(2)の終了直後に、回答しやすい尺度図の作成および回答しやすさの順位評価を行った際に、考慮した事項を最低1項目以上筆記回答させた。

(4)程度副詞のメンバーシップ関数の同定：BASE法

[11]を用いて21種のカテゴリー候補のメンバーシップ関数の形状を同定させた。得られるメンバーシップ関数の形状は、「完全に低い」を0,「完全に高い」を1とする[0,1]の全体集合上で定義された台形型もしくは三角形型である。BASE法は,1レベル集合と台集合の区間(端点)を直接評定させる,いわゆるファジィグラフ評定尺度図法と同様の形状のメンバーシップ関数が得られる。しかしBASE法では呈示された要素の所属度を3値で回答することを繰り返して間接的に4つの端点の位置を推定する。この回答法の改良によりBASE法は,ファジィ理論に関する知識を持たない回答者でも容易に使用できるという特徴がある[11,12]。

(5)程度副詞の使用頻度の調査:21種のカテゴリー候補の使用頻度を回答させた。予備調査と同様,竹内[6]の使用した5段階頻度尺度を採用した。

なお各作業の教示および説明では,無用の混乱を避けるため,カテゴリー,尺度図という表現は使用せず,選択肢,回答用紙という表現を用いた。

被験者:被験者は,京都工芸繊維大学の大学生17名であった。全被験者とも日本語のネイティブスピーカーであり,ボランティアとして実験に参加した。被験者の年齢構成は,18歳1名,19歳2名,20歳4名,21歳6名,23歳3名,48歳1名であった。また所属学科は,電子情報工学科11名,造形工学科4名,機械システム工学科2名であった。被験者の男女構成は男性14名,女性3名であった。実験は被験者ごとに作業(1)から(5)の順で実施した。各作業とも回答時間には制限を設けなかった。そのため実験に要した時間は被験者により

異なるが,1時間から1時間30分程度であった。

2.3 実験結果および考察

回答しやすいと感じる尺度図の個人差:作業(2)から得られた回答しやすさの順位評定をもとに,各条件ごとに,17名の被験者の回答しやすさの順位評定の全組合せの間でSpearmanの順位相関係数を算出した。その結果を表2に示す。表中の5%水準で有意な相関を示した組合せ数の累計から,被験者間で回答しやすさの順位評定に個人差が認められる。また最も回答しやすいカテゴリー数として,7カテゴリーと回答した被験者が9名,5カテゴリーと回答した被験者が5名であった。これらの結果は17名の被験者の間でも,回答しやすい尺度図のカテゴリー数,カテゴリーの組合せともに個人差が存在することを示している。言い換えれば,被験者に依存しない最適なカテゴリーの組合せを見いだそうとするアプローチそのものが,意味を持たないことを示唆している。

自由筆記回答から抽出された要因:表3は,作業(3)から得られた自由筆記による回答結果を,内容の類似性をもとに実験者が10要因にまとめたものである。表から,得られた要因はカテゴリーの表す程度に関連し

表2: 回答しやすさの順位評定間に5%水準で有意相関が認められた被験者数

	被験者 作成	カテゴリー数				
		5	6	7	8	9
データ数 (%)	37 (27.2)	14 (10.3)	6 (4.4)	7 (5.1)	4 (2.9)	10 (7.4)

表3 被験者の自由筆記から得られた回答しやすさに関連する事項とそれらに対応する評価指標と回答しやすさの相関関係

回答しやすさに 関連する事項	評価指標と回答しやすさの関係 評価指標	筆記回答被験者数 [人]	被験者番号																計			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	全	一致	
1. 中央カテゴリーの有無	存在:1/非存在:0	10	1	2	1						1	2							7	5		
2. 奇数個のカテゴリー	奇数:1/偶数:0(被験者作成のみ)	4			1								1						3	1		
3. 極性間での対称性	対称:1/非対称:0	9	3	1	4		1	2	1	3	1	5		5		1	2		29	22		
4. 全領域の表現	カテゴリーの論理和集合の相対濃度	2	1	1	1	1		1	1	1	3	1	1	1	2		1		16	1		
5. カテゴリーの 等間隔配置	カテゴリー順序と重心の相関係数	4		2	1	2		1		1			1	3	2				13	2		
	隣接カテゴリーの重心間距離のSD			2		2			1	1			2	1	3				12	0		
6. 同程度カテゴリーの 同時使用回避	隣接カテゴリーの重心間距離の最小値	7				1		1		1		2			3				8	5		
	隣接カテゴリー間の類似度の最大値					1		3		1		2	1		3				11	5		
	隣接カテゴリー間の類似度の累積値			1		1		1		1				1	1	2			8	6		
7. カテゴリーの表す 程度の幅の狭さ	1レベル集合幅の平均値	3					1	1	1	1	1	1	1		1				6	1		
	カテゴリーの相対濃度の平均値				1				1	1	1	1	1	2					6	1		
8. 日常での使用頻度	主観的な使用頻度の平均値	1	1	1	2			1		1		2	2	2					12	2		
9. 表現の自然さ	(評価対象外)	2																				
10. 特定の語を不使用	"	2																				
被験者ごとの小計				6	8	3	9	8	4	10	4	5	12	12	8	4	15	16	4	3	131	51

- ・数値は,尺度図から求めた評価指標と被験者の回答した回答しやすさ順位の間で10%水準で有意な順位相関が認められたデータ数を表す(煩雑になるので0は表示していない)
- ・網掛は,被験者が回答しやすさに関係すると筆記回答した事項を表す
- ・事項の小計の欄の一致は被験者が筆記回答した事項で有意相関が認められたデータ数を表す

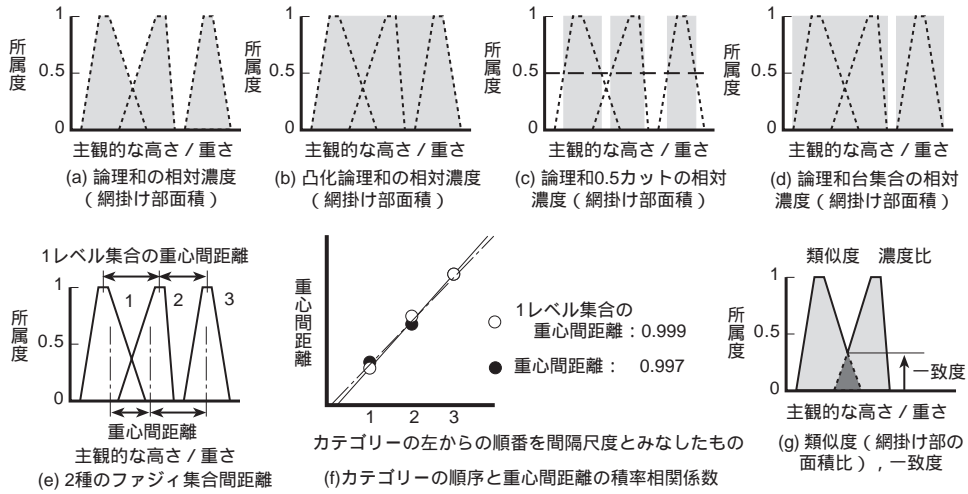


図1：カテゴリーの配置の評価に用いた評価指標の定義

ない、いわゆるラベルとしてカテゴリーの配置に関する要因(1~3)、表す程度に関連する要因(4~7)と、そしてその他(8~10)に大別できる。

表中網掛で示した各被験者の回答結果から、「中央カテゴリーの有無」(10名 / 17名中)や「極性間での対称性」(9名)など、ラベルとしてのカテゴリーの配置が重視される傾向が認められる。他方、従来目盛の選択基準とされてきた「カテゴリーの等間隔配置」を挙げた被験者は4名にすぎない。この結果は、等間隔配置を回答しやすさに関連する要因として明確に意識している被験者が少ないことを示唆している。

要因に対応する評価指標：抽出された回答しやすさに関連する要因と作業(2)から得られた回答しやすさの順位の間を明らかにするために、次のような評価指標を導入する。ラベルとしての配置に関する要因は表3に示すように、各尺度図ごとに{0,1}の2値に変換した。

またカテゴリーの表す程度に関連している要因は、作業(4)で測定した程度副詞のメンバーシップ関数から表3に示す評価指標を算出し、[0,1]の実数値に変換した。「全領域の表現」の要因は全体集合をカテゴリーが覆う程度として表した。ここでは図1(a)に示したカテゴリーのファジィ集合の論理和の相対濃度を採用した。「カテゴリーの等間隔配置」の要因は、図1(e),(f)に示したカテゴリーの左からの順序(整数値)とカテゴリーのメンバーシップ関数から求めた重心の間のPearsonの積率相関係数と、隣接するカテゴリーの重心間距離の標準偏差の2種を採用した。「同程度カテゴリーの同時使用の回避」の要因は、カテゴリー間の距離の近さと重なり方として表現した。前者に対応するものとして隣接カテゴリーの重心間距離の最小値を、

また後者に対応するものとして図1(g)に示した、隣接カテゴリー間で算出した類似度の最大値と累積値(平均値)を用いた。そして「カテゴリーの表す程度の幅の狭さ」の要因は、カテゴリーの1レベル集合幅の平均値、そしてカテゴリーのファジィ集合の相対濃度の平均値の2種を採用した。

また、「日常での使用頻度」の要因は、作業(5)から得られた各カテゴリーの5段階の使用頻度から尺度図ごとに平均使用頻度(1~5)を算出した。

配置の要因と回答しやすさの順位評定の関係：上述の指標を各尺度図について求め、作業(2)の各条件ごとに指標値から各尺度図の順位を求めた。そしてこれらと作業(2)の回答しやすさの順位評定の間に Spearman の順位相関係数を計算した。表3に10%水準(被験者作成尺度図7組については $r_s = 0.571$ 、実験者呈示5組については $r_s = 0.8$)で両者の間に有意相関が認められたデータ数(実験条件数)を示した。表から、被験者の欄に網掛で示した自由筆記回答から得られた回答しやすさの要因と指標と有意な相関を示した要因とは、「極性間での対称性」の22例(全102例中)を除けば、対応がよくないことが見て取れる。

他方、有意相関を示したデータ数について見ると、表す程度に関連する要因でも度数の高くなっているものが認められる。このことは、被験者が明確に意識していない、つまり自由筆記で回答されていない配置状態を表す要因の中にも、回答しやすさに関連するものが存在することを示唆している。言い換えれば、回答しやすさとカテゴリーの表す程度を考慮に入れた配置の要件を同時に充足できる可能性があることを示している。この点に関しては、3.でさらに検討する。

3. カテゴリーの配置と回答しやすさの関係

3.1 本章の目的

2.においてカテゴリーの配置状態を定量的に表す評価指標を導入して、回答しやすさとカテゴリーの配置との対応関係の解析を試みた。しかしそこで用いた指標が配置状態を適切に表現しているかについては、実験的な検討がなされていない。また回答者の回答しやすさと配置に関する要件を同時に充足できる可能性があるという興味深い結果が示されている。ただし2.ではラベルとしての配置に関する要因の影響があったために、それを取り除いた条件下で検証する必要がある。

そこで3.では、次のような事項を実験を通して明らかにすることを目的とする。

- ・ カテゴリーの配置状態とそれを表す数値的な指標の間の関係。
- ・ ラベルとしての配置の条件を揃えた下での、回答しやすさと配置状態を表す指標の関係。
- ・ 指標値に基づく回答しやすさの予測可能性。

3.2 実験方法および条件

程度副詞:2.で用いた10種から使用頻度の低い「もっとも」と「やや」を除いた8種類とした。

測定属性:2.と同様に使用場面や対象などの想起しやすさを考慮して、「40kg から150kg の範囲から適当に得られれば日本人男性20人の体重が示されたとき、それから受ける重さの印象を回答する」という場面を想定した。上述の8種の程度副詞と「重い」あるいは「軽い」を組合わせた16種と「重いとも軽いとも言えない」の計17種をカテゴリーの候補として用いた。

実験方法:実験は、程度副詞のメンバーシップ関数同定作業と順位評定作業の2つから構成されている。

(1)程度副詞のメンバーシップ関数同定:2.の作業(4)と同様にBASE法を用いて17種のカテゴリーのメンバーシップ関数を同定させた。

(2)順位評定:2.の実験結果を参考として、刺激として用いる尺度図は、両極で程度副詞が対称配置されていて、中性カテゴリーを有するという条件を満たすように構成した。カテゴリー数は5および7とし、それぞれ5組を用いた。被験者には一度に同一カテゴリー数の尺度図5組を呈示し、カテゴリーの配置に関する3種の事項と回答しやすさについて、尺度図の順位評定を行わせた。以下では主観順位と呼ぶこととする。配置に関する3種の事項は、2.の結果を参考にして、「全領域を表している程度」、「等間隔配置」、「同程度のカテ

表4:用いた配置に関する事項とそれらに対応する教示文

略称	事項	実験での教示文(順位づけの条件)
全領域	全領域の表現	40kgから150kgの範囲内のどのような体重の人の回答を求められても、その「重さ-軽さの印象の程度を」回答用紙の選択肢を使って適切に答えることができる
等間隔	等間隔配置	回答用紙内で選択肢を表す「重さ-軽さの印象の程度」が等間隔になっている
不使用	同程度語不使用	同じような「重さ-軽さの印象の程度」を表す選択肢が同時に使用されていない
回答	回答しやすさ	もっとも「重さ-軽さの印象の程度」を答えやすい

ゴリーが同時に使用されていないこと」を採用した。表4は、被験者にそれぞれの事項について順位評定を求めた際に示した教示文である。回答にはMacintoshのHyper Card 2.3のStackを利用し、1画面あたり1事項ずつ評定させた。作業は5,7カテゴリーの順に実施し、同一カテゴリー数での回答順序は「全領域」、「等間隔」、「不使用」、「回答」の順とした。

被験者:被験者は京都工芸繊維大学の学生20名であった。彼らは全員、日本語のネイティブスピーカーであり、ボランティアとして参加した。そのうち10名は2.の実験の参加者とした。被験者の年齢構成は、18歳5名、19歳6名、20歳4名、21歳5名であった。また所属学科は、電子情報工学科7名、高分子工学科5名、機械システム工学科4名、造形工学科3名、応用生物学科1名であった。被験者の男女構成は、男性17名、女性3名であった。2.同様回答時間に制限は設けなかった。実験に要した時間は20分から60分程度であった。また実験の経験による結果の差異は認められなかった。以降の解析では特に分類はしていない。なお4名は同定されたファジィ集合に不備(属性の極性の誤り)があったため解析より除外した。

配置状態を評価する指標候補の説明:カテゴリーの配置状態を定量的に表現する評価指標として、2.の結果を参考に「全領域」については論理和集合の相対濃度に関する4種、「等間隔配置」についてはカテゴリー順位と重心の相関係数と重心間距離のSDに関する4種、「不使用」については重心間距離の最小値、類似度そして一致度に関する6種、合計14種を採用した。各指標の定義を図1および表5に示した。なお表5に示したこれらの指標と配置状態との関連づけは実験者が指標の選択を行った際の目安であり、実際には実験結果を通して検証されることになる。

3.3 実験結果および考察

主観順位間の関係:4種の事項に対する順位評定結果をもとに、各事項間のSpearmanの順位相関係数を算出

表5：配置を評価する評価指標の定義

関連事項	略称	定義	対応図
全領域	論理和の相対濃度	尺度図中の全カテゴリーの論理和集合の相対濃度	図1(a)
	凸化論理和の相対濃度	尺度図中の全カテゴリーの論理和集合の凸化集合の相対濃度	図1(b)
	論理和(0.5)の相対濃度	尺度図中の全カテゴリーの論理和集合の0.5カットの相対濃度	図1(c)
	論理和(台)の相対濃度	尺度図中の全カテゴリーの論理和集合の台集合の相対濃度	図1(d)
等間隔	順位と重心の相関係数	カテゴリーの順序とそれらの重心値の間の積率相関係数	図1(e)(f)
	重心間距離のSD	尺度図中の隣接カテゴリー間の重心間距離の標準偏差	図1(e)
	順位と重心(1)の相関係数	カテゴリーの順序とそれらの1レベル集合の重心値の間の積率相関係数	図1(e)(f)
不使用	重心(1)間距離のSD	尺度図中の隣接カテゴリーの1レベル集合間の重心間距離の標準偏差	図1(e)
	重心間距離の最小値	尺度図中の隣接カテゴリーの重心間距離の最小値	図1(e)
	重心(1)間距離の最小値	尺度図中の隣接カテゴリーの1レベル集合の重心間距離の最小値	図1(e)
	類似度の最大値	尺度図中の隣接カテゴリー間の類似度の最大値	図1(g)
	類似度の平均値	尺度図中の隣接カテゴリー間の類似度の平均値	図1(g)
	一致度の最大値	尺度図中の隣接カテゴリー間の一致度の最大値	図1(g)
	一致度の平均値	尺度図中の隣接カテゴリー間の一致度の平均値	図1(g)

した．表6は事項の組合せごとに10%水準($r_s = 0.8$)で有意相関が認められた被験者数を累計したものである．

まず「回答」と他の3事項についてみると、5カテゴリーの「不使用」を除けば、全被験者の半数以上で有意な順位相関が認められる．これは2.で触れたラベルとしての配置の影響を除けば、実験者の求めるカテゴリーの配置と回答しやすさの両立が不可能ではないことを示唆している．

また配置に関する3種の事項間の組合せから、5カテゴリーの「不使用」を除けば、約半数の被験者で有意な相関が認められることがわかる．この結果は、本稿で採用した3種の配置に関する事項を互いに関連する事項として捉える被験者が多いことを示している．

さらに表6から、有意な相関となった事例は5カテゴリー33に対し7カテゴリー58であり、5カテゴリーが7カテゴリーよりも少なくなっていることが見て取れる．また両者の母比率に1%水準で有意な差が認められる($z = 2.65$)．特に5カテゴリーの「不使用」と他の事項との組合せと「不使用」を含まない組合せの間(10:23)には、母比率に1%水準で有意な差が認められる($z = 2.91$)．このことは、今回用いた5カテゴリーの5組の尺度図に関しては、「不使用」と他の事項の間の関連

が弱いことを示している．

主観順位と指標順位の関係：まずファジィ集合同定作業から得られたファジィ集合をもとに、各被験者の尺度図ごとに表5の14種の指標値を算出した．次に指標値を用いてカテゴリー数ごとに5組の尺度図の順位づけを行った．以下では指標順位と呼ぶ．

表7は被験者の主観順位と指標順位の間で10%水準で有意な順位相関の認められた被験者数を、カテゴリー数、事項ごとに累計したものである．なお「凸化論理和の相対濃度」については、有意相関を示したデータ数が5カテゴリーで4例のみであったため、以下の解析からは除外した．

まず表から4事項の総和は7カテゴリー281、5カテゴリー176となり、両者の母比率に1%水準で有意な差が認められる($z = 5.74$)．さらに各項目ごとにみると、「等間隔」を除く3事項に5、7カテゴリー間の母比率に1%水準で有意な差が認められる．また同一カテゴリー数内の事項間で比較すると、7カテゴリーでは全組合せとも事項間の母比率に10%水準で有意な差は認められないが、5カテゴリーでは「全領域 - 回答」を除く組合せで5%水準で有意差が認められる．特に5カテゴリーの「不使用」については本稿で採用した指標で主観順位を説明できる部分が少ないことが見て取れる．

主観順位間、主観順位と指標順位の関係に関する考察：7カテゴリーの場合には、極端に偏った選択を行わない限りは、尺度図を構成するカテゴリーによって全体集合の大部分が覆われることになる．そのため、例えば、全領域を表現するように配置すると、等間隔に配置されるし、類似したカテゴリーの使用も回避されるというように、3種の事項は互いに関連して変化することになる．さらに変化の方向も事項間で一致する．これらより、配置に関する3種の事項の主観順位の間

表6：主観順位間に10%水準で有意相関が認められた被験者数

5カテゴリー	等間隔	不使用	回答	事項
計：33	7	4	8	全領域
		3	8	等間隔
等間隔	11		3	不使用
不使用	10	10		
回答	9	8	10	計：58
事項	全領域	等間隔	不使用	7カテゴリー

単位：被験者数[人]

表7：指標順位と主観順位の有意相関データ数(左側)と
指標値をもとに選択された尺度図の「回答」の主観順位の分布(右側)

指 標	有意相関データ数 [単位：人]								「回答」の主観順位の相対度数					
	5カテゴリー				7カテゴリー				5カテゴリー			7カテゴリー		
	全 領 域	等 間 隔	不 使 用	回 答	全 領 域	等 間 隔	不 使 用	回 答	1位	2位	計	1位	2位	計
論理和の相対濃度	4	6	3	6	7	5	8	8	38.9	33.3	72.2	44.4	44.4	88.9
論理和(0.5)の相対濃度	4	6	3	6	7	7	9	9	38.9	27.8	66.7	45.5	36.4	81.8
論理和(台)の相対濃度	0	3	1	2	5	5	6	6	27.3	31.8	59.1	32.4	29.4	61.8
順位と重心の相関係数	4	7	1	3	6	6	7	6	25.0	31.3	56.3	37.5	18.8	56.3
重心間距離のSD	3	5	0	1	8	6	8	8	12.5	31.3	43.8	43.8	31.3	75.0
順位と重心(1)の相関係数	4	6	1	3	6	5	7	5	18.8	31.3	50.0	29.4	29.4	58.8
重心(1)間距離のSD	2	4	0	1	7	5	7	6	18.8	31.3	50.0	41.2	41.2	82.4
重心間距離の最小値	3	6	3	3	6	5	5	5	25.0	31.3	56.3	38.9	33.3	72.2
重心(1)間距離の最小値	2	4	1	2	7	6	6	6	31.6	31.6	63.2	41.7	20.8	62.5
類似度の最大値	3	4	4	4	6	4	6	4	38.1	19.0	57.1	33.3	44.4	77.8
類似度の平均値	6	5	2	5	5	5	5	6	38.9	22.2	61.1	47.1	29.4	76.5
一致度の最大値	1	4	4	2	1	1	1	1	35.3	17.6	52.9	24.6	19.7	44.3
一致度の平均値	5	5	2	3	1	1	2	1	35.3	17.6	52.9	11.1	16.7	27.8
計	41	65	25	41	72	61	77	71	単位：相対度数[%]					

でも、主観順位と指標順位の間でも、各事項は互いに関連し、それらの間に類似した傾向が認められたものと考えられる。

他方5カテゴリーの場合、7カテゴリーに比べて全体集合上での余白が広いと、3種の事項を独立に変化させることも可能である。逆に自由度が大きいと、今回採用した5組の尺度図の中では3種の事項のすべてを段階的に変化させることができている可能性がある。このことが7カテゴリーに比べ5カテゴリーで有意相関を示したデータ数が少なかった一因と考えられる。特に「不使用」については主観的な事項とも指標とも相関がほとんど見られないことから、「不使用」の順位づけを行うのに適切な尺度図の組合せとなっていなかった可能性が大きい。

指標の事前分類と実験結果の比較:3.2で述べたように本稿で採用した14指標は3種の配置に関連する事項に対応するように選択した。しかし表7の左側を見る限り、網掛で示した実験者の分類に対応した指標で特に有意相関が認められた被験者が多くなるという傾向は見られない。さらに詳細に検討するため、有意相関の認められた被験者数について3種の事項と13種の指標の間で無相関に関する χ^2 分布検定を行った。 χ^2 検定の結果、7カテゴリーについても($\chi^2 = 1.71, df = 24$)、5カテゴリーについても($\chi^2 = 16.08, df = 24$)有意な連関は認められなかった。表5のように指標を予め分類した理由は、本稿で取り上げた3種の配置に関する事項は完全に独立ではないとしても、1指標でそれらの

変動を記述できる保証がないと判断したからである。しかし上記の結果は、これらの3種の配置に関する事項については、各事項ごとに異なる指標を用いる必要がないことを示唆している。

指標値と尺度図の回答しやすさの関係:さらに13指標間で比較すると、表7から3種の配置に関する事項および「回答」のいずれについても「論理和の相対濃度」と「論理和(0.5)の相対濃度」の指標で有意な相関となったデータが多くなっていることが見て取れる。特に「回答」の事項で最も多くなっていることは注目値する。もちろんこの論理和の相対濃度に関連する2指標が配置をよく表現しているという知見は興味深いですが、それ以上に1つの指標で3種の配置に関する事項、さらには回答しやすさをも表現できていることは非常に重要である。

指標値による回答しやすさの予測:各指標値に基づいて選択された尺度図のうち、「回答」の主観順位が1あるいは2位であった尺度図の相対度数を表7に示した。表から前述の「論理和の相対濃度」および「論理和(0.5)の相対濃度」の指標値に基づいて選択された尺度図では、約40%が回答しやすさの主観順位の1位であることが見て取れる。特に「論理和の相対濃度」については、7カテゴリーでは選択された尺度図の約90%が、また5カテゴリーでも約70%が「回答」の主観順位の2位以上になっている。この結果は、被験者の同定したカテゴリーのファジィ集合から算出した配置の指標を用いて実験者に好ましい配置となるように尺度

図を構成すれば、その被験者の回答しやすさも同時に満たされる場合が多いということを示唆している。この結果は4.で提案するカテゴリ-評価尺度図設計支援システムの構成を決定する上で重要な意味を持つ。

4. 一般考察

4.1 カテゴリ-配置と回答しやすさ

回答しやすい尺度図のカテゴリ-配置の要件：2.および3.から得られた結果から、回答者が回答しやすいと感じる尺度図の構成に関する要件を以下にまとめた。

- (1)中性カテゴリが存在する。
- (2)両極で使用されているカテゴリが中性カテゴリを中心として対称に配置されている（同一の程度副詞が使用されている）。
- (3)5,7カテゴリが回答しやすいと評価される傾向がある。
- (4)回答しやすいと感じるカテゴリの構成には個人差が存在する（カテゴリ-数、用いるカテゴリの種類ともに）。
- (5)カテゴリの表す程度を考慮した配置状態に関連する事項として、カテゴリが全領域を覆う程度、等間隔に配置されていること、同程度のカテゴリが同一尺度図内で使用されていないことの3種が抽出された。
- (6)カテゴリの配置状態は1つの指標により表現可能な場合が多い。
- (7)論理和集合の相対濃度に関する2つの指標が回答しやすさある程度予測可能である。

特に(4)は、尺度図は道具であり、その使いやすさを無視できないという視点に立てば、従来研究で取られていた全被験者に共通する最適な1種のカテゴリの配置を決定するというアプローチが適切さを欠くことを示唆している。他方(6),(7)は、カテゴリの表す程度のベグネスをファジィ集合により表現し、それらから求めた指標を用いれば、カテゴリの配置に関する主要な3つの事項を充足するように配置することが可能であること、同時にその回答者の回答しやすさも満足させられることを意味している。これは尺度図作成に対する新しいアプローチの必要性和方向性を示唆している。これについては4.2で詳述する。

また従来からカテゴリ-配置の際にその規範として用いられてきたカテゴリの等間隔配置について考えてみる。2.からは回答しやすさに関連する事項として明確には意識されていないことが示されている。一方3.からは、カテゴリのファジィ集合から求められた配置を表現する指標を用いて配置を決定すれば、等間隔配置も充足されることが示されている。これらから、

回答者が同定したカテゴリのファジィ集合を用いて配置の指標を計算し、それに基づいて回答しやすい尺度図を構成した場合には、結果的に等間隔配置も満たされることになる。

4.2 カテゴリ-評価尺度図設計支援システム

提案システムの概要：本稿で得られた結果を考慮してカテゴリ-評価尺度図の設計を支援するシステムを提案する。システムは次のような構成とする。

- ・回答しやすさに個人差が存在することを考慮して、個人対応型システムとする。
- ・実験者の側からどれが選択されても遜色のない尺度図を複数呈示し、最終的な決定はユーザである回答者に委ねる。

図2はシステムでの処理の流れを示したものである。システムでの処理の流れは次のようになる。

- (1)程度副詞の頻度情報や平均形状を参考にカテゴリ-に使用する程度副詞の候補を選択し回答者に呈示。
- (2)回答者はBASE法により対話的に程度副詞のメンバーシップ関数を同定。
- (3)同定されたメンバーシップ関数から算出された配置の指標をもとに、尺度図の候補を複数作成し、回答者に呈示。
- (4)その中から最も回答しやすいと感じるものを選択。
- (5)選択された尺度図を評価に適した形に整形して出力。

提案システムの特徴：この提案システムでは、回答者が程度副詞のメンバーシップ関数を同定すること、そして最終的な尺度図を決定することで、形状や回答しやすさの個人差を適切に吸収することができる。またシステム側もただ1つの尺度図を選択するというリスクの大きい作業を回避することができる。さらに候補を選択する際に、異なる指標から決定された尺度図

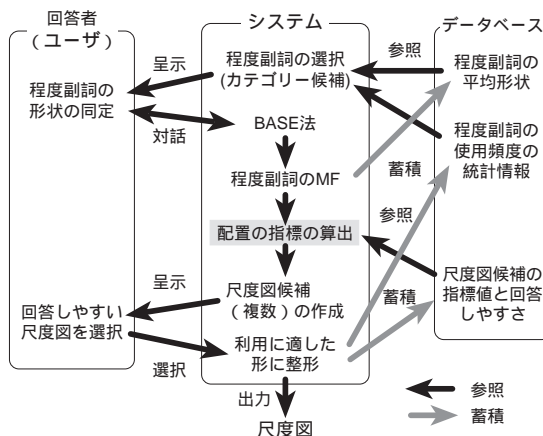


図2：カテゴリ-評価尺度図設計支援システム

を含めておくことにより、指標と回答しやすさの対応関係の個人差にも対応することが可能となる。

ただし、このシステムを実現するためには、カテゴリー候補を組合わせて高速に指標を計算するアルゴリズムの開発が不可欠である。さらに実現されたシステムを用いた評価実験を行う必要もある。これらの点は今後の課題としたい。

5. むすび

本稿では、心理実験を通して回答しやすいと感じる尺度図に存在する個人差、回答しやすさに影響を及ぼす要因、カテゴリーの配置状態を表現する指標、そして指標と回答しやすさの関係になどについて考察を行った。さらに得られた結果に基づき、回答者の回答しやすさやカテゴリーの表す程度の個人差を適切に考慮可能なカテゴリー評定尺度図の設計支援システムの構成を提案した。

参 考 文 献

- [1] ギルホード J.P. (秋重義治監訳): 精神測定法, 培風館 (1959)
- [2] 織田 揮準: 日本語の程度量表現用語に関する研究, 教育心理学研究, Vol. 18 No.3, 166-176 (1970)
- [3] 吉川 誠次: 第19章 尺度と用語, 日科技連官能検査委員会編, 新版官能検査ハンドブック, 日科技連 676-689 (1973)
- [4] 竹谷 誠, 中村 直人, 松居 辰則: アンケート調査のための程度量表現用語の意味構造分析, 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. J75-A No.2, 399-406 (1992)
- [5] 竹谷 誠: 評定尺度データの意味構造分析法, 行動計

量学会誌, Vol. 14 No. 2, 10-17 (1987)

- [6] 竹内 晴彦: ファジィ評定法による程度表現用語の意味計測, 計量国語学, Vol.17 No.8, 365-376 (1991)
- [7] 清水 義雄: 第1章 感性与感性工学, 篠原・清水・坂本編著, 感性工学への招待, 森北出版, 1-19 (1996)
- [8] 吉川 歩, 西村 武: HI 評価への適性と得られる主観量に基づいた3種の主観量測定法の比較, ヒューマン・インタフェース研究論文集, Vol.5 No.1, 5-14 (1995)
- [9] 吉川 歩, 西村 武: ファジィ範疇法による心理尺度構成とその実験的検証, 日本ファジィ学会誌, Vol.5 No.4, 719-731 (1993)
- [10] 吉川 歩, 西村 武: 多重尺度図法と Between 集合によるファジィ範疇法の改良, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J77-D-II No.1, 154-161 (1994)
- [11] Ayumi YOSHIKAWA: Improvement of membership function identification method in usability and precision, Proceedings of the 3rd On-line World Conference on Soft Computing in Engineering Design and Manufacturing (to appear)
- [12] 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, Vol. 10, No. 2, 184-192 (1998)

(1997年12月26日 受付)

(1998年9月某日 再受付)

[問い合わせ先]

〒606-8585 京都市左京区松ヶ崎
京都工芸繊維大学工芸学部電子情報工学科
吉川 歩
TEL : 075-724-7496
FAX : 075-724-7400
E-mail : ayumi@sip.dj.kit.ac.jp
<http://www-sip1.dj.kit.ac.jp/>

著 者 紹 介



吉川 歩 (よしかわ あゆみ)

京都工芸繊維大学 工芸学部 電子情報工学科

平成4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4月京都工芸繊維大学電子情報工学科助手。平成10年3月同学科講師。情報処理において主観性を適切に扱う重要性から、主観情報処理を提唱。その一環として、ファジィ理論を用いた心理尺度構成法、メンバーシップ関数同定法、主観判断を反映した類似性指標、言語ヘッジに関する研究などを行っている。

Fuzzy Theoretic Approach to Computer Aided Design of Categorical Rating Scale

by

Ayumi YOSHIKAWA

Abstract :

In this paper, a systematic method to design rating scale is proposed. The rating scale used by respondents in various subjective evaluation ought to be easy to rate for them. This study aims (1) to clarify existence of individual preference towards scale design, i.e., easy/difficult to answer, and (2) to propose a system that treat differences of the preference and individual meaning of categories. To obtain fundamental findings for constructing system, two psychological experiments are executed; the experiments consist of (1) tasks of choosing and assigning rating categories, and (2) ranking of the variously designed scales in terms of easiness of rating and assignment of the rating categories.

From the results obtained, existence of individual preference towards various scales is exemplified, first. Next, some factors that affiliate evaluation of easiness of rating are extracted to clarify the factors required to treat in the system. Then, relationship between easiness of rating and assignment of categories is examined through comparison among subjective rankings of easiness of rating scales, subjective rankings of assignment of categories and 14 mathematical indices for evaluating the assignment to compose a strategy for treating these factors. In the next stage, methodology of estimating easiness of rating from those index values will be discussed to show scheme of the system. Lastly, combining methodologies and findings obtained in this study, a system that supports to design a customized rating scale for each respondent through interaction is proposed.

Keywords : Rating scale, Verbal hedge, Assignment of rating categories, Easiness of rating

Contact Address : **Ayumi Yoshikawa**

*Department of Electronics and Information Science,
Faculty of Engineering and Design, Kyoto Institute of Technology
Matsugasaki, Sakyo-ku, Kyoto 606-8585, Japan*

TEL : 075-724-7496

FAX : 075-724-7400

E-mail : ayumi@sip.dj.kit.ac.jp

URL : <http://www-sip1.dj.kit.ac.jp/>