

## 項目間の主観的関連性の計測システム

宇津木明男  
製品科学研究所

適応型インタフェースを実現するためには、ユーザの諸特性を計測によって推定する必要がある。ここでは特に、ユーザの対象イメージを推定するために、主観的な項目間の関連性を計測するシステムを構成した。計測方法は、主観的項目間関連性を求める方法として知られている階層的分類法に基づいている。さらに、この方法を計算機上に実装することによって可能になる編集機能やモニター機能などを追加することによって、従来の階層的分類法を拡張している。この計測システムによって得られたデータを使って、ユーザの特性に合わせたメニューレイアウトを作った例を挙げる。

### A MEASURING SYSTEM OF SUBJECTIVE RELATEDNESS AMONG ITEMS

Akio Utsugi

Industrial Products Research Institute

1-1-4, Higashi, Tsukuba-Shi, Ibaraki 305, Japan

The implementation of an adaptive interface requires the estimation of various characteristics of a user. Among others, this paper presents a system for measuring relatedness among items, in order to estimate the user's image of an object. The measuring method used in the system is based on the hierarchical sorting method which is well-known as an acquisition method of relatedness among items. Moreover, it is expanded by the addition of new functions which can be used on a computer, such as editing and monitoring. An application of this method to adaptive menu layout is demonstrated.

## 1. ユーザ特性の計測法

適応型インタフェースはユーザーの特性や状態に合わせてユーザーとのデータ授受の形態を変化させることができるインタフェースであり、人間の方から機械に適応していくしかなかった従来のインタフェースに比べ、使いやすさの大幅な向上が期待される。このような適応型インタフェースを構成するためには、計測に基づくユーザーの特性や状態を推定が必要である。ユーザー特性の中でも、ユーザーの持つ対象イメージは、適応型インタフェースの構成に特に重要な情報であるにもかかわらず、計測による推定が困難なものである。

ユーザーの動的な特性を推定したり、計測をオンラインで行なうためには、作業プロセスの記録そのものを計測データとすることが望ましい。このようなデータの解析にはプロトコル解析の方法がよく使われるが、有効な結果を得るには事前に十分なタスク解析が必要となる<sup>(1)</sup>。このタスク解析によって、ユーザーの生成する項目を分類するための適当なカテゴリーが設定され、このカテゴリーの上で符号化されたデータに基づいてユーザーのメンタルモデルが推定されることになる。カテゴリーの決め方に結果は大きく左右されるので、慎重に設定されなければならない。しかし、客観的で有効なカテゴリーを決めるのは容易ではない。

一方、主観的項目間関連性の計測は、本来の作業の他に、計測のための作業が必要となる。したがって、オンライン計測には向かず、比較的静的な特性の推定に限られる。しかし、比較的容易な作業で、広範囲にわたるデータを得ることができ、実験者（あるいはインタフェースのデザイナー）の主観が入る余地も少ないので、ユーザーの対象イメージを推定するための第一段階として利用されることが多い。また、プロトコル解析に先立つタスク解析に、この結果を利用することもできる。（例えば、項目の適切なカテゴリーの決定に利用する。）主観的項目間関連性の計測結果を利用した例としては、適応的メニューの構成<sup>(2)</sup>、<sup>(3)</sup> や、エキスパートシステムの構成<sup>(4)</sup>、<sup>(5)</sup>、ユーザーの熟練度の計測やクラス分け<sup>(4)</sup> などがある。ここでは、ユーザーの持つ静的な対象イメージを推定するための、主観的項目間関連性の計測法に絞る。

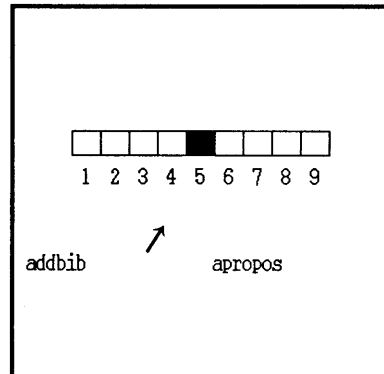


図1：直接評定法

主観的項目間関連性の計測法の代表的なものはユーザーに項目対の関連の度合いを評定してもらうものである（直接評定法）<sup>(2)</sup>、<sup>(4)</sup>。この方法を計算機上で行なうシステムとしては次のようなものが考えられる。まず、図1のように項目の対とスケールが表示されているウィンドウを被験者に提示し、この項目対の関連性の度合いを数値的に評価させる。そして、スケール上の対応する目盛をマウスを使ってポイントさせる。このような基本作業をすべての対に対して行なってもらい。この方法は基本作業は簡単であるが、基本作業の数が項目数の2乗のオーダーで増えるので項目の数が多い場合は使うことができない。また、作業が単調でユーザーが退屈してしまうため、長い時間をかけて計測するには向かない。

主観的分類法<sup>(6)</sup>も主観的関連性を測るためによく使われる方法である。この方法では、まず項目の名前が書いてあるカードを用意する。被験者の主観的関連性に基づいてこのカードの分類を行なってもらい、この分類結果を基本データとする。一人の被験者からいろいろな観点でこの作業を数回反復してもらって得た基本データをプールしておく。あるいは複数の被験者

からのデータをプールする場合もある。これらのプールされたデータからある項目対が同じクラスに所属している頻度を求めて、これを関連性データとして利用する。

さらに効率を上げるために分類を階層的に行なうことが考えられる。最初大まかに行なった分類をもとにさらに細かい分類を構成する。これを何回か繰り返す。これは分割型の分類法にあたるが、凝集型の分類法も考えられる<sup>(7)</sup>。これはKJ法<sup>(8)</sup>の作業の一部と類似したものになる。分割型分類と凝集型分類を併用することもできる。このようにして構成された階層的な分類構造には超計量 (ultrametric) と呼ばれる距離が自然に導入されるので、これを基にして関連性を求めることができる<sup>(7)</sup>、<sup>(9)</sup>。

ここでは、分割に基づく階層的な分類を支援するシステムを計算機上に構成する。また、計算機上に実装することによって可能になる機能を追加することによって、階層的な分類法を拡張する。

## 2. 計算機上の実装による機能の拡張

計算機上に実装することによるメリットとしては、まずエディタが持つ機能を計測システムに持たせることができることが挙げられる。例えば、文字列の入力、削除、書き換え、履歴の記録、一つ前の状態の回復 (アンドゥ)、文字列の探索などが利用できる。

また、階層構造に対して、アウトラインプロセッサのような階層間の移動、階層単位の編集をする機能を与えることができ、これによって階層的な分類構造の構成を支援することができる。いろいろな階層構造の表示機能により、ユーザはいつでも自分の作業の途中結果を任意に参照しながら作業を行なえるので、無駄な反復を少なくすることができ、また次に行なうべき行為を決定するのを助ける。このように、構造化作業の途中結果を表示させながら作業させることによって、ある程度計画的に作業をすることが可能になり、作業効率は高くなるものと思われる。また、作業を退屈にさせず、集中して行なわせるという長所もある。

また、計算機上のインプリメントによってデータ獲得から、解析結果の表示 (例えば、メニ

ュー構成)までを自動化することができ、最終的な結果を即座にユーザにフィードバックさせることができる。さらに、再び計測のモードにもどって、先に表示された結果を利用した計測作業を続けることができる。このように本来計測から解析、表示へと一方向的であった主観的分類法をインタラクティブな計測法に拡張することができるようになる。

## 3. システムの構成

分割型の主観的分類法に基づき、さらに2章で述べた拡張機能の一部を加えた計測システムを、SonyのワークステーションNWS-830のX-Window(X10)の上で構成した。入力デバイスとしてキーボードと3ボタンのマウスを利用するが、ほとんどの作業はマウスによって行なわれる。

基本的な作業は画面上の各ウィンドウを主観的分類クラスの入れ物とみなし、マウスを使って各項目ラベル (項目の名前の書いてあるカードに対応する) をこの入れ物の中で移動させることによって、項目の主観的分類を完成させることである。また、分類クラスは階層構造を持っており、階層単位の操作 (階層間の移動、階層単位の生成、破壊、階層構造の表示) によって、ユーザの階層的な分類作業を支援している。以下、システムの機能について詳細に説明する。

刺激項目のリストの入っているテキストファイルの名前を引数に指定してプログラムを起動すると、図2のような初期画面がでる。(図2では刺激項目として98種類のUNIXコマンドが使われている。)一番上の"まとめ"という文字列のあるウィンドウは状態表示ウィンドウで、各種状態変数の値が表示されている。状態表示ウィンドウのすぐ下のウィンドウをパレットと呼ぶ。初期画面では、ここにすべての刺激項目が羅列してある。その下にボックスと名付けられた縦長のウィンドウがある。初期画面ではボックスの数は一つで、その中身は空である。ボックスの一番上にはそのボックスの名前が書いてある。この名前はボックスの生成順序に基づいてシステムが自動的に生成するが、ユーザがキー入力によって変更することもできる。状態表示ウィンドウの右側に隣接している正方形のウィンドウは地図ウィンドウという。ここ

まどめ matome ver. 2.0  
depth:0 child:0 parent:origin child name:x0 buffer:1

addbib	apropos	at	awk	bib	cal
cat	cc	cd	chmod	clear	cp
crypt	ctag	date	dbx	df	diff
ditroff	du	echo	ed	emacs	egm
expand	file	find	finger	ftp	grep
head	help	indent	indexbib	install	keycomp
kill	lint	lisp	ln	login	logout
lookbib	lpc	lpq	lpr	lprm	ls
mail	make	man	mkdir	mkmf	more
mount	mv	nice	nroff	od	passwd
pc	pr	ps	pwd	rcp	refer
rlogin	rm	rmdir	rsh	ruptime	rwho
sleep	sort	sortbib	spell	style	su
tail	talk	tar	tbl	tee	telnet
touch	umount	uptime	wcp	vi	viwp
w	wc	whatis	whereis	which	who
whoami	write				

x0  
\*\*

図 2 : 初期画面

まどめ matome ver. 2.0  
depth:0 child:4 parent:origin child name:x4 buffer:6

cat	apropos	at	awk	clear	cal
crypt		date		ed	emacs
expand		find		ftp	grep
head					keycomp
kill			ln	login	logout
	lpc	lpq	lpr	lprm	ls
mail			mkdir		more
mount	mv	nice		od	passwd
	pr			rcp	
rlogin	rm	rmdir	rsh		
sleep					su
tail	talk	tar		tee	telnet
	umount		wcp	vi	viwp
whoami	write				

x0	x1	x2	x3	x4	x5
addbib	cc	ditroff	ed	df	
bib	ctag	egm	chmod	du	
indexbib	dbx	nroff		finger	
lookbib	indent	sort		help	
refer	install	spell		man	
sortbib	lint	style		ps	
	lisp	tbl		pwd	
	make	wc		rwho	
	mkmf			ruptime	
	pc			uptime	
	touch			w	
				whatis	
				file	
				whereis	
				which	
				who	

図 3

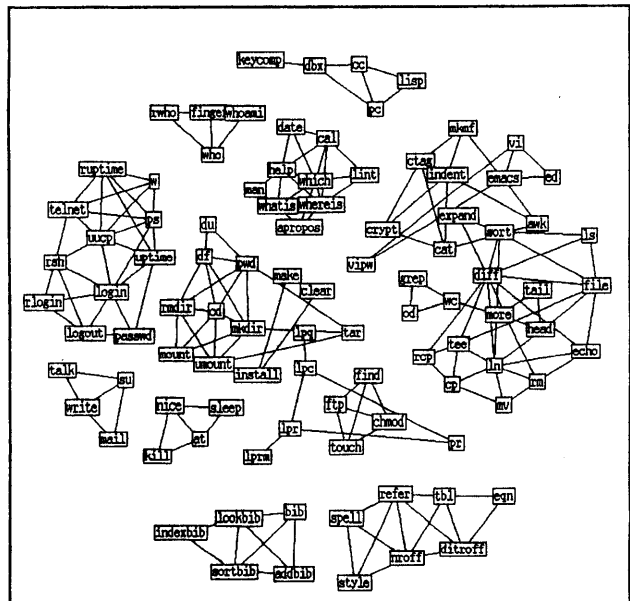
まどめ matome ver. 2.0  
depth:1 child:0 parent:x0 child name:x6 buffer:7

addbib	bib	indexbib	lookbib	refer	sortbib
--------	-----	----------	---------	-------	---------

x6  
\*\*

図 4

図 5 : UNIXコマンドのメニュー



には、全体の階層構造と現在位置が示してある。

最初に説明する基本的操作は項目ラベルの移動である。パレットの中の任意の項目の上にカーソルを移動し、マウスの左ボタンを押すと、この項目ラベルが消え、カーソルの形が矢印から黒い長方形にかわる。この状態のままカーソルをボックスの上に移動し、マウスボタンを放すことによって、項目ラベルをボックスに移動させることができる。また、逆にボックスの中の項目の上でマウス左ボタンをクリックするとこの項目ラベルはこのボックスからパレットへ移動する。これらの操作はダイレクトマニピュレーションの考え方<sup>(10)</sup>に従っており、ユーザーに操作の意味を理解させやすい。

初期画面では空のボックスが1つだけできているが、以後空のボックスが無くなる度に新しい空のボックスが自動的に生成される。また、ボックス内では項目ラベルは左上から下方に順番に置かれるが、ボックスが一杯になったら、自動的にボックスが横に拡大して、新しい列を作り、新しい項目がこの列の先頭に置かれる。また、ボックス内に無駄な空列ができたら、画面面積の節約のため自動的にボックスは縮小される。ボックスの大きさ変更にあわせてボックスの位置も調整される。

ここで、このボックスを主観的分類クラスの入れ物とみなして、上述の移動操作によりパレット上の刺激項目をいくつかのボックスに分配することによって、主観的分類を行なう。図3にこのような分類操作の途中状態を示す。

もう一つの基本操作として階層間の移動操作がある。任意のボックスの上でマウスの中ボタンをクリックすると、このボックスの内容がパレットになるように画面が変わる。このとき新たにできるボックスはこの新しいパレットの子供となる。(各ボックスは同じ画面のパレットの子供であるとする。したがってこの新しいボックスは初期パレットからみれば孫にあたる。)これは階層を1段階降したことになり、さらにいくらかでも下段に降りることができる。図3のx0 という名前のボックスの上でマウスの中ボタンをクリックして、このx0をパレットに変えた状態が図4である。x6という新しいボックスはx0の子供である。

逆に、現在のパレットの上でマウス中ボタンをクリックすると1段上に行ることができる。これを繰り返せばいずれは最初のパレット(ルートパレット)に戻ることができる。この階層間移動機能を使って、階層的分類を行なうことができる。すなわち第1段階の大まかな分類で作られたクラスを新たにパレットにして、これをさらに細かいクラスに再分割するのである。このような再分割はリカーシブに繰り返される。また階層間の移動機能は途中状態のモニターにも使われる。

他に、ボックスを破壊する機能、2つのボックスを1つに融合する機能、ボックス(クラス)にラベル(コメント)を付ける機能、システムを終了させる機能があり、これらは右マウスボタンを押すと出るプルダウンメニューで選択し実行する。ボックスが破壊されるときはそのボックスのすべての子孫がすべて破壊される。このとき、破壊されたボックスの要素項目がボックスの名前と共に出力され、これが基本分類データを構成している。したがって、単一の階層構造を創るだけでなく、何度でも構造の作り直しができ、そのすべてを記録することができる。この作り直しは任意のレベルの階層単位で行なうことができる。また、画面右上の地図ウィンドウに全体の階層構造を表すデンドログラム(樹形図)が表示されており、この上に現在位置を示すことによって所在を失うことを防いでいる。

このようにして得られた分類データはパイプラインあるいはファイルを通して各種解析プログラムに渡されて解析される。

#### 4. 使用例

この計測システムの使用例として、ユーザーの対象イメージを考慮したメニューを構成してみた。これは、計測システムによって得られたユーザーの主観的項目間関連性を、対応するメニュー項目の間の距離に反映させたものである。関連性データからこのようなメニューレイアウトを構成する方法は他のところで述べてある<sup>(3)</sup>。刺激項目として98種類のUNIXコマンドを使い、一人の被験者に対して構成されたメニューの例を図5に示す。この被験者が計測に要した時間は約2時間であった。

図5のメニュー上で同質の項目の作るクラスターがコンパクトなコラムとして表現されているのがわかる。このようなメニューは項目の意味的な関連性構造の全体像を人間に理解しやすい形で表現しており、特に意味からの項目の検索などに向いている。

## 5. まとめ

主観的分類法に基づき、さらにそれを発展させた主観的項目間関連性の計測システムをワークステーション上に構成した。また、このようにして得られたユーザー特性に基づいて適応型インタフェースを構成した例として適応型メニューの構成を紹介した。ユーザー特性の計測システムでは、ユーザーに不要な負担をかけないようなマンマシンインタフェースのデザインが特に重要である。今回紹介したシステムでは、ダイレクトマニピュレーションの考え方に基づいて、使いやすいインタフェースを目指した。今回は分割法に基づいた計測システムを紹介したが、現在は凝集法に基づく計測システムを作成中である。

## 文 献

- (1) K.A. Ericsson and H.A. Simon: Protocol Analysis: Verbal reports as data, The MIT press, Cambridge (1984).
- (2) J.E. McDonald, T. Dayton, and D.R. McDonald: "Adaptive menu layout to tasks", Int. J. Man-Machine Studies, **28**, pp. 417-435 (1988).
- (3) 宇津木明男: "項目間の関連性を考慮したメニュー表示法", 第5回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, pp. 47-52 (1989).
- (4) R.W. Schvaneveldt, F.T. Durso, T.E. Goldsmith, T.J. Breen, N.M. Cooke, R.G. Tucker, and J.C. De Maio: "Measuring the structure of expertise", Int. J. Man-Machine Studies, **23**, pp. 699-728 (1985).
- (5) N.M. Cooke and J.E. McDonald: "A formal methodology for acquiring and representing expert knowledge", Proceedings of the IEEE, **74**, 10, pp. 1422-1430 (1986).
- (6) S. Rosenberg and M.P. Kim: "The method of sorting as a data gathering procedure in multivariate research", Multivariate Behavioral Research, **10**, pp. 489-502 (1975).
- (7) 齋藤堯幸: "多次元尺度構成法", 朝倉書店 (1980).
- (8) 川喜田二郎: "発想法 創造性開発のために", 中公新書 (1967).
- (9) S.C. Johnson: "Hierarchical cluster schemes", Psychometrika, **32**, pp. 241-254 (1967).
- (10) B. Shneiderman: "Direct Manipulation: A step beyond programming language.", IEEE Computer, **16**, pp. 57-69 (1983).