The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	グラフィカルユーザインタフェースにおけるメニューを用いた項目選択手法に関する研究
Author(s)	魚井, 宏高
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3118139
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

グラフィカルユーザインタフェースにおける
メニューを用いた項目選択手法に関する研究

1996年6月

魚 井 宏 高

内容梗概

本論文は，グラフィカルユーザインタフェースにおいて，計算機に指示を与える手段としてごく一般的に用いられているメニューにおいて，その項目選択の効率改善のためのソフトウエア的手法（メニューシステム）に関する調査・研究の結果をまとめたものであり，以下の6章をもって構成されている．

第1章では，グラフィカルユーザインタフェースにおける項目選択手法の意義とその歴史について触れ，本研究の成果について概説する．

第2章では，本研究において新たに提案したメニュー項目を横に配置したメニューシステムである横型メニューが，従来の（項目が縦に並ぶ）縦型メニューよりも項目選択効率の点で勝っていることを実験の結果により示す．本章では階層のない単純なポップアップメニューを用いて行った実験において得られた他の知見についても述べる．

第3章は，メニュー項目数が多くて一階層の単純なメニューでは選択に時間がかかる場合に用いられるメニューシステムとして，プルダウンメニューとマルチカラムメニューを取り上げ，選択効率の比較実験を行い．マルチカラムメニューの方が，多くのウインドウシステムで用いられているプルダウンメニューよりも画面上の面積を必要とするものの，選択効率では勝っている事を示す．

第4章では，プルダウンメニューの選択効率を改善するために，マウスカーソルをメニューバーの所まで動かさなくても，特別なボタンを押すことでメニュー項目選択モードになるリモートプルダウンメニューを提案した．リモートプルダウンメニューは，項目選択のためのマウスの初期動作が不必要で，少ない操作で項目選択を行えるようになっている．そして，従来型との比較実験を行ってその優位性を明らかにした．

第5章では，複数の階層を持つメニューシステムとして階層型ポップアップメニューを取り上げ，その選択効率の改善について考察した．従来の縦型メニューを多段階用いて選択を行う場合には，選択時の手の動きに不必要な部分が多く効率が悪くなることがわかる．そこで，縦型メニューと横型メニューを交互に用いることによって効率の改善が計れるのではないかと考え，実験によってそれを検証したことについて述べる．

第6章はまとめであり，本研究で得られた主な成果をまとめ，今後の課題について検討する．

①

グラフィカルユーザインタフェースにおける
メニューを用いた項目選択手法に関する研究

1996年6月

魚井宏高

目次

第１章　序説……1
１．１　はじめに……1
１．２　研究の背景……2
１．３　本研究の概要と成果……7
第２章　横配置型メニューの提案とその評価……10
２．１　はじめに……10
２．２　評価実験について……10
２．２．１　カーソル初期位置の影響……10
２．２．２　実験の概要……11
２．２．３　実験方法……11
２．３　実験結果の分析と考察……17
２．３．１　実験結果の考察……17
２．３．２　アンケートの結果と実験結果との比較……22
２．４　追加実験について……24
２．４．１　実験の概要および手順……24
２．４．２　実験結果……26
２．５　むすび……26
第３章　マルチカラムメニューとプルダウンメニューの実験的評価……30
３．１　はじめに……30
３．２　ポイントモデル……32
３．２．１　CUE型とUNCUE型選択モデル……32
３．２．２　マルチカラムメニュー……33
３．２．３　プルダウンメニュー……33
３．３　実験方法……35
３．３．１　測定データ……35
３．３．２　実験の手順……36
３．３．３　被験者……38
３．３．４　アンケート……38
３．４　実験の結果と考察……38

3．4．1　マウスの移動量……38
3．4．2　目標探索時間……38
3．4．3　選択誤り率……40
3．4．4　アンケートの結果と実験結果の比較……40
3．5　むすび……43

第4章　リモートプルダウンメニュー方式の提案とその評価……44
4．1　はじめに……44
4．2　評価実験……45
4．2．1　リモートプルダウンメニュー方式……45
4．2．2　メニューの形式……48
4．2．3　実験方法……49
4．3　実験結果の分析と考察……52
4．3．1　目標選択時間……52
4．3．2　選択誤り率……55
4．3．3　アンケート結果と実験結果の比較……55
4．4　むすび……58

第5章　横配置型メニューを用いた階層型ポップアップメニュー方式とその実験的評価……59
5．1　はじめに……59
5．2　評価実験……61
5．2．1　階層型ポップアップメニュー方式……61
5．2．2　選択モデル……61
5．2．3　実験方法……62
5．3　実験結果の分析と考察……67
5．3．1　目標選択時間……67
5．3．2　選択誤り率……71
5．3．3　アンケート結果と実験結果の比較……71
5．4　むすび……73

第6章　まとめと今後の課題……77

参考文献……81
謝辞……83

関連発表
Publication list

第1章　序説

1．1　はじめに

近年の計算機技術の進歩によって，より安価で高性能な計算機が身近なものになってきた．それにともなって，人間が計算機の性能を生かし，円滑に利用するために，人間と計算機のインタフェースの改善は重要な問題になってきている．

従来のコマンドの文字入出力によるインタフェース（キャラクタユーザインタフェース(CUI)）は，全ての計算機資源を文字列として表現することから，コマンドや，ファイルを表す文字列を基本的にはユーザが記憶しておく必要があり，どうしてもキーボードに慣れない初心者にとっては難しく感じられる．

これに対して，グラフィカルユーザインタフェース(GUI)は，ビットマップディスプレイ上に，ウインドウという複数の仮想画面を表示して，その移動や，大きさの変更を行うことや，アイコンと呼ばれるファイルやユーザ，プリンタといった何らかの計算機資源を表す絵を表示すること，コマンドの入力をメニューで行うことなどで，計算機を初心者にも扱いやすくしているだけでなく，CUIでは表せないような抽象度を持った概念（ごみ箱，郵便箱，フォルダ，3次元空間に浮かぶ物体）も表現することができ，熟練者にも使いやすいインタフェースとなっている．

特に最近の計算機の性能向上はめざましく，ここ十年でGUIはほとんど全てのエンドユーザ向き計算機に装備されるに至った．そこでは，画面に現れるボタンを押すことや，メニューを選ぶ，ウインドウを動かす，といったことがごく当たり前の操作として行われている．こういった操作には，マウスやタッチパネル，ディジタイザなどのポイント装置を用いてディスプレイ上の位置を指定するというインタフェースの形態が用いられる．ポイント装置を用いたメニューやアイコンのポイントによる計算機へのコマンドやファイル名などの指示は，キーボードからの入力に比べて操作も単純であり，誰にでも容易に扱えるという特徴を持つ．このようなGUIの特徴をより生かすために，ポイント装置やメニュー，アイコンといったインタフェースに関する研究は，これからの計算機システムのデザインにとって重要な位置を占めているといっていいだろう．

ポイント装置を用いた計算機への入力のインタフェースの改善を目的として，こ

れまでも様々な研究が行われてきた[9,10,11,12,13,14]．また，筆者もペンタブレットのポイント手法に関する実験を行っている[17]．それらの研究によって，目標選択時間と選択誤り率の双方において，マウスが優れていることが示されている．ここで，目標選択時間とは，目標となる点または領域を画面上に表示されるカーソルでポイントして，選択動作をするのに要する時間である．選択誤り率とは，この選択の際に誤ってしまう確率のことである．これらの研究結果を裏付けるかのように，ポイント装置では，現在，マウスが主流となっている．

GUIを備えた計算機では，ビットマップディスプレイ装置の高解像度化にともなって，その特徴を生かした数々のウインドウシステムが用いられている．多くのウインドウシステムでは，ポイント装置としてマウスが用いられている．そして，マウスを使ったコマンドやファイル名の等の指示に，メニューとアイコンをマウスカーソルでポイントする方法が採られている．また，CADや作画アプリケーションはもとより，ワードプロセッサやテキストエディタの様な文字入力が中心のアプリケーションにおいても，キーボードによる入力の補助としてだけでなく，ドラッグ＆ドロップといった新しいインタフェースの利用のためにマウスによるポイントが用いられているのが普通である．

１．２　研究の背景

本研究では，GUIウインドウシステムにおける主要な４つの要素，すなわち，ウインドウ，アイコン，メニュー，コントロールのうち，特にメニューの改善について考察した．メニューを選んだのは，

・現状では，ほとんどのウインドウシステムで，ほぼ同一のメニュー方式が採用されており，メニュー方式の改善はそれら全てにおいて意味があるものとなる．

・人間－コンピュータ間の対話で，テキスト入力とともにメニューはもっとも使用されるインタフェースであるので，改善の影響が大きい．

・メニューはおおよそそれだけで独立したインタフェースであり，他の要素の影響を受けにくいので，閉じた環境で実験した結果でも一般に適用可能である．

と思われるためである．その準備のために，まず，メニューの分類について簡単

にまとめておく（図１－１）．

メニューはその出現の方法によって画面の定まった領域をマウスカーソルでクリックすることにより出現するプルダウンメニュー方式（pull-down menu）と，マウスボタンを押すことにより，マウスカーソルがメニュー内での適当な初期位置にくるようにメニューが出現するポップアップメニュー方式（pop-up menu）とに大別できる．メニューの大きさは小さなウィンドウ程度のものから画面全体といったものまでさまざまである．項目の選択方法もマウスのボタンを押し続けながらカーソルを移動させ，マウスボタンを離すことで選択を確定するもの，現れたメニューはもう一度ボタンを押して項目を選択するまで消えないものなどさまざまである．

メニューの形状でいえば，広く一般的に用いられているメニュー方式はリニア方式（linear menu）といい，項目を直線上に並べる方式である．一般によく見られるのは，項目を横書きにし，メニュー最上部に表示されるマウスカーソルを上下方向に移動して，項目を選択するものである．この形のリニアメニューが普及した理由としては，

・項目の各領域が長方形であるなど構造が簡単で，実現が比較的容易であったこと，

・英語圏では横書きが普通であり，コンピュータの出力機器の構造も横書きに適していたこと，

等が考えられる．

このリニアメニューには，これまでにもさまざまな改良方法が考案され，そのそれぞれに対して研究が行われてきた[4,7]．例えば，使用頻度の高い項目をカーソル初期位置近くにくるように並べ変えてメニューの選択効率を上げようとしたものは「動的メニュー（dynamic menu）」と呼ばれている[8]．それに対して，項目の順番の変わらないメニューを「静的メニュー（static menu）」と呼ぶ．この動的メニューを用いると，メニューの一部の項目が頻繁に選択されるような状況では，カーソルの平均移動距離を短縮できるので，理論上は目標探索時間を短縮できるように思える．しかし，文献[8]によると，メニューの項目を覚えていないうちは，動的メニューでは戸惑いが多く，静的メニューに比べて余計に時間がかかる．経験を積みメニューの項目に慣れることで，動的メニューを使った場合にも，静的メニューと

◎メニューの形状

リニアメニュー（直線状）
マルチカラム（格子状）
パイメニュー（円状）

◎メニューの出現方法

プルダウン（プルアップ）方式
（初期メニュー固定）
ポップアップ方式
（初期メニューはマウス位置）

◎メニュー項目の選択方法

ドラッグ＆リリース
（マウスボタンを放すと確定）
クリック
（マウスボタンをクリックして確定）

◎メニュー項目の配置方法

動的，静的
（選択ごとに項目位置が変化するか否か）
階層型
（選択が２段階以上にわたる）

図１－１　メニュー方式の分類
Fig.1-1 Many aspects of menus.

同程度の時間での選択ができることが示されている．また，項目数の上限を上げるために1行に複数の項目を配置したメニュー（multiple-column menu），サブメニューによって階層化したメニュー等が考案された．同じ項目数の場合，1行に複数項目を配置したメニュー方式の方が占有面積が大きく，一度に多くの項目が表示されるため，カーソルの初期位置から各項目への平均移動距離が大きくなる．その一方，階層型メニューの方式ではメニューの全項目を一度には見渡せず，サブメニューを表示するためのクリックが必要なのでマウスボタンのクリック回数が多くなる[3]．文献[3]によると，このようなメニュー方式に慣れないうちは1行に複数項目を配置したメニュー方式での目標項目探索時間の方が短いが，経験を積みメニュー方式に慣れれば，階層型メニュー方式でも同程度の時間で選択ができることが示されている．更に．最近の技術改良によって，さまざまな形の図形を画面上に表示することが可能となってきている．それを利用して，項目のポイント領域がパイを切ったような形のパイメニュー（pie menu）が考案された[2]．この方式では同心円上に項目を並べ，マウスカーソルの初期位置は項目が形づくる円の中心である．項目選択は各項目名のポイントではなく，初期位置から項目方向へのずれによって行うので，項目への移動距離が大きく減少する．このパイメニューは，

・リニアメニューに比べると，画面上におけるメニューの占有面積が大きい，
・項目数の上限がリニアメニューに比べてかなり小さい．

等の短所があるものの，項目への移動距離減少が効いて，目的探索時間やエラー率の点でリニアメニューより優れていることが示されている．

このように，メニューの選択効率を上げるためにこれまでさまざまなメニュー方式が提案されてきた．ここまでに挙げたメニュー形状を図１－２に示す．しかし，パイ型など特殊なものを除いて，これらのメニュー方式のほとんどでは，項目選択時にカーソルを上下方向に操作している．従って，カーソル操作方向の違いによるメニューの選択効率の差の比較は行われていなかった．そこで，筆者らは新しいメニュー方式を提案し，この比較を行う．その方式とは，ポップアップ方式のリニアメニューにおいて，一般には横書きであった項目を縦書きにし，横方向に配置したものである（図１－２(c)）．このメニュー方式においてカーソル操作は左右方向に

(a) 縦型メニュー
Vertical menu

(b) パイメニュー
Pie menu

(c) 横型メニュー
Horizontal menu

(d) マルチカラムメニュー
Multiple-column menu

図１－２　メニュー形状
Fig.1-2 Shapes of menus.

なり，そのことが，従来の上下方向のマウス移動よりも勝っているのではないかという予想に基づいている．以下，その形状から，横書きのものを「縦型（Top-to-Bottom(Vertical) menu）」，ここで提案する縦書きのものを「横型（Left-to-Right (Horizontal) menu）」と呼ぶ．

１．３　本研究の概要と成果

本研究では，GUIウインドウシステムにおけるメニューによるコマンド選択の選択効率に関する実験的研究を行う．メニューの選択効率の評価は，メニューの目標項目の探索時間と選択誤り率を測定し，さらに，被験者に対するアンケートの結果を加味して行った．

本論文は，序説である本章以下全部で６章からなる．

第２章では，メニューによる入力方式において，メニュー項目の選択効率の改善のために，リニアメニューで項目を縦書きにして横方向に配置する新しいメニュー方式の提案を行い．(1) 従来の横書きのメニューとの比較，(2) リニアメニューにおいてメニュー内でのマウスカーソルの初期位置が選択効率に及ぼす影響の評価，(3) 項目をグループ化して配置することによる影響の評価について実験を行った．その結果，横書きのメニュー方式が横書きの方式に比べて，項目選択に要する時間（選択時間）を短縮することが示せた．また，縦書きのメニュー方式ではマウスカーソルの初期位置がメニューの左端である方が選択時間を短縮するが，横書きの方式では初期位置による有意な差が見られなかったこと，項目のグループ化により両メニュー方式で項目選択時間を短縮できることなどを明らかにした．

しかし，現在の複雑化したコンピュータシステムでは，メニュー項目も多くなる傾向にあり，１次元のリニアメニューでは，項目全てを同時に表示できない（画面の表示領域を越える）ことや，目標項目を探すのに時間がかかりすぎたり，また，そこまでカーソルを移動するのに余分な緊張や時間を要することになってしまい，好ましいとは言えない．そこで，以降の章では多数の項目の中から選択を行うメニューシステムの改善について考察を行った．

第３章では，多項目メニューの選択効率を改善するために，マルチカラムメニュ

一方式とプルダウンメニュー方式の評価を行った．どちらも基本的に１段の選択を行うことで２次元に配置されている項目から１つを選択することができるという点で，両者は類似しているといってよい．平均目標探索時間と選択誤り率を調べることで，メニューの項目をグループ化すれば，ユーザが項目の配置を覚えていない場合，マルチカラムメニュー方式の平均選択時間が短縮することや，ユーザが項目の配置を覚えている場合，マルチカラムメニュー方式の平均選択時間はプルダウンメニュー方式より相当速いこと，両メニューの誤り率では，有意な差が見られなかった事を示した．ユーザが実際の使用環境の中で使い慣れることで，マルチカラムメニユー方式の選択効率がますます良くなることを明らかにした．

しかし，マルチカラムメニューには表示領域がかなり必要であるという点ではプルダウンメニューに劣り，メニュー表示時にウインドウの内容が隠されてしまうという欠点を持つ．ユーザにとってこれは好ましい状態とは言えないことや，２次元でメニューを表示したとしても，常に全ての項目が埋まっているわけではなく，空白欄ができてしまうといった見栄えの点などから，実際のシステムではあまりマルチカラムメニューは用いられておらず，プルダウン，あるいはポップアップといった必要時に必要なだけの項目が現れる方式が多い．

そこで第４章では，プルダウンメニュー方式のの改善を試みた．マウスカーソルを画面上端のメニューバー内に移動するという初期動作を排除し，手首を支点とする操作でメニュー内の全項目を選択可能にした新しいプルダウンメニュー方式（リモートプルダウンメニュー方式）を提案し，通常のプルダウンメニュー方式との選択効率の比較実験を行った．その結果，リモートプルダウンメニュー方式の方が選択に要する平均時間が短いことを示した．選択誤り率では両メニュー間に有意な差は見られなかった．また，マウス移動量が少なくなることで選択時の負担が軽減されたことを明らかにした．

しかし，リモートプルダウンメニュー方式では，メニュー項目の選択が２段階以上にわたるような階層型の選択を行う場合にはその特徴を活かすことが難しいので，この方式は，多項目メニューの改善に対する一般的な解とは言えない．

そこで第５章ではポップアップメニューでの選択を２段階で行うことで多項目に対応した階層型ポップアップメニューの改善のために，２章で提案した横配置型メニュー方式を組み入れた階層型メニュー方式を提案し，従来の縦配置型メニューと組み合わせた4種類のメニュー方式間で選択効率の比較実験を行った．その結果，項目の認識という要因の入りにくい項目モデルを用いた場合には，メインメニューに横配置型，サブメニューに縦配置型を用いた方式が，また，項目の認識が必要な項目モデルを用いた場合にはメイン，サブメニュー共に横配置型を用いた方式が，それぞれ選択に要する時間が短いことを示した．選択誤り率では各メニュー間に有意な差は見られなかった．被験者の感想では横－縦型メニューが最も使いやすいという結果が得られた．

横-縦，横-横といったメニュー方式は，３段階以上に選択がわたっても適用可能な一般的手法といえる．

第６章はまとめであり，本研究で得られた主な成果をまとめ，今後の課題について検討した．

第２章　横配置型メニューの提案とその評価

２．１　はじめに

本章では，選択時のカーソル操作方向の違いによる選択効率への影響評価のために行った縦型メニュー方式と横型メニュー方式の比較実験の結果について述べる．実験では目標選択時間と選択誤り率を測定し，それらに基づいて選択効率の比較を行っている．ここで，メニューにおける目標探索時間とは，目標となる項目を選択するのに要する時間であり，選択誤り率とは．その選択を誤る割合である．更に，本章では，メニュー内でのマウスカーソルの初期位置に注目し，選択効率に与える影響を調べている．

２．２　評価実験について

２．２．１　カーソル初期位置の影響

マウスカーソルの初期位置とは，メニューが現れたときの，カーソルのメニュー内での位置のことである．経験的に，目標探索時間は，Fittsの法則[1]に従うことが示されている．

$$T=K_0+K\log(D/S+0.5)$$

ここで，Tは目標探索時間，K_0，Kはポイント装置に依存する定数，Dは目標への距離，Sは目標の面積である．この法則によると，目標探索時間は，目標の面積Sと目標までの距離Dによる式D／Sの値が増せば増加し，値が減れば減少する．すなわち，メニューにおいては目標である各項目の面積は変わらないので，マウスカーソルのメニュー内での初期位置と，目標となる各項目との平均距離を小さくすれば，平均目標探索時間を減らすことができると考えられる．この平均距離が最小となるのは，明らかに，カーソルの初期位置がメニューの中央の場合であり，最大となるのは，初期位置がメニューの両端の場合である．

そこで本章では，カーソル初期位置を上端，中央，下端の項目（横型メニュー方式では，左端，中央，右端の項目）に変えて実験を行い，各場合のメニューの選択効率について調べ，カーソル初期位置がメニューの選択効率に与える影響について評価する．

２．２．２　実験の概要

実験に使用したメニューは，ポップアップ方式のリニアメニューで，項目数は10，各項目は縦書きができるようにすべて日本語である．項目のグループは2種類用意し，メニューの選択効率への項目グループの影響を少なくした．2組の項目グループを図２－１に示す．項目の順番は図２－１のように固定し，縦型メニューでは上から下に，横型メニューでは左から右に並べた．

ポイントは各項目自体に対してではなく，メニュー内で各項目が含まれる長方形の領域（以下，ポイント領域）に対して行われる．カーソルがこのポイント領域に入ったことをユーザに知らせるために，この領域内を反転表示して強調する．カーソルがメニュー外に出ているときは，どの項目をも指していないことになっている．

縦型メニューと横型メニューはその形状を除き，メニュー全体および各項目のポイント領域の面積，文字の大きさ等，すべての点で同じである．

メニュー内でのマウスカーソルの初期位置は，縦型の場合は上端，中（上から6番目），下端の項目，横型の場合は左端，中（左から6番目），右端の項目のそれぞれ3通りずつに変えることにする（図２－２）．実験は，縦型メニューと横型メニューに対して，マウスカーソルの初期位置を変えて3通りずつ，項目のグループを変えて2通りずつ，計12通りの組合せに対して行う．各組合せは練習と本番を連続して行い，その途中で組合せが変わるようなことはない．なお，実験を通じて，メニューの各項目は，選択目標として同じ回数ずつ選ばれる．

２．２．３　実験方法

２．２．３．１　実験環境

実験に用いたコンピュータシステムは，SUN Micro Systems社製のSUN3/60Mである．ポイント装置として用いたのは，システムに付属の光学式マウスで，分解能は0.25mm/カウント，マウスパッドの大きさは275mm×224mmである．使用したポイ

４倍角	東京都
縦倍角	奈良県
横倍角	和歌山県
１／４倍角	大阪府
強調	三重県
回転	京都府
斜体	富山県
通常	島根県
かな反転	山口県
入力	広島県

図２－１　項目グループ

Fig.2-1 Item groups.

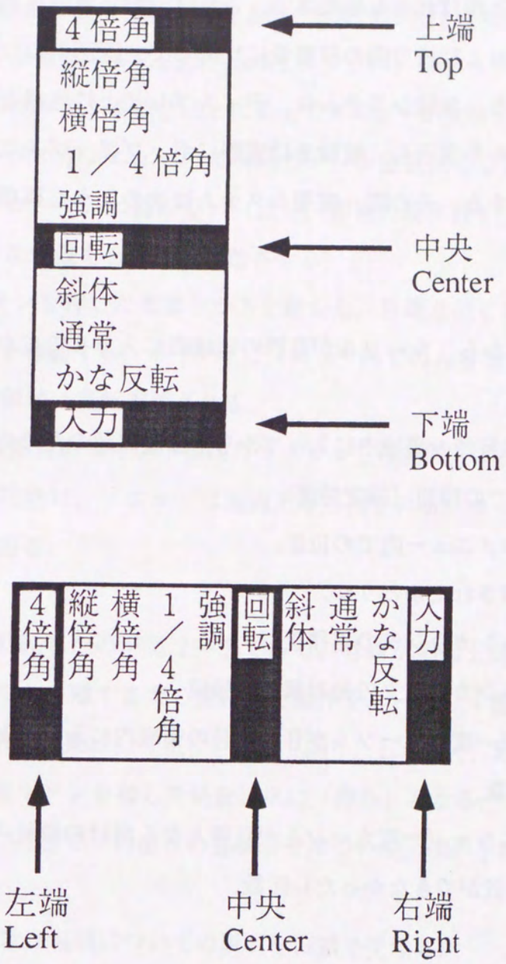


図２－２　カーソル初期位置

Fig.2-2 Initial position of cursor.

ント手法は，リニア方式と呼ばれるものである．これは一般に用いられている手法で，マウス本体の縦方向および横方向の移動量に比例して，画面上のマウスカーソルを移動させる方法である．実験システムは，ディスプレイ上に目標となる項目名と矢印状のマウスカーソルを表示し，被験者は実際にポップアップメニューを用いて目標と同じ項目を選択する．その際，実験システムは次のような事項を測定し記録する．

(1) 目標が表示されてから，カーソルが目標の領域内に入るまでにかかった時間（移動時間）．

(2) カーソルが初めて目標の領域内に入ってから，位置確認のための動作を行ってポイントを終了するまでの時間（確定時間）．

(3) 目標となる項目のメニュー内での位置．

(4) 正しい項目が選択されたかどうか．

(5) マウスのモーションカウンタの累積値．

(6) マウスのモーションカウンタの絶対値の累積値．

(7) ポイントエラー（一度もカーソルが目標項目の領域内に入ることなく，正しく選択できなかった）回数．

(8) フォールアウトエラー（一度カーソルが目標となる項目の領域内に入ったけれど，最終的に正しい選択ができなかった）回数．

選択に要した時間（目標探索時間）は，移動時間と確定時間の和で求められる．それぞれ，(3) はエラーの分析を行うためのデータ，(5) は机上のマウスの位置に対応したデータ，(6) はマウスの移動量に対応したデータである．これらのデータは実験システムによって自動的に測定される．時間の測定は，ワークステーション内蔵のタイマーを用いて20ミリ秒単位の測定を行った．

2．2．3．2　実験手順

メニューの項目選択は次のように行われる．

(1) 目標となる項目名が画面上部の固定ウィンドウに表示される．矢印上のマウスカーソルが画面中央に表示される．

(2) マウスボタンを押すことによってメニューが表示される．メニューの表示は，マウスカーソルがメニュー内で初期カーソル位置にくるような位置になされ，このときマウスカーソルは動かない（但し，画面の境界近くでは，メニューの表示のためにカーソル位置を自動的に移動させる）．

(3) ボタンを押したままマウスを動かし，目標と同じ単語の項目のポイント領域にカーソルを移動する．ポイントはメニュー内でのみ有効で，マウスカーソルの入ったポイント領域は反転表示される．

(4) 目標項目のポイント領域にカーソルを移動後，選択確定のためにボタンを離す．それと同時に，メニューは画面上から消される．カーソルはメニューの消える前の位置にある．

この様子を表したのが図２－３である．目標が画面上部に表示され，マウスのボタンを押してから離すまでの連続した動作を，一つの「選択」と呼ぶことにする．なおこの選択の結果は，「正しい」か「誤り」しかなく，取り消すことはできない．メニュー外でボタンを離した場合は単に「誤り」となる．

各被験者に対して，12通りの各組合せについて，次の手順で実験を行った．

(1) 被験者は実験についての説明を口頭で受ける．

(2) 実験を行う組合せについての練習のために，連続して10回の選択を行う．

(3) 実験システムは，実験を行う組合せをタイトルとして画面に表示し，マウスのボタンを2回押すことにより実験が開始される．

(4) 被験者は，連続して10回の選択を行う．

(5) 小休止を促すメッセージが表示されるので，被験者は休みをとりながら (4) の動作を5回繰り返し，計50回の選択を行う．

被験者に10回の選択ごとに小休止をとることを許したのは，疲労による選択効率への影響を抑えるためである．被験者には正確さを損なわない程度にできるだけ素

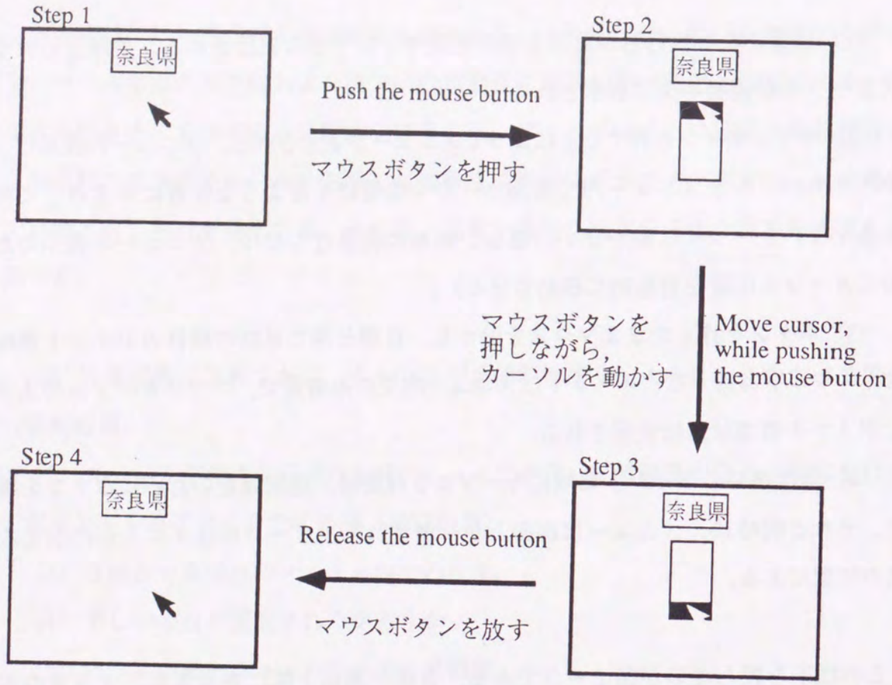


図２－３　メニューによる項目選択の様子

Fig.2-3 Item selecting with menu.

早く選択するように指示した．また，被験者には12通りの組合せに対して60回，計720回（練習120回，本番600回）もの選択を行ってもらうので，被験者には疲労を感じない程度の回数で実験を中断してもらうよう指示した．

12通りの組合せの順番は被験者によって変え，実験の順番や被験者の疲労による選択効率への影響を抑えた．

なお，２．２．１節で述べたように，メニューの各項目が目標として選ばれる回数は本番の50回の選択中5回とすべて同じ回数にした．

２．２．３．３　被験者

被験者は，24名の学生である．3名を除きどの被験者も機械式マウスの使用経験がある．但し，光学式マウスに対しては被験者のうち4名以外はほとんど使ったことがなかった．また，どの被験者もポップアップメニューの使用経験はあるが，使い慣れている者はいない．

２．２．３．４　アンケート

実験終了後，被験者には口頭によるアンケートを行った．これは被験者のメニューに対する印象と，実際のデータとを比べるためのもので，この比較によって，選択効率以外の基準でメニュー方式を比較できると思われる．

このアンケートは，被験者に実験結果を見せる前に行い．実験後の被験者の主観的印象を記録した．

２．３　実験結果の分析と考察

結果の検定には正規検定を用いた．有意さの判定は，二つの平均値の差に対して検定を行い，誤り危険率5%の場合，z 因子が $z > 1.983$ で，その差が有意であるとした．

２．３．１　実験結果の考察

２．３．１．１　マウスの移動量について

マウスカーソルの移動量のとる値は，カーソルの初期位置がメニューの両端の項

目の場合と，中央の項目の場合の2種類に分けられ（前者は後者の約2倍），縦型方式と横型方式の間に違いが見られないことから，両メニュー方式の間にその形状以外の違いがないことが裏づけられる（図２－４）．目標探索時間と選択誤り率の実験結果の考察は，縦型メニューと横型メニューの比較，各初期カーソル位置の比較に分けて述べる．

２．３．１．２　目標探索時間について

図２－５は，縦型メニューと横型メニューでカーソル初期位置をそれぞれについて3通りに変えた場合の平均目標探索時間を示したものである．

(a) 縦型メニュー方式と横型メニュー方式の比較

図２－５で縦型メニュー方式と横型メニュー方式における平均値の比較を行うと，横型メニュー方式の方が目標探索時間が短い（差32.9msec）．この差は，危険率1%で有意である（$z=3.12$）．したがって，この実験では，横型メニュー方式は目標探索時間の点で縦型メニュー方式に比べて選択効率が良いことが示せた．その原因は，マウスの操作における人間の手の動きの仕組みにあると思われる．なぜなら，マウスを上下方向に操作する場合，腕の動きの支点となるのは肩であるが，左右方向に操作する場合は，ひじ，または手首をも支点とすることができるからである．明らかに，肩よりひじ，ひじより手首を支点にした方がより微妙な動きが可能である．さらに上下方向の操作の場合には，ひじの屈伸という動作も必要となるが，横方向の操作にはその必要がない．それならば，メニューのように狭い範囲のカーソル操作では左右方向の操作の方が容易であると思われる[15]．このような理由から，横型メニューには有利な結果が出たと考えられる．

(b) 各カーソル初期位置別の比較

図２－５で，縦型メニューについて見ると，カーソル初期位置がメニューの下端の項目のとき（bottem）の平均目標探索時間が一番短く，次に上端（top），中央（center）と続いている．有意水準5%の検定の結果，これらの差は有意ではなかった．次に，横型メニューについて見ると，カーソル初期位置がメニューの左端の項

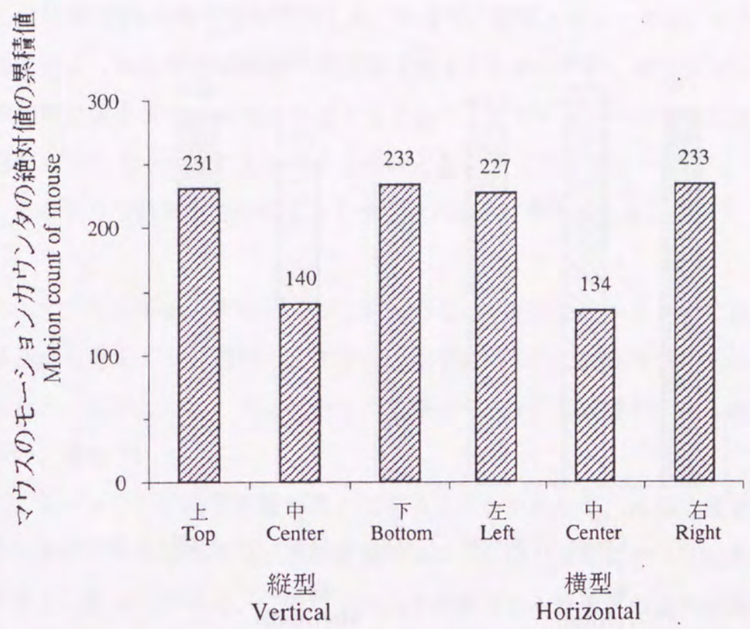


図２－４　メニューの各組合せに対するマウスの平均移動量

Fig.2-4 Average movement of menus.

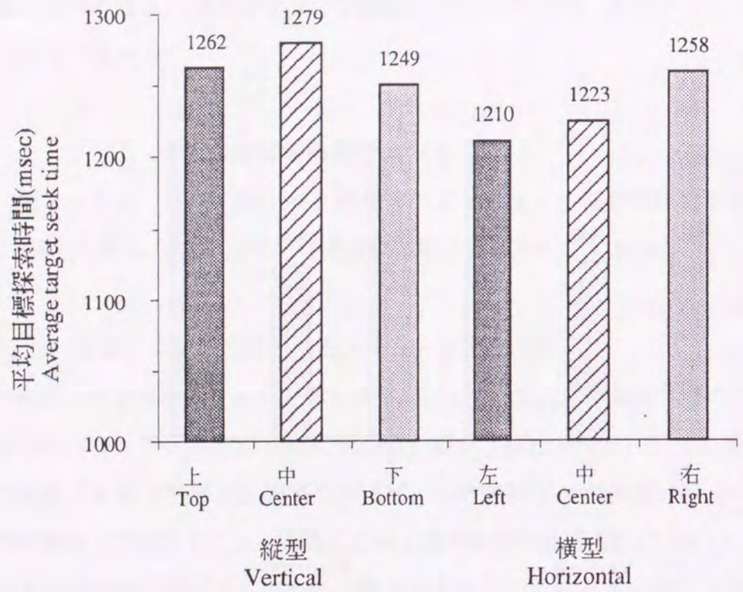


図２－５　メニューの各組合せに対する平均目標探索時間
Fig.2-5 Average target seek time.

目のとき（left）の平均目標探索時間が一番短く，続いて中央のとき（center），右端のとき（right）となっている．これらの差のうち，rightとcenterおよびleftとの間には危険率5%の有意性が存在した．つまり，縦型メニューでは，カーソル初期位置のメニューの目標探索時間への影響は大きくなかったが，横型メニューではカーソル初期位置を中央，または左にすることによってメニューの選択効率を目標探索時間の点で向上させることができるといえる．

このような結果がでた理由としては次のように考えられる．

・マウスを手首，または，ひじを支点にして左右に動かす場合には，その肉体的構造から考えても，操作のしやすさの点で左から右に動かす方が容易であると考えられる．このことは，アンケートの結果（２．３．２節参照）にも個人差はあるものの，現れている．

・カーソルの平均移動量が最小になるにもかかわらず，初期位置がメニュー中央のときの平均探索時間は，初期位置がメニュー端の場合に比べて大きく，時間がかかることを示している．これは，Fittsの法則による予測とは逆の結果である．その理由は，アンケートの結果にもあるが，初期位置がメニュー中央であると，目標項目の位置がわかるまで，まず右に動かすのか左に動かすのかが決まらなくて迷いが生じるからと考えられる．もう一つの原因としては，今回実験で使用したメニューの項目数が10と少なく，メニューサイズが小さかったことによるものと考えられる．メニューサイズが小さければ，項目間距離が小さいのでカーソル移動時間が小さくなり，選択時間の大半はカーソルの微調整にかかる時間によるものと考えられるからである．この場合，項目までの平均距離による影響は小さくなると考えられる．

また，各組合せにおいて，目標の位置による探索時間の違いを調べてみた．目標探索時間が初期位置と目標項目との間の距離のlogにほぼ比例して増加しており，これは，Fittsの法則に従っている．但し，どの組合せでもメニュー両端付近の項目に対する探索時間は予測できる値よりもかなり小さくなっている．これは，メニューの両端の項目が見やすく覚えやすいからであろう．また，初期位置付近の探索時間に注目してみると，初期位置がメニュー中央である組合せでの探索時間の値が，初

期位置がメニューの端である場合の値に比べて高く，時間がかかることがわかる．このことからも，カーソル初期位置がメニュー中央の場合には，カーソルの移動方向の決定に迷いが生じていることが推測できる．

2．3．1．3　選択誤り率について

図２－６に各組合せの全被験者のエラーの総数を示す．

(a) 縦型メニュー方式と横型メニュー方式の比較

縦型メニューと横型メニューとを比較してみると，横型メニューの方が，若干エラー総数が少ない（その差11回）が，有意水準5%の検定を行うと，その差は統計上有意でないという結果が出る（z =0.59）．従って，選択誤り率の点では，両メニューの間に差があるとは言えない．

(b) 各カーソル初期位置の比較

図２－６によると各組合せ間に大きな差が見られる．各組合せ間の差を有意水準5%で検定すると，縦型メニューのcenterと，topおよびbottomとの間の差のみ有意性が示せた．

ところが，この図２－６を図２－５と見比べてみるとわかることであるが，エラーは目標探索時間の小さい組合せほどよく起きている．すなわち，時間がかかる組合せというのは，操作しにくく，その分慎重になるのでエラーが減り，逆に，時間のかからない組合せというのは，操作しやすく，油断が生じてエラーが多くなると考えられる．従って，選択誤り率に対しての初期位置による影響は実験結果よりもかなり小さいと考えられる．

すなわち，選択誤り率の点で，初期カーソル位置の及ぼす影響は，両メニュー方式において比較的影響を及ぼさないと考えられる．

2．3．2　アンケートの結果と実験結果との比較

アンケートの解答者は，24名の全被験者である．手の左右方向の動かしやすさでは，右から左が動かしやすいと答えたのは5人と少なく，残りの19人は左から右が動かしやすいと答えた．

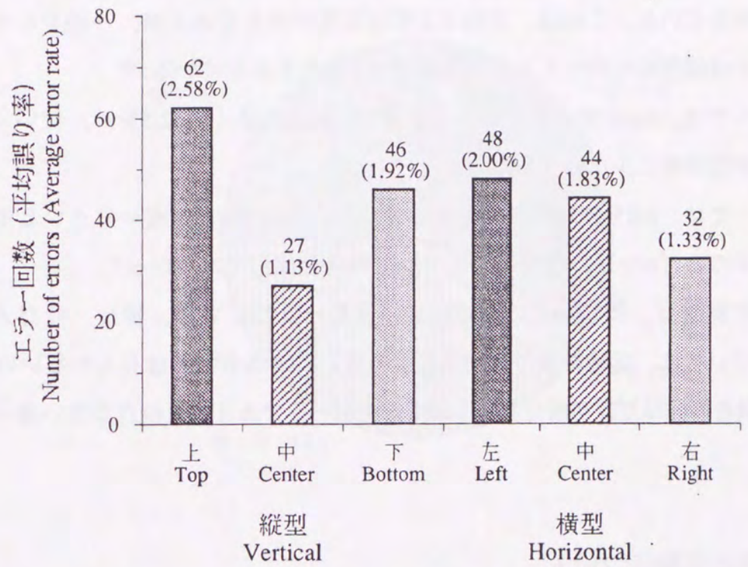


図２－６　メニューの各組合せに対する選択誤り数

Fig.2-6 Number of target seek errors.

全体としてのメニューの好み（図２－７）では，横型メニュー方式を好む者が多い（58.3%）．縦型メニュー方式を好む理由としては，「見慣れている」，「使ったことがある」というものが多かった．横型メニュー方式を好む理由としては，「見た感じが日本語にマッチしている」，「マウスの移動が楽である」などがある．これは実験結果と一致している．

「一番操作しやすかったメニュー」では，全体的な好みに比べて横型の割合（62.5%）が増えている．これは，全体としては縦型が好きであるが，一番やりやすかった組合せは横型のものであるという者がいることを示している．

縦型メニューでは，topを使いやすいとした者が圧倒的に多く（62.5%），使いにくいとした者が圧倒的に少ない（4.4%）．

横型メニューでは，leftを使いやすいとする者が多く（58.3%），使いにくいとする者は少ないものの（16%），縦型メニューのtopの場合ほどではなかった．

アンケートの結果は，ほとんどの点で実験結果と一致している．但し，縦型メニュー方式については，実験結果では初期位置の違いによる有意さは見られないのに対して，被験者の好みでは初期位置が上端の場合が一番であり，この点で食い違っている．

２．４　追加実験について

メニューにおいて，項目をグループ化しておくことによって項目位置を記憶する事を容易にし，選択効率を高めることができることがわかっている[6]．そこで，これまで述べてきた実験結果が項目グループに依存していないことを確かめるために，メニューの項目グループを変更して追加実験を行った．実験では，項目グループにグループ化したものとそうでないものを用意した．縦型メニューについては，グループ化によって目標選択時間が短縮できることが知られている[7]が，この実験によって，横型メニューに対しても同じような影響がでるか確かめることができる．

２．４．１　実験の概要および手順

実験方法は基本的に前の実験と同じである．異なる点は，

(1) カーソルの初期位置を，縦型メニューではメニュー上，横型メニューではメ

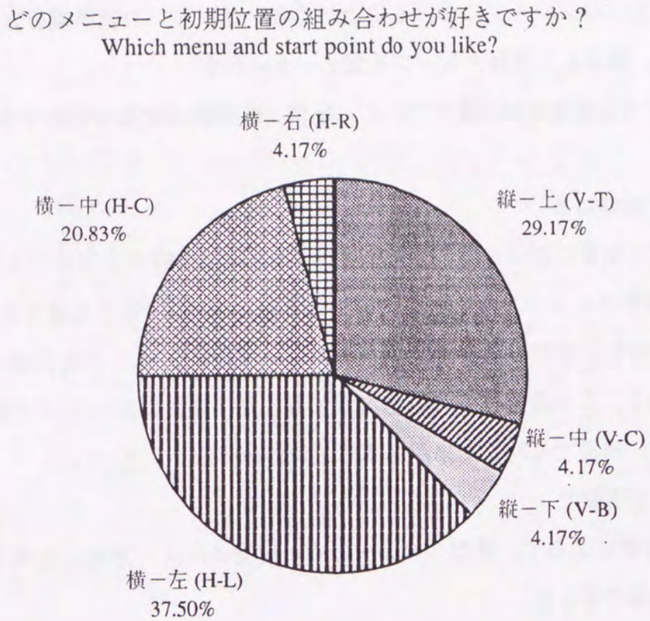


図２－７　アンケート結果
Fig.2-7 User's preference of menu and start point.

ニュー左に固定（いずれも前の実験でよい結果がでており，被験者の人気も高い．

(2) 項目グループは6通り（3種類の項目グループを，それぞれグループ化して並べた場合と，ランダムに並べた場合の2通り），

(3) 項目は三つのグループに分けることができ，グループの境界線を表示，

の3点である．使用した項目グループを図２－８に示す．

結局，実験すべき組合せは12通りである．なお，被験者は12名の学生である．

２．４．２　実験結果

メニュー形式と項目の並べ方の各組合せでの平均目標探索時間を図２－９に示す．この図では，横型メニューでの値が小さく，この差は危険率5%で有意である（$z=4.16$）．また，縦型と横型の両方で，項目のグループ化によって平均目標探索時間が短縮できている．この差も検定の結果有意であった．縦型においては文献[7]の結果どおりであり，横型でも同じ効果があることがわかった．

結局，この追加実験で，

(1) 項目の特徴によらず，横型メニュー方式が縦型メニュー方式に比べて平均目標探索時間を短縮すること，

(2) メニュー項目のグループ化による影響は，横型メニュー方式でも見られ，グループ化により平均目標探索時間を短縮できること，

が示せた．

２．５　むすび

本論文では，マウスを使用したメニューでの入力効率を改善するために，項目が縦書きでマウスカーソルの操作が横方向である横型メニュー方式を提案し，また，ポップアップメニューにおけるマウスカーソルのメニュー内での初期位置に注目し，選択効率に対するその影響について調べた．この横型メニュー方式と広く普及している縦型メニュー方式の選択効率の比較，および，カーソル初期位置を3通りに変えた場合の影響の比較のために，実験で目標探索時間と誤り率を測定して，その評価を行った．

その結果，

しめじ	コーヒー	サンマ
まつたけ	紅茶	マグロ
えのき	ウーロン茶	イワシ
にんじん	ぜんざい	タイ
だいこん	チョコパフェ	ライオン
たまねぎ	アイスクリーム	トラ
ごぼう	天ぷら	チーター
りんご	とんかつ	チョウ
みかん	ハンバーグ	トンボ
いちご	カレーライス	バッタ

図２－８　追加実験用項目グループ

Fig.2-8 Item groups for the additional experiment.

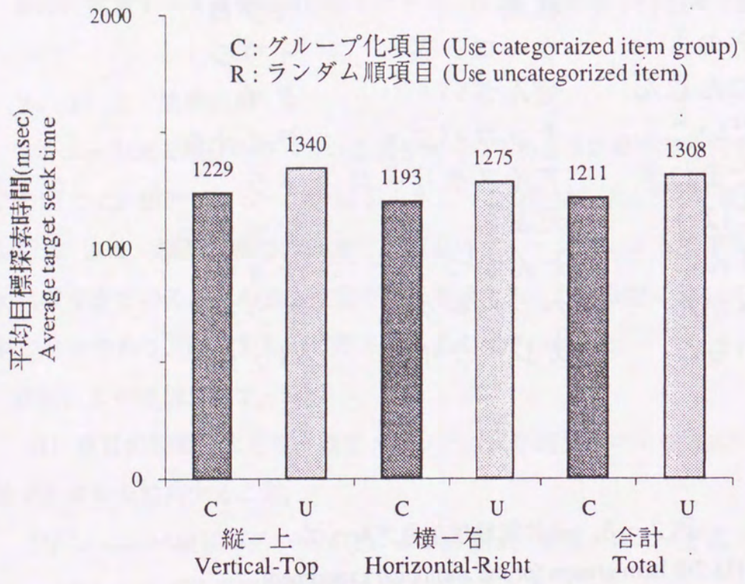


図２－９　メニューの各組合せに対する平均目標探索時間

Fig.2-9 Average target seek time.

(1) 横型メニューは縦型メニューに比べて目標探索時間を短縮するが，選択誤り率の点では両者の間に重要な違いは見られないこと，

(2) 縦型メニューに対してカーソルの初期位置の影響は統計上見られないが，横型メニューに対してはカーソル初期位置を右端にすることで，左端，中央にする場合よりもメニューの目標探索時間が増大してしまうこと，等を明らかにした．

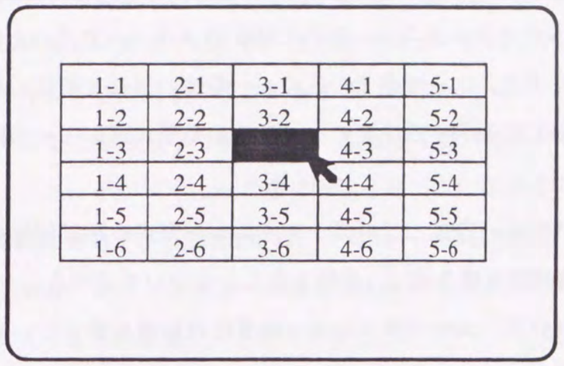
アンケートを見ても，横型メニューが好まれ，かつ，使いやすいという結果が出ている．従って，これらの結果を統合すると，横型メニュー方式は縦型メニュー方式に比べて優れたメニュー方式であると言える．

第３章　マルチカラムメニューとプルダウンメニューの実験的評価

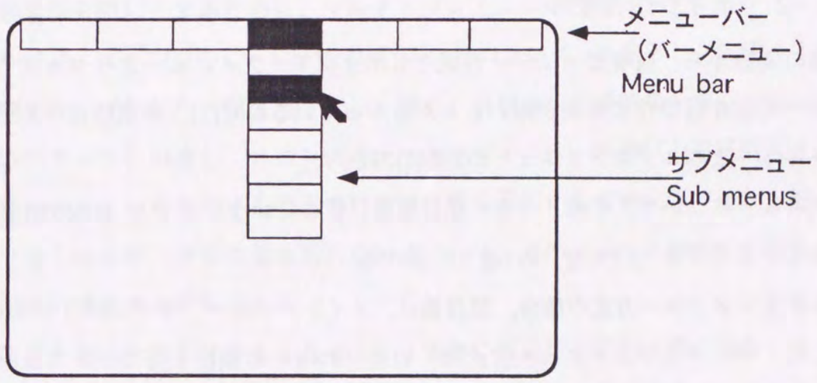
３．１　はじめに

多くの項目を持つメニューは，大きく二つに分類できる．それはメインメニューとサブメニューに階層化された階層型メニュー方式とすべての項目を一度に表示するマルチカラムメニュー方式（図３－１(a)）である．階層型メニュー方式はその出現方法によって二つに分けられる．一つはプルダウンメニュー（図３－１(b)）と呼ばれるメニュー方式で，メインメニューは画面の上部にバーメニューとして常に表示されており，サブメニューはメインメニューの選択した項目の下にリニアメニュー（項目を直線上に並べたメニュー）として表示される．もう一つはポップアップメニュー方式で，メインメニューはカーソル位置に出現し，サブメニューは選択した項目の横に出現する．通常共にリニアメニューである．

プルダウンメニュー方式は，メインメニューが画面上の決まった位置にあるため，選択を開始するためには，必ずそこまでカーソルを動かさなければならないのに対して，ポップアップメニュー方式はその初期化動作が不要である．しかし，この初期化動作はマウスを画面上部へ大きく動かすだけという比較的単純な動作なので，マウスを素早く動かすことができ，移動距離の差ほどは時間がかからないと思われる．従来行なわれた実験では，プルダウンメニューとポップアップメニューを比較して．プルダウンメニューの方が目標探索時間が短いという実験結果が示されている[22]．階層型メニュー方式では選択回数は増えるが，項目が探しやすくなるという利点がある．項目が多くなってくると，マルチカラムメニュー方式では目的の項目を探すのに時間がかかる[3]．それに対して，階層型メニュー方式では，グループ化された項目の中から１個の項目を探す作業を繰り返すだけで良く，メニューも見やすい．以上のように，従来よりマルチカラムメニュー方式は，階層型メニュー方式に比べて選択効率は悪いとされてきた．しかし，階層型メニュー方式は．多数の項目がメインメニューの項目の下に，暗黙の内に，グループ化されていると考える



(a) マルチカラムメニュー
Multiple-column menu



(b) プルダウンメニュー
Pull-down menu

図３－１　マルチカラムメニューとプルダウンメニュー
Fig.3-1 Multiple-column menu and Pull-down menu.

ことができる．一般に項目をグループ化すると選択効率が向上することが知られている[7]．従って，従来のマルチカラムメニュー方式と階層型メニュー方式の比較はフェアでない可能性がある．また，ユーザがそのメニューを使い慣れて項目の配置を覚えているとすれば，１回しか選択する必要のないマルチカラムメニュー方式は有利であるとも考えられる．

本章では．マルチカラムメニュー方式とプルダウンメニュー方式の評価実験を行ない、平均目標探索時間と選択誤り率を測定，比較したことについて述べる．

特に，メニューの項目について，ユーザがメニューの項目の配置を覚えているモデル（CUE型）と，ユーザがメニューの項目の配置を覚えていないモデル（UNCUE型）の2種類を用意し，CUE型，UNCUE型別の選択時間について考察する．

３．２　ポイントモデル

従来の実験から，階層型メニュー方式ではポップアップメニューよりプルダウンメニューの方が目標探索時間が短いことが分かっているので[2]，本実験はマルチカラムメニューとプルダウンメニューの2種類に絞った．

各メニューについて，そのメニュー項目配置に慣れていないモデル（UNCUE型）と慣れているモデル（CUE型）の2通りを調べる．

プルダウンメニュー方式の場合，項目数は，メインメニュー，サブメニュー共に9個とした．マルチカラムメニュー方式は，81個（9×9）の項目を持つ．メニューの項目選択は，マウスボタンを離すことによって確定する方法をとる．ポイントは，各項目自体に対してではなく，メニュー内の一定の領域（以下，ポイント領域）に対して行なわれる．カーソルがこの領域内に入ったことをユーザに知らせるためにこの領坂内を反転して強調する．カーソルがメニューの外にある時，どの項目も指していない．また，表示されているメインメニュー，サブメニューは，カーソルがメニューの外に移動しても表示されたままである．

３．２．１　CUE型とUNCUE型選択モデル

CUE型は，項目名が2桁の番号である．プルダウンメニュー方式の場合は，メインメニューでは各項目は順に１から9までの番号である．メインメニューの項目iに対

するサブメニューの各項目名は，順にi・10+1,…,i・10+9の数字となる．マルチカラムメニュー方式では，プルダウンメニュー方式のサブメニューと同じように順に11から99までの81個の項目からなる（図３－２(a)）．選択すべき項目は前もってランダムな二桁の数字で示される．項目名を見ればその位置がわかるので，このCUE型は，ユーザがメニューの項目配置を知っている場合のモデルである．

これに対して，UNCUE型は，メニューの項目の配置を良く覚えていないユーザに対応する．メインメニューの項目はAからIまでの3桁の同じ英字で（例えばEEE），サブメニューの項目は，１桁の英字と２桁のランダムな数字（01…，99）を用いる．サブメニュー項目の先頭の1桁の英字（A…，I）はそのサブメニューに対応するメインメニュー項目の英字である．例えば項目E16，E78，…，E34はメインメニューEEEのサブメニューの項目である，プルダウンメニュー，マルチカラムメニューの実験条件を同しくするために，マルチカラムメニューの項目をプルダウンメニューのサブメニュー項目のように１桁の英字と2桁のランダム数字とし，先頭の１桁英字で縦グループ化した（図３－２(b)）．また．被験者の学習効果をなくすために，多くのパターンを用意し，メインメニューとサブメニューの並び方を毎回変える．被験者はメニューを表示する前までにどの項目を選択するのか，メニューを表示するまで全く判らず，学習効果は現れない．これは，このメニュー初めてを扱うようなユーザの場合のモデルである

項目を英字と数字にすることにより，実際に項目に文字列を書く場合に比べて，判断時間を短縮し，文字列を読むというような視覚的な負担を軽減することで，より純枠な目標探索時間の比較ができると思われる．

３．２．２　マルチカラムメニュー

各項目のポイント領域の大きさ，形状はプルダウンメニューと同じである．メニューには，縦9列，横9列に各項目が配置される．メニューの形態を図３－２に示す．

３．２．３　プルダウンメニュー

メニューの形態を（図３－１(b)）に示す．CUE，UNCUE型でのメニュー項目の

11	21	31	41	51	61	71	81	91
12	22	32	42	52	62	72	82	92
13	23	33	43	53	63	73	83	93
14	24	34	44	54	64	74	84	94
15	25	35	45	55	65	75	85	95
16	26	36	46	56	66	76	86	96
17	27	37	47	57	67	77	87	97
18	28	38	48	58	68	78	88	98
19	29	39	49	59	69	79	89	99

(a) CUE型マルチカラムメニュー
CUE type

B43	E48	G19	H32	I88	F91	D76	C36	A75
B78	E55	G81	H24	I02	F47	D32	C18	A14
B23	E23	G33	H43	I53	F63	D73	C83	A93
B89	E35	G34	H23	I89	F74	D92	C92	A75
B13	E53	G63	H70	I07	F31	D82	C52	A23
B79	E28	G15	H77	I97	F50	D90	C55	A78
B08	E16	G59	H29	I66	F33	D61	C90	A97
B42	E80	G45	H89	I42	F67	D06	C01	A44
B33	E31	G83	H42	I44	F21	D41	C11	A070

(b) UNCUE型マルチカラムメニュー
UNCUE type

図３－２　２種類の項目選択モデル（マルチカラムメニューの場合）
Fig.3-2 Two item-selection models (for multiple-column menu).

配置はマルチカラムメニューの場合と同じである．メインメニューは，画面上部に表示されているバーメニューである．ポイント領域は長方形で，ポイント領域内中央に項目名が表示される．大きさは，9項の項目と両端のサブメニューが画面内で表示できる最大の大きさにした．

サブメニューは，リニアメニューで項目が縦に並べられている．サブメニューはメインメニューのポイント領域内でマウスのボタンが押されると．メインメニューの項目の下に，メインメニューと重ならないように表示される．各項目は，メインメニューの項目と同し大きさ形状である．

３．３　実験方法

実験に用いたコンピュータシステムは，SUNMicroSystem社製SUN3／60Mである．ポイント装置として用いたのは，システムに付属の3つボタンの光学式マウスで，分解能は0.25mm／カウント，マウスパッドの大きさは27 5 mm×224mmである．3つのボタンはどれでも任意に使えることにした．

使用したポイント手法は，リニア方式と呼ばれるものである．これは一般に用いられている手法で，マウス本体の縦方向及び横方向の移動量に比例して，画面上のマウスカーソルを移動させる方法である．

３．３．１　測定データ

実験システムは，目標となる項目を画面下方に示し，被験者は実際にマルチカラムメニュー方式あるいはプルダウンメニュー方式を用いて目標と同じ項目を選択する．その際，システムは，以下のことを記録する．

(1) 目標が表示されてから，マウスのボタンを押すまでの時間（準備時間）．

(2) マウスのボタンを押してから，カーソルがメインメニューの正しい項目の領域内に移動するまでの時間（メインメニュー内移動時間）．

(3) カーソルが初めてメインメニューの正しい項目の領域内に入ってから，正しいサブメニュー内に移動するまでの時間（メインメニュー内確定時間）．

(4) カーソルがサブメニュー内にはいってから，正しいサブメニューの項目の領

域内へ移動するまでの時間（サブメニュー内移助時間）．

(5) カーソルが初めてサブメニューの正しい項目の領域内に入ってから，正しい項目の領域内でマウスのボタンを放すまでの時間（サブメニュー内確定時間）．

(6) 正しい領域が選択されたかどうか．

(7) ボタンを押した時点のカーソルの位置．

(8) マウスモーションカウンタの累積値．

(9) マウスモーションカウンタの絶対値の累積値．

(10) 間違った選択回数．

選択に要した時間（目標探索時間）は移動時間と確定時間（(2)…(5)）の和で求められる．(2)と(3)の和をメインメニュー内目標探索時間，(4)と(5)の和をサブメニュー内目標探手時間とする．

マルチカラムメニュー方式の場合メインメニューのみとし，サブメニュー内移動時間は0とする．

3．3．2 実験の手順

被験者には以下のように目標項目の選択を行ってもらう．

(A) プルダウンメニュー方式の場合の目標選択方法

(1) 画面の下部の固定ウインドウに選択目標となる項目名が表示される．被験者は画面中央に表示されるスタートボタン内でマウスボタンをクリックすることにより，選択を開始する．

プルダウンメニュー方式では，選択開始時に必ず画面上部のメインメニューまでマウスカーソルを移動させなければならない．その距離を実験実境の中でシミュレートするために，スタートボタンを画面の中央に決める．

(2) 被験者がマウスのボタンをクリックすることによって，メインメニューが画面上部の一定の位置に表示される．

(3) 被験者はカーソルをメインメニュー内の目標と同じ項目のポイント領域へ移動させる．ポインタはメニュー内でのみ有効で，カーソルの入ったメインメニューの領域は反転表示される．そこで被験者がマウスボタンを押すことによって，サブメニューが現れる．

(4) 被験者はボタンを押したままでマウスを動かし，サブメニューの中から目標と同じものを探す．見つかった項目ポインタ領域にカーソルを移動させる．ポインタはメニュー内でのみ有効で，マウスカーソルの入ったポインタ領域は反転表示する．

(5) 目標項目のポイント領域にカーソルが入った後，そこで被験者は選択の確定のためにボタンを離す．それと同時に，メニューは画面上から消え去る．

(B) マルチカラムメニュー方式の場合の目標選択方法

(1) 画面の下部の固定ウインドウに選択目標となる項目名が表示される．

(2) 被験者はマウスのボタンを押すことによって，画面の中央の一定位置にメニューが表示される．

(3) 被験者はボタンを押し続けたままで移動するカーソルの入った領域は反転表示され，カーソルを目標と同じ項目の領域へ移動する．

(4) 目標項目のポイント領域にカーソルが入った後，被験者はそこで選択の確定のためにボタンを離す．それと同時に，メニューは画面上から消え去る．

(C) 実験手順

(1) 被験者は実験についての説明を口頭で受ける．

(2) 実験を行なうメニューについて練習をする．（CUE型5回，UNCUE型18回）

(3) 実験システムは，スタートボタンをクリックすることによりスタートする．

(4) 被験者は連続して10回の選択を行なう．

(5) 小休止を促すメッセージが表示されるので，被験者は休みをとりながら(4)の動作を繰り返し実験を行なう．

被験者に10回の選択ごとに小休止をとることを許したのは，疲労による選択効率への影響を抑えるためである．被験者には正確さを損なわない程度にできるだけ素早く選択するように指示した．間違った選択の目標は10回の選択が終了した後に要

求することにした．

各メニューの選択回数は以下の通りである．

CUE型の両メニューは各40回づつ，計80回．

UNCUE型の両メニューは各160回づつ，計320回．

3．3．3　被験者

被験者は，本情報工学科の14名の学生である．どの被験者もマウスの使用経験がある．普段から光学式マウスを使っている者は3名，機械式マウスを使っている者が11名であった．

3．3．4　アンケート

実験終了後，被験者にアンケートを行った．これは，被験者のメニューに対する印象と，実際のデータとを比べるためのもので，この比較によって，選択効率以外の基準でメニュー方式を比較できる

3．4　実験の結果と考察

3．4．1　マウスの移動量

マウスの選択１回あたりのマウスモーションカウンタの絶対値の累積値については，プルダウンメニュー方式の方が相当大きく．CUE型とUNCUE型共にマルチカラムメニュー方式の1.67倍であった．その原因は，カーソルをメインメニューまで持っていくという初期動作のためマウスの移動量が増えているためである．

3．4．2　目標探索時間

(1) UNCUE型：図３－３に示すようにマルチカラムメニュー方式の平均目標探索時間はプルダウンメニュー方式より176ms（5.5%）速い．この差は有意である．その選択時間の差と移動量と比較して見てみると，プルダウンメニュー方式の移動量はマルチカラムメニュー方式より1.67倍も多いのに，選択時間の差は思ったほど大きくなかった．これは．プルダウンメニュー方式のメインメニューへの初期移動

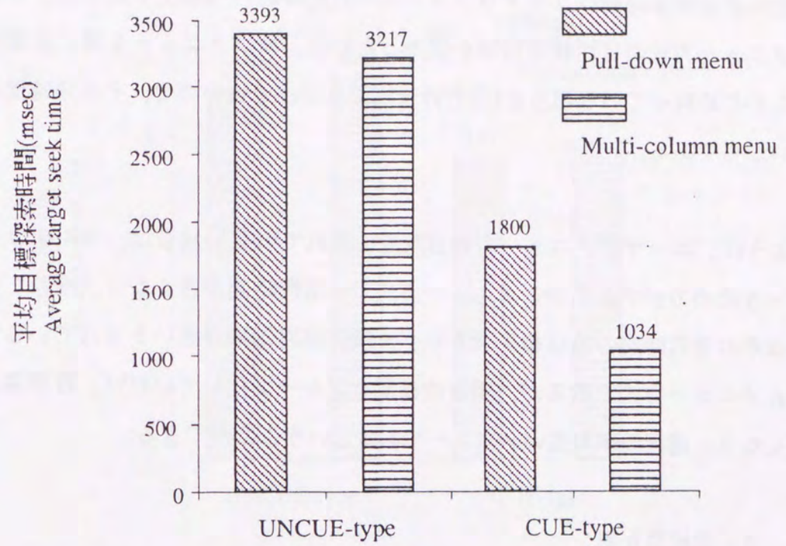


図３－３　メニューの各組合せに対する平均目標探索時間

Fig.3-3 Average target seek time.

動作は単純でほとんど時間がかからないためで．従来の結果[2]と一致している．また．被験者はマルチカラムメニュー方式ではどこに動かすかを考えてから動かすのに対して，プルダウンメニュー方式ではとりあえず思い切って動かす場合が多いことが考えられる．

(2) CUE型：両メニューの目標探索時間を図３－３に示す．マルチカラムメニュー方式の目標探索時間はプルダウンメニュー方式の約1／2程度であった．マルチカラムメニュー方式の目標探索時間が短かったのは，サブメニューを開く必要がない，あらかじめ判っている項目を1回だけ選択するだけで良いので，その分時間がかからないからである．

以上のように．ユーザがメニューの項目配置に慣れていない場合は．マルチカラムメニュー方式の方がプルダウンメニュー方式より選択時間が速くなり．慣れている場合ではその選択時間の差は相当大きい．一般に選択効率が悪いとされているマルチカラムメニュー方式であるが，項目の配置をグループ化していれば，目標探索時間は短くなり，選択効率の良いメニューであるということができる．

３．４．３　選択誤り率

全被験者のエラー率を図３－４に示す．両メニューのエラー率はほぼ同じで．有意な差が見られなかった．

３．４．４　アンケートの結果と実験結果の比較

UNCUE型では．プルダウンメニュー方式を好む者が多い（図３－５）．その理由は「見なれている」ということが多い．マルチカラムメニュー方式を好む者の理由は「マウスの移動が少ない」ということであった、どのメニューが使いやすかったかと聞くと，プルダウンメニュー方式が使いやすいと答えものが多い．その理由は「項目が探しやすい」ということが多い．マルチカラムメニュー方式の使いやすさの比率が低い主要原因は，3桁英数字の項目がマルチカラムメニュー方式では選びにくかったことが考えられる．3桁の英数字というのは多く並べると見にくいので，もっと意味のあるものにした方が良いではないかという意見もあった．

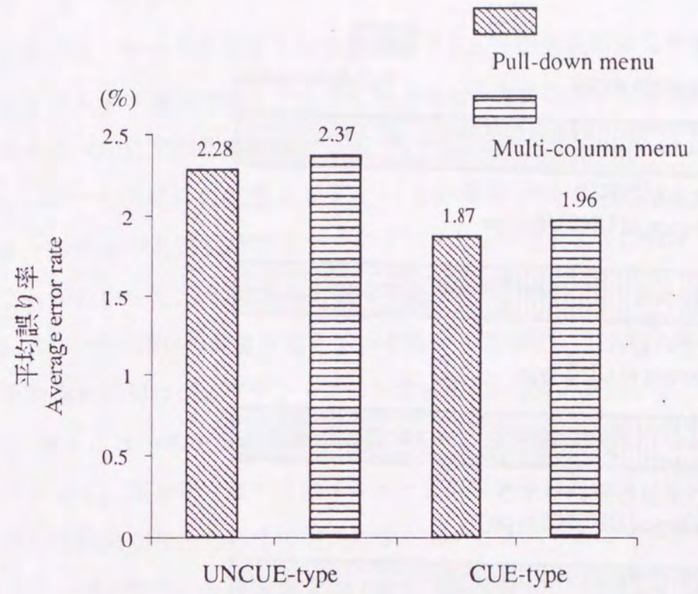


図３－４　メニューの各組合せに対する選択誤り率

Fig.3-4 Average target seek error rates.

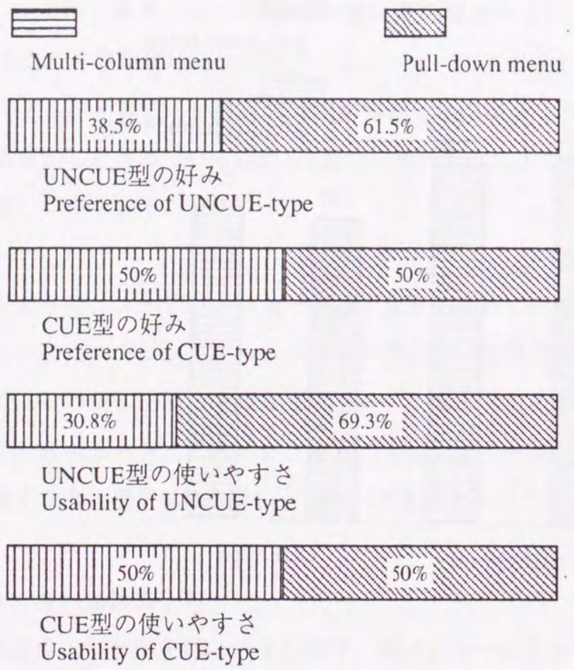


図３－５　メニューの各選択モデルに対する好みと使いやすさ

Fig.3-5 User's preference and usability of menu systems.

CUE型の場合ではメニューの好みと使いやすさでは，両メニューの答えはほぼ同程度である．

３．５　むすび

本章では，マウスを使用した多数項目メニューの選択効率を改善するために，マルチカラムメニュー方式とプルダウンメニュー方式について目標探索時間，選択誤り率を調べ，以下の結果を得た

1. ユーザが項目の配置を覚えていない場合（UNCUE型），マルチカラムメニュー方式の平均選択時間はプルダウンメニュー方式より176ms（5.5％）速くなったことがわかった．その176msの差は有意である（z=4.98）．

2. ユーザが項目の配置を覚えている場合（CUE型），マルチカラムメニュー方式の平均選択時間はプルダウンメニュー方式の約1／2である．

3. 各メニューの選択誤り率はほぼ同じで．その差は有意ではない（z=0.19）．

したがって，誤り率の点では両メニュー方式の中に大きな違いはないといえる．

以上の結果から，これまで選択効率が悪いとされてきたマルチカラムメニュー方式はユーザが項目の配置を覚えていない場合でも速く，実際の使用環境の中で使いなれた場合には（CUE型になる），マルチカラムメニュー方式の選択効率はますます速くなることが明らかになった．従来の実験結果では，マルチカラムメニュー方式は選択効率の点で他の方式に劣るとされてきた[3]．本実験でも，UNCUE型で81個のすべての項目を全くランダムに並べた場合には，平均してプルダウンメニュー方式の3.16倍もの時間が選択に必要であるという結果が得られた．これは，はじめにも述べたとおり，プルダウンメニュー方式はその構造上，カラムごとにグループ化されているためであると考えられる．本実験の結果はそれを裏づけている．

第4章　リモートプルダウンメニュー方式の提案とその評価

4．1　はじめに

3章のはじめに述べたように，プルダウンメニュー方式はメインメニューが画面上端の定まった位置にあるため，選択を開始するためには必ずそこまでカーソルを動かさなければならない．それに対して，ポップアップメニュー方式はその初期動作が不要である．このことから，ポップアップメニューに比べてプルダウンメニューでは項目の選択に要する時間が初期動作の分だけ余計にかかると考えられる．

しかし，大抵の場合，マウスカーソルは画面から出ないよう画面の端で止まるようになっているので，カーソルを画面上端へ動かすというこの初期動作では，メニューを行き過ぎる心配なしにマウスを大きく素早く動かすことができるため，移動距離の差ほどは時間がかからないと考えられる．実際に，プルダウンメニューとポップアップメニューを比較した実験では，プルダウンメニューの方が項目選択に要する時間が短いという結果が示されている[22].

2章では，メニュー項目を横に配置した横配置型メニュー方式(horizontal menu)を提案し，ポップアップメニュー方式に応用して選択効率を改善する試みを行った[19]．その結果をもとにして，5章では，階層型ポップアップメニューに，比較的選択効率の高い横配置型メニュー方式を採用して，メインメニューからサブメニューへの移動を簡単化することによって，縦配置型メニュー方式と横配置型メニュー方式を組み合わせた方式によって，選択効率を改善できることを示す[20].

この試みはマウスカーソルの移動方向と経路を改善することによって選択効率を改善しようとするものであるが，目標選択の回数を減らすことによっても全体としての選択効率を改善できると考えられる．そこで，プルダウンメニュー方式と，選択回数が1回で済むマルチカラムメニュー方式の比較実験を行った事[5]について3章で述べた．その結果，目標項目の位置が前もってわかっているモデルでは，明らかにマルチカラムメニュー方式の選択効率が高く，目標項目の位置が前もってわかっていないモデルでもマルチカラムメニュー方式のほうが選択時間に関して有意に優れていることがわかった．

しかし，その評価実験の被験者から採ったアンケート結果では，プルダウンメニューの方が使いやすいとしたものが多く見られた．この理由としては，被験者がプルダウンメニューを使い慣れていることに加えて，マルチカラムメニューでは，一度に全ての項目が表示されるために項目が探しにくいという意見が挙がっている．

本章では，マルチカラムメニュー方式の高い選択効率とプルダウンメニュー方式の使いやすさを目指した新メニュー方式を提案する．この新メニュー方式を従来のプルダウンメニュー方式と比較する実験を行ない，新メニュー方式が優れていることを示す．

4．2　評価実験

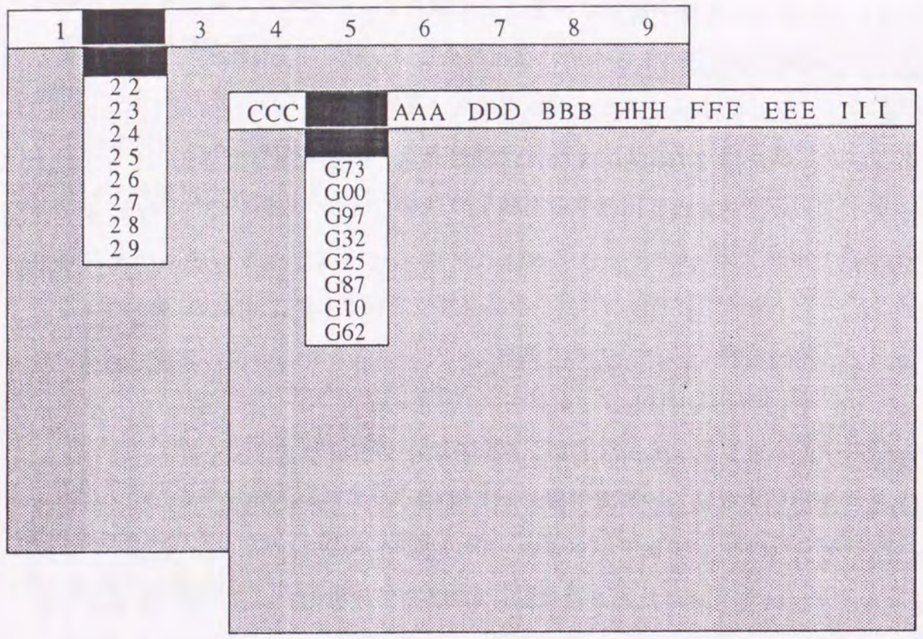
4．2．1　リモートプルダウンメニュー方式

普通のプルダウンメニュー方式では，画面上部に常に表示されているメニューバー内の項目までマウスカーソルを移動させ，その項目を選択することで対応するサブメニューを呼びだし，そのサブメニュー内の項目を選択する．サブメニュー表示後マウスボタンは押し続けたまま選択動作を行ない，選択はボタンを離して確定，終了する．

本章で提案する新メニュー方式は，その形状・構成や，メインメニューであるバーメニューが画面上部に常に表示されている点では，普通のプルダウンメニューと変わらない(図4－1)．この新メニュー方式では，マウスのボタンを押すとメニューバー中央の項目のサブメニューが開き，マウスカーソルがそのサブメニュー最上部の項目に移動する．ユーザはボタンを押し続けたままでカーソルを目標項目まで移動し，ボタンを離して選択を確定する．選択終了後，マウスカーソルは選択開始前の位置から選択動作によるマウスの移動分だけ動いた位置に表示される．

また，普通のプルダウンメニューでは，別のサブメニューを開くためにはメインメニューの項目を選び直さなければならないが，新メニュー方式では，マウスカーソルをサブメニューの左右の境界線からサブメニュー外に出すだけで，となりのサブメニューを開くことができる(図4－2)．選択の中止はカーソルをメインメニュー内へ戻すかサブメニューの下へ動かすことによって，プルダウンメニュー方式と同様に行うことができる．

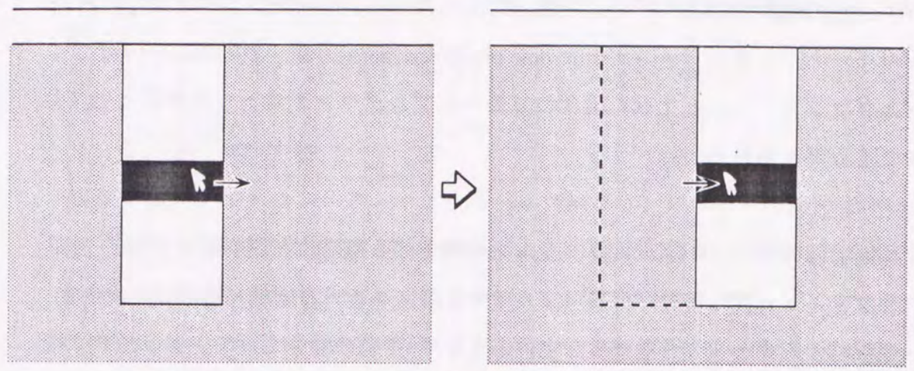
(a) CUE type



(b) UNCUE type

図４－１　実験で用いたメニューの形状

Fig.4-1 Structures of menu.



マウスカーソルを右に動かすと右のサブメニューが現れる

move the mouse-cursor to right

図４－２　サブメニュー間の移動

Fig.4-2 The movement from a sub-menu to the next one.

それに加えて，選択動作中はマウスカーソルのスピードが速くなるので，手首を支点とする小さな動きによる操作でメニュー全体をマウスカーソルで指すこと(pointing)ができる．

このように，手首だけの操作で元のマウスカーソルの位置から離れたところにあるメニューの選択ができるように考慮したところから，この新メニュー方式のことを‘リモートプルダウンメニュー(remote pull-down menu)方式’と呼ぶ．

プルダウンメニューと比べた場合のリモートプルダウンメニューの長所として以下のことが考えられる．

・画面上部のメニューバーにカーソルを移動させる初期動作が不要
・サブメニュー間の移動が容易（マルチカラムメニューと同様に移動できる）
・選択時のみカーソル移動速度を上げることで，手首の動きだけでメニュー内の全項目を選択可能

また，リモートプルダウンメニューのマウスカーソルの初期位置は上端の項目であるが，その理由は，こうすることで選択時間が短くなり，かつ，被験者に負担を与えないことが２章の実験結果によってわかっているためである[4]．

４．２．２　メニューの形式

両メニューの条件を等しくするために，プルダウンメニューとリモートプルダウンメニューはメニュー全体および各項目のポイント領域の形状および面積，文字の大きさなど，すべての点で同じである．その形状を図４－１に示す．項目数はメインメニューが９項目，そのそれぞれについてサブメニューが各９項目の計８１項目である．項目のグループはCUE型，UNCUE型１種類ずつを用意した．

３章でも述べたように，CUE型とはメニューが表示される前にあらかじめ選択項目の位置が特定できている選択モデルで，UNCUE型とはメニューを表示させるまで選択項目の位置が特定できない選択モデルである．すなわち，CUE型がメニューの各項目の位置を覚えてしまっている熟練ユーザの項目モデルであるのに対して，UNCUE型はそのメニューを使ったことのない，または，使い慣れていないユーザの

項目モデルになる[3]．実際にはCUE型はその位置を表す２桁の数字を項目名にすることで，項目位置を覚えていることをモデル化する(図４－１(a))．一方，UNCUE型の項目グループは，項目の順番を各選択毎にランダムに変化させ，メニューが表示されるまで項目位置の特定ができないことをモデル化する．項目名はメインメニューがＡからＩまでの同じ英大文字３字，サブメニューは，‘英大文字１字’＋‘２桁のランダム数’とした(図４－１(b))．

４．２．３　実験方法

実験では，プルダウンメニューとリモートプルダウンメニューの両方で指定した項目を被験者に実際に選択してもらい，一回の選択に要する時間(目標選択時間(target-selection time))と選択誤り回数を測定した．ポップアップメニュー方式との比較を行わなかったのは，プルダウンメニュー方式のほうがポップアップメニュー方式よりも選択時間が短いことが知られており[22]，予備実験においてもそれが検証されたからである．以下に実験方法についての概要を示す．詳細は文献[21]を参照されたい．

実験に用いたコンピュータシステムは，SUN Micro Systems社製SUN3/60Mである．被験者は全て人指し指で左ボタンを用いた．使用したポイント手法は，マウス本体の移動量に比例してマウスカーソルを移動させる手法であるリニア方式である．システムの詳細は３章のものと同じである．

実験システムは，ディスプレイ上に目標となる項目名と矢印上のマウスカーソルを表示し，被験者は実際にメニューを用いて目標である項目を選択することを繰り返す．目標が画面に表示され，マウスのボタンを押してから離すまでの連続した動作を，１つの‘選択’と呼ぶことにする．各メニューでの選択の様子を図４－３，図４－４に示す．

各被験者は，プルダウンメニューとリモートプルダウンメニューの２つのメニュー方式，CUE型，UNCUE型の項目グループの組み合わせそれぞれについて，練習１０回，本番８０回，合計３６０回（練習４０回，本番３２０回）の選択を行う．

２つのメニュー方式の順番は被験者によって変え，実験の順番や被験者の疲労および実験への慣れによる選択効率への影響を抑えた．また，被験者に１０回の選択

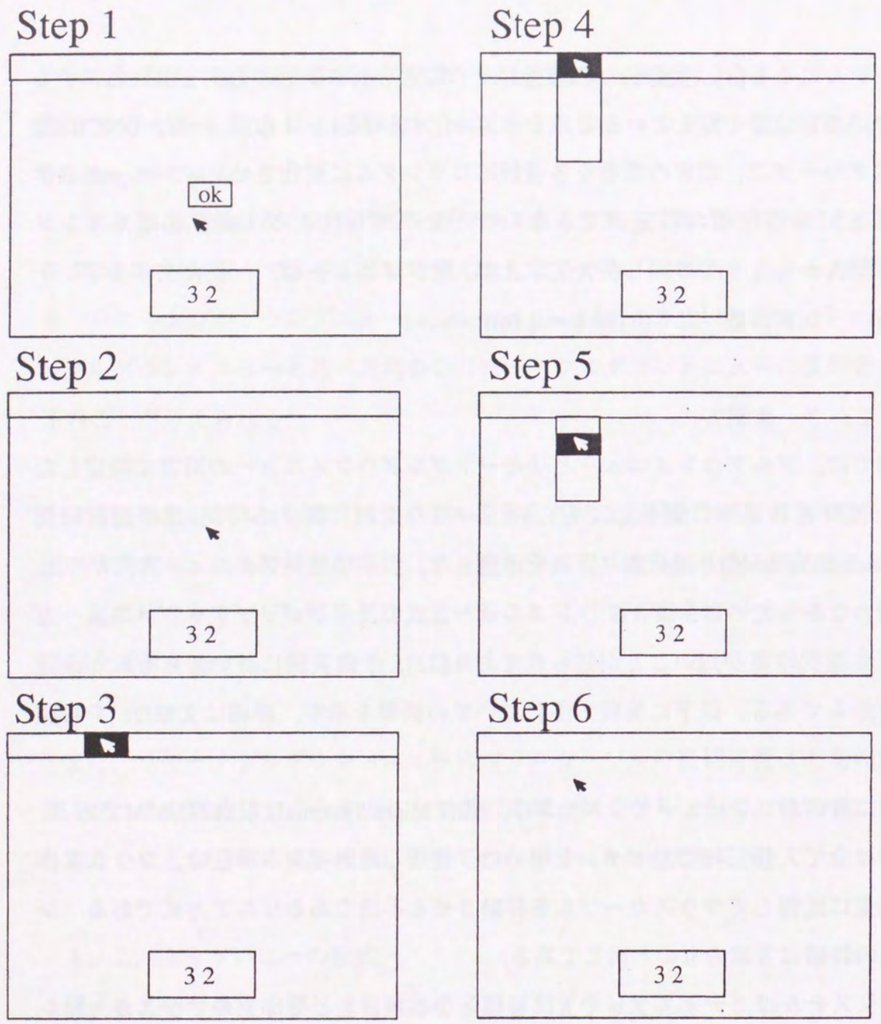


図４－３　プルダウンメニューでの項目選択の様子

Fig.4-3 Item-selection with a pull-down menu.

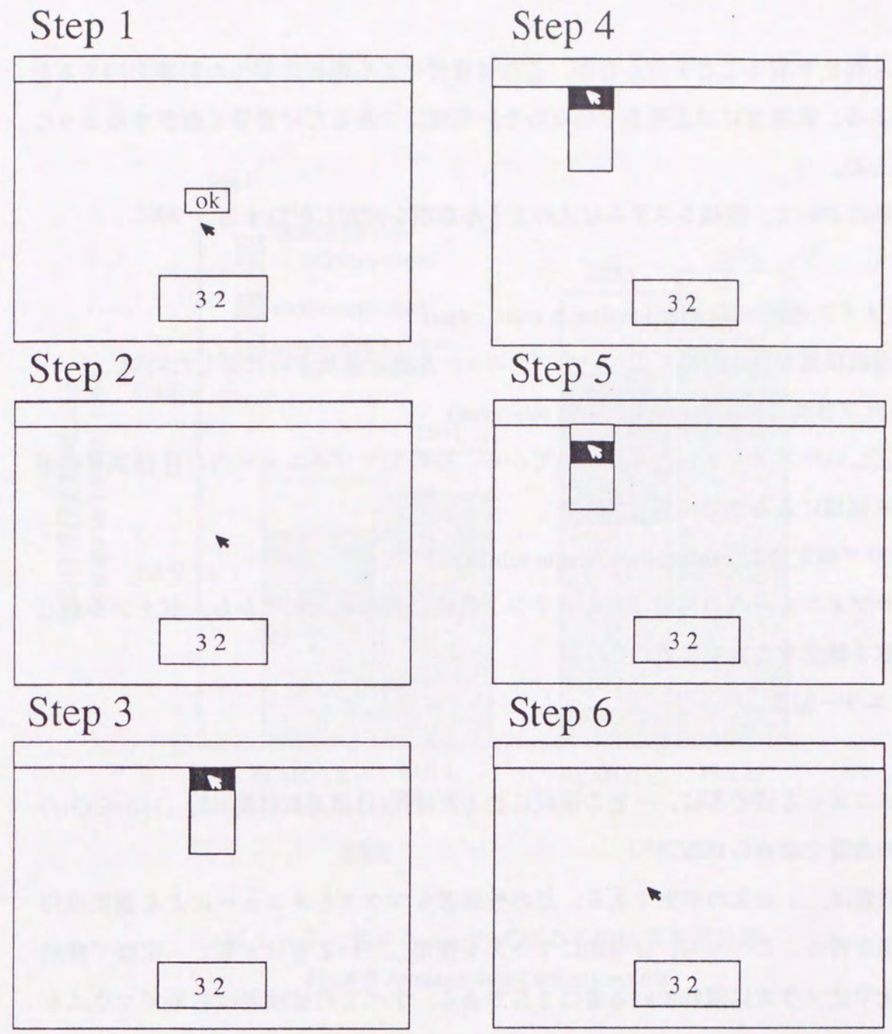


図４－４　リモートプルダウンメニューでの選択の様子

Fig.4-4 Item-selection with a remote pull-down menu.

毎に小休止を取ることを許したが，これは疲労による選択効率への影響を抑えるためである．被験者には正確さを損なわない程度にできるだけ素早く選択するように指示した．

実験において，実験システムは次のような事項を測定し記録する．

(1) メイン選択時間(selection time in main-menu)

選択開始から，初めて正しいサブメニューを表示させるのに要した時間

(2) サブ移動時間(movement time in sub-menu)

正しいサブメニュー内を表示してから，初めてサブメニュー内の目標項目のポイント領域に入るまでに要した時間

(3) サブ確定時間(confirmation time in sub-menu)

サブメニュー内の目標項目のポイント領域に初めて入ってから，ボタンを離して選択を確定するまでに要した時間

(4) エラー回数

両メニュー方式ともに，一回の選択に要した時間(目標選択時間)は，(1)から(3)の時間の合計で求められる．

被験者は，１０名の学生である．どの被験者もマウスとメニューによる選択操作の経験を持つ．このうち，日常的にマウスを使用している者は８名で，実験で使用した光学式マウスに慣れている者は３名である．すべての被験者は右手でマウスを操作した．

実験終了後，被験者にアンケートを記述してもらった．これは被験者のメニューに対する印象と実際のデータとを比べるためのもので，この比較によって選択効率以外の基準でメニュー方式を比較できると思われる．このアンケートは被験者に実験結果を見せる前に行ない，実験後の被験者の主観的印象を記録した．

４．３　実験結果の分析と考察

４．３．１　目標選択時間

図４－５に各項目グループ別平均目標選択時間を示す．

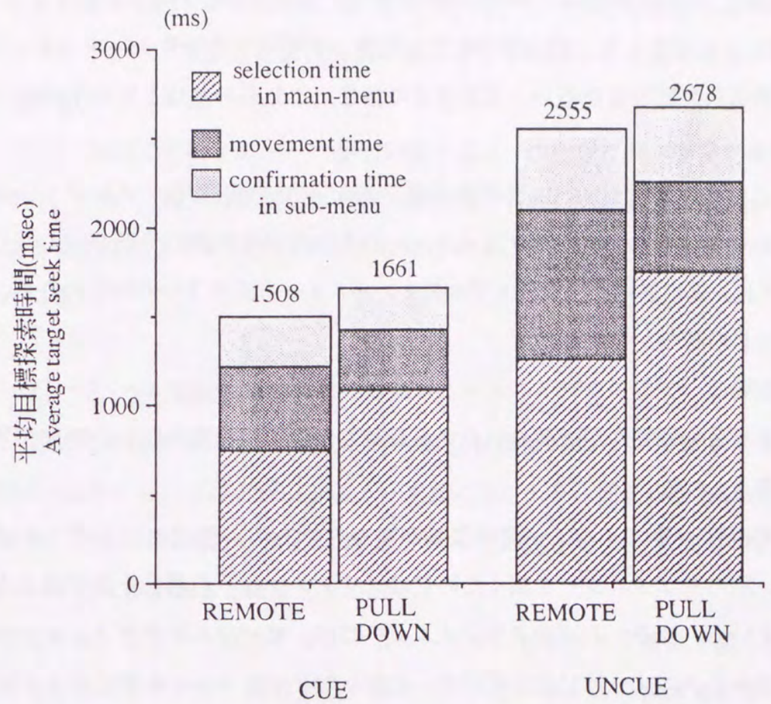


図４－５　各メニュー方式での平均目標選択時間

Fig.4-5 Average target selection time.

CUE型の結果において，プルダウンメニュー方式の平均目標選択時間(1.661sec.)に比べてリモートプルダウンメニュー方式の平均目標選択時間(1.508sec.)の方が短い．正規検定の結果，これらの差は１％の危険率で有意である($z = 5.77$)ことがわかった．

UNCUE型について見ると，CUE型の結果と同様，リモートプルダウンメニュー方式の平均目標選択時間の方が短い．正規検定の結果，これらの差は１％の危険率で有意である($z = 2.90$)．

このように，CUE型，UNCUE型両方の項目モデルでの実験で，プルダウンメニュー方式よりもリモートプルダウンメニュー方式の方が平均選択時間が短くなった理由としては，先に挙げたリモートプルダウンメニュー方式の３つの特徴のうち，１つ目と２つ目の特徴が考えられる．

１つ目の特徴は，プルダウンメニューとは違い，画面上部のメニューバーにカーソルを移動させる初期動作が必要ない点である．このために初期動作分の時間が短縮できたと考えられる．

２つ目の特徴は，サブメニュー間の移動が楽な点である．普通のプルダウンメニューでは，別のサブメニューを開くためにはメインメニューの項目を選び直さなければならないが，リモートプルダウンメニューでは，カーソルをサブメニューの左右の境界線からメニュー外に出すだけで，となりのサブメニューを開くことができる．このことによって，間違ったサブメニューを開いた場合に正しいサブメニューを開き直すのに要する時間が大きく短縮できたと考えられる．また，CUE型の場合には，カーソルの初期位置から目標項目の位置まで直線的に移動できることも影響していると考えられる．

ところで，３つ目の特徴は，メニュー操作中のカーソル速度を上げたことであるが，実験結果から考えて，この特徴はリモートプルダウンメニューの選択時間を短縮した原因とは考えにくい．メニュー操作中のカーソル速度を上げたことにより，リモートプルダウンメニュー方式では，メニューの全項目を手首の動きだけでポイントすることが可能である．それに比べて，普通のプルダウンメニュー方式の場合ではカーソル移動のためのマウスの移動量が大きいので，選択動作中の腕の動きの支点は肩または肘になってしまう．肩よりも肘，肘よりも手首を動きの支点とした方が，より細やかな操作ができるためにカーソルの微調整が容易になるため，リモートプルダウンメニューの方が選択時間が短縮できると考えられる．しかし，カーソル速度を上げたことにより，逆に目標項目を行き過ぎやすくなり，このため微調整により細かな動きが要求される．したがって，３つ目の特徴であるカーソル速度を上げたことによる効果は選択時間に関する限り全体としては相殺されていると考えられる．

UNCUE型での両メニューの選択時間の差は，CUE型での差と同じ程度である．つまり，UNCUE型での実験では選択の際に項目名の認識が必要になるが，そのことによってCUE型よりも余計にかかる時間は両メニューでほとんど変わらないということになる．

４．３．２　選択誤り率

図４－６に両メニュー方式に対する全被験者のエラー総数を示す．CUE型，UNCUE型とも，プルダウンメニュー方式の方がエラー回数が少ないのだが，検定の結果，これらの差は有意とは言えなかった．従って，選択誤り率に関して両メニュー間に差があるとは言えない．

ただし，リモートプルダウンメニュー方式の方のエラー回数が多くなったことに理由があるとすれば，項目選択の際のマウスカーソルの移動速度が速いので，目標項目を行き過ぎることが多くなったためと考えられる．

４．３．３　アンケート結果と実験結果の比較

アンケートの解答者は１０名の全被験者である．

選択時間の点では，１人がプルダウンメニュー，２人がリモートプルダウンメニューがかなり速いと答え，その他７人はどちらもそう変わらない，もしくは少しだけリモートプルダウンメニューが速いとした．

二つのメニューで好きな方，使いやすかった方を選んでもらうと，図４－７にあるように，どの被験者も使いやすい方を好んだので，使いやすさと好みは一致し，結果はともに，１０人中８人がリモートプルダウンメニュー方式を選んだ．

リモートプルダウンメニュー方式の方を使いやすいとした理由には，‘カーソルを上まで運ぶ動作が不用なので楽’，‘サブメニュー間の移動が容易’というもの

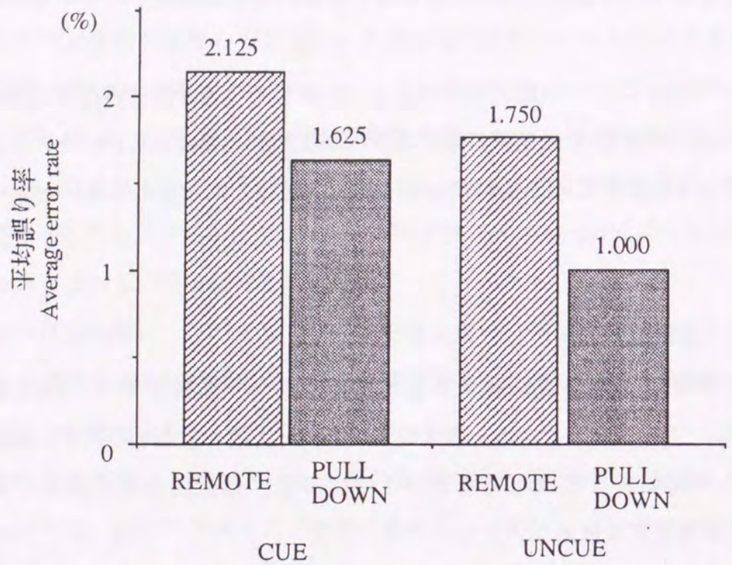
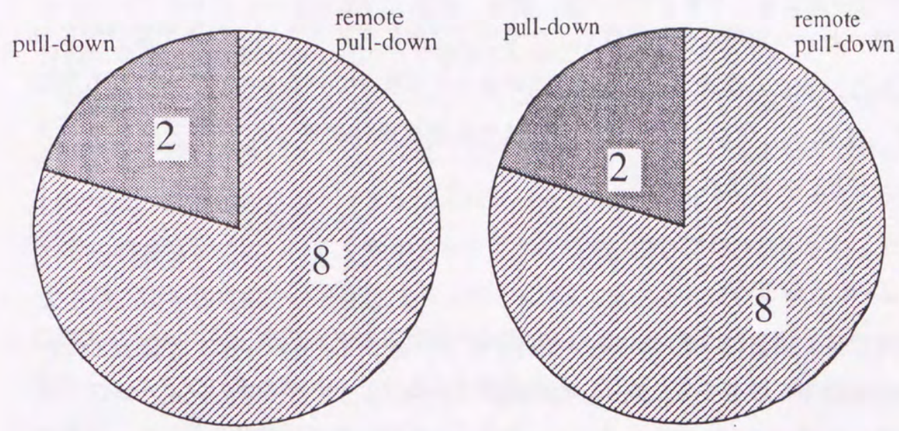


図４－６　メニューの各組合せに対する選択誤り率

Fig.4-6 Average target seek error rates.



好きなのはどちらのメニュー？
The most favorite menu ?

使いやすいのはどちらのメニュー？
The most usable menu?

図４－７　アンケート結果

Fig.4-7 The results of a quetionnaire.

が挙がった．特に，画面上部へカーソルを移動させる必要がないこと，および，それがなくなることで手首だけの動きで操作できることにより操作が楽になるというのは全被験者の意見だった．

逆に，プルダウンメニューの方を選んだ理由としては，‘カーソルがいきなり移動して戸惑い，操作しにくい’というものがあった．

このようにアンケートでは，リモートプルダウンメニューの平均目標選択時間の方が短いという実験結果と一致し，リモートプルダウンメニューの方が使いやすいとされた．また，両メニューの時間差が僅かだと思っているものが多いのにも関わらず，リモートプルダウンメニューはその選択操作が楽なためにプルダウンメニューに比べて好まれている．

4．4　むすび

本章では，項目数の多いメニュー方式の一つであるプルダウンメニュー方式での項目選択効率を改善するために，その変形であるリモートプルダウンメニュー方式を提案し，普通のプルダウンメニュー方式との比較のために実験を行った．実験では目標選択時間と誤り率を測定して，両メニュー方式の選択効率の評価を行った．

その結果，

(1) 項目の認識という要因の入りにくいCUE型，および，認識が必要なUNCUE型の項目グループによる実験結果の両方から，リモートプルダウンメニュー方式の方がプルダウンメニュー方式に比べて平均目標選択時間を短縮する，

(2) CUE型，UNCUE型の項目グループによる実験の両方で，選択誤り率の点では両メニュー間に統計上有意な差は見られない，

(3) 被験者の主観的意見によると，そのほとんどが普通のプルダウンメニュー方式よりもリモートプルダウンメニュー方式を好み，使いやすいと感じている

などを明らかにした．総合的にいえば，CUE型の場合のマルチカラムメニュー方式ほどの選択効率は得られなかったが，プルダウンメニュー方式の使いやすさを維持しつつ，選択効率を改善するメニュー方式を提案できたといえる．

第５章　横配置型メニューを用いた階層型ポップアップメニュー方式とその実験的評価

5．1　はじめに

4章では，プルダウンメニューにマルチカラムメニューの利点を取り入れたリモートプルダウンメニューを提案し，実験の結果，従来のプルダウンメニューよりも項目選択時間，選択誤り率などの点で優れていることを示した[21]．

階層型メニューにはポップアップメニュー方式もあり，メインメニューはマウスのボタンを押した時のカーソル位置に出現し，サブメニューは選択した項目の隣に出現する．直感的にはポップアップメニュー方式の方がプルダウンメニュー方式よりも初期項目までカーソルを動かさなくてすむので，項目選択時間が短いように思えるが，様々な理由から一般にはポップアップメニュー方式はプルダウンメニュー方式と比較して項目選択時間が長いという結果が得られている[22]．しかし，プルダウンメニュー方式では常に画面上の一定領域を占めることと，カーソルの指すオブジェクトに対してコマンドを発するようなインタフェースが必要な場合にはカーソルを動かさなければならないのでうまくいかない，等といったことから，必ずしもポップアップメニュー方式がプルダウンメニュー方式に対して劣っているというわけではない．また，マルチカラムーポップアップメニュー方式では項目数が非常に多い場合には，メニュー表示時に画面上に占める面積が大きすぎて，画面の他のものを参照したいときに問題になる．そこで，本論文では階層型のポップアップメニュー方式において，項目選択時間などの改善を試みることにした．

一般にポップアップ式階層型メニュー方式では，メインメニューもサブメニューも縦配置型メニュー方式が用いられている．しかし，これらを横配置型メニューで置き換えることにより，項目選択に要する時間を短縮できると考えられる．例えば，図５－１は縦配置型のメインメニューで項目（ここでは「兵庫県」）を選び，横配置型のサブメニューが現れているところを表したもので，この状態からマウスを横方向に動かし選択を行なう．このとき，横配置型メニューの使用によりサブメニューでの選択時間が短縮でき，全体としての選択時間が短縮できると考えられる．

本章では，このような階層型ポップアップメニュー方式で，メインメニューとサ

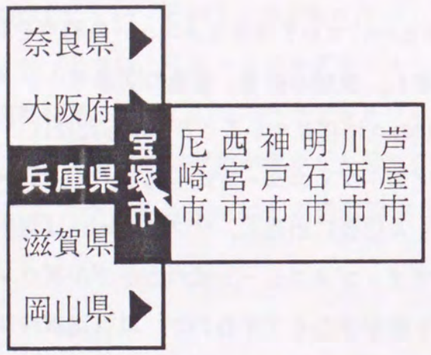


図５－１　横配置型メニュー方式の階層型メニュー方式への応用
Fig.5-1 Hierachical menus with horizontally listed items.

ブメニューのそれぞれのメニュー方式を縦配置型と横配置型の２通りに変えた，計4種類のメニュー方式の間で比較を行ない，選択効率の差の評価を行なって横配置型メニューを用いた場合が従来の縦－縦型メニュー方式に較べて優れていることを示す．

５．２　評価実験

５．２．１　階層型ポップアップメニュー方式

図５－１はメインメニューを縦配置型，サブメニューを横配置型としたポップアップ式階層型メニューの例である．実験に用いたメニューは，ポップアップ方式の階層型メニューで，メイン・サブメニューの組合せを縦（縦配置型）と縦，縦と横（横配置型），横と縦，横と横の４通りに変えたものである．

マウスカーソルによる項目選択の際には，カーソルが各項目の含まれる長方形の領域（ポイント領域）に入るとその領域を反転し，カーソルがその項目を指していることを被験者にフィードバックする．メインメニュー内の各項目のポイント領域の右(横配置型では，下)1/4を活性化領域(activation area)と呼び，サブメニューはカーソルがこの活性化領域に入った時に表示される．カーソルがメニュー外に出ている時は，どの項目をも指していないとして扱う．この時にマウスボタンを離すことで選択動作そのものを中止することができる．両メニューの条件を等しくするために，縦配置型メニューと横配置型メニューはその形状を除き，メニュー全体および各項目のポイント領域の面積，文字の大きさなど，すべての点で同じである．項目数はメインメニューが9項目，サブメニューが9項目の計81項目である．メニュー内でのマウスカーソルの初期位置は，縦配置型の場合は上端の項目，横配置型の場合は左端の項目とする．両メニュー方式で初期位置をこのようにした時，選択時間が短くなり，かつ，被験者に負担を与えないことが２章の実験によりわかっている[19].

５．２．２　選択モデル

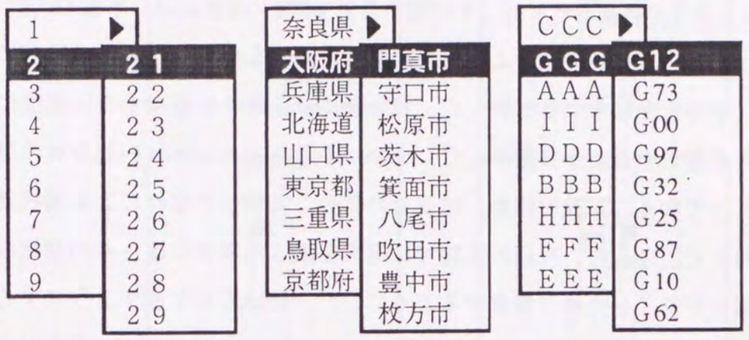
本実験ではCUE型とUNCUE型の２つの選択モデルに基づく項目グループで実験を行った．項目のグループはCUE型1種類，UNCUE型2種類を用意した．３章でも述べ

たように，CUE型とはメニューが表示される前にあらかじめ選択項目の位置が特定できている選択モデルで，UNCUE型とはメニューを表示させるまで選択項目の位置が特定できない選択モデルである．すなわち，CUE型がメニューの各項目の位置を覚えてしまっている熟練ユーザの選択モデルであるのに対して，UNCUE型はそのメニューを使ったことのない，または，使い慣れていないユーザの選択モデルになる[22]．実際にはCUE型は「メインメニューの３番目でサブメニューの５番目の項目名は３５」というように２桁の数字を項目名にすることで，選択時にメニュー項目の位置を探す手間を省き，項目位置を覚えていることをモデル化する．一方，UNCUE型の項目グループは，項目の順番を各選択毎にランダムに変化させ，メニュー表示まで項目位置の特定ができないことをモデル化する．UNCUE型のうち1つはメインメニューが県名でサブメニューが各県に属する市名とし，選択目標項目の指定は，例えば，‘大阪府豊中市’のように県名・市名の連記で行なう．もう1つのUNCUE型はメインメニューがAからIまでの同じ英大文字３字，サブメニューは‘英大文字１字’＋２桁のランダム数とし，選択項目の指定は，CUE型と同じく，サブメニューの項目名で行なう．メインメニューの項目を３字にしたのは，１字にするよりも見やすいからである．県名のUNCUE型項目グループは各項目が意味を持ち，実際のメニューの項目に近いものである．それに対して，英数字のUNCUE型項目グループでは各項目は意味を持たず，各サブメニューの項目は‘共通の英文字を持つ’という共通点でグループ化されている．3組の項目グループのそれぞれを用いた縦ー縦型メニューを図５－２に示す．

５．２．３　実験方法

実験では，４種類のポップアップメニュー方式で，画面に表示される指定された項目を被験者に選択してもらい．一回の選択に要する時間（目標選択時間）と選択誤り回数を記録した．以下に実験方法についての概要を示す．詳細は文献[20]で述べている．

実験に用いたコンピュータシステムは，SUN Micro Systems社製SUN3/60Mである．システムの詳細は３章のものと同じである．使用したポイント手法は，マウス本体の移動量に比例してマウスカーソルを移動させるという一般に用いられているリニ



(a) cue型
cue type

(b) uncue型(県名－都市名)
uncue prefecture-city name type

(c) uncue型(英数字)
uncue alphabet-number type

図５－２　項目グループ
Fig.5-2 Item groups.

ア方式と呼ばれるものである．

実験システムは，ディスプレイ上に目標となる項目名と矢印形のマウスカーソルを表示し（図５－３Step1），マウスのボタンを押すことでメインメニューが表示され（図５－３Step2）被験者がメインの項目を選択する（図５－３Step3）と，サブメニューが表示され（図５－３Step4），目標の項目を選択し（図５－３Step5）マウスボタンを放す（図５－３Step6）ことで1つの‘選択’を終了，確定する．

各被験者には４通りの各組合せに対して90回，合計360回（練習40回，本番320回）の選択を行なってもらった．疲労による選択効率への影響を抑えるため，被験者に10回の選択毎に小休止を取ることを許した．被験者には正確さを損なわない程度にできるだけ素早く選択するように指示した．また，４通りのメニューの組合せの順番は被験者によって変え，実験の順番，被験者の疲労，実験への慣れによる選択効率への影響を抑えた．さらに，今回の実験では選択を誤った場合には，その選択の目標は10回の選択が終了した後に要求するようにした．続けてやり直すようにすると，間違えた後の選択は選択目標項目の位置を覚えているために，UNCUE型では普段の選択よりも速くなってしまうからである．間違えた選択を後回しにすることで，最後の選択で間違える場合を除き，同じ選択を繰り返すことによる選択時間の短縮を避けることができる．実験システムは次のような事項を測定し記録する．

1. メイン移動時間 (movement time in main-menu)

メインメニューが表示されてから，カーソルが初めて目標のポイント領域に入るまでに要した時間

2. メイン確定時間 (confirmation time in main-menu)

カーソルが初めて目標のポイント領域に入ってから，正しいサブメニュー内に初めて入るのに要する時間

3. サブ移動時間 (movement time in sub-menu)

正しいサブメニュー内に初めて入ってから，初めて目標のポイント領域に入るまでに要した時間

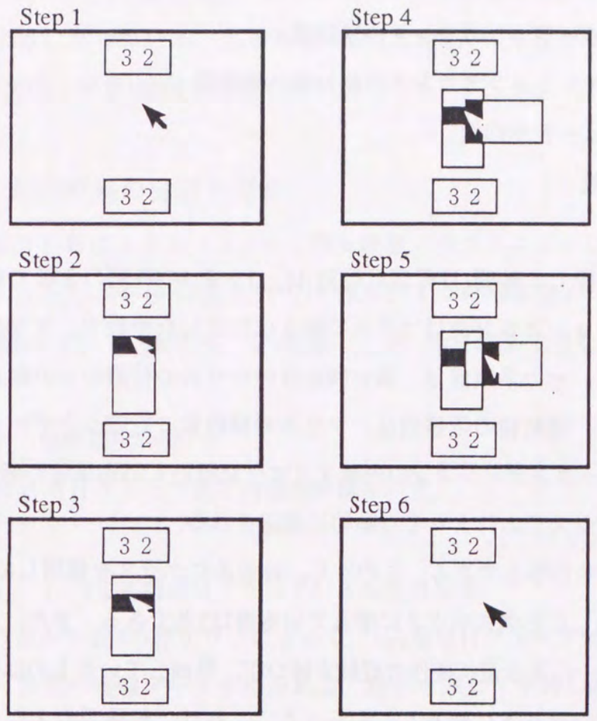


図５－３　項目選択の様子

Fig.5-3 Item-selection sequence.

4. サブ確定時間 (confirmation time in sub-menu)

目標であるサブメニュー内のポイント領域に初めて入ってから，ボタンを放して選択を確定するまでに要した時間

5. マウスのモーションカウンタの累積値
6. マウスのモーションカウンタの絶対値の累積値
7. サブメニュー表示回数
8. エラー回数

一回の選択に要した時間(目標選択時間)は，1から4の時間の合計で求められる．マウスのモーションカウンタはマウスの動きに対応した整数で，マウスから読みとられる値である．その累積値は，測定開始時のマウスの位置からの現在のマウスの相対位置を示し，絶対値の累積値は，マウスの移動量に対応したデータである．時間の測定は，ワークステーションの内蔵タイマーを用いて20ms単位の測定を行ない，全データは実験システムによって自動的に測定される．

被験者は，12名の学生である．このうち，日常的にマウスを使用している者は9名で，実験で使用した光学式マウスに慣れている者は3名である．また，どの被験者もマウスとメニューによる選択操作の経験を持つが，熟練しているものはいなかった．実験終了後，アンケートに回答してもらった．これは，被験者のメニューに対する印象と，実際のデータとを比べるためのもので，この比較によって，選択効率以外の基準でメニュー方式を比較できると思われる．このアンケートは，被験者に実験結果を見せる前に行ない，実験後の被験者の主観的印象を記録した．

5．2．3．1　追加実験

アンケートの結果，県名のUNCUE型項目グループでは，「項目名の画数が多くて見づらい」「サブメニューから対応するメインメニューの項目を連想すること（すなわち，9つの市名からそれが属する県の名前を連想すること）が難しく，間違ったサブメニューを開いても間違いに気づきにくい」などの不満がほとんどの被験者から得られたので、別のUNCUE型の項目グループ（‘英大文字１字’＋２桁のランダム数）を用いて，同等の実験を行ないデータを追加した．この項目グループであれば，画数も少なく，サブメニューの項目はメインメニューの項目の英大文字を一字含むので，サブメニューから対応するメインメニューの項目を容易に連想できるので，メインメニューの項目選択に要する時間が短くなることが期待され，また，結果もそのようになっている．追加実験はUNCUE型だけで行ったので，選択数は180回（練習20回，本番160回）である．

5．3　実験結果の分析と考察

以下、簡単のためにメインメニューに横配置型，サブメニューに縦配置型を用いた階層型メニュー方式を横-縦方式(H-V)と呼ぶ．４つの階層型メニュー方式は，それぞれ，縦-縦(V-V)，縦-横(V-H)，横-縦(H-V)，横-横(H-H)方式となる．

5．3．1　目標選択時間

図５－４に各項目グループ別平均選択時間を示す．

5．3．1．1　CUE 型項目グループによる実験結果

図５－４の左から4本の棒グラフによって，cue型項目グループによる４つの組合せのメニュー方式の実験データが得られる．左から順に，平均1.897秒，1.858秒，1.755秒，1.867秒というデータである．

このうち，横-縦方式(H-V)で平均目標選択時間が最も短い．分散分析の結果，他のメニューとの差は有意である(F=4.889[>2.60])．この様に横-縦方式が優れている原因としては次の２点が考えられる．

第一の原因は，横-縦方式では横配置型メニュー方式を用いていることである．横配置型メニュー方式が縦配置型に比べ目標選択時間を短縮することは，２章で行った実験により示されている[19]．両メニュー間の差の原因は，マウス操作の際，縦配置型では動きの支点が肩であるのに対し、横配置型では手首を支点にできるために、横配置型の方が細かい動作がやりやすいからと思われる。

第二に考えられるのは，縦配置型と横配置型の組合せによる構造上の利点である．２階層の階層型メニュー方式では，マウスカーソルの操作に次の３つの段階が考え

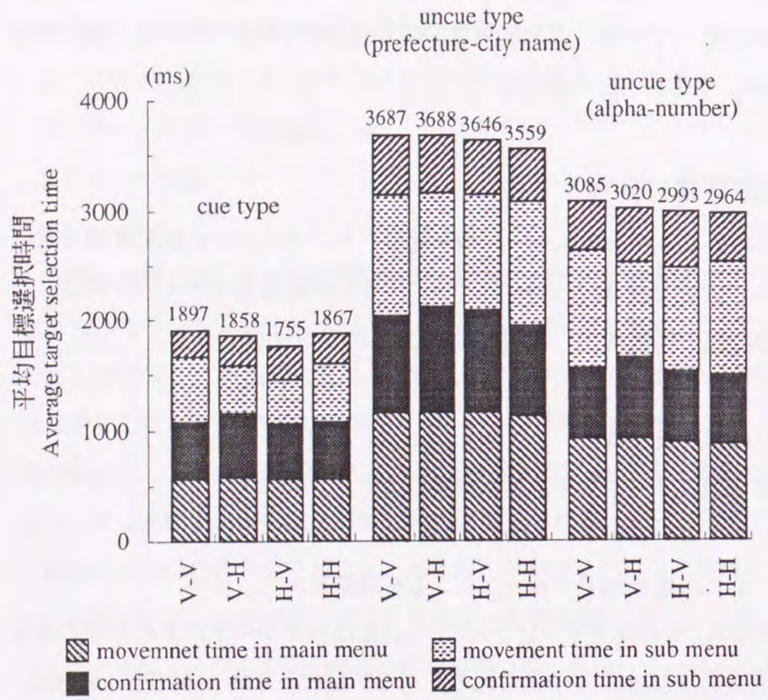


図５－４　各メニュー方式での平均目標選択時間

Fig.5-4 Average target selection time.

られる．

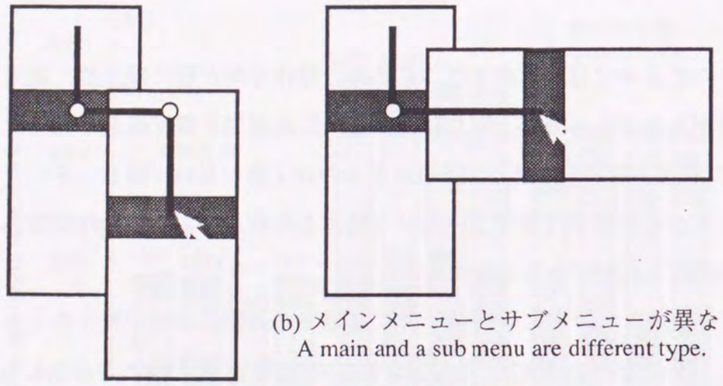
1. メインメニュー内移動
2. メインメニューからサブメニューへの移動
3. サブメニュー内移動

縦配置型同士の組合せでは，この３つの移動時の操作方向が順に縦，横，縦となり，２回折れ曲がらねばならない．それに比べて，縦配置型と横配置型の組合せ，例えば縦-横方式では，縦，横，横と，折れ曲がるのは１回で良い（図５－５）．このように，折れ曲がる回数が１回でよいという構造上の利点により，操作が容易になり，項目選択時間を短縮できると考えられる．

これらの条件を満たしているにも関わらず，縦-横方式の選択時間が残りの２つと変わらないのは，縦-横方式では横方向の移動が縦方向の次にくるためと考えられる．横方向の操作は手首を支点にして行なうことができるので，縦方向に比べて素早く正確な移動が可能である．横-縦方式では，マウスのホームポジションで横方向の移動を行なうため，横配置型の利点を十分に活かすことができる．それに対して，縦-横方式では，縦配置型メニューの選択終了後，すなわち，ホームポジションよりも手前で横方向の移動が行なわれるので，横配置型の利点を十分に活かせないため，このような結果が出たものと考えられる．これらの考察から，項目の認識という要素を除いた選択操作のみに要する時間は，横-縦方式で最小となると考えられる．

５．３．１．２　UNCUE型項目グループによる実験結果

CUE型の結果とは異なり，２種類のUNCUE型とも横-横(H-H)方式で平均目標選択時間が最も短い．分散分析の結果，他のメニューとの差は有意である($F=2.713[>2.60]$)．このような結果が出たのは，CUE型とは違いUNCUE型では目標となる項目を捜し出す必要があるためと思われる．CUE型の項目グループの選択では，目標となる項目名がわかった時点で項目位置がわかり，選択に要する時間は大半がカーソル移動で占められる．それに対して，UNCUE型の項目グループの選択では，目標項目がわかっても，メニューを開いてそれを探し出すまでは項目位置がわからず，選



(b) メインメニューとサブメニューが異なる型の場合
A main and a sub menu are different type.

(a) メインメニューとサブメニューが同じ型の場合
A main and a sub menu are same type.

図５－５　カーソル操作の軌跡
Fig.5-5 Movements of mouse-cursor.

択時間の大半が項目検索に費やされてしまう．

この場合，項目の認識しやすさが重大な要因になってくるが，ここで問題となるのが，異なるメニュー方式の組合せである縦-横方式と横-縦方式では縦書きと横書きが混在する点である．被験者の意見によると，CUE型ではさほどでもないが，UNCUE型ではこの混在が若干見づらいという意見が聞かれた．その結果，縦-横方式，横-縦方式では、選択操作のみならば素早く選択できるにも関わらず，項目検索に時間がかかり選択時間が長くなると考えられる．このことと，同じ項目モデルであるにも関わらず２種類のUNCUE型での選択時間に約500msの差が生じることから，「メニュー項目の見やすさ」はメニューの選択効率に少なからぬ影響を及ぼすことがわかる．

なお，縦-縦方式と横-横方式の結果の違いは，横配置型メニューを使用している効果で，横-横方式での選択時間が短くなったものと考えられる．

５．３．２　選択誤り率

図５－６に各メニュー方式に対する全被験者のエラー総数を示す．

CUE型の項目による結果では各方式間に差は見られない．UNCUE型の結果では横-縦方式で若干エラー回数が少ないが分析の結果有意とは言えなかった．従って，選択誤り率に関して各メニュー間に差があるとは言えない．

５．３．３　アンケート結果と実験結果の比較

アンケートの解答者は，12名の全被験者である．

実験で使ったメニューに好きな順に順位をつけてもらうと，図５－７にあるように横-縦方式に一番を付けた者が５人と最も多く，続いて縦-横方式が３人，縦-縦方式，横-横方式は２人ずつであった．横-縦方式，縦-横方式が好きな理由は「メインメニューからサブメニューへの移動とサブメニュー内の移動の方向が同じなので操作しやすい」というものであった．それに対し，縦-縦方式が好きな理由は「使い慣れてる」，横-横方式では「なんとなく」「横方向の操作がしやすい」というものであった．使いやすい順に順位をつけてもらうと，各メニューに一番を付けた者は同数で，３人ずつであった．さらに，各メニューの好みと使いやすさを１０段階でそ

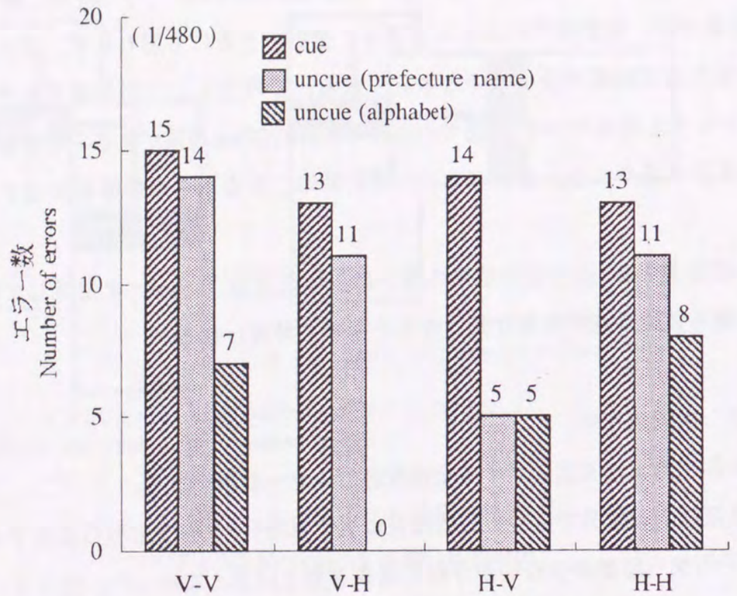


図５－６　各メニュー方式における選択誤り数

Fig.5-6 The number of errors for menu methods.

れぞれ評価してもらうと，共に横-縦方式，縦-横方式，横-横方式，縦-縦方式の順になり，この順に好まれ，また，使いやすいと感じるようである（図５－８）．

使いやすさと好みを合わせて考えると，横-縦方式は使いやすく好まれ，次に同じ程度で縦-横方式，横-横方式，縦-縦方式と続く．しかし，使いにくいメニューの選択時間が長くなるとするならば，このアンケートの結果は実験結果とは一致しない．つまり，実験結果では，横-横方式での選択に要する時間はUNCUE型の項目グループでの実験では最も短い．すなわち，UNCUE型での横-横方式は，確かに選択時間を短くすることができるが，被験者に使いにくいと感じさせる，なんらかの負担が被験者にかかっているものと思われる．

５．４　むすび

本章では，項目数の多い場合の階層型ポップアップメニューでの項目選択効率を改善するために，横配置型メニュー方式を階層型ポップアップメニューに組み込むことを提案した．階層型メニューのメインメニューとサブメニューをそれぞれ，縦配置型または横配置型にした4通りの方式の比較を行ない，実験で目標選択時間と誤り率を測定して，その評価を行った．その結果，

1．項目の認識という要因の入りにくいCUE型の項目グループによる実験では，メインメニューに横配置型，サブメニューに縦配置型を用いたメニュー方式（以下，横-縦方式）が平均目標選択時間を最も短縮する，

2．項目の認識が必要なUNCUE型項目グループによる実験では，横-横方式が平均目標選択時間を最も短縮する，

3．UNCUE型では項目の内容・表示方法がメニューの選択効率に影響を及ぼす，

4．被験者の主観的意見によると使いやすいメニュー方式と好きなメニュー方式は一致しており，横-縦方式，縦-横方式，横-横方式，縦-縦方式の順に支持された，

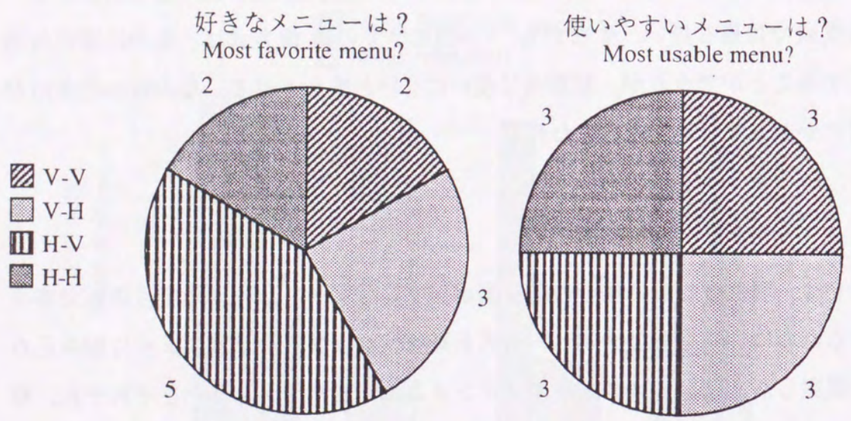


図５－７　アンケート結果

Fig.5-7 Results of questionnaire

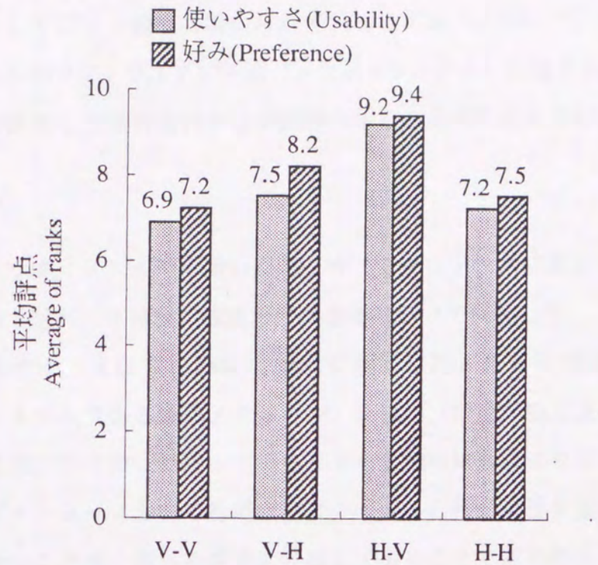


図５－８　被験者による各メニューの10段階評価

Fig.5-8 Evaluation of menus by subjects.

などを明らかにした．結論として，様々に利用されるポップアップメニュー方式において，項目数が多い場合には従来の縦-縦方式と比較して，項目選択時間においても，アンケートの結果からも，横-縦方式が有効なメニュー方式として提案できる．

第６章　まとめと今後の課題

本研究では，グラフィカルユーザインタフェースにおいて，計算機に指示を与える手段としてごく一般的に用いられているメニューにおいて，その項目選択の効率改善のためのソフトウエア的手法（メニューシステム）に関する調査・研究を行い，本研究で提案した項目選択手法が既存の手法と比べて優れている点が多いことを示した．

第１章では，メニューを用いたユーザインタフェースにおける様々な項目選択手法について触れ，本研究の成果とその意義について概説した．

第２章では，本研究において新たに提案したメニュー項目を横に配置したメニューシステムである横型メニューが，従来の（項目が縦に並ぶ）縦型メニューよりも項目選択効率の点で勝っていることを実験の結果により示した．ここではポップアップメニューにおいて初期状態でカーソルの指す項目位置が選択効率に大きな影響を持つことや，項目を事前に分類しておくことで選択効率を上げることができることについても述べた．

横型メニューの課題として，今回提案した横型メニュー方式は項目が縦書きであるので，主に横書きである現在のユーザインタフェースに用いた場合，他のウインドウ，アイコンといった要素との組み合わせによる全般的な使いやすさへの影響を検討する必要がある．しかし，本章での結論を一般化すれば，従来の縦型の選択手法よりも，横型の選択手法の方がユーザにとって望ましいという事であり，メニュー以外の様々なGUI要素において適用可能な知見であると思われる．

また，横型メニューを応用した他のメニュー方式の考案とその選択効率の評価も行いたいが，そのうち，横型メニューをサブメニューとして用いる階層型メニューに関しては第５章にて述べた．

第３章では，メニュー項目数が多くて一階層の単純なメニューでは選択に時間がかかったり，よけいなストレスがかかるので使いにくいといったときに利用可能なメニューシステムとして，１段の選択で多数の項目から１つを選択するタイプであ

るプルダウンメニューとマルチカラムメニューを取り上げ，選択効率の比較実験を行った．このとき，従来の比較実験ではメニュー項目が全てランダムであり，実際の使用時には暗に分類されていることを仮定せず，プルダウンメニューが勝っているという結論を出していたのに着目し，メニュー項目の分類を行ってあるような実験モデルで比較して，マルチカラムメニューの方が，多くのウインドウシステムで用いられているプルダウンメニューよりも画面上の面積を必要とするものの，選択効率では勝っている事を示した．

しかし，アンケートの結果から，選択効率の差ほどはマルチカラムメニュー方式が使いやすくない，または，好まれていないことがわかる．この理由として被験者がプルダウンメニュー方式の方が良く使い慣れていることが考えられる．また，項目が探しにくいという点については，多数のメニュー項目を表示する方法について工夫の余地がある．

第4章では，3章の結果を受けて，マルチカラムメニューより好まれているプルダウンメニューの選択効率を改善するために，マウスカーソルをメニューバーの所まで動かさなくても，特定の（マウス）ボタン（または，キー）を押すことでメニュー項目選択モードになるリモートプルダウンメニューを提案した．リモートプルダウンメニューは，項目選択のためのマウスの初期動作が不必要で，少ない操作で項目選択を行えるようになっている．そして，従来型との比較実験を行ってその優位性を明らかにした．リモートプルダウンメニューは，項目選択に必要なマウスの移動量そのものを少なくするという点での改善であるといえる．．

今後の課題としては，本章で提案したリモートプルダウンメニュー方式を実際の使用環境にどのように融合させるかがある．リモートプルダウンメニュー方式では，メニューを呼び出すために何らかの特別な指示を必要とするが，メニュー呼び出しと画面上のオブジェクトの選択が混乱しないようにシステムに組み込む必要がある．たとえば，2ボタンマウスの右ボタンを押すとか，キーボードのメニューキーを押すといった手法が有効であろう．

また，3階層以上の階層型メニューに対してはリモートプルダウンメニュー方式は，マウスのひとつのドラッグ操作だけでは対応できない（2回以上に分ければ可能である）ので，この手法自体は，メニュー選択手法として一般的な解決手段とはなり得ていない．

そこで第5章では，複数の階層を持つメニューシステムであり，容易に多階層に拡張可能な階層型ポップアップメニューを取り上げ，その選択効率の改善について考察した．従来の縦型メニューを多段階用いて選択を行う場合には，選択時の手の動きに不必要な部分が多く効率が悪くなることがわかる．そこで，縦型メニューと横型メニューを交互に用いることによって効率の改善が計れるのではないかと考え，実験によってそれを検証した．

今後の課題として，横書きが主流を占めるコンピュータアプリケーション中で，縦書きを使用した横配置型メニュー方式がどの程度違和感なく使えるものかを調べていく予定である．横配置型メニューの場合，項目を縦書きするために縦書きにおいて違和感のない日本語のような言語でないとその利点があまり発揮されないようにも思われがちである．しかし，文献[4]や今回の実験結果からも明らかな様に，"マウスを横に動かす"という動作そのものが横配置型メニューのもっとも大きな利点であるので，項目を横書きにしたままでマウスの動きのみを横方向にするなど，様々な改善の余地が残されている．

総括すると，現在のウインドウシステムは本研究で得られた知見を適用することにより容易に改善可能であるといえる．また本研究のように，評価実験を積み重ねることによって基礎的なデータを得ることは，よりよい人間ーコンピュータ間の対話を実現していくために，これからも必要であると筆者は考える．

参考文献

[1] Card S. K., Moran T. P. and Newell A, : "The Psychology of Human Computer Interaction," Lawrence Erlbaum, London, pp. 23-45 (1983).

[2] Callahan J., Hopkins D., Weiser M. and Shneiderman B. : "An empirical comparison of pie vs. linear menus", Proceedings of the CHI'88 Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 95-100 (1988-04).

[3] Dray S. M., Ogden W. G, and Vestewig R. E. : "Measuring performance with a menu-selection human computer interface," Proceedings of the Human Factors Society-25th Annual Meeting 1981, Human Factors Society, Santa Monica, California, pp. 746-748 (1981).

[4] Foltz P. W., Davies S. E. and Polson P. G. : "Transfer between menu systems," Proceedings CHI'88 Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 107-112 (1988-04).

[5] 李，下出，山本，魚井，辻野，都倉：“マルチカラムメニューとプルダウンメニューの実験的評価”，情報処理学会ソフトウェア工学研究会資料，82-6，pp.39-45（1991-12）.

[6] McDonald J. E., Molander M. E. and Noel R. W. : "Color-coding categories in menus," Proceedings of CHI'88 conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 101-106 (1988-04).

[7] McDonald J, E., Stone J. D. and Lieblt L. S. : "Searching for items in menus : The effects of organization and type of target," Proceedings of the Human Factors Society-27th Annual Meeting l983, Human Factors Society, Santa Monica, California, pp. 834-837 (1983).

[8] Mitchell J. and Shneiderman B. : "Dynamic versus static menus : an exploratory comparison," SIGCHI Bulletin. 20, 4, pp. 33-37 (1989-04).

[9] 西中，辻野，都倉：“座標入力のためのポイント手法について”，電子情報通信学会論文誌(D)，J71-D，12，pp.2404-2612（1988-12）.

[10] 西中，辻野，都倉：“画面解像度の違いによるポイント効率への影響”，電子情報通信学会論文誌(D-I)，J72-D-I，7，pp.545-551（1989-07）.

[11] Sperling, B.B. and Tullins, T.S.. : "Are you a better 'Mouser' or 'Trackballer' ? A comparison of cursor-positioning performance," SIGCHI Bulletin. 19, 3, pp. 77-81 (1988-01).

[12] 竹村，西中，辻野，荒木，都倉：“ソフトウェア手法によるポイント効率の改善について”，電子情報通信学会論文誌(D)，J70-D，12，pp.2402-2409（1987-12）.

[13] 竹村，西中，辻野，荒木，都倉：“目標距離と選択時間に関するポイン

ト手法の評価”，情報処理学会第35回全国大会，4W-8（1987-09）．
[14] 竹村，辻野，荒木，都倉：“ポイント手法の評価について”，電子情報通信学会論文誌(D)，J70-D，7，pp.1265-1274（1987-07）．
[15] 高田，篠田，魚井，辻野，都倉：“Fittsの法則に基づくマウスの操作方向の効率への影響”，第45回情報処理学会全国大会（ヒューマン・インタフェース１），3T-3（1992-10）．
[16] 辻野，都倉：“ＶＤＴ上のオブジェクト選択に関するユーザインタフェースの実験的評価”，電子情報通信学会技術研究報告（知能ソフトウェア工学），KBSE92-8（1992-07）．
[17] 魚井，篠田，山本，辻野，都倉：“選択操作におけるペンとマウスの実験的評価”，情報処理学会研究会報告（ヒューマンインターフェース），HI43-5（1992-07）．
[18] 山本．魚井，辻野，都倉：“ポップアップメニュー方式の改善について”，情報処理学会ソフトウエア工学研究会資料；73-9，PP. 67-74（1990-09）．
[19] 山本，魚井，辻野，都倉：“横配置型メニュー方式の提案とその評価”，電子情報通信学会論文誌(D-II)，J74-D-II，12，pp.1748-1755（1991-12）．
[20] 山本，魚井，辻野，都倉：“横配置型メニューを用いた階層型ポップアップメニュー方式の提案とその評価”，情報処理学会ソフトウェア工学研究会資料，82-7，pp.47-54（1991-12）．
[21] 山本，魚井，辻野，都倉：“リモートプルダウンメニュー方式の提案とその実験的評価”，情報処理学会ソフトウェア工学研究会資料，83-4，pp.25-32（1992-02）．
[22] Walker, N. and Smelcer, J. B. : "A Comparison of Selection Times from Walking and Pull-Down Menus," Proceedings of the CHI'90 Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.221-225(1990-04).

謝辞

本論文を終えるにあたり，著者は以下の多くの方々に深く感謝するものです．

まず，本論文をまとめるきっかけを与えてくださり，格別のご指導をいただきました，著者の上司である大阪大学大学院基礎工学研究科情報数理系専攻の首藤勝教授に衷心より感謝いたします．

ヒューマンインタフェースについて研究する機会を与えていただき，大阪大学基礎工学部の学生のときから十年以上の長きに渡って絶えざるご指導とご助言をいただきました，大阪大学大学院基礎工学研究科情報数理系専攻の都倉信樹教授に衷心より感謝申し上げます．

また，本論文をまとめるにあたり，格別のご指導をいただきました，大阪大学産業科学研究所の北橋忠宏教授，大阪大学大学院基礎工学研究科情報数理系専攻の萩原兼一教授に心より感謝申し上げます．

ヒューマンインタフェースの研究に関して，共同研究者として様々な討論を重ねていただき，また，論文に関する具体的な指導をいただきました大阪大学大学院基礎工学研究科情報数理系専攻の辻野嘉宏助教授に深く感謝いたします．また，卒業生の山本康友氏(日立製作所(株))の功績を決して忘れることはできません．研究の骨子を作り上げ，共に過ごした三年間のみならず卒業後にも協力を惜しまないでくれました．

首藤研究室の滝口美也子さんと，都倉研究室の亀田益代さんには様々なサポートと心遣いをいただき，研究のための時間を作っていただきました．心から感謝しております．また，計算機管理室の小泉文弘技官と首藤研究室の学生の井上勝行君には様々な面で著者のいたらない点をサポートしていただき大変感謝しております．そのほか，情報数理系専攻の諸先生方，学生諸氏にはひとかたならぬお世話になりました．これらの方々に深く感謝いたします．

最後になりましたが，ときとしてわがままな著者を支えてくれた多くの人たちに深く深く感謝します．

関連発表

学術論文

[1] 山本康友，魚井宏高，辻野嘉宏，都倉信樹："横配置型メニュー方式の提案とその評価"，電子情報通信学会論文誌(D-II)，J74-D-II,12,pp.1748-1755(1991-12).

[2] 山本康友，魚井宏高，辻野嘉宏，都倉信樹："リモートプルダウンメニュー方式の提案とその評価"，電子情報通信学会論文誌(D-I)，J76-D-I,7,pp.364-370(1993-07).

[3] 李美雲，下出協子，山本康友，魚井宏高，辻野嘉宏，都倉信樹："マルチカラムメニューとプルダウンメニューの比較について"，電子情報通信学会論文誌(D-I)，J76-D-I,8,pp.460-462(1993-08).

[4] 魚井宏高，山本康友，辻野嘉宏，都倉信樹："横配置型メニューを用いた階層型ポップアップメニュー方式とその実験的評価"，電子情報通信学会論文誌(D-I)，J79-D-I,2,pp.53-59(1996-02).

学術研究会報告

[5] 山本康友，魚井宏高，辻野嘉宏，都倉信樹："ポップアップ式メニューの改善について"，情報処理学会研究会報告（ソフトウェアエンジニアリング），SE73-9(1990-07).

[6] 李美雲，下出協子，山本康友，魚井宏高，辻野嘉宏，都倉信樹："マルチカラムメニューとプルダウンメニューの実験的評価"，情報処理学会研究会報告（ソフトウェアエンジニアリング），SE82-6(1991-12).

[7] 山本康友，魚井宏高，辻野嘉宏，都倉信樹："横配置型メニューを用いた階層型ポップアップメニュー方式の提案とその評価"，情報処理学会研究会報告（ソフトウェアエンジニアリング），SE82-7(1991-12).

[8] 山本康友，魚井宏高，辻野嘉宏，都倉信樹："リモートプルダウンメニュー方式の提案とその実験的評価"，情報処理学会研究会報告（ソフトウェアエンジニアリング），SE83-4(1992-02).

[9] 魚井宏高，篠田真由美，山本康友，辻野嘉宏，都倉信樹："選択操作におけるペンとマウスの実験的評価"，情報処理学会研究会報告（ヒューマンインターフェース），HI43-5(1992-07).

[10] 李美雲，篠田真由美，山本康友，魚井宏高，辻野嘉宏，都倉信樹："マウスとペンの操作精度の比較"，第45回情報処理学会全国大会（ヒューマン・インタフェース１），3T-2(1992-10).

[11] 高田善朗，篠田真由美，魚井宏高，辻野嘉宏，都倉信樹："Fittsの法則に基づくマウスの操作方向の効率への影響"，第45回情報処理学会全国大会（ヒューマン・インタフェース１），3T-3(1992-10).

Publication list

（1）学術論文誌

[1-1] 荒木俊郎，魚井宏高，香西省治，都倉信樹："正規シャフル文法に関する一考察"，電子通信学会論文誌(D)，J67-D,11,pp.1388-1389 (1984-11).

[1-2] 荒木俊郎，魚井宏高，香西省治，都倉信樹："同期付正規シャフル文法と同期付生成システムの記述能力"，電子通信学会論文誌(D)，J68-D,1,pp.1-8(1985-01).

[1-3] 魚井宏高，荒木俊郎，都倉信樹："同期付シャフル表現の記述能力"，電子通信学会論文誌(D)，J69-D,5,pp.639-645(1986-05).

[1-4] 圦本昌之，魚井宏高，荒木俊郎，都倉信樹："シャフルを付け加えたω正規表現"，電子情報通信学会論文誌(D-I)，J72-D-I,1,pp.1-9(1989-01).

[1-5] 加藤学，圦本昌之，魚井宏高，荒木俊郎，都倉信樹："ω言語を受理する有限オートマトンの等価性判定アルゴリズム"，電子情報通信学会論文誌(D-I)，J72-D-I,12,pp.821-829(1989-12).

[1-6] 加藤学，魚井宏高，都倉信樹："BC-chainを用いたコンビネータコードへの翻訳アルゴリズム"，電子情報通信学会論文誌(D-I)，J72-D-I,12,pp.856-863(1989-12).

[1-7] 山本康友，魚井宏高，辻野嘉宏，都倉信樹："横配置型メニュー方式の提案とその評価"，電子情報通信学会論文誌(D-II)，J74-D-II,12,pp.1748-1755(1991-12).

[1-8] 石原鑑，萩原兼一，魚井宏高，首藤勝："並列アルゴリズムに適用した確率アルゴリズムの性能評価の試み"，情報処理学会論文誌，Vol.34 No.4,pp.549-555(1993-04).

[1-9] 山本康友，魚井宏高，辻野嘉宏，都倉信樹："リモートプルダウンメニュー方式の提案とその評価"，電子情報通信学会論文誌(D-I)，J76-D-I,7,pp.364-370(1993-07).

[1-10] 李美雲，下出協子，山本康友，魚井宏高，辻野嘉宏，都倉信樹："マルチカラムメニューとプルダウンメニューの比較について"，電子情報通信学会論文誌(D-I)，J76-D-I,8,pp.460-462(1993-08).

[1-11] 魚井宏高，山本康友，辻野嘉宏，都倉信樹："横配置型メニューを用いた階層型ポップアップメニュー方式とその実験的評価"，電子情報通信学会論文誌(D-I)，J79-D-I,2,pp.53-59(1996-02).

（2）学術研究集会会議録（査読あり）

[2-1] 魚井宏高，市川武彦，野島光典，萩原兼一，首藤勝："部品階層に基づくオブジェクト指向プログラミングのための開発環境"，第8回オブジェクト指向計算ワークショップWOOC'92(1992-03).

[2-2] 石原鑑，萩原兼一，魚井宏高，首藤勝：
"並列アルゴリズムに適用した確率アルゴリズムの性能評価の試み－超立方体パケット交換ネットワークのルーティング問題の場合"，並列処理シンポジウムJSPP'92，pp.93-100(1992-06).

[2-3] 市川武彦，香川元，野島光典，魚井宏高，萩原兼一，首藤勝：
"部品階層に基づくオブジェクト指向プログラミング～その評価とメッセージ配送機構の実装方式について～"，第9回オブジェクト指向計算ワークショップWOOC'93(1993-03).

[2-4] 井上勝行，魚井宏高，萩原兼一，首藤勝："プロセッサネットワーク型並列プログラム統合開発環境の構築の試み"，第1回インタラクティブシステムとソフトウエアに関するワークショップWISS'93(1993-12).

[2-5] 木村憲史，魚井宏高，萩原兼一，首藤勝："共有メモリ式並列プログラム開発環境の構築"，第1回インタラクティブシステムとソフトウエアに関するワークショップWISS'93(1993-12).

[2-6] 野島光典，魚井宏高，香川元，中西良明，平松耕太郎，清水洋志，中地秀樹，萩原兼一，首藤勝："部品階層に基づくオブジェクト指向プログラミング～新しい枠組みとその開発環境～"，第10回オブジェクト指向計算ワークショップWOOC'94(1994-03).

[2-6] 上和田徹，井上勝行，魚井宏高，首藤勝："GUIに音や図形を統合したオブジェクト指向クラスライブラリMates"，第2回インタラクティブシステムとソフトウエアに関するワークショップWISS'94，インタラクティブシステムとソフトウエアII，竹内彰一編，pp.135-144，近代科学社(1994-11).

[2-7] 香川元，魚井宏高，萩原兼一，首藤勝："複合オブジェクトを有効利用する機能を備えたオブジェクト指向言語"，第11回オブジェクト指向計算ワークショップWOOC'95(1995-03).

（3）査読のない国際会議の会議録
なし

（4）解説

[4-1] 魚井宏高："大阪大学大型計算機センターにおける数式処理ソフトMathematicaの使い方"，大阪大学大型計算機センター・ニュース，vol.20 No.2,pp.25-33(1990-08).

（5）著書

[5-1] 市川武彦，魚井宏高，野島光典，萩原兼一，首藤勝："部品階層に基づくオブジェクト指向プログラミングのための開発環境"，オブジェクト指向コンピューティングI，田中・西尾編，近代科学社(1993).

[5-2] 市川武彦，香川元，野島光典，魚井宏高，萩原兼一，首藤勝："部品階層に基づくオブジェクト指向プログラミング～その評価とメッセージ配送機構の実装方式について～"，オブジェクト指向コンピューティングII，米澤・松岡・加藤編，近代科学社(1994).

[5-3] 魚井宏高："マルチメディア"（一部），コンパクトエンサイクロペディア情報処理，田中編，オーム社(1994).

[5-4] 井上勝行，氏部浩二，魚井宏高，萩原兼一，首藤勝："プロセッサネットワーク型並列プログラム統合開発環境の構築の試み"，インタラクティブシステムとソフトウエアI，竹内彰一編，pp.169-176，近代科学社(1994).

[5-5] 木村憲史，坂本圭，魚井宏高，萩原兼一，首藤勝："共有メモリ式並列プログラム開発環境の構築"，インタラクティブシステムとソフトウエアI，竹内彰一編，pp.177-184，近代科学社(1994).

[5-6] 香川元，中地英樹，魚井宏高，首藤勝："複合オブジェクトを有効利用する機能を備えたオブジェクト指向言語"，オブジェクト指向コンピューティングIII，尾内理紀夫編，近代科学社(1995).

（6）翻訳
なし

（7）学術研究会報告（査読なし）

[7-1] 荒木俊郎，魚井宏高，香西省治，都倉信樹："同期付正規シャフル文法と同期付生成システムの記述能力"，電子通信学会技術研究報告（オートマトンと言語），AL83-86(1984-03).

[7-2] 魚井宏高，荒木俊郎，都倉信樹："同期付シャフル表現の記述能力について"，電子通信学会技術研究報告（オートマトンと言語），AL84-35(1984-11).

[7-3] 勘座浩幸，魚井宏高，荒木俊郎，都倉信樹："いくつかのPrologプログラムについての考察"，電子情報通信学会技術研究報告（オートマトンと言語），AL85-24(1985-07).

[7-4] 魚井宏高，萱森孝，荒木俊郎，都倉信樹："シャフル・スタック・オートマトンの拡張について"，電子情報通信学会技術研究報告（オートマトンと言語），AL85-71(1986-02).

[7-5] 圦本昌之，魚井宏高，荒木俊郎，都倉信樹："無限長系列を受理する辺オートマトンについて"，電子通信学会技術研究報告（コンピュテーション），COMP86-62(1987-01).

[7-6] 魚井宏高，荒木俊郎，都倉信樹："Semantics of Logic Programming Languages in Attribute Grammar"（論理型言語の属性文法による意味記述），電子情報通信学会技術研究報告（コンピュテーション），COMP87-48(1987-11).

[7-7] 加藤学，圦本昌之，魚井宏高，荒木俊郎，都倉信樹："無限長系列を受理する有限オートマトンの等価性判定アルゴリズムの改良"，電子情報通信学会技術研究報告（コンピュテーション），COMP87-77 (1988-02).

[7-8] 圦本昌之，魚井宏高，荒木俊郎，都倉信樹："無限長系列上のシャフル表現について"，電子情報通信学会技術研究報告（コンピュテーション），COMP87-78(1988-02).

[7-9] 加藤学，魚井宏高，都倉信樹："BC-chain表現によるコンビネータ・コードへの翻訳アルゴリズム"，情報処理学会研究会報告（プログラミング言語），PL20-8(1989-02).

[7-10] 前田宗則，魚井宏高，都倉信樹："ＧＨＣのデバッガに関する考察"，電子情報通信学会技術研究報告（ソフトウェアサイエンス），SS88-41(1989-03).

[7-11] 山本康友，魚井宏高，辻野嘉宏，都倉信樹："ポップアップ式メニューの改善について"，情報処理学会研究会報告（ソフトウェアエンジニアリング），SE73-9(1990-07).

[7-12] 友田正憲，魚井宏高，萩原兼一，首藤勝："２分探索木を用いた並列辞書アルゴリズムの性能比較について"，電子情報通信学会技術研究報告（コンピュテーション），COMP90-98(1991-03).

[7-13] 市川武彦，魚井宏高，萩原兼一，首藤勝："オブジェクト指向言語における部品階層の記述の問題点とその改良"，情報処理学会研究会報告（プログラミング），91-SYN-60・91-PRG-2(1991-06).

[7-14] 魚井宏高，萩原兼一，首藤勝，友田正憲，："二分探索木を用いた並列辞書アルゴリズムの性能比較"，第28回東北大学通研シンポジウム「離散アルゴリズム」，pp.35-46(1991-10).

[7-15] 李美雲，下出協子，山本康友，魚井宏高，辻野嘉宏，都倉信樹："マルチカラムメニューとプルダウンメニューの実験的評価"，情報処理学会研究会報告（ソフトウェアエンジニアリング），SE82-6(1991-12).

[7-16] 山本康友，魚井宏高，辻野嘉宏，都倉信樹："横配置型メニューを用いた階層型ポップアップメニュー方式の提案とその評価"，情報処理学会研究会報告（ソフトウェアエンジニアリング），SE82-7(1991-12).

[7-17] 山本康友，魚井宏高，辻野嘉宏，都倉信樹："リモートプルダウンメニュー方式の提案とその実験的評価"，情報処理学会研究会報告（ソフトウェアエンジニアリング），SE83-4(1992-02).

[7-18] 宇多信行，萩原兼一，魚井宏高，首藤勝："プロセッサ網における効率的な情報散布方式のリンク故障耐性について"，電子情報通信学会技術研究報告（コンピュテーション），COMP91-91(1992-03).

[7-19] 魚井宏高，篠田真由美，山本康友，辻野嘉宏，都倉信樹："選択操作におけるペンとマウスの実験的評価"，情報処理学会研究会報告（ヒューマンインターフェース），HI43-5(1992-07).

[7-20] 平松耕太郎，魚井宏高，萩原兼一，首藤勝："部品階層に基づくオブジェクト指向プログラミングトランスレータの検証"，情報処理学会研究会報告（ソフトウエア工学），SE96-7(1994-01).