

マルチウィンドウ環境における 覗き込み動作を利用した情報閲覧手法

杉山 覚*1 渋谷 雄*1 倉本 到*1 辻野 嘉宏*1

マルチウィンドウ環境において、覗き込み動作を利用した情報閲覧手法を提案し評価した。マルチウィンドウ環境では参照すべきウィンドウが別のウィンドウに隠蔽されている場合がある。この時、通常はマウスクリックでウィンドウを切り替えて閲覧するのに対し、提案手法では、日常生活において障害物の奥に隠れたものを見るかのような動作でウィンドウを閲覧する。つまり、ユーザはディスプレイを窓のようにとらえて、ディスプレイ越しに覗き込むことで情報を閲覧するのである。提案手法の有用性を評価するために、マウスによる操作との比較評価実験を行い、タスク達成時間の計測とアンケートによる主観評価を行った。その結果、提案手法はマウスよりも手間がかからず、特に参照するウィンドウの切り替えが頻繁に起こる場合に、タスクを速く達成できることが分かった。

An Information Navigation Method Using Looking-into Manner in the Multiwindow Environment

Satoru Sugiyama*1, Yu Shibuya*1, Itaru Kuramoto*1 and Yoshihiro Tsujino*1

We propose an information navigation method using looking-into manner in the multiwindow environment and evaluate experimentally. In the multiwindow environment, the desired window may be overlapped by other windows. In order to browse the window, a user must change the active window by mouse clicking or move the window by mouse dragging. In our proposal method, the display is regarded as the window which connects the real world and the information space. A user can browse the information space by changing his/her view point as he/she does in the real world. In short, a user regards the display as a window and look information by looking in through the display. From our experiment, we found that our proposal method was easier than the traditional mouse operation. Furthermore, in relatively complex tasks, task completion time with the proposal method was faster than that with mouse operation.

1. はじめに

GUI を備えた PC を利用して、文章作成などのキーボードを主に利用する作業を行う際、作業に関連する複数のウィンドウ(以下、関連ウィンドウと呼ぶ)を参照する場合がある。参照の際には、通常一旦キーボードから手を離し、マウスで関連ウィンドウをクリックするなどしてウィンドウを切り替える必要がある。このような操作はユーザにとって手間がかかり、作業時間の増加につながる。

本研究では、マルチウィンドウ環境において、主としてキーボードを用いてタスクを達成しようとしているユーザが、関連ウィンドウを覗き込み動作により参照する手法を提案し、実験により評価する。提案手法は、ユーザが日常生活において障害物に隠されたものを見ようとした時と同様に、顔を動かすことで隠れた位置にある関連ウィンドウを閲覧する手法であり、直感的である。また提案手法はウィンドウを参照するたびにキ

ーボードから手を離す必要がない。そのため、ユーザは操作に手間がかからず、より速くタスクを達成すると期待できる。以下本稿では2章で提案手法について詳細に説明し、3章で評価実験について述べ、4章で考察を行う。

2. 覗き込み動作を利用した情報閲覧手法

本研究では図1のように、ユーザはディスプレイを窓のようにとらえ、ディスプレイ越しにウィンドウを覗き込んで閲覧するという手法を用いる。この時、ディスプレイに提示されるウィンドウの見え方はユーザの視点移動によって変化する。したがって、ウィンドウがディスプレイ枠の外にあって隠れている時やウィンドウどうしが重なり合っている時でも、ユーザは覗き込み動作により、視点を定めることで、隠れているウィンドウを閲覧できる。

図2は手前にあるエディタウィンドウによって奥にあるウィンドウの左側部分が隠されている状態である。

1: 京都工芸繊維大学

*1: Kyoto Institute of Technology

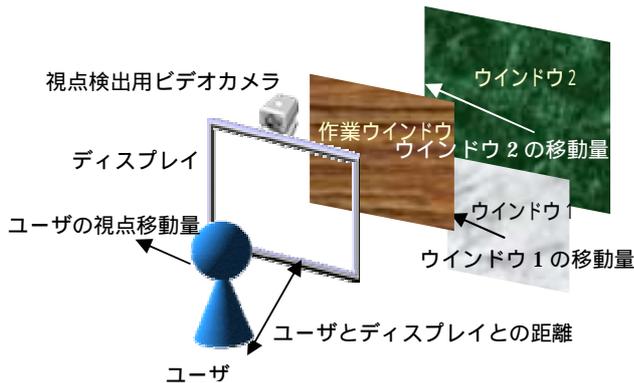


図1. 覗き込み動作を利用したウインドウ閲覧

ここで、ユーザが隠れている部分を見たいと思ったとき、本提案手法では、ユーザは顔を右に動かすことによって、奥のウインドウを右に移動させ、図3のように、奥のウインドウの左側部分を見ることができる。つまり、ユーザが顔を動かした方向と同じ方向にウインドウが移動する。この手法は、ユーザが日常生活において、障害物に隠されたものを見ようとした時に行う動作や見え方と同じであり、ユーザにとって直感的な操作となり、学習の必要性が少なくなると考えられる。

また日常生活において窓の向こうの景色を見る時、窓からの距離が遠ければ遠いほど、ユーザの視点移動量に対する景色の見え方は大きく変化する。そこで、複数のウインドウが手前のウインドウに隠されている時は、ウインドウが奥にあるものほど、ユーザの視点移動量に対するウインドウの移動量を大きくする。ただし、一番手前のウインドウは固定する。

ところで、覗き込み動作を利用した情報閲覧手法を実現するにはユーザの視点を検出する必要がある。本研究では、図1のように、ディスプレイ上方に取り付けた単眼のビデオカメラからの入力画像を用いて視点検出を行う[1][2]。具体的には、あらかじめテンプレートとして、図4の円周のように両目の間の眉間部分を中心とし、両目、両眉を通る円周上の輝度を調べて波形を得る。円周状に輝度を調べることで、顔の回転に影響されない波形を得ることができる。この波形をもとに、入力画像中からこの波形の輝度変化を探索することでユーザの視点を検出する。本視点検出システムは Intel Pentium 2GHz の PC、QVGA(320×240[pixel])のビデオ入力画像において、約 20fps での視点検出を可能にしている。

次にディスプレイの解像度が 1024×768[pixel]のもとで、ユーザの視点移動量とウインドウの移動量との関係を以下に述べる。視点検出用カメラでキャプチャした顔画像(図4、320×240[pixel])においてユーザの視点位置が画面

中心にある状態から、左に 160[pixel]視点を移動させると、手前から2番目にあるウインドウ1は左に 512[pixel]、手前から3番目にあるウインドウ2は左に $512 \times 2 = 1024$ [pixel]移動するように定めた。つまり、ユーザが図4において、左右に視点を X [pixel]移動させた時、一番手前から n 番目にあるウインドウは左右に $(n - 1) \times (512 \times X / 160)$ [pixel]移動させるものとした。一方、ユーザが図4において、上下に視点を Y [pixel]移動させた時、一番手前から n 番目にあるウインドウは上下に $(n - 1) \times (384 \times Y / 120)$ [pixel]移動させるものとした。

なお後述の実験において、ディスプレイとユーザとの標準的な距離は約 40cm であり、ユーザが図4において、視点を左右に 160[pixel]動かした時、ユーザの実世界での視点移動量は約 14cm であった。

3. 関連研究

ユーザの覗き込み動作に関連する既存研究には以下のようなものがある。文献[3]はユーザの頭の横方向の移動を検出して、注視しているウインドウを推測する。次に、そのウインドウの手前に軸を設定し、軸より手前にあるウインドウはユーザの動きと反対に移動させ、軸より奥にあるウインドウはユーザの動きと同じ方向に移動させるという手法である。しかし、ユーザが覗き込み動作を行う際に、頭の移動幅は同じであるが、注視しているウインドウが異なる場合があり、その結果ユーザの望むものではないウインドウを強調表示するという問題点がある。このような手法は視点ではなく、視線を検出する場合に向いていると考えられる。なぜなら、注視しているウインドウを推測するためには、ユーザがどこからそのウインドウを見ているのかではなく、どこを見ているのかを検出の方が適切だからである。本提案手法では、奥にあるウインドウほど移動量を大きくするという方法のみで、すべてのウインドウを容易に閲覧できるようにしている。

またウインドウの配置方法に関連する研究には以下のようなものがある。文献[4]は一番手前の階層でユーザ個人の作業を行い、1つ奥の階層ではグループごとの作業を行い、一番奥の階層では全体に通知される掲示板のような役割を持たせ、階層ごとに作業を固定する手法である。また、文献[5]はデスクトップを美術館に、ウインドウを美術品にたとえ、あたかもウインドウが美術館の天井や壁に存在するかのよう配置する手法をとっている。しかし、いずれもウインドウを選択するためにはマウスでクリックする必要があるため、操作の手間は軽減されていない。

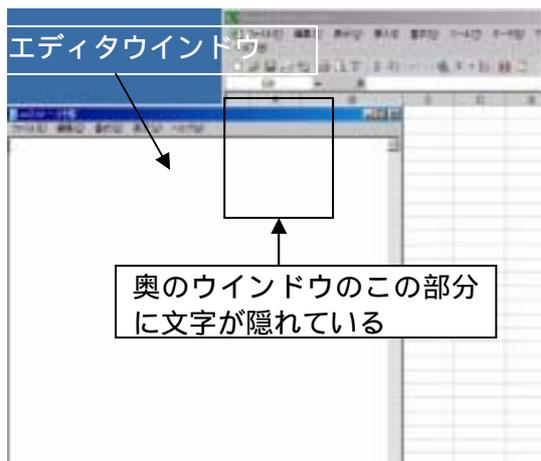


図 2 . 奥のウインドウの文字が隠れている状態

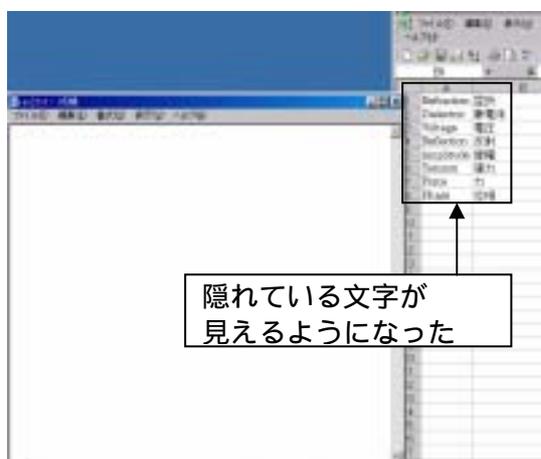


図 3 . 奥のウインドウの文字が見えている状態

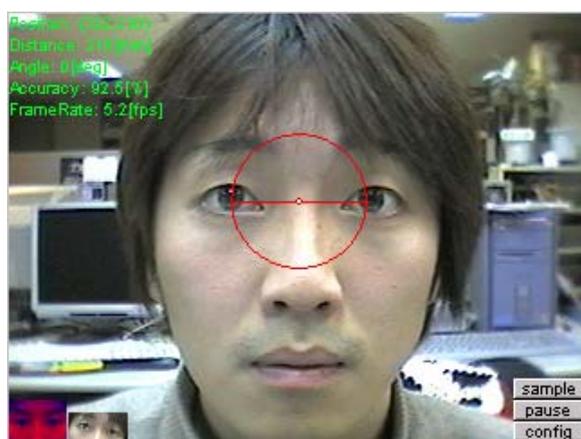


図 4 . 入力画像とその輝度採取部位

4 . 実験

4 . 1 実験目的

マルチウインドウ環境における覗き込み動作を利用した情報閲覧手法の有用性を従来のインタフェースであるマウスと比較することにより評価する .

4 . 2 実験タスク

実験タスクは一番手前にあるエディタウインドウに書かれた質問に , その背後にある関連ウインドウを参照しながら , キーボードで答えるタスクである . 関連ウインドウの数は 1 個 ~ 4 個の 4 通りで行う . つまり 1 人の被験者につき , 2 (インタフェースの種類) $\times 4$ (関連ウインドウの数) = 8 パターンのタスクを行う . なお被験者は 20 代の情報系男子学生 10 名である .

次にそれぞれの関連ウインドウの数ごとのタスク内容を説明する . なお関連ウインドウの呼び方として , 手前から k 番目の関連ウインドウをウインドウ k と呼ぶ . またエディタウインドウはすべての関連ウインドウの手前にある .

- ・ タスク 1: 関連ウインドウの数が 1 個の時 (図 5)

エディタウインドウで指定された番号の文章をウインドウ 1 を参照して探し , その文章をエディタウインドウに写すというタスクである . 例えば , ウインドウ 1 を参照して , “ 得られた内容を自分の研究の土俵上で展開する能力 , 新しい発想力をみたい ” といった文章をエディタウインドウに入力する .

- ・ タスク 2: 関連ウインドウの数が 2 個の時 (図 6)

まずエディタウインドウで指定された番号の単語をウインドウ 1 を参照して調べる . 次にその単語の意味をウインドウ 2 を参照して調べて , エディタウインドウに入力することを 3 回繰り返すタスクである . 例えば , エディタウインドウで指定された番号の単語をウインドウ 1 を参照して “ passive ” であることを確認し , 次にその意味をウインドウ 2 を参照して “ 受動 ” であることを確認して , エディタウインドウに “ 受動 ” と入力する . このような操作を 3 回繰り返す .

- ・ タスク 3: 関連ウインドウの数が 3 個の時 (図 7)

エディタウインドウで指定された二つの番号に対応する単語をウインドウ 1 を参照して調べ , それらの意味をウインドウ 2 を参照して調べる . 次に調べた単語の意味をウインドウ 3 の文章に当てはめ , それをエディタウインドウに入力するというタスクである . 例えば , 以下のようなタスクである . エディタウインドウで指定された 2 つの番号の単語をウインドウ 1 を参照して , “ Action ” と “ Reaction ” であることを確認し , ウインドウ 2 を参照して , それぞれの意味が “ 作用 ” , “ 反作用 ” であることを確認する . 次にウインドウ 3 を参照すると , “ お互いに力を及ぼしあうことを

‘ ’と‘ ’の関係という”と書いてあるので、先ほど調べた2つの単語の意味を当てはめ、エディタウインドウに“お互いに力を及ぼしあうことを作用と反作用の関係という”と入力する。

- ・ タスク4:関連ウインドウの数が4個の時(図8)

最初にタスク3と同様のタスクをする。次にウインドウ3の文章とウインドウ4の文章を比較し、ウインドウ4に書いてある文章で、ウインドウ3と異なる部分のみエディタウインドウに入力するというタスクである。タスク4の例として、以下のものがある。ウインドウ3には“運動エネルギーと位置エネルギーの和は一定に保たれる”と書いてあり、ウインドウ4には“力学的エネルギーは一定に保たれる”と書いてあるので、エディタウインドウには“力学的エネルギー”と入力する。

なお全てのタスク開始時には、全てのウインドウが画面内に収まっており、他のウインドウに隠されている部分はなく、ウインドウ内のすべての内容を見ることができるのは、同時には一つのウインドウだけとなるように、ウインドウの配置とサイズを定めた。図8にタスク4における初期提示例を示す。

また被験者がマウスを利用する場合はウインドウの配置やサイズを変えてもよいと指示した。一方、覗き込み動作を使って実験する時は、マウスの使用を禁止した。

4.3 実験手順

実験手順を以下に示す。

- (1) 被験者はマウスに比べて、覗き込み動作による操作に慣れていないため、まず実験タスクと同様の例示タスクを用いて、最大10分間の練習を行った。この際、タスクの流れ、覗き込み動作とマウスの操作方法の違いも説明した。
- (2) 覗き込み動作、マウスのそれぞれにおいて、3.2節で示した4つのタスクを行ってもらった。なお、被験者ごとに操作インターフェイス、タスクの順序は異なるようにした。

(2-1)図9は実験開始直前の画面である。被験者はマウスを使って実験をする時はマウスでダイアログの「スタート」ボタンをクリックして実験を開始し、覗き込み動作で実験をする時は Enter キーを

押して実験を開始する。なお開始と同時にこのダイアログは自動的に最小化される。

(2-2)被験者がエディタウインドウ内のすべての質問を入力し終わると、エディタウインドウ内で Enter キーを押してタスクを終了する。

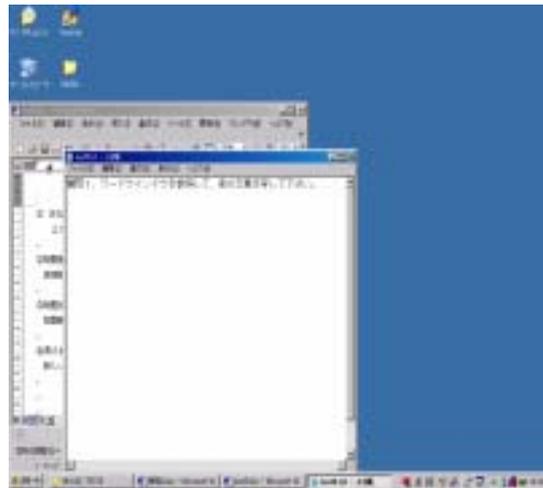


図5. タスク1

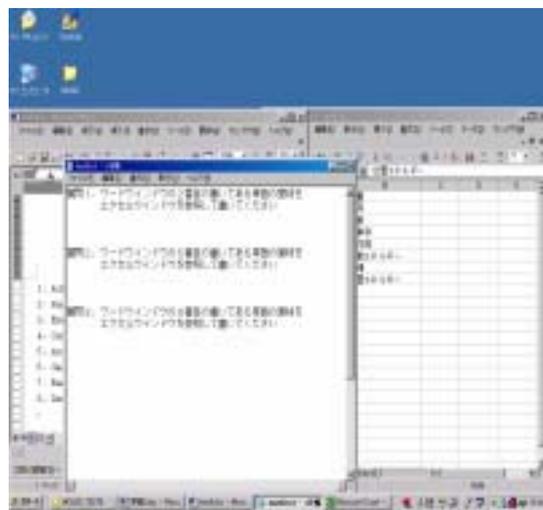


図6. タスク2

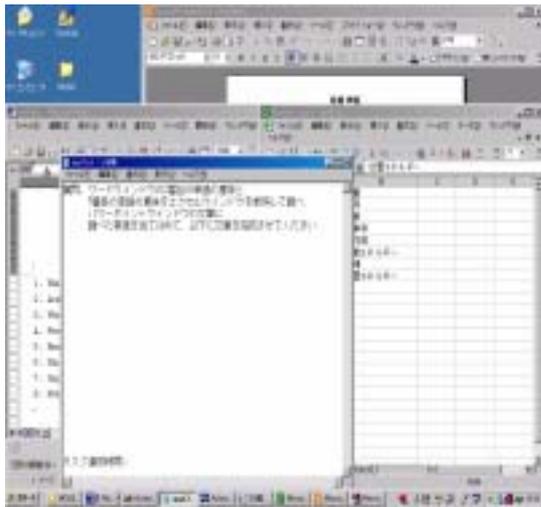


図 7 . タスク 3

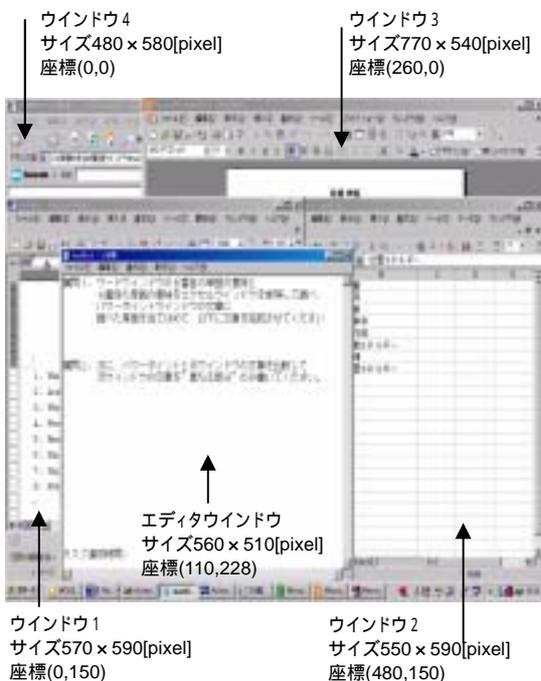


図 8 . タスク 4 における初期座標と初期サイズ

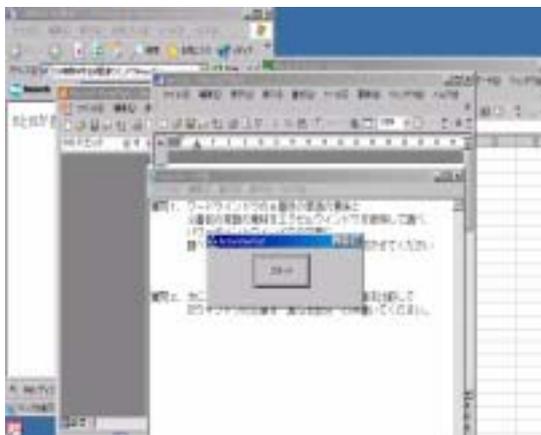


図 9 . 実験開始直前の画面

4 . 4 評価項目

・アンケートによる主観評価

各操作インタフェースの実験タスク 4 つを終えるたびに、被験者にアンケートに答えてもらった。アンケート項目は以下の通りである。

- Q1 . 操作は直感的か
- Q2 . 思い通りに操作できたか
- Q3 . 操作に手間はかからなかったか
- Q4 . 操作は疲れなかったか
- Q5 . 操作は楽しかったか
- Q6 . タスクは容易だったか

被験者は上記の評価項目について、それぞれ 5 段階で評価を行った。数字が大きいほど高評価とした。

・タスク達成時間

タスク達成時間は被験者が実験を開始してから、最後に Enter キーを押すまでの時間とした。

なお、実験時には被験者の顔をビデオカメラで撮影し、タッチタイピングができているかどうかを調べた。同時にディスプレイの画像もビデオカメラで撮影し、被験者がどのような操作方法でタスクを行ったのかを記録した。

4 . 5 実験結果

アンケートによる主観評価の結果を図 10、平均タスク達成時間および標準偏差を図 11 に示す。

・主観評価の結果

“ Q3.操作に手間はかからなかったか ”、“ Q5.操作は楽しかったか ”の項目で覗き込み動作がマウスに有意に優る結果となり、“ Q2.思い通りに操作できたか ”の項目では覗き込み動作がマウスに有意に劣る結果となった。その他の項目においては有意差が生じなかった。

・タスク達成時間の結果

関連ウインドウの数が 1 個、3 個、そして 4 個の時に覗き込み動作がマウスに有意に優る結果となり、関連ウインドウの数が 2 個の時は有意差が生じなかった。

5. 考察

5.1 主観評価

まず図 10 の主観評価の結果から考察を行う。

Q1. 操作は直感的か

覗き込み動作とマウスとの間に有意差はなく同程度という結果となった。覗き込み動作が日常的に用いているマウスと同程度に高評価が得られているのは、覗き込み動作が普段障害物に隠されたものを見ようとした時無意識に行っている動作であり、学習の必要性が少ないことが原因と考えられる。

Q2. 思い通りに操作できたか

覗き込み動作がマウスに比べて思い通りに操作できなかった原因は、どのくらい顔を動かせばどのくらいウィンドウが動くのかなどのシステムに対する慣れがマウスに比べて少ないことが考えられる。よって、ユーザごとにシステムのフィードバックの度合いを調節する必要があるとも考えられる。

Q3. 操作に手間はかからなかったか

マウスを用いて今回のタスクを行う場合は関連ウィンドウを参照する際、キーボードから一旦手を離してウィンドウを切り替えるか、ドラッグして配置を変更する必要がある。またマウスでウィンドウを操作している間はメインとなる文章完成タスクを中断しなければならない。一方、覗き込み動作の場合は顔を動かすだけでウィンドウを参照でき、キーボードから手を離す必要がないため、手間がかからなかったと考えられる。

Q4. 操作は疲れなかったか

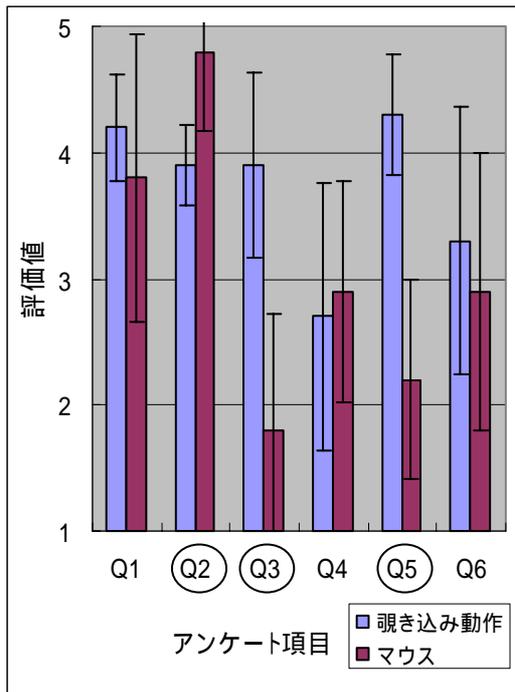
覗き込み動作およびマウスともにやや疲れるという結果になった。この原因として、マウスにおいてはウィンドウ切り替えのために、キーボードとマウス間の頻繁な手の移動が必要であったことが原因であると考えられる。覗き込み動作の場合は、キーボードを使いながら身体を動かす必要があったことが原因であると考えられる。

Q5. 操作は楽しかったか

覗き込み動作がマウスに比べて、有意に楽しいという結果になったのは覗き込み動作が今までにない新規性のある操作手法であることが原因であると考えられる。

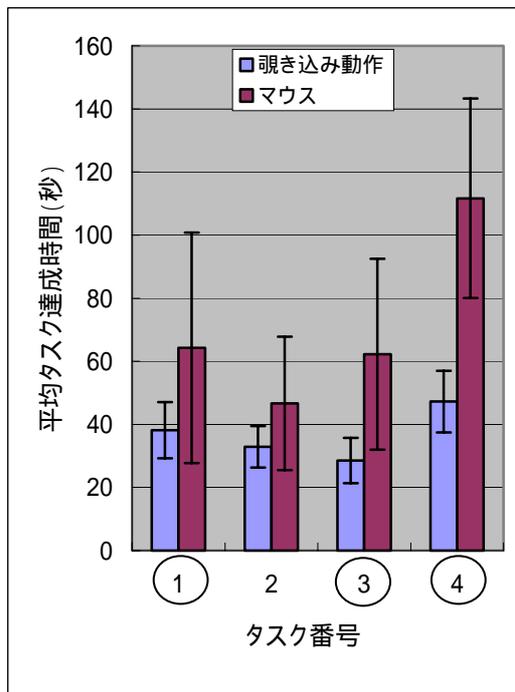
Q6. タスクは容易か

覗き込み動作、マウスともに易しくも難しくもないという評価値になった。この結果は、今回のようなタスクにおいては操作手法によるタスクの



(で囲った項目: t 検定により危険率 5 % で有意差あり)

図 10. アンケートによる主観評価



(で囲った項目: t 検定により危険率 5 % で有意差あり)

図 11. 平均タスク達成時間

難易度に差は出ないことを示している。

5.2 タスク達成時間

以下(i)から(iii)までの観点で考察を行う。

(i)個人差について

・マウス

ビデオ解析により、ウインドウの切り替え回数がタスク達成時間に影響を与えることが分かった。ただし、ウインドウの切り替え回数とは、マウスクリックによる切り替え回数を指し、ドラッグによる配置替え回数は含まない。比較的ウインドウの数が多いタスク3と4に関しては、どの被験者もウインドウの切り替え回数が5回以上と多くなるが、比較的ウインドウの数少ないタスク1と2に関しては、ウインドウの切り替え回数が多い被験者(1タスク当たり5回以上, 5名)と少ない被験者(1タスク当たり3回以下, 5名)のように大きく二つに分かれた。両者のタスク達成時間の比較を図12に示す。この図から、マウスによる操作では、ウインドウの切り替え回数がタスク達成時間に影響を与えていることが分かる。

・覗き込み動作

マウスのようにウインドウを切り替えるという要素がないため、マウスに比べてタスク達成時間に個人差が生じにくいと考えられる。このことは図11における、覗き込み動作の標準偏差が低いことから分かる。

(ii)各操作インタフェースの比較

図11において、覗き込み動作とマウスのタスク達成時間の差は関連ウインドウの数が多くなるほど大きくなっている。つまり、覗き込み動作はマウスに比べ、参照すべきウインドウの数が多い複雑なタスクほど有用なインタフェースであるといえる。

また図11において、タスク2のみ有意差が生じなかったのは、ビデオ解析により、タスク2はマウスを用いた際、ウインドウの切り替え回数が少なく、タスク1、タスク3、そしてタスク4はマウスを用いた際、ウインドウの頻繁な切り替えが必要であったことが原因である。タスクによって、ウインドウ切り替えの回数が異なったのは、タスク2は3.2節で説明したように、単語という短い語句の意味をウインドウを参照して調べ、エディタウインドウに入力することを数回繰り返すタスクであり、被験者は単語の意味を暗記することができ、マウスを使っているときでも、ウインドウの参照回数が少なく済む一方、タスク1

はウインドウの数は少ないにもかかわらず、長い文章をエディタウインドウに入力しなければならないため暗記できないこと、タスク3とタスク4はウインドウの数が多い複雑なタスクであることが原因である。

(iii)キーボードを見た回数とタスク達成時間の関係

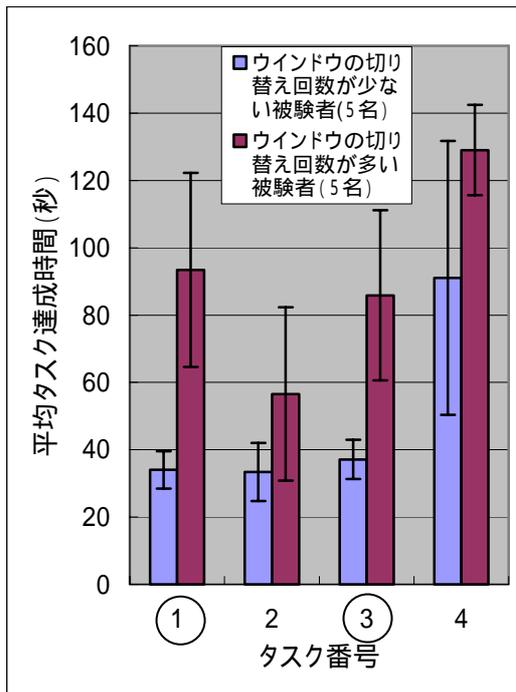
覗き込み動作において、タスク達成時間に影響を与える要因の一つに、キーボードを見た回数が挙げられる。図13に覗き込み動作において、キーボードを見た回数が少ない被験者(1タスク当たり2回以下, 6名)と多い被験者(1タスク当たり5回以上, 4名)の平均タスク達成時間を示している。この図から分かるように、両者の差は小さい。ただし、タスク1のみに有意差が出たのは、タスク1は他のタスクと違って、ウインドウの数は最も少ないにもかかわらず、タイピングする文章の長さが最も多いため、キーボードを見た回数が強く影響したと考えられる。なお、この傾向は覗き込み動作だけでなく、マウスにおいても同様のことが言えた(図14)。

以上の考察から分かることは以下の通りである。

- ・覗き込み動作はタスク達成時間に個人差が出ないインタフェースである。
- ・マウス操作においては、ウインドウの切り替え回数がタスク達成時間に影響を与える。従って、参照すべきウインドウの数が多いときは、覗き込み動作が有用である。
- ・タイピングする量の多いタスクであれば、キーボードを見た回数が少ない人と多い人のタスク達成時間は有意に差が生じる。

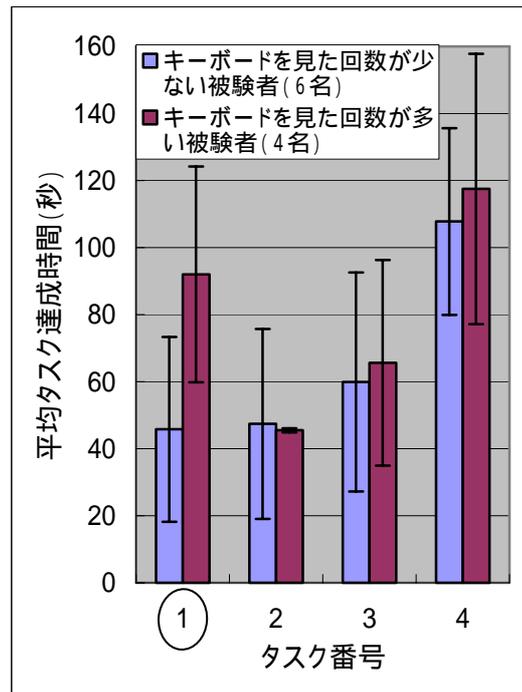
6.まとめ

本研究では、ユーザがマルチウインドウ環境において、キーボードを使った作業を行う際に、関連する複数のウインドウを参照する方法として、覗き込み動作を利用した閲覧手法を提案し、従来手法であるマウスとの比較実験を行った。その結果、ウインドウの切り替えが頻繁に生じるような場合には、覗き込み動作を利用した情報閲覧手法の方が、タスク達成時間が短いという結果が得られた。さらに主観評価からは、提案手法は従来のマウス操作に比べ、手間がかからないことが分かった。しかし、提案手法はやや疲れるという結果も得られたので、今後の検討課題とし、使用時間や用途を含めた覗き込み動作に向いている使用状況を考えていきたい。



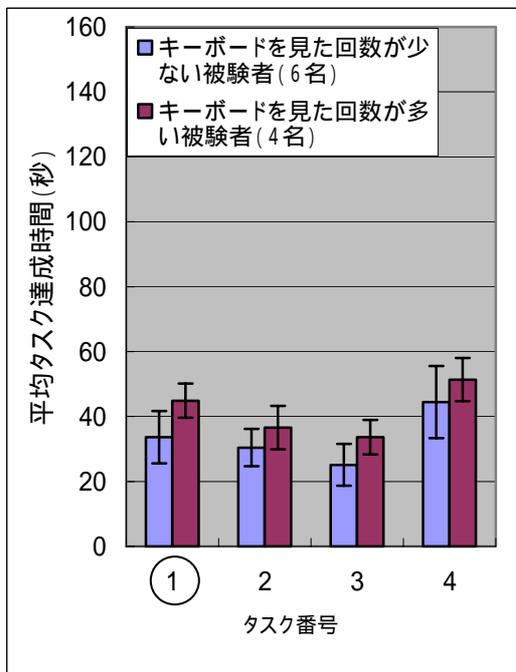
(① で囲った項目：t検定により危険率5%で有意差あり)

図 12. マウスを用いた際、ウインドウの切り替え回数が少ない被験者と多い被験者の平均タスク達成時間の比較



(① で囲った項目：t検定により危険率5%で有意差あり)

図 14. マウスを用いた際、キーボードを見た回数が少ない被験者と多い被験者の平均タスク達成時間の比較



(① で囲った項目：t検定により危険率5%で有意差あり)

図 13. 覗き込み動作を用いた際、キーボードを見た回数が少ない被験者と多い被験者の平均タスク達成時間の比較

参考文献

- [1] 成田智也, 渋谷雄, 辻野嘉宏: “情報端末の向きと利用者の覗き込む動作を利用した情報空間ナビゲーション手法”, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2002 論文集, pp677-680 (2002).
- [2] 川戸慎二郎, 大谷淳: “眉間の検出・追跡による顔きと首振りのリアルタイム検出”, 信学技報 PRMU99-108, pp53-59 (1999).
- [3] 真部徹也, 武藤直美, 中島誠, 伊藤哲郎: “ユーザの動きを反映する作業空間”, ヒューマンインタフェース学会研究報告集 vol.4 No.1, pp25-26 (2002).
- [4] 塩澤秀和, 岡田謙一, 松下温: “背景と奥行きを利用した協調作業空間”, 情報処理学会論文誌, Vol.40 No11, pp3823-3833(1999).
- [5] George Robertson, Maarten van Dantzich, Daniel Robbins, Mary Czerwinski, Ken Hinckley, Kirsten Risdén, David Thiel, and Vadim Gorokhovskiy: “The Task Galley: A 3D WindowManager”, Proc. CHI2000, pp. 494-501 (2000).