

視線を利用したユーザインタフェースに対するユーザの慣れの定量化

杉邑洋樹^{†1} 上野秀剛^{†1}

本研究はソフトウェアのユーザインタフェースに対するユーザの慣れを視線から定量的に計測する事を目的とする。バージョン間で異なるインタフェースを持つ、同じ機能を持ったソフトウェアの2バージョンを対象に、利用時のユーザの視線を実験で計測した。実験の結果、視線の移動距離や、視線の最大注視時間、注視点間の最小移動距離などに有意な差が見られた。

Quantitative Evaluation of Habituation to User Interface using Eye Movement

HIROKI SUGIMURA^{†1} and HIDETAKE UWANO^{†1}

This study tackles to quantitative evaluation of habituation effect in usability evaluation. We propose a method which is to evaluate user's habituation for a software user interface by eye movement measurement.

In an experiment, we select two versions of software which have similar functions with different UIs, for compare the difference of them. A result of the experiment showed the significant differences in some metrics, such as the length of the eye movement, maximum fixation duration, and minimum saccade length.

1. はじめに

ユーザビリティとはソフトウェアや Web ページの使いやすさの事である。ユーザビリティを評価するための方法として、アンケートやインタビューを用いた評価手法や、視線、脳波などの生態情報を用いた評価手法など、様々な手法が提案されている[1][2][3][4]。これらの評価手法を用いて評価する際には、評価対象に対する被験者の知識や慣れの違いによる影響を排除するために、事前に練習や学習(練習タスク)を行ってもらい、評価対象のシステムに対する慣れを均一にするのが一般的である。今までに利用経験のないシステムの評価を行ってもらい、練習タスクによりある程度そのシステムに慣れてもらい、評価実験中に基礎的な部分の学習に終始するという事態を。しかし、練習タスクによってどの程度慣れるかは、人によって異なるため慣れを均一にするのは困難である。また、利用経験のあるシステムを評価する場合、各被験者が対象システムにどの程度慣れているかを把握する必要がある。一般にアンケートにより利用頻度や利用経験を計測し、それを元に被験者の慣れを求めているが、主観や記憶に依存する点で問題がある。

そこで本研究では、ユーザビリティ評価において、被験者ごとの慣れの違いが対象システムの評価結果に影響しないよう、ソフトウェアに対する慣れの定量的計測を試みる。本研究ではソフトウェアに対する慣れを、機能に対する慣れとユーザインタフェース(UI)に対する慣れに分類する。

機能に対する慣れは、機能を実行したときの挙動や機能自体の有無に対する知識と定義する。UIに対する慣れは、ソフトウェアがもつウィンドウやダイアログのデザイン、メニューの配置、機能の名称に対する知識と定義する。本研究では、ユーザビリティの評価に影響を与えていると思われるUIに対する慣れに着目し、被験者が普段使っているソフトウェアと、同じ機能を持つが異なるインタフェースを持つ旧バージョンのソフトウェアを使っている際の視線移動を実験で計測する。視線計測は熟練者と初心者の違いを比較するためによく用いられており[5][6]、慣れの計測、および定量化に適していると考えられる。実験では、(1)機能がほぼ同一であるが、搭載されているUIが異なるバージョンをもつ、(2)片方のバージョンに慣れているがもう片方のバージョンに慣れていないユーザが多く存在するソフトウェアを対象に、ユーザインタフェースの違いのみが異なる環境を用意する。

本稿の構成は以下の通りである。2章では、視線計測やユーザの慣れに関する関連研究について述べる。3章では、視線計測の手法について説明し、4章は実験環境や実験内容の説明、5章で実験結果と実験結果に対する考察を行い、6章で本稿のまとめ及び、今後の課題について説明する。

2. 関連研究

UIに対する慣れを定量化する研究として、上野らは、すべての被験者が利用した経験のあるExcel 2003と利用経験の乏しいExcel 2007を用いた数種類のタスクを被験者に与え、ほぼ同一の機能を持つが搭載されているUIが異なる

^{†1}奈良工業高等専門学校 情報工学科
Nara National College of Technology, Information Engineering

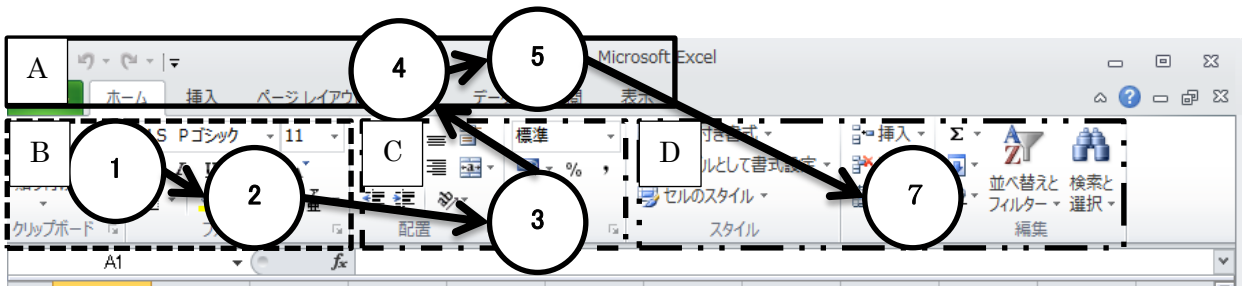


図1 AOIに対する視線移動

別のバージョン間でのタスク中の脳波の違いを分析している[7]. 分析の結果, バージョン間で脳波に差が見られることが明らかになっている. しかし, 脳波は筋肉の動きによる雑音が入りやすく, タスク終了後に数十秒間安静にして計測する必要があるため, タスク中の個々の操作に対する分析が困難である. そのため, タスクに設定された機能が使いにくいかどうかは計測できるが, その機能のどの部分が使いにくいのか, 操作毎に計測できない. 本研究で用いる視線計測はリアルタイムに計測する事が可能であり, 操作毎の細かい分析が可能である.

視線計測による初心者と熟練者の比較や分析は多くの分野において利用されている. Lawらは腹腔鏡手術の訓練装置を使用する際に熟練者と初心者の視線の動きを計測し分析している[5]. その結果, 前者の研究では熟練者が初心者に比べて患部を集中的に見ていることが明らかとなっている. Kasarskisらはフライトシミュレータを使って飛行機を着陸させる際のパイロットの視線を計測し分析している[6]. その結果, 熟練者が速度計や高度計, 滑走路を短時間かつ交互に見ているのに対し初心者は高度計を多く見ていることが明らかとなっている. CrosbyとStelovskyは正常に動作するプログラムのソースコードと, 欠陥の存在するプログラムを被験者に提示し, プログラムを理解する過程の視線を計測している[8]. その結果, 初心者はコメントアウトを多く見ているのに対し, 熟練者はソースコードを中心に見ている事が明らかとなっている. また, UwanoらはC言語で書かれた20行程度のソースコードのレビュー時の視線を計測している[9]. その結果, レビューの開始時にコード全体を眺める動作(スキャン)が確認され, レビュー開始時に十分にスキャンを行った被験者はソースコード中のバグを素早く見つけられた事が明らかになっている. 本研究では慣れているソフトウェアと慣れていないソフトウェアを利用している際の視線移動を計測し, その違いを分析する.

3. 準備

本研究ではソフトウェアに対する利用者の視線をディスプレイ上の座標として計測する. この章では視線の計測

と分析に用いる概念と, UIに対する慣れの計測に有用と思われるタスクについて説明する.

3.1 視線移動

(1) 注視

注視は, 表示されている文字や図を利用者が見ていると解釈される視線移動である. 一定の範囲内に一定時間以上視線が留まった場合, 注視と判断される. この時, 視線が留まった範囲の中心を注視点, 範囲に留まった時間を注視時間とする.

(2) Area of Interest(AOI)

注視はディスプレイ上の座標として出力されるため, 分析時にはその座標上にどのようなオブジェクトが表示されているかを逐次確認し, 利用者が何を見ているかを識別する必要がある. AOIは評価対象となるインタフェースを構成する個々のオブジェクトの領域として定義され, その範囲に含まれる注視をそのオブジェクトに対する視線として分析する[10]. 図1にMicrosoft Excel 2010のメニューに対する視線移動をAOIに分類した例を示す. 図の円は注視を示し, 円内の数字はID, 矢印は注視の順序を示す. また, 図の枠はそれぞれAOIを示しており, メニュー上部にあるタブの一覧をAOI A, リボンインタフェース上のボタンをAOI B, C, Dと定義する. ここで, 注視の1と2はAOI Bの領域にあるので, AOI Bを見ていると判断される. 同様に以降の注視はAOI C, A, A, Dを順に見たと判断される. 連続した注視が同じAOIに含まれる場合, 本研究では連続した1つの注視と判断する. したがって, 図の視線はAOI B, C, A, Dを順に見たと判断される.

(3) サッケード

サッケードは視覚認識が伴わない素早い視線の動きで, ある注視と次の注視を結ぶ線として表される. 図1の矢印はサッケードを表している. 利用者はサッケード上にある情報を認識しておらず, 興味のある他の位置への移動として解釈される. 距離の長いサッケードは素早い視線の移動が行われた事を示し, 距離の短いサッケードは, ゆっくりとした視線の移動が行われた事を示す.

(4) スキャンパス

スキャンパスは計測した視線の動き全体を表し, 注視とサッケードによって構成される. 図2に5つの注視とそれ

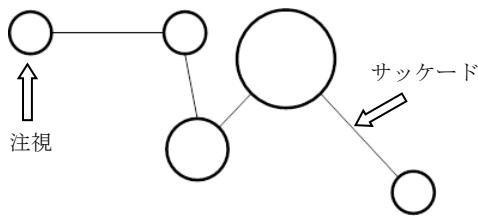


図2 スキャンパスの例

らをつなぐサッケードから構成されるスキャンパスの例を示す。図中の円は注視であり、円の大きさは注視の長さ（停留時間）を表している。利用者の視線は一連のスキャンパスとして表現されるが、本研究においては実験で課すタスクの開始から終了までを1つのスキャンパスとし分析する。

3.2 タスクの種類

本研究では、機能がほぼ同一であるが、搭載されているUIが異なるバージョンをもつ2つのソフトウェアに対して被験者実験を行い、そのときの視線データを分析する。バージョン間でのUIの違いに、ソフトウェアのメニューにおいて機能の名称が異なる場合や、機能の場所が異なる場合がある。本研究ではこれらの違いにより視線にどのような差が生じるのかを検証するために、以下に示す4つのタスクを用意する。本節では、実験に用いるタスクと3.1節で説明した分析指標からタスク毎にどのような値をとるかを説明する。

(5) Different Name タスク (Name)

Different Name タスク (Name) は2つのバージョンで同じメニュー項目の中にあるが、名称が異なる機能を選択するタスクである。このタスクにおいては、被験者は機能が含

まれるメニューを短時間で選択できるが、メニューの中から目的の機能を見つける際に戸惑いを感じ、個々の機能の名称を確認しながら探索をすると思われる。そのため、被験者が慣れているバージョンを使用した場合、スキャンパスが短く、AOIの総数が小さく、また、各AOIに対する注視時間が短くなると考えられる。反対に被験者が慣れていないバージョンを利用した場合、スキャンパスが長く、AOIの総数が多く、各AOIに対する注視時間が長くなると考えられる。一方で、個々の機能が指定されたものかどうかを判断しながら探索するため、短く頻繁なサッケードが発生すると考えられる。

(6) Different Menu タスク (Diff Menu)

Different Menu タスク (Diff Menu) は2つのバージョン間で異なるメニュー項目の中に機能が含まれており、かつ、慣れているバージョンと同じメニュー項目が慣れていないバージョンのメニュー項目にも存在するタスクである。図3にDiff Menuにおけるバージョン間の違いを示す。このタスクでは、被験者は同じメニュー項目をすぐに見つけその中を探索するが、目標の機能を見つけることができず、他のメニュー項目を順に探索すると考えられる。そのため、被験者が慣れているバージョンにおいては、スキャンパスが短く、AOI数が小さくなると考えられる。慣れていないバージョンにおいては、スキャンパスが長く、AOI数が大きくなると考えられる。

(7) Absence Menu タスク (Absence)

Absence Menu タスク (Absence) は、2つのバージョン間で異なるメニュー項目の中に機能が含まれており、かつ、慣れているバージョンと同じメニュー項目が慣れていないバ

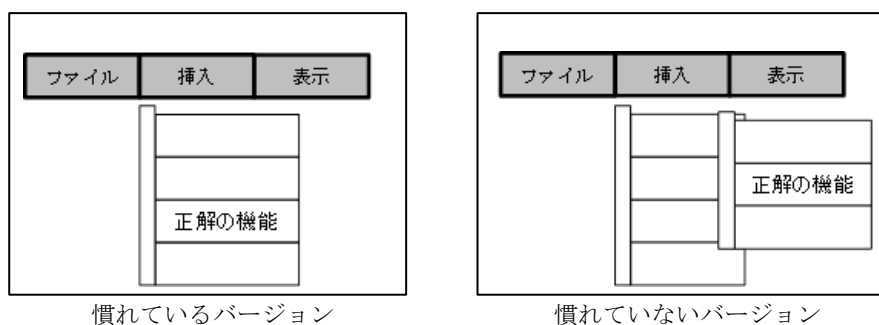


図3 Diff Menu タスクにおけるバージョン間の違い

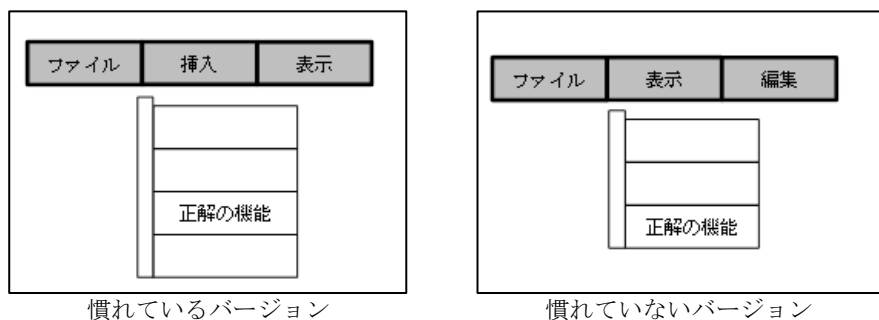


図4 Absence タスクにおけるバージョン間の違い

ージョンのメニュー項目に存在しないタスクである。図 4 に Absence におけるバージョン間の違いを示す。このタスクでは、被験者は慣れているバージョンと同じメニュー項目を見つけることができず、相当するメニュー項目を探索すると考えられる。そのため、Diff Menu と同様の傾向が観測されると思われるが、スキャンパスの形状が異なると予想される。

(8) Same タスク(Same)

Same は両バージョン間で同じメニュー項目に、同じ名称で機能が存在するタスクである。Same では、どちらのバージョンにおいても似た傾向を示すと考えられる。本タスクは実験設定の正当性を確認するために行う。

4. 実験

4.1 対象ソフトウェア

実験では、Microsoft 社の Microsoft Office Excel 2003 と Excel 2010 を用いる。Excel 2003 と Excel 2010 は同じソフトウェアの異なるバージョンであり、ほぼ同一の機能を持つが、リボンインタフェースが採用された Excel 2010 のインタフェースは従来の UI を持つ Excel 2003 と大きく異なる(図 5)。そのため、機能に対する慣れの影響を受けることなく UI に対する慣れの違いを計測することができる。

4.2 被験者

本研究では Excel 2010 の機能と UI に慣れており、かつ Excel 2003 を利用したことがない人を被験者とする。前述のとおり、Excel の機能に慣れていて、Excel 2003 の UI に慣れていない被験者を対象とすることで、機能に対する慣れの影響を受けることなく UI に対する慣れの評価が可能となる。実験では奈良工業高等専門学校 情報工学科 3 年の

7 名を被験者とした。彼らは講義で Excel 2010 を十分に利用しており、かつ Excel 2003 の利用経験がない人が多いため、本実験に適している。

4.3 実験タスク

本実験では Excel の両バージョンに対して、メニューの中から指定された機能を探し、クリックする(機能を利用するためのダイアログやプルダウンメニューを開く)タスク 4 種類(4 種類×2 バージョンの計 8 種類のタスク)を設定した。表 1 にタスクの一覧を示す。

各タスクの開始において、被験者にはタスクが完了したときに表示されるウィンドウを回答例として提示する。それぞれのタスクは提示されたウィンドウやプルダウンメニューを開いた時点で完了となる。また、各タスクの制限時間は 5 分とし、時間以内に終了できなかった場合はその時点でタスクを終了した。実施するタスクの選択や、タスクを行う順番に関しては、学習効果を考慮してカンターバランスを行った。なお、本研究では UI に慣れていない状態の視線を計測するために練習タスクを与えずにタスクを実施してもらった。

4.4 タスクに伴うメニューの変更

Excel 2003, 2010 のどちらにも実装されている機能の一部で同じ機能を持つにもかかわらず、メニュー位置や名称が異なっているものが存在する。本実験では、3.2 節で述べたそれぞれの要素のみが異なり、他の要素が同じになるように、Excel 2003 の一部の機能について名称やメニュー位置を変更した。以下に本研究で変更した内容について説明する。

(1) Name に関連する変更

Name タスクでは、Excel 2010 における“smart art”に該



図 5 Excel2003 と Excel2010 の UI

表 1 タスク一覧

種類	タスク名	タスク内容
Different Name	Smart Art の挿入	スマートアートを挿入するためのウィンドウを開く
	図の挿入	JPG や PNG 等の画像を図として挿入するためのウィンドウを開く
Different Menu	マクロの記録	マクロを記録するためのウィンドウを開く
	オプションの変更	オプションの設定を変更するためのウィンドウを開く
Absence Menu	条件付き書式の設定	条件付き書式を設定するためのウィンドウやメニューを開く
	関数の挿入	関数を挿入するためのウィンドウを開く
Same	クリップアートの挿入	クリップアートを挿入するためのウィンドウを開く
	名前をつけて保存	名前をつけて保存するときのウィンドウを開く

当する“図表”，および2010における“図の挿入”に該当する“ファイルから”にそれぞれ変更を加えた．変更内容は“図表”機能では名称を“オートシェイプ”に変更し，元々あった“オートシェイプ”機能をメニューから削除した．“図表”の名称変更理由は，タスク“図の挿入”の実施時に図と図表という単語が似通っているため，被験者が混乱する可能性があるからである．また，“図表”と“ファイルから”のメニュー内の位置が，Excel 2010と異なっているため修正した．

(2) Diff Menu に関連する変更

Diff Menu タスクでは，Excel 2010における“マクロの記録”に該当する“新しいマクロの記録”を2010と同じになるように変更した．

(3) Absence に関連する変更

Absence タスクでは“書式”というメニュー項目とExcel 2010の“関数の挿入”に該当する“関数”の名称および機能の位置に変更を加えた．“書式”はAbsence タスクの一つである“条件付き書式”機能を持つメニュー項目である．“条件付き書式”機能の探索において，“書式”という名称より条件付き書式の位置を推測される可能性があるため，“書式”の名称を“フォーム”に変更した．“関数”機能に関しては，2010における“関数の挿入”と同じ名称に変更した．これは機能の名称と異なり，Absence タスクにおける，機能の名称が同じであるという条件を満たさないためである．また，“関数”機能がある位置がメニュー項目“挿入”内である．そのためAbsence タスクの一つである“関数の挿入”タスクにおいて，まずメニュー項目“挿入”に対する探索が行われて，すぐ発見される可能性がある．よって，仮説の検証に適していないと考えられるため，機能の位置をメニュー項目“ツール”内に変更した．

(4) Same に関連する変更

Same タスクでは両バージョン間で共通する機能である“クリップアート”のメニュー内の位置が，Excel2010と異なっているため修正した．

4.5 メトリクス

本研究では，3.2節で説明した実験タスクに対する仮説の検証に有効であると考えられる，1)注視したAOIの総数(総AOI数)，2)スキャンパスの長さ(スキャンパス長)，3)スキャンパス中のサッケードの長さの平均値(平均サッケード長)，4)最小値(最小サッケード長)，5)最大値(最大サッケード長)，6)AOIに対する注視時間の平均値(平均AOI注視時間)，7)最小値(最小AOI注視時間)，8)最大値(最大AOI注視時間)の8つのメトリクスを分析に用いる．また，本研究では，AOIをExcelのメニューに含まれるオブジェクト(“編集”，“挿入”といったメニュー項目や“名前をつけて保存”，“smart art”などの機能)の全てに対して定義する．また，本実験では注視を，ある座標の半径25pixelの円内で100ミリ秒以上停留した視線と定義する．

4.6 実験手順

以下に実験の手順を示す．

手順1：実験の説明・準備

被験者に実験の概要を説明し，視線計測時の注意を行う．

手順2：装置の設定・確認

視線計測装置付きモニターの前に座り，計測に必要な機器を装着する．その後，装置の設定(キャリブレーション)を行い，視線が正しく取れていることを確認する．

手順3：タスクの実施及び視線計測

被験者にタスクを説明し，実施してもらう．タスクの説明には，タスクの内容を記載した紙とタスク達成時に表示されるウィンドウを示した紙を渡し黙読してもらう．タスク中の視線を計測する．

手順4：全タスクの実施

手順3を全てのタスクが終了するまで繰り返す．

5. 結果と考察

実験の結果，56件のタスクにおける視線データが計測された．そのうち2件が計測誤りと異常値のため分析から除外された．また，Absence タスクについて，著者らが想定した以外の方法を用いてタスクを完了する被験者が多く，分析から除外した．計測した個々の視線データについて，Excelのメニュー以外に対する視線移動をノイズとして除去した．ノイズを除去した後の視線データから注視，タスク時間，注視したAOIの総数，スキャンパスの長さ，サッケードの長さの平均・最長・最短，AOI注視時間の平均・最大・最小値を求めた．

表2に結果の一覧とt-testの結果を示す．灰色のセルは有意な差が見られたことを示す．表より，Name タスクにおいて，タスク時間($p=0.0474$)，注視したAOIの総数($p=0.0324$)，スキャンパスの長さ($p=0.0432$)，最小サッケード長($p=0.0185$)，最大AOI注視時間($p=0.0303$)について有意差が見られた．タスク時間，総AOI数，スキャンパスの長さにおいて，Excel 2003の方が，2010に比べて非常に大きな値を示している．また，最小サッケード長と最大AOI注視時間は，2003が2010に比べて値が小さかった．これらの結果は，3.2節で述べたとおり，メニューに探索対象はあるが，名称が異なり，発見までに時間がかかったためと考えられる．また，最小サッケード長が2010より2003の方が短くなっているのは，メニューの機能名を一つ一つ探索するため，短くなったと考えられる．最大AOI注視時間において，2003の方が2010より長いのは，個々のメニューや機能が，正解の機能が判別するために長い注視が発生したためと考えられる．

Diff Menu タスクでは，平均サッケード長に有意な差が見られ($p=0.0075$)，2010の方が2003より大きな値を示していた．

表 2 実験結果

		Name		Diff Menu		Same	
		2003	2010	2003	2010	2003	2010
タスク時間(s)	平均	61.34	4.05	16.82	14.27	7.29	3.70
	標準偏差	60.98	2.10	26.58	107.68	7.58	2.15
	p 値	0.047*		0.727		0.268	
総 AOI 数	平均	104.29	5.71	29.43	17.71	11.86	3.71
	標準偏差	94.17	4.07	45.63	91.82	13.89	2.29
	p 値	0.032*		0.396		0.174	
スキャンパス長 (pixel)	平均	10149.8	615.1	3215.1	3529.1	842.2	163.1
	標準偏差	9875.1	780.6	4457.2	15621.0	1222.9	147.5
	p 値	0.043*		0.845		0.194	
平均サッケード 長(pixel)	平均	74.2	65.4	74.7	143.8	52.6	34.2
	標準偏差	18.3	33.9	22.2	37.7	21.3	20.9
	p 値	0.561		0.007**		0.129	
最小サッケード 長(pixel)	平均	15.8	41.2	22.3	20.5	22.0	36.4
	標準偏差	11.2	20.7	6.0	12.8	4.1	25.6
	p 値	0.019*		0.743		0.190	
最大サッケード 長(pixel)	平均	379.0	183.6	296.2	486.9	163.2	70.6
	標準偏差	218.8	127.3	164.6	172.8	100.3	45.9
	p 値	0.069		0.062		0.055	
平均 AOI 注視 時間(s)	平均	0.35	0.37	0.35	0.28	0.43	0.32
	標準偏差	0.08	0.11	0.10	0.07	0.14	0.12
	p 値	0.619		0.124		0.167	
最小 AOI 注視 時間(s)	平均	0.11	0.21	0.14	0.12	0.15	0.16
	標準偏差	0.01	0.13	0.04	0.01	0.04	0.03
	p 値	0.113		0.333		0.722	
最大 AOI 注視 時間(s)	平均	1.35	0.69	1.10	0.99	1.00	0.59
	標準偏差	0.62	0.24	0.57	0.95	0.53	0.35
	p 値	0.030*		0.795		0.115	



図 6 Place タスク(Excel 2010)における被験者 A の視線移動

また、他のタスクにおける平均サッケード長では 010 の方が 2003 より大きくなっていて有意差は見られなかった。図 6 に Diff Menu タスクにおける被験者の視線移動の例を示す。この被験者は Excel 2010 をよく利用しているにもかかわらず、Excel 2010 を用いたタスクで迷っており様子が観測された。これは、一部のタスクにおいて設定が適切でなかったためと考えられる。Name タスクにおいて有意差が見られた指標について、Diff Menu タスクでは有意な差が見られなかった。

Same では、スキャンパスの長さや最大スキャンパス長、最大 AOI 注視時間に大きな差があったが、有意な差は見られなかった。これらの指標に大きな差が見られた要因として、2003 と 2010 の UI の構造や、タスクで指定した機能がある位置の違いなどがあげられる。これはタスクで指定した機能の位置が挿入や表示などのメニュー項目の位置から遠く離れていれば最大サッケード長も長くなり、近い場合は短くなる事が想定されるためと考察できる。

6. おわりに

本稿では UI のユーザビリティ評価に影響を及ぼしている、ユーザの慣れを定量的に計測することを目的に、Excel 2010 に慣れていないが 2003 に慣れていない利用者が 2003 を利用する際の視線移動を計測した。実験の結果、慣れているバージョンと機能の名称が異なる場合、総 AOI 数や、スキャンパスの長さ、最小サッケード長、最大 AOI 注視時間において有意な差が見られた。また、探索対象の機能が慣れているバージョンと異なるメニューにある場合、平均サッケード長が有意に短くなることを確認された。実験の結果から、ソフトウェア利用時の視線移動を計測することで、ユーザインタフェースに対する慣れの違いを識別できる可能性があることが示唆された。

今後、Goldberg らが提案している Radial Plots[11]を用いて、タスク中の視線移動がどのような向きにどれだけ移動しているかを計測し、視線移動の傾向の定量的に分析する。Radial Plots はサッケードの向きを一定の角度ごとにまとめてカウントしたもので、利用者のスキャンパスがどのような方向に向かっているかを定量的に分析することができる。Radial Plots を利用することで、ユーザが迷っているときにどのような視線移動をするか詳細に分析できると考えられる。

参考文献

- 1) Ericsson, K. A., Simon, H. A.: Protocol analysis: Verbal reports as data; MIT Press,(1993).
- 2) Osgood, C. E., Suci, G. J., Tannenbaum, P. H., The measurement of meaning, University of Illinois Press,(1957).
- 3) Chin, J. P., Norman, K. L., Shneiderman, B.: Subjective user evaluation of CF PASCAL programming tools, Technical Report (CAR-TR-304),(1987).
- 4) Hart, S. G., Staveland, L. E.: Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research; Human Mental Work-load (ed. Hancock, P. A., Meshkati, N.), Elsevier,pp.139-183,(1988).
- 5) B. Law, M. S. Atkins, A. E. Kirkpatrick, A. J. Lomax, and C. L. Mackenzie; "Eye gaze patterns differentiate novice and expert in a virtual laparoscopic surgery training environment,"; In Proceedings of ACM Symposium of Eye Tracking Research and Applications (ETRA), pp. 41-48, 2004.
- 6) P. Kasarskis, J. Stehwien, J. Hichox, A. Aretz, and C. Wickens; "Comparison of expert and novice scan behaviors during VFR flight,"; In Proceedings of the 11th International Symposium on Aviation Psychology, 2001.
- 7) 上野 秀剛, 石田 響子, 松田 侑子, 福嶋 祥太, 中道 上, 大平 雅雄, 松本 健一, 岡田 保: "脳波を利用したソフトウェアユーザビリティの評価 - 異なるバージョン間における周波数成分の比較"; ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.10, No.2, pp.233-242, May 2008.
- 8) M. E. Crosby, and J. Stelovsky, "How do we read algorithms? A case study," IEEE Computer, Vol. 23, No. 1, pp. 24-35, 1990.
- 9) Hidetake Uwano, Masahide Nakamura, Akito Monden, and Ken-ichi Matsumoto, "Exploiting Eye Movements for Evaluating Reviewer's Performance in Software Review," IEICE Transactions on Fundamentals, Vol.E90-A, No.10, pp.317-328, October 2007..

10) Alex et al : Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Current Status and Future Prospects; Encyclopedia of HCI, Idea Group Inc ,2005.

11) JH Goldberg, JI Helfman;"Visual scanpath representation; Proceedings of the 2010 Symposium on Eye-Tracking Research & Applications,pp. 203-210,2010.