

## 操作履歴データの階層的グラフ化分析手法の提案

Proposal on Hierarchy Graph Analysis Method of Operation Data by Prototype

(デザイン評価、インタフェースデザイン、プロトタイピング、タスク分析)

(KEYWORDS: Design Evaluation, Interface Design, Prototyping, Task Analysis)

○岸本寛之（広島国際大学大学院）、井上勝雄（広島国際大学）

### 1. 研究の背景と目的

ラビッドプロトタイピング手法は低忠実度と高忠実度に二極化しているが、繰返し設計の視点から、企業では中忠実度が強く希求されてきた。そこで、研究者らはパワーポイントを用いた中忠実度のツールを開発した<sup>1)</sup>。企業の協力を得て開発ツールの実証実験を行った。この中で、得られた操作履歴データの定量的な解析手法の提案の企業からの期待が高かった。なお、上記の開発ツールは誰でも入手できる環境を整えている（詳細は 3 章参照）。

そこで、先行研究<sup>2)</sup>では、抽出した履歴データを解析する方法について、特に、従来はプロトコル解析の映像データを定性的に解析するしか方法のなかった「操作の停滞」と「誤操作」を定量的に抽出する手法の提案を行なった。

なお、企業で用いられているユーザビリティ評価の指標として表 1 に示すものがある<sup>3)</sup>。前述の提案の開発ツールで得られるサブタスク毎の所要時間から、「タスク所要時間」と「エラー率」を抽出できるソフトを開発し実証実験でも用いた。しかし、改善提案に寄与する「操作の停滞」（以降、「停滞」と表記）と「誤操作」については定量的手法がなかったため前回の研究で考案した。

表 1 ユーザビリティ評価指標とその方法

評価の種類	評価指標	方法
定量的	速度	タスク所要時間
	誤り率	エラー率
	主観評価	5段階尺度
定性的	発話プロトコル	(1) 操作の停滞 (2) 誤操作 (3) 戸惑いの発言
	インタビューによる自由意見	ラダーリング法など

この背景として、従来の問題個所である「停滞」と「誤操作」の抽出には記録映像と発話データを用いていたが、定性的な方法のために確実性が高いとは言えず、また、解析には多大な作業量を伴う。そこで、確実性を高めるために、階層的タスク分析も提案されている。その手順は、まず被験者が操作可能なすべての状態遷移のフロー図を作成する。次に、被験者にプロトタイプを操作してもらい、その映像を記録する。その記録映像をもとに、実験者はフロー図上に被験者のすべての操作軌跡を手描きする。その軌跡図から同じ階層を何度も巡回して先に進めなかった「操作の停滞」の箇所や、階層が遠ざかる入り口の「誤操作」の箇所を探すというプロセスである。しかし、前述のように手続きはシステム化しているが、手作業で大変な負荷であることは変わらない<sup>4)</sup>。

以上から、実験室の研究レベルでは提案手法の有効性は検

証できた。しかし、実際の製品で提案手法の有効性は確認出来ていない。一般的に市場にある製品は使いやすさの観点から階層が浅いものが多い。また、企業側から求められていた、従来のユーザビリティ評価では難しかった統計的解析への可能性も本研究では探る。これらの内容を実際の製品のプロトタイプを用いて検証するのが本研究の目的である。

### 2. 実験の方法

提案の階層グラフ化による誤操作・停滞を抽出する手法は、前述のように研究レベルでは適用することが可能であることが判明した。しかし、実際の製品で適用が可能かを検証する必要がある。そこで、2 種類の代表的な製品を用いて検証実験を行った。その 2 種類とは、図 1 上に示すオープンレンジで採用が始まりつつあるダイヤル式のタイプと、最近の情報関係の製品（デジタルカメラや携帯電話など）では主流になりつつあるタッチパネルのタイプである。なお、本実験では、タッチパネルのタイプとして、図 2 の左側の写真に示すデジタルカメラを採用した。

図 1 の右側に示すオープンレンジのプロトタイプでは、実際の P 社の製品を入手して、その画面遷移を詳しく確認して制作した。また、図 2 の右側に示すデジタルカメラのプロトタイプでも、同じように実際の S 社の製品を参照して制作した。そして、表 2 と表 3 に示すように、簡単なタスク A から少し複雑なタスク D の 4 種類を設定して、

次に説明する実験内容を実施した。なお、本実験では、前述の実験で提案手法の利点である統計的な分析という観点から被験者数を多くした。

#### (1) 実験の概要

被験者 : 大学生男女 21 名

場所 : 研究室

時期 : 2010 年 7、8 月

実験方法 :

デジタルカメラの後にオープンレンジのタスク操作を被験者に課した。

#### 1) デジカメ操作法 :

ハードのボタン 3 つとタッチパネル形式で動作する。撮影、再生、HOME の 3 つに大きく分かれる。後述する図 9 のように、項目にタッチすることで下階層が見られる。タッチパネルのため、設定したタスク全てで 5 回以内の操作でタスクを達成できる。

#### 2) オープンレンジ操作法 :

決定、取消、左右へ回るダイヤルの 3 つのボタンがある。HOME の状態から左回りで手動階層、右回りで自動階層へ入る。設定したタスク A では、ダイヤルのため目的のタスクを達成させるために 16 の動作を要する。



図1 オープンレンジのプロトタイプ



図2 デジタルカメラのプロトタイプ

表2 オープンレンジのタスク内容

オープンレンジ	
A	さんまの塩焼きを作ります。さんまの塩焼きに適したモードで調理してください。
B	焼きイモを作ります。オープン1段で300℃の設定のうち、4分間調理してください。
C	クリスマスケーキを作ります。40℃で20分間発酵させてください。
D	クリスマスケーキを作ります。次にクリスマスケーキに適したモードで5分30秒焼いてください。

表3 デジタルカメラのタスク内容

デジタルカメラ	
A	動画モードにし録画してください。
B	赤目補正をオンにしてください。
C	カメラの中に雪だるまの写真が保存されています。
D	写真の印刷を行ってください。

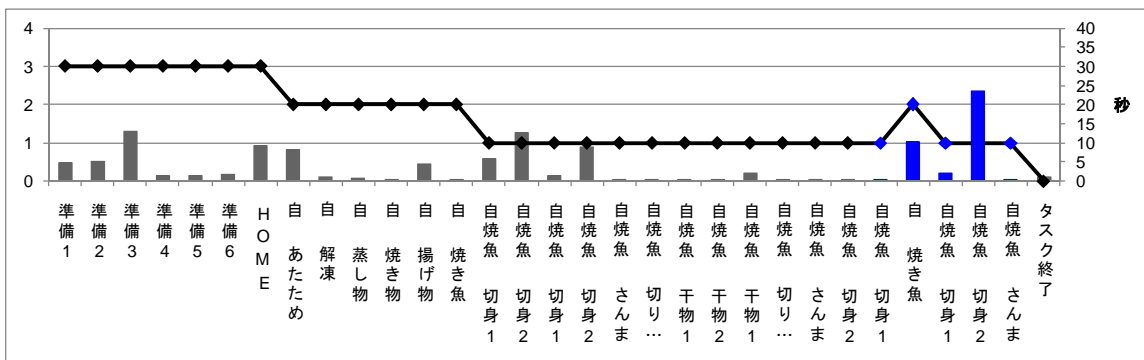


図4 操作履歴データ(例)

(2) 課題発見とその解決策

実験結果を提案の方法で分析してグラフ化を行い考察作業を行った結果、統計的な分析を行うために被験者数を多くしたことから、基準グラフである最短ルートのグラフ(図3)と被験者操作データのグラフ(図4)とを比較する作業が膨大(4種類のタスク×2製品×被験者21名=168のグラフとの比較)になった。企業で適用する場合には被験者数はさらに多くなると予測されるため、基準グラフとの比較作業を軽減する工夫が求められた。特に、各タスクによっても基準グラフが異なるので、提案手法のグラフを視覚的に判断して選別する作業の負荷は高かった。

そこで、検討の結果、被験者操作データのグラフではほぼ問題のないものを直感的に判別することが出来る基準グラフの再定義の必要性が挙げられた。この際に要求されたのが、上記の各タスクによっても基準グラフが異なる点である。これらの問題を解決する案として、基準グラフを直線化するアイデアが研究者らの間の検討を通じて起案された。

基準グラフの直線化することによって、各タスクによる基準グラフの相違の問題も解消される。また、直感的に、ほぼ直線的な被験者操作データのグラフには誤操作・停滞が生じていないということが判明する利点がある。さらに、誤操作・停滞が生じているグラフの中でも右下がりの直線的な箇所はゴールに向かっていていると判断でき、そうでない箇所が誤操作・停滞が生じていると識別できるもうひとつの大きな利点がある。

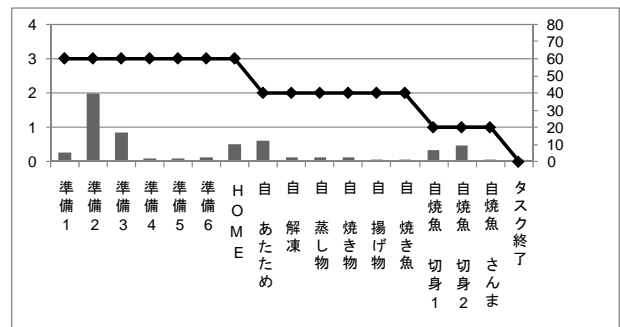


図3 最短ルートの基準グラフ(例)

**(3) オープンレンジ事例**

まず、前述した基準グラフの直線化の方法を説明する。表5の左側に示すように、直線化する前の階層レベルは、タスクAのゴールをゼロとして逆計算すると、タスクの「スタート」と「HOME」の階層レベル3から始まって、図5の中のオープンレンジの写真の上端の横一線のメニュー（例えば、「自 あたため」など）が階層2となる。そして、ゴールのある「焼き魚」のメニューの下が階層1であった。この方法では基準グラフは、図2に示すような階段状グラフになる。なお、上記の「自 あたため」の「自」はダイヤルボタンの右側の「自動」をクリックするとメニューが右方向に一つずつ移動することを示している。

そこで、この一般的な階層の考え方でなく、移動したステップをすべて一つの階層とするとグラフが直線化する。具体的には、表4の右側に示すように、ゴールをゼロとして逆計算すると、タスクの「スタート」が階層レベル11となる。そして、その次の「HOME」が階層レベル10となり、順次一つずつ階層が減衰して行く階層レベルの設定を行う。この内容を図示したのが図5である。そして、この方法で基準グラフを作成すると図6に示すグラフになる。なお、図6の中の棒グラフは操作が停留した秒数(図の右側が目盛り)を示す。

なお、図5の階層の書き仕方は直線化する前のものである。図の中の四角枠の上に直線化する前の階層レベルを記してあ

るので、その数値からも理解できる。

表4 タスクAの直線化前後の階層レベルの相違

	改良前	改良後
スタート	3	11
HOME	3	10
自 あたため	2	9
自 解凍	2	8
自 蒸し物	2	7
自 焼き物	2	6
自 揚げ物	2	5
自 焼き魚	2	4
焼魚 焼き魚	1	3
焼魚 アジ	1	2
焼魚 さんま	1	1
ゴール	0	0

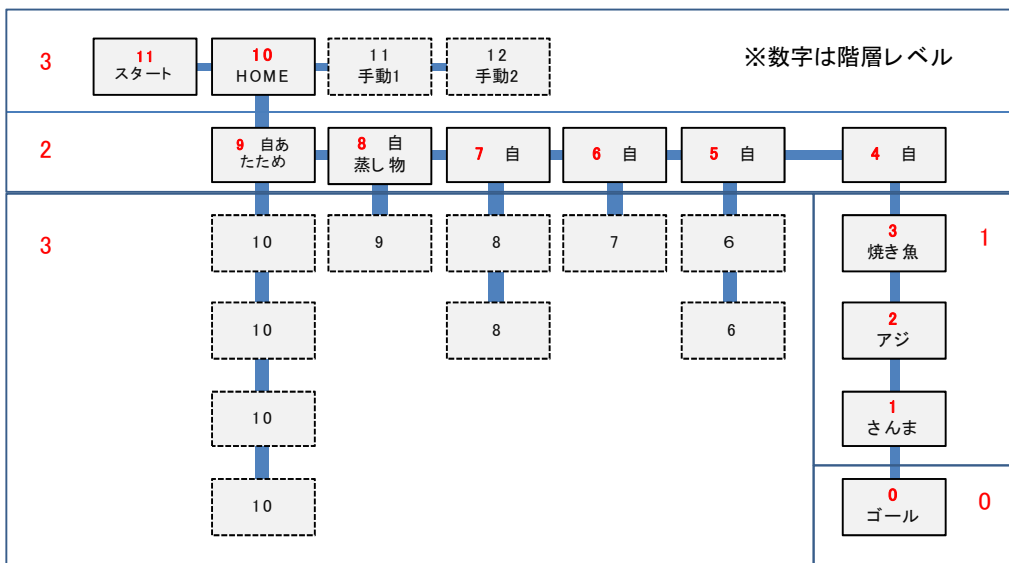


図5 直線化の考え方を階層的に説明

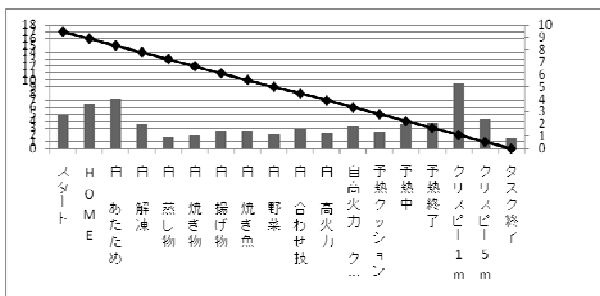


図6 タスクAの基準グラフ

次に、タスクAの任意の被験者のデータを直線化する前のグラフ(図7)と直線化後のグラフ(図8)で比較する。図7

の直線化前のグラフでは階層が浅いため誤操作・停滞の箇所の判別が行いにくい。操作過程で迷子にならないために、一般的なインタフェースをデザインする際の鉄則では階層は「最大3階層以内」<sup>5)</sup>にするのが推奨されている。企業の製品開発部門でもこの鉄則は遵守されているため、多くの製品がこの鉄則を採用している。したがって、直線化する前のグラフ階層の考え方では、実際の製品には適用するのが困難であることが分かった。

他方、図8に示す直線化した後のグラフでは操作の階層移動が多く表現されており、誤操作・停滞の箇所の判別が容易である。特に、グラフの中で右下がりの直線的な区間のグラフの項目は誤操作・停滞を起こしていないことが明確に分かる。

図9の階層レベルが上がり始めたところを見ると「手 レ

レンジ」(手動階層のレンジの状態)に行き、手動階層へ潜っていることがわかる。「手 発酵」までゆくとまっすぐゴールしていることもわかる。タスク終了時点を見てわかるように、

「自焼魚 さんま」(自動階層の焼き魚階層のさんま)に到達することがタスクであるため、自動階層に向かわなかったために誤操作が起こっている。

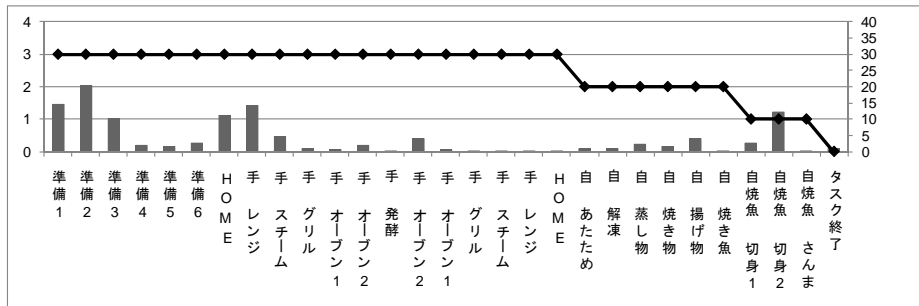


図7 直線化する前のグラフ例

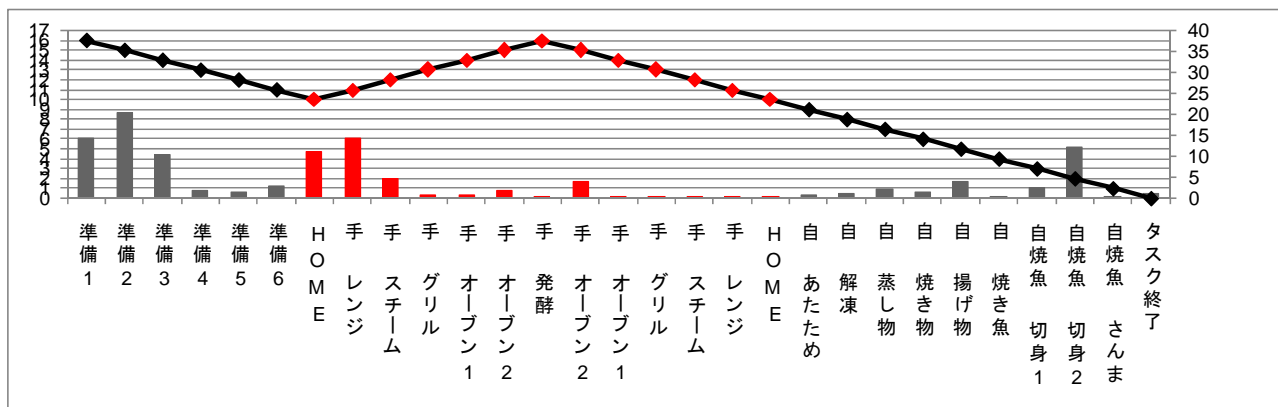


図8 直線化した後のグラフ例

#### (4) デジタルカメラ事例

実験で用いたタッチパネル式のデジタルカメラは、図9に示すように、本体の上部に電源と再生、撮影(シャッターボタンも併用)の3つの物理ボタンがある。また、物理ボタンの最上位の階層の下がタッチパネルの表示画面である。図9から分かるように、最上位から次の下の階層は、画面内の左側の黒い部分の操作ボタンである。そして、その階層レベル2の下位が横に吹き出している選択内容である。このようにデジタルカメラのプロトタイプの説明から分かるように、前述のオープンレンジの例と違い大変階層が浅く、最大3階層であるため本事例でもグラフからの理解が困難である。

具体的に、表3のタスクAの内容をもとに前の事例と同じように階層図で描くと図10のようになる。「動画」を選択した場合をゴール「0」とすると、図11に示すように、スタートの「撮影」から2操作でタスクが達成される。図10に示すHOMEの下階層のどこからでも物理ボタンの撮影ボタンを押すことで階層レベル2の「撮影」まで状態移動する。このため、どこまで「HOME」の階層を深く潜っても階層レベルは3となる。したがって、グラフ化しても誤操作・停滞の箇所を見つけ出すことは困難である。この方法で被験者データをグラフ化したのが図12である。この図から明らかに、誤操作・停滞の箇所を抽出することはできない。

このように、タッチパネルや物理ボタンのように、深い階層から一つのボタンで最上位の階層に飛ぶことのできるインタフェース構造の場合、直線化の前のオープンレンジで説明したような明確な階層レベルの番号をつけることができない。もし、オープンレンジ例に準拠して、図10の階層レベルを記すと、例えば、「HOME」の下位の階層は階層レベル4、

その下は階層レベル5となる。



図9 デジタルカメラプロトタイプ

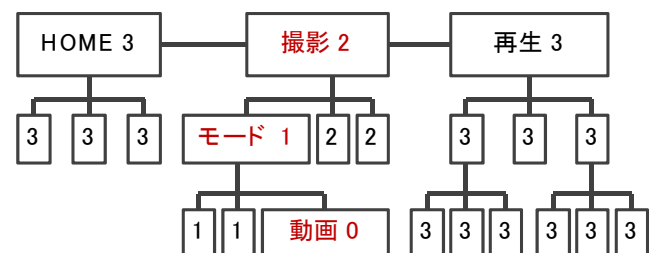


図10 タスクAの階層図

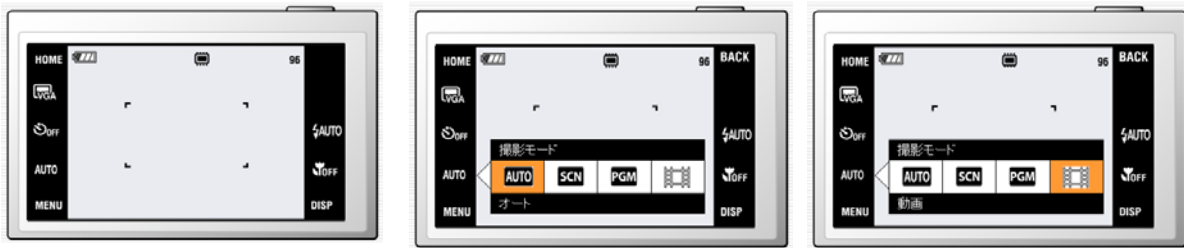


図 11 タスク A の階層の画面遷移「撮影」レベル 2 → 「モード」レベル 1 → 「動画」レベル 0

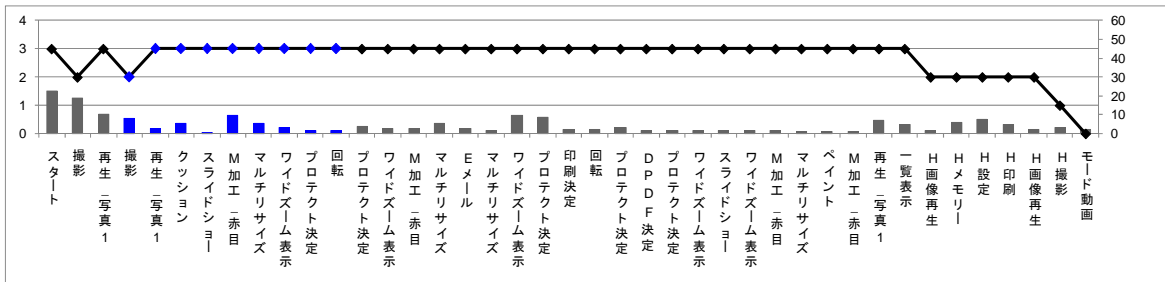


図 12 被験者データをグラフ化(階層レベル変更の前)

本事例のデジタルカメラのような階層が簡潔な場合、図 10 の階層図でも最短コースの基準グラフは直線となる。このように基準グラフは直線ではあるが、前述のように深い階層から一つのボタンで最上位の階層に戻ることでできるインタフェース構造の場合、ゴールからの到達までの操作ステップ数が最大 3 となって、誤操作・停滞の箇所を見つけだすことは困難である。そのため、矛盾が生じて、オープンレンジ事例の直線化の前のように、図 13 に示すようなゴールからの到達までの操作ステップ数の考え方を採用した。

図 13 に示す方法で被験者データをグラフ化したのが図 14 である。この図 14 と図 12 と比較して明らかなように、図 14 の方が誤操作・停滞の箇所を見つけだすことができる。また、前述のように危惧した矛盾は、提案のグラフ化では大きな問題にならなかった。図 14 の中の点線の円内部に示すように、階層レベルが 2 つ以上降下するだけで、逆に、ジャンプする操作の内容を把握することが容易である。

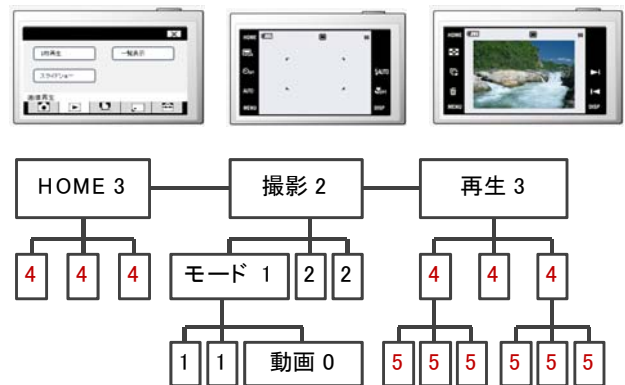


図 13 タスク A の階層図(階層レベル変更の後)

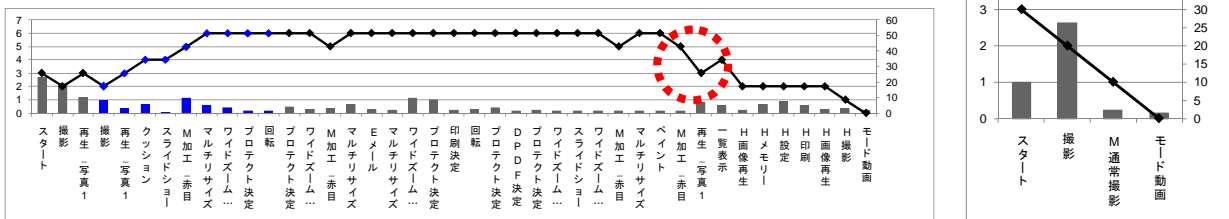


図 14 被験者データをグラフ化(階層レベル変更の後) 基準グラフ(右)

(5) 統計的な結果

以上で述べた方法で、誤操作・停滞の箇所を見つけ出す、例えば、図 15 に示すオープンレンジのタスク A の場合、階層レベルの増減がよくわかり、提案方法により最短ルートでゴールした場合は一直線となるため誤操作・停滞の箇所が視覚的に容易に把握できる。つまり、階層レベルが上昇続けている箇所はタスク達成から遠ざかっており、逆に下がりはじめるとタスク達成に近付き、制作したエクセルのソフトでグラフ化した際に誤操作の範囲は赤色(矢印の範囲)になるため、

その赤色が消えると元の場所まで復帰したことが視認できる。このような方法で、オープンレンジとデジカメの誤操作・停滞の箇所を抽出して集計したものが表 5 と表 6 である。

なお、表 5 と表 6 の下端の「無効」は、履歴データを取得するテンプレートの設定に実験者の不慣れがあったことが原因である。特に被験者の途中の質問に対応するために、一度履歴データの書き出しソフトを停止した後、実行を忘れていたことが大きな原因であった。これはテンプレートやプロトタイプの問題でなく、あくまでも人的なミスである。

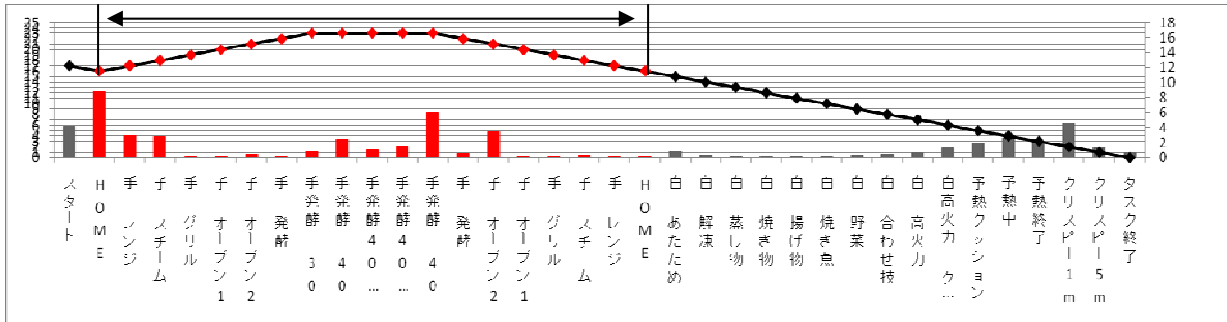


図 15 オープンレンジのタスク A の任意の被験者の結果グラフ

表 5 オープンレンジの誤操作・停滞数の集計

被験者21名	タスクA		タスクB		タスクC		タスクD	
一直線	10	48%	4	19%	7	33%	8	38%
誤操作	8	38%	7	33%	4	19%	3	19%
停滞	0	0%	1	5%	1	5%	0	5%
無効	3	14%	9	43%	9	48%	10	48%

表 6 デジタルカメラの誤操作・停滞数の集計

被験者21名	タスクA		タスクB		タスクC		タスクD	
一直線	1	5%	12	57%	10	48%	8	38%
誤操作	20	95%	6	29%	9	43%	9	43%
無効	0	0%	3	14%	2	10%	4	19%

表 7 にオープンタスク A の誤操作開始個所を並べる。HOME の状態で、自動階層か手動階層どちらにさんまを焼く設定があるかは予想できない状態である。左へ回した被験者 4 名がそのまま手動階層へ行き誤操作が引き起こされたと考えられる。

焼魚状態で決定を選択し、その下階層へ行けばタスク達成に近付いたが、ダイヤルを右に回し続けて 2 名誤操作が起こった。あまり項目に注視せず、試しながら考えたための誤操作と考えられる。

表 7 オープンタスク A 誤操作開始個所列挙

HOME	4
焼魚	3

表 8 にオープンタスク B の誤操作開始個所を並べる。6 名が HOME 状態で誤操作を起こした。これは前回のタスクの逆に手動のオープンを選択するためダイヤルを左に回せばタスク達成へ向かったが、前回のタスクと同じ動作をして自動階層へ入ったために起こった誤操作と考えられる。

オープン予熱なし 300 の状態での誤操作だが、タスク達成までもう少しかったがこのあとの動作が想像しにくく、いったん取消を選択し階層をもとの状態に戻したためと考察した。

表 8 オープンタスク B 誤操作開始個所列挙

HOME	6
オープン予熱なし 300	2

以上のように、抽出された誤操個所からの誤操作理由考察は可能である。

### 3. まとめと今後の展開

先行研究の「誤操作」と「操作の停滞」の箇所を抽出する階層的なグラフ化手法の提案を踏まえて、本研究では実際の製品で適用可能かの検証を行なった結果、使いやすさを考慮した浅い階層の実際の製品では難しく、そのため新たな提案を行なった。また、得られた結果から統計的な分析も可能であることが示された。

今後の展開として、新たな提案が多くの製品で適用可能かを検討するために、多くの企業の協力を得て、実証実験を行って行きたい。また、その際に必要となる提案手法の説明とエクセルの解析ソフトの入手環境の整備も、操作履歴データを書き出すパワーポイント等のソフトの配布を委託している株式会社ホロンクリエイトに協力を得て進めて行きたい。

### 謝辞

実験に用いたオープンレンジのプロトタイプ制作に関して、快く製品を貸与して頂いたパナソニック株式会社くらし研究所の山下幸一郎氏およびパナソニック・ビジネスサービス株式会社の村田理恵氏には謹んで感謝の意を表します。また、被験者に協力して頂いた広島国際大学の学生諸氏にも厚くお礼を申し上げます。

### 参考文献

- 1) 井上勝雄、岸本寛之、酒井正幸：パワーポイントを用いたインタフェースデザイン開発支援ツールの研究、日本人間工学会第 49 回大会講演集、pp.280-281、2008
- 2) 岸本寛之、井上勝雄：プロトタイプ操作データの階層分析法の試案、日本人間工学会第 50 回大会講演集、pp.318-319、2009
- 3) 三菱電機株式会社デザイン研究所編：こんなデザインが使いやすいを生む、工業調査会、pp.61-66、2001
- 4) 中川、石原、藤原、他 4 名：評価実験による全自動洗濯乾燥機の操作部改善、日本人間工学会第 49 回大会講演集、pp.286-287、2008
- 5) 井上勝雄：魅力的なインタフェースをデザインする、工業調査会、pp.110、2008