

ラピッドプロトタイピング手法と 階層グラフ化分析

(分析手法の概説)

井上勝雄 (広島国際大学)

はじめに

インタフェースデザインの**設計論の視点**から、求められる評価手法は？

前提として、**開発プロセスの上流**で行なえる評価である必要がある。

そのためには、**プロトタイピング手法**が広く用いられている。

しかし、**いくつかの課題**がある。

- (1) **プロトタイプ制作**にスキルと時間が必要。
- (2) **定量的な評価手法**が確立されていない。

プロトタイピング手法の2極化

表示画面のある製品の**プロトタイプ**は、以下のように**2極化**されている。

1. **低忠実度**：ペーパープロトタイピング
2. **高忠実度**：Flash等ソフトで作成

インターフェースデザイン
の図面に相当する

上流

下流

低忠実度

高忠実度



高価なプロトタイピングソフト
ジオガイア

低忠実度は動きがなく、
一方、
高忠実度は制作に時間
を要す欠点がある。

3

ディレクターとパワーポイントの機能比較結果

比較調査の結果、
パワーポイントの利点は、**制作が短時間**、**スキル不要**、**分担作業可能**、
修正が容易、**履歴データ取得が可能**などが示された。

表1 パワーポイントとディレクター(フラッシュ)

パワーポイント	ディレクター(フラッシュ)
短時間に制作が可能	制作に時間がかかる
習得のための特別なスキルが不要	スキルが必要
シンプルなページ概念のため、制作者以外でも修正が容易	複雑なレイアウトのため、修正が困難
複数のパワーポイントを階層的にリンク可能なことから、分担作業が可能	リンク機能がないため、分担作業は困難
VBAマクロ機能により、機能拡張(例:回転ボタン)が可能	機能拡張が不可能
VBAマクロ機能による履歴データを取得可能	履歴データの取得が不可能
エクセルと連携して、パフォーマンステスト解析が可能	パフォーマンステスト解析が不可能
OSがバージョンアップしても、過去のファイルが動作可能	過去のバージョンのファイルが動作不可

制作が短時間

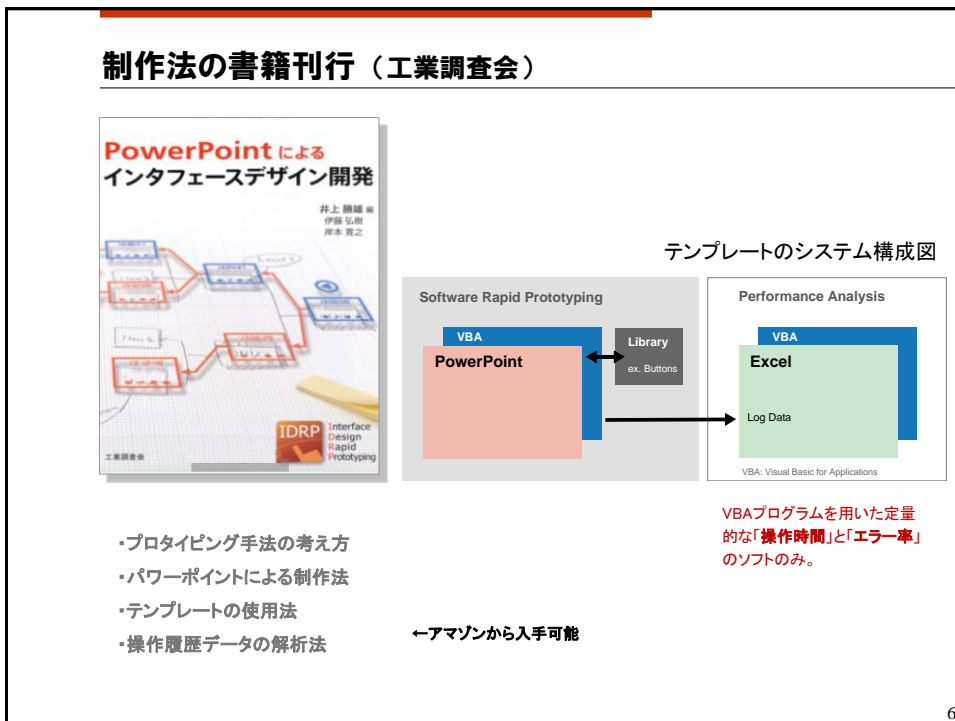
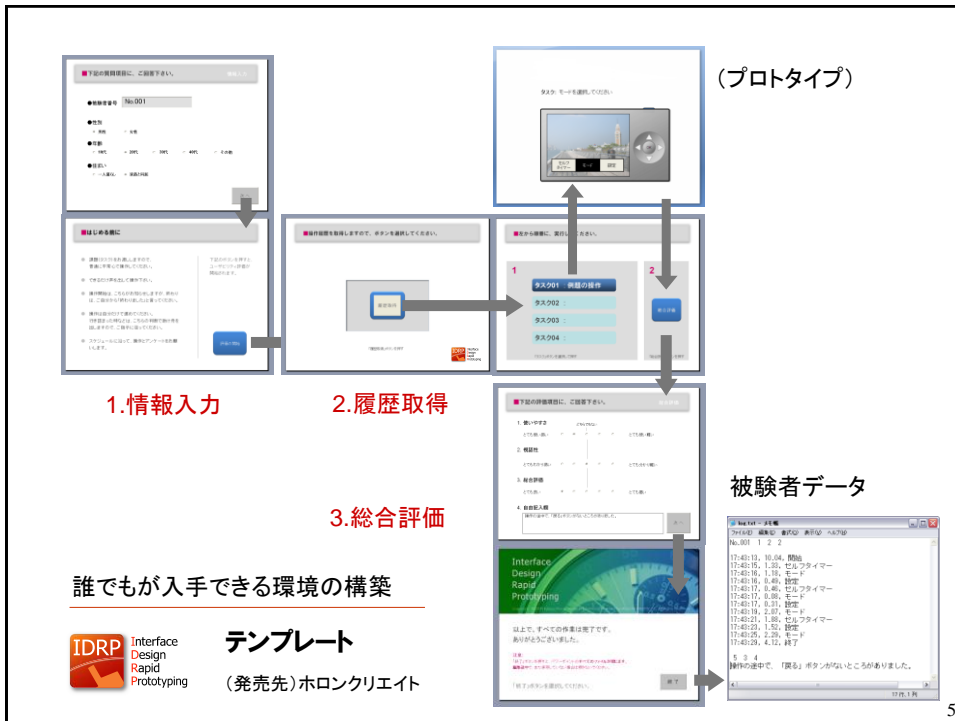
スキル不要

修正が容易

分担作業可能

履歴データ取得が可能

4



実証実験

実際に製品デザイン開発を担当するデザイナーが、業務に応用することが可能な化の検証を行ない、本手法の有用性を確認した。

2008年5月 協力をお願いした企業にて使用法のセミナー開催

2008年7月 企業担当者がプロトタイプを制作

本検証結果から、予備知識がほとんどないデザイナーでもプロトタイプ制作が可能であることが示された。そして、ユーザビリティ評価が可能なことも示された。

つまり、

本テンプレートは実務でも問題なく適用可能であることが示された。



7

操作履歴解析の課題

これまで、定量的な「操作時間」と「エラー率」は求められていたが、発話記録から求めていた「操作の停滞」と「誤操作」については、定量的に抽出する手法がなかった。

これらはデザインの改善に重要なため、検証実験の際に、企業現場から希求された。

そこで、少しでも、定量的な手法を目指して、解析手法の研究を行なった。

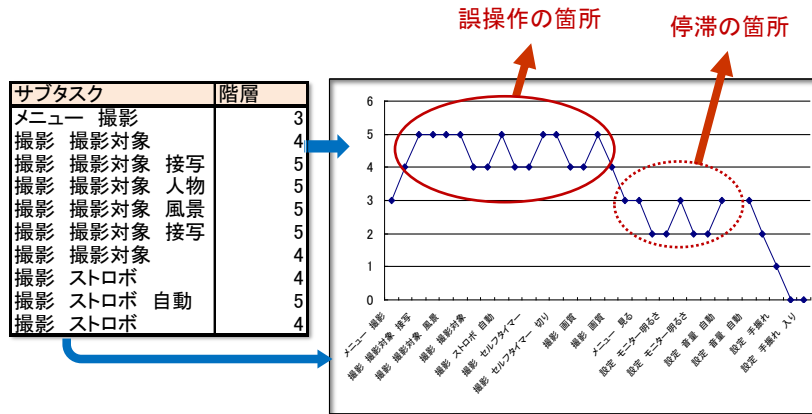
評価の種類	評価指標	方法
定量的	速度	タスク所要時間
	誤り率	エラー率
	主観評価	5段階尺度
定性的	発話プロトコル	(1) 操作の停滞 (2) 誤操作 (3) 戸惑いの発言
	インタビューによる自由意見	ラダーリング法など

8

階層グラフ化分析の考え方

操作履歴の現在状態をおおまかに階層として区切り、階層はどれだけタスク達成に近いかのレベル(数字)を割り当てグラフ化した。

データは全て自動的に解析でき、期待の大きい統計的な解析が可能である。



9

ケーススタディによる解析可能性の確認

13名のうち、4名が「撮影・撮影対象」で誤操作を起こした。

3名が「設定・モニターの明るさ自動」で停滞を起こした。

2名が「撮影・撮影対象」で停滞を起こした。

したがって、
本結果から、誤操作と停滞の箇所が抽出できることが示された。



	停滞・誤操作が 起こった箇所	被験者数
停滞	設定 明るさ 自動	3
停滞	撮影 撮影対象	2
誤操作	撮影 撮影対象	4
停滞	手ぶれ 切り	1
停滞	設定 文字表示	1
停滞	設定 撮影対象 接写	1
誤操作	設定 音量	1
誤操作	見る スライド	1
停滞	メニュー 見る	1
停滞	メニュー 設定	1

10

実際の製品による検証

先のケーススタディのプロトタイプは、架空の製品のため、実際の製品の操作環境とは異なる。

そこで、

本手法を**実際の製品で適用が可能かを検証した。**

実物を再現した2種類の製品(オーブンレンジとデジタルカメラ)から、事例評価を行った。



11

2. 実験の方法

(1) 実験の概要

被験者 : 大学生男女21名

期間 : 2010年7, 8月

実験方法:

デジタルカメラの後に

オーブンレンジのタスク操作を被験者に課した。

オーブンレンジ
(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°Cに設定のうえ、4分間調理してください。
(C) クリスピーピザを作ります。40°Cで20分間発酵させてください。
(D) クリスピーピザを作ります。次にクリスピーピザに適したモードで、5分30秒焼いてください。

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。それを表示してください。
(D) 写真の印刷を行ってください。

12

オープンレンジの概要

自動メニュー

押すだけ
 ●あたため・加熱がスタートします。

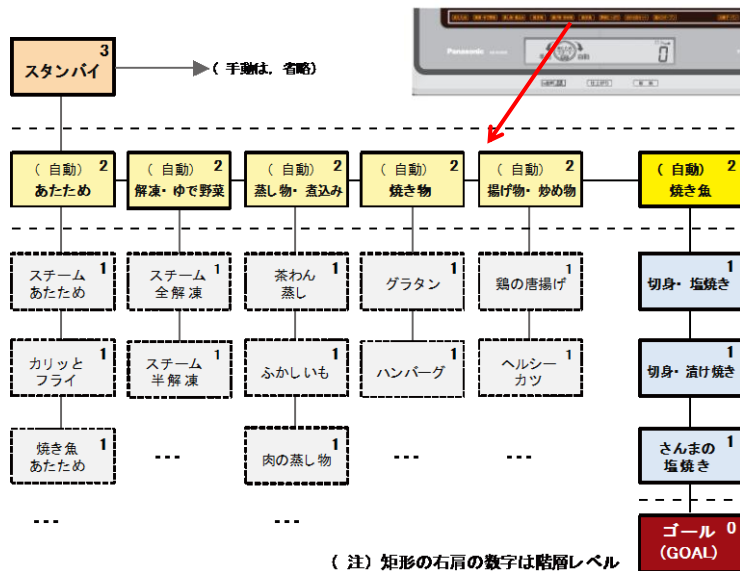
まわして
 ●自動メニューや手動メニューを選ぶことができます。温度や時間の設定、自動メニューの仕上がり調節ができます。

押す
 ●選んだメニューや合わせた温度、時間を確定します。
 ●加熱がスタートします。

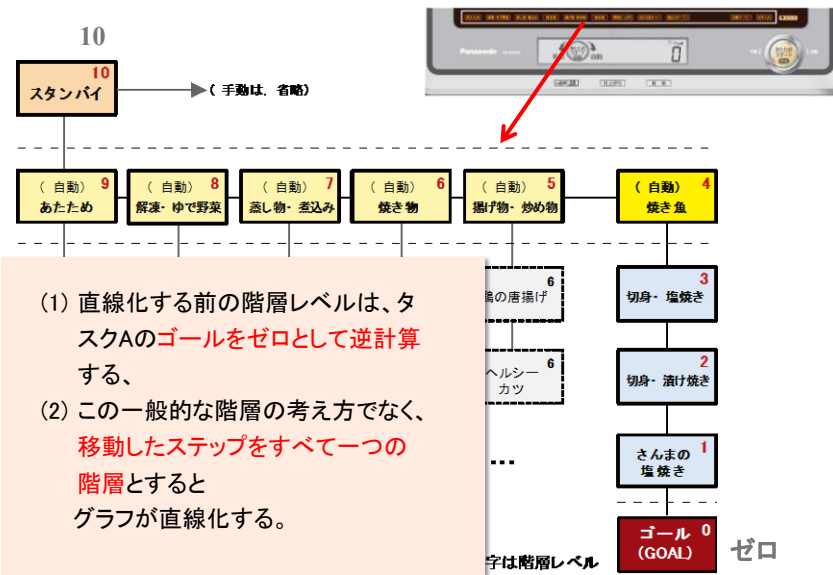
左にまわして押すと
 手動メニューが選べます。

右にまわして押すと
 自動メニューグループとメニュー、お手入れが選べます。

オープンレンジの階層図（変更前）

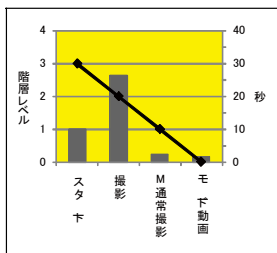


オープンレンジの階層図（変更後）

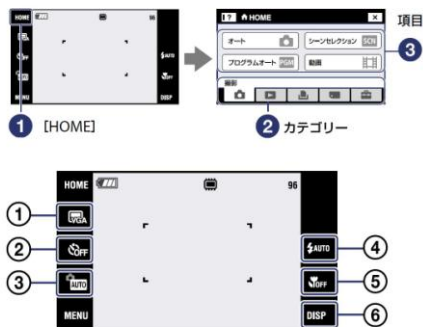
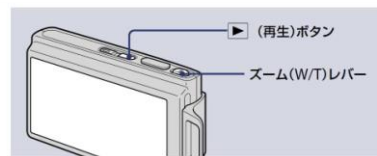


デジタルカメラの概要

カーソル操作とは異なり、
タッチパネル操作のため、
直接、ゴール近く遷移できる。
そのため、
階層図の確定が難しい。



最短コースの基準グラフ

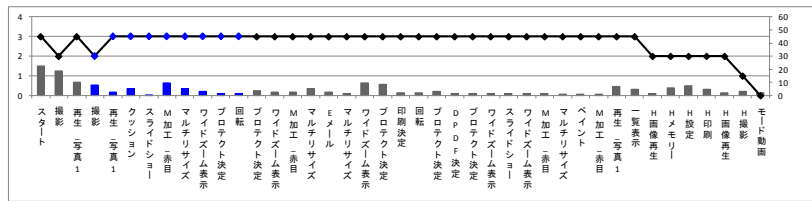


- ① 画像サイズを変える
- ② セルフタイマーを使う
- ③ 撮影モードを切り換える
- ④ 静止画のフラッシュモードを選ぶ
- ⑤ 被写体に近接して撮る
- ⑥ 画面表示を切り換える

デジタルカメラの階層図（変更前）



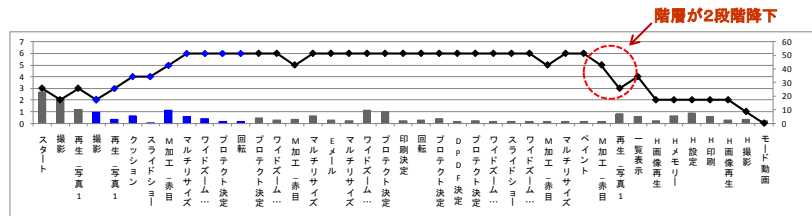
階層遷移の連続性を基にした階層図



デジタルカメラの階層図（変更後）



タッチ操作数で階層を定義



階層が2段階降下

分析結果のグラフ化

●グラフ化の手順

- (1) 各タスクの操作履歴データの取得
 - (ユーザビリティ評価ツールを使用, 次頁参照)
- (2) **変換表**の作成
 - 階層図の作成とそれらの対応表 (エクセル)
 - 作業負荷がやや高い
- (3) 変換表による履歴データの階層の確定
 - 多数の履歴データを一括変換可能
- (4) 階層グラフの作成

21

階層グラフ化分析のプロセス

操作履歴データの取得

- (1) 被験者毎の「スライド名」と「経過時間」の取得
- (2) プロトタイプの最初のスライドから最後のスライドまでのスライド名を取得

変換表の作成

- (1) 「スライド名」に状態名を入力
- (2) 各スライドへの「階層レベル」の割り当て

履歴変換ソフトの実行

階層グラフ化分析ソフトの実行

階層グラフの完成

ス	状態名	経過時間
1	HOME	10
2	HOME	11.1
3	HOME	11.1
4	HOME	14.16
5	HOME	4.53
6	HOME	0.79
7	HOME	0.79
8	HOME	0.79
9	HOME	1.89
10	HOME	0.3
11	HOME	4.68
12	HOME	14
13	HOME	0.3
14	HOME	0.26
15	HOME	11
16	HOME	0.27
17	HOME	9
18	HOME	1.65
19	HOME	2.17
20	HOME	1.56
21	HOME	6

スライド名	状態名	階層レベル	スライド名	経過時間
Slide2	HOME	10	Slide2	11.1
Slide12	自 来たため	9	Slide23	14.16
Slide13	自 解凍	8	Slide24	4.53
Slide14	自 煎じ物	7	Slide25	0.79
Slide15	自 焼き物	6	Slide26	0.79
Slide16	自 揚げ物	5	Slide27	1.89
Slide17	自 焼き魚	4	Slide28	0.3
Slide18	自 野菜	5	Slide27	4.06
Slide19	自 やせ技	6	Slide28	0.46
Slide20	自 着火刀	7	Slide25	0.3
Slide21	自 着火刀	8	Slide24	0.26
Slide229	手 説明 40	16		
Slide230	手 説明 40	16		
Slide231	手 説明 40	16		
Slide232	手 説明 40	16		
Slide233	手 説明 40	16		
Slide234	手 説明 40	16		
Slide235	手 説明 40	16		
Slide236	手 説明 40	16		
Slide237	手 説明 40	16		
Slide238	手 説明 40	16		
Slide239	手 説明 40	16		
Slide240	手 説明 40	16		
Slide241	手 説明 40	16		
Slide242	手 説明 40	16		
Slide243	手 説明 40	16		
Slide244	手 説明 40	16		
Slide245	手 説明 40	16		
Slide246	手 説明 40	16		
Slide247	手 説明 40	16		
Slide248	手 説明 40	16		
Slide249	手 説明 40	16		
Slide250	手 説明 40	16		
Slide251	手 説明 40	16		
Slide252	手 説明 40	16		
Slide253	手 説明 40	16		
Slide254	手 説明 40	16		
Slide255	手 説明 40	16		
Slide256	手 説明 40	16		
Slide257	手 説明 40	16		
Slide258	手 説明 40	16		
Slide259	手 説明 40	16		
Slide260	手 説明 40	16		
Slide261	手 説明 40	16		
Slide262	手 説明 40	16		
Slide263	手 説明 40	16		
Slide264	手 説明 40	16		
Slide265	手 説明 40	16		
Slide266	手 説明 40	16		
Slide267	手 説明 40	16		
Slide268	手 説明 40	16		
Slide269	手 説明 40	16		
Slide270	手 説明 40	16		
Slide271	手 説明 40	16		
Slide272	手 説明 40	16		
Slide273	手 説明 40	16		
Slide274	手 説明 40	16		
Slide275	手 説明 40	16		
Slide276	手 説明 40	16		
Slide277	手 説明 40	16		
Slide278	手 説明 40	16		
Slide279	手 説明 40	16		
Slide280	手 説明 40	16		
Slide281	手 説明 40	16		
Slide282	手 説明 40	16		
Slide283	手 説明 40	16		
Slide284	手 説明 40	16		
Slide285	手 説明 40	16		
Slide286	手 説明 40	16		
Slide287	手 説明 40	16		
Slide288	手 説明 40	16		
Slide289	手 説明 40	16		
Slide290	手 説明 40	16		
Slide291	手 説明 40	16		
Slide292	手 説明 40	16		
Slide293	手 説明 40	16		
Slide294	手 説明 40	16		
Slide295	手 説明 40	16		
Slide296	手 説明 40	16		
Slide297	手 説明 40	16		
Slide298	手 説明 40	16		
Slide299	手 説明 40	16		
Slide300	手 説明 40	16		
Slide301	手 説明 40	16		
Slide302	手 説明 40	16		
Slide303	手 説明 40	16		
Slide304	手 説明 40	16		
Slide305	手 説明 40	16		
Slide306	手 説明 40	16		
Slide307	手 説明 40	16		
Slide308	手 説明 40	16		
Slide309	手 説明 40	16		
Slide310	手 説明 40	16		
Slide311	手 説明 40	16		
Slide312	手 説明 40	16		
Slide313	手 説明 40	16		
Slide314	手 説明 40	16		
Slide315	手 説明 40	16		
Slide316	手 説明 40	16		
Slide317	手 説明 40	16		
Slide318	手 説明 40	16		
Slide319	手 説明 40	16		
Slide320	手 説明 40	16		
Slide321	手 説明 40	16		
Slide322	手 説明 40	16		
Slide323	手 説明 40	16		
Slide324	手 説明 40	16		
Slide325	手 説明 40	16		
Slide326	手 説明 40	16		
Slide327	手 説明 40	16		
Slide328	手 説明 40	16		
Slide329	手 説明 40	16		
Slide330	手 説明 40	16		
Slide331	手 説明 40	16		
Slide332	手 説明 40	16		
Slide333	手 説明 40	16		
Slide334	手 説明 40	16		
Slide335	手 説明 40	16		
Slide336	手 説明 40	16		
Slide337	手 説明 40	16		
Slide338	手 説明 40	16		
Slide339	手 説明 40	16		
Slide340	手 説明 40	16		
Slide341	手 説明 40	16		
Slide342	手 説明 40	16		
Slide343	手 説明 40	16		
Slide344	手 説明 40	16		
Slide345	手 説明 40	16		
Slide346	手 説明 40	16		
Slide347	手 説明 40	16		
Slide348	手 説明 40	16		
Slide349	手 説明 40	16		
Slide350	手 説明 40	16		
Slide351	手 説明 40	16		
Slide352	手 説明 40	16		
Slide353	手 説明 40	16		
Slide354	手 説明 40	16		
Slide355	手 説明 40	16		
Slide356	手 説明 40	16		
Slide357	手 説明 40	16		
Slide358	手 説明 40	16		
Slide359	手 説明 40	16		
Slide360	手 説明 40	16		
Slide361	手 説明 40	16		
Slide362	手 説明 40	16		
Slide363	手 説明 40	16		
Slide364	手 説明 40	16		
Slide365	手 説明 40	16		
Slide366	手 説明 40	16		
Slide367	手 説明 40	16		
Slide368	手 説明 40	16		
Slide369	手 説明 40	16		
Slide370	手 説明 40	16		
Slide371	手 説明 40	16		
Slide372	手 説明 40	16		
Slide373	手 説明 40	16		
Slide374	手 説明 40	16		
Slide375	手 説明 40	16		
Slide376	手 説明 40	16		
Slide377	手 説明 40	16		
Slide378	手 説明 40	16		
Slide379	手 説明 40	16		
Slide380	手 説明 40	16		
Slide381	手 説明 40	16		
Slide382	手 説明 40	16		
Slide383	手 説明 40	16		
Slide384	手 説明 40	16		
Slide385	手 説明 40	16		
Slide386	手 説明 40	16		
Slide387	手 説明 40	16		
Slide388	手 説明 40	16		
Slide389	手 説明 40	16		
Slide390	手 説明 40	16		
Slide391	手 説明 40	16		
Slide392	手 説明 40	16		
Slide393	手 説明 40	16		
Slide394	手 説明 40	16		
Slide395	手 説明 40	16		
Slide396	手 説明 40	16		
Slide397	手 説明 40	16		
Slide398	手 説明 40	16		
Slide399	手 説明 40	16		
Slide400	手 説明 40	16		

22

階層グラフ化分析のグラフ化・1

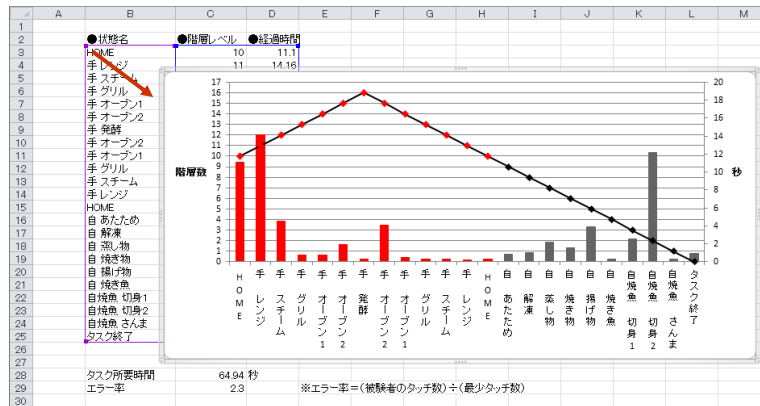
操作履歴変換結果の画面



テンプレート
オプション

2013年に配布開始

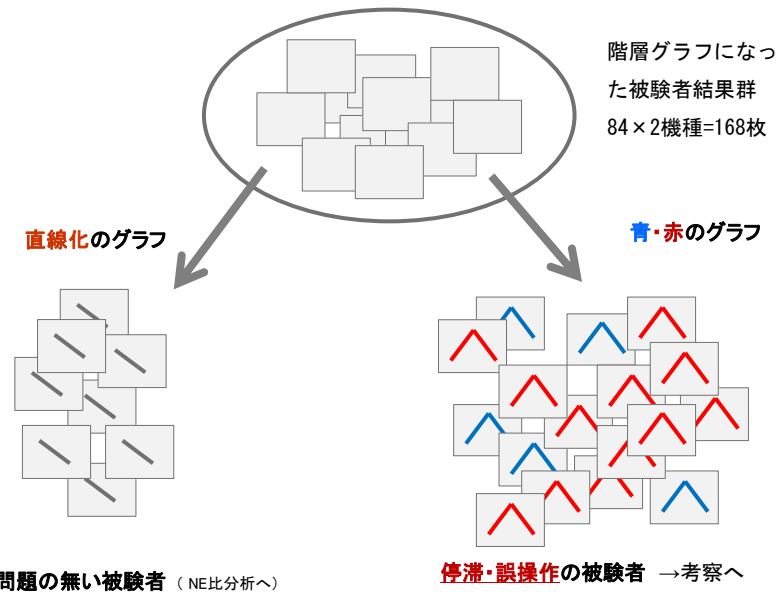
データ範囲をドラッグするだけで、自動的にグラフ化



詳細のグラフ解析の方法は、論文を参照

23

分析の作業



24

分析結果・・・統計的把握の可能性

結果から、無効の数を考慮しないとすると、オープンレンジでは約4割、デジタルカメラでは約6割の誤操作と停滞のグラフが求められた。
この誤操作と停滞のグラフから、具体的にはどのようなところが誤操作または停滞を起こしたかを考察することになる。

判定項目	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%

判定項目	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%

25

まとめ

これまで、その解析には多大な作業量を伴うということで大きな課題があった「操作の停滞」と「誤操作」箇所の抽出方法について、操作履歴データをもとに、その結果を階層グラフの考えをもとに効率的な抽出手法の提案を行なった。

実際の製品事例を通じて実務に適用できる解析方法の検討を行なった。
最短ルートの基準グラフを直線化する方法などの階層レベルの設定方法を工夫することで、統計的な検討も可能であることが示された。

一方、

結果の半数近くを占める一直線の内容についても分析する必要があると考え、その方法として、鱗原らの提案するNEM法(Novice Expert ratio Method)がある。詳しくは、次のページ参照。

26

階層グラフ化分析・2・・・ NE比分析

操作履歴変換結果の画面

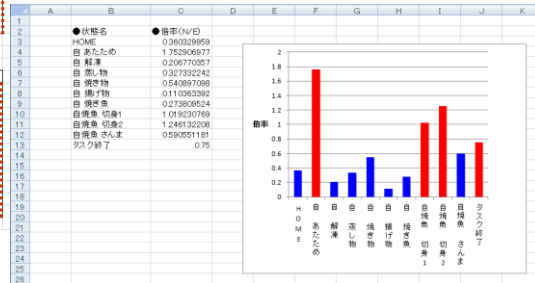
	A	B	C	D	E
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					

データ範囲を2か所
ドラッグするだけ



テンプレート
オプション

ほぼ最短距離でタスクを実行した被験者を
分析する方法としてNE比分析を適用する。



NE比分析法による実行結果画面

(結果の考察例・・・タスクの最初と後半に、戸惑いが見られる)

27

NE比分析とは

従来プロトコル分析を行った際に、被験者の行動や発話を分析してきているが、観察者の経験や資質によって結果が異なる危険があります。

そこで1999年ノーバス社によって開発されたNEM (Novice Expert ratio Method) は、比較的容易に行動データを定量的に分析することができる方法として開発された。

これは開発者のシステムモデルと、ユーザのメンタルモデルとのギャップに注目したもので、ノーマンも言っているように、設計者とユーザの間に生まれる操作モデルのギャップが使いにくさを生む原因になっていると考えられるからです。

NEMとは、ある一定のタスクにおいて、**開発者(エキスパート)**と**初心者ユーザ(ノービス)**の**操作に要する時間を比較し、ユーザビリティに問題のある操作ステップを把握する評価手法**である。

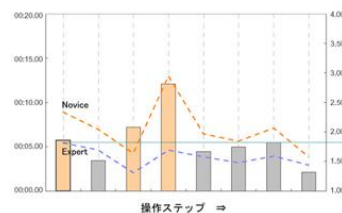
NE比は以下の公式により計算され、各操作タスクの難易度が示されることになる。

$$NE比 = T_n / T_e$$

T_n : 初心者ユーザが要した平均時間

T_e : エキスパートユーザが要した平均時間

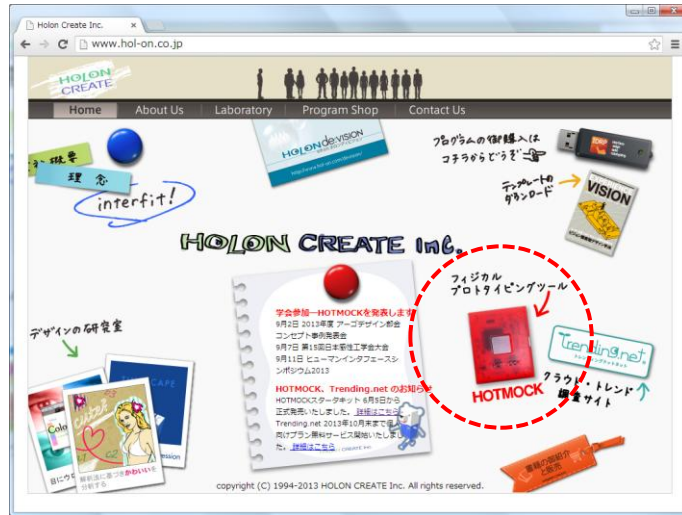
使いやすさ研究会
オープンユーザビリティ評価(3)評価方法[2]-NEM
http://usability.novas.co.jp/about_open_03.html



28

補遺・・・(株)ホロンクリエイトのサイト

http://www.hol-on.com/



29

プロトタイピングの方向

(1) ソフトウェア・プロトタイピング



Adobe Flash



高価なプロトタイピングソフト---ジオガイ



(2) ハードウェア・プロトタイピング

ELギア (U'eyes Design Inc.)



簡易ホットモデル



ELギアと専用PCソフト

UI開発支援ツール (Holon Create Inc.)



(3) プロトタイピングの評価手法・・・階層グラフ化分析

30

ホットモック ……(株)ホロンクリエイト

HOTMOCK®
ホットモック

デザイン学生に！
電子回路知識不要！
プログラミング知識不要！
すぐ作れる電子試作！

HOTMOCKとは電子回路技術やプログラミング技術を要せず
実体験に近いかたちでユーザビリティ検証、評価を
ラピッドプロトタイピングできるキットです。

31

ホットモック ……(株)ホロンクリエイト

ホットモックを使用したモデル例

くるま × HOTMOCK

USB モニター*とハンドルなどと組み
合わせ、インタラクションやボタンの
配置を確認

住宅 × HOTMOCK

タッチパネル*やソレノイドスイッチ*
などで、トイレの操作パネルを実験

カメラ × HOTMOCK

web カメラ*や USB モニター*をつけて
カメラの操作性、スイッチ類の配置の
評価に

公共・産業機器 × HOTMOCK

USB タッチパネル*や小型プリンタ*
を用いてキオスク端末、ATM などの
試作を表現

*上記例にある「USB モニター」「タッチパネル」「ソレノイド」「web カメラ」「USB タッチパネル」「小型プリンター」等は市販品を用いたもので、当 HOTMOCK キットには含まれません。

ホットモックをシミュレートするソフトウェア

ホットモックセッティング

スイッチ類をつないだらそれぞれの
役割を付属の設定ソフトで感覚
的につなげることができます。

ホットモックビルダ/シミュレータ

どのようにインタラクションする
かは、まるで紙芝居をつくるよう
に順番ごとに作り上げていきます。

ホットモック分析・解析

実際に操作したログをとることも
できるので、ユーザビリティの分
析、解析を行います。

32