

# オブジェクトの速度変化とユーザの気づきに関する考察 ～データ数増減の可視化手法の開発とユーザ実験による検証

吉田 悠<sup>†</sup> 池上 輝哉<sup>†</sup> 福住 伸一<sup>†</sup>

筆者らは、大規模複雑な情報を扱う環境において、ユーザが把握すべき様々な状況変化に適した表現方法を施すことで、作業への阻害を抑えつつ確実な気づきを与えることを目指し、オブジェクトの動きの速度と数を用いた表現に着目したデータ数の増減の可視化手法を考案した。本稿では、ユーザ実験により、周辺視野領域でオブジェクトの速度を単位時間あたりに一定量ずつ変化させたときの、速度変化に対するユーザの気づきやすさを検証した。結果より、変化前の速度の大きさによって気づきに必要な速度の変化量が異なる傾向にあること、変化前の速度と単位時間あたりの速度の変化量との組み合わせにより速度変化に対する気づきやすさを制御できそうなことが分かった。

## A study on users' awareness of changed objects' velocities ～ A development of a visualization method for changes in the number of data and a test of the method by user experiments

HARUKA YOSHIDA<sup>†</sup> TERUYA IKEGAMI<sup>†</sup>  
SHIN'ICHI FUKUZUMI<sup>†</sup>

The authors tackle a GUI design that quickly and certainly makes workers realize various changes of the situation and does not disturb them when they treat huge and complex information on screen. In our previous work, we focused on an expression using velocities and the number of objects, and proposed visualization method for an awareness of changes in the number of data with the expression. This paper tested to clear a relationship between the awareness and velocity's changes by incrementally changing velocities of screen-displayed objects in peripheral visual field. The result of the examinations showed that the necessary amount of velocity change is different in initial velocities and handling the velocity possesses potential to control the awareness.

### 1. はじめに

近年のセンサー技術の向上や、クラウドおよび仮想化技術の進歩により、膨大な量の情報をリアルタイムに収集・処理できるようになり、これら大量の情報を統一的に扱えるようになってきた[1]。それに伴いシステム操作画面やアプリケーション画面に表示できる情報量は大量かつ多種多様になり、画面上の情報密度はますます高く複雑になってきた。特に、運用管理や航空管制等の監視業務を支援するシステムの画面では、リアルタイムに更新される大量のデータを常時表示しておく必要がある。そのため画面上の表示が著しく煩雑・複雑化して分かりにくくなり、その結果信頼性が高く効率的な監視作業の遂行が難しくなってしまう。そのため、リアルタイムに更新される大量のデータを有効に扱い確実かつ効率的な業務遂行を実現するためには、分かりやすい UI (User Interface) の実現が重要である。

「分かりやすさ」は、その捉え方や評価方法が多岐にわたる[2]。例えば、岩槻[3]は、説明文の記載内容をデータ表示用グラフで視覚的に示したときの表示の分かりやすさを、意味の「理解しやすさ」と捉え、内容の本質的な理解をどの程度支援できているかを内容理解テストにより評価して

いる。また北神[4]は、標識等の表示シンボルの分かりやすさを、そのシンボルの意味の「説明のしやすさ」と捉え、シンボルの意味の分かりやすさを「自然文で説明するときを感じる難易度」により評価している。石橋ら[5]は、操作メニューの構造の分かりやすさを機器操作におけるユーザ心理モデル(手続きモデル)との整合度合いと捉え、その操作メニューがどれだけ利用者に分かりやすいかを、操作エラー数と目的達成までの操作ステップ数により評価している。以上の研究はいずれも、分かりやすさが情報の意味の理解のしやすさに関連していると捉えた研究である。一方、業務の現場において他の捉え方もみられる。例えば、原子力発電所の作業環境では、必要な情報や現在の状況への「気づき」が作業の分かりやすさに重要であることが報告されている[6]。また運用管理や航空管制等の監視業務においても、重要な情報の更新や状況の変化への「気づき」が業務の効率化やエラーの低下に大きく寄与する。特に先で述べた、大量かつ多種多様でリアルタイムに更新される情報が表示される監視業務において、必要な情報に確実に素早く気づくことは不可欠である。

そこで本研究では、分かりやすい UI を実現するために「気づき」に着目し、利用者に気づきを与える表現を明らかにすることを目指す。ここでの「気づき」とは、データマイニングや数値分析における情報の推論や発見等ではな

<sup>†</sup> NEC 情報・ナレッジ研究所  
Knowledge Discovery Research Labs., NEC Corp.

く、視覚的な刺激に対する知覚を指す。本研究では特に、大量かつ複雑な情報を統一的に管理するような場面での状況の変化への気づきを想定する。そこでは気づかせたい情報の種類や優先度が複数存在する。そのため、気づきを与える複数の通知手段を備えておくことが有効である。

このような複数の通知手段は、近年のリッチな表現力を持つプラットフォームにより実現可能である（例えば、HTML5 や Flash など）[7]。しかし、画面上でそれぞれ優先度の異なる通知に対する表現方法の選定を誤ると、利用者を混乱させ作業効率の低下やエラーを招いてしまい、場合によっては甚大な被害を与えかねない。そこでまずは、どのような表現が利用者の気づきにどう影響するかを明らかにする必要があると考えた。扱う表現として、今回筆者らは、これまであまり言及されてこなかった気づきに有効そうな「動き」に着目した。本稿では、動きの特徴の一つである速度について、速度変化と利用者の気づきとの関係を調べる基礎的な実験を行なったのでその結果を報告する。

## 2. 気づきに関する従来研究と課題

筆者らが想定する気づきとは、システムの画面に表示されている情報を利用者が優先度や目的に応じて適切に知覚することである。2.1 節では、従来研究における気づきの分類とそれらを実現するための有効な表現について述べる。2.2 節では、これら従来研究や事例をふまえて本研究で取り組む課題について述べる。

### 2.1 気づきを与える表現

表 1 気づきに関連する GUI 要素（[8]を引用・改訂）

Table 1: GUI elements concerned to awareness (revising [8]).

GUI 要素	意味
動き	オブジェクトがある速度である方向に移動する表現
数・密度	オブジェクトの個数または単位領域あたりの個数
面積	オブジェクトや領域の大きさ、サイズ
配色	オブジェクトや領域の色彩またはその組み合わせ
形状	オブジェクトの形、大きさの比率
位置・配置	オブジェクトや領域の絶対または相対位置
質感	オブジェクトのテクスチャ

気づきを与える表現に関して従来研究や事例を調査した結果、筆者らは気づきを、対象物の視覚的注意の引きやすさ（誘目性）と、その表現の変化に対する気づきやすさを 2 つに分類した。また、これらの GUI 上での主要な表現方法（以下、GUI 要素と呼ぶ）として[8]を参考に 7 種類を抽出した。なお、GUI 要素はアイコンやウィンドウ等の対象物に施す表現であることが多く、以下ではこれら対象物

をオブジェクトと呼ぶ。気づきに関連する 7 種類の GUI 要素を表 1 に示す。

#### 2.1.1 オブジェクトの注意の引きやすさ（誘目性）

オブジェクトの視覚的注意の引きやすさは「誘目性」(attractiveness)と呼ばれ、その程度は、オブジェクトの表示位置、配色、形状、輝度、面積、質感、動きなど各 GUI 要素の効果の組み合わせで決まると言われている[8]。田中ら[9]は、配色、面積、オブジェクトや描線の密度（空間周波数）の 3 つの特徴量を用いて静止画像中の図領域の誘目度を推定する方式を提案し、結果と被験者の主観評価との一致性により方式の妥当性を示している。また安ら[10]は、画面上の表示位置、配色、形状、面積、質感の各 GUI 要素の誘目度を算出しそれらの重みづけ総和から画面全体の誘目度を算出するモデルを提案している。一般に、配色、形状、輝度、面積などの GUI 要素は利用者の注目を集める効果が高いとして多く用いられている。例えば、重要な情報にだけ他とは異なる配色を施し目立たせることはよく行われる手法である。

#### 2.1.2 オブジェクト表現の変化の気づきやすさ

上記誘目性とは別に、オブジェクトの GUI 要素の変化に対する気づきやすさがあり、一般的な表現方法は以下の二つに分類できる。

##### (ア) 新たなオブジェクトの追加

オブジェクトの追加表示の表現としてよく用いられるのは、通知ダイアログ、バルーン、ポップアップ等である。これらはオブジェクトを発生させる表現としては共通だが、利用者を与える気づきの重要度や緊急度のレベルが異なる。例えば通知ダイアログは、画面最前面に表示され、利用者がボタンを押下して確認操作を行うまで表示を消すことができないため、確実な気づきを与えられる一方で利用者の作業を阻害することがある。通知ダイアログの用途としては、エラー通知や重要なシステムメッセージ通知等が多い。

通知ダイアログよりも優先度の低いオブジェクト発生表現方法としては、ポップアップまたはバルーン表示がある。これらはオブジェクトの出現する動きで情報の発生を通知し、時間経過によりオブジェクト表示が自動で消える表現手段である。そのため通知ダイアログよりも利用者の作業を阻害する可能性は低い。用途としては、メールの着信やチャットのログイン情報、システムの更新通知等が多い。三好ら[11][12]は、主作業を行なう利用者の画面周辺にテキスト情報を提示するパターンを、ポップアップの有無、背景色（ハイライト）、テキスト移動速度および方向のパラメータの組み合わせにより規定し、これらパターンによって情報への気づきやすさや主作業への阻害度が異なることを明らかにしている。

##### (イ) 既存オブジェクトの表現の変化

すでに表示されているオブジェクトの表現を変化させる方法としては、例えば、アイコンの配色や形状を変化させ

る方法や、表やリストに表示されているテキストまたは数字を変化させる方法がある。またこれらを組み合わせ、現在の状態をテキストや数値で表現し、その状態が変化したときにこれらテキストや数値に配色を施す、サイズを変化させる、等の表現も一般的である。用途としては、サービスアクセス数や株価の変動、システムの CPU 利用率の変動等[13]、随時更新されている数値や情報の変化の表示に用いられることが多い。

## 2.2 気づきを与える表現に対する新たな取り組みと課題

前述のような表現をふまえ、筆者らは、2.1.2 の(イ)に該当する随時更新されている数値のいつもと異なる状況に気づかせやすくする表現として、オブジェクトの動きと数が有効であると考え、リアルタイムに変化する監視メッセージ数の増減に伴いオブジェクトの速度と数を変化させて表現する可視化手法を提案した[14]。特に動きに対する知覚は、ヒトの周辺視野が優れていることが先行研究[15]により明らかにされている。提案手法では、一つの画面上に多くの種類の情報を配置する場面で、利用者が主作業として参照する情報の周辺に状況の変化を動きで表現するオブジェクトを配置することで、主作業遂行時であっても状況の変化に対して気づきを与えられると考えた。

しかしオブジェクトの動きには、速度、方向、発生時間間隔、等の複数のパラメータが複雑に関連しあっており、これらの各パラメータの変化の度合いと利用者の気づきへの影響については明らかになっていない。例えば 2.1.2 の(ア)新たなオブジェクトの追加、では、新たに表示されるオブジェクトの速度、方向、時間間隔と気づきやすさとの関係は不明である。また、(イ)既存オブジェクトの表現の変化、においても、状況の変化に気づきやすかつ他の作業を阻害しないようなパラメータの決め方はまだ分かっていない。これらを明らかにできれば、画面の周辺に動きを伴うオブジェクトが表示されている環境において、利用者が違和感なく、かつ、主作業を阻害することなく直感的に状況の変化に気づくことができる。

## 2.3 本研究の目的

そこで本研究では、2.1.2 での「オブジェクト表現の変化の気づきやすさ」に効果的な GUI 要素として動きに着目し、動きを用いた表現の気づきやすさへの影響を明らかにすることを旨とする。特に画面の周辺領域に状況の変化を動きで表現する場面で、画面の中央で主作業を行っていてもそれを阻害することなく状況の変化にすばやく気づくことができる表示を目指す。そのために、本稿では動きの変化と利用者の気づきとの関係についてユーザ実験により明らかにする。

## 3. 実験

本実験では、利用者が画面の中央で主作業を行ないながら、サブ作業として周辺視野で画面端に表示されたオブジ

ェクトの動きの変化を監視するケースを想定する。サブ作業である監視では、状況に変化があった場合はなるべく早くその変化に気づかなければならないが、それ以外の平常時は主作業への集中の妨げにならないことが望ましい。

このような想定のもとで、2.2 節で挙げた課題に対し、ここでは、動きのパラメータのうち特に重要な「速度」に着目し、以下を明らかにするための基礎実験を行なった。(ア) 新たに発生するオブジェクトの速度と、ユーザのオブジェクト発生に対する気づきやすさとの関係  
(イ) オブジェクトの速度変化の程度と、ユーザのその変化への気づきやすさとの関係

### 3.1 基本設計

上記前提の下で先に述べた課題(ア)(イ)を調べるために、2 段階の実験を実施した。最初の実験では、周辺視野に近い画面端のオブジェクトの動き(方向および軌跡)を正しく認識でき、かつ、主作業への邪魔にならない有効な速度の範囲を調べた。次の実験では、上記速度範囲で速度を様々なパターンで変化させたときのユーザの気づきとの関係について調べた。

本実験では、いずれの実験においても、主作業およびサブ作業を以下に設定した。

#### 主作業

画面中央に表示されるスライドを口頭で読み上げる作業を主作業とした。各スライドには中央にアルファベットまたは文字が表示されており、これが 1 秒間隔で自動的に切り替わる。この主作業は、周辺視野の視覚特性を計測するために中心視野で周辺部を見ないように設定した岡野ら[16]のユーザ実験タスクを参考にした。

#### サブ作業

画面周辺視野に近い領域に表示されるオブジェクトの動きを認識することをサブ作業とした。表示位置は、周辺視野の動きに対する認識は画面の左右領域が優れていること[16]、また、補助的な情報は画面の右側に配置される場合が多いこと、の 2 つの理由から、画面右端とした。表示は、縦 300pxl 横 100pxl の矩形領域内に、半径 5pxl のオブジェクトが上端から下端に動くものとした。また、あるオブジェクトが領域上端に発生し下端まで一定速度で移動したのち、次のオブジェクトが発生することとし、その速度の大きさを実験者が制御できるとした。

本実験におけるその他条件は以下とした。

#### 被験者

両段階の実験で、被験者は 26 ~ 32 歳の男女 4 名とした。

#### 実験環境

図 1 に、実験で用いた画面環境および各表示ウィンドウの位置関係を示す。画面中央に主作業のためのウィンドウ(スライド)を配置し、画面右端にサブ作業のためのウィンドウを配置している。表示には表示画素数 1680 × 1050 の 22 型液晶ディスプレイを用い、被験者との視距離は、通常の

オフィスでの PC 作業を想定し約 60cm とした。また、読み上げ文字とオブジェクトの輝度は一定とした。

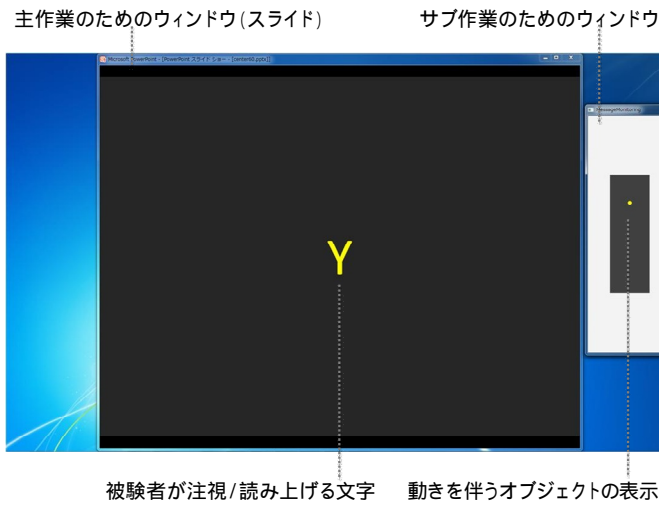


図 1 実験で用いた画面環境

Figure 1: An environment of screens used on our experiments.

### 3.2 表示に有効な速度範囲の調査・分析 (実験 1)

実験 1 では、画面中央に視線を注視し文字を読み上げている状態で、画面右側のオブジェクトの動き (方向および軌跡) を正しく認識でき、かつ、主作業である読み上げ作業遂行の邪魔にならないと被験者が感じる速度範囲を見つけることを目的とした。

#### 3.2.1 実験の実施

本実験を設計するにあたり、被験者 1 名によるプレ実験を行なった。その結果、速度が 10pixel/sec 以下では遅すぎるため主作業遂行において動きが邪魔に感じること、また 1000pixel/sec 以上では速すぎて、オブジェクトが点滅または逆方向に動いているように見え動きを正しく認識できなくなる傾向にあった。そこで本実験では個人差を考慮し、10pixel/sec 以下の速度として、5、10pixel/sec の 2 種類を、1000pixel/sec 以上の速度として、1000、3000、5000pixel/sec の 3 種類を用意した。さらにプレ実験の結果より、100~800pixel/sec の範囲では、動きを正しく認識でき、かつ主作業遂行に邪魔と感じない速度値が存在する可能性が見られた。そこで本実験ではこの範囲の速度値をより詳細に調べるために、100、300、500、800pixel/sec の 4 種類の速度を用意した。以上より、合計 9 種類の速度値を実験 1 における実験条件として用意した。

本実験は、次に示す「実験の流れ」に沿って実施し、1 回の試行でのスライド表示時間 (実施時間) は 30 秒とした。それぞれの試行後に主観アンケートを実施した。表 2 に主観アンケート項目の一覧を示す。いずれの項目も、被験者が 10 段階で自己評価する形式とした。また各試行の順序は被験者ごとにランダムとした。

表 2 実験 1 における主観アンケート項目

Table 2: Subjective questionnaire items for our experiment 1.

分類	項目内容
視認性	オブジェクトの動き (速さ、方向、軌跡) を正しく認識できましたか 認識できなかった 1-----10 よく認識できた
障害性	主作業 (読み上げ作業) の遂行にあたり、画面右側の表示を煩わしく感じましたか 全く感じなかった 1-----10 非常に強く感じた

#### 被験者への教示

被験者に実験タスクに取り組んでもらう前に、タスクの概要・実験全般における注意事項などを教示した。教示の一環として、画面右端の表示に視線を向けずに画面中央のスライド文字を常に注視しておくよう指示を行なった。

#### 実験の流れ

本実験での 1 回分の試行の大まかな流れを以下に示す。

Step1. 主作業を開始し、被験者はスライド中央に表示される文字を注視し口頭で読み上げていく。

Step2. 被験者の視線が画面中央にある状態を確認できたタイミングで、画面右端のサブ作業のためのウィンドウ上に、落下動作するオブジェクトの表示が開始される。

Step3. 被験者は画面中央を注視したまま主作業のスライドが終了するまで読み上げ作業を続行する。

Step4. スライド終了後、被験者は、表示や作業に関する主観アンケートに回答する。

#### 3.2.2 結果

タスク終了後の主観アンケート結果を以下に示す。

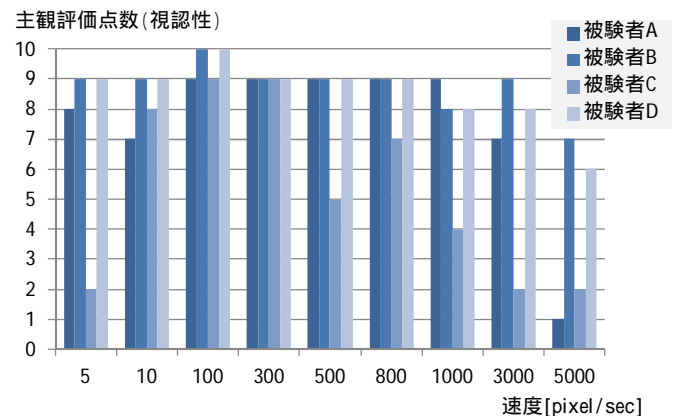


図 2 動きの視認性に関する主観アンケート結果

Figure 2: A result of the subjective questionnaire about legibility by difference of objects' motion.

図 2 に、動きの視認性の項目に対するアンケート評価結果を示す。グラフを見ると、速度が 5pixel/sec の非常に遅い値では、3 人の被験者は認識にそれほど問題を感じていないが、被験者 C は正しく認識できていないと回答してお

り個人でばらつきが見られる。また 1000pixel/sec を超える範囲でも被験者 C は正しく認識できないと回答しており、5000pixel/sec では被験者 A および被験者 C をはじめすべての被験者が動きを正しく認識できないと感じていることが分かる。一方、100pixel/sec および 300pixel/sec では、ほとんどの被験者が動きを正しく認識できたと感じていることが分かる。

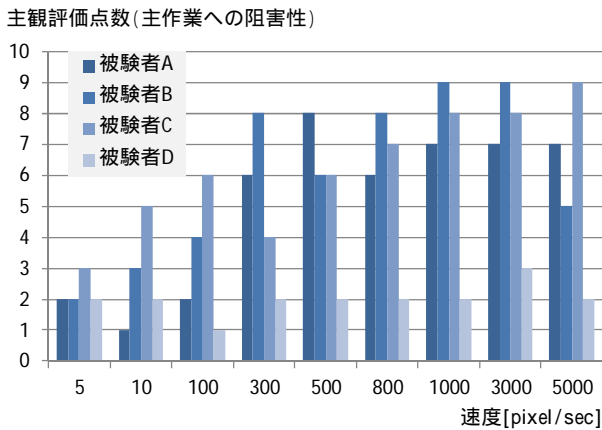


図 3 主作業への障害に関する主観アンケート結果  
 Figure 3: A result of the subjective questionnaire about disturbing the main task.

図 3 に、主作業への障害の項目に対するアンケート評価結果を示す。グラフから、速度の大きさに伴って動きを邪魔に感じる度合いが増加する傾向にあることが見て取れる。特に 1000pixel/sec、3000pixel/sec では、4 人中 3 人の被験者が邪魔に感じる度合いが強いと回答している。また、100pixel/sec では被験者 C 以外の 4 人中 3 人が邪魔に感じる度合いが弱いと回答しているが、300pixel/sec になると状況が逆転し、邪魔と感じる度合いが弱いと回答しているのは 4 人中 1 人だけとなっている。

### 3.2.3 考察

動きの視認性に関する主観アンケートの結果より、オブジェクトの速度が 10pixel/sec から 800pixel/sec の範囲であれば、その動き（方向、速度、軌跡）を正しく認識できる可能性が高いことが分かった。また、主作業への障害に関する主観アンケート結果より、主作業の遂行時に動きを邪魔に感じる度合いは、速度の大きさに伴い強くなる傾向にあることが分かった。特に 100pixel/sec と 300pixel/sec とでは障害性への印象が大きく異なる傾向にあり、1000pixel/sec、3000pixel/sec では 4 人中 3 人の被験者が邪魔に感じる度合いが強い。

以上の結果を総合すると、ユーザが動きを正しく認識できる速度範囲は 10pixel/sec から 800pixel/sec で、特に、100pixel/sec、300pixel/sec 付近では正しく認識できている可能性が高い。その中で主作業を遂行するのに動きがほとんど邪魔にならない速度は 10pixel/sec から 100pixel/sec 付近

までの範囲にありそうといえる。

### 3.3 速度変化に対する気づきの調査・分析（実験 2）

実験 2 では、画面中央に視線を注視し文字を読み上げている状態で、画面右側のオブジェクトが出現する速度と気づきの反応時間に関連があるか、また、そのオブジェクトの速度がどのように変化すればユーザはその変化に気づくかを調べた。今回は、規定時間 5 秒ごとに変化させる速度量（以降では加速度と呼ぶ）に着目し、これと変化前の速度（以降では初期速度と呼ぶ）との組み合わせにより速度変化のパターンを定義した。

#### 3.3.1 実験の実施

本実験を設計するにあたり、被験者 1 名によるプレ実験を行なった。プレ実験では、実験 1 で視認性に関して良好な結果であった速度範囲の速度を初期速度として複数設定し、さらにこれら初期速度に対して加速度を複数用意し、それらを組み合わせて速度変化に対する気づきとの関係を調べた。その結果、速度をそれぞれ  $\pm 10$ 、 $\pm 50$ 、 $\pm 100$ pixel/sec ずつ変化させると変化に対する気づきやすさに違いがみられた。そこで本実験では加速度を  $\pm 10$ 、 $\pm 50$ 、 $\pm 100$ pixel/sec の 6 種類用意した。なお加速度のプラスは速度の増加方向、マイナスは減少方向を示す。

初期速度に関しては、実験 1 の結果で明らかになった動きに対する視認性の上限値 (800pixel/sec) および下限値 (10pixel/sec) を参考に、60、150、800pixel/sec の 3 種類を用意した。

これら 3 種類の初期速度および 6 種類の加速度を組み合わせると 10 種類の速度の変化パターンを実験条件として設定した。表 3 に設定した実験条件の一覧を示す。

表 3 速度の変化パターン（実験条件）

Table 3: Patterns of changes of velocities (conditions of our experiment 2)

ID	初期速度 [pixel/sec]	加速度 [pixel/5sec <sup>2</sup> ]	ID	初期速度 [pixel/sec]	加速度 [pixel/5sec <sup>2</sup> ]
01	60	10	06	800	-100
02	60	50	07	150	10
03	60	100	08	150	50
04	800	-10	09	150	-10
05	800	-50	10	150	-50

各試行を 60 秒とし、被験者ごとに同じ試行を 2 回ずつ、順序をランダムにして行なった。

#### 被験者への教示

実験 2 の試行では、画面右側に表示されるオブジェクトの速度が表 3 のいずれかのパターンで変化していく。そのとき被験者に、実験 1 と同様の読み上げタスクを行なうと同時に、以下 2 回のクリック操作を行なうよう指示した。

- ・最初のオブジェクトの出現に気づいたら 1 回目のクリックを行なう
- ・表示オブジェクトの動きが変化したら 2 回目のクリックを行なう

なお留意事項として、実験 1 での教示内容に加え、気づいたらなるべく早くクリックするよう指示した。

**測定データ**

実験 2 では以下のデータを測定した。

(ア) オブジェクト出現に対する気づき

- ・オブジェクトが出現してから被験者がそれに気づきクリックするまでの時間（オブジェクトの出現に対する気づきの早さ）

(イ) オブジェクトの速度変化に対する気づき

- ・オブジェクトの速度変化が始まってから被験者がその変化に気づきクリックできたか否か
- ・オブジェクトの速度変化が始まってから被験者がその変化に気づきクリックするまでの時間（オブジェクトの速度変化に対する気づきの早さ）

**3.3.2 結果**

(ア) オブジェクトの出現に対する気づきについて

出現するオブジェクトの移動速度により、その出現への気づきやすさが異なる傾向にあることが分かった。図 4 に、オブジェクトの出現時の速度と、出現開始からそれに気づきクリックするまでの時間（反応時間）とのグラフを示す。

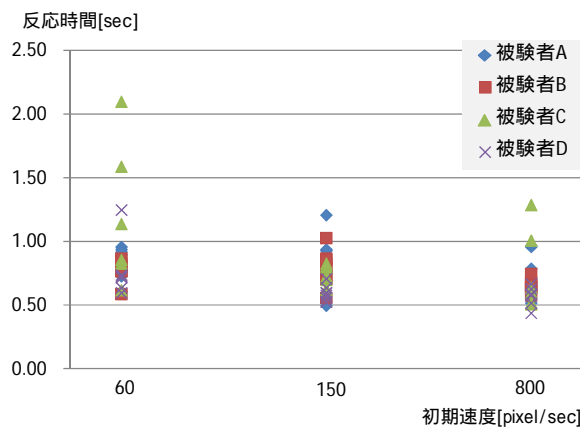


図 4 出現オブジェクトの初期速度と反応時間との関係  
 Figure 4: A relationship between initial velocities of shown up objects and reaction times for the showing up.

グラフより、出現オブジェクトの初期速度が 60pixel/sec あたりでは反応速度に大きなばらつきがあり、遅いものでは 2 秒を超えているが、150, 800pixel/sec と速度が増加するに従い反応時間のばらつきが少なくなる傾向が見られる。

(イ) オブジェクトの速度変化に対する気づきについて

画面右端に表示されるオブジェクトの速度変化について、2 種類の認識エラーが見られた。一つ目は、まだ速度が変

化していないにも関わらず変化したと誤認識した場合である。これは 3 回発生し、うち 2 回が初期速度 800pixel/sec のときであった。二つ目は、オブジェクトの速度が表 3 のいずれかのパターンで変化したにもかかわらず被験者が最後まで気づくことができなかった場合である。この内訳について表 4 に示す。

表 4 最後まで速度変化に気づくことができなかった回数  
 Table 4: The number of trials in which examinees could not aware changes of objects' velocities.

初期速度 [pixel/sec]	加速度 [pixel/5sec <sup>2</sup> ]	気づくことができなかった回数
60	10	0/全 8 回
60	50	0/全 8 回
60	100	0/全 8 回
800	-10	6/全 8 回
800	-50	1/全 8 回
800	-100	0/全 8 回
150	10	2/全 8 回
150	50	0/全 8 回
150	-10	0/全 8 回
150	-50	0/全 8 回

表 4 を見ると、初期速度が 800pixel/sec で加速度 -10pixel/5sec<sup>2</sup> のときに最後まで速度変化に気づくことができなかった回数が 6 回と著しく多いことが分かる。

次に、オブジェクトの速度変化のパターンと気づきとの関係について述べる。測定結果から、速度変化に気づくためには初期速度に対してある割合以上の変化量が必要で、加速度が大きいほど変化に対する反応時間が短くなる傾向が見られた。しかし結果は被験者ごとにばらつきがあった。そこで以下では、1 人分の被験者（被験者 D）の結果とその傾向を図 5～図 7 を用いて説明する。

まず、それぞれの加速度に対して、初期速度ごとの反応時間の差異を確認したところ、いずれの加速度でも、初期速度が増加すると速度変化に対する反応時間が長くなる傾向が見て取れた。代表例として、加速度 -50pixel/5sec<sup>2</sup> の場合での初期速度ごとの速度変化に対する反応時間の結果を図 5 に示す。このグラフから、初期速度が大きいほど速度の変化に対する反応時間が長くなる傾向が読み取れる。

次に、それぞれの初期速度に対して、加速度ごとの反応時間の差異を確認したところ、加速度と反応時間との関係が、初期速度の大きさに応じて異なる傾向にあった。これら異なる傾向のあった結果例を図 6 および図 7 に示す。

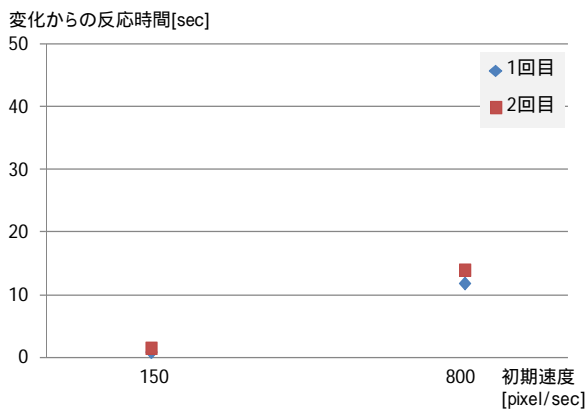


図 5 加速度 $-50\text{pixel}/5\text{sec}^2$ での反応時間 (被験者 D)

Figure 5: Reaction times for changes of objects' velocities for each initial velocity at the  $-50\text{pixel}/5\text{sec}^2$  accelerate (examinee D).

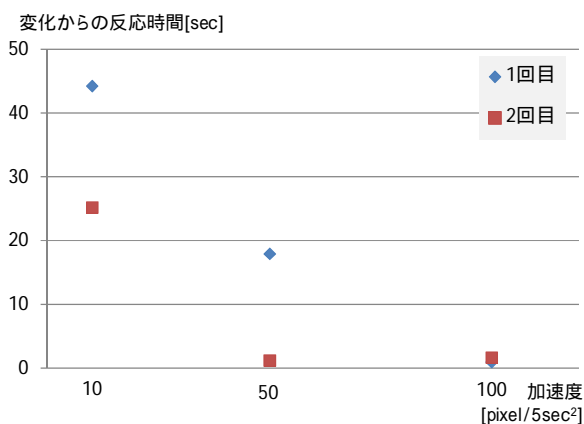


図 6 初期速度  $60\text{pixel}/\text{sec}$  での反応時間 (被験者 D)

Figure 6: Reaction times for changes of objects' velocities for each accelerate at the initial velocity  $60\text{pixel}/\text{sec}$  (examinee D).

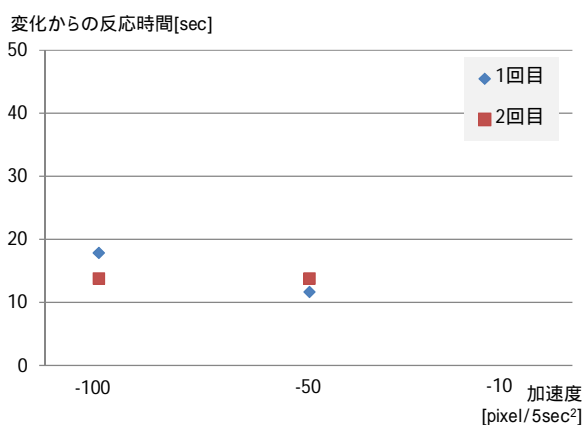


図 7 初期速度  $800\text{pixel}/\text{sec}$  での反応時間 (被験者 D)

Figure 7: Reaction times for changes of objects' velocities for each accelerate at the initial velocity  $800\text{pixel}/\text{sec}$  (examinee D).

図 6 に、初期速度が  $60\text{pixel}/\text{sec}$  のときの加速度と変化が始まってから気づくまでの反応時間との関係を示す。グラフを見ると、加速度が大きくなるに従い変化に対する反応時間が短くなっており変化に気づきやすい傾向がみられる。

また図 7 に、初期速度が  $800\text{pixel}/\text{sec}$  のときの加速度ご

との変化に対する反応時間を示す。このグラフで示す初期速度  $800\text{pixel}/\text{sec}$  では、加速度が $-10\text{pixel}/5\text{sec}^2$  のときは 2 回の試行の両方で変化に気づくことができなかったため、グラフ上の該当箇所にプロットがない。また、加速度が $-50\text{pixel}/5\text{sec}^2$  のときと $-100\text{pixel}/5\text{sec}^2$  のときで変化開始からの反応時間に優位な差異が見えない傾向にある。

#### 4. 考察

ここではオブジェクトの速度変化への気づきについて、3 章の実験で得られた結果に対する考察およびそこから得られた今後の課題について述べる。

##### 4.1 実験結果に対する考察

###### 4.1.1 オブジェクトの発生に対する反応時間について

実験 2 の出現オブジェクトと反応時間 (図 4) より、オブジェクト出現時はその速度が大きいが出現に素早く気づくことができる傾向にあることが分かった。これを 2 章で述べた本研究で想定する画面設計に応用すると、主作業を行なっている環境で新たな問題の発生や問い合わせが来たことを画面上で通知する場合、速度が  $100\text{pixel}/\text{sec}$  以上のオブジェクトを出現させれば、主作業を行っている利用者に情報の発生を素早く気づかせられる表示が期待できる。

###### 4.1.2 オブジェクトの速度変化に対する誤認識について

実験 2 での誤認識の結果より、初期速度が  $800\text{pixel}/\text{sec}$  程度まで大きくなると、速度が変化していないにも関わらず変化しているよう誤認識する傾向にあることが分かった。そのため、速度変化により数値の変化への気づきを支援する画面を想定した場合、速度変化する前のオブジェクトの速度としては  $800\text{pixel}/\text{sec}$  未満の値に設定しておく必要があると考えられる。また実験 1 の結果より、 $100\text{pixel}/\text{sec}$  付近では動きに対する視認性が高く主作業への障害感が低い傾向にあることが分かった。したがって動きを伴うオブジェクトを定常的に表示する場合、速度は、他の作業への障害を避けるため  $100\text{pixel}/\text{sec}$  付近が望ましいと考えられる。

###### 4.1.3 オブジェクトの速度変化に対する反応時間について

実験 2 での、加速度 $-50\text{pixel}/5\text{sec}^2$ における初期速度に対する反応時間の結果 (図 5) から、初期速度が大きくなるに従い変化に対する反応時間が長くなる傾向にあることが分かった。これより、速度の変化への気づきやすさには、変化前の速度 (初期速度) が影響していると考えられる。

また、実験 2 での、初期速度  $60\text{pixel}/\text{sec}$  における加速度ごとの変化に対する反応時間の結果 (図 6) から、加速度が大きくなるに従い反応時間が短くなる傾向にあることが分かった。これより、速度の変化への気づきやすさには、加速度が影響していると考えられる。一方、初期速度  $800\text{pixel}/\text{sec}$  における加速度ごとの変化に対する反応時間の結果 (図 7) では  $60\text{pixel}/\text{sec}$  の場合と異なり、加速度が  $50\text{pixel}/5\text{sec}^2$  変化していても反応時間に優位な差は確認できなかった。以下では、この現象について考察する。

初期速度 60pixel/sec では、初期速度に対する加速度が大きく、すなわち各加速度の差も大きいため、反応時間に優位な差が生じたと考えられる。一方、初期速度が 800pixel/sec では、-10, -50, -100pixel/5sec<sup>2</sup> のいずれの加速度も割合では小さくなる。特に、10pixel/5sec<sup>2</sup> ではその割合が過小であったため被験者は全く気づかなかつたと思われる。また、加速度-50pixel/5sec<sup>2</sup> と-100pixel/5sec<sup>2</sup> も初期速度 800pixel/sec に対してはあまり大きな差がないため反応時間に差異が表れなかったと考えられる。これより、初期速度に対する加速度の割合が気づきに影響を与えていることが予想できる。この予想に基づくと、ユーザの気づきやすさの度合いは、初期速度と加速度の組み合わせにより制御できるようになる。

本結果を、監視メッセージ数やデータアクセス数等の連続的な数値変化への気づきをオブジェクトの速度変化により支援する表示に応用する場合を考える。このとき監視メッセージ数等の数値の変化量に応じた速度の変化量（加速度）を設定することで、数値変化に対して気づきを与えることができる。その際、加速度を変化前の速度に対して気づきに有効な数値範囲に設定することで、気づきやすさを制御する表示が期待できる。

#### 4.2 今後の課題

本実験では、オブジェクトの速度の変化に対する気づきの傾向を確認するため、初期速度と加速度の組み合わせで速度を変化させ被験者 4 人の速度変化への反応時間を測定した。しかし仮説および結果の信頼性を高めるには、より多くの組み合わせおよび被験者に対し検証する必要がある。例えば今回の実験結果から、速度変化への気づきやすさを初期速度と加速度の組み合わせにより制御できそうと予想できた。この予想の妥当性を検証するにはさらに多くの初期速度および加速度の組み合わせで検証し、気づきとの定量的な関係を明らかにする必要がある。

また今回の実験では、経過時間に対してユーザが変化前のオブジェクトの速度をどれだけ覚えているかといった観点は入っていなかった。しかし変化への気づきの変化前の状態からの差分を認識することと関係している可能性が高いことから、変化前の状態をどの程度記憶しているか、は気づきやすさには重要な要素である。今後はこの観点も考慮した気づきやすさについての調査を行いたい。

#### 5. おわりに

本研究では、様々な情報が配置されている一つの画面上で複数の作業を並行する環境において、随時更新される状況の変化にすばやく気づくことを支援する画面設計を目指している。今回筆者らは、気づきを実現する GUI 要素として「動き」に着目し、その特徴である速度の変化と気づきやすさとの関係を調べるための基礎的な実験を行なった。そして結果から以下を明らかにした。

- ・新たに発生するオブジェクトはその速度が大きいほど、ユーザは発生に気づきやすい傾向にある
- ・オブジェクトの速度変化に対する気づきやすさは、変化前の速度の大きさと、それに対する加速度の割合により制御できる可能性が高い

今後は考察で述べた課題に取り組むとともに、動き以外の GUI 要素と気づきとの関係も明らかにしていきたい。

#### 参考文献

- [1] 指野篤司, 溝手裕二, 恵木正史: プライベートクラウドの構築・運用を支えるオープンミドルウェア, 日立評論, Vol.93, No.07, pp.468-469(2011).
- [2] 島田英昭, 北島宗雄: マルチメディアマニュアルにおける画像, 字幕, ナレーションの提示タイミングと分かりやすさの関係, 日本教育工学会論文誌, 33(2), pp.111-119(2009).
- [3] 岩槻恵子: 説明文理解におけるグラフの役割 - グラフは状況モデルの構築に貢献するか -, 教育心理学研究, 48(3), pp.333-342(2000).
- [4] 北神慎司: 動画形式の視覚シンボル 100 個のわかりやすさに関する調査, 日本教育工学会論文誌, 23, pp.85-88(2004).
- [5] 石橋洋一, 横井博一: 長期記憶のモデルを用いた使い易いメニュー選択システム, 信学技法 Technical Report of IEICE, NC2003-71 (2003-11).
- [6] 福井宏和, 名取和幸, 赤木重文: 原子力発電所におけるサインシステムの検討, 日本プラント・ヒューマンファクター学会誌, Vol.3, No.2, pp.40-52(1998).
- [7] 川田清忠: HTML5/RIA 技術の業務システムへの応用と今後の展望, UNISYS TECHNOLOGY REVIEW 第 110 号, pp.55-68, NOV. 2011(2011).
- [8] L. Itti, C. Koch: Computational modeling of visual attention, Nature Rev. Neuroscience 2 (3), pp. 194-203(2001).
- [9] 田中昭二, 井口征士, 岩館祐一: 画像領域の物理的特徴に基づく誘目度評価モデル, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J83-A, No.5, pp.576-588(2000).
- [10] 安伸樹, 堀口由貴男, 中西弘明, 榎木哲夫: GUI 構成要素の誘目度評価と視覚的注意の相関分析, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2010 予稿集, pp.151-156(2010).
- [11] 三好史隆, 渋谷雄, 倉本到, 辻野嘉宏: 周辺表示法がユーザの情報認知に与える影響の分析, 信学技法 IEICE Technical Report HIP2004-17(2004).
- [12] 三好史隆, 渋谷雄, 倉本到, 辻野嘉宏: マウス指標環境において周辺表示法がユーザの情報認知に与える影響の分析, 信学技法 IEICE Technical Report HIP2005-130(2005).
- [13] NEC: 統合管理ソフトウェア WebSAM MCOperations, <http://www.nec.co.jp/middle/WebSAM/products/MCOperations/download/leaf/MCOperations.pdf> (2012 年 5 月アクセス)
- [14] 吉田悠, 池上輝哉, 福住伸一: 監視メッセージ数の変動の視覚化手法の提案, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2011 予稿集(2011).
- [15] 福田忠彦: 運動知覚における中心視と周辺視の機能差, 『テレビジョン学会誌』, 33(6), pp. 479-488(1979).
- [16] 岡野裕, 橋本悠希, 梶本裕之, 野嶋琢也: 周辺視野選択的な運動知覚を実現する視覚刺激の提案, 第 14 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集(2009).
- [17] 石垣尚男: 視野と周辺視反応時間の関係について, 日本体育学会大会号 (34), 168, 1983-08-18 (1983)