

## ペリフェラルエージェントによるユーザモデルレスな情報通知

## Information Notification with Peripheral Agent without Constructing User Model

森 直樹\*<sup>1</sup>      小林 一樹\*<sup>2</sup>      山田 誠二\*<sup>1,3,\*4</sup>  
Naoki Mori      Kazuki Kobayashi      Seiji Yamada

\*<sup>1</sup>東京工業大学大学院  
Tokyo Institute of Technology

\*<sup>2</sup>信州大学大学院  
Shinshu University

\*<sup>3</sup>国立情報学研究所  
National Institute of Informatics

\*<sup>4</sup>総合研究大学院大学  
The Graduate University for Advanced Studies

In our study, we propose an information notification method with Peripheral Agent that utilizes a human cognitive characteristic, visual field narrowing. This characteristic causes contraction and imperceptions on peripheral visual field when users concentrate on a task. The proposed method enables to users receive notifications without interrupting and constructing user model. In this paper, we explore region boundary for proposed method by experiment, and describe experiment plan to evaluate performance.

## 1. はじめに

近年、情報化の発展に伴い、メール着信、アップデート通知、SNS 着信等の PC 上でのユーザへの情報通知が増加している。しかし、一般的にこれら情報通知は、ユーザの状態を一切考慮せず割り込んでくるため、大量の情報が通知されると、ユーザの負担が増大し、主となるタスクが阻害される問題が生じる。

上記問題に対し、ユーザが通知を受理できる望ましいタイミングで通知を行うことで、ユーザの作業負担増加の抑制を図る手法が提案されてきた。それら手法は大別すると、ユーザ状態推定法とペリフェラルディスプレイに分類される。ユーザ状態推定法は、視線位置の検出による精神負荷の推定 [Iqbal 05] や、カメラを用いた作業光景、音声の取得によるユーザの割り込み受容可能性の推定 [Forgaty 05] 等、ユーザ状態をセンサ等で測定し、作業状態を推定して通知を行う手法である。一方で、ペリフェラルディスプレイは、サブウィンドウ、周辺デバイス等を利用して通知を行う手法であり、タスクの集中を阻害しない表示方法をとることで、状態推定を行うことなく、タスクと並行して通知を受理できる手法である。これまでに、ユーザがタスクに集中しながらも知覚できる表示速度 [Chen 02] や、文字表示方法の変化による知覚率の検証 [McCrickard 01]、マルチタスクに応用する表出技法 [Matthews 06] 等アプローチがなされている。

ユーザ状態推定法では、適切なタイミングでの通知が実現できるが、測定データからユーザ状態を推定すること自体が困難であることや、センサの利用が前提にあるために一般的ではないことが問題となっている。また、ペリフェラルディスプレイでは、ユーザが情報を確実に受理できるタイミングで通知を行うことが困難である根本的な問題が挙げられる。

そこで、本研究では、タスク集中時に知覚可能な中心視野の縮小、及び、周辺視野における知覚が低下する Visual Field Narrowing という人間の認知特性 [Williams 95] を利用することで、ユーザ状態推定によるユーザモデルの構築を行うことなく、ユーザのタスクを阻害しないタイミングでの情報通知を実現する、ペリフェラルエージェントを提案する。

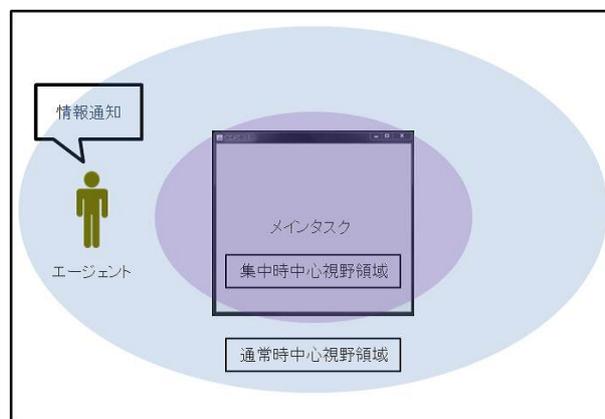


図 1 ペリフェラルエージェントによる情報通知

## 2. ペリフェラルエージェント

図 1 にペリフェラルエージェントによるユーザへの情報通知の概要を示す。ペリフェラルエージェントは、周辺視野領域に存在し、ユーザに対し情報通知を行うエージェントである。エージェントは、ペリフェラルディスプレイ同様、情報通知時よりユーザの作業状態を考慮せず通知を行う。しかし、周辺視野領域に出現するために、タスク中のユーザは Visual Field Narrowing によりエージェントを知覚できない。Narrowing の効果は、集中が持続している限り続くため、タスク終了まで周辺視野のエージェントに気付くことはない。タスク終了後、集中力の低下に伴い中心視野が拡大すると、ユーザは周辺視野領域に出現したエージェントに気付き、クリック等のアクションを行うことでエージェントからの情報通知を取得できる。以上の通知方法により、タスク集中時は気付くことがないため、タスクを妨害されることはない。また、ユーザ状態推定を行うことなく、自動的にユーザが通知を受理できるタイミングで通知を行うことが可能となる。

本研究では、エージェントが出現する周辺視野領域を、タスクを行っていない通常時の中心視野領域と集中時の中心視野領域の差分領域と定める。この領域は、集中時は知覚できず、通

常時は知覚可能な領域である。この領域にエージェントを表示することで、タスク終了時に確実に通知を行える情報通知を実現する。また、領域は、ディスプレイ中心からの距離により数値的に定義する。集中時の中心視野領域境界を周辺視野領域境界とし、領域境界は、モデル構成実験を行い決定する。

徐々に変化していくものには気づきにくい人間の変化盲を利用するために、エージェントはフェード表示により徐々に明度を上げて表示する。この表示方法により、ユーザタスクの阻害を抑制する。

### 3. モデル構成実験による領域境界の推定

領域境界を決定し、評価実験のモデル構成を目的とした参加者実験を実施した。モデル構成実験は、評価実験と同様の環境とタスクを用いて行った。詳細を以下の節に示す。

#### 3.1 実験内容

実験は、画面中央にスクロール表示される文章を、その下部のテキスト入力ボックスに書き写すメインタスクと、メインタスク開始後、特定のタイミングで出現するエージェントの探知を行うサブタスクで構成される。タスクには、周辺機器として、ディスプレイ、キーボード、フットスイッチを使用した。ディスプレイサイズは  $1920 \times 1080$ [pixel] とし、参加者との視線距離が  $50$ [cm] 程度となるよう配置した。メインタスクは、キーボードを使用して入力を行い、フットスイッチはサブタスクで使用した。タスクは、最もエージェントに気づきやすい状況を想定し、背景色を黒とするテキストエディタ darkroom で行った。最も気づきやすい状況において Narrowing の発生が確認できれば、他のすべての条件において提案手法が再現可能であるという仮定により、本実験では darkroom を採用している。なお、参加者には、実験前に実験前に以下の教示を与えた。

- 表示される文章は、ランダムなアルファベット文字列であり、数字、記号は含まれない。
- 入力は可能な限り手元を見ずに、画面を注視して行う。
- 文章は可能な限り正確に入力する。
- 入力中、画面上に人型エージェントが表示される。気づいたタイミングでフットスイッチを踏む。
- 実験は練習 1 回を含め、計 4 回行う。
- 実験終了後に口頭でアンケートを実施する。

実験タスクの配置を図 2 に示す。表示、入力ボックスはともに中央に配置し、サイズは画面中央を注視できるよう  $120 \times 20$ [pixel] とした。図の点線で囲まれた八か所の円領域はエージェントの初期出現場所であり、その中から一つを選択し、エージェントを表示する。このようにエージェントの表示開始位置をばらつかせることで、参加者が予測することを避けている。エージェントは表示後より一定時間おきに、中心方向に出現位置を移動する。エージェントの表示、移動は以下のように行う。

1. フェード表示により出現 (3[s])
2. 明度最大で表示 (4[s])
3. フェードアウトで消失 (3[s])
4. 非表示待機 (4[s])

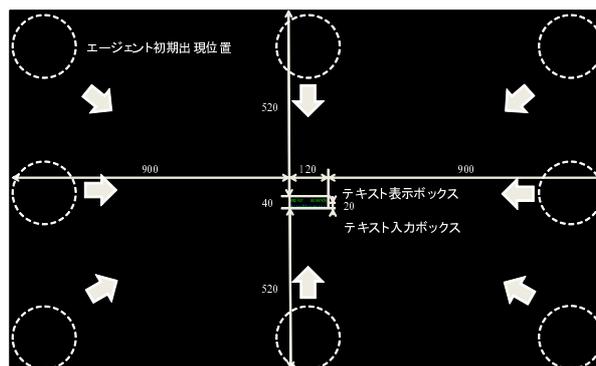


図 2 タスク配置



図 3 表示エージェント

5. 表示位置を画面中央方向に  $5$ [mm] 移動した位置に変更
6. 1.~5. を参加者が気づくまで繰り返す。

参加者には、エージェントに気づいたタイミングでフットスイッチを踏むよう教示を与え、エージェントの気づき位置をその参加者の領域境界と定めた。

実験は、メインタスクのみを行う練習フェイズと、サブタスクを付加した実験フェイズで構成した。練習フェイズは一回、実験フェイズは三回実施し、これらを一つの試行として各参加者に対して行った。

#### 3.2 実験設定

参加者は  $22 \sim 23$  歳の 3 名 (男性 2 名、平均年齢  $22.3$  歳) を対象として実験を行った。表示する文章はランダムなアルファベット文字列とし、文字の色は緑、文字サイズは  $15$ [pixel] とした。文章は 25 文字毎にスペースを表示し、スペースまで入力を終えたら、エンターキーを押すよう、参加者に教示を与えた。文字のスクロール速度は、練習フェーズでは  $4$ [mm/s] とし、入力文章の正答率が  $70\%$  以下である場合、各参加者でタスク負荷が一定となるよう、実験フェーズの表示速度を  $3$ [mm/s] へと変更した。また、正答率が  $95\%$  を超えた場合は実験フェーズでの表示速度を  $5$ [mm/s] に変更した。実験時間は、練習フェーズは 3 分とし、実験フェーズは最短を 5 分とした。5 分以内にエージェントに気付かなかった場合は、入力を継続し、気づき後一分間タスクを続けさせた。また、各実験フェーズ毎に 2 分間の休憩を挟んだ。

サブタスクで表示するエージェントを図 3 に示す。エージェントのサイズは  $30 \times 75$ [pixel] であり、色は黄とした。なお、表示時は明度を  $25\%$  で表示した。エージェントは、各実験フェーズでそれぞれ  $60$ [s],  $90$ [s],  $120$ [s] に表示した。各参加者毎のエージェントの初期出現位置は表 1 とし、出現位置が予測されないよう配慮した。上記タスク中には、練習フェーズではタイピングログを、実験フェーズではタイピングログと気づき位置を測定した。タイピングログは、参加者の入力正答率の判別に使用した。

表 1 参加者毎のエージェント初期出現位置

	実験 1	実験 2	実験 3
参加者 1	左下	右中央	中央上
参加者 2	右上	中央下	左中央
参加者 3	中央上	左上	右下

表 2 参加者毎の気付き座標

	実験 1	実験 2	実験 3
参加者 1	(-467,-189)	(830,45)	(-15,520)
参加者 2	(624,378)	(-15,-430)	(-940,45)
参加者 3	(-15,320)	(-875,495)	(454,-198)

### 3.3 実験結果

各参加者の気付き位置を表 2 と図 4 に示す。図は、ディスプレイ中心を原点とした時の各参加者の気付き位置の座標を示している。横軸は x 座標、縦軸は y 座標を表しており、単位は共にピクセルである。また、気付き位置中の数字は実験回数を示している。表 2 と図 4 より、各参加者の実験一回目において Visual Field Narrowing の発生が確認できた。しかし、参加者 1, 2 の二回目以降、参加者 3 の二回目の実験においては発生が確認できない結果が得られた。

### 3.4 考察

実験結果より、実験一回目では全ての参加者で Visual Field Narrowing の効果が確認できた。しかし、実験二回目以降では、表示と同時に気付く結果が目立った。この結果は、二回目以降はエージェントの存在を意識し、エージェントを探す傾向にあることが原因であると考えられる。また、参加者 1, 参加者 2 においては、メインタスクに少し余裕ができた際は、意識的にエージェントを探すようにしていたというアンケートによる内観報告からも、原因は明らかであると言える。一方、参加者 3 は、常にメインタスクに集中していたというアンケート回答が得られたことから、各実験フェーズにおいて Narrowing は発生していたと考えられる。実験二回目において、早い段階でエージェントに気付いたのは、入力に手間取り、無意識的に周囲に視線を向けてしまったことが原因である。気付きタイミ

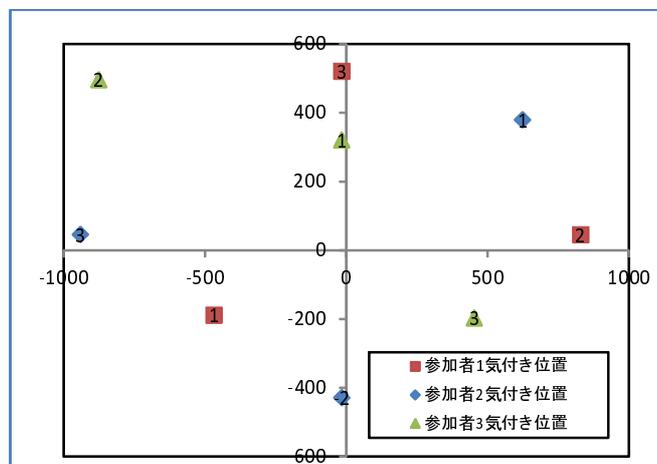


図 4 各参加者の気付き位置

ングとそのタイミングでの入力内容からからも、この原因は妥当であると考えられる。

以上より、二回目以降の気付き位置は、メインタスクのみに集中している場合以外は、サブタスクへの意識が強すぎ、正当性の低いものであると考えられる。今後の実験では、参加者の集中がメインタスクのみに向くようなエージェントの表示タイミング、実験構成へと変更する必要がある。

## 4. 評価実験

今後、モデル構成実験により実験モデルを作成し、性能評価実験を実施する。評価実験では、従来通知手法と提案手法を用いて参加者に情報通知を行い、通知に対する気付き・受理タイミングの測定、アンケートによる内観調査により性能評価を行う。実験構想を以下の節に示す。

### 4.1 実験内容

実験環境・メインタスクの内容はモデル構成実験と同様である。サブタスクは、特定のタイミングでされる通知を探知、受理するタスクとする。モデル構成実験同様、通知に気付いたタイミングでフットスイッチを踏み、受理はエージェント、メッセージウインドウに対するクリックアクション、表示内容の理解により行う。

比較する従来手法は、情報通知発生時に画面中央で通知を行う、最もタスクを妨害するが確実に通知を行える、情報通知のベースラインとなる手法と、タスク負荷低下時に画面中央で通知を行う、理想的に推定を行えた場合の通知手法の 2 手法とする。実験は、提案手法、それぞれの従来手法全てを 1 人の参加者に実施し、それを 1 試行とする。

### 4.2 実験設定

実験は参加者 20 名程度により実施する。モデル構成実験同様、練習フェーズを設け、参加者の負荷が同程度になるようスクロール速度の補正を行う。スクロール速度も同様の速度を用いる。また、評価実験では、タスク開始 5~7 分後に表示速度を 1[mm/s] に変更し、タスク負荷の低下を図り、このタイミングをタスク難易度変化タイミングとする。メインタスクは全体で、10 分程度で終了するよう定める。

サブタスクでは、エージェントは領域境界に表示し、従来通知手法は共にメッセージウインドウを画面中央に表示する。通知内容は、天気情報や、株価情報等の実験内容に関連しないものとする。通知発生タイミングはメインタスク開始後 3 分後とし、提案手法、情報通知発生時に画面中央で通知を行う手法では、このタイミングで参加者に通知を行う。一方、タスク負荷低下時に画面中央で通知を行う手法では、タスク難易度変化タイミングに情報通知を行う。

通知に対し、気付きタイミング ( $NT$ ) はフットスイッチを踏んだタイミングとし、受理タイミング ( $AT$ ) はエージェント、メッセージウインドウへのクリックタイミングとし、これら二つのタイミングを測定する。これら実測値に対し、参加者が通知を受理する余裕がある最適な気付き、受理タイミング ( $ANT$ ) が存在する。このタイミングはタスク中で最も負荷が低下するタイミングであると考えられるため、本実験ではタスク難易度変化タイミングを最適な気付き、受理タイミングとする。評価実験における、タスクスケジュールを図 5 に示す。

### 4.3 評価方法

性能評価は、気付き、受理タイミングによる評価、アンケート結果による評価の二点により行う。タイミングの評価は、 $|ANT - NT|$ 、 $|ANT - AT|$  の最適タイミングと実測値の

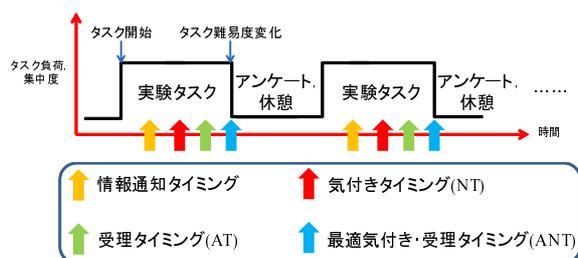


図 5 性能評価実験タスクスケジュール

差分値により行う。共に値が小さいほど、適切なタイミングで通知がなされたと考えられるため、性能が良いと判別する。

アンケート結果による評価は、測定値からでは判別できない割り込み負荷の評価に用いる。アンケート内容は、タスクが妨害されていると感じたか、通知が気になったか、タスクに集中できなかったか等により構成される。また、通知内容の理解を問うために、表示内容に関する質問もアンケートにより行う。これら項目に点数付を行うことで、評価を行う。

## 5. エージェントの将来的機能

エージェントの機能は情報通知のみであるが、将来的機能として以下の節に述べる機能を実装予定である。

### 5.1 ディスプレイサイズによる表示方法の変化

ユーザが使用する PC ディスプレイのサイズは様々であり、小さなサイズのものでは、周辺視野領域が非常に狭く、提案手法が効果的に利用できない可能性がある。そこで、画面ディスプレイサイズを検出することで、それに応じて表示方法、エージェントサイズを変更する機能も検討中である。画面サイズが小さく、気付かれやすい場合は、フェード表示時間を延ばすことでより効果的に変化旨を利用する出現方法をとる、エージェントサイズを小さくする、表示時の明度低下にり気付きにくさの向上を図る等の工夫により対応していく予定である。これら対応を学習し、自動で行う機能を実装することにより、幅広い環境で使用可能となり、アプリケーション等への応用等も期待できると考えている。

### 5.2 通知の優先度による出現パターンの変化

ユーザは、地震速報や Skype の着信等、早急な対応が求められるものに関しては、迅速な通知を求め、スパムメールの着信等の重要性の低いものは、通知を行わないでもらいたいと考える。そのため、情報通知の優先度を学習し、優先度に応じて出現パターンを変更する機能は非常に有用である。そこで、SVM の分類学習に順位情報を導入した Ranking SVM[Joachims 02]を用いることでエージェントに優先度学習機能の導入を視野に入れている。また、優先度の高いものは視線位置に近い位置に表示し、エージェントの色を変化させ緊急性を表現する等、優先度に応じて出現パターンを変化することで、ユーザに明示的に通知の重要性を伝えることが可能となる。

## 6. おわりに

本稿では、状態推定不要かつ、適切なタイミングで通知を行える手法の実現を目的とし、人間の認知特性である Visual Field Narrowing を利用した情報通知手法を提案した。また、モデル構成参加者実験を実施し、周辺視野領域境界の推定を行った。モデル構成実験により、Visual Field Narrowing 現象

の発生を確認し、提案手法の有用性が示唆される結果が得られた。しかし、タスク環境や難易度等の問題により、同現象が発生しない結果も得られた。画面の一点を注視して行えるようなメインタスクとすることで、正確な領域境界の推定を行う必要がある。今後は、性能評価実験を行うことで、提案手法の効果、有用性の検証を目指していく。

## 参考文献

- [Iqbal 05] Iqbal, S. T., and Bailey, B. P.: Investigating the Effectiveness of Mental Workload as a Predictor of Opportune Moments for Interruption, CHI '05 extended abstracts on Human factors in computing systems, pp. 1489-1492 (2005)
- [Forgaty 05] Forgaty, J., Hudson, S. E., Atkeson, C. G., Avrahami, D., Forlizzi, J., Kiesler S., Lee, J. C., and Yang, J.: Predicting Human Interruptibility with Sensors, ACM Transactions on Computer-Human Interaction, Vol. 12, No. 1, pp. 119-146 (2005)
- [Chen 02] Chen, M.-C., Fortes, F., Klatzky, R., and Long, W.: Change Detection on Periphery and Dual-Task Performance, Proceeding of The Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, Vol. 46, No. 17, pp. 1645-1648 (2002)
- [McCrickard 01] McCrickard, D.S., Catrambone, R., and Stasko, J.T.: Evaluating Animation in the Periphery as a Mechanism for Maintaining Awareness, Proceedings of the IFIP TC.13 Conference on Human-Computer Interaction, pp. 146-156 (2001)
- [Matthews 06] Matthews, T., Czerwinski, M., Robertson, G., and Tan, D.: Clipping Lists and Change Borders: Improving Multitasking Efficiency with Peripheral Information Design, CHI '06 Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems, pp. 989-998 (2006)
- [Williams 95] Williams, L. J.: Peripheral Target Recognition and Visual Field Narrowing in Aviators and Non-aviators, The International Journal of Aviation Psychology, Vol. 5, No. 2, pp. 215-232 (1995)
- [Joachims 02] Joachims, T.: Optimizing Search Engines using Clickthrough Data, KDD '02 Proceedings of the eighth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining, pp. 133-142 (2002)