

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25330229

研究課題名(和文) ユーザ割り込み拒否度推定に基づく人と共生する情報エージェントの開発

研究課題名(英文) Information Agent based on User Interruptibility Estimation

研究代表者

田中 貴紘 (Tanaka, Takahiro)

名古屋大学・未来社会創造機構・講師

研究者番号：80451988

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：従来のPC作業中の割り込み拒否度推定法に、作業者の頭部運動を反映させることでし、推定精度を向上させ、デスクワーク全般を対象とした拒否度推定法へ発展させた。本推定法を単眼カメラによる顔認識と組み合わせ、PCで動作する拒否度推定エンジンを開発した。さらに、本エンジンを組み込み、室内ネットワークに接続されたPC間を、室員の拒否度推定に基づき移動する情報エージェントを開発した。エージェントの動きから人の感じる雰囲気は、傾聴行動とそれ以外の行動のタイミング・頻度・ばらつきから変化することが示唆された。さらに、情報エージェントの応用としてドライバエージェントを試作した。

研究成果の概要(英文)：In this research, we proposed the interruptibility estimation method during desk work using worker's head motions and PC operations based on the previous researches. Furthermore, we developed the interruptibility estimation engine of our proposed method using face recognition by web camera. Using the engine, we developed the information agent system which moves among PCs of room member based on the estimated interruptibility of members. Moreover, we analyzed that human may feel the atmosphere from the agent's behavior is affected by a timing, frequency and variability of listening behavior and other behavior. As one of the application sample of our agent, we developed the prototype agent of driver-agent.

研究分野：HCI

キーワード：ユーザ状態推定 割り込み HAI ヒューマンインタフェース

1. 研究開始当初の背景

近年、インターネットの普及やユビキタスコンピューティング環境が整備されるに従い、あらゆる情報にユーザがアクセスすることが可能となって来ている。一方で、エージェントやロボット等からの情報提示や電子メールの着信表示、インスタントメッセージツールによる会話など、システムがユーザへ情報を随時提示する機会も増えてきている。しかし、情報提示タイミングや提示頻度にユーザの作業状況が適切に反映されることは少なく、また、その提示方法もユーザ状態を考慮しない方法が一般的である。また、近年では、HCI 分野や HAI 分野などのように、ロボットやエージェントといった人工物を利用する研究が盛んに行われており、将来的には職場など、人がロボットと実空間を共有して作業・生活する可能性も高くなっている。それらの研究では、提供する機能や、人物間のインタラクション形態に焦点が当てられているが、人工物であるが故に電源を切ることが容易であるにも関わらず、ユーザがシステムを無条件で利用し続けることが大前提とされている。実社会において職場等の共同作業・共同生活を円滑に送る上で、個人にはその能力の高低とは別に、他者に配慮し、場・環境を維持する能力が要求される。よって、人工物が人と空間を共有する上は、場を維持する方策が必ず必要である。

ユーザへの割り込みに関する研究では、近年、特に海外の認知科学研究者による研究が盛んに行われている。マルチタスク中の切り替え負荷や割り込みによる影響が指摘されており、ユーザは思考を度々中断されるなど、情報システムの使用が却ってユーザの知的生産性を低下させる可能性が指摘されている。ユーザの忙しさを推定する手法として、PC 操作量を利用する手法があるが、思考など作業量として認識できない知的作業を考慮した忙しさ推定は出来ていない。一方、作業の切れ目を推定することで、知的作業を含め、作業効率低下を抑制する研究もあるが、事前に対象タスクの構造的分析を必要とするなど、実環境への適用が困難である。また、自然で分かり易い情報提示方法の研究として、ロボットやアバタに日常動作を真似させ意図を人間に類推させ易くする手法などが提案されている。推定は本質的に誤差を避けることができず、推定結果に基づく制御には誤

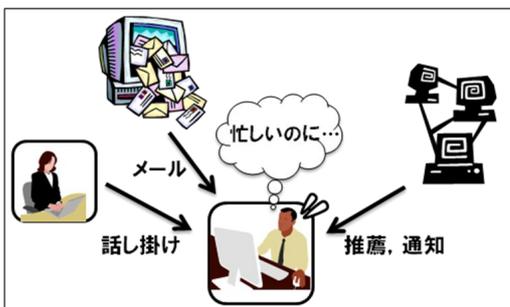


図 1, 知的生産性の低下

動作による弊害が懸念される。分かり易く、注意を引き過ぎず(アンビエント)、かつ誤差にロバストな情報提示方法が必要であると言える。

2. 研究の目的

(1) ユーザ状態推定方法の提案と実装: ユーザが PC を使用する際に得られる、キー入力・マウスクリック・ホイール情報等の PC 作業履歴とユーザの頭部運動やユーザの姿勢変化、および、過去の推定結果を利用した、より精度の高いデスクワーク時割り込み拒否度推定手法を提案し、PC 上で簡易に使用可能な推定エンジンとして実装する。

(2) 情報エージェントの提案: (1)で確立した推定手法を利用し、室員に自ら働き掛けながら、室内の周辺情報(来客, 移動, コミュニケーション発生, 個人の拒否度履歴)の収集と提供を行う、身体性を持った情報エージェントの開発を行う。また、情報エージェントが複数人と部屋を共有するための方策を検討する。

3. 研究の方法

作業中の頭部運動と割り込み拒否度の関係を分析するため、頭部運動履歴と PC 操作履歴を収集する実験用システムを構築し、作業中の被験者にシステムが割り込み、その時点の割り込み拒否度主観評価値を収集する割り込み実験を行った。まず、デスクワーク中のユーザを想定し、机に向かって椅子に着席した被験者の頭部運動履歴と PC 操作履歴を収集する実験用システムを構築した。構築した実験用システムの概要を図 2 に示す。実験用システムは、被験者の PC 上に常駐し、作業中の被験者の PC 操作履歴を収集する。また、ウェブカメラと顔トラッキングソフトウェア(Seeing Machines 社 faceAPI)を用いて、作業中の頭部運動履歴を収集する。さらに、システムが作業中の被験者に割り込みを行い、割り込み拒否度の主観評価値を回答させた。取得する PC 作業履歴と頭部運動履歴、および、割り込み拒否度主観評価値の詳細は次の通りである。

取得する PC 作業履歴と頭部運動履歴: PC 操

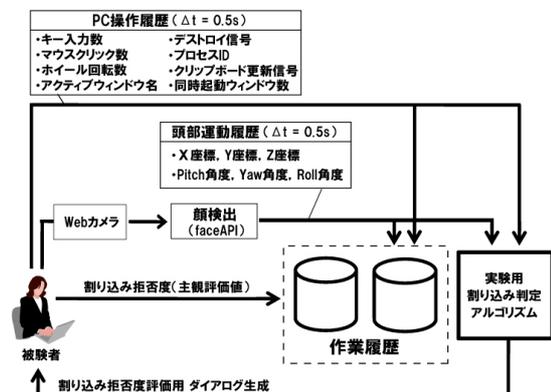


図 2, 実験システム

作履歴として、キー入力数、クリック数、ホイール回転量、アクティブウィンドウ名、プロセス ID とプロセスの親子関係、ウィンドウメッセージ、クリップボード更新信号、および、同時起動ウィンドウ数とし、これを 500ms 毎に取得。

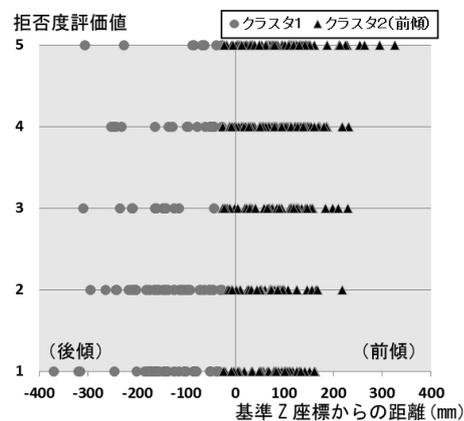
頭部運動履歴：頭部の左右位置 (X 座標)・上下位置 (Y 座標)・前後位置 (Z 座標) と、頭部の上下の向き (Pitch 角度)・左右の向き (Yaw 角度)、および、左右の傾斜 (Roll 角度) を 500ms 毎に取得する。計測の際は、被験者が机に正対した状態で、背筋を伸ばして椅子に着席し、両手をキーボード上に置いた姿勢を基準とする。

割り込み拒否度主観評価値：被験者の頭部が、予め設定した割り込み条件を満たした場合に、システムが被験者に割り込みを行い、拒否度の主観評価値を回答させる。割り込みは、被験者の作業用 PC 上に、割り込み拒否度入力用のダイアログをチャイム音と共に表示することで行う。入力する評価値は、「割り込み後に 5 分間程度会話をする」場合の、割り込みを受け入れられない度合を 5 段階 (1: 全く問題ない, 2: 問題ない, 3: どちらでもない, 4: 嫌だ, 5: 非常に嫌だ) とする。各実験条件と閾値は、予備実験により得られた、「頭部の前後位置・移動 (Z 軸) と上下回転 (Pitch 角) が拒否度と相関する」知見に基づき、実験的に設定した。

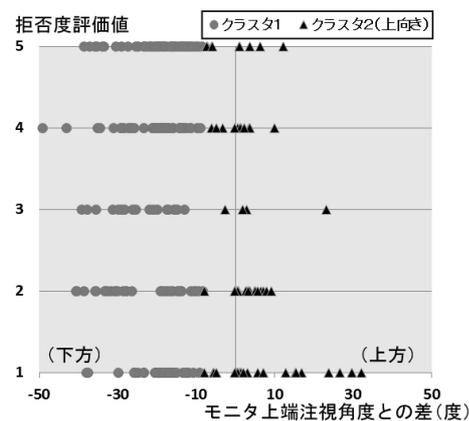
被験者は、大学生男女 8 名と大学教員 2 名の 10 名とし、各被験者から 5 時間の計 50 時間の実験を行った。実験では、出来るだけ普段通りの作業状況を再現するため、PC モニタ、作業用 PC、キーボード、マウス、机は、被験者が日常使用しているものとした。また、被験者にはタスクを課さず、作業内容にも制限を設けずにデータを収集した。さらに、実験中に他者とのコミュニケーションを制限した。被験者の主な作業は、プログラミング、文書作成、データ整理等の PC 作業、紙資料の閲覧、工作などの非 PC 作業と、食事・離席等も観察された。また、作業内容を把握するため、被験者に実験中の作業内容を用紙に記録させた。

4. 研究成果

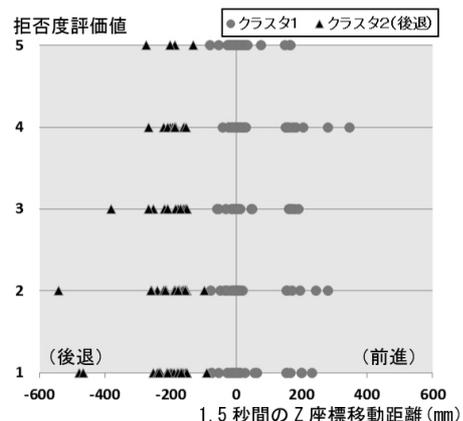
(1) 頭部運動を反映した拒否度推定法提案
頭部の前後位置、前後移動、上下回転、過去数分間を対象とした頭部運動の分析を行った。クラスタ分析結果を図 3 に示す。分析の結果、4 個の頭部運動指標を選定した。頭部の前後位置に関する「頭部が基準 Z 座標よりも前に位置している」、過去 1 分間の頭部前傾時間比率が 80% 以上、前後移動に関する「直前 10 秒間に頭部が 150 mm 以上後退した」、頭部の上下向きに関する「直前 10 秒間に頭部がモニタ上端より上を向いた」からなる。各指標の閾値は、クラスタ分析における各クラスタの平均値を元に実験的に設定している。また、従来研究と同様に、すべての特徴



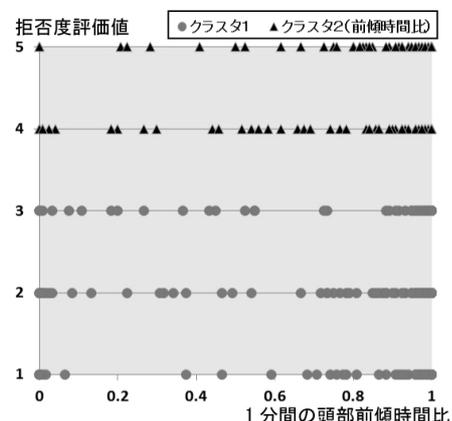
(a) 頭部の前後位置



(b) 頭部の上下向き



(c) 頭部の前後移動



(d) 頭部位置の継続

図 3, 頭部運動のクラスタ分析結果

を検出/非検出で二値化して扱う。表1・2に示した推定指標を用いて、次式により割り込み拒否度を推定する手法を提案した。

表1, PC 操作に関する推定指標

特徴		拒否度 の変化
ID	特徴名	
A	直前 20 秒間にキー操作検出	高く
B	過去 2 分間の操作率が 30%以上	
C	過去 2 分間にキーとマウスを併用	
D	過去 5 分間以内シェルから遷移	

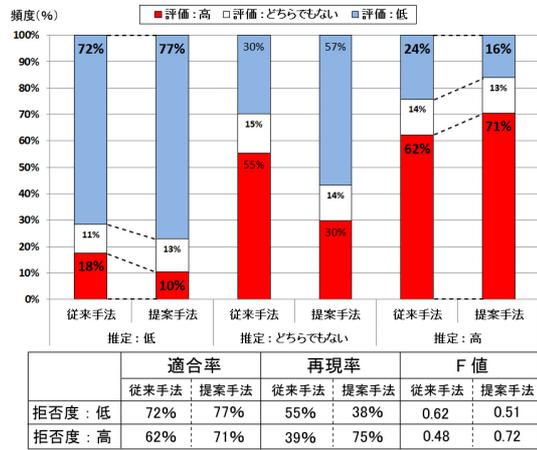
表2, 頭部運動に関する推定指標

特徴		拒否度 の変化
ID	特徴名	
E	頭部が基準 Z 座標よりも前に位置している	高く
F	過去 1 分間の頭部前傾時間比率が 80%以上	
G	直前 10 秒間に頭部が 150mm 以上後退した	低く
H	直前 10 秒間に頭部がモニタ上端より上を向く	

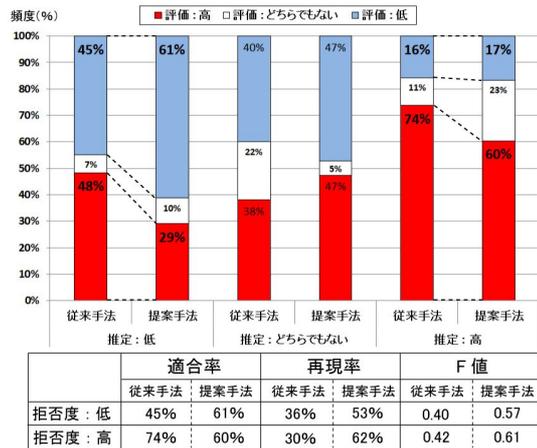
$$F'(x) = A_x + B_x + C_x + D_x + E_x + F_x + 2 \cdot \bar{G}_x + 3 \cdot \bar{H}_x$$

新たに収集したデータセットを対象に、提案手法を適用した場合の推定精度の評価を行った。大学生男女4名、大学教員2名の8名から各5時間分の計30時間分のデータを新たに収集した。

評価データに対する、従来手法と提案手法による推定結果を図4に示す。頭部運動指標の反映による割り込み拒否度推定精度の向上が確認された。特に、非PC・混合作業時の推定精度は、従来手法におけるPC作業時の推定精度と同程度であった。よって、頭部運動の考慮は、先行研究で問題とされた非PC作業の混在による精度低下を軽減する効果があると言える。PC操作履歴のみから推定を行う従来手法では、非PC・混合作業時に、ユーザの「作業量」を正確に検出することができないことが推定誤差の原因の一つであった。提案手法においても、同様に、现阶段では頭部運動から非PC・混合作業時の作業量を検出することは出来ていない。しかし、頭部の前傾や後退などの状態・動きには、作業種によらず、ユーザの作業に対する集中度合・作業意欲が表出していると考えられる。そのため、これらの状態を頭部運動指標として反映することが、非PC・混合作業時の推定精度改善に有効であったと考えられる。同様の理由により、頭部運動の反映は、非PC・混合作業時のみならず、PC作業時の推定精度の改善効果があったと考えられる。作業中の頭部の動きや姿勢は、各要因の影響を受けた結果としてのEngagementの状態を表すと考えられる。言い換えれば、影響している要因の種類や影響の強さは不明なままであるが、これら要因の影響を受けたEngagementの一部が前傾姿勢などの頭部運動・姿勢として表出されたと考えられる。そのため、頭部運動の反映



(a) PC 作業時のデータに対する推定結果



(b) 非 PC・混合作業時のデータに対する推定結果
図4, 提案手法による推定結果

が、作業の種類によらない拒否度推定精度の改善に有効であったと推測される。

(2) 推定エンジンと情報エージェント実装
提案した頭部運動を反映した割り込み拒否度推定法をPC上で動作させることが可能な推定エンジンの実装を行った。エンジンの動作環境は、Windows OS上にて動作することを想定し、プログラミング言語VC++を用いて実装を行った。PC作業履歴として、キー入力数、クリック数、ホイール回転量、アクティブウィンドウ名、プロセスIDとプロセスの親子関係、ウィンドウメッセージ、クリップボード更新信号、同時起動ウィンドウ数を500ms毎に取得し、ウェブカメラの映像に対しfaceAPI SDK(SeeingMachines社製)を使い作業者の頭部のX,Y,Z座標とPitch,Yaw,Roll角度を取得する。推定エンジンによる推定の様子を図5・6に示す。これにより、ウェブカメラを取り付けたPCであれば実行可能な推定エンジンを実現した。実装した情報エージェントのシステム構成図を図7に示す。部屋を人と共有するエージェントが、その存在を許容される要因・方策について、関連分野の他の研究者数名と議論を行い検討した結果、エージェントに本来果たすべき役割が存在し、その上で非従事時に割り込み等を行うべきとの結論を得た。本研究では、エージェ

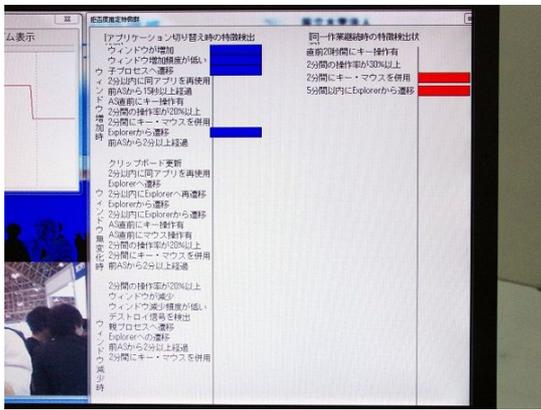


図 5, 推定エンジン実行例 (指標)



図 6, 推定エンジン実行例 (画面)

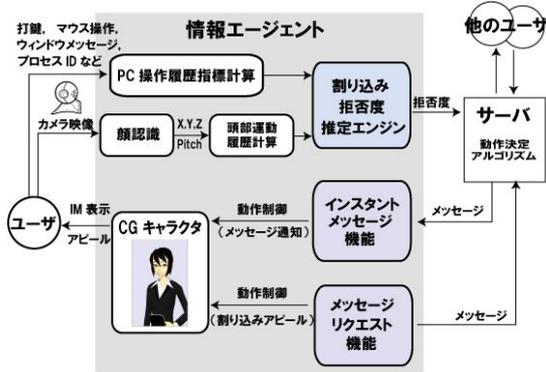


図 7, 情報エージェントシステム構成

ントにはインスタントメッセージを配信する機能を実装し、これをメインタスクとした。一方、非従事時の機能として、室員へメッセージがないかを聞きに訪れる機能を用意した。また、エージェントは作業者の PC 間をネットワーク上にて移動する機能を持つ。本研究で開発した拒否度推定エンジンを搭載し、非従事時機能は、低拒否度の作業者 PC へ優先的に移動するルールを設定した。エージェントの動きに対する人の感じる雰囲気分析を行ったところ、うなずき等の傾聴行動やそれ以外の行動のタイミング、頻度、ばらつきによって、感じる雰囲気が変化することが示唆された。これらを統制することで、エージェントが人に与える印象・雰囲気を制御できる可能性が考えられる。

本研究の応用例として、ドライバ（特に高齢ドライバ）の運転支援を目的とする同乗エージェントを試作し、ドライバに与える印象を分析した。分析の結果、運転やエージェントに対する好意的反応が得られたが、運転スタイルの個人差は大きく、個人適用の必要性も示唆される結果となり、今後の展開を検討



している (図 8)。

図 8, 同乗エージェントの実行例

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2 件)

Takahiro Tanaka, Ryosuke Abe, Kazuaki Aoki and Kinya Fujita, Interruptibility Estimation based on Head Motion and PC Operation, International Journal of Human-Computer Interaction, Vol.31, Issue 3, pp.167-179, 2015. 査読有 DOI:10.1080/10447318.2014.986635

Satoshi Hashimoto, Takahiro Tanaka, Kazuaki Aoki and Kinya Fujita, Improvement of Interruptibility Estimation during PC Work by Reflecting Conversation Status, IEICE Tran. on Information and Systems, Vol. E97-D, No.12, pp.3171-3180, 2014. 査読有

〔学会発表〕(計 3 8 件)

Yasumasa Kobayashi, Takahiro Tanaka, Kazuaki Aoki and Kinya Fujita, Automatic Delivery Timing Control of Incoming Email based on User Interruptibility, CHI 2015 WIP, pp.1779-1784, 2015. 査読有

Yasumasa Kobayashi, Takahiro Tanaka, Kazuaki Aoki and Kinya Fujita, E-Mail Delivery Mediation System Based on User Interruptibility, HCII 2015, pp.370-380, 2015. 査読有

Takahiro Tanaka, Niels A. Taatgen, Kazuaki Aoki and Kinya Fujita,

Resumption Lag at Interruptible Timing was not short in Actual Environment, CHI 2014 WIP, pp.1801-1806, 2014. 査読有

Takahiro Tanaka and Kinya Fujita, Secretary Agent for Mediating Interaction Initiation, The First International Conference on Human-Agent Interaction 2013, II-p5, 2013. 査読有

Satoshi Hashimoto, Takahiro Tanaka, Kazuaki Aoki and Kinya Fujita, Estimation of Interruptibility during Office Work based on PC Activity and Conversation, Human Computer Interaction International 2013, pp. 297-306, 2013. 査読有

〔図書〕(計 3件)

Yasumasa Kobayashi, Takahiro Tanaka, Kazuaki Aoki and Kinya Fujita, Lecture Notes in Computer Science Vol.9169, pp.370-380, Springer-LNCS (2015), ISBN: 978-3-319-20901-2

Hokuto Iga, Takahiro Tanaka, Kazuaki Aoki, Kinya Fujita, Lecture Notes in Computer Science Vol.9169, pp.350-359, Springer-LNCS (2015), ISBN: 978-3-319-20901-2

Satoshi Hashimoto, Takahiro Tanaka, Kazuaki Aoki and Kinya Fujita, Lecture Notes in Computer Science Vol.8018, pp.297-306, Springer-LNCS (2013), ISBN: 978-3-642-39225-2

〔その他〕

課題関連受賞

学生優秀インタラクティブ発表賞: HCG シンポジウム 2015

優秀賞: 第2回 HSS 人間共生システムデザインコンテスト 2014

Best Poster Presentation: The First International Conference on Human-Agent Interaction

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 貴紘 (Tanaka, Takahiro)

名古屋大学・未来社会創造機構・特任講師

研究者番号: 80451988