

頭部運動と PC 操作履歴による割り込み拒否度推定法の検討

安部 亮介[†] 田中 貴紘[†] 青木 和昭[†] 藤田欣也[†]

東京農工大学大学院[†]

1. はじめに

コンピュータとネットワークの普及により、ユーザは様々な場面で多様な情報を得ることが可能となったが、コンピュータから情報提示のための割り込みを受ける頻度も増加してきている。しかし、情報提示のタイミングや頻度にユーザの状況は適切に反映されておらず、作業や思考の断片化による知的生産性の低下が指摘されている^[1]。そのため、ユーザ状態を適切に反映した情報提示制御が必要である。

ユーザの状態推定に関する先行研究として、PC 操作量や各種センサ情報から忙しさを推定する研究^[2]が挙げられる。これらは物理的なアクティビティを指標として用いることから、深い思考など外部からの観測が困難な知的作業を行っている場合には、適切にユーザ状態を推定することは困難と予想される。これに対し、著者らは、知的作業を含む作業の切れ目として、アプリケーション切り替えタイミングに着目した PC 作業時割り込み拒否度推定手法^[3]を提案してきた。しかし、実環境下においては、PC 作業の合間に紙資料を読む等の非 PC 作業も混在し、誤推定の原因となることが確認された。

本研究では、デスクワーク全般に適用可能な割り込み拒否度推定法の提案を目標として、作業中の頭部運動と割り込み拒否度の関係を分析した。分析の結果、頭部の「前傾」、「上を向く」、「後退」の 3 指標が、推定に有効である可能性が示唆された。さらに、これら 3 指標による既存手法の拡張を試行したところ、精度向上の可能性が確認されたので報告する。

2. 作業中の頭部運動と PC 操作履歴の収集

2.1 頭部運動・割り込み拒否度収集システム

本研究では、作業中のユーザの頭部運動履歴と PC 操作履歴の収集を目的とした、割り込み実験を行った。図 1 に実験システムの構成を示す。実験システムを被験者の PC に常駐させ、PC 操作

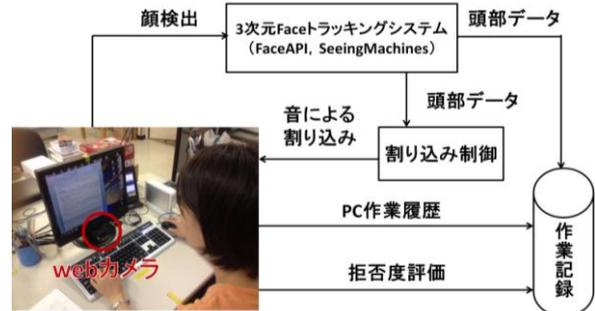


図1 頭部運動計測・割り込み拒否度収集システム

履歴の取得、および、PC モニタ下部に設置した Web カメラ（図 1 左下）と顔トラッキングソフトウェアを用いて、頭部運動の計測を行った。

記録する頭部運動履歴は、Web カメラの位置と向きを基準とする、頭部位置 (X, Y, Z 座標) と頭部向き (Pitch, Yaw, Roll 角度) とした。また、PC 操作履歴は、キー入力数、クリック数やプロセス ID 等^[3]とし、両履歴を 500ms 毎に記録した。さらに、実験システムは、予備実験^[4]を元に設定した割り込みルールに基づいて被験者に割り込みを行い、割り込み拒否度主観評価値を 5 段階 (1: 全く問題ない~5: 非常に嫌だ) で回答させた。

2.2 実験方法と結果概要

被験者は、大学生 8 名と大学教員 2 名の 10 名とし、各被験者から 5 時間分、計 50 時間分のデータを収集した。実験では、被験者の行うタスクには制限を設けず、日常業務を行わせた。被験者の主な作業は、プログラミング、文書作成の PC 作業、紙資料の閲覧等の非 PC 作業や食事・離席等が観察された。

収集した 50 時間分のデータを分析したところ、頭部の動きがない時に割り込まれた場合の平均拒否度 3.3 と比較して、頭部が“前傾している時”の拒否度は 3.8 と有意に高いことが確認された (t 検定, $p < 0.01$)。また、頭部が“上を向いている時”は 2.2, “後退した時”は 2.3 と、有意に低いことが確認された (t 検定, $p < 0.01$)。

3. 頭部運動を反映した拒否度推定法の検討

3.1 PC 作業時割り込み拒否度推定法の概要

本研究では、PC 作業時の割り込み拒否度推定

表1 推定指標の概要

検出時 拒否度	推定指標	
	ID	指標の説明
高い	A	直前 20 秒間のキー操作有
	B	2 分間操作率 30%以上
	C	2 分間キー・マウス併用
	D	5 分間以内にシェルから遷移
	E	現在の頭部前後位置とホームポジション時の差が 0mm 以上
低い	F	現在の頭部 Pitch 角度と“モニタ上端を見た時の Pitch 角度”の差が 0° 以上
	G	1.5 秒間に頭部が 150mm 以上後退

手法^[3]を構成する AS (アプリケーション切り替え) 時推定式と NAS (同一作業継続) 時推定式の内、NAS 時推定式の拡張を試みる。これは、同一作業継続時において、非 PC 作業を原因とする精度低下が特に顕著であったためである。

NAS 時拒否度推定に用いられる推定指標を表 1 の A-D に、NAS 時推定式を(1)式に示す。指標値は、特徴を有する場合を 1、それ以外を 0 とする。(1)式で算出される値を、(2)式により 3 段階の拒否度として判定する。

$$F_{NAS} = (2A + B + C + D) / 5 \quad (1)$$

$$\text{拒否度} = \begin{cases} \text{高} & F_{NAS} \geq 0.7 \\ \text{中} & 0.2 \leq F_{NAS} < 0.7 \\ \text{低} & F_{NAS} < 0.2 \end{cases} \quad (2)$$

3.2 頭部運動の指標化と推定法の拡張

分析により得られた 3 つの特徴、「前傾」、「上を向く」、「後退」を推定指標として新たに定義し、追加することで、推定式の拡張を試みた。追加した推定指標を表 1 の E-G に示す。先行研究と同様に、各指標は、クラスタ分析を元に実験的に設定した閾値により、2 値化した。

推定式の拡張は、従来手法である(1)式に、E, F, G の 3 指標を追加することで行った。追加後の各指標の係数は、重回帰分析の結果を参考に設定した。推定式を(3)式に示す。また、(4)式により 3 段階の拒否度として判定する。

$$F_{NAS} = (5A + 3B + 3C + D + 3E + 3F + 2G) / 20 \quad (3)$$

$$\text{拒否度} = \begin{cases} \text{高} & F_{NAS} \geq 0.7 \\ \text{中} & 0.5 \leq F_{NAS} < 0.7 \\ \text{低} & F_{NAS} < 0.5 \end{cases} \quad (4)$$

3.3 推定結果と考察

収集した 50 時間分のデータを対象として、推定を試行した結果を表 2, 3 に示す。評価におい

表2 推定結果 (従来手法)

		評価値			適合率	再現率	誤差 1 以下
		低	中	高			
推定値	低	69	13	39	0.57	0.32	0.68
	中	104	36	103	0.15	0.44	1.00
	高	46	32	112	0.59	0.44	0.76

表3 推定結果 (3指標併用)

		評価値			適合率	再現率	誤差 1 以下
		低	中	高			
推定値	低	122	15	49	0.66	0.56	0.74
	中	29	21	41	0.23	0.26	1.00
	高	68	45	164	0.59	0.65	0.75

ては、従来研究と同様に、5 段階の主観評価値を 3 段階 (低: 1・2, 中: 3, 高: 4・5) に読み替えて行った。実験の結果、従来手法に対して、3 指標を併用した場合は、低拒否度の適合率が 9% 向上し、低拒否度の再現率が 24%、高拒否度は 21% の向上が見られた。

作業中の前傾は作業対象への集中状態を示し、上を向く動きや後退の動きは、意識的・無意識的な作業の切れ目を示すと推測されることから、頭部運動の考慮は、PC 操作履歴のみでは検出し難い、作業者の「作業継続意欲」による拒否度への影響をより反映するものと考えられる。

4. おわりに

本研究では、デスクワークにおけるユーザの割り込み拒否度推定に向け、頭部運動による拒否度推定法の拡張の可能性を検討した。分析の結果、拒否度に影響する 3 種の頭部指標を抽出し、3 指標の併用による推定精度向上の可能性を確認した。今後の課題は、頭部運動指標のさらなる分析と、推定アルゴリズムの検討である。

謝辞

本研究の一部は、情報通信研究機構委託研究、ならびに文部科学省科学研究費補助金による。

参考文献

- [1] G. Mark, V. M. Gonzalez, J. Harris, "No task left behind? Examining the nature of fragmented work", Proc. CHI '05, pp.321-330 (2005)
- [2] J. Fogarty, et al: Predicting human interruptibility with sensors; Computer-Human Interaction, Vol.12, No.1, pp.119-146 (2005).
- [3] 田中, 深澤, 竹内, 野中, 藤田: 業務従事者を対象とした PC 作業時の割り込み拒否度推定可能性の検討, 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.1, pp.126-137(2012).
- [4] 安部, 田中, 藤田, 頭部運動の併用による PC 作業時割込拒否度推定法の改善, 第 86 回ヒューマンインタフェース学会研究会 (2012) .