

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

田中 貴紘^{1,a)} 深澤 伸一² 竹内 晃一² 野中 雅人² 藤田 欣也¹

受付日 2011年3月15日, 採録日 2011年10月3日

概要: 作業状況を適切に反映しない情報システムからの割り込みにより, ユーザの知的生産性の低下が懸念される. 著者らは先行研究において, アプリケーション切り替え (AS) 時に着目した, ユーザの割り込み拒否度推定法の提案を行ってきた. しかし, 先行研究は, 切り替えタイミングのみを対象とするため, 情報提示機会が減少することや, 勤務環境における有用性の検討が課題であった. そこで本研究では, 同一作業継続 (NAS) 時を含む PC 作業全体を対象とした, PC 作業時割り込み拒否度推定法を提案し, さらに, 勤務環境における業務従事者を対象とした割り込み実験を行い, 提案手法の有用性の検証を行った.

キーワード: アプリケーション切り替え, 割り込み拒否度, ユーザ状態推定

Study of Uninterruptibility Estimation Method for Office Worker during PC Work

TAKAHIRO TANAKA^{1,a)} SHINICHI FUKASAWA² KOICHI TAKEUCHI²
MASATO NONAKA² KINYA FUJITA¹

Received: March 15, 2011, Accepted: October 3, 2011

Abstract: Since the most of the information systems do not reflect the user status, it has been pointed out that user's intellectual productivity is degraded by the interruptions. In previous studies, we focused on application-switching (AS) that is significantly acceptable timing of interruptions for the users, and proposed a method to estimate the user's uninterruptibility at AS. However, it has been pointed out that the number of chances for information display would be decreased because AS is occasional. It was also needed to examine the practicality of the method in actual office environments. In this study, we proposed an uninterruptibility estimation method during continuous PC work (Not application-switching: NAS). Furthermore, we evaluated the proposed method with fifteen office workers and confirmed the possibility of the estimation.

Keywords: application switching, interruptibility, user state estimation

1. はじめに

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きた. さらには,

在宅テレワーク環境やサテライトオフィス間のコミュニケーション支援・情報共有に向けた取り組みも行われている. 一方で, 情報システムからの通知や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, ユーザは提示情報確認のために思考をたびたび中断されることで, 知的生産性を低下させる可能性が指摘されている [1].

情報提示タイミングの制御を目的として, 作業中のユー

¹ 東京農工大学大学院
Graduate School, Tokyo University of Agriculture and Technology, Koganei, Tokyo 184-8588, Japan

² 沖電気工業株式会社研究開発センター
Corporate Research and Development Center, Oki Electric Industry Co., Ltd., Warabi, Saitama 335-8510, Japan

a) takat@cc.tuat.ac.jp

ザの忙しさを推定する研究には、いくつかの先行研究がある。PC作業を対象として、キー入力数やマウス操作量などをもとにユーザの忙しさを推定する手法 [2], [3], [4] では、PC操作量が作業の忙しさに比例して高くなるような作業において有効と期待される。しかし、外部から容易に観測可能な作業量をとまわらない、思考などの知的作業を考慮した忙しさを推定が望まれる。一方で、PC作業の切れ目の検出は、割り込み制御に有効であることが指摘されている [5], [6], [7], [8], [9]。PC作業全般における汎用的な切れ目検出方法の確立は、知的作業かによらず、ユーザの作業を阻害しない情報提示制御の実現につながると期待される。また、各種センサを利用したユーザの作業の種類に基づく忙しさを推定に関する研究 [10], [11], [12] も行われている。センサ情報は推定に有用であるものの、多様なセンサを作業環境に設置することは、現状においては容易とは考え難い。これら従来研究では、研究室環境において学生を被験者とした実験評価が多く、勤務環境における有用性の検討も必要である。

筆者らはPC作業時の使用アプリケーションの切り替え (focused Application-Switching: AS) は知的作業を含む作業の切れ目と見なせるものと仮説を立て、ユーザが割り込みを受け入れられない度合いを主観的に評価した値である割り込み拒否度が、AS時に低下することを実験的に確認するとともに、AS時割り込み拒否度推定法を提案し、3段階のAS時割り込み拒否度推定の可能性を示した [13], [14], [15]。AS時推定は、ユーザによるアプリケーション切り替え発生時に焦点を当てた推定法であるため、ユーザの作業が知的作業か否かの影響を受け難い。一方で、ユーザが同一作業を継続して行っているときには推定対象自体が存在しないため、結果的に情報提示機会が減少するという問題が指摘された。そこで、拒否度推定精度を下げず、情報提示機会を増加させる必要があった。また、従来研究と同様に、勤務環境における有用性の検証が必要であった。

そこで本研究では、まず、AS時割り込み拒否度推定法をもとに、同一アプリケーション継続使用 (Not focused Application-Switching: NAS) 時の割り込み拒否度推定法を提案する。さらに、勤務環境における業務従事者を被験者とした割り込み実験を行い、勤務環境における提案手法による推定可能性を検討する。検討の結果、勤務環境下における異なる業種の業務従事者に対しても、拒否度推定可能性が示唆されたためこれを報告する。

本論文では、まず、関連研究について次章で述べた後、3章でNAS時割り込み拒否度推定法を提案する。次に、4章で勤務環境における拒否度推定可能性を検討し、5章で考察を述べた後、6章でまとめる。

2. 関連研究

2.1 ユーザ状態の推定

これまで、ユーザコンテキストを利用してユーザの状態を推定する様々な研究が行われている。なかでも、PC作業中のユーザの忙しさを推定する研究では、キー入力やマウス操作に基づく推定方法が提案されている [2], [3], [4]。これらの研究では、ユーザのPC操作量が多くなるほどユーザが忙しいと想定されており、ユーザの作業が外部から観察可能なPC操作量をとまなう場合には忙しさを推定に有効と考えられる。反面、思考などの知的作業において、作業量がPC操作量のような物理的アクティビティとして計測できない場合には、忙しさを適切に反映することが困難と予想され、知的作業を含めたユーザの忙しさを推定が1つの検討課題としてあげられる。

一方、ユーザの作業中の忙しさを推定ではなく、作業の切れ目を検出し割り込みを制御する試みもなされている [5], [6]。これらの研究では、メインタスクへの割り込みタイミングと情報認知・作業効率の違いについて実験的に検証した結果、メインタスクの開始時 (ファイルメニューからの新規ファイル読み込み時)、タスク集中前 (アプリケーションのメニューバー操作時) が、割り込みタイミングとして望ましいと指摘している。また、ユーザの行うタスクの構造分析をもとに割り込み拒否度を推定する研究 [7], [8] においても、新規ファイルの作成やファイル保存などの作業の準備段階の方が、ファイル編集などの実作業段階と比較して拒否度が低くなることを示している。また、区切りキーや無操作時間に着目し、作業の小休止を検出し割り込みを行う方法も検討されている [9]。ユーザのPC環境や使用方法・目的は多岐にわたるため、タスクに依存しない汎用的な推定手法が望まれるが、一時的に割り込みへの拒否度が低下するタイミングを検知・推定するだけでも、ユーザの作業を阻害しない提示制御に有効であると考えられる。

また、オフィスワーク全体を対象としたユーザ状態推定の研究も行われている。ユーザの身体に筋電計と心拍計を装着し、忙しさを推定する研究 [10] では、高精度の推定が可能とされているが、生理情報は外部要因の影響を受けやすく、また、直接ユーザの身体にセンサを装着することは実環境への適用が困難であるといえる。一方、マイクやカメラ、加速度センサなどを生活空間の中に遍在させ、コンテキスト推測を行う研究も多数試みられている [11], [12]。しかし、多くはユーザの作業の種類や状態 (着座、移動、会話) の推定であるため、忙しさを推定には再度の推定が必要となり、推定誤差が懸念される。これらのセンサ情報は、ユーザの作業内容や忙しさを推定に有用な情報となる可能性は高いが、利用環境へのセンサ設置が必要であり、システム導入に際してはコストに加えて心理的な障壁が予想さ

れる。そのため、特別なセンサを使用しなくても、ユーザへの割り込みタイミング制御を可能とする、汎用性の高いユーザ状態推定方法が必要である。

これら従来研究の多くは、研究室環境における学生被験者による実験評価であったり、実験用タスクを行わせ、その間の精度評価を行ったりしている。これら情報提示制御技術の適用先として、まず、勤務環境における業務従事者があげられるが、業務従事者と研究室環境における学生との間に、特に割り込みに対する反応に違いが生じる可能性が懸念される。雇用契約のもと、給与を得て勤務する業務従事者は、在席中つねに業務のみを行うと考えられる。そのような勤務環境下においては、つねに高い割り込み拒否度が維持され、作業の切れ目や停滞が存在せず、拒否度が低下しない可能性が考えられる。そのため、勤務環境における業務従事者を対象とした拒否度推定の有効性の検討が必要である。

2.2 ASに着目した割り込み拒否度推定

従来研究において、PC操作量のみから、知的作業を反映した忙しさを推定することは容易ではなかった。著者らは、作業が一段落したときには、作業内容にかかわらず集中度が一時的に低下し、割り込みに対する拒否度も低下する可能性が高いと予想した。そこで、利用アプリケーションの切り替え(AS)情報を作業の切り替わりと見なし、ユーザの主観的な割り込み拒否度とASの関連を実験的に検討した。実験では、10名の被験者から研究室環境・自宅環境におけるPC作業履歴40時間分を収集し、同時に、作業中の被験者に実験用システムが自動で割り込みを掛け、そのときの割り込み拒否度を回答させた[13]。実験の結果、AS時の割り込みは、NAS時に比べ受け入れられやすいという予想を支持する結果となった。容易に検出可能で、かつ拒否度の平均値が低いASを情報提示タイミングとすることで、統計的によりリスクの小さい情報提示が実現されると期待される。一方で、高拒否度のASも存在するため、より低い拒否度のASを検出する必要性も明らかになった。

そこで、より低い拒否度のASを検出するため、AS発生時の作業履歴の詳細な分析を行い、表1に示す、AS時拒否度に影響を与える19個の特徴を選定した。さらに、各特徴の拒否度への影響は、AS前後の同時起動ウィンドウ数の増減状況によって異なることが確認されたため、増加時(作業開始)・減少時(作業終了)・無変化時(作業継続)の3つの状況ごとに推定式を設定し、PC作業履歴に基づいて低・中・高の3段階の割り込み拒否度を推定する方法を提案した[15]。

情報工学系の20代学生11名を被験者とし、研究室環境で収集した約50時間分のデータを対象に行った推定結果が表2である。表2は、推定された3段階の拒否度に対し、実際の被験者の評価値が含まれた頻度、各推定値の適

表1 AS時特徴の概要

Table 1 Features of AS.

ウィンドウ数	拒否度の変化	特徴		
		ID	特徴名	
増加時	高く	A	ウィンドウ増加	
		C	ウィンドウ増加傾向	
		G	親子遷移	
		I	2分以内の再使用	
		O	継続15秒以上	
		P	AS前キー操作	
		R	2分間操作率	
		S	2分間操作種類	
		低く	K	シェルから遷移
N	継続2分以上			
無変化時	高く	F	クリップボード更新	
		I	2分以内の再使用	
		L	2分以内にシェルへ再遷移	
		M	2分以内にシェルから再遷移	
		P	AS前キー操作	
		Q	AS前マウス操作	
		R	2分間操作率	
		S	2分間操作種類	
		低く	N	継続2分以上
		減少時	高く	R
低く	B		ウィンドウ減少	
	D		ウィンドウ減少傾向	
	E		デストロイ信号	
	H		子親遷移	
	J		シェルへ遷移	
	N		継続2分以上	
	S		2分間操作種類	

表2 AS時割り込み拒否度推定結果

Table 2 Result of uninterruptibility estimation on AS.

推定値	低	中	高	主観評価値			適合率	再現率	誤差1以下
				低	中	高			
低	69	44	16	0.54	0.22	0.88			
中	192	159	294	0.25	0.60	1.00			
高	53	63	135	0.54	0.30	0.79			

合率と再現率、そして誤差1以下の割合(高拒否度と低拒否度が入れ替わる誤推定の回避率)を示す。推定結果に基づき情報提示制御を行う際に、高拒否度と低拒否度が入れ替わる誤推定はユーザ作業を阻害する危険性が高く、誤差1以下の割合は実用性を評価するうえで重要と考えられる。低・高拒否度の適合率は、それぞれ54%と5割以上の精度が得られた。また、誤差1以下の割合は88%であり、作業阻害の危険性が高い誤推定の多くを回避できた。ASに着目した割り込み拒否度推定法は、特殊なセンサを用いなくても、一般的なPC作業全般を対象とした推定が可能であることを示した。しかし、低拒否度を正しく推定できた割合は1時間に平均1~2回程度にとどまり、同一アプリケー

ションを長時間継続して使用するほど AS 発生機会も減少するなど、ユーザへの情報提示機会は十分とはいえない結果であった。また、従来研究と同様に、研究室環境で学生を被験者とした実験結果であるため、本手法の適用先としてあげられる業務従事者を対象とした勤務環境における有効性の検討が必要であった。

3. NAS 時割り込み拒否度推定法の提案

AS に着目した割り込み拒否度推定法は、作業阻害の危険性が高い割り込みの回避を可能にする一方で、AS の発生を前提とするため、情報提示機会が減少するという課題を有する。そこで本研究では、AS 発生時以外にも情報提示機会を確保するため、AS 時割り込み拒否度推定法を拡張し、同一アプリケーション継続使用 (NAS) 時の割り込み拒否度推定法を提案する。以降では、研究室環境における学生を被験者とした割り込み実験で得られた PC 作業履歴と割り込み拒否度主観評価値を分析し、NAS 時割り込み拒否度推定法を検討する。

PC 作業時割り込み拒否度

$$= \begin{cases} \text{AS 時割り込み拒否度推定式} & \text{: 切り替え時} \\ \text{NAS 時割り込み拒否度推定式} & \text{: 継続使用時} \end{cases}$$

3.1 推定法検討用の PC 作業履歴の収集

検討用データを収集するため、被験者の PC に図 1 に示す実験用システムを常駐させ、PC の作業履歴と、システムが自動的に割り込んだときに被験者が回答した割り込み拒否度の主観評価値を収集した。

収集する作業履歴は、打鍵数、クリック数、ホイール回転数、アクティブウィンドウ名 (現在最前面に表示されているアプリケーション名)、ウィンドウメッセージ、プロセス ID、クリップボードの更新信号、同時起動ウィンドウ数 (タスクバー上に存在するウィンドウ総数) とした。また、システムの被験者への割り込みタイミングは、5 分以上同一作業が継続した (NAS) とときと AS 発生時の 2 種類とした。システムからの頻繁な割り込みによる主観評価値への影響

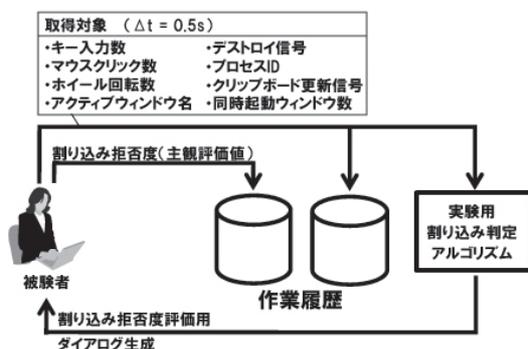


図 1 実験システムの構成

Fig. 1 Structure of operation record collection system.

に配慮し、30 秒間の最短割り込み間隔を設け、被験者には入力評価値に実験システムによる割り込み頻度を考慮しないよう教示を与えた。被験者に入力させる割り込み拒否度は、割り込み後 5 分間会話が続くと仮定し、“1:まったく問題ない, 2:問題ない, 3:どちらでもない, 4:嫌だ, 5:非常に嫌だ” の 5 件法で回答させた。被験者は情報工学系の 20 代大学生・大学院生の 11 名とし、研究室環境で PC を 4 時間以上使用させ、計 50 時間分のデータを収集した。実験中は、被験者に、通常どおりの研究活動を行わせ、PC 使用目的について制限を設けなかった。本実験における被験者の主な PC の使用目的は、文書作成、ウェブブラウジング、プログラミング、データ整理であった。

本実験で収集した検証データの概要を表 3 に示す。システムの AS・NAS 時の割り込みに対し、被験者が回答した拒否度主観評価値の各段階ごとの頻度 (回) と総割り込み回数、平均割り込み拒否度を示す。50 時間分のデータのうち、NAS 時割り込みが 352 回、AS 時割り込みが 1,144 回行われ、NAS 時の拒否度平均 3.3 に対し、AS 時は 3.1 となった。マン・ホイットニーの U 検定を行ったところ、 $Z = 2.73$ となり、AS 時の割り込みが NAS 時と比較して有意に低い ($p < 0.01$) ことを再確認した。次節では、本実験で得られた作業履歴をもとに、NAS 時のユーザの割り込み拒否度に影響を与える特徴の分析と抽出結果について述べる。

3.2 NAS 時割り込み拒否度推定に用いる指標の検討

従来研究において、PC 作業中のユーザの忙しさの推定には、PC 操作量、特にキーの打鍵数が用いられている [2], [3], [4], [19]。著者らも、PC 操作量と拒否度との相関分析を行い [13]、NAS 時の割り込み拒否度と数分間の打鍵数・クリック回数の総和との間に、弱い正の相関関係を確認している。よって、NAS 時の割り込み拒否度推定には、PC 操作量の反映が有効であると推察される。

また、2.2 節で述べた AS 時割り込み拒否度推定法において、AS 前後の同時起動ウィンドウ数が無変化のときは、複数のアプリケーションを利用した作業が継続していることを意味する。すなわち、AS であっても作業の切れ目とは考え難く、作業継続状態という点では NAS 時に近い状況と考えられる。そのため、無変化時の推定式を構成する AS 時特徴は、NAS 時拒否度推定にも有効である可能性が考えられる。

表 3 検証データにおける AS 時と NAS 時の割り込み拒否度比較
Table 3 AS vs. NAS on laboratory data.

	評価値					頻度	平均
	1	2	3	4	5		
AS	111	272	295	282	184	1,144	3.1
NAS	30	58	94	107	64	353	3.3

そこで本研究では、AS 時拒否度推定法における無変化時推定式を構成する特徴群のうち、特に PC 操作量に関する特徴に着目し、NAS 時割り込み拒否度に影響する NAS 時特徴の検討を行う。

3.2.1 分析に基づく NAS 時特徴の抽出

(1) 分析方針

表 1 に示すように、ウィンドウ数の無変化時に、AS 時拒否度に影響を与える特徴は、AS 前後のアプリケーション遷移に関する特徴と PC 操作量に関する特徴から構成される。アプリケーション遷移に関しては、特にシェル遷移に関する特徴 (K, M, J, L) を反映している。 K, J は、AS による、シェルへの遷移と、シェルからの遷移を意味し、 L, M は、過去 2 分間に AS によるシェルへ・シェルからの遷移が 2 回以上検出されたことを意味する。Windows OS の場合、デスクトップ画面が表示されている状態は、アクティブウィンドウ名がシェル (Explorer) となり、デスクトップ上のアイコンによるアプリケーション起動やファイル選択後のアプリケーション起動は、すべてシェルからの遷移となる。また、任意のウィンドウを閉じたときに、他に表示されているウィンドウが存在しない場合は、自動的にシェルへの遷移が行われる (デスクトップのみ表示される)。そのため、シェルからの遷移は作業の開始、シェルへの遷移は作業の終了である確率が高い。PC 操作量に関しては、AS 前の瞬時的操作量に基づく特徴 (P, Q) と、分単位の操作量に基づく特徴 (R, S) から構成される。

同一アプリケーションの継続使用状態である NAS を推定対象とした場合、AS 時推定に用いたような、アプリケーション間の遷移関係を反映する特徴のほとんどは利用できない。しかし、現在の継続作業がシェルからの遷移であった場合、遷移からどの程度の時間が経過したかを考慮することで、ユーザの作業が開始直後か否かを判定できる可能性が考えられる。著者らは、fNIRS による AS 前後の脳血流量計測実験、および時間差割り込み実験により、AS の数秒後から拒否度が上昇し、有意に高くなることを確認しており [14]、作業開始直後の NAS は高い拒否度を示すと考えられる。また、割り込み拒否度と PC 操作量の関係を考慮すると、操作中の割り込みと、ある程度の時間継続して忙しく作業を行っている際の割り込みにおいて、拒否度が高くなると予想される。よって、従来研究で用いられている直前数十秒間の瞬時的な操作と、分単位の操作の傾向、両者の反映が妥当と考えられる。

以上から、次の分析項目に関して、NAS 時の割り込み拒否度に影響を与える特徴の抽出を試みた。

- 瞬時的 PC 操作量と拒否度：直前数十秒間のキー・マウス操作量が拒否度を与える影響
- PC 操作傾向と拒否度：過去数分間の操作検出率・操作種類が拒否度を与える影響
- シェルからの遷移と拒否度：過去数分間のシェルから

の遷移が拒否度を与える影響

(2) NAS 時特徴の抽出

前述の分析項目に関し、検討用データを対象に NAS 時特徴の抽出を行った。各特徴の抽出方法と詳細について順に述べる。

瞬時的 PC 操作量と拒否度

瞬時的 PC 操作量に関する特徴を抽出するため、直前数十秒間のキーとマウスによる操作の有無と拒否度の関係を分析した。対象とする過去値を、直前 5 秒から 30 秒まで変化させ、拒否度との比較を行ったところ、直前 20 秒間にキー操作が検出された場合の平均拒否度は 3.7、されなかった場合は 3.0 となり、マン・ホイットニーの U 検定による有意差が確認された ($Z = 4.93, p < 0.01$)。一方、直前 20 秒間のマウス操作に関しては、拒否度に有意な差は確認されなかった。従来研究においても、マウス操作よりキー操作の方が忙しさを反映すると指摘されており [2], [3], [4]、直近のキー操作は、より拒否度に影響を与えることが示された。

PC 操作傾向と拒否度

過去数分間の PC 操作傾向と拒否度との関係を分析するため、過去数分間の PC 操作検出時間の割合を算出し、拒否度との相関分析を行ったところ、過去 2 分間とした場合の PC 操作検出時間の割合と拒否度に弱い正の相関が確認された。そこで、過去 2 分間の PC 操作検出時間の割合が 10%・20%・30% を超える場合と超えない場合の拒否度を比較した。マン・ホイットニーの U 検定の結果、30% を超える場合の平均拒否度は 3.6 となり、超えない場合の 3.2 よりも有意に高くなることが確認された ($Z = 2.58, p < 0.01$)。

また、本研究で扱う PC 操作量は、キー操作とマウス操作だけであるが、作業において頻出する操作がどちらかに偏るよりも、両方が検出される作業は、ユーザの負担がより高いと予想された。そこで、過去 2 分間の PC 操作種類を分析し、キー操作とマウス操作がともに検出された NAS とそれ以外の NAS との比較を行った。分析の結果、両操作が検出された場合の拒否度は 3.6 となり、どちらか一方だけの場合の 2.9 よりも有意に高くなることが確認された ($Z = 4.54, p < 0.01$)。キー操作のみ検出された場合の拒否度 3.2 に対して、両操作が検出された方が高くなった点においても、予想を支持する結果となった。

シェルからの遷移と拒否度

シェルからの遷移として検出される、デスクトップ上のアイコンによるアプリケーション起動やファイル選択後のアプリケーション起動は、ユーザが新規に作業を開始した可能性が高いと考えられる。新規作業の開始からしばらくの間、ユーザの集中度は高く、割り込みに対する拒否度も高くなることを確認されている [14]。そこで、過去数分間にシェルからの遷移が存在する場合としない場合の拒否度を比較した。対象とする過去値を 1 分から 5 分間と変化さ

表 4 NAS 時特徴の概要
Table 4 Features of NAS.

状況	検出時の拒否度	特徴	
		ID	特徴名
同一作業	高い	T	直前 20 秒間のキー操作有
		U	2 分間操作率 30%以上
		V	2 分間キー・マウスの併用
		W	5 分間以内にシェルから遷移

分析した結果、過去 5 分以内にシェルから遷移していた場合 (平均拒否度 3.5) は、しない場合 (3.3) よりも有意に拒否度が高くなる事が確認された ($Z = 2.10, p < 0.05$)。これは、AS 時拒否度推定において、ウィンドウ増加時の拒否度がより高くなる傾向と定性的に一致する。

(3) NAS 時特徴のまとめ

以上の分析結果に基づき、本研究では表 4 に示す 4 個の NAS 時特徴を選定した。瞬時的 PC 操作量に関する特徴である“T: 直前 20 秒間キー操作有”, PC 操作傾向に関する特徴の“U: 2 分間操作率 30%以上”と“V: 2 分間キー・マウス併用”, そしてシェル遷移に関する特徴“W: 5 分間以内にシェルから遷移”からなる。これらの特徴を持つ NAS とそれ以外の間に有意差を確認することができたことから、NAS の中でも特に拒否度が高い状態を推定できる可能性が期待される。打鍵数やクリック回数などの PC 操作量は本来連続値であるが、分析の結果、値の大小と拒否度の間にあまり相関が見られず、特徴の有無に有意差が確認されたこと、また、抽出した特徴を推定式へ利用する場合に簡便に扱える形式が望ましいと考えられたことから、本研究では、AS 時割り込み拒否度推定法と同様に、すべての特徴を検出/非検出で二値化して扱う。

3.3 NAS 時割り込み拒否度推定法

前節では、NAS 時の割り込み拒否度に影響を与える 4 個の特徴を分析により選定した。これらは PC 操作履歴においてすべて同時に発生しうる特徴であり、また、拒否度を目的変数とした変数増減法による重回帰分析を行った結果、拒否度の説明変数として全特徴が選択されたことから、各特徴は独立変数であることが確認された。そこで、本研究では、これら 4 特徴を用いた推定式を設定した。

NAS 時割り込み拒否度推定式 $F_{NAS}(x)$ を式 (1) に示す。推定式は、各特徴を表 4 に示した T~W の特徴 ID を用いて表記する。AS 時推定式と同様に、算出される推定値を正規化し、0 から 1 の範囲の値をとる。特徴値は、特徴を有する場合を 1、それ以外を 0 とする。また、拒否度との相関が最も高くなるよう、式 (1) の全変数の係数を実験的に求めた結果、本研究では $d = 2$ とし、それ以外の係数を 1 と決定した。推定式を構成する特徴は主に PC 操作量に関してであるが、対象とする期間が 20 秒間から 2 分間とそれぞれ異なるため、作業の瞬時的変化と傾向の両方を

表 5 NAS 時割り込み拒否度推定試行結果
Table 5 Trial of uninterruptibility estimation on NAS.

		主観評価値			適合率	再現率	誤差 1 以下
		低	中	高			
推定値	低	24	9	10	0.56	0.29	0.77
	中	50	45	94	0.24	0.52	1.00
	高	8	33	73	0.64	0.41	0.93

NAS 時推定へ反映すると期待される。

$$F_{NAS}(x) = d \cdot T_x + U_x + V_x + W_x \tag{1}$$

3.4 NAS 時推定の試行

前節で提案した推定式を、NAS 時特徴抽出で分析対象とした検討用データに適用し、NAS 時割り込み拒否度推定を試みた。なお、推定対象の NAS は実験開始後 5 分以降とし、対象データは、NAS 時の割り込み拒否度主観評価値 346 回分とした。

本手法で判定する割り込み拒否度は、AS 時推定と同様に、低・中・高の 3 段階とした。これは、忙しさや拒否度推定に関する従来研究において、その多くが 2 段階または 3 段階の推定を行っていること、ユーザの拒否度を精密に 5 段階で推定することは困難であること、さらに、本手法を応用するにあたり、実用的には 3 段階の判定 (低い、高い、どちらでもない) で十分有用であると判断されたためである。実験で得られた 5 段階の主観評価値から 3 段階への置き換えは、拒否度 1・2 を“低”, 3 を“中”, 4・5 を“高”と置き換えて扱う。拒否度評価に関する内観報告として、拒否度 1・2 間, 4・5 間の決定に逡巡したとの報告は受けていたが、2・3 間または 3・4 間の決定に関しての報告はなく、被験者はその間を区別できていたと考えられたためである。そこで、割り込みに対して受け入れられない場合は拒否度 4・5, 受け入れられる場合は拒否度 1・2 が相当するとした。

また、推定式 $F_{NAS}(x)$ で得られる推定値から、3 段階の拒否度を判定するため、検討データにおいて各拒否度を最も識別する値を実験的に求め、式 (2) で示す閾値を設定した。

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

検討データにおける推定試行結果を表 5 に示す。試行の結果、低拒否度の適合率は 56%, 高拒否度で 64%, 平均で 48% となった。誤差 1 以下の割合は、低拒否度で 77% に対し、高拒否度は 93% となった。研究室環境における AS 時拒否度推定結果 (表 2) と比較すると、特に高拒否度の適合率で 10% 程度の向上が確認された。また、AS 時推定と同様に、NAS 時推定においても高い拒否度を低く推定する



図 2 被験者ごとの作業環境例

Fig. 2 Example of environment on each subjects.

危険な誤推定を回避できる可能性が期待される。一方で、低拒否度の再現率は AS 時推定と同様に 3 割程度であるため、NAS 時単独ではやはり提示機会が減少すると予想される。AS 時推定と NAS 時推定の併用により、同程度の推定精度で提示機会を増加させることが可能と考えられる。

4. 勤務環境における拒否度推定可能性の検証

本章では、本研究で提案した PC 作業時割り込み拒否度推定法の検証実験について述べる。実験では、勤務環境における業務従事者を被験者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。

4.1 業務従事者を対象とした割り込み実験

4.1.1 勤務環境データ収集方法

収集する作業履歴データは、キーの打鍵数やウィンドウメッセージなどの PC 操作履歴のみである。また、被験者への割り込みタイミングは、AS 発生時と NAS 時の 2 種類としたが、本実験では業務従事者を被験者とするため、被験者の業務に支障がないよう最短割り込み間隔を 10 分間とし、確率的に 1 時間に 2~4 回の割り込み頻度となるよう設定した。これは、被験者に過度なストレスを与えず、かつ業務に影響を与えない割り込み間隔と頻度を、予備実験により設定した。被験者に入力させる割り込み拒否度は、同僚による割り込み後 5 分間会話が続く想定して、“1:

まったく問題ない, 2:問題ない, 3:どちらでもない, 4:嫌だ, 5:非常に嫌だ”の 5 件法で主観評価させた。被験者には、評価に際して、実験システムによる割り込み頻度を考慮しないよう教示を与えた。

被験者は、20 代から 40 代の、日常的に主に PC を利用した研究開発業務に携わる者 11 名（うち、管理職 2 名）と、ペーパーワークを含むデスクワークを主として行い、業務の一部として PC を利用する事務業務に携わる者 4 名（うち、管理職 1 名）の合計 15 名とし、自席で通常業務を行わせた。被験者全員の作業環境の例を図 2 に示す。図中の被験者 01 から 11 は研究開発業務、被験者 12 から 15 は事務業務の被験者を示す。また、複数台の PC を使用する被験者は、主として使用する PC に実験用システムを常駐させ、割り込みを行った。実験期間は 2 週間とし、毎日朝 10 時から 17 時（昼休み 1 時間を除く）まで実験を行い、合計で約 900 時間分のデータを収集した。また、実験中の被験者の作業状況を把握するため、図 3 で示すような作業記録を記載させた。記録用紙には、大まかな作業内容の記録と離席時間、他 PC の使用時間、PC 外作業時間を記録させた。

4.1.2 収集した実環境データの概要

実験中の被験者の主な作業内容として、研究開発業務の被験者は、プログラミングによる研究開発、特許などの書類作成、電子メールの送受信、自席・会議室での会議が行われていたが、会議などのコミュニケーション中を除き、

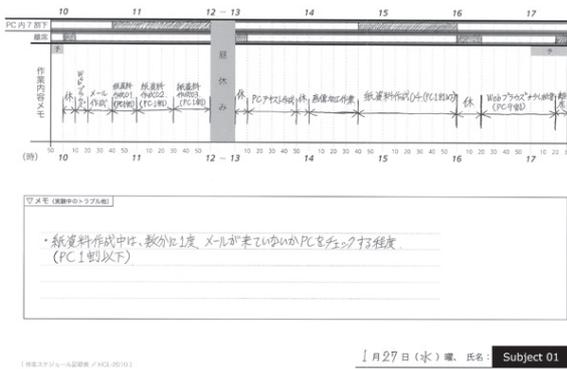


図3 作業記録用紙記入例
Fig. 3 Example of working records.

表6 収集データにおける割り込み拒否度の比較

Table 6 AS vs. NAS in operation records from office worker.

	拒否度					頻度	平均
	1	2	3	4	5		
AS	128	134	188	85	80	615	2.8
NAS	105	109	116	72	112	514	3.0

PCを使用しない業務はほとんど見られなかった。また、紙資料などを参照しながらPCを使用するといった、PC作業とPC外作業の混合作業も散見された。一方、事務業務の被験者は、特許などの書類作成や表計算、紙資料を用いた資料整理、電子メールの送受信、会議などが行われた。研究開発業務と比較してPC使用率は低く、自席でPCをまったく使用しない業務も見られた。また、混合作業もより多く行われていた。

本研究では、PC作業中の割り込み拒否度推定を目的とするため、収集したデータから、各被験者の作業記録に基づき、会議や電話、他者との共同作業などのPC外作業時と離席時のデータを除いた。また、11名の被験者のうち、内観報告などから拒否度入力を適切に行わなかったと判断された2名をデータから除いた。収集したデータの概要を表6に示す。対象となるデータは、研究開発職9名と事務職4名から収集した、AS615回、NAS514回の計1,129回であった。マン・ホイットニーのU検定の結果、これまでと同様に、AS時の平均拒否度はNAS時より有意に低いことが確認された ($Z = 2.07, p < 0.05$)。

4.2 実験結果

実環境データによる推定結果のうち、AS時推定結果を表7に、NAS時推定結果を表8に示す。研究室データにおける推定結果(AS時:表2, NAS時:表5)と比較すると、AS・NASともに、低拒否度の適合率で4%程度の低下が見られたが、再現率に関しては10~20%程度向上した。また、ASとNASの推定結果を比較すると、低拒否度推定精度に関しては同程度であるが、高拒否度推定精度は、NAS時推定の方がより高い結果となった。これは研究室

表7 勤務環境データにおけるAS時拒否度推定結果
Table 7 Result of uninteruptibility estimation on AS in office.

		主観評価値			適合率	再現率	誤差1以下
		低	中	高			
推定値	低	113	66	46	0.50	0.43	0.80
	中	130	109	99	0.32	0.58	1.00
	高	19	13	20	0.39	0.12	0.63

表8 勤務環境データにおけるNAS時拒否度推定結果
Table 8 Result of uninteruptibility estimation on NAS in office.

		主観評価値			適合率	再現率	誤差1以下
		低	中	高			
推定値	低	86	38	42	0.52	0.40	0.75
	中	101	48	71	0.22	0.41	1.00
	高	27	30	71	0.55	0.39	0.79

データに対しても同様であった。一方、低拒否度の誤差1以下の精度は、AS時推定が5%程度上回った。以上から、研究室データと比較して若干の精度低下が見られたが、誤差1以下の精度は、特に低拒否度推定において8割程度を維持する結果となった。

5. 考察

5.1 勤務環境における割り込み拒否度推定の可能性

実験の結果、勤務環境における拒否度推定の適合率は平均で42%、低拒否度・高拒否度の各適合率は、それぞれ51%、47%となり、誤差1以下の推定精度は78%、71%程度となった。勤務環境実験のための、各推定式の係数や閾値などの調整は行っていないが、研究室データと比較して若干精度が低下する程度であり、同様に高拒否度を低拒否度と推定する作業阻害の危険性が高い誤推定を回避することができたといえる。また、本研究で提案した、4つのNAS時特徴からなるNAS時拒否度推定法は、特に高拒否度推定精度において、AS時拒否度推定法より高い結果を示した。これは、NAS時推定式を構成する全特徴が、ユーザの拒否度が高い場合に検出される特徴であるため、高拒否度状態を反映しやすいためと考えられる。

PC操作履歴のみに基づく本手法の推定精度は必ずしも高いとはいえないが、危険な誤推定を回避しつつ、拒否度が特に低い状態と高い状態の識別が可能である点、特殊なセンサを用いなくても、ある程度広い範囲のPC作業を対象とした推定が可能である点、また、ASとNASの両方を対象とした推定を行うことで、先行研究で問題となった情報提示機会減少の軽減が期待される点など、本手法による推定結果の利用可能性が示唆されたと考えられる。特に、本研究のような状態推定に基づく情報提示制御技術の適用先として、勤務環境における社会人・職業人への支援があげられるが、導入コストをかけずに本手法がそのまま適用

表 9 研究開発職における割り込み拒否度推定結果

Table 9 Result of uninteruptibility estimation on R&D worker.

		主観評価値			適合率	再現率	誤差 1以下
		低	中	高			
推 定 値	低	142	95	63	0.47	0.38	0.79
	中	193	153	142	0.31	0.53	1.00
	高	39	40	80	0.50	0.28	0.75

表 10 事務職における割り込み拒否度推定結果

Table 10 Result of uninteruptibility estimation on desk job worker.

		主観評価値			適合率	再現率	誤差 1以下
		低	中	高			
推 定 値	低	57	9	25	0.63	0.56	0.73
	中	9	4	3	0.06	0.25	1.00
	高	7	3	11	0.52	0.17	0.67

できる可能性が示唆されたといえる。

また、本実験で中程度の拒否度と判定された AS/NAS には、まだ多くの低拒否度が含まれており、本手法の有用性を高めるうえでも、これらを正しく識別できるよう今後の改善が必要であるといえる。推定精度を向上させるうえで、作業履歴のさらなる分析に加え、拒否度に影響を与えるであろう他の要因を考慮する方法も考えられる。ユーザのかかえているタスクの時間的制約による切迫感の考慮 [19] や、業務上の会話（電話）発生を検知 [11] などが従来研究で行われており、推定精度向上と推定対象の拡大に有効である可能性が考えられる。著者らも、利用可能な外部要因として、単一デスクワーク中のユーザの頭部運動からタスク中の割り込み拒否度を推定する方法を検討している [17]。作業内容と関係性の低い頭部の前後運動に、ユーザの作業に対する集中度が表出されている可能性が示唆されたことから、PC 作業時の拒否度に影響する特徴としての応用が期待される。本手法は、PC 操作履歴のみを利用したユーザ状態推定のための基礎的技術といえ、他センサによる外部要因との併用が容易であるなど、他手法との親和性の高さも本手法の利点と考えられる。

業種間の比較として、表 9 に研究開発職における拒否度推定結果を、表 10 に事務職における割り込み拒否度推定結果を示す。特に低拒否度推定においては、事務職における推定精度は 63% であり、今回の実験の範囲内では、研究開発職よりも高い値を示した。これは、研究開発職における PC を使用した作業が、事務職と比較して複雑化・高度化しているため、PC 作業量と拒否度との相関が出難いためと推測される。事務職の PC のみを使用した作業は、書類作成や表計算、電子メール送受信など、単一作業である場合が多く、特に PC 操作量が拒否度を反映しやすいといえる。しかし、事務職においては、紙資料を参照しながら

の書類作成のような、PC 作業と PC 外作業の混在する業務が多く観察された。本手法は、PC 作業履歴のみに基づき拒否度推定を行うが、混合作業の場合、PC 外作業中の操作量を検出できないため、散発的に発生する PC 操作から作業の停滞、つまり、低拒否度状態であると誤推定する可能性が懸念される。そのため、現在の作業状態に本手法の適用がどの程度適切であるかを判断するためにも、ユーザ作業が純 PC 作業であるか、誤推定の危険性の高い混合作業であるかの識別方法の検討も必要である [18]。

5.2 環境による特徴の影響差

実験により、勤務環境下における本手法の有用性が示唆されたが、高拒否度を中程度と誤推定するなどの精度低下も見られた。本手法は、特徴の有無による拒否度推定を行うが、各特徴の拒否度に与える影響の強さが研究室環境と勤務環境で異なったため、推定精度が低下したと推測される。そこで、本手法で用いた AS 時 19 特徴、NAS 時 4 特徴に関して、両環境での比較を行った。図 4 に、AS 時特徴のうち、AS 発生時に観測される瞬時的な特徴（8 種のうち 4 種）と数分間の積算値などに基づく傾向特徴（11 種のうち 5 種）の比較結果の一部を示す。また、図 5 に全 NAS 時特徴の比較結果を示す。

両環境での特徴の有無による拒否度の違いを、マン・ホイットニーの U 検定を用いて比較した結果、傾向特徴には共通して有意差が確認された。一方で、瞬時的特徴に関しては、勤務環境下において、傾向が弱まる特徴が確認された。業務従事者は、複数のタスクを同時にかかえていることが一般的であり、1 つのタスクが終わったとしても次のタスクへ移行し、業務自体が終了するわけではない。そのため、勤務環境においては、特に作業終了に関係するような瞬時的な特徴の拒否度への影響が低下したと考えられ、全体的な推定誤差につながったと推測される。NAS 時特徴に関しては、両データで大きく傾向が異なる特徴は確認されず、PC 操作量に関する特徴は、PC 作業であれば環境による影響を受け難いと考えられる。また、低く誤推定された業務として、研究開発職における「特許関連作業」が散見された。被験者への追加聞き取り調査を行ったところ、職場内に、該当業務は“なるべく集中して短期間で完了すべき”という暗黙の了解が存在することが分かった。

勤務環境における本手法の有用性を高めるためには、環境に合わせた推定式の係数や閾値の調整のほかに、音声や頭部位置などの外部要因の利用、会話などの社会的要因や職場ごとのルール・文化の存在の考慮が考えられる。勤務環境における推定精度向上に向け、誤推定の発生原因や有効な外部要因の検討、また、他業務を対象とした場合の有効性の検討が今後の課題である。

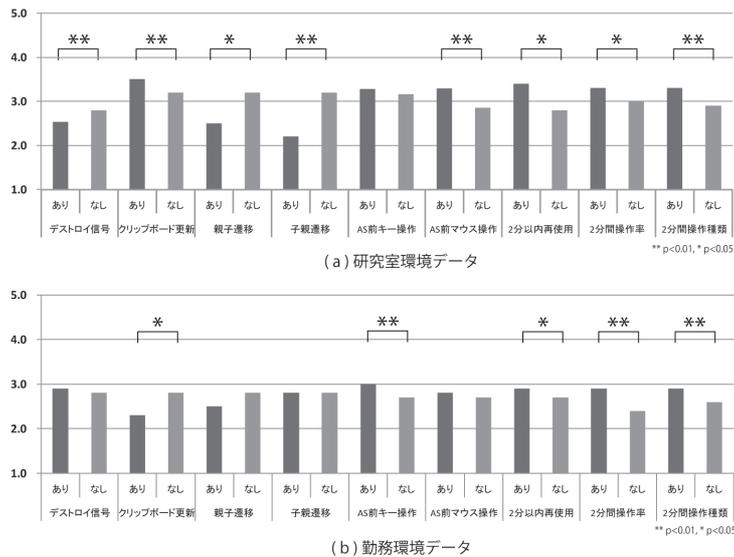


図 4 AS 時特徴の比較. (a) 研究室データ, (b) 実環境データ

Fig. 4 Comparing of AS features on (a) laboratory records (b) office records.

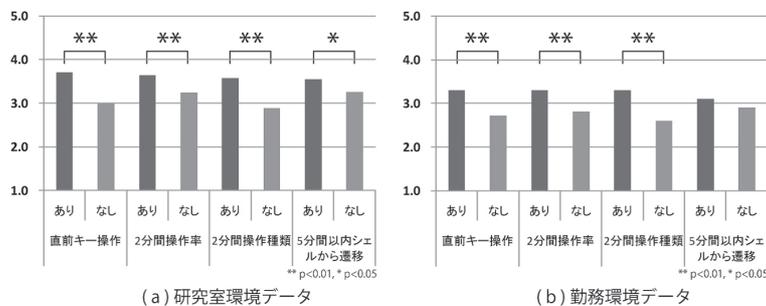


図 5 NAS 時特徴の比較. (a) 研究室データ, (b) 実環境データ

Fig. 5 Comparing of NAS features on (a) laboratory records (b) office records.

5.3 AS 時推定と NAS 時推定の特性

実験により、研究室環境データ、勤務環境データともに、AS 時推定と NAS 時推定の平均的な精度はほぼ同程度であった。しかし、2 章でも述べたとおり、両手法は着眼点の異なる推定法であるため、結果として異なる特性を持つと推測される。

2 種類のパズルを同時に解答させる知的作業に偏ったタスクと、パズルとウェブ単語検索を利用した英文和訳を同時に行うタスクの 2 種類の条件下で、低拒否度と推定されたときのみを割り込む実験 [16] では、AS・NAS 時推定の個別精度を比較すると、前者の知的作業時は AS 時 73% に対して NAS 時 27% と、NAS 時の推定精度低下が見られた。一方、後者は AS 時 58% に対して NAS 時 43% と、AS と NAS の推定精度の差は小さかった。

AS 時推定は、ユーザによるアプリケーション切り替え発生時に焦点を当てた推定法であるため、ユーザの作業が知的作業か否かの影響を受け難い。一方で、前述のとおり、ユーザが同一作業を継続して行っているときには推定対象自体が存在しないため、結果的に情報提示機会が減少するという欠点がある。NAS 時推定は、主に PC 操作量に基づ

いているため、作業内容が PC 操作量をともなう場合に有効であり、また、環境による影響を受け難いと考えられる。しかし、従来研究と同様に、深い思考などの知的作業に関しては、思考状態と作業停滞状態の識別が困難なため、高い拒否度を低いとする危険な誤推定の発生が懸念される。

よって、提示までの待機時間の発生を許容できるのであれば AS 時推定結果を利用し、ある程度リスクがあっても早期提示が必要な場合には NAS 時推定結果も利用するなど、提示情報の重要性などを考慮した選択的な利用が考えられる。

6. おわりに

本研究では、PC 作業における同一作業継続 (NAS) 時の割り込み拒否度推定法を提案し、勤務環境における提案手法の有効性を検証した。勤務環境における異なる業種の業務従事者を対象とした実験により、本手法の勤務環境における利用可能性が確認された。今後の課題は、拒否度推定に有効な音声や頭部運動などの外部要因の検討と、PC 作業と非 PC 作業の混合状態の検出法の検討があげられる。

謝辞 本研究の一部は、科学研究費補助金 (21700130)、

ならびに、独立行政法人情報通信研究機構 (NICT) 委託研究「計算機利用履歴や環境情報を利用した状況推定技術」によるものである。ここに記して感謝する。

参考文献

- [1] Bailey, B.P., Konstan, J.A. and Carlis, J.V.: The Effect of Interruptions on Task Performance, Annoyance, and Anxiety in the User Interface, *Proc. INTERACT'01*, pp.593-601 (2001).
- [2] 清水 健, 平田敏之, 山下邦弘, 西本一志, 國藤 進: 個人作業状況ウェアネス提供システムの構築と評価, 第二回知識創造支援シンポジウム, pp.78-85 (2005).
- [3] 本田新九郎, 富岡展也, 木村尚亮, 大澤隆治, 岡田謙一, 松下 温: 作業者の集中度に応じた在宅勤務環境の提供: 仮想オフィスシステム Valentine, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.5, pp.1472-1483 (1998).
- [4] 水口 充, 竹内友則, 倉本 到, 渋谷 雄, 辻野嘉宏: デスクワークにおける忙しさの自動推定, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.6, No.1, pp.69-74 (2004).
- [5] Czerwinski, M., Cutrell, E. and Hirvut, E.: Instant Messaging: Effects of Relevance and Timing; people and computers XIV, *Proc. HCI2000*, Vol.2, pp.71-76 (2000).
- [6] Czerwinski, M., Cutrell, E. and Hirvut, E.: Instant Messaging and Interruption: Influence of Task Type on Performance, *Proc. OZCHI2000*, pp.356-361 (2000).
- [7] Iqbal, S.T. and Bailey B.P.: Leveraging Characteristics of Task Structure to Predict the Cost of Interruption, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.741-750 (2006).
- [8] Iqbal, S.T. and Bailey, B.P.: Effects of intelligent notification management on users and their tasks, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.93-102 (2008).
- [9] 上田光浩, 石田 彩, 倉本 到, 渋谷 雄, 辻野嘉宏: 計算機作業環境におけるユーザのインタラクションに応じた周辺情報の提示タイミング, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J91-A, No.2, pp.260-269 (2008).
- [10] Chen, D., Hart, J. and Vertegaal, R.: Towards a Physiological Model of User Interruptability, *INTERACT 2007*, LNCS 4663, Part II, pp.439-451 (2007).
- [11] Hudson, S.E., Fogarty, J., Atkeson, C.G., Avrahami, D., Forlizzi, J., Kiesler, S., Lee, J.C. and Yang, J.: Predicting Human Interruptibility with Sensors: A Wizard of Oz Feasibility Study, *Proc. SIGCHI Conf. on Human Factors in Computing Systems*, pp.257-264 (2003).
- [12] Lester, J., Choudhury, T., Kern, N., Borriello, G. and Hannaford, B.: A Hybrid Discriminative/Generative Approach for Modeling Human Activities, *Proc. IJCAI-05*, pp.766-772 (2005).
- [13] 田中貴紘, 松村京平, 藤田欣也: アプリケーションスイッチに着目した情報提示タイミング制御のための作業履歴の分析, 情報処理学会論文誌, Vol.50, No.1, pp.314-322 (2009).
- [14] 田中貴紘, 藤田欣也: 利用アプリケーション切り替え時の割り込み拒否度低下期間の検討, 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol.21, No.5, pp.827-836 (2009).
- [15] 田中貴紘, 松村京平, 藤田欣也: 利用アプリケーション切り替え時に着目したユーザの割り込み拒否度推定法の検討, 人工知能学会論文誌, Vol.25, No.6, pp.683-693 (2010).
- [16] 田中貴紘, 藤田欣也: ユーザの割り込み拒否度推定に基づくインタラクション仲介エージェント, HAI シンポジ

ウム 2010, 3B-4 (2010).

- [17] 木村和行, 田中貴紘, 藤田欣也: 頭部の前後・回転運動に着目したデスクワーク中の割り込み拒否度と頭部運動の関係の分析, 情報処理学会論文誌, Vol.52, No.4, pp.1485-1494 (2011).
- [18] 安部亮介, 田中貴紘, 藤田欣也: 複数デスクワーク同時進行中の割り込み拒否度推定に向けた頭部運動の分析, 第73回情報処理学会全国大会, DVD-ROM (2011).
- [19] 松田康弘, 倉本 到, 渋谷 雄, 辻野嘉宏: オフィス環境におけるタスクの時間制約による切迫感を考慮した「忙しさ」判定法, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.7, No.3, pp.99-106 (2005).



田中 貴紘 (正会員)

2006年東京工業大学大学院総合理工学研究科博士後期課程修了。博士(工学)。2007年東京農工大学大学院共生科学技術研究院助教, 現在に至る。知的エージェント, ヒューマンエージェントインタラクション等, 人と人, 人とエージェント間のコミュニケーション支援に興味を持つ。人工知能学会会員。



深澤 伸一

2008年千葉大学大学院自然科学研究科博士前期課程修了。同年沖電気工業株式会社に入社。デザイン科学, 人間工学に興味を持ち, 遠隔コミュニケーションシステムのユーザインタフェースの企画・デザイン・評価に関する研究開発に従事。ヒューマンインタフェース学会会員。



竹内 晃一 (正会員)

1993年慶應義塾大学大学院理工学研究科管理工学専攻修士課程修了。同年沖電気工業株式会社に入社。1998~2000年Stanford大学CSLI (Center for the Study of Language and Information) 客員研究員。2011年東京大学大学院工学系研究科先端学際工学専攻博士課程修了。博士(工学)。ヒューマンインタフェース学会会員。



野中 雅人

1987年沖電気工業(株)入社。以来、映像符号化技術、映像通信システムの開発に従事。現在、同社研究開発センターメディア処理技術研究開発部でマルチメディアコミュニケーションシステムの研究開発を推進。電子情報通信学

会、ヒューマンインタフェース学会各会員。



藤田 欣也 (正会員)

1988年慶應義塾大学大学院理工学研究科修了。相模工業大学、東北大学医学部、岩手大学を経て、現在、東京農工大学大学院教授。共有仮想空間コミュニケーション、VRシステムや感覚の遠隔共有等、人と共生する情報シ

ステムのためのヒューマンインタフェースの研究に従事。工学博士。