

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

Study of User Uninterruptibility Estimation based on focused Application-Switching

田中 貴紘
Takahiro Tanaka

東京農工大学大学院
Graduate School, Tokyo University of Agriculture and Technology
takat@cc.tuat.ac.jp, <http://reality.ei.tuat.ac.jp/takat/>

松村 京平
Kyohei Matsumura

(同 上)
50008646136@st.tuat.ac.jp

藤田 欣也
Kinya Fujita

(同 上)
kfujita@cc.tuat.ac.jp

keywords: focused-application switching, uninterruptibility, estimation, human interface

Summary

In this paper, we proposed the user uninterruptibility estimation method based on focused Application-Switching (AS) during PC work for establishing information display timing control scheme with less intelligent activity disturbance for users. At first, we collected and analyzed the PC operation records and the subjective uninterruptibility of users. From the analysis, we selected features in AS timing that affect user uninterruptibility. Then, we provided the estimation method based on co-occurring features that are observed in AS timing, and confirmed the availability of our method.

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、ユーザは思考を度々中断されるなど、情報システムが却ってユーザの知的生産性を低下させる可能性が懸念される。

作業中のユーザの忙しさを推定することで、情報提示タイミングを制御する研究には、いくつかの先行研究がある。キー入力数やマウス操作量などを元にユーザのPC作業における忙しさを推定する手法 [本田 98, 清水 05, 水口 04] では、ユーザの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、忙しさ推定への有効性が期待される。しかし、実際の作業には、外部から容易に観測可能な作業量の指標を伴わない、思考を主とする作業も存在するため、このような知的作業を考慮した忙しさの推定が望まれる。また、各種センサを利用することで、ユーザの作業の種類に基づく忙しさの推定に関

する研究も行われている [松田 05, Hudson 03]。センサを用いて、ユーザの姿勢や位置、会話などを認識することは推定に有用であるものの、対象となる一般ユーザが、多数のセンサを装着して生活する、あるいは作業環境に多数のセンサを設置することは、現状においては容易とは考え難い。一方で、ユーザの作業中の割り込みではなく、作業の切れ目を検出し割り込みを行う試みもなされている [Czerwinski 00a, Czerwinski 00b, 上田 08]。作業の小休止時や作業開始時・集中前などの切れ目が割り込みに適していることが確認されており、このような作業の切れ目をPC作業全般で汎用的に検出することが出来れば、ユーザの作業を阻害しない情報提示制御の実現が期待される。

そこで著者らは、PC作業中のユーザを対象として、PC作業時の利用アプリケーション切り替え (focused Application - Switching: AS) に着目し、ASが知的作業を含めた作業の切れ目であり、ユーザの集中度が一時的に低下すると仮説を立て、PC作業履歴の収集・分析を行った [田中 09a]。その結果、AS時の割り込み拒否度は作業中 (Not focused Application - Switching: NAS) と比較して、拒否度平均値が有意に低く、ユーザに受け入れられ易いことが確認された。また、NIRS (Near Infrared Spectroscopy: 近赤外分光器) を用いて AS発生前後の脳

活性量の変化を分析し、得られた知見に基づき時間差割り込み実験を行ったところ、AS による割り込み拒否度低下期間は 2 秒程度であることが示唆された [田中 09b]。

先行研究が示す通り、AS 時の割り込み拒否度は NAS 時と比較して統計的に低いが、一方で高拒否度の AS も多数存在する。ユーザの AS 発生に合わせた情報提示（割り込み）の有用性を高めるためには、低い拒否度の AS 発生タイミングに合わせた提示が必要である。そこで本研究では、作業履歴の収集と AS 発生時の詳細な分析を行い、AS 時拒否度に影響を与える特徴の抽出を試みる。さらに、分析によって得られた AS 発生時特徴数に基づく、AS 時ユーザ割り込み拒否度推定法の検討を行う。

本論文では、まず、関連研究について次章で述べた後、3 章で実験による作業履歴の収集と分析、4 章にて AS 時ユーザ割り込み拒否度推定法の検討について述べる。さらに、5 章で本手法の検証実験について述べた後、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。中でも、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 [本田 98, 清水 05]。[水口 04] では、デスクワークを対象とし、PC 操作量と会話発生、ペン使用の有無を用いた 3 段階の忙しさ推定を試みている。本研究の対象範囲よりも広い作業内容を想定しているが、会話中・ペン使用中は忙しいと判定し、それ以外は他の先行研究と同様に PC 操作量からの推定を行っている。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 操作量を伴う場合には忙しさの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る。しかし、操作量を伴わない知的な PC 作業も存在し、これらを阻害しないことも情報提示制御において重要であるため、知的作業を含めたユーザの忙しさの推定が一つの検討課題として挙げられる。

また、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、そこから得られる情報を元にコンテキストの推測を行う研究も多数試みられている [松田 05, Hudson 03]。これらのセンサ情報は、ユーザの作業内容や忙しさの推定に有用な情報となる可能性は高いが、身体へのセンサ装着や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。特に、カメラなどの撮像機器の利用は、ユーザに個人情報漏洩の懸念を抱かせ、システムの利用を躊躇

させる可能性も考えられる。そのため、特別なセンサを使用せずとも、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。また、長時間に渡ってユーザ状態や作業内容を常に推定しようとした場合、推定誤差が大きくなる可能性も懸念される。

一方、ユーザの作業中への割り込みではなく、作業の切れ目を検出し割り込みを行う試みもなされている。[Czerwinski 00a, Czerwinski 00b] では、インスタントメッセージングシステムのメッセージ提示タイミングを用いて、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、メインタスクの作業段階を開始時（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）、それ以外に分け実験的に検証している。その結果、メインタスクの開始前か集中前に割り込むことが望ましいと述べている。また、[上田 08] では、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を検討している。実験では、キー操作・マウス操作が主となるタスクを用いて小休止タイミングを検出し割り込みを行った結果、メインタスクへの妨害が小さくなることを確認している。よって、ユーザの作業を阻害しない情報提示タイミング制御の観点から、作業の切れ目など一時的に割り込みへの許容度が上昇するタイミングを検知・推定するだけでも、提示制御に有効であると考えられる。しかし、ユーザが使用するアプリケーションの種類やその使用方法・目的は多岐に渡るため、タスク依存のない汎用的な手法が望まれる。

2.2 AS に着目した情報提示制御の可能性

従来研究において、PC 操作量のみから、知的作業をも反映した忙しさを推定することは容易ではなかった。そこで著者らは、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。利用アプリケーションの切り替え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するため、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、分析を行った [田中 09a]。拒否度の評価値は、“1：全く問題ない”から “5：非常に嫌だ” の 5 段階で回答させた。

AS 時と NAS 時の割り込みに対する拒否度を比較した結果を表 1 に示す。NAS 時の割り込み拒否度の平均値 3.2 に対して AS 時の平均値は 2.8 となり、t 検定の結果、AS 時の割り込み拒否度が NAS 時に比べ有意に低く ($p < 0.01$)、AS 時の割り込みは、NAS 時に比べ拒否度が低くなるという予想を支持する結果であった。さらに、単位時間あたりの発生回数の低い AS の方が作業の切れ目としての意味が大きく、特に 2 分間以上継続して作業した後の AS において、割り込み拒否度の低減効果が大

表 1 AS 時と NAS 時の割り込み拒否度の比較

	拒否度					頻度	平均
	1	2	3	4	5		
AS	131	263	206	144	97	841	2.8
NAS	33	62	63	85	58	301	3.2

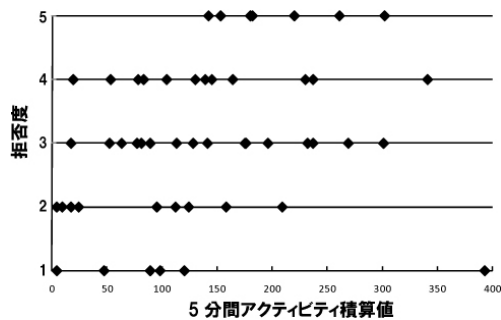


図 1 5 分間アクティビティ積算値と割り込み拒否度

きいことが分かった。また、NAS 時を対象に、割り込み拒否度と瞬時アクティビティ（キー入力数、クリック数、ホイール使用量の重み付き和）の積算値との関係を分析したところ、図 1 で示すように、5 分間アクティビティ積算値と拒否度に弱い相関が観察されたことから、瞬時アクティビティは NAS 時のユーザの割り込み拒否度がある程度反映するが、瞬時アクティビティは思考等の影響を受けるため変動が大きく、数分程度の積算が必要であることを示唆する結果となった。すなわち、NAS 時であっても、作業停滞時には拒否度が低下している可能性があるが、アクティビティ等の単純な指標では、作業の停滞と思考状態の識別が困難であるため、拒否度が高い思考状態を低拒否度と誤推定するリスクが高くなると考えられる。これに対して、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、ユーザの作業を阻害するリスクが完全には排除されないが、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た。

さらには、AS を利用した割り込み拒否度推定の可能性の検討を行うため、5 分間の AS 回数を元にした AS 時ユーザ割り込み拒否度推定式を設定し、拒否度との比較を行った。結果、全 AS の 5 割程度が誤差 1 以内で推定が可能であったが、本来の拒否度よりも低く推定する過小推定が多く見られた。作業履歴を詳細に分析したところ、AS 頻度だけではなく、遷移アプリケーション間の関係（シェル "Explorer" の経由やクリップボードの更新、プロセスの親子関係）や、AS 発生時の状態（アプリケーション終了時に発生する終了信号、同時起動ウィンドウ数の増減）、さらには AS 前のアクティビティ量と拒否度の間に相関が見られ、これらを考慮した推定式を設定することで、より精度の高い推定の可能性が示唆された。

3. AS 時割り込み拒否度推定法の検討

本研究では、AS 時ユーザ割り込み拒否度推定法の検討のため、先行研究 [田中 09a] と同様の手法にて、日常的な環境で PC を使用した時の作業履歴とユーザが評価した割り込み拒否度を収集し、拒否度との関係を分析した。また、先行研究にて得られた知見を踏まえ、さらに遷移アプリケーション間の関係などの詳細な分析を可能とするため、取得データの追加を行った。本実験により得られた作業履歴を分析し、AS 発生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を行った。

3.1 検討用作業履歴の収集

§1 検討用データ収集方法

検討用データの収集は、ユーザの PC 操作履歴を記録し、AS 発生時か同一作業継続 5 分ごとに被験者に割り込み、その時の割り込み拒否度を入力させる実験システムを実装し、これを用いて行った。システムの構成を図 2 に示す。

本研究では、より詳細な分析を行うため、[田中 09a]にて収集した作業履歴である、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）に加え、ウィンドウを閉じた時に発生する WM-QUIT ウィンドウメッセージ（以降、本論文ではデストロイ信号と呼ぶ）、実行プロセスの親 ID と子 ID、クリップボードの更新信号（コピー & ペースト等の操作時に更新される）、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）を取得するよう実験システムの拡張を行った。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た場合に、5 段階で主観評価させた。各評価値は、"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"とした。また、実験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。

被験者は情報工学系の 20 代学生 8 名とし、研究室環境にて PC を 1 時間以上使用させ、計 12 時間分のデータを収集した。実験期間は、2008 年 10 月～11 月の 2ヶ月間である。実験中、被験者には 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。

§2 収集した作業履歴の概要

収集した検討用作業履歴（以降、本論文では検討データと呼ぶ）の概要を表 2 に示す。12 時間分のデータのうち、NAS 時割り込みが 105 回、AS 時割り込みが 275 回行われ、NAS 時の拒否度平均が 3.1 に対し、AS 時は 2.6 となった。t 検定を行ったところ t 値が -3.41 となり、AS 時

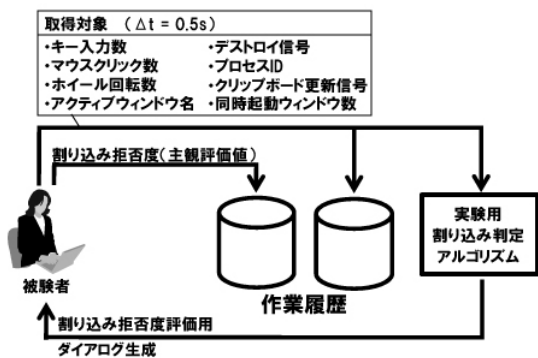


図2 実験システムの構成

表2 検討データにおける AS 時と NAS 時の割り込み拒否度比較

	拒否度					頻度	平均
	1	2	3	4	5		
AS	77	65	62	35	36	275	2.6
NAS	14	27	20	19	25	105	3.1

の割り込みが NAS 時と比較して有意に低い ($p < 0.01$) ことを確認した。これは、表 1 で示した先行研究の実験と同様の結果であり、AS 時割り込みは NAS 時割り込みと比較し、受け入れ易い傾向を再確認した。次節では、本実験で得られた作業履歴を元に、AS 発生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 分析に基づく AS 時特徴の抽出

§1 作業履歴の分析

本研究では、検討データを対象に、次の 3 つを分析方針とした AS 発生時の詳細な分析を行い、AS 時割り込み拒否度に影響を与える特徴の抽出を試みた。

- (1) 作業の切れ目の強さ：先行研究により、AS はユーザの作業の切れ目である可能性が高いことが確認されたが、一方で次作業の開始タイミングである可能性もある。AS 発生時に、作業の開始や終了を示唆する情報が存在するか、また、拒否度との関係を分析することで拒否度に影響を与える特徴を抽出する。
- (2) 遷移アプリケーション間の繋がりの強さ：AS は 2 つのアプリケーション間の遷移であるため、複数のアプリケーションに跨った作業を行う際には特に頻繁に検出される。この場合、実際には作業の切れ目でないため、拒否度が高くなるのが先行研究で指摘されており、遷移前後のアプリケーションの関係が AS 後の拒否度に影響を与える可能性が考えられる。よって、前後のアプリケーション間の関係を分析することで、汎用性を失わない程度に、拒否度に影響を与える特徴を抽出する。
- (3) PC の操作量：関連研究で述べたように、これまで PC 作業中のユーザの忙しさを測る要因として PC の

操作量が着目され、その関係が確認されてきた。本研究でも、操作量が割り込み拒否度に影響を与えることが予想されるためこれを分析し、拒否度に影響を与える特徴を抽出する。

§2 AS 時特徴の抽出

前述の分析方針に従い、検討データの分析結果と先行研究 [田中 09a] で得られた知見に基づく AS 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。各特徴の拒否度への影響は、後述する同時起動ウィンドウ数の AS 前後の増減状況によって異なることが確認されたため、ウィンドウの増加時・減少時・無変化時の 3 つに分けて分類した。

(1) 作業の切れ目の強さ

マルチウィンドウ OS で作業を行う場合、ユーザは作業に必要なアプリケーションを複数起動させ、使用することが一般的である。よって、作業の開始や終了を示唆する特徴として、同時起動されているウィンドウ数の増減が考えられる。

AS の前後でウィンドウ数が増加した場合は新たな作業の開始、逆に減少した場合は作業の終了であると予想されたため、ウィンドウ数の増減を要因とした 1 要因分散分析 (自由度 2) を行ったところ、F 値が 3.08 となり主効果が有意であることが確認された ($p < 0.05$)。LSD 法による多重比較の結果、増加時は無変化時に対し拒否度が有意に高いことが確認された ($p < 0.01$)。一方で、該当ファイルの検索・確認などでウィンドウ数が頻繁に変化する場面などは、ウィンドウ増減による作業の切れ目としての効果が低くなる可能性が考えられる。そこで、過去 2 分間の平均ウィンドウ数と AS 後のウィンドウ数の差分を比較し、1 以上増加する場合 (ウィンドウ増加傾向)、1 以上減少する場合 (ウィンドウ減少傾向) とそれ以外の 3 条件で分散分析 (自由度 2) を行ったところ、F 値が 6.02 となり、ウィンドウ増減傾向を要因とした場合の主効果が有意であることが確認された ($p < 0.01$)。増加傾向時は減少傾向時と比較し拒否度が高く ($p < 0.05$)、減少傾向時は変化しない場合に対し拒否度が低い ($p < 0.01$) ことも確認された。

ウィンドウを閉じた時に検出されるデストロイ信号は、それによりアプリケーションが完全に終了した場合のみ検出される。そのため、ウィンドウ減少時にデストロイ信号が併せて検出された場合は、検出されなかった場合と比較して拒否度が有意に低くなるのが t 検定により確認された ($p < 0.05$)。特に、ウィンドウが減少し、かつ、シェル (Explorer) への遷移時に検出されると、その効果がより高くなることが確認された。以上の分析結果を表 3 にまとめる。特徴が存在する場合に、存在しない場合と比較して、検討データにおける平均拒否度の値が高くなる傾向があるものを "高く"、逆に低くなる傾向があるものを "低く" と表記する。

表3 作業の切れ目の強さによる AS 時特徴

特徴		拒否度の変化		
ID	特徴名	増加	無変	減少
A	ウィンドウ増加	高く	-	-
B	ウィンドウ減少	-	-	低く
C	ウィンドウ増加傾向	高く	-	-
D	ウィンドウ減少傾向	-	-	低く
E	デストロイ信号	-	-	低く

(2) 遷移アプリケーション間の繋がり強さ

AS 前後のアプリケーション間の関係は、AS による作業内容の変化を推定するために重要であると考えられる。先行研究では、AS 前 3 秒以内にクリップボードの更新情報が検出された AS はそれ以外の AS と比較し、シェルを経由しない直接の遷移において、拒否度が高くなる傾向が指摘されていた。これに加え、本分析では、アプリケーション間の親子関係と同一アプリケーションの再利用、シェルとの関係性を分析した。

アプリケーションのプロセス情報には、自身の ID と自身を作成したプロセスの ID が記録されている。これを利用することで、アプリケーション間の親子関係を検出することができる。本研究では、親プロセスから子プロセスの遷移（親子遷移）と、子プロセスから親プロセスへの遷移（子親遷移）の 2 つに分けて分析を行った。前者は、開発環境からのデバッグ実行など、新しくウィンドウが生成される場合に特に検出され、後者はウィンドウ減少時、または無変化時に検出された。シェルはその性質上、全アプリケーションの親プロセスとなるため、シェルが関連する遷移は分析から除外した。分析の結果、ウィンドウ増加時の親子遷移は、t 検定により拒否度が有意に高いことが確認された ($p < 0.01$)。また、ウィンドウ減少時の子親遷移は、有意差は確認できなかったが、特にデストロイが検出されない場合において平均拒否度がより低くなった。これは、親子関係は AS 前後で作業が継続しているため拒否度が高く、子親関係はその作業が終了した戻りの AS であるため、逆に拒否度が低くなると考えられる。

親子関係と同様に、同じアプリケーションを頻繁に利用する場合も、AS 前後で作業が継続している可能性が考えられる。そこで、AS 前 2 分以内に使用していたアプリケーションへ再遷移した AS とそれ以外を比較したところ、t 検定による有意傾向が確認された ($p < 0.1$)。特に、ウィンドウ増加時・無変化時はシェルを除いたアプリケーションへの再使用遷移で平均拒否度が高く、逆に減少時は影響が見られなかった。

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はシェル (Explorer) となるため、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の後のアプリケーション起動は、全てシェルからの遷移となる。また、任意のウィンドウ

ウを閉じた時に、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 (デスクトップのみが表示される)。そのため、シェルを経由する AS は、作業の開始や終了を意味し、拒否度に影響を与える可能性が考えられる。そこで、シェルとの遷移を要因とした分散分析 (自由度 2) を行ったところ、F 値が 4.74 となり主効果が有意であると確認された ($p < 0.01$)。多重比較の結果、AS 前後にシェルを経由する AS の拒否度は有意に低いことが確認された ($p < 0.05$)。

ウィンドウ増減時と同様に、シェルを頻繁に経由する場合は、やはり拒否度への影響が弱まると考えられたため、過去 2 分以内にシェルを経由していた場合のシェルへ・シェルからの遷移を分析した。分析の結果、ウィンドウ数の無変化時において、過去にシェルを経由していた場合は、シェルからの遷移・シェルへの遷移の両方で平均拒否度が高くなった。シェルへの遷移においては有意差が確認されなかったが、シェルからの遷移では t 検定による有意傾向が確認された ($p < 0.1$)。これらは、アプリケーションを起動した後にシェル上からファイルを選択して開く行為の繰り返しとして散見された。つまり、ウィンドウ数は変化しないが、アプリケーションメニューからの「ファイルを開く」行為の代替操作が繰り返し行われており、AS であっても該当ファイルを確認するという単一タスク中であるため、拒否度の上昇に繋がったと考えられる。以上の分析結果を表 4 にまとめる。

表4 遷移アプリケーション間の繋がり強さによる AS 時特徴

特徴		拒否度の変化		
ID	特徴名	増加	無変	減少
F	クリップボード更新	-	高く	-
G	親子遷移	高く	-	-
H	子親遷移	-	-	低く
I	2 分以内の再使用	高く	高く	-
J	シェルへ遷移	-	-	低く
K	シェルから遷移	低く	-	-
L	2 分以内シェルへ再遷移	-	高く	-
M	2 分以内シェルから再遷移	-	高く	-

(3) PC の操作量

先行研究で確認された作業継続時間、キーとマウスによる操作アクティビティと拒否度の関係を分析した。

まず、AS 前の作業継続時間と拒否度との関係を分析した。先行研究においては、2 分以上の作業継続後の AS 時は拒否度が低くなることを確認されているため、AS 前の作業継続時間が 2 分以上の AS と未満の AS を比較した。結果、2 分間継続後の AS は、ウィンドウの増減に関わらず、2 分未満の AS と比較して拒否度が有意に低くなることを再確認された ($p < 0.05$)。逆に、継続時間が 15 秒に満たない AS とそれ以外を比較したところ、

ウィンドウ増加時においては、継続時間が短い 15 秒未満の AS の方が、15 秒以上の AS と比較し拒否度が有意に低いことが確認された ($p < 0.01$)。これは複数のファイルやアプリケーションを使用する作業の立ち上げ時において、作業を開始できる状態に移行する前であるため、却って拒否度が低くなったのではないかと考えられる。

次に、AS 前のアクティビティと拒否度の関係の分析を行った。先行研究 [田中 09b] では、AS 前 15 秒程度から被験者の脳血流量が変化し、拒否度が変化することが示唆された。そこで、AS 前 20 秒間のキー操作・マウス操作の有無との関係を分析した。ただし、AS 直前にはアプリケーションを切り替えるための操作（クリックや ALT+TAB）が含まれる可能性があるため、AS 直前の 2 秒間は分析から除いた。分析の結果、ウィンドウ減少時を除き、AS 前キー操作がある場合、AS 前キー操作が検出されなかった場合と比較して拒否度が有意に高くなることが確認された ($p < 0.01$)。また、ウィンドウ数の無変化時において、AS 前のキー操作が検出されていない場合、AS 前マウス操作が検出された AS は、マウス操作が検出されなかった場合と比較して有意に拒否度が高くなることが確認された ($p < 0.05$)。一方で、ウィンドウ減少時は作業の終了や区切りの可能性が高く、AS 前のアクティビティは作業を終了させるための操作となり、AS 後（終了後）の拒否度に影響を与えないと考えられる。アクティビティと拒否度の間には正の相関が予想されていたが、状況によっては効果が得られない可能性が示唆された。

また、先行研究では、アクティビティによる拒否度推定を行うためには、分単位での時間を考慮する必要があることも示唆されていたため、AS 前過去 2 分間のアクティビティ検出時間の割合を算出し、検出時間が 10 % を超える AS とそれ以外の AS を比較したところ、操作率が高いほど拒否度が有意に高くなることを確認した ($p < 0.01$)。本研究で扱うアクティビティ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、よりユーザの負担が高いと考えられる。そこで、過去 2 分間の操作種類を分析し、キー操作とマウス操作が共に検出された AS とそれ以外の AS との比較を行った。t 検定の結果、ウィンドウ数の増加時と無変化時において、両操作が検出された AS は検出されなかった AS と比較して拒否度が有意に高いことが確認された ($p < 0.05$)。逆に減少時は、両操作が検出された場合の方が、検出されなかった場合と比較して拒否度がより低くなる傾向が確認された ($p < 0.1$)。これは AS 前キー操作やマウス操作が他の条件と異なり拒否度に影響を与えなかった点と一致し、AS 前の操作が煩雑であるほど、AS 発生時が作業の終了や区切りとなる可能性が高いと考えられる。以上の分析結果を表 5 にまとめる。

表 5 PC の操作量による AS 時特徴

特徴		拒否度の変化		
ID	特徴名	増加	無変	減少
N	継続 2 分以上	低く	低く	低く
O	継続 15 秒以上	高く	-	-
P	AS 前キー操作	高く	高く	-
Q	AS 前マウス操作	-	高く	-
R	2 分間操作率	高く	高く	-
S	2 分間操作種類	高く	高く	低く

§3 AS 時特徴のまとめと考察

分析結果に基づき、本研究では 19 個の特徴を選定した。表 6 に、ウィンドウ増減状況ごとの全特徴の拒否度への影響をまとめる。打鍵数やクリック回数、AS 間隔など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は余り相関が見られず、特徴の有無に有意差が多く確認されたこと、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ため、本研究では全ての特徴を二値化して扱う。

親子関係や AS 前アクティビティ、デストロイ信号など、複数の特徴において、特徴を持つ AS とそれ以外の間に有意差を確認することが出来た。これらの特徴を持つ AS は、AS の中でも特に拒否度が低い / 高い AS となる可能性があると言える。一方で、ウィンドウの増減を元に、これらの特徴の拒否度への影響を見た場合、同じ特徴が逆の影響を与える場合も存在することも確認された。また、1 つの AS は複数の特徴を同時に併せ持つため、特定の特徴を持つ AS が必ずしも低 / 高拒否度と決定することは出来ないと考えられる。

よって、単一の特徴の有無や特徴量の大小のみから、多段階の拒否度を推定することは困難であると予想される。また、ウィンドウ減少時のみデストロイが検出される、ウィンドウ増加時にはシェルへの遷移は検出されず、逆に減少時にはシェルからの遷移は検出されないなど、同時に発生し得る特徴には規則性も存在するため、AS 発生時の状況に応じて推定に反映する特徴を取捨選択する必要があるとも考えられる。そこで本研究では、AS 発生時に関係する特徴を幾つ併せ持つかを考慮した、特徴数に基づく AS 時割り込み拒否度推定法を提案する。

4. 特徴数に基づく AS 時割り込み拒否度推定法

本章では、分析によって得られた特徴を AS 時に幾つ併せ持つかを考慮した、ユーザの AS 時割り込み拒否度推定法について述べる。

4.1 推定法の提案

3 章で述べた通り、AS 時の割り込み拒否度に影響を与える特徴として、本研究では 19 個の特徴を分析により抽出した。これらの特徴には、AS 前後の同時起動ウィンド

表 6 AS 時特徴の一覧

状況	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分以内シェルへ再遷移	
		M	2分以内シェルから再遷移	
		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	2 分間操作率
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			

ウ数の増減状況によって異なる影響を与える特徴や、特定の状況のみに検出され影響を与える特徴などが含まれる。よって、本研究では、ウィンドウ数の増加時・減少時・無変化時の 3 つの状況ごとに推定式を設定した。

AS 時割り込み拒否度推定式 $F(x)$ を (1) 式に示す。任意の AS x における推定値は、ウィンドウ増加時は $f_{inc}(x)$ 、減少時は $f_{dec}(x)$ 、無変化時は $f_{neu}(x)$ を用いて算出される。各式は AS による切れ目度合いと前後の遷移を評価する関係項と PC 操作量を評価する作業項の二項から構成されている。また、推定式は各式で算出される推定値を正規化し、0 から 1 の範囲の値を取る。特徴値は、特徴を有する場合を 1、それ以外を 0 とする。以降の各式では、各特徴を表 6 にて示した $A \sim S$ の特徴 ID を用いて表記する。また、(2)~(4) 式の全変数の係数を実験的に求めた結果、本研究では $a = 2, b = 2, c = 2$ とし、それ

以外の係数を 1 とした。

$$F(x) = \begin{cases} f_{inc}(x) & \text{ウィンドウ増加時} (A_x = 1) \\ f_{dec}(x) & \text{ウィンドウ減少時} (B_x = 1) \\ f_{neu}(x) & \text{それ以外のとき} \end{cases} \quad (1)$$

$$f_{inc}(x) = \{A_x + G_x - N_x + I_x(1 - K_x) + (C_x + O_x)K_x\} + \{R_x + (P_x + S_x)(1 - K_x)\} \quad (2)$$

ウィンドウ増加時の推定式 $f_{inc}(x)$ を (2) 式に示す。表 6 にて示した通り、増加時の拒否度を上昇させる遷移前後の "G: 親子関係" や "I: 再使用 2分", 状況によらず拒否度を低下させる "N: 継続 2分以上" の特徴を関係項として定義した。特に、特徴 I はシェルからの遷移でない場合 ($K = 0$) に、逆に "C: ウィンドウ増加傾向, O: 継続 15 秒以上" はシェルからの遷移である場合 ($K = 1$) に、拒否度をより上昇させるためこれを反映させた。操作項も同様に、"P: AS 前キー操作・S: 2 分間操作種類" はシェルを経由しない場合に拒否度への影響が強くなるため、これを反映している。

$$f_{dec}(x) = -\{B_x + E_x \cdot J_x + D_x + H_x(1 - E_x) + N_x\} + \{aR_x - bS_x\} \quad (3)$$

ウィンドウ減少時の推定式 $f_{dec}(x)$ を (3) 式に示す。減少時はその大半が拒否度を低下させる特徴であり、関係項に含まれる特徴は全て拒否度を低くする影響を持つ。特に、"E: デストロイ信号" はシェルへの遷移時 ($J = 1$) に検出されると拒否度への影響がより強く、"H: 子親遷移" はデストロイ信号未検出時に拒否度を低下させるため、これらに関係項にて定義した。また、減少時に "S: 2 分間操作種類" が検出された場合は却って拒否度が低下するため、他の推定式とは正負逆の定義となっている。

$$f_{neu}(x) = \{F_x + I_x - N_x + K_x \cdot M_x + J_x \cdot L_x\} + \{c \cdot \max(P_x, Q_x) + \max(R_x, S_x)\} \quad (4)$$

ウィンドウ数無変化時の推定式 $f_{neu}(x)$ を (4) 式に示す。関係項では、他の 2 式と比較してシェル遷移に関する特徴を反映している。無変化時に "K: シェルから遷移" したときに "M: 2分以内のシェルから再遷移" であったとき、"J: シェルへ遷移" したときに "L: 2分以内のシェルへの再遷移" であったときに、共に拒否度が上昇することを反映している。一方、作業項では、AS 前の瞬時的操作量に基づく特徴 "P: AS 前キー操作, Q: AS 前マウス操作" と、分単位の操作量に基づく特徴 "R: 2 分間操作率, S: 2 分間操作種類" の、それぞれの影響を拒否度に反映するよう定義している。

4.2 推定法の適用

前節で提案した推定法を、特徴抽出で分析対象とした検討データへ適用し、拒否度の推定を試みた。実験で収集した割り込み拒否度は 1~5 の 5 段階評価であるが、本研究で判定する割り込み拒否度は、低・中・高の 3 段階で判定することにした。3 段階での判定とした理由は、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、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したためである。

5 段階の評価値から 3 段階への置き換えに関しては、割り込みに対して拒否度 1・2 が “問題ない”，拒否度 4・5 が “嫌だ” との主観評価値であること、被験者からは拒否度入力時において拒否度 2・3 間と 3・4 間で迷ったといった内観報告を受けていないことから、以降は拒否度の主観評価値 1・2 を拒否度 “低”，3 を “中”，4・5 を “高” と置き換えて扱う。また、推定式 $F(x)$ 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、(5) 式で示す閾値を設定した。

$$\text{拒否度} = \begin{cases} \text{高} & F(x) \geq 0.8 \text{ のとき} \\ \text{中} & 0.5 \leq F(x) < 0.8 \text{ のとき} \\ \text{低} & F(x) < 0.5 \text{ のとき} \end{cases} \quad (5)$$

検討データにおける、本推定手法による推定結果を表 7、5 段階評価値の内訳を表 8 示す。推定対象とする AS は、実験開始後 5 分以降の AS255 個とした。

表 7 検討データにおける推定結果

		評価値			適合率	再現率	誤差 1 以下
		低	中	高			
推 定 値	高	18	8	23	0.47	0.35	0.63
	中	67	33	40	0.24	0.56	1.00
	低	45	18	3	0.68	0.35	0.95

表 8 検討データにおける推定結果内訳 (5 段階評価値)

		評価値					総 数	平 均
		1	2	3	4	5		
推 定 値	高	9	9	8	10	13	49	3.2
	中	33	34	33	21	19	140	2.7
	低	28	17	18	1	2	66	2.0

4.3 考 察

検討データの推定では、3 段階の平均推定値は適合率で 46%，再現率は 42% となり、精度良く識別出来たとは言えない結果であった。しかし、低拒否度の識別に限って見れば、7 割近い精度が実現出来ており、また、推定誤差が 1 以内となる確率が 95% と高く、高い拒否度

表 9 検討データにおける推定結果 (被験者 A を除く)

		評価値			適合率	再現率	誤差 1 以下
		低	中	高			
推 定 値	高	6	8	23	0.62	0.36	0.84
	中	50	33	38	0.27	0.56	1.00
	低	33	18	3	0.61	0.37	0.94

を低く推定する危険な推定を回避できていると考えられる。情報提示や話しかけのタイミングとして適した、より低い拒否度の AS タイミング推定の実現可能性が考えられる。

また、検討データにおいては、12 時間で低拒否度と正しく推定された AS が 45 回であった。1 時間辺り平均 3.8 回程度であり、約 15 分に 1 回割り込みのチャンスがあると考えられ、本手法によるタイミング制御を行ったとしても、十分な提示機会が得られると考えられる。一方、中程度の拒否度として判定された AS には、実際には低・高の拒否度がまだ多く含まれている。情報提示として利用可能な AS をより多く確保するためにも、これらの判別が必要である。

一方、表 7 で示した通り、高拒否度と判別された AS のうち、実際に高拒否度だった AS が 23 回であったのに対し、低拒否度である AS が 18 回含まれているため、高拒否度の推定精度を下げる原因となっている。検討データを再度分析し、該当する AS を調査した結果、その 3 分の 2 が特定の被験者からであった。この被験者 A のデータを検討データから除外し、再度推定を行った結果を表 9 に示す。高拒否度の推定精度が向上していることが分かる。低拒否度と評価された AS が多く除外されていることから、被験者 A が拒否度を低く評価しやすい傾向にあったと推測される。本手法の検証実験に用いる作業履歴を収集する際には、個人差や作業内容の偏りをさらに考慮する必要があると言える。

5. 検 証 実 験

本章では、本研究で提案した AS 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、異なる二つのデータセットに対して、本手法を適用した場合の推定精度の評価を行った。

5.1 検証用作業履歴の収集

§1 検証データ収集方法

本実験では、まず、評価対象となる作業履歴の収集を行った。実験方法は 3 章と同様のシステムを用い、被験者に割り込み拒否度を 5 段階で主観評価させた。

作業履歴の収集においては、4.3 節で述べたように、作業内容や被験者による偏りが懸念されるため、収集対象とする作業を図 3 に示す通り分類し、全被験者から各領域に相当するデータをそれぞれ 1 時間以上収集した。分

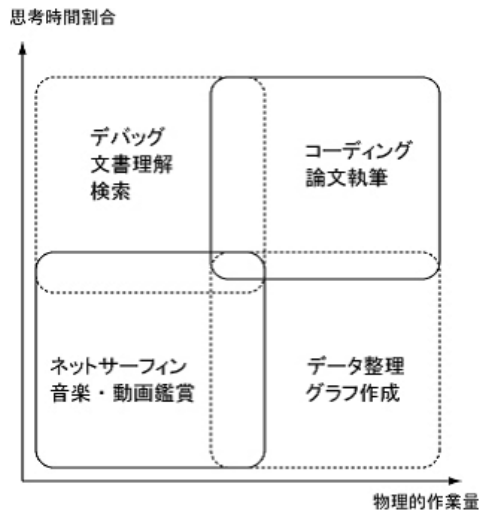


図3 作業内容の分類図

類は、作業に要する物理的作業量と思考時間割合を二軸に取り、研究室環境で一般的に行われる PC 作業を対象として行った。知的作業量は外部からの観察が困難であるため、作業に伴う思考時間割合を元に、情報を「読み取るだけで出力しない」作業を思考時間割合「低」、「読み取り、編集して出力する」作業を「中」、「新しく創造して出力する」作業を「高」として、分類の目安とした。

さらに、被験者による偏りを防ぐため、被験者を二群に分け、評価用データを2セット用意した。被験者の分類は、本実験で初めて被験者となる大学生6名と検討データ収集時の被験者からなる大学院生5名とした。以降、本論文では、前者のデータセットを検証データ(新)、後者を検証データ(再)と呼ぶ。実験により、検証データ(新)を29時間、検証データ(再)を21時間、合計50時間分の作業履歴を収集した。実験期間は2009年5月～11月の7ヶ月間である。

§2 収集した検証データの概要

本実験で収集した検証データの概要を表10に示す。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1144回行われ、NAS時の拒否度平均が3.3に対し、AS時は3.1となった。表2と比較してAS時の平均値が高い結果となったが、思考時間割合の高い作業を含めて、満遍なく作業履歴を収集できたためと考えられる。同様にt検定を行ったところ、t値が-2.63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。また、作業内容ごとに分析した場合、カテゴリごとのデータ数が少なくなるため各特徴の傾向に関して一概に述べることはできないが、より高度(知的)な作業ほど拒否度は高くなり、煩雑ではあっても余り思考を要しない作業は拒否度が低くなる傾向が見られた。次節では、本実験で得られた検証データ(新)と検証データ(再)を対象とした本手法による推定結果について述べる。

表10 検証データにおけるAS時とNAS時の割り込み拒否度比較

	評価値					頻度	平均
	1	2	3	4	5		
AS	111	272	295	282	184	1144	3.1
NAS	30	58	94	107	64	353	3.3

5.2 実験結果

検証データ(新)における推定結果を表11、検証データ(再)における推定結果を表12、検証データにおける推定結果を表13、5段階評価値の内訳を表14に示す。なお、推定対象のASは実験開始後5分以降とし、対象とするASは検証データ全体ではAS1025個、検証データ(新)では680個、検証データ(再)では345個とした。

検証データ(新)において、低拒否度の適合率は55%、高拒否度で51%、平均で44%となった。誤差1以下の精度は、低拒否度で86%に対し、高拒否度は78%となった。一方、検証データ(再)では、低拒否度の適合率51%、高拒否度で63%、平均で46%となった。誤差1以下の精度は、低拒否度で89%に対し、高拒否度は81%となった。実験の結果、全データセットを通して、低拒否度と高拒否度の判定精度は同程度となり、50%～60%程度の推定精度となった。検討データにおける推定結果と比較して若干の精度の低下が見られたが、誤差1以下の精度は特に低拒否度の推定において9割程度を維持している。

5.3 考察

実験の結果、拒否度推定の適合率は平均で44%、低拒否度と高拒否度の各適合率は共に54%となり、また、誤差1以下の推定精度は85%程度となった。検証実験では、被験者や作業内容による偏りを軽減するよう検証用データの収集を行い、本手法を適用したところ、2つのデータセットに対して同程度の推定精度が確認された。現状では、本手法による推定結果は必ずしも高い精度とは言えないが、拒否度が特に低いASと高いASの識別が可能となった点、先行研究で問題となった高い拒否度を低く推定する危険な推定を回避することが出来た点、また、特殊なセンサを用いずとも、ある程度広い範囲のPC作業を対象とした推定が可能などから、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。

また、本手法による情報提示制御を行った場合、拒否度が低いとして利用できるASは1時間に約1.4回、1時間に1回、多くて2回という結果となった。提示する情報の重要性にも関係するが、システムからの情報提示に利用可能なタイミングとしては、若干少ないと考えられる。本実験にて中程度の拒否度と判定されたAS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上でも、これらのASを識別出来るよう今後の改善が必要であると言える。

今回の分析では、一般的なPC作業を対象とした作業

表 11 検証データ（新）における推定結果

		評価値			適合率	再現率	誤差 1 以下
		低	中	高			
推定 値	高	40	51	93	0.51	0.30	0.78
	中	109	105	208	0.25	0.59	1.00
	低	41	23	10	0.55	0.22	0.86

表 12 検証データ（再）における推定結果

		評価値			適合率	再現率	誤差 1 以下
		低	中	高			
推定 値	高	13	12	43	0.63	0.32	0.81
	中	83	54	85	0.24	0.62	1.00
	低	28	21	6	0.51	0.23	0.89

表 13 検証データにおける推定結果

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

表 14 検証データにおける推定結果内訳（5段階評価値）

		評価値					総 数	平均
		1	2	3	4	5		
推定 値	高	6	47	63	100	35	251	3.4
	中	43	149	159	154	140	645	3.3
	低	36	33	44	11	5	129	2.3

履歴に基づく推定方法の提案を行った。本成果の適用先としては、職場環境における社会人・職業人への支援が考えられる。職場環境にも依るが、文書編集や統計処理、プログラミングなどの作業における PC の使われ方には大きな違いはないと考えられるため、本研究で提案する推定手法が同様に適用できる可能性は考えられる。一方で、PC の使用方法が特殊であったり、特定の作業に特化している職場環境においては、推定に用いる特徴の種類や重み付けを調整することで対応する必要もあると考えられる。

§1 機械学習手法による推定との比較

本手法による推定結果と、一般的な機械学習手法である k-Nearest Neighbor (kNN) 法と Support Vector Machine (SVM) 法による推定結果との比較を行った。各学習手法は、kNN 法では $k=1$ 、SVM 法では $c=1$ として、WEKA[WEKA] を用いて実験を行った。使用する特徴は、表 6 で示した全 19 個とした。kNN 法による推定結果を表 15、SVM 法による推定結果を表 16 に示す。

kNN 法では、本手法と比較して中拒否度の識別精度が高いが、一方で、低拒否度の適合率が 41 % と低く、平均適合率が 44 % と本手法と同程度の結果であった。また、誤差 1 以下の適合率を見ると 7 割程度であり、本手法よ

表 15 検証データにおける kNN による推定結果

		評価値			適合率	再現率	誤差 1 以下
		低	中	高			
推定 値	高	148	119	324	0.55	0.73	0.75
	中	46	49	46	0.35	0.18	1.00
	低	120	98	75	0.41	0.38	0.74

表 16 検証データにおける SVM による推定結果

		評価値			適合率	再現率	誤差 1 以下
		低	中	高			
推定 値	高	182	163	358	0.51	0.80	0.74
	中	8	14	14	0.39	0.05	1.00
	低	124	89	73	0.43	0.40	0.74

り若干低い結果であった。SVM 法においても同様に、中拒否度の適合率が本手法より若干高いものの、低拒否度を精度良く識別できず、また誤差 1 以下の適合率は 7 割台であった。

両手法に共通して、高拒否度の適合率は本手法と同程度、再現率ではより高い結果であったが、本来提示タイミングとして利用したい低拒否度 AS についての識別率は低い結果となった。使用した特徴が PC 作業においてどのような場面で出現し、どのような意味を持つのかといったヒューリスティックスの考慮も、推定精度を向上させる上で重要であると考えられる。

§2 推定精度の向上と対象範囲の拡大

推定精度を向上させる上で、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。[松田 05] では、ユーザの抱えているタスクの時間的制約による切迫感を考慮することで推定精度を向上させている。近年の職場環境においては、共有のスケジュール管理システムを利用していることも珍しくないため、それらに入力されたデータの利用や、比較的長い期間の勤務データを取り続け、ユーザのワークリズム等の規則性を考慮することも考えられる。また、職場環境においては、業務上の会話（電話）が日々発生することが予想されるが、これらの会話もまた重要な作業であり、また、社会的マナーの観点からも、会話中の割り込みは避けられるべきであるため、マイクやカメラ映像による会話検出が従来研究で行われている。著者らは、利用可能な外部要因として、PC 外作業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 [藤田 09] や、複数人が集まる場所において作業を行う場合には、部屋全体の雰囲気は個人の拒否度に影響を与えられ、場の雰囲気の推定に関しても検討を進めている [佐藤 10]。本研究で提案した推定法は PC 作業中のユーザを対象とし、PC から取得できる情報のみを使用して推定を行っているため、他の機器との併用が容易である。想定する環境・作業内容に応じて、他の情報・手法と組み合わせることが可能な親和性の高さ

も、本手法の利点であると考えられる。

また、推定結果に基づく提示タイミング制御においては、ユーザ状態推定が本質的に誤差を避けることができないため、誤動作による弊害が懸念される。従来の音やポップアップウィンドウによる割り込み方法では、やはり推定誤差があった場合に、ユーザの作業を妨害する危険度が高い [三好 06]。著者らはユーザの状況を考慮し、エージェントの視線を AS 発生に合わせて制御し、ユーザとの視線交差を行うことで、本当にユーザが忙しい場合であれば気付かず、余裕があれば気付く程度のアンビエントな話し掛け方法を提案している [田中 09c] が、用いる状態推定法の精度と特性を考慮した、誤差に対してロバストな割り込み方法の検討も、人とエージェント・ロボットとの共存に必要であると考えられる。

6. ま と め

本研究では、ユーザの作業を阻害しない情報提示タイミング制御の実現に向けて、ユーザの作業の切れ目である AS に着目し、ユーザの AS 時割り込み拒否度推定法の検討を行った。まず、ユーザの PC 作業履歴の収集・分析を行い、AS 時の割り込み拒否度に影響を与える特徴を複数抽出した。次に、AS 時に検出される特徴数に基づく AS 時拒否度推定法を提案し、実験によりその利用可能性を示した。今後の課題は、より精度の高い割り込み拒否度の推定に向けた推定法の改善と、拒否度推定を利用した人の知的活動を阻害しない情報システムの開発である。

謝 辞

本研究の一部は、科学研究費補助金 (21700130)、および、文部科学省特別教育研究費共生情報工学研究推進経費によるものである。ここに記して感謝する。

◇ 参 考 文 献 ◇

- [上田 08] 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)
- [佐藤 10] 佐藤茂樹, 田中貴紘, 藤田欣也: 室内全体の動きと音からの場の割り込み許容度推定可能性の検討, 第 72 回情報処理学会全国大会, DVD-ROM (2010)
- [清水 05] 清水 健, 平田 敏之, 山下 邦弘, 西本 一志, 國藤 進: 個人作業状況ア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)
- [田中 09a] 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)
- [田中 09b] 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)
- [田中 09c] 田中 貴紘, 藤田 欣也: ユーザの割り込み拒否度を考慮した円滑な会話開始支援エージェント, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J92-A, No. 11, pp. 852-863 (2009)

- [Hudson 03] S.E. Hudson, J.Fogarty, C.G. Atkeson, D.Avrahami, J.Forlizzi and S.Kiesler: *Predicting Human Interruption with Sensors: A Wizard of Oz Feasibility Study*, Proc. of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 257-264 (2003)
- [藤田 09] 藤田欣也, 田中貴紘, 竹井浩介: デスクワーク中の割り込み拒否度の頭部運動からの推定可能性の検討, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2009, CD-ROM (2009)
- [本田 98] 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)
- [松田 05] 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)
- [Czerwinski 00a] Mary Czerwinski, Edward Cutrell and Eric Hirvitz: *Instant Messaging: Effects of Relevance and Timing; people and computers XIV*, Proc. of HCI2000, Vol. 2, pp. 71-76 (2000)
- [Czerwinski 00b] Mary Czerwinski, Edward Cutrell and Eric Hirvitz: *Instant Messaging and Interruption: Influence of Task Type on Performance*, Proc. of OZCHI2000, pp. 356-361 (2000)
- [水口 04] 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)
- [三好 06] 三好 史隆, 倉本 到, 渋谷 雄, 辻野 嘉宏: タスク集中度と認知時間を指標とした周辺表示法の評価, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J89-A, No. 10, pp. 831-839 (2006)
- [Lester 05] J.Lester, T.Choudhury, N.Kern, G.Borriello and B.Hannaford: *A Hybrid Discriminative/Generative Approach for Modeling Human Activities*, Proc. of IJCAI-05, pp. 766-772 (2005)
- [WEKA] WEKA, University of Waikato, <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>

〔担当委員: 竹内 勇剛〕

2010年1月29日 受理

著 者 紹 介



田中 貴紘(正会員)

2001年名古屋工業大学工学部知能情報システム学科卒業。2006年東京工業大学大学院総合理工学研究所博士後期課程修了。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、オンラインコミュニケーションに興味を持つ。情報処理学会員。



松村 京平

2008年東京農工大学情報コミュニケーション工科学卒。現在、東京農工大学大学院工学府情報工学専攻在籍中。PC作業履歴に基づくユーザ状態推定による、情報提示タイミング制御に関する研究に従事。



藤田 欣也

1988年慶應義塾大学大学院理工学研究所修了。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など、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。