

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

田中貴紘^{†1} 松村京平^{†1} 藤田欣也^{†1}

本論文では、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たユーザのPC作業履歴と割り込み拒否度の主観値の収集・分析を行った。分析により、アプリケーションスイッチ時の割り込みに対する拒否度がタスク継続時に比較して有意に低いこと、アプリケーションスイッチの頻度と拒否度に相関が見られることを示した。また、実験により、ユーザの割り込み拒否度推定へのこれらの知見の利用可能性を示した。

Operarion Record Analysis for Information Display Timing Control Based on Application-switching

TAKAHIRO TANAKA,^{†1} KYOUHEI MATSUMURA^{†1}
and KINYA FUJITA^{†1}

In this paper, the PC operation records and the subjective uninterruptibility of users were logged and analyzed for establishing information display timing control scheme with less intelligent activity disturbance for users. The results revealed that the interrupts at Application-Switching (AS) are significantly acceptable for the users than the interrupts during continuous work ($p < 0.01$). The interrupts at less frequent AS were more acceptable than the more frequent AS. These results suggested the effectiveness of AS for the uninterruptibility estimation, and the interrupt timing control based on the uninterruptibility.

1. はじめに

近年のインターネットの普及により、自宅や職場において、あらゆる情報にアクセスすることが可能となった。一方で、電子メールの着信表示やインスタントメッセージツールによる会話など、ユーザ自身が作業中であっても、随時システムから情報を提示される機会が増えてきている。また、人間の扱える限界を超えてもなお情報量が増加し続けている Web から、効率良く情報を取得するための情報推薦システムなどの研究もさかんに行われている¹⁾。しかし、情報提示のタイミングや頻度に、ユーザの作業状況が適切に反映されない場合、提示情報の確認のためにユーザの思考が中断させられる状況が生じる(図1)。すなわち、本来はユーザの作業を支援するはずの情報システムが、かえ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もとにユーザのPC作業における忙しさを推定する手法²⁾⁻⁴⁾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とみなさない、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や忙しさの程度を推定する研究も行われている^{6),7)}。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。

そこで本研究では、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PC作業履歴の収集・分析を行い、ユーザの割り込み拒否度推定への分析結果の利用可能性を検討する。

本論文では、まず、関連研究と本研究で対象とするユーザと作業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、次いで4章で収集した作業履歴の分析について述べる。さらに、5章で考察とユーザの割り込み拒否度推定への利用可能性、そして、分析結果の応用例について述べた後、6章でまとめる。

^{†1} 東京農工大学大学院
Graduate School of Tokyo University of Agriculture and Technology



図 1 情報提示による知的生産性の低下
Fig. 1 Depression in intellectual productivity.

2. ユーザ状態の推定

2.1 関連研究

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を使った作業における忙しさの推定方法としては、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)}。これらの研究では、PCを使った作業において、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いる。また、キー入力操作はマウス操作に比べ、ユーザの作業負荷が高くなるため、操作量の計算においては特にキー入力を考慮するとしている。また、PC作業に加えて、机上でペンを使用する作業までを対象とした研究も行われており⁴⁾、ペンにセンサを取り付け、ユーザがペンを持っているかどうかを認識し、忙しさの推定に利用している。これらの研究では、ユーザの作業が外部から観察可能な物理的アクティビティをとまな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、物理的アクティビティをとまなわない知的作業を阻害しないことは情報提示において重要と考えられるため、いかに知的作業を含めたユーザの忙しさを推定するかは、ユーザの状態推定における1つの検討課題である。

一方で、センサなどの入力情報に加えてユーザのスケジュールを反映することで、実際の作業量以外の忙しさも考慮しようという研究も試みられている⁵⁾。スケジュールの忙しさが、作業中に実際に感じる忙しさをバイアスする可能性は高いと考えられるが、スケジュール的な忙しさをどのように評価するか、忙しさの推定手法をいかに個人適応させるか、また実際に計測された作業量などのデータとどのように併用して忙しさを推定するか、などの検討課題がある。

また、種々多様なセンサを生活空間の中に遍在させ、そこから得られる情報をもとにコンテキストの推測を行う研究^{6),7)}も、多数試みられている。マイクを使った会話の有無の検

出や、カメラや加速度センサによるユーザの姿勢や移動の認識などは、ユーザの作業内容や忙しさの推定に有用な情報になりうる可能性が高いが、ユーザに対して、センサを身体に装着する、あるいは利用環境にセンサを設置することを要求する。そのため、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、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いだかせ、システムの利用を躊躇させる可能性も考えられる。

2.2 本研究で対象とするユーザ作業とアプローチ

2.2.1 対象とするユーザ作業

職場・自宅を問わずPCが一般的に普及した現在、多くのデスクワークがPCを使って行われ、さらには娯楽や学習など様々な用途に用いられている。そのため、PCを使った作業中に、システムからの情報提示による割込みが発生する可能性が高まっている。そこで本研究では、対象とするユーザ作業をPCを使用した作業に限定し、PCの利用状況からユーザの割込み可否の程度を推定することを目標とする。

また、システム導入障壁を軽減するために、カメラや身体装着センサなど、付加的な設備を利用しないことを前提とする。これにより、より汎用性が高く様々なシステムへの応用が可能な推定手法の実現につながるものと期待される。

2.2.2 本研究のアプローチ

先行研究では、割込みタイミング制御のために、ユーザの作業中の忙しさや、作業の内容を推定する方法が提案されてきたが、PC操作量などのアクティビティのみから、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、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、割込みに対する拒否度が低下する可能性が高いと予想されることから、本研究では、作業の内容ではなく、作業の切れ目を検出することで、割込みタイミングの制御を行う方法を提案する。作業の切れ目に着目することで、ユーザの作業内容を推定することなく、割込みの制御が可能になると考えられる。また、作業の切れ目は思考の切替わりも意味する可能性が高いと期待されるため、作業の切れ目を利用することで、ユーザの知的作業を反映した、よりユーザの作業を阻害しない割込み制御が実現できる可能性が期待される。そこで本研究では、利用アプリケーションの切替え情報を作業の切替わりと見なして、ユーザの割込み拒否度とアプリケーション切替えの関連を実験的に検討する。

しかし、継続作業中であってもユーザに割り込まなければならない状況も存在する。そこで先行研究にならい、作業中の忙しさを示す情報としてキー入力とマウス操作を利用することを前提に、ユーザの割込み拒否度とキー入力などとの関連を検討する。

以降、本論文では、従来手法で用いられてきたキー入力・クリック・ホイールの操作量から後述の方法で求める指標を瞬時アクティビティ、アプリケーションの切替わりをアプリケーションスイッチ (AS) と表記する。

3. 作業履歴と割り込み拒否度の収集

本研究では、日常的な環境で PC を使用したときの作業履歴と、ユーザが評価した割り込み拒否度を収集し、分析を行った。実験では、被験者の PC 操作ログを自動で抽出し保存する実験用システムを構築し、情報工学系の 20 代学生 10 名を被験者とし、PC を 1 時間使用させて作業履歴の収集を行った。作業履歴データは、研究室および自宅で各 10 時間ずつ、合計 20 時間分を収集した。

作業履歴収集実験では、被験者には課題を与えず、PC 使用目的についても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、レポート作成、WEB ブラウジング、プログラミング、データ整理であった。

3.1 作業履歴の収集

実験用に作成した作業履歴収集システムの構成を図 2 に示す。実験システムが収集する作業履歴は、キー入力数、マウスクリック数、ホイール使用量、アクティブウィンドウ、そして割り込み拒否度の 5 種類である。アクティブウィンドウは、ユーザによって選択されているウィンドウの名前であり、本研究では、アクティブウィンドウの変化を、ユーザによる利用アプリケーションの切替わりと見なした。実験システムは、ユーザのキー操作やマウス操作をつねにモニタし、0.5 秒ごとに操作量を作業履歴として記録した。さらに、実験システムによる記録のほかに、研究室環境ではビデオによる実験中の被験者の撮影と、実験後の作業内容に関する聞き取り調査をあわせて行うことで、システムが収集した作業履歴と照らし合わせ、より詳しい分析を可能とした。また、自宅プライベート環境におけるビデオ撮影は、被験者のプライバシーに配慮して行わなかった。

3.2 割り込み拒否度の取得

実験システムは、あらかじめ定められたルールに従って被験者に対して割り込みを行い、図 3 に示す割り込み拒否度取得ダイアログを用いて、その時点での割り込み拒否度を被験者に入力させた。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、“1: 全く問題ない”から“5: 邪魔しないで欲しい”の 5 段階で主観評価させた。

割り込み拒否度の評価タイミングは、被験者が同一アプリケーションを継続して使用している場合は 5 分ごとに、AS が発生した場合は AS 直後とした。また、頻繁に割り込むことが

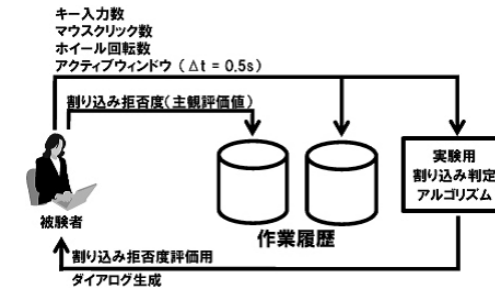


図 2 作業履歴収集システムの構成
Fig. 2 Structure of operation record collection system.

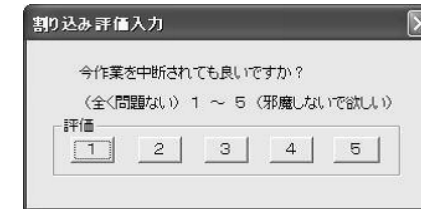


図 3 割り込み拒否度の取得ダイアログ
Fig. 3 Uninterruptibility evaluation dialogue box.

拒否度の評価に影響を及ぼさないように、AS 発生によって割り込みを行った後 5 秒間は、割り込みを行わないよう制御した。入力された割り込み拒否度は、他の操作ログとあわせてファイルに自動保存した。

図 4 に、収集した作業履歴を視覚化した例を示す。図のように、瞬時アクティビティとアプリケーション切替え、割り込み拒否度の記録に加えて、研究室環境での実験結果においては、そのとき行っていた作業内容についての聞き取り結果と、拒否度の判定根拠についても併記した。

4. 作業履歴の分析

4.1 アプリケーションスイッチ時とタスク継続時の拒否度の比較

本研究では、まず、AS 時の割り込みと、タスク継続時 (NAS) の割り込みに対する拒否度の比較を行った。表 1 に比較結果を示す。

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 であり、t 検定を行っ

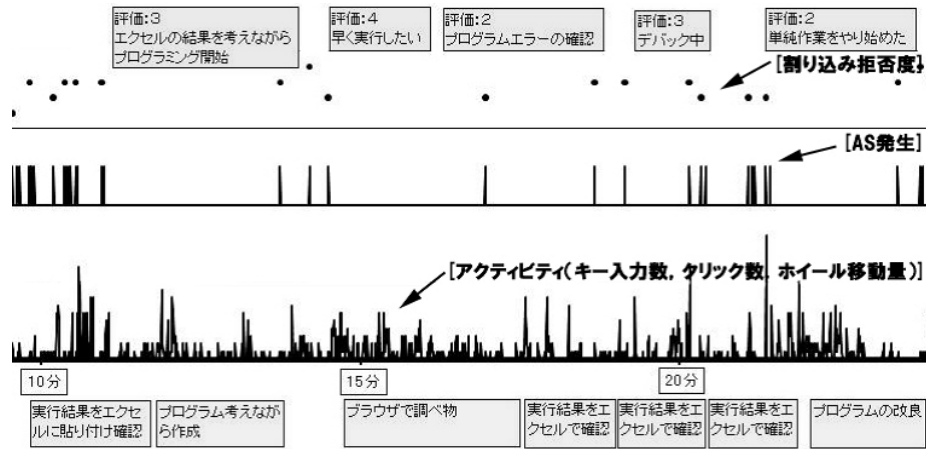


図 4 収集した作業履歴の例

Fig. 4 Example of operation record data.

表 1 AS 時と NAS 時の割り込み拒否度の比較
Table 1 AS vs. NAS.

	拒否度					
	1	2	3	4	5	Ave.
NAS	7	14	22	20	12	3.2
AS	51	80	67	45	36	2.8

たところ, 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となった. すなわち, AS の利用は, 割り込みタイミング制御に有効であるといえる.

4.2 アプリケーションスイッチ頻度と拒否度の関係

AS における割り込みは, NAS 時に比べて拒否度が統計的に有意に低いことが示されたが, 表 1 を見ると, 高い拒否度を示す場合も観察される. すなわち, ユーザにとって作業の切れ目としての意味が小さい AS の存在が予想される. そこで, まず AS 時の割り込み拒否度と AS 前 5 分間のアクティビティ積算値の相関について分析を行ったが, AS 前アクティビティの単純な積算値と拒否度には相関が見られない結果となった. 作業の切れ目としての意味が小さい AS とは, たとえば, 本文中に挿入した原図と本文を並行して修正するときのように,

表 2 アプリケーションスイッチ頻度と割り込み拒否度

Table 2 AS frequency and uninterruptibility.

拒否度	5 分間のアプリケーションスイッチ回数											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11~
5	1	0	0	0	0	0	5	0	3	1	4	21
4	2	0	1	1	5	1	2	1	2	3	9	18
3	2	3	3	4	5	1	3	3	4	8	10	13
2	12	4	3	2	8	1	3	1	3	3	0	26
1	5	1	7	2	2	1	1	2	0	3	1	8
平均	2.2	2.3	1.9	2.4	2.7	2.5	3.5	2.4	3.4	2.8	3.6	3.2

表 3 AS 前のタスク継続時間と割り込み拒否度

Table 3 AS interval and uninterruptibility.

拒否度	AS 前のタスク継続時間				
	0~1分	1~2分	2~3分	3~5分	5分~
5	26	7	0	1	1
4	35	3	2	3	2
3	45	5	5	3	1
2	44	3	6	3	10
1	18	4	1	5	5
平均	3.0	3.3	2.6	2.5	2.2

複数のアプリケーション間を頻繁に行き来する作業が考えられ, AS がユーザの意識や思考, 短期記憶などの意味において, 必ずしも作業の切れ目であるとはいえない. そこで, AS の頻度と, 拒否度の関係の分析を行った. 5 分間の AS 回数と拒否度の関係を表 2 に示す.

分析の結果, AS 頻度が高くなるほど割り込み拒否度が高くなる傾向が見られた. さらに AS 前のタスク継続時間と拒否度の関係の分析を行った. 分析結果を表 3 に示す. AS 前タスク継続時間が 0~2 分以内の平均拒否度は 3.1, 2 分以上の平均拒否度は 2.4 となり, 継続時間が長いほど拒否度が低くなる傾向が見られる. 特に, タスク継続時間が 2 分以上と 2 分以下の間に有意差が確認された ($p < 0.01$). 以上のことから, 頻度の低い 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きいといえる.

4.3 瞬時アクティビティと拒否度の関係

AS 時と NAS 時で割り込み拒否度が異なることが示されたため, NAS 時を対象に, 割り込み拒否度とキー操作などとの関係を分析した. 先行研究^{(3),(4)}で述べられているように, キー

入力文書の作成やプログラミングなど、ユーザの考えを出力する作業に使われることが多く、キー入力数が多いほどユーザは忙しく情報出力を行っていると考えられる。これに対し、マウス操作は、クリックで対象を選択する、ホイールで画面をスクロールさせる・対象を探す、といった作業に使われることが多いため、情報出力に比べユーザの作業負荷は低いと考えられる。そこで本研究では、先行研究にならないキー入力数に重みを掛け、時刻 t における瞬時アクティビティ量 $A(t)$ は、キー入力数を K_t 、クリック回数を C_t 、ホイール使用量を H_t として、次式によって算出した。

$$A(t) = K_t * 2 + C_t + H_t$$

キー入力数の重み係数は、いくつかの重み係数を試行した結果、比較的作業負荷を反映していると思われた“キー入力：クリック = 2：1”を使用している。また、本研究におけるホイール使用量は、ホイール使用の有無のみを扱い、ホイールが使用された場合は1、それ以外を0としている。これは、ホイールによる画面スクロール作業が他の作業と比較し作業負荷が低い点、ホイール使用量は画面のスクロール量であり、キー入力数・クリック数に比べ多く検出されやすい点、そして、統計ソフトなどの特定アプリケーションを利用した場合に、著しく移動量が増加する点をふまえ、使用の有無のみをアクティビティ量に反映する。

人がPCを使って作業を行う場合には、情報出力行為による瞬時アクティビティが発生するが、その時間あたりの発生量は一律ではなく、作業への集中の度合いや思考など様々な要因によって変動する。そのため、従来研究においても、数十秒間程度のアクティビティを観察して推定を行っている。本研究でも、瞬時アクティビティと割込み拒否度の関係を分析するにあたって、アクティビティの積算時間を10秒、30秒、2分、5分とし比較を行った。

割込み時刻から過去30秒間の瞬時アクティビティ積算値とそのときの拒否度の関係を図5に示す。また、30秒間アクティビティ積算値が0の場合の拒否度の平均は2.8、分散は1.3、50以下の場合の拒否度の平均は3.2、分散は1.4であった。本来は、アクティビティ量が低いと拒否度も低くなると予想されるが、アクティビティ量が0に近いときにも高い拒否度が多数観察される結果となった。これは、30秒程度の短いPC操作の休止や作業量の低下は、思考などを含めた広い意味での作業の休止や低下を意味しない、と考えられる。2分積算値も30秒積算値と同様の傾向であった。

5分間の瞬時アクティビティ積算値と拒否度の関係を図6に示す。5分間アクティビティ積算値が0となったデータが見られないことから、作業中であるか否かを判定するためには、5分程度のアクティビティを観察する必要があることを示唆するものといえる。また、積算値50以下の場合の拒否度の平均は2.1、分散は0.86であった。30秒間の場合に比べ

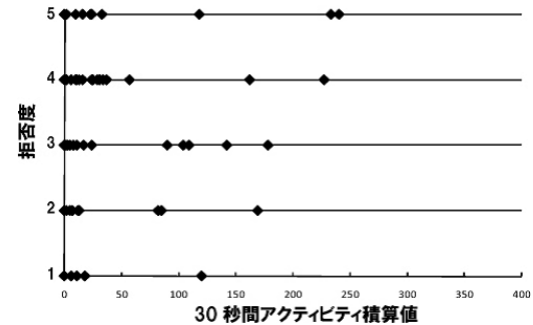


図5 30秒間アクティビティ積算値と割込み拒否度
Fig. 5 30 sec activity and uninterruptibility.

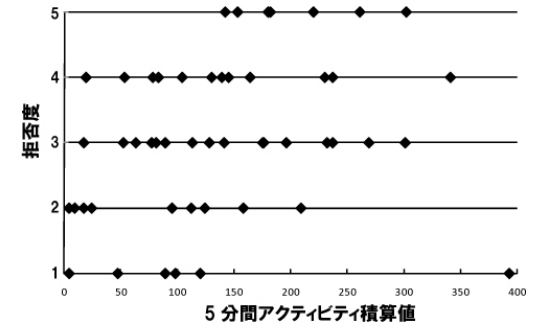


図6 5分間アクティビティ積算値と割込み拒否度
Fig. 6 5 minutes activity and uninterruptibility.

て、アクティビティ0近傍で高い拒否度を示すデータが減少し、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。今回、被験者のPC使用目的にicsさいの制限を設けていないため、様々な作業内容に関する作業履歴を収集している。瞬時アクティビティはNAS時のユーザの割込み拒否度をある程度反映するが、瞬時アクティビティは思考など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ものと考えられる。また、先行研究にならない、重み係数の変更などのいくつかの瞬時アクティビティ算出法を試行したが、分析結果に大きな差は見られなかったことから、算出方法にあまり依存しないと考えられる。

5. 拒否度の推定への利用および考察

作業履歴の分析結果をまとめると次のとおりである。

- アプリケーションスイッチ時の割込みは継続時に比べ拒否度が有意に低い。
- アプリケーションスイッチ頻度が低いほど拒否度が低くなる傾向がある。
- 過去 5 分間のアクティビティ積算値と拒否度に弱い相関が見られる。

作業継続時には、アクティビティをとまなわない思考などの知的作業も含まれており、このような作業をアクティビティの増減のみから認識することは困難である。本研究では、AS 発生時は知的作業を含めた作業の切れ目であり、割込みに対する拒否度も低下すると予想したが、実験の結果、作業時の割込み拒否度は 5 分程度の積算値と弱い相関が見られた程度であるのに対し、AS 発生時の割込みは作業継続時と比較して拒否度が有意に低いことから、この仮説が支持されたといえる。そのため、割込みが作業を妨害する危険性は作業継続時よりも AS 時の方が低いと考えられる。以上のことから、AS を考慮した情報提示タイミング制御を行うことで、ユーザの知的作業の阻害が軽減されるものと期待される。ユーザへの割込みタイミングは、AS 発生タイミングでの割込みが望ましく、なかでも、頻繁に発生している AS より長くタスクが継続した後の AS が望ましい。また、どうしてもタスク継続中に割り込む必要が生じた場合には、数分以上のアクティビティ積算値をもとに判断する必要がある、といえる。

5.1 割込み拒否度推定への利用可能性

作業履歴の分析から得られた知見が、ユーザの割込み拒否度推定へ利用可能であるか検討する。ここでは、分析結果からユーザの割込み拒否度の推定式を設定し、作業履歴から推定した拒否度と、実際にユーザが評価した拒否度の比較を行った。推定式の設定方法に関しては、分析結果以外にも考慮すべき事項があると考えられるが、本論文では利用可能性の検討にとどまるため、推定式は、実験で収集した AS 時と NAS 時それぞれの作業履歴データに対する回帰直線とした。AS 時の推定式は、5 分間の AS 回数と拒否度の回帰直線とし、NAS 時の推定式は、5 分間アクティビティ積算値と拒否度の回帰直線とした。

また、推定方法の妥当性の評価を行うため、新たに評価用の作業履歴の収集を行った。収集方法や条件は、3 章で述べた方法と同様とした。20 代大学生 10 名を対象とし、研究室環境と自宅プライベート環境で各 10 時間、合計 20 時間の作業履歴の収集を行った。評価用の作業履歴を分析したところ、先の実験による作業履歴と同様に、AS 時の割込みが NAS 時に比べ拒否度が低いこと ($p < 0.01$)、スイッチ間隔が長いほど拒否度が低くなる傾向、5

表 4 AS 時拒否度推定結果

Table 4 Estimation result of uninterruptibility on AS.

	全 体	推定 < 拒否度	推定 > 拒否度
データ数	376	217	159
誤差 ≤ 1	201	91	110
誤差 > 1	175	126	49
誤差分散	1.7	2.0	1.1
推定値平均	2.7	2.7	2.8
拒否度平均	3.0	3.8	1.9

表 5 NAS 時拒否度推定結果

Table 5 Estimation result of uninterruptibility on NAS.

	全 体	推定 < 拒否度	推定 > 拒否度
データ数	150	71	79
誤差 ≤ 1	74	45	29
誤差 > 1	76	26	50
誤差分散	1.5	1.3	1.7
推定値平均	3.3	3.3	3.2
拒否度平均	3.2	4.3	2.2

分間アクティビティ積算値と拒否度に弱い相関が見られることが確認された。

評価用作業履歴による推定実験を行った結果を次に示す。表 4 は AS 回数に基づく AS 時の割込み拒否度推定結果、表 5 は 5 分間アクティビティ積算値に基づく NAS 時の割込み拒否度推定結果である。データ数は、取得した拒否度主観評価の回答数を意味し、また、実際の拒否度と推定値の誤差が 1 以下と 1 より大きいもの、推定誤差の分散、推定値平均、拒否度平均について集計を行った。さらに、実際の拒否度より低く推定した場合と高く推定した場合に分けて、各項目を集計した。

AS 時推定においては、全体の 5 割強のデータが誤差 1 以下で推定されたが、推定値が大きく異なるデータもあったため、誤差の分散は 1.7 であった。実際の拒否度よりも高く推定した場合と低く推定した場合に分けてみると、過大推定した場合には、約 7 割が誤差 1 以下で誤差分散が 1.1 であったのに比べ、過小推定の場合は、6 割が 1 以上の誤差を示し、誤差分散も 2.0 となった。本来、拒否度が低いと予想される AS 時の割込みにおいて、何らかの要因によって高い拒否度が出現したため、過小推定が生じ、誤差が増大したと考えられる。NAS 時推定においては、AS 時推定と同様に全体の約 5 割で推定誤差 1 以下、全体の誤差分散は 1.5 であった。実際の拒否度より低く過小推定したうち、誤差が 1 より大きくなった件

数は3割程度にとどまっているが、逆に高く推定したうち、約6割の誤差が1より大きく、誤差分散も1.7となったことから、実際の拒否度より高く推定する傾向があったといえる。

以上の推定実験の結果より、AS時とNAS時ともに、全体の5割強のデータにおいて誤差1以下で推定可能であったことから、本分析で得られた知見の割込み拒否度推定への利用可能性が期待できる。一方で高い拒否度を低く推定する、望ましくない誤推定が発生することが確認された。より高い精度の拒否度推定を実現するための、誤推定の原因分析について次節で述べる。

5.2 推定精度の向上可能性

AS時推定においては、情報提示タイミング制御の観点から最も望ましくない、高い拒否度を低く推定する過小推定が多数発生した。どのようなASで過小推定が発生するのか検討するため、分析実験において、計算機の作業履歴に加えビデオ撮影と聞き取り調査を行い収集した、研究室環境データにおける作業内容を以下の手順で分析した。

分析では、5分間のAS回数と拒否度の回帰直線を用いて作業履歴から拒否度を推定し、推定拒否度と実際の拒否度の値、および拒否度3(どちらでもない)に応じて、図7で示す4群に分類した。

分類の結果、4つの群に含まれた主なASは次のとおりであった。

- A群
 - ・ブラウザで調べた情報の記録
 - ・親アプリが別名で子アプリを起動(デバッグなど)
 - ・ファイルを探している途中での内容確認
 - ・操作ミス

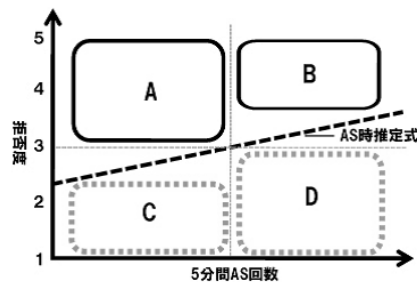


図7 分析のための分類群
Fig.7 Analysis categories.

- B群
 - ・ブラウザで調べた情報の記録
 - ・頻繁なコピー&ペースト
- C群
 - ・作業の区切り(開始, 終了)
 - ・単純作業, 集中力の低下
 - ・娯楽のための操作(音楽プレイヤーなど)
- D群
 - ・ウィンドウ数の多いアプリの利用
 - ・コピー&ペースト
 - ・忙しい作業が終わりのとき
 - ・集中力が低下しているが作業中

AS時の推定結果で多数観察された過小推定は、図7のA・B群に相当する。ファイルマネージャで目的ファイルを探しているときに、内容確認のためにワードプロセッサを起動し終了する場合など、ユーザの意識のうえでは一連の作業の一部としてASが発生する場合が存在することが分かった。つまり、過小推定となった原因の1つとして、ASの中にもユーザの意識のうえではNASである場合があると推察される。ほかにも、開発時のデバッグなど、アプリケーションによっては目的作業を実行すると異なる名称でウィンドウを生成するため、それがASとして検出される場合や、単純な操作ミスなどが観察された。

過大推定となるC・D群では、作業の終了時や新規作業の開始時におけるASは、作業の切れ目効果がより高いこと、また、音楽プレイヤーなど娯楽に関する操作や、同一作業を長く行い集中力が低下しているとき、ASが頻繁に発生した作業が終わった直後なども、実際の拒否度がより低くなっていた。さらに、マルチウィンドウアプリケーションを使用した際の複数ウィンドウ間の移動が、見かけ上、頻繁なAS発生と判定されるケースもあった。

上記のようなケースは、アクティブウィンドウの変化のみによるAS判定方法を改良することで対応が可能と考えられる。たとえば、変化1秒後のAS判定による操作ミスの除外や、ファイルマネージャを経由したアプリケーションの切替わりや、逆に経由しない新規アプリケーションの起動をAS判定の対象としないことで、意識上のNASを識別する方法が考えられる。一方で、アプリケーション終了時に発生する終了信号とアクティブウィンドウ変化の共起による作業完了認識や、新規アプリケーションの起動と変化の共起による新規作業認識なども考えられる。以上のように、AS判定方法を検討することで、より精度の高い

割り込み拒否度推定が可能になるものと期待される。また、AS 頻度に加え、AS 前操作量の変化パターンや発生タイミングと AS 時の割り込み拒否度の関係のさらなる分析も、推定精度向上につながる可能性が考えられる。

他方、NAS 時推定では、実際の値よりも高く推定する過大推定が多く行われていた。AS 推定分析と同様に作業内容の分析を行った結果、被験者が作業に集中しておらず、漫然と操作している場合に過大推定が起きていることが分かった。作業に対する集中度を直接計測することは困難であるが、同一作業の継続時間と操作量の関係や操作量の時間変化などを分析するなど、集中度や作業の密度を考慮した推定精度の改善法が考えられる。

今回の分析では、20 代学生を対象として作業履歴の収集を行ったが、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。職場環境にもよるが、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 の使われ方に大きな違いはないと考えられるため、AS 時の割り込みが作業継続時に比べ拒否度が低い傾向は、職場環境を対象とした場合でも同様と考えられるが、社会人を対象とした作業履歴収集と分析が今後の課題としてあげられる。職場環境においては、業務上の会話（電話）が多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。職場環境での作業履歴収集においては、会話の有無も対象とし、分析していく必要があると考えられる。

また、作業履歴に基づくユーザの内的状態の推定は、必ず推定誤差をとまなう。そのため、推定誤差が存在する場合にも、割り込みによるユーザの知的活動の妨害をできるだけ低減するインタフェースデザインも、より良い情報提示を実現するうえでの検討課題である。

5.3 推定結果の利用

5.3.1 情報提示制御への応用

本研究で得られた知見の応用例として、まず、メールの着信や会話ウィンドウのポップアップなどの各種システムの情報提示制御への利用が考えられる。特に、メールなどの着信情報の提示制御に利用する場合には、ユーザの割り込み拒否度の推定に加えて、着信情報の重要度判定が必要である。たとえば、メールの件名や送信者から情報の重要度を判断し提示タイミングや提示方法を制御することで、よりユーザの知的活動を阻害しないシステムが実現されるものと期待される。

また、Web を利用して、ユーザにとって有益な情報を検索・推薦する情報推薦システムの開発がさかんに行われている¹⁾。協調フィルタリングやコンテンツ分析による推薦など、他ユーザの趣向や学習結果を反映したこれらの推薦システムは、増加し続ける Web 上の情

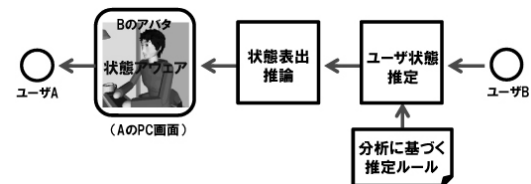


図 8 拒否度推定に基づくながらコミュニケーションシステム
Fig. 8 Nagara-Communication System based on uninterruptibility estimation.

報を効率良く手に入れるには有用であるが、推薦データの提示方法についてはあまり言及されていない。どのような有益な情報であっても、提示タイミングや提示方法を誤れば、かえってユーザに不利益なシステムとなる恐れがある。本研究の知見を利用した提示タイミング制御によって、ユーザが真に必要なときに情報を伝える、人間と共生する情報システムの実現が期待される。

5.3.2 コミュニケーション支援への応用

一般的なインスタントメッセージングツールを用いたコミュニケーション形態の特徴として、「作業をしながらコミュニケーションもとる」という点があげられる。このような作業と会話が行われる状況では、会話相手が作業で忙しいときに話しかけて、意図せずに作業を妨害する可能性が生じる。

そこで、たとえば、図 8 のように各クライアントが作業履歴から推定した割り込み拒否度をサーバを介して互いに送信し、会話相手の割り込み拒否度を、視線⁸⁾や顔の向き、アバタの姿勢や動作によってアンビエントに表示することで、会話開始タイミングの取得を支援し、意図しない作業妨害を回避する、より円滑なコミュニケーション・コラボレーション支援が実現できるものと期待される⁹⁾。

6. おわりに

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に着目した割り込み制御法を提案し、ユーザの PC 作業履歴の収集・分析を行った。分析により、アプリケーションスイッチ時の割り込みは継続時に比べ拒否度が有意に低いこと、アプリケーションスイッチ頻度が低いほど拒否度が低くなる傾向があること、過去 5 分間のアクティビティ積算値と拒否度に弱い相関が見られること、が示された。また、実験により、ユーザの割り込み拒否度推定の実現に向けて、これらの知見の利用可能性を示し

た。今後の課題は、より精度の高い割込み拒否度の推定に向けた AS 判定方法の改善と、推定拒否度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、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

- 1) 寺野隆雄：Web ダイナミクス—膨大で動的な Web 情報の知的処理に向けて：2.Web 上の情報推薦システム，情報処理学会誌，Vol.44, No.7, pp.696-701 (2003).
- 2) 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).
- 3) 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).
- 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) 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).
- 6) Hudson, S.E., Fogarty, J., Atkeson, C.G., Avrahami, D., Forlizzi, J. and Kiesler, S.: Predicting Human Interruptibility with Sensors: A Wizard of Oz Feasibility Study, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.257-264 (2003).
- 7) 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).
- 8) Vertegaal, R.: The GAZE Groupware System: Mediating Joint Attention in Multiparty Communication and Collaboration, *Proc. CHI 99*, pp.15-20 (1999).
- 9) 田中貴紘，藤田欣也：オンラインながらコミュニケーションにおけるアバタを介した会話パートナーのコンテキストアウェア，HAI シンポジウム 2007 (2007).

(平成 20 年 4 月 1 日受付)

(平成 20 年 10 月 7 日採録)



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，オンラインコミュニケーションに興味を持つ。人工知能学会会員。



松村 京平

2008 年東京農工大学情報コミュニケーション工学科卒業。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 (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。