

利用アプリケーション切り替えに着目した ユーザの割り込み拒否度推定

Study of User Uninterruptibility Estimation based on focused Application-Switching

田中 貴紘^{*1} 松村 京平^{*1} 藤田 欣也^{*1}
Takahiro Tanaka Kyohei Matsumura Kinya Fujita

^{*1}東京農工大学大学院

Graduate School, Tokyo University of Agriculture and Technology

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きている。一方で、エージェントからの情報提示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。

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 (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。

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のが、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。

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。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、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。

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。

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。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。

2.2 ASに着目した提示情報制御の可能性

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て、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

連絡先: 田中貴紘, 東京農工大学大学院 工学府情報工学専攻,
小金井市中町 2-24-16, takat@cc.tuat.ac.jp

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 時と作業継続 (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。t 検定の結果、AS 時の割り込み拒否度は有意に低く ($p < 0.01$)、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 (打鍵数、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、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を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。

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

3. AS 時割り込み拒否度推定法の検討

3.1 検討用作業履歴の収集

先行研究 [田中 09a] と同様の手法にて、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・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。実験用システムの構成を図 1 に示す。被験者は情報工学会の 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。

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。

3.2 分析に基づく AS 時特徴の抽出

3.2.1 作業履歴の分析方針

本研究では、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、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: AS 発生時に、作業の開始や終了を

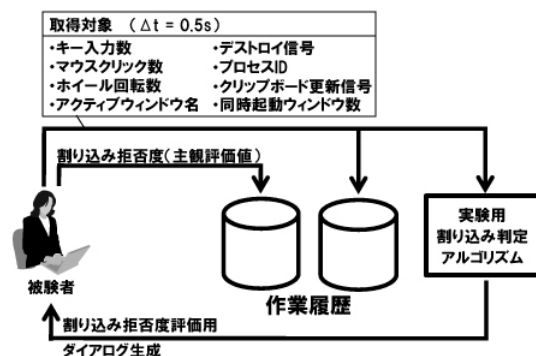


図 1: 実験システムの構成

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 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: 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。

3.2.2 抽出した AS 時特徴の概要

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き、本研究では 19 個の特徴を選定した。全特徴の概要を表 2 に示す。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。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、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。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余り相関が見られず、特徴の有無の結果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。

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一方で、同じ特徴が逆の影響を与える状況も存在することが確認された。特に、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、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。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

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影響を与えるため、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。

4.1 推定法の提案

AS 時割り込み拒否度推定式 $F(x)$ を (1) 式に示す。任意の ASx における推定値は、ウィンドウ増加時は $f_{inc}(x)$ 、減少時

表 2: AS 時特徴の概要

状況	拒否度 の変化	特徴			
		ID	特徴名	方針	
増加時	高く	A	ウィンドウ増加	(1)	
		C	ウィンドウ増加傾向	(1)	
		G	親子遷移	(2)	
		I	2分以内の再使用	(2)	
		O	継続 15 秒間	(3)	
		P	AS 前キー操作	(3)	
		R	2 分間操作率	(3)	
		S	2 分間操作種類	(3)	
		低く	K	シェルから遷移	(2)
			N	継続 2 分間	(3)
減少時	高く	R	2 分間操作率	(3)	
	低く	B	ウィンドウ減少	(1)	
		D	ウィンドウ減少傾向	(1)	
		E	デストロイ信号	(1)	
		H	子親遷移	(2)	
		J	シェルへ遷移	(2)	
		N	継続 2 分間	(3)	
		S	2 分間操作種類	(3)	
無変化時	高く	F	クリップボード更新	(2)	
		I	2分以内の再使用	(2)	
		L	2分以内シェルへ再遷移	(2)	
		M	2分以内シェルから再遷移	(2)	
		P	AS 前キー操作	(3)	
		Q	AS 前マウス操作	(3)	
		R	2 分間操作率	(3)	
		S	2 分間操作種類	(3)	
		低く	N	継続 2 分間	(3)

は $f_{dec}(x)$, 無変化時は $f_{neu}(x)$ を用いて算出される. 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 2 にて示した A ~ S の特徴 ID を用いて表記する. ウィンドウ増加時の推定式 $f_{inc}(x)$ を (2) 式, ウィンドウ減少時の推定式 $f_{dec}(x)$ を (3) 式, ウィンドウ数無変化時の推定式 $f_{neu}(x)$ を (4) 式にそれぞれ示す. また, 実験的に係数 a, b, c を求め, 本研究では $a = 2, b = 2, c = 2$ とした.

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

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

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

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

4.2 推定法の適用

前節で提案した推定法を, 特徴抽出で用い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. これは, 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. よって, 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. 推定結果を表 3 に示す.

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

表 3: 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	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

検討データの推定では, 3 段階の平均推定値は適合率で 50 % となり, 高精度で識別出来ていたとは言えない結果であった. しかし, 低・高拒否度の識別は, それぞれ 6 割近い精度を実現し, また, 推定誤差が 1 以内となる確率が 94 % と高く, 低い拒否度を高く推定する危険な推定を回避できている. 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. 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.

5. 検証実験

5.1 検証用作業履歴の収集

本実験では, 3 節と同様の方法で評価対象とする作業履歴を収集し, 本手法を適用・評価した. 収集する作業内容の偏りを軽減するため, 収集対象とする作業を, 作業に要する物理的作業量と知的作業量の二軸で 4 種に分類し, 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. 被験者 11 名で, 合計 50 時間分の作業履歴を収集した. 検証データの概要を 4 に示す. NAS 時の平均拒否度が 3.3 に対し AS 時は 3.1 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.

表 4: 検証データにおける AS・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

検証データにおける推定結果を5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1027個とした。検証データにおいて、低拒否度の適合率は54%、高拒否度で54%、平均で44%となった。誤差1以下の精度は、低拒否度で88%に対し、高拒否度は79%となった。実験の結果、低拒否度と高拒否度の判定精度は同程度となり、6割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。

表 5: 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	61	135	0.54	0.30	0.79
	中	193	159	294	0.25	0.60	1.00
	低	70	44	16	0.54	0.22	0.88

5.3 考察

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、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。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、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。

また、今回の分析では、一般的なPC作業を対象とした作業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、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] の検討も進めている。

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。

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であるASに着目し、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、より精度の高い推定法への拡張と、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 [田中 09b] 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知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

- [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: 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 Interruptibility 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).
- [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).
- [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).