

## 作業中のユーザの割り込み拒否度推定に向けて

## User Interruptibility Estimation during Work

田中 貴紘\*<sup>1</sup>    青木 和昭\*<sup>1</sup>    藤田 欣也\*<sup>1</sup>  
 Takahiro Tanaka    Kazuaki Aoki    Kinya Fujita

\*<sup>1</sup>東京農工大学大学院

Graduated school, Tokyo University of Agriculture and Technology

In recent years, the opportunity of interruption from information systems for displaying information is increasing. However, it was pointed out that the interruption which doesn't appropriately reflect the worker's condition decreases the intellectual productivity of worker. In this paper, we present the study of user interruptibility estimation during work focused on Application-Switching for developing a symbiotic information system.

## 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り、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が行われている。さらには、ロボットやエージェントの研究・開発も盛んに行われており、将来的には職場など、人とロボットが実空間を共有して作業を行う可能性も考えられる。一方で、情報システムからの通知や遠隔の他ユーザからの話し掛けなど、ユーザがシステムから情報提示に伴う割り込みを受ける機会も増えてきている。しかし、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い。一般的に、タスク切り替え時には記憶の中断・再開に関するコスト (Resumption lag: RL) が発生する [Altman 02] ため、ユーザの状態を反映しない割り込みは、ユーザの作業や思考を断片化し、知的生産性を低下させることが指摘されている [Mark 08]。

一般事務を業務とするオフィスや研究開発現場を観察すると、窓口業務等を除き、PC を使用した個人作業が中核を成している。作業によってその度合は異なるが、図 1 に示すように、集中状態とリラックス状態を遷移しながら遂行されると推測される。このような状況下で、必要に応じて質問や相談などのコミュニケーションが発生する様子が見受けられる。よって、オフィスでは、個人作業と、間欠的に発生する疎な共同作業との遷移を繰り返している。そのため、個人作業から疎な共同作業に遷移する割り込みは、集中度の高い状態よりも、よりアイドリングに近い状態の方が望ましいことは容易に想像できる。

著者らは、これまで、PC 作業時を推定対象として、利用アプリケーションの切り替え (Application-Switching: AS) 情報を作業の切り替わりと見なし、ユーザの割り込み拒否度 (割り込みを受け入れられない主観的な度合) と AS との関連を実験的に検討してきた。また、AS 発生時の PC 作業履歴の分析を行い、拒否度に影響を与える指標を抽出し、これを組み合わせた PC 作業時割り込み拒否度推定法の提案 [田中 12a] や、割り込みを調停する秘書エージェントの開発を行ってきた [田中 12b]。本論文では、作業中のユーザの空気を読む、人に優しい情報システム実現に向けた著者らの取り組みについて述べる。

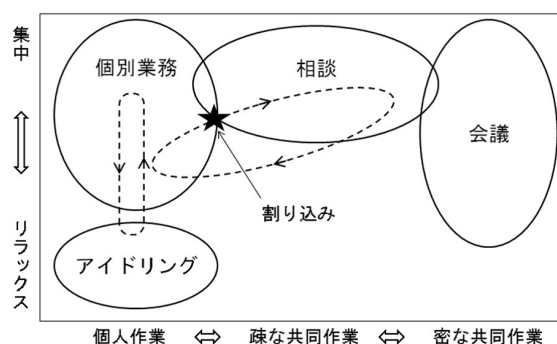


図 1: オフィスのワークモデル

## 2. 割り込みにより生じる認知的負荷

## 2.1 関連研究

近年、マルチタスクと作業中の割り込みによる認知的負荷に関する研究が、HCI 分野や認知科学分野において行われている。作業遂行に伴うタスク切り替え時には、前作業に関するワーキングメモリ等の保存と後作業に関するそれらの読み込みや生成に関する認知的負荷が発生する。そのため、切り替えから作業開始までの間にタイムラグ (Resumption Lag) が発生することが明らかにされている [Altman 02]。また、RL は数秒から十秒程度の長さがあることが実験的に確認されており、遷移前後のタスク間の関係や性質により変化することが報告されている [Monk 04, Salvucci 10]。例えば、遷移前後のタスク間に作業内容等の共通性が存在する場合には、記憶の共有等の効果により RL が短くなることが報告されている。言い換えれば、あるタスクを遂行中に、現タスクと無関係のタスクが割り込んだ場合には、急な記憶の保存と生成により RL が長くなる。そのため、作業者の状態や作業内容を考慮しない割り込みは、長い RL を発生させ、作業効率の低下や作業者の疲労・ストレスの原因となることが指摘されている [Mark 08]。

一方、作業の切れ目であるブレイクポイントと RL に関する研究も行われている。前後の作業間の関係性が低いブレイクポイントにおいては、同一作業継続時に割り込む場合と比較して、割り込みによる記憶等の保存の必要性が低い (切れ目の時点で既に完了、または不必要) ため、割り込みによる認知的負荷である RL が短くなることが実験的に確認されて

いる [Borst 10]。例えば、ファイルセーブ等の作業終了時やメニュー選択後は割り込みに適しており、逆に、キー操作やマウス操作の発生中は不適切と指摘されている [Iqbal 06]。よって、ブレイクポイントでは、作業の種類に依らず、割り込みによる認知的負荷が低くなると期待されることから、情報システムによる割り込みタイミングの制御方法として、ブレイクポイントのリアルタイム検出が有効と考えられる。

## 2.2 作業の切れ目としてのアプリケーション切り替え

著者らは、PC 作業中のアプリケーション切り替え (AS) タイミングに着目し、AS 時が作業の切れ目と見做せるか検証を行ってきた。通常、AS の発生タイミングは作業自身の合理的判断により決定されている (Self- Interruption [Jin 09])。よって、自発的な AS の前後ではワーキングメモリ等の保存・復帰がスムーズに行われている可能性が高く、同一作業継続時 (NAS) と比較して、割り込みの影響が低く (RL が短く) となると推測され、実環境下におけるブレイクポイントの代替となると期待された。

そこで、大学生・大学院生 11 名を被験者とし、図 2 で示すような PC 作業中の割り込み実験を行った。収集した約 50 時間分の作業履歴を対象に、割り込まれた AS と割り込まれていない AS の RL の比較分析、および、AS 時割り込み後と NAS 時割り込み後の RL の比較分析を行った (図 3)。RL の算出は先行研究に倣い、AS 発生以降に最初にアクティビティが検出されるまでの時間 (秒) とした。

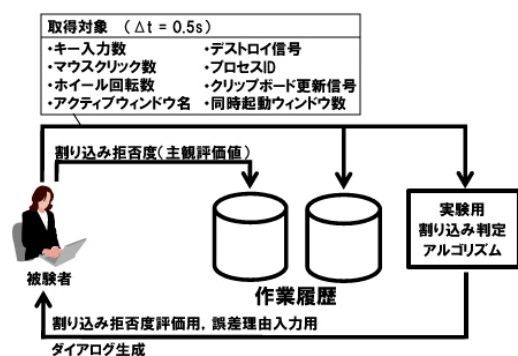
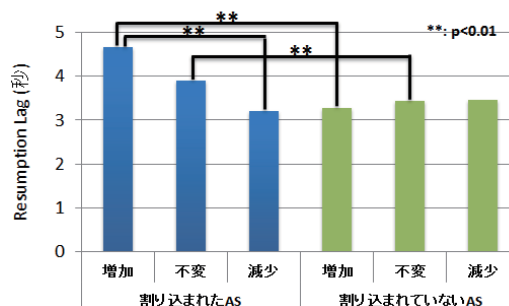


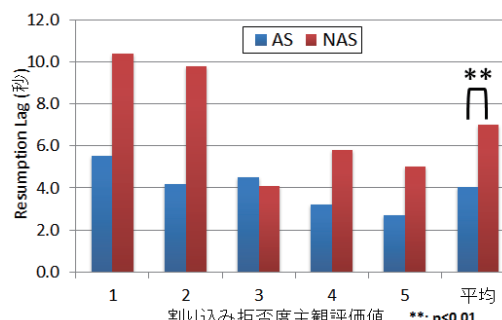
図 2: 作業中の割り込み実験

分析の結果、図 3-a に示す通り、同じ AS であっても割り込みの影響により RL が有意に長くなることが確認され、割り込みによる認知的負荷の増加が確認された。さらに、図 3-b に示す通り、AS 時割り込みによる RL は NAS 時と比較して有意に短くなることを確認された。一方、高拒否度になるほど RL が短くなる傾向が確認され、人の主観的な「割り込まれたくない度合 (割り込み拒否度)」に影響を与える要因として、従来研究が指摘するワーキングメモリ等の保存・復帰に関する認知的負荷だけでなく、作業者の作業に対する集中度合や作業継続の意欲といった作業遂行態度も、拒否度に影響を与える要因であることが推測された (例: 集中時の割り込みは、低コストタイミングであっても嫌。低集中時の割り込みは、高コストタイミングであっても受け入れられる)。また、この結果は、業務従事者を対象として収集した約 900 時間のデータに対しても同様の傾向が見られた。以上により PC 作業中の AS が実環境下におけるブレイクポイントの代替となる可能性が確認された。一方で、AS であっても割り込みに適した AS と適さない

AS が混在することから、システムの情報提示制御に利用するためには、より適した AS の識別の必要性が示唆された。



(a) 割り込みによる RL の変化の分析 (AS 前後のウィンドウ数変化毎の比較)



(b) 割り込みタイミングと RL の分析

図 3: 割り込みタイミングと RL への影響の分析

## 3. PC 作業時のユーザの割り込み拒否度推定

これまで、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 [水口 04]。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、室内の会話や来客等のイベントを検知する研究も行われている [Fogarty 07]。ユーザの作業が外部から観察可能な PC 操作量等を伴う場合には、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一つの検討課題として挙げられる。一方、作業中のブレイクポイントは割り込みに適したタイミングであることが示唆されており、情報システムの情報提示制御方法として、計算機によるブレイクポイントのリアルタイム検出が考えられる。先行研究 [Iqbal 06] では、事前のタスク構造分析に基づきブレイクポイントを決定しているが、実環境では、ユーザの使用アプリケーションの種類や用途、作業内容は様々であるため、事前に PC 上の全タスク構造を分析することや、全アプリケーションの使用時の細かな操作状況を取得することは、現実的に困難である。

前節で述べた通り、PC 作業中のアプリケーション切り替え (AS) タイミングは、実環境下におけるブレイクポイントの代替となる可能性が高く、かつ、検出が容易であり、作業内容に依らず発生する。一方で、AS は Self-Interruption であり、作業の開始や終了だけでなく、複数アプリケーションに跨る作業時など、発生には複数の理由が存在する [Jin 09]。PC 作業中

に観測される AS は、これら複数の種類が混在していると考えられるため、より割り込みに適切な AS を推定する方法が必要である。そこで、AS 発生時の PC 作業履歴を統計的に分析することで、PC 操作量を含む 19 種の特徴を選定し、特徴数に基づく 3 段階の AS 時割り込み拒否度推定法を提案した。さらに、情報提示機会の増加を目的として、AS 時推定法を NAS 時まで拡張した、PC 作業時割り込み拒否度推定法を提案した [田中 12a]。図 4 に、提案手法を研究室環境にて大学生 11 名に適用した場合の推定結果と、オフィス環境にて研究開発職、事務職、管理職を含むオフィスワーカー 13 人に適用した結果を示す。いずれの場合も、拒否度が高い状態を低く推定する「高リスクな誤推定」が低減されている様子が確認できる。すなわち、センサを用いない PC 作業情報のみに基づく方法でも、一般的な PC 作業全般において、割り込み拒否度のある程度の精度で推定可能と言える。

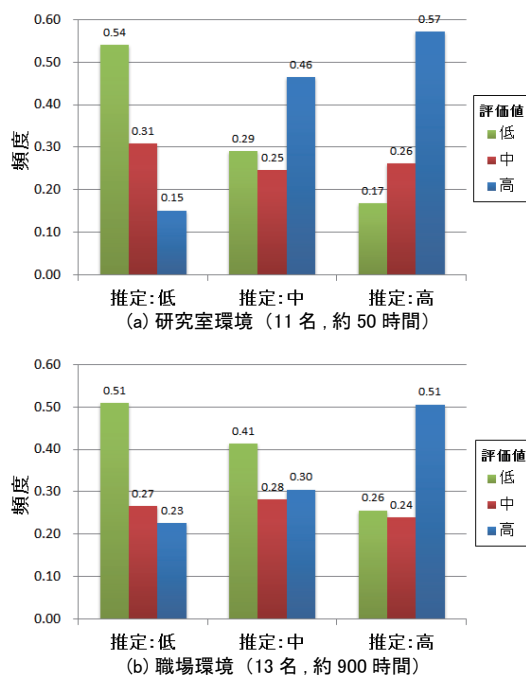


図 4: 割り込み拒否度の推定結果

#### 4. 頭部運動を利用した拒否度推定法の拡張

前節で述べた通り、より人の主観に近い「割り込み拒否度」を推定するためには、認知的負荷に関する指標だけでなく、作業者の作業遂行態度に関する指標も考慮する必要があることが示唆された。著者らの提案手法は、現時点で 23 種類の PC 操作に関する推定指標を用いているが、これらを認知的負荷と作業遂行態度の 2 群に再分類したところ、前者が 18 種、後者が 5 種と偏りがあることが分かった。よって、推定精度向上のためには、作業遂行態度を反映する新たな指標の検討が必要と考えられる。また、提案手法は PC 操作履歴に基づいているが、オフィスワークにおいては紙資料を用いるペーパーワークも発生する。特に、紙資料を併用するような PC 作業（混合作業）において、紙資料を利用している間は PC 操作は発生しないため、ユーザの作業量は実際よりも少なく見積もられ、拒否度を低く誤推定することが指摘されている。

そこで著者らは、作業中のユーザの頭部運動履歴を併用し

た、PC 作業時割り込み拒否度推定法の拡張を検討している。まず、Web カメラ等により作業中のユーザを撮影し、顔検出を用いて頭部座標と回転角度を取得するシステムを構築した (図 5)。次に、本システムを用いて割り込み実験を行い、前傾姿勢、頭部後退運動、頭部上方回転時と拒否度との相関を確認した。分析によって得られた指標を、提案手法を構成する 2 推定式の内、特に混合作業の影響を受け易い、同一作業継続 (NAS) 時推定式に適用し拡張したところ、PC 作業時と混合作業時の両条件で推定精度が向上することを確認した (図 6)。今後、頭部運動指標を AS 時推定式へも適用することで、提案手法の精度向上と推定対象拡大に繋がると期待される。



図 5: 頭部運動履歴を併用した推定システム

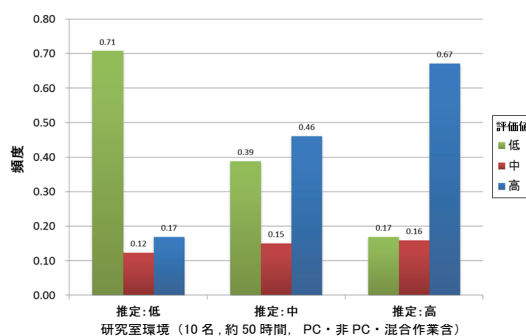


図 6: 頭部運動指標併用による推定結果

#### 5. 秘書エージェントによる割り込み調停

ユーザの忙しさを推定し、これを用いてユーザ間のコミュニケーション支援を試みる従来研究の多くは、ユーザ同士が推定値を公開し合い、割り込む側が相手の推定値に応じて割り込む手段を選択するシステムを提案している [David 11]。しかし、このようなシステムでは、割り込む側にタイミングや手段の選択権があり、割り込まれる側は推定値を公開していても、必ずしも自身の状況に配慮されるとは限らない。さらに、作業中の忙しさはプライバシー情報とも捉えられており、公開の是非や社会的関係による公開制限の必要性なども議論されている。割り込む側も、適したタイミングや手段がその都度判断する必要があるため、相手に配慮しようとするほど認知的負荷が高く、また、配慮したにも関わらず、誤推定による不快感を与える怖れがある。

そこで、著者らは、ユーザのPC上に常駐する秘書エージェントが、外部からの会話要求や情報提示要求を一括して保留し、それら要求をユーザに適したタイミングでアンビエントにアピールすることで、割り込む側と割り込まれる側を逆転する、「調停によるインタラクション開始」を提案している [田中 12b] (図7)。割り込む側は、対象ユーザの状態を気にせず、割り込み要求のみを送信しておけば相手からの返答を得ることができ、また、割り込まれる側は、作業の切れ目等にタイミングを合わせたアピールに自然と気付くことができ、円滑なインタラクション開始が可能となる。

秘書エージェントの評価のため、タイミング制御(ランダム/低拒否度推定時)と提示制御(ダイアログ/アピール)の2要因4条件下にて割り込み実験を行った結果を図8に示す。推定とアピールを組み合わせた場合に最も評価が高く、同一の推定法を使用しているにも関わらず、体感の適合率が大きく向上することが確認された。さらに、被験者の割り込みによる作業効率の低下を抑えることも確認された。状態推定とそれに適した提示法を組み合わせることで、推定誤差にロバストな情報提示制御実現が示唆された。

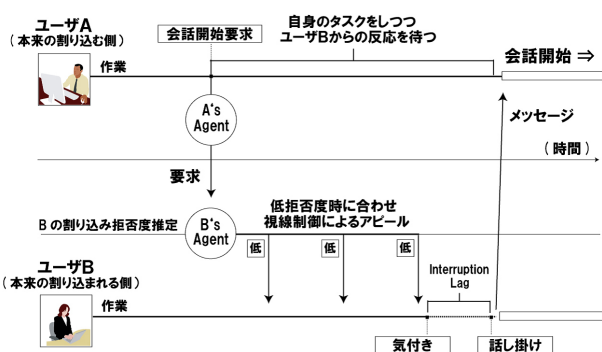


図7: 調停によるインタラクション開始

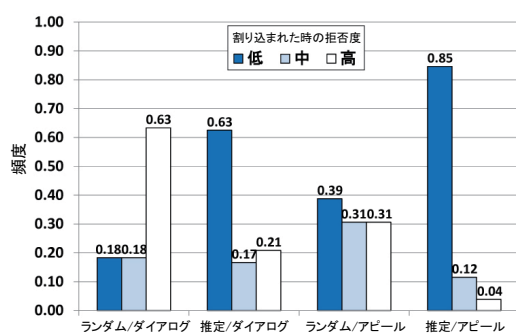


図8: 秘書エージェントによる割り込み実験

## 6. おわりに

本研究では、人に優しい情報システムの実現に向け、PC作業中のアプリケーション切り替えタイミングに着目した、作業中のユーザの割り込み拒否度推定とその応用に関する取り組みについて述べた。今後の課題は、頭部運動によるAS時推定法の拡張、および、拒否度推定への音声検出による社会的インタラクション有無の反映が挙げられる。

## 謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金、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。また、データ収集に協力いただいたOKIの関係各位に感謝する。

## 参考文献

- [Altman 02] Altman, E. M., and Trafton, J. G., Memory for goals: An activation-based model, *Cognitive Science*, 26, pp.39-83, 2002.
- [Mark 08] Mark, G., Gudith, D., and Klocke, U., The cost of interrupted work: more speed and stress, *Proc.CHI2008*, pp.107-110, 2008.
- [田中 12a] 田中貴紘, 深澤伸一, 竹内晃一, 野中雅人, 藤田欣也, 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.314-322, 2012.
- [田中 12b] 田中貴紘, 藤田欣也, 割り込み拒否度推定に基づくアンビエント情報提示による円滑なインタラクション開始支援, *日本知能情報ファジィ学会論文誌*, Vol.24, No.5, 2012.
- [Monk 04] Monk, C. A., Boehm-Davis, D. A., and Trafton, J. G., Recovering from interruptions: Implications for driver distraction research, *Human Factors*, 46, pp.650-663, 2004.
- [Salvucci 10] Salvucci, D. D., On reconstruction of task context after interruption, *Proc.CHI2010*, pp.89-92, 2010.
- [Borst 10] Borst, J. P., Taatgen, N. A., and Van Rijn, H., The problem state: A cognitive bottleneck in multi-tasking, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 36, 2, pp.363-382, 2010.
- [Iqbal 06] Iqbal, S. T., and Bailey, B. P., Leveraging Characteristics of task structure to predict costs of interruption, *Proc. CHI2006*, pp.741-750, 2006.
- [Jin 09] Jin, J., and Dabbish, L. A., Self-interruption on the computer: A typology of discretionary task interleaving, *Proc.CHI2009*, pp.1799-1808, 2009.
- [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.
- [Fogarty 07] Fogarty, J., and Hudson, S. E., Toolkit support for developing and deploying sensor-based statistical models of human situations, *Proc. CHI2007*, pp.135-144, 2007.
- [David 11] David, J., Ramos, H., Volda, S., Mark, G., A design space analysis of availability-sharing systems, *Proc. of UIST '11*, pp.85-95, 2011.