

平成30年6月6日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26280071

研究課題名(和文) 作業状況の予測に基づく知的活動を阻害しない割り込み調停

研究課題名(英文) Non-disruptive Interruption Management Based on Predicted Interruptibility

研究代表者

藤田 欣也 (Fujita, Kinya)

東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：30209051

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 8,200,000円

研究成果の概要(和文)：メールや電話による作業阻害を回避し適切なタイミングで通知するシステムの実現を目標に、使用アプリケーション種やキーとマウスの操作時間比率などによって持続確率が変動する作業持続モデルを提案した。さらに、日常業務中のデータに対して予測を行い、割り込み非許容時間の統計的なばらつきを再現できる可能性を示した。

さらに、スマートフォンの利用や移動を検出することによる割り込み拒否度推定精度の改善可能性を実験的に示すとともに、割込拒否度の遠隔共有システムを運用し、1時間に1回程度、おもに自らの作業の切れ目で閲覧することや、自らの作業の振り返りなどの利用行動を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Aiming to avoid disruptions caused by e-mail notifications or phone calls and to provide notifications at appropriate times, this study examined the feasibility to predict the duration of uninterruptible state of PC users based on the PC operation information. We proposed a probabilistic work-continuance model whose probability varies depending on the used-application software, activity ratio between keystrokes and mouse clicks, and others. The experimental evaluation demonstrated the feasibility of prediction of uninterruptible durations.

In addition, we demonstrated the feasibility to improve the accuracy of interruptibility estimation by using smartphone information. We also analyzed the observation on remotely shared interruptibility among team members using eye-tracking systems. It revealed that they observed about once an hour and frequently looked at themselves presumably for self-reflection.

研究分野：ヒューマンインタフェース・バーチャルリアリティ

キーワード：ヒューマンインタフェース 割り込み 予測 電子メール 知的生産性

1. 研究開始当初の背景

情報システムのユビキタス化に伴う情報提示機会の増大は、思考の断片化を生じて深刻な作業効率低下要因となることが指摘されており、知的活動状況に応じた割り込みタイミングの適正化が求められている。そこで、遠隔共同作業における適切なタイミングでのコミュニケーション開始の支援を目的に、ユーザ状況の遠隔共有の研究がなされてきた。しかし、それらは作業者の現在や過去の値を伝達するものであるため、相手が現在割り込みに不適であることの認知は可能になるが、いつ割り込みに適切な状況になるのかの予測は不可能であった。また、状況の遠隔共有による手法は、電子メールの様なシステムによる割り込みには適用できないという課題を有する。

すなわち、作業者の知的活動状況を予測し、適切なタイミングでの情報通知やコミュニケーションを実現する機能は未だ実現されておらず、情報提示機会が指数関数的に増大する情報爆発時代に対応した、知的活動を阻害しない情報環境の実現が求められていた。

2. 研究の目的

本研究課題は、研究開発やオフィス業務中のメールや電話の着信、不意の訪問などによる思考の断片化によって生じる作業効率の低下の軽減に向けて、計算機操作や作業態度などの情報をもとに作業者の状況変化を確率的に予測する技術を確立するとともに、作業状況に応じて電子メール着信通知などを一時的に保留することで知的活動の阻害を自動的に回避する機能を実現すること、さらに、作業者の行動や作業効率におよぼす影響を実験的に検証することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) PC 作業者の作業持続時間の予測

オフィスにおける PC 作業者が割り込みを許容できない状態の持続時間（高拒否度状態の持続時間）の予測を目的に、申請者らが開発した PC 操作情報に基づいて割込拒否度を推定するシステムを用いて、20 代の学生 2 名と教員 2 名の計 4 名を対象に、各 3 ヶ月計約 1500 時間分のデータを収集した。得られたデータから割り込み非許容状態が 3 分以上継続したものを抽出したところ、1654 個の作業が抽出され、平均割り込み非許容時間は 813 秒であった。

そこで、抽出された作業の持続時間と、作業中の作業特徴量との関連性を分析した。その結果、使用アプリケーションの種類、キーとマウスの操作時間比、PC 操作の検出時間率、ならびにアプリケーション切り替え頻度と持続時間の関連性が示唆された。

この結果を受けて、図 1 に示のように、それぞれの要因によって作業持続確率が変動する作業持続モデルを提案した。モデルは、大規模システムにおける部品の非故障率と同

様に、時間あたりの作業持続確率が各種要因によって決定され、時間経過とともに累積作業持続確率が漸減するモデルとなっている。特徴量の値ごとの持続確率の値は、累積持続確率が 50% になるまでの時間を作業持続時間とみなすことによって、実際に検出された持続時間に基づいて決定した。

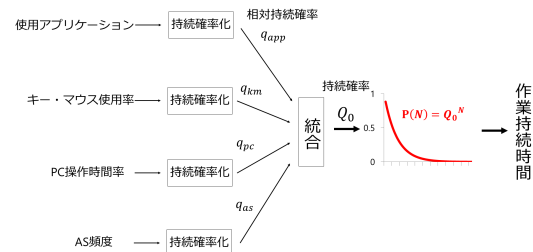


図 1 複数の要因からなる確率的作業持続モデル

(2) スマートフォンを併用した PC 作業者の割込拒否度推定

PC の操作情報に加えて、スマートフォンの操作情報やセンサ出力を利用することで作業者の作業遷移を検出し、割込拒否度の推定精度が改善される可能性を検討した。実験では、加速度センサ情報に基づいて移動発生を検出するとともにスマートフォン利用の利用開始と終了を検出し、移動時や移動終了時に通知を発生させるプログラムを開発し、実験参加者のスマートフォンにインストールして日常的に使用させ、通知時の拒否度を回答させる実験を行った。また、同時に、PC 操作指標に基づく割込拒否度推定システムを実験参加者の PC にインストールして記録を行った。実験参加者は 20 代の学生 6 名とした。

得られた割り込み拒否度評価値は合計 732 個で、そのうち、通知前 1 分以内に PC 操作が記録されていたデータは 329 個であった。そこで、このデータを対象に、各種特徴量と割込拒否度の関係を分析し、PC 操作指標に基づく割込拒否度推定の精度改善の可能性を検討した。

(3) 電子メール配信の自動調停

不適切なタイミングでの着信通知の回避を目的に、これまでに開発してきたリアルタイム割込拒否度推定システムを用いて、作業者の割込拒否度が低下するまで着信通知を遅延させるシステムを開発した。さらに、日常業務場面において実運用し、その効果を検証した。開発した電子メール配信自動調停システムの構成を図 2 に示す。

システムは、サーバとメールクライアントの間でプロキシサーバとして動作し、メール着信を検出すると作業者の割込拒否度を繰り返し推定する。ここで、割込拒否度が通知条件を満たすまでは、サーバからの応答を遅

延させ、さらに、新着メールなしと改変した応答を返すことで、割込拒否度の低下を待つ。そうして、割込拒否度が低下したタイミングで新着メールありの応答を返すことで、メール着信タイミングを制御する。

このシステムを実装し、大学教員6名と学生2名が日常業務中に利用することで、メール配信自動調停の効果を実験的に検討した。

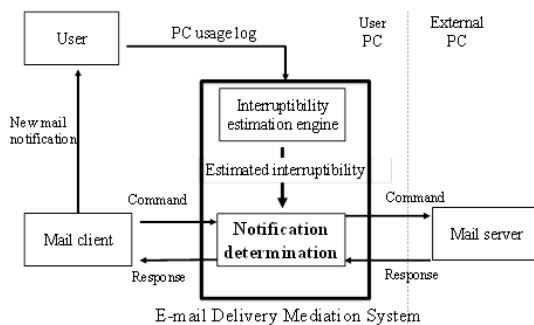
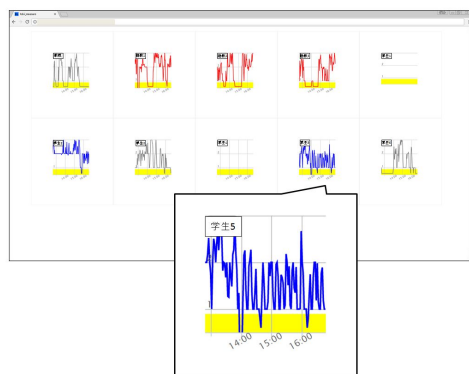


図2 割込拒否度推定値にもとづくメール配信自動調停システム

(4) 割込拒否度観察行動の分析

推定された割り込み拒否度を可視化して組織内で共有することによって、不適切なタイミングでの割り込みを回避するシステムを開発した。さらに、このシステムを複数の居室で構成される大学研究室内で継続的に運用し、構成員の観察行動を分析した。構成員は教員4名と学生6名であった。図3(a)に表示画面の例を、(b)に実験システムを示す。



(a)



(b)

図3 割込拒否度の遠隔共有システムと観察行動分析のためのセットアップ

割込拒否度は構成員ごとに1分間平均値の過去4時間分がグラフ表示されており、画面は5分ごとに自動更新される。無拘束型の視線計測装置を用いて、構成員ごとの観察時間や回数を記録し分析した。

4. 研究成果

(1) PC作業者の作業持続時間の予測

得られたモデルを用いて、分析に用いたデータに対して作業持続時間を予測した結果のヒストグラムを図4に示す。

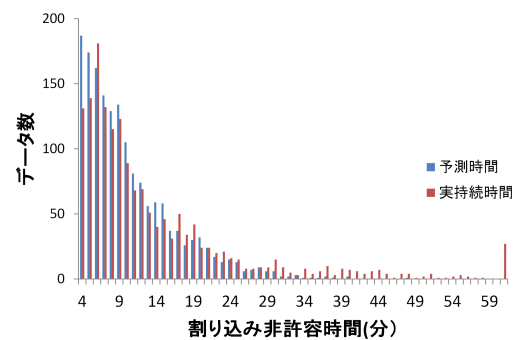


図4 作業持続時間の予測結果

実際の平均割り込み非許容時間の平均が569秒であったのに対して、予測非許容時間は501秒であり、グラフからも割り込み非許容時間の統計的なばらつきが再現されていることが確認できる。現在は、得られたモデルの他の作業者に対する一般性を検証するとともに、予測精度を高める可能性の検討を進めている。

(2) スマートフォンを併用したPC作業者の割込拒否度推定

実験によって得られた割込拒否度の平均値を図5に示す。PC作業を中断して移動した時や、移動して自席に戻りPC作業を再開した直後は、明らかに割込拒否度が低いことが読み取れる。一方で、スマートフォン利用時は、予想に反して、図中赤線で示したPC作業時の割り込み拒否度と同程度の割込拒否度を示した。

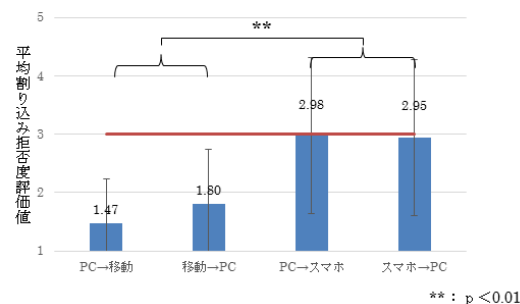


図5 スマートフォンによって検出された作業遷移時の割込拒否度

そこで、スマートフォン利用時のデータを、外部からの通知によって利用開始したもの

と、自発的に利用したものに分けたところ、自発的利用時に拒否度が低くなる有意な傾向が確認された。さらに、自発的利用と通知による利用それぞれ、PC 作業中のスマートフォン利用と PC 作業開始や終了直後での利用で傾向が異なる事が明らかになった。そこで、それぞれの条件に対して重回帰分析を行って有意な推定特徴量を決定し、割込拒否度推定式を作成した。

得られた推定式を用いて、スマートフォン情報と PC 操作情報を併用して推定した割込拒否度と、これまでに開発してきた PC 操作指標のみに基づく方法で推定した結果を図 6 に示す。

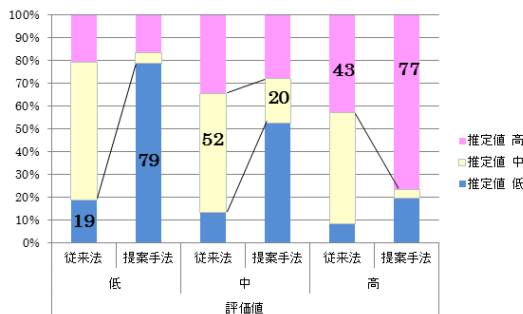


図 6 PC 操作情報のみによる方法とスマートフォン情報を併用した方法による割込拒否度の推定結果

平均適合率は、従来手法の 51% に対して提案手法では 72% に改善された。特に移動時は 23% から 89% に、スマートフォン利用時は 39% から 61% に向上した。他方、個別のデータを見たところ、自発的な利用開始時にも割込拒否度が高い状態が散在し、実験参加者への聞き取り結果から、主たる作業に関連した利用やわずかな空き時間での着信確認などの利用行動があることが判明した。これらの利用の検出が今後の課題である。

(3) 電子メール配信の自動調停

大学教員 6 名と学生 2 名が、調停システムを日常の業務に合計 56 日間利用した。その結果、非調停条件では推定割込拒否度が高い状態での通知が全通知の 21% あったものが、調停条件では 15% に低減された。調停条件においても推定拒否度が高いタイミングでの通知が発生したのは、配信可否判定から通知までのサーバとメールクライアントの間の通信遅延によるものであった。実装方法を改善し、プロキシサーバであるメール配信調停システムにあらかじめ全データをバッファするなど、実装上の改善によって改善されるものと期待される。

また、実験参加者が回答したメール配信による作業阻害感を図 7 に示す。調停によって

主観的な阻害感も軽減されることが実験的に確認された。今後は、開発したシステムによって作業の切れ目での配信がどの程度実現されているかを、着信通知からメール閲覧までの遅延時間や、メールへの遷移後に元の作業に戻る割合などの指標を用いて解析する計画である。また、メール配信の遅延はチーム全体の業務パフォーマンスを低下させる懸念もあるため、そのような視点でのシステムの改善や評価も検討する。

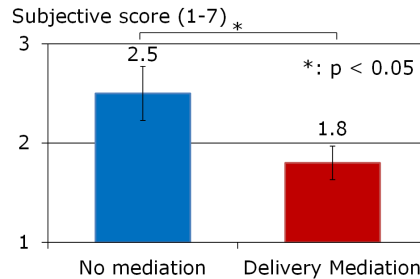


図 7 非調停条件と自動調停条件でのメール配信による作業阻害感

(4) 割込拒否度観察行動の分析

研究室構成員 10 名中の 3 名を対象に、割込拒否度遠隔共有システムの閲覧行動を、各 10 日分の視線を計測し分析した。このときの注視対象者ごとの注視回数と注視時間を図 8 に示す。

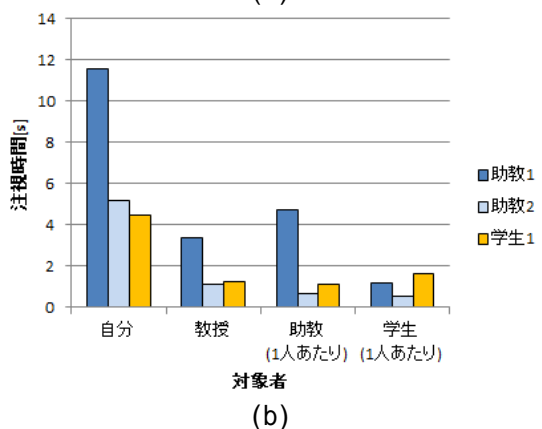
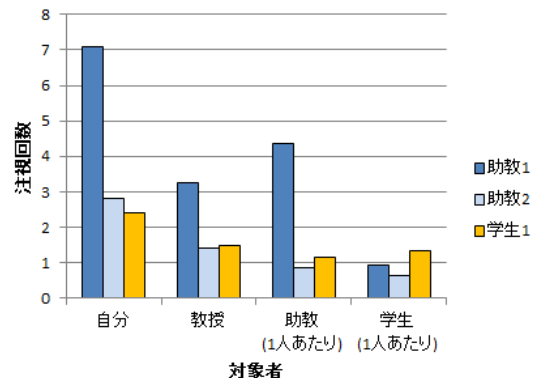


図 8 対象者ごとの(a)注視回数(1 日あたり)と注視時間(1 日あたり)

実験結果から、構成員は1時間に1回程度、自身や他者の状況を観察していたことが明らかになった。さらに、聞き取り調査の結果から、観察行動は主に自らの作業の切れ目において発生することが示唆された。

また、予想に反して、他者よりも自身の過去の作業状況を観察する共通の傾向が発見された。これは、自らの作業の振り返りに利用したことが、内観報告から確認された。さらに、直接的な監督責任がない教員と学生の間にも相互観察が発生する興味深い現象が認められた。他方、話しかけや訪問への利用頻度は高くなかった。観察行動の構成員への社会的な影響の分析が今後の課題である。

以上のように、本研究では、PC作業者の割り込み拒否度をより高い精度で推定するとともに、その状態の持続時間を予測する技術、また推定された拒否度に基づく自動通知制御の可能性や、遠隔共有した際のユーザ行動への影響などを総合的に検討した。今後は、推定や予測の精度を向上させるとともに、作業や認知負荷などへの影響のさらに詳細な分析が必要と考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計5件)

Kyohei Komuro, Yuichiro Fujimoto and Kinya Fujita, Relationship between Worker's Interruptibility and Work Transition Detected by Smartphone, Lecture Notes in Computer Science, 査読有, Vol.10272, pp.687-699, DOI: 10.1007/978-3-319-58077-7_53, 2017

Yasumasa Kobayashi, Takahiro Tanaka, Kazuaki Aoki and Kinya Fujita, E-mail Delivery Mediation System Based on User Interruptibility, Lecture Notes in Computer Science, 査読有, Vol.9169, pp.370-380, DOI: 10.1007/978-3-319-20901-2_34, 2015

Hokuto Iga, Takahiro Tanaka, Kazuaki Aoki and Kinya Fujita, Study of Uninterruptible Duration Prediction based on PC Operation, Lecture Notes in Computer Science, 査読有, Vol.9169, pp.350-359, DOI: 10.1007/978-3-319-20901-2_32, 2015

Takahiro Tanaka, Ryosuke Abe, Kazuaki Aoki and Kinya Fujita, Interruptibility Estimation based on Head Motion and PC Operation, International Journal of Human-Computer Interaction, 査読有, Vol.31, No.3, pp.167-179, 2015

Satoshi Hashimoto, Takahiro Tanaka, Kazuaki Aoki and Kinya Fujita, Improvement of Interruptibility Estimation during PC Work by

Reflecting Conversation Status, IEICE Trans. Inf. and Syst., 査読有, Vol.E97-D, No.12, pp.3171-3180, DOI: 10.1587/transinf.2014EDP7097, 2014

〔学会発表〕(計18件)

白鳥, 藤本, 藤田, 確率的作業持続モデルを用いた PC 作業持続時間の予測可能性の検討, ヒューマンインタフェースシンポジウム'17, 2017.9.6, 大阪

高島, 横山, 藤田, 分散オフィスにおける作業者の割り込み拒否度共有画面の閲覧行動の分析, ヒューマンインタフェースシンポジウム'17, 2017.9.5, 大阪

K.Komuro, Y.Fujimoto and K.Fujita, Relationship between Worker's Interruptibility and Work Transition Detected by Smartphone, HCI International 2017, 2017.7.13, Canada

白鳥, 藤本, 藤田, 確率的作業持続モデルを用いた PC 作業者の割り込み非許容時間の予測, 情報処理学会第 79 回全国大会, 2017.3.17, 愛知

小室, 藤本, 藤田, スマートフォン情報の併用による PC 作業者の割り込み拒否度推定精度の改善可能性, ヒューマンインタフェースシンポジウム'16, 2016.9.7, 東京

小室, 藤本, 藤田, スマートフォンにより検出された作業遷移と割り込み拒否度との関連性の分析, 電子情報通信学会 HCS 研究会, 2016.5.19, 沖縄

藤田, テレワーカーの多忙度推定技術とその応用, テレワーク月間連携セミナー「超臨場感テレワークの技術開発と将来展望」, 2015.11.19, 京都

伊賀, 田中, 藤本, 藤田, PC 操作に基づく割り込み拒否度低下タイミングの予測可能性の検討, ヒューマンインタフェースシンポジウム'15, 2015.9.4, 北海道

Y.Kobayashi, T.Tanaka, K.Aoki and K.Fujita, E-mail Delivery Mediation System Based on User Interruptibility, HCI International 2015, 2015.8.7, USA

H.Iga, T.Tanaka, K.Aoki and K.Fujita, Study of Uninterruptible Duration Prediction based on PC Operation, HCI International, 2015.8.6, USA

Y.Kobayashi, T.Tanaka, K.Aoki and K.Fujita, Automatic Delivery Timing Control of Incoming Email based on User Interruptibility, ACM CHI 2015, 2015.4.22, Korea

橋本, 青木, 田中, 藤田, 会話の重要度を反映したデスクワーク時割り込み拒否度の推定, 電子情報通信学会 HCS 研究会, 2015.3.17, 石川

藤田, オフィスワーカーの状況推定と活用, 映像情報メディア学会 3DIT 研究会, 2015.3.9, 東京

伊賀, 田中, 青木, 藤田, PC 操作に基づく割り込み拒否度低下時間の予測可能性の検討, ヒューマンインタフェースシンポジウム'14, 2014.9.11, 京都

小林, 田中, 青木, 藤田, 割り込み拒否度推定値に基づくメール着信通知制御システム, ヒューマンインタフェースシンポジウム'14, 2014.9.11, 京都

伊賀, 田中, 青木, 藤田, PC 操作情報に基づく割り込み拒否度変化の予測可能性の検討, 電子情報通信学会 HCS 研究会, 2014.5.29, 沖縄

田中, 青木, 藤田, 作業態度を反映したユーザの割り込み拒否度推定の検討, 第28回人工知能学会全国大会, 2014.5.13, 愛媛

T.Tanaka, N.A.Taatgen, K.Aoki and K.Fujita, Resumption Lag at Interruptible Timing might not be short in Actual Environment, ACM CHI 2014, 2014.4.29, Canada

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.fujitaken.org/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤田 欣也 (FUJITA, Kinya)

東京農工大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号: 30209051

(2) 研究分担者

田中 貴紘 (TANAKA, Takahiro)

名古屋大学・未来社会創造機構・特任准教授

研究者番号: 80451988

(3) 連携研究者

横山ひとみ (YOKOYAMA, Hitomi)

東京農工大学・大学院工学研究院・特任助教

研究者番号: 50638517