

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 10 日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23300045

研究課題名(和文)作業を阻害しない情報提示のための室内の知的活動状況の推定

研究課題名(英文) Estimation of office intellectual activities for not-distractive interruption

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) 9,100,000円、(間接経費) 2,730,000円

研究成果の概要(和文)：オフィス作業者の思考の断片化回避に向けて、本研究課題では、オフィスの割り込み許容度と室内の動きや音との関係を分析した。移動による大きな動きや音圧は許容度と相関し、デスクワークによる小動作は逆相関することから、重回帰分析によって推定式を構築し、10日分のデータに適用した結果、平均適合率48%で推定が可能であった。

さらに、人の声の周波数特徴や時間特徴ならびに会話の連続性に基づいて、会話の有無と会話終了を自動判定するシステムを構築し、作業者の割り込み許容度推定に適用した。被験者10名計50時間分のデータに適用したところ、PC作業指標に加えて会話状態を反映することで推定精度が改善された。

研究成果の概要(英文)：To relief the office productivity degrade due to interruptions, the relationship between office interruptibility and motions and sounds has been analyzed. The results demonstrated that the number of large motions and sound pressure correlate with interruptibility, while the number of small motions due to desk work negatively correlates. An estimation algorithm has been developed through multiple linear regression analysis and applied to a 10-days data set. The experimental results demonstrated the feasibility of automatic office interruptibility estimation.

Furthermore, an automatic estimation system has been prototyped based on harmonicity and frequency deviation features of human voice. The two conversational statuses, during conversation and conversation end, were applied to the worker's interruptibility estimation in addition to PC operation activity features. The estimation experiments demonstrated the feasibility to improve the interruptibility estimation accuracy.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：ヒューマンインタフェース 割り込み 知的活動 状況推定 場

### 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、作業者の思考を断片化し、作業効率を低下させることが指摘されている。そのため、作業者や環境が割り込みを許容できる程度を推定し、割り込みタイミングを適正化することが求められている。

作業者が割り込みを許容できる程度は、作業への集中度や忙しさなど作業者自身の状況に加えて、来客や会話といった社会的状況の影響を受けると考えられる。中でも、会話はその有無だけでなく、会話の内容や密度も割り込み許容度に影響すると考えられるが、これらの影響は検討されていなかった。また、人の移動や作業に伴う音の発生など、室内のざわつきも、外部からの割り込みへの許容度に大きく影響すると考えられるが、国内外ともにざわつきと割り込み許容度の関連を調べた研究はなかった。

そこで、申請者らがオフィス天井部にカメラとマイクを設置して予備実験を実施した結果、動きの検出数や音圧と、観察者が判断した割り込み許容度との相関関係が示唆されたため、本研究課題の提案に至った。

### 2. 研究の目的

本課題では、人の知的活動や社会活動を阻害しない情報提示や遠隔からの話しかけの実現に向けて、在室者が行う作業や社会活動による室内の動きや音と、観察者が感じる割り込みが許容される程度 of 関係をモデル化することによって、オフィスの割り込み許容度の自動推定を目指す。具体的には、会話内容がわからないように加工した音声と俯瞰画像をもとに観察者が主観評価したオフィスの割り込み許容度と、自動算出した動きの大きさや量などの指標の関係を実験的に検討し、数理モデルを構築することによって推定アルゴリズムを構築することを目指す。

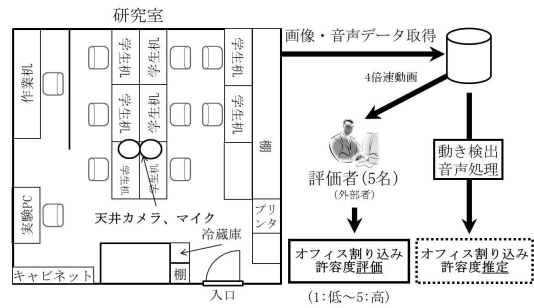
同時に、作業者個人の割り込み許容度に関しても、社会的活動である会話の影響が強く予想される。そこで、会話の有無や終了など、作業者周辺の会話状態を自動的に検出し、PC 操作量などの作業情報と組み合わせることで、作業者の割り込み許容度を、作業情報のみに基づく方法よりも精度高く推定する方法を検討し構築することを目的とする。

### 3. 研究の方法

#### (1) オフィスのざわつきと割り込み許容度

室内の動きと音を収集するため、6×7m の大学研究室の中央高さ 2.5m の位置に、水平画角 125 度、解像度 640×480 ピクセルの低歪み広角カメラ 1 台と無指向性マイク 1 台を設置した。室内には大学院および学部学生 8 名の机と実験用 PC、および工作用の作業機が配置されている。実験環境とシステム構成を図 1(a) に、撮影された画像の例を図 1(b) に示す。画像は 0.5 秒間隔で撮影し、音はサンプル周波数 44,100Hz

で記録した。分析用データは、一日あたり 5 時間で 5 日間、計 25 時間分を収集した。実験は、対象者に事前に実験内容を説明し、データ取得の同意を得た上で実施した。



(a)



(b)

図 1 オフィスの割り込み許容度分析システム(a)実験環境とシステム構成、(b)撮影された画像の例

室内の動きは、記録された天井カメラ画像に対して、画像処理ライブラリ OpenCV を用いて 0.5 秒間隔のフレーム間移動ベクトルを算出することで検出した。ここで、検出された動きは、大きさによって許容度に与える影響が異なると考えられる。そこで、相関の強さならびに人の動作の大きさを検討した結果、動作の大きさが 20 ピクセル未満を動作無し、20 以上 140 未満を小動作、140 以上 420 未満を中動作、420 以上を大動作の 4 段階に分類した。さらに、在席作業を反映する小動作は割り込み許容度と負の相関を示すとの予想とは逆に、正の相関を示した。そこで、時間的および空間的な独立性が得られるように、検出時刻から過去 60 秒間に、動きの検出座標から半径 600 ピクセルの領域内に中動作や大動作が検出されている小動作を除外する処理を加えた。

小動作は、在席での PC 作業やペーパーワークなどの動作に相当し、中動作は振り返りや物を取る動きなど、自席やその近傍での全身動作に相当し、大動作は主に移動時に検出される。音に関しては、会話音声や騒音が断続的に発生する事を考慮し、各時刻の音圧の 10 秒間積分値と、割り込み許容度との関係を分析した。

部屋の割り込み許容度は、記録した画像列と音から、会話内容が聞き取れないように 4

倍速動画画像を作成し、室員以外の評価者 5 名に見せて、「5 分程度会話をする目的で部屋を訪れた場合に、どの程度許容されると思うか」を 5 段階で評価させ平均値を求めた。

## (2) 会話と作業者の割り込み許容度

作業者の PC 操作情報と環境音を記録する図 2 の実験システムを構築し、作業中の被験者への割り込み実験を行った。実験では、キー打鍵数、マウスクリック数、ホイール回転量、アクティブウィンドウ名、ウィンドウメッセージ、デストロイ信号、プロセス ID、クリップボード更新信号、同時起動ウィンドウ数を、500ms 周期で記録した。同時に、被験者の PC モニタの上に無指向性マイクを設置し、サンプル周波数 22,050Hz で記録した。

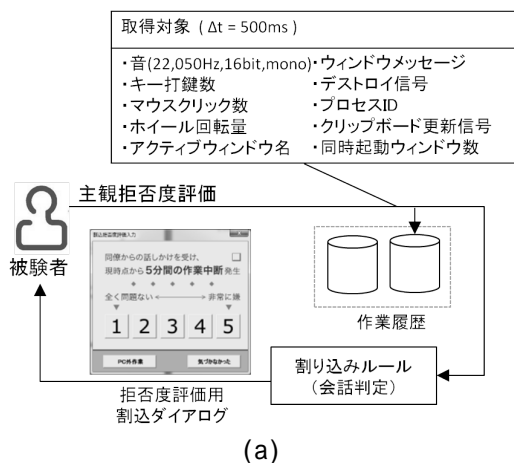


図 2 会話と作業者の割り込み許容度実験システム (a) 構成 (b) 実験風景

さらに、システムが割り込みルールに基づいて、音とダイアログボックスによって自動的に被験者に割り込み、割り込まれた時の主観的な割り込み許容度を回答させた。割り込み許容度の評価に際しては、被験者に、割り込み後 5 分間の会話による作業中断を想定して、「全く問題無い」から「非常に嫌だ」の 5 件法で回答させた。システムの割り込みルールは、音圧に基づく簡易な実時間自動判定機能を実験システムに実装し、持続音検出時(会話中を想定)、持続音終了時(会話終了を想定)、無音の 3 状態で、それぞれ 300, 30, 900 秒の最低間隔において、ランダムに割り込むように設定した。

被験者は 20 代の学生男女 8 名、大学教員 2 名の計 10 名とし、一人あたり 5 時間の計 50 時間分のデータを記録し分析した。

また、後述するように、人が判断する Wizard of Oz 法によって会話状態を判定し、作業者の割り込み許容度推定に適用したところ、推定精度改善の可能性が示唆されたことから、会話状態の自動検出システムを実装し、許容度推定に適用した。システムは、0.5s 周期で音声を連続 Wavelet 変換し、人の声の特徴である調波性と変動率、ならび音圧に基づいて音声を検出し、さらに音声の検出率から会話の有無を自動判定する。調波性は、ピーク検出によって求めたピッチと第 2 次高調波の周波数比が 1.67~2.37 倍で、両者のパワーが中間周波数のパワーの 10 倍以上であることとした。変動率条件は、0.5s の区間を 8 分割し、各小区間尾ピッチ周波数の分散が 40Hz 未満の区間が 3 以上あることとした。音圧は環境音の 1.2 倍以上とした。さらに、これらのルールに基づいて検出された音声候補区間が、過去 20 秒間のうち 15-90% 以上、かつ、過去 10-20 秒のうち 15% 以上のときを会話中とした。会話終了は、0.5 秒前は会話中条件を満たし現在満たしていない状態とした。

## 4. 研究成果

### (1) オフィスのざわつきと割り込み許容度

それぞれの動きの検出数や音圧の許容度との相関関係を調べた結果、中大動作と音圧はオフィスの割り込み許容度と相関し、ざわつきを反映することが確認された。また、中大動作による誤検出を除外した小動作は、他の指標とは逆に負の相関を示し、自席作業による低許容度状態の指標となる可能性が示唆された。

そこで、割り込み許容度を目的変数、各指標を説明変数とした定数項付き重回帰分析を行った。得られた推定式を(1)式に、推定指標を表 1 に示す。

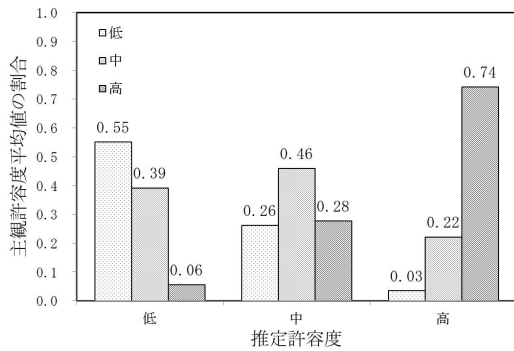
$$f = -0.64M_s + 2.58M_m + 0.30M_l + 0.58S + 0.24E + 2.19 \quad (1)$$

表 1 推定指標

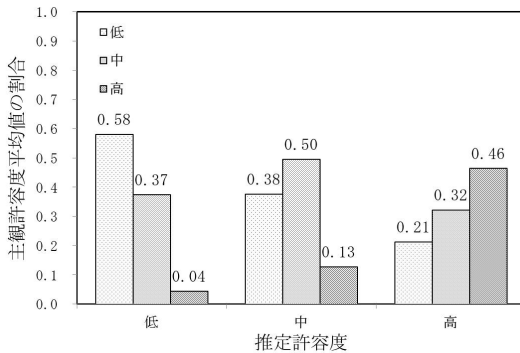
M_s	小動作 (20pixel 以上 140 未満)
M_m	中動作 (140pixel 以上 420 未満)
M_l	大動作 (420pixel 以上)
S	音圧
E	入室検出

割り込み許容度の推定は、得られた評価値  $f$  に、実験的に決定したしきい値処理を適用することで、低・中・高の 3 段階で推定した。閾値は実験的に決定した。

分析に用いたデータセットと、年度を改めて取得した 10 日分のデータセットを対象に推定した結果を図 3 に示す。



(a)



(b)

図3 オフィス割り込み許容度の推定結果  
(a)分析データ (b)評価データ

分析データの推定結果を見ると、低許容度の適合率が0.55、高許容度が0.74であり、動きと音からオフィスの割り込み許容度を推定できる可能性を示唆するものと考えられる。なお、中大動作に起因して誤検出された小動作を除外する前の推定値と比較すると、平均適合率が0.02、再現率が0.03、F値が0.02向上していた。中大動作の誤検出による小動作を除外することで、低許容度と判断される要因であるペーパーワークやPC作業が、適切に検出され推定に反映された結果と考えられる。

評価データに対する適合率は、低許容度が0.58、高許容度が0.46であり、高許容度の適合率が分析データよりも低下したが、同一の推定式が適用できる可能性を示唆された。高許容度の適合率の低下は、動きや音が多く検出されているにもかかわらず、評価者が低許容度と判断した状況が存在することを意味する。そこで、該当区間の映像を確認したところ、複数人が共同作業に従事している状況が確認されたため、評価データから共同作業区間5時間分を除外し、再推定したところ、高許容度の適合率が0.56に向上した。各作業者の動きや位置関係、あるいは音声を持つ抑揚などのパラ言語情報から共同作業を検出することが可能になれば、推定精度が向上する可能性があるものと期待される。

## (2) 会話と作業者の割り込み許容度

記録した50時間分のデータの会話状態を、

Wizard of OZ法を用いて実験者が分類したところ、614回の割り込みのうち、会話が310回、会話終了が78回、静かが226回であった。また、全割り込みの平均許容度は2.8であった。

作業と会話の割り込み許容度への影響を分析するために、会話状態とPC操作の有無を要因とする2要因分散分析を行った結果、会話状態、PC操作とも有意であった。そこで、Bonferroni法による多重比較を行ったところ、静かな状態に対して、会話は許容度が有意に低く、会話終了直後は許容度が有意に高いことが確認された。

そこで、PC操作がある場合と無い場合に分けて、重回帰分析を行った結果、会話状態指標の係数に差が認められたため、PC操作の有無に応じて、2種類の推定式を設定した。推定式を(2)、(3)式に、推定指標を表2に示す。指標の各係数は、重回帰分析の結果に基づいて実験的に決定した。推定値は0から1の間の値をとり、閾値処理によって、割り込み許容度は3段階で推定した。

PC操作有：

$$f_{PC} = (2A+B+C+D+E+2-F) / 8 \quad (2)$$

PC操作無：

$$f_{NPC} = (2A+B+C+D+2E+F) / 8 \quad (3)$$

表2 推定指標

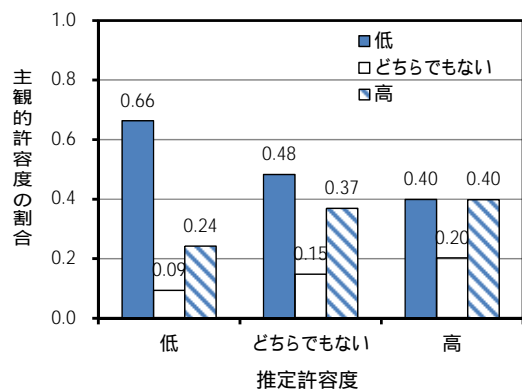
A	過去20秒以内にPC操作を検出
B	過去2分間のPC操作率が30%以上
C	過去2分間にキーとマウスを併用
D	過去5分以内にシェルから遷移した
E	会話中
F	会話終了直後

分析したデータに対し、WoZ法で判定した会話状態に基づく割り込み許容度推定法を適用した。会話状態を反映しない従来法による推定結果を図4(a)に、これまでに申請者らが開発してきたPC操作指標のみによる推定結果を、2つの会話指標を反映した推定結果を図4(b)に示す。従来手法による推定結果では、会話によってPC操作量が減少して低許容度を高許容度と誤推定するため、高許容度の適合率が0.40と低い値を示しているが、会話状態の反映により0.59に向上した。同時に、低許容度の適合率も0.66から0.69に改善し、会話状態の反映によって、主に高許容度の推定精度が改善される可能性が示唆された。

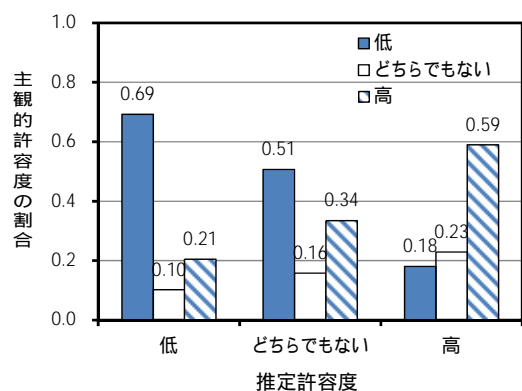
そこで、先に述べた会話状態を自動判定するシステムを推定に適用した結果を図4(c)に示す。WoZ法を適用した場合と同様に、高許容度の適合率が改善されていることが確認できる。また、低許容度を高許容度と誤判定する、作業阻害のリスクが高い誤推定が減少しており、F値も0.40改善した。システムによって会話状態を自動判定した場合であ



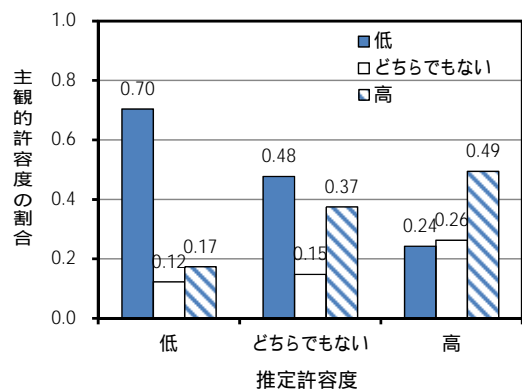
っても、会話状態の反映によって、割り込み許容度の推定精度改善効果を得られる可能性が示されたものと考えられる。



(a)



(b)



(c)

図4 作業者の割り込み許容度の推定結果 (a)PC 操作指標のみ, (b)PC 操作指標 + WoZ 法による会話指標, (c) PC 操作指標 + 自動推定した会話指標

以上のように、作業者や環境が割り込みを許容できる程度を、作業情報に加えて、会話の有無や動きなどから自動的に推定できる可能性が示された。今後は、これらの方法の推定精度の向上とあわせて、推定値に基づいて作業者への割り込みを適切に制御するシステムの研究を推進することが望まれる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計5件)

Satoshi Hashimoto, Takahiro Tanaka, Kazuaki Aoki and Kinya Fujita, Estimation of Interruptibility during Office Work based on PC Activity and Conversation, Lecture Notes in Computer Science, 査読有, Vol.8018, pp.297-306, DOI:10.1007/978-3-642-39226-9\_33, 2013

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学会論文誌, 査読有, Vol.24, No.5, pp.921-932, 2012

守屋悠里英, 田中貴紘, 宮島俊光, 藤田欣也, ボイスチャット中の音声情報に基づく会話活性度推定方法の検討, ヒューマンインタフェース学会論文誌, 査読有, Vol.14, No.3, pp.283-292, 2012

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, 査読有, Vol.53, No.1, pp.126-137, 2012

木村和行, 田中貴紘, 藤田欣也, 頭部の前後・回転運動に着目したデスクワーク中の割り込み拒否度と頭部運動の関係の分析, 情報処理学会論文誌, 査読有, Vol.52, No.4, pp.1485-1494, 2011

〔学会発表〕(計31件)

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

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

小林, 田中, 青木, 藤田, 割り込み拒否度に基づくメール着信通知制御プロキシ, 情報処理学会第76回全国大会, 2014.3.12, 東京

青木, 鳥越, 田中, 野中, 藤田, テレワークにおける割り込み拒否度遠隔共有の影響の検討, 日本バーチャルリアリティ学会 テレマージョン技術研究会, 2013.12.6, 京都

藤田, 田中, 青木, オフィスワークの作業状況推定と遠隔共有, 日本バーチャルリアリティ学会第50回サイバースペースと仮想都市研究会, 2013.9.26, 北海道

青木, 鳥越, 田中, 野中, 藤田, 割り込み拒否度共有システムの導入によるユーザの行動分析, ヒューマンインタフェースシンポジウム'13, 2013.9.13, 東京

橋本, 青木, 田中, 藤田, 会話状態の推

- 定による PC 作業時割り込み拒否度推定法の改善, ヒューマンインターフェースシンポジウム'13, 2013.9.11, 東京
- 田中, Taatgen, 藤田, 割り込みによる作業復帰時間と割り込み拒否度の分析, ヒューマンインターフェースシンポジウム'13, 2013.9.11, 東京
- Tanaka and Fujita, Secretary Agent for Mediating Interaction Initiation, iHAI 2013, 2013.8.8, Hokkaido
- 青木, 佐藤, 田中, 藤田, 画像と音からのオフィス割り込み許容度の推定可能性, 第 98 回ヒューマンインタフェース学会研究会, 2013.5.30, 沖縄
- 田中, Taatgen, 青木, 藤田, PC 作業中の割り込みによる作業復帰時間の分析, 第 98 回ヒューマンインタフェース学会研究会, 2013.5.30, 沖縄
- Aoki, Sato, Tanaka and Fujita, Feasibility of an Office Interruptibility Estimation System Based on Ceiling Camera Images and Sound, IEEE VR 2013 Workshop on Ambient Information Technologies, 2013.3.17, USA
- 安部, 田中, 青木, 藤田, 頭部運動と PC 操作履歴による割り込み拒否度推定法の検討, 情報処理学会第 75 回全国大会, 2013.3.8, 宮城
- 橋本, 青木, 田中, 藤田, 会話状態検出と PC 操作履歴による割り込み拒否度推定法の検討, 情報処理学会第 75 回全国大会, 2013.3.8, 宮城
- 藤田, 安部, 田中, 青木, オフィスワークの作業効率改善にむけた割込拒否度の推定, 日本バーチャルリアリティ学会サイバースペースと仮想都市研究会シンポジウム, 2012.12.6, 東京
- 青木, 佐藤, 田中, 藤田, 場の拒否度と室員の割り込み拒否度の関連性の検討, ヒューマンインターフェースシンポジウム'12, 2012.9.7, 福岡
- Moriya, Tanaka, Miyajima and Fujita, Estimation of Conversational Activation Level using Phonetic Information during Voice Chat, ACM APCHI 2012, 2012.8.31, Shimane
- Tanaka and Fujita, User Interruptibility Estimation based on Focused Application Switching, Collabtech 2012, 2012.8.28, Hokkaido
- 田中, 藤田, 調停による円滑なインタラクション開始支援の検討, 第 86 回ヒューマンインタフェース学会研究会, 2012.5.22, 沖縄
- 安部, 田中, 藤田, 頭部運動の併用による PC 作業時割込拒否度推定法の改善, 第 86 回ヒューマンインタフェース学会研究会, 2012.5.22, 沖縄
- 21 藤田, 田中, 割込拒否度の推定と伝送に

- よる遠隔オフィス同室感の表現, 日本バーチャルリアリティ学会テレマージョン技術研究会, 2012.2.17, 神奈川
- 22 安部, 田中, 藤田, 頭部運動と PC 操作履歴によるデスクワーク時割込拒否度推定の検討, 第 80 回ヒューマンインタフェース学会研究会, 2011.11.17, 東京
- 23 角田, 田中, 藤田, ユーザの忙しさに配慮するメールチェック, ヒューマンインタフェースシンポジウム'11, 2011.9.15, 宮城
- 24 田中, 深澤, 金丸, 野中, 藤田, 業務中の割り込み拒否度推定可能性の検討, ヒューマンインタフェースシンポジウム'11, 2011.9.15, 宮城
- 25 守屋, 田中, 宮島, 藤田, ボイスチャット中の音声情報に基づく会話活性度推定方法の検討, ヒューマンインタフェースシンポジウム'11, 2011.9.14, 宮城
- 26 Tanaka and Fujita, Interaction Mediate Agent based on User Interruptibility Estimation, HCI International 2011, 2011.7.13, USA
- 27 安部, 田中, 藤田, 頭部運動指標によるデスクワーク形態の識別可能性の検討, 第 73 回ヒューマンインタフェース学会研究会, 2011.5.23, 沖縄
- 28 守屋, 田中, 宮島, 藤田, ボイスチャット中の音声情報に基づく会話活性度推定可能性の検討, 第 73 回ヒューマンインタフェース学会研究会, 2011.5.23, 沖縄

〔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)  
東京農工大学・大学院工学研究院・助教  
研究者番号: 80451988

### (3) 連携研究者

なし