

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 5月29日現在

機関番号	12605
研究種目	若手研究 (B)
研究期間	2011~2012
課題番号	23700139
研究課題名 (和文)	ユーザ割り込み拒否度推定に基づく仲介による円滑なインタラクション開始支援
研究課題名 (英文)	Interruption Mediation for Acceptable Interaction Initiation based on User Interruptibility Estimation
研究代表者	
	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

研究成果の概要 (和文): 本研究課題では、デスクワーク中のユーザ作業を阻害しない情報システム実現に向け、ユーザの PC 使用状況と頭部運動からユーザの割り込みに対する拒否度を推定する手法を検討し、さらには、提案手法による推定機能と視線制御を利用したアンビエント情報提示を併用する、調停機能を持った秘書エージェントの開発を行った。評価実験により、頭部運動を併用することで、これまでの PC 作業履歴のみからの推定と比較し、10~15%の精度向上を確認した。また、秘書エージェントによる調停は、体感の推定精度が15%向上すること、さらに、従来手法と比較して、割り込みによる認知的負荷を低減させることが可能であることを示した。

研究成果の概要 (英文): In this study, we proposed the user interruptibility estimation using PC operation records and head motions and implemented the secretary agent for acceptable interaction initiation. The agent mediates interruptions from other based on the estimation and the ambient appeal function. We experimentally confirmed the accuracy of the estimation and the availability of the mediation. The result showed that using head motions improved the accuracy of the estimation about 10 ~ 15%. Moreover, The mediation by the secretary agent increased the subjective accuracy of the estimation to 85% from 62% and decreased the cognitive load by the interruptions.

## 交付決定額

(金額単位: 円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野: ヒューマンコンピュータインタラクション

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, HCI, HAI

## 1. 研究開始当初の背景

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来ている。一方で、エージェントやロボット等からの情報提示や電子メールの着信表示、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、また、その提示方法もユーザ状態を考慮しない方法が一般的である。同様に、遠隔ユーザ同士のオンラインコミュニケーションでは、会話相手の作業状況を知ることが困難なため、話し掛け自体が意図しない作業妨害となる可能性がある。

(1) ユーザの忙しさを推定する手法として、

PC 操作量を利用する手法があるが、思考など作業量として認識できない知的作業を考慮した忙しさ推定は出来ていない。また、推定は本質的に誤差を避けることができず、推定結果に基づく制御には誤動作による弊害が懸念される。分かり易く、注意を引き過ぎず（アンビエント）、かつ誤差にロバストな情報提示方法も必要であると言える。

(2) 自然で分かり易い情報提示方法の研究として、ロボットやアバタに日常動作を真似させ意図を人間に類推させ易くする手法や、ユーザのメインタスク遂行中に第三者同士の会話として情報を間接的に伝える手法などが提案されており、従来のユーザの注意を引き易い音やポップアップウィンドウによる割り込み方法と比較して、分かり易く、割り込みによる悪影響の軽減が期待される。

## 2. 研究の目的

本研究課題では、(1) デスクワークを行っているユーザの PC 操作履歴と頭部運動履歴を元にしたユーザの割り込み拒否度（割り込みを受け入れられない割合）推定法の検討、および、(2) 推定した拒否度に基づき、情報システムからの提示や他の遠隔ユーザからの話し掛け等、ユーザへのインタラクションを調停する秘書エージェントの実現を目的とする。

## 3. 研究の方法

### (1) PC 操作履歴と頭部運動履歴による割り込み拒否度推定法の検討

これまでわれわれが提案してきた、アプリケーション切り替えタイミングにおける、PC 作業履歴からの割り込み拒否度推定法に、頭部運動履歴を組み込むことで拡張し、精度向上と PC 作業以外への推定可能性の検討を行った。

まず、作業中のユーザの頭部運動履歴と PC 操作履歴の収集を目的とした、割り込み実験を行った。図 1 に実験システムの構成を示す。実験システムを被験者の PC に常駐させ、PC 操作履歴の取得、および、PC モニタ下部に設置した Web カメラと顔トラッキングソフトウェア（Seeing Machines 社 faceAPI）を用いて、頭部運動の計測を行った。記録する頭部運動履歴は、Web カメラの位置と向きを基準とする、頭部位置（X, Y, Z 座標）と頭部向き（Pitch, Yaw, Roll 角度）とした。また、PC 操作履歴は、キー入力数、クリック数やプロセス ID 等とし、両履歴を 500ms 毎に記録した。さらに、実験システムは、予備実験を元に設定した割り込みルールに基づいて被験者に割り込みを行い、割り込み拒否度主観評価値を 5 段階（1：全く問題ない～5：非常に嫌だ）で回答させた。

被験者は、大学生 8 名と大学教員 2 名の 10

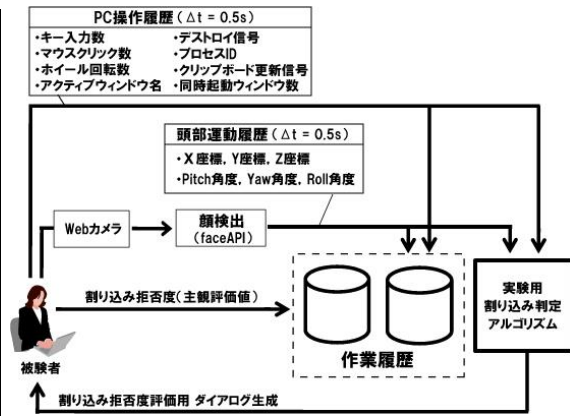


図 1. 実験用システムの構成

名とし、各被験者から 5 時間分、計 50 時間分のデータを収集した。実験では、被験者の行うタスクには制限を設けず、日常業務を行わせた。被験者の主な作業は、プログラミング、文書作成の PC 作業、紙資料の閲覧等の非 PC 作業や食事・離席等が観察された。

収集した 50 時間分のデータを分析したところ、頭部の動きがない時に割り込まれた場合の平均拒否度 3.3 となった。これに対し、頭部が“前傾している時”の拒否度は 3.8 と有意に高く、また、頭部が“上を向いている時”は 2.2、“後退した時”は 2.3 と、有意に低くなることが確認された。

われわれが提案してきた PC 作業時割り込み拒否度推定法は、拒否度に影響を与える PC 操作履歴上の特徴を統計的分析に基づき抽出し、推定指標として定義している。さらに推定指標を組み合わせることで、3 段階の割り込み拒否度を推定する。そこで、頭部運動履歴についても同様に、統計的分析により、拒否度に影響を与える推定指標を定義した。頭部運動に関する推定指標群を表 1 に示す。これら頭部指標群を、重回帰分析の結果を参考に、従来の PC 作業時割り込み拒否度推定式に追加することで、推定法の拡張を行った。

表 1. 頭部運動に基づく推定指標群

拒否度	推定指標	
	ID	指標の説明
高い	A	過去 1 分間に頭部が前傾していた割合が 80%以上。
	B	過去 10 秒間に頭部が前傾。
低い	C	過去 10 秒間に頭部がモニターよりも上を向いた。
	D	過去 10 秒間に頭部が後退。

(2) 秘書エージェントの開発

割り込み拒否度推定とアピールによるアンビエント情報提示を併用する、割り込み調停法を提案し、これを秘書エージェントとして開発した。

秘書エージェントは、ユーザの PC に常駐し、ユーザの PC 入力情報と顔検出機能を用いて取得した頭部位置を元に、作業中の割り込み拒否度を推定する機能を持つ。また、外部から割り込み要求を受信すると、キャラクターの視線行動によるアンビエントな要求アピールを行い、ユーザの自然な気付きを促し、“割り込まずに”インタラク션을円滑に仲介することを可能とする。秘書エージェントの構成を図 2 に示す。また、図 3 にシステム実行環境の例を示す。専用デバイス上にエージェント表示領域を設けた理由は、ユーザの作業領域の一部をエージェントが占有することで作業効率が低下するのを回避し、作業に使用している領域によって、アピールの誘目効果がバラつくのを防ぐためである。さらには、ユーザのエージェントに対する好意的印象の醸成を意図している。これは、エージェントの表示位置が人に近く、かつ小さく表示されているほど、人はエージェントからの割り込みを受け入れ易くなるとの報告や、身近なエージェントとの継続的なインタラクシオンにより親近感や信頼感が生じ、人がエージェントに対して好意的に振る舞う可能性が指摘されており、エージェントが、ユーザの作業領域には浸食せず、しかし、近い位置で常に存在し、調停というインタラクシオンを継続することで、誤推定による不適切な動作が発生したとしても、エージェントに対する心理的悪影響を軽減し、継続的な使用を促進すると期待されるためである。

調停によるインタラクシオン開始までの具体的な流れを図 4 に示す。秘書エージェン

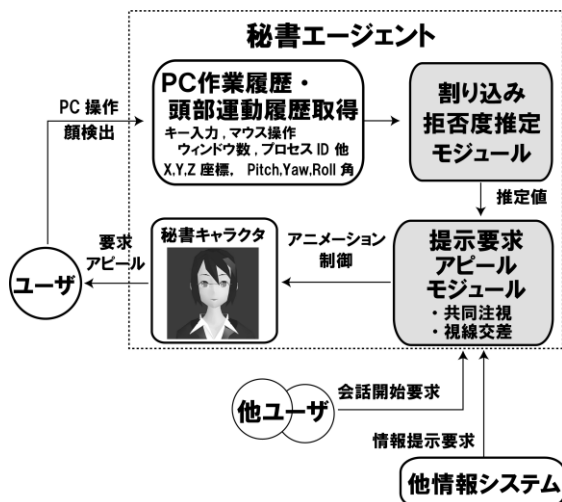


図 2. 秘書エージェントの構成

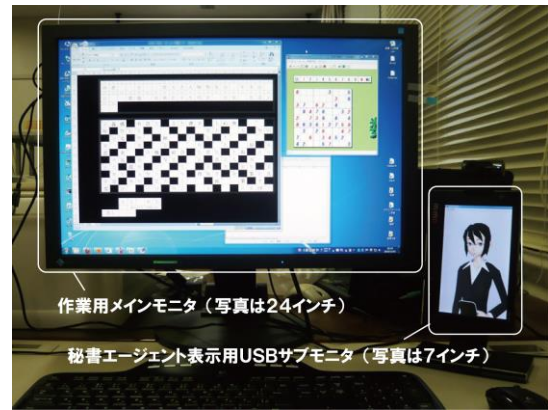


図 3. 実行環境の例

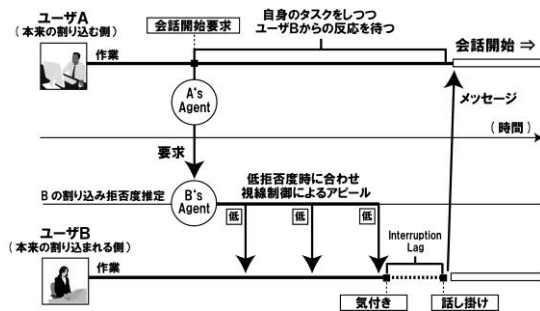


図 4. 秘書エージェントによる調停

トは各ユーザ PC に常駐し、随時ユーザの PC 操作履歴から割り込み拒否度を推定する。他ユーザへ割り込みを行いたい場合は、自身のエージェントを介して、対象ユーザへ割り込み要求を送信する。送信後は、そのまま作業を継続し、対象ユーザからの反応を待つ。エージェントは、外部から割り込み要求を受信すると、要求を保持した状態で、ユーザの割り込み拒否度が低下するまで待機する。そして、低拒否度状態が検出されたタイミングで、次節で述べる、秘書キャラクターの視線制御により、ユーザへ要求の存在をアピールする。最後に、アピールに気付いたユーザが、任意のタイミングで、自らエージェントに対して情報確認を行い、インタラクシオンが開始される。調停により、ユーザはお互いの作業量や割り込み拒否度などのプライバシー情報を伝送・公開する必要がない。また、割り込み側は、割り込み要求さえ送信すれば、相手側に配慮したタイミングでの割り込みが自動で行われ、拒否度の変化を注視したり、タイミングを判断したりするなどの負荷もなく、自身の作業を行いながら返信を待つだけで良い。割り込まれる側は、自身の気付きによって能動的に行動を選択することができるため、開始タイミングの主導権を保持することが可能となり、気付きから割り込みの間に、任意の長さの遅延 (Interruption Lag) を設けることが可能である。よって、割り込み



よる作業への負荷のうち、一時的に記憶する負荷と記憶を呼び出すための負荷を軽減することで、割り込みによる作業効率の低下を軽減すると考えられ、円滑なインタラクション開始に繋がると期待される。

### (3) 提示要求にアンビエントアピール

日常的に人が他者へ話し掛けたい場合に行う、「話し掛けたい相手の様子を伺う動作」を模倣した、「ユーザへ振り返る：視線交差」と「ユーザと同じ対象を見る：共同注視」の2種類の視線制御により、ユーザへ割り込み要求が存在することをアピールする。また、比較的誘目効果の高い視線交差をアプリケーション切り替え（AS）時に行うアピール、共同注視を同一作業継続（NAS）時に行うアピールとする。これは、AS時の割り込み拒否度がNAS時と比較して有意に低いという結果に基づき、要求に全く気付かない事態を避け、かつ、よりリスクの低い割り込みを行うためである。図5に、共同注視と視線交差によるアピール実行例を示す。

- ・共同注視（NAS時）：現在のユーザの注視対象と予想されるアクティブウィンドウを、エージェントが同様に注視する素振りを見せることで、“自身の作業内容に興味がある”要求があるのではないかと気付きを促す。
- ・視線交差（AS時）：AS時は一時的に拒否度が大きく低下することを利用し、着座したユーザの方をエージェントが振り向き視線交差するという強いアピールによって、“見られている”様子伺われている”と気付きを促す。

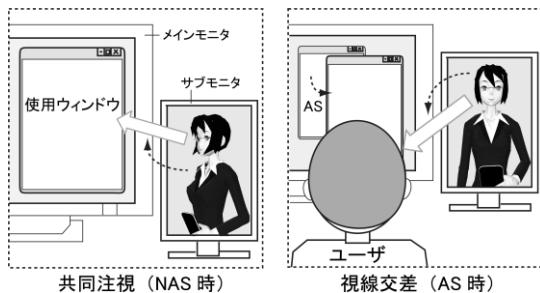
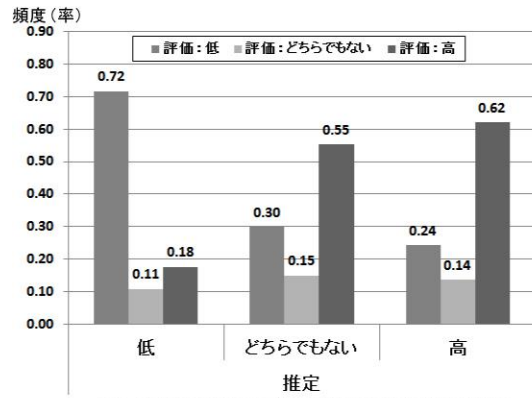


図5. 視線によるアンビエントアピール

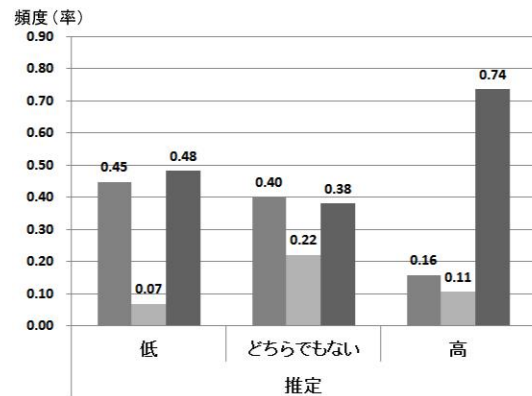
## 4. 研究成果

### (1) 割り込み拒否度推定法の評価

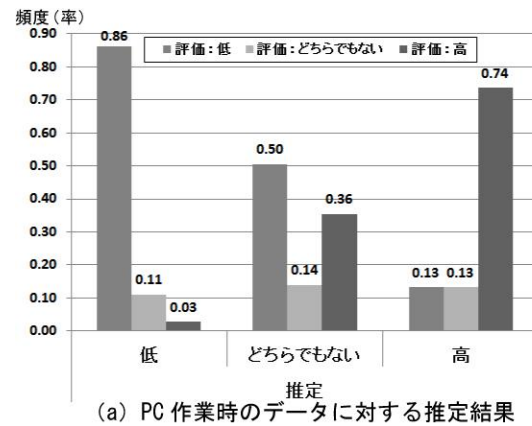
本課題で提案した、PC作業履歴と頭部運動を併用する割り込み拒否度推定法の評価実験を行った。実験は、新たに収集したデータセットに対し、本手法を適用した場合の推定精度の評価を行った。被験者は大学院生6名とし、それぞれから5時間、計30時間分のデータを取得し、評価用データとした。評価は、従来研究と同様に、5段階の主観評



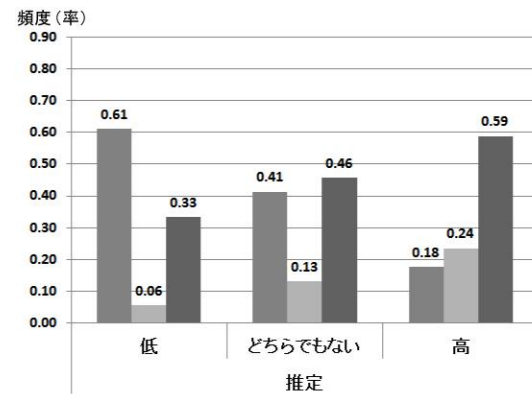
(a) PC作業時のデータに対する推定結果



(b) 非PC・混合作業時のデータに対する推定結果  
図6. 従来手法による推定結果



(a) PC作業時のデータに対する推定結果



(b) 非PC・混合作業時のデータに対する推定結果  
図7. 提案手法による推定結果

価値を3段階（低：1・2，中：3，高：4・5）に読み替えて行った。評価データに対する、従来手法による推定結果を図6，提案手法による推定結果を図7に示す。実験の結果、従来手法に対して、頭部運動を併用した場合には、PC作業時の低拒否度の適合率が14%向上，高拒否度の適合率が12%向上した。さらに、高拒否度を低拒否度と判断する危険な誤推定率は僅か3%と大きく改善が見られた。非PC・混合作業においても、低拒否度の適合率は改善した。一方で、高拒否度の精度が低下しており、更なる改善が必要と言える。

## (2) 秘書エージェントによる調停の評価

秘書エージェントの調停によるインタラクション開始支援の有効性の検証を目的とした割り込み実験を行い、タスク中の被験者の割り込み拒否度主観評価と、エージェントに対する印象評価を行った。実験は、割り込みタイミングと割り込み方法を要因とする4種類の実験条件下にて、被験者にタスクを行わせ、エージェントがタスク中の被験者に自動で割り込み、割り込みに対する拒否度の主観評価値を回答させた。実験は、次の4つの条件を設定した：条件A（ランダムタイミング，直接割り込み），B（低拒否度推定時，直接），C（ランダム，アピール），D（推定，アピール）。なお，従来手法との比較のため，本実験では，拒否度推定にはPC作業履歴のみを使用した。

各条件における，割り込まれた被験者が回答した拒否度（3段階）頻度の比較を図8に示す。条件BとDは，エージェントが低拒否度と推定した場合に割り込むため，図中の低拒否度頻度は，「低拒否度と推定した場合に，実際の評価が低／中／高拒否度だった割合」であり，推定の適合率を示す。条件Bにおける低拒否度推定の適合率は63%，逆側誤推定率は21%となり，先行研究における実験結果と同程度であった。一方，条件Dにおいては，推定の適合率は85%と向上し，逆側誤推定率は4%となった。また，ランダム割り込みである条件Aでは，割り込みの63%が高拒否度時の割り込みと偏りがあったのに対し，アピール提示とした条件Cでは，各拒否度が30%程度となった。アピールに気付くまでの時間は，条件Cで平均23.6秒（標準偏差20.8，最短3.5秒，最長1分34秒）となり，条件Dでは平均10.3秒（標準偏差11.4，最短3.5秒，最長37秒）となった。

また，割り込みによる認知的負荷の度合を評価するため，条件ごとに割り込み後の作業復帰までに掛かる時間（RL: Resumption Lag）の比較を行った。RLは，認知科学分野において割り込みによる負荷を評価するための指標として広く用いられている。RL比較

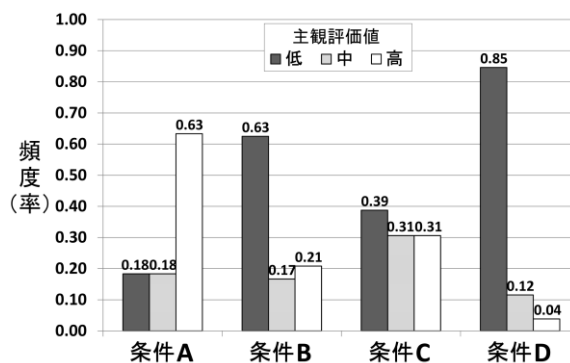


図8. 条件毎の割り込み拒否度頻度

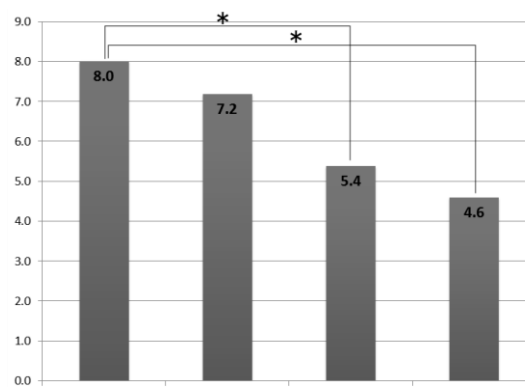


図9. 条件毎の作業復帰時間の比較

分析の結果を図9に示す。条件Dによる割り込みが最もRLが短くなる結果となった。

実験の結果，適切なタイミングでの割り込み率は，推定とアピールを併用する調停（条件D）が最も高い評価となった。また，併用により，体感の推定精度は85%を越え，割り込みによる認知的負荷も最も低い結果となった。以上から，本研究の秘書エージェントによる割り込み調停の有効性を示すことが出来た。

## 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計3件）

- ① 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イ学会論文誌，Vol. 24, No. 5，pp. 921-932，2012，査読有。
- ② 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. 126-137，2012，査読有。
- ③ 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, Vol. 52, No. 4, pp.1485-1494, 2011, 査読有.

[学会発表] (計 11 件)

- ① Takahiro Tanaka and Kinya Fujita, User Interruptibility Estimation based on Focused Application Switching, Proc. of the Sixth International Conference on Collaboration Technologies 2012, pp. 80-85, 2012. 8. 27, 札幌.
- ② 田中貴紘, 藤田欣也: 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.
- ③ 田中貴紘, 深澤 伸一, 金丸 利文, 野中雅人, 藤田欣也: 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 2011, 2223L, 2011. 9. 13, 仙台.
- ④ Takahiro Tanaka and Kinya Fujita: Interaction Mediate Agent based on User Interruptibility Estimation, Human Computer Interaction International 2011 (HCII2011), pp. 152-160, 2011. 7. 11, Orland(USA).

[図書] (計 1 件)

- ① Takahiro Tanaka and Kinya Fujita, Lecture Notes in Computer Science Vol. 6771, pp.152-160, Springer-LNCS (2011), ISBN: 978-3-642-21792-0.

[その他]

課題関連受賞

- ① 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委員会 2012 年サイバースペース研究賞 (2013 年 3 月)
- ② 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 第 15 回シンポジウム優秀賞 (2012 年 12 月)
- ③ ヒューマンインタフェース学会 第 13 回学術奨励賞 (2012 年 3 月)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

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