

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 3 月 31 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22700123

研究課題名（和文）

机上作業におけるアンビエント情報環境のためのユーザ状況認識に関する研究

研究課題名（英文）

A Research to Recognize User's status in the Desk Work for Ambient Information Environment

研究代表者

伊藤 雄一 (Yuichi Itoh)

大阪大学・大学院情報科学研究科・准教授

研究者番号：40359857

研究成果の概要（和文）：

ユーザの状況や状態を取得し、直接的・間接的にユーザが所望する様々な情報を提示することが可能なアンビエント情報環境が注目されており、本研究課題では、特にユーザの置かれている状況や状態を認識する技術の確立を目指し、机上作業中のユーザ状況を、ユーザに意識させることなく認識するために、非装着型の入力デバイスとして特殊な椅子を試作・評価し、ユーザ状況の認識・推定を試みる。平成 22 年度は重量センサを配置した椅子を試作し、性能評価を行った。その椅子を用いて平成 23 年度は評価実験を実施し、評価した。その結果、一般のオフィスチェアと同じ座り心地で、100Hz の周波数で重心・重量を取得し、8 名の被験者の机上作業 11 種類を 70% の識別精度で認識できた。本年はこの椅子を実際の机上作業環境に配置し、1 週間から 2 週間の長期間使用し、データ解析を行った。その結果、ユーザの姿勢が安定するまでに座り始めから 10 秒程度が必要なこと、ビデオと組み合わせることでその認識精度が向上することが分かった。一方、認識姿勢は「足を組む」や「突っ伏す」などある程度プリミティブな姿勢であり、我々が目指す「疲労」や「集中」といった高次のコンテキストであり、11 種類の姿勢がどのコンテキストにマッチするかを検討し、その識別率を計算したところ約 90% の識別率が得られ、有効性が示された。

研究成果の概要（英文）：

We have focused on the realization of an ambient information environment capable of supporting users by displaying information they intend as measured by multiple sensors. In order to establish a methodology to implicitly acquire a user's situation and status, we developed a special chair in our research equipped with several sensors for desk work and confirmed its validity by conducting experimental evaluations.

In 2010, we developed a chair system with four weight sensors, one at each corner of the seat and, by investigating its performance, were able to show that it was sensitive enough to measure a user's movement and posture. In 2011, we conducted experiments to evaluate the chair system. Our results showed that the system could distinguish eleven different postures for eight participants with an accuracy of 70%. These postures were regarded as primitive (e.g., crossing one's legs, resting one's chin on one's palm, etc.). Our goal was to develop a system capable of recognizing high-level contexts (e.g., fatigue, concentration, etc.). We investigated the relationship of the primitive postures to high-level contexts and were able to achieve a 90% recognition rate with the high-level contexts. In addition, our data showed that it took 10 seconds for participants' postures to stabilize after the participant started to sit, and that the recognition rate could be improved by taking this factor into consideration.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2011年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

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：ヒューマンインターフェイス、アンビエント情報環境、ユーザ状況認識

1. 研究開始当初の背景

近年、情報機器が多数存在する中で人間が生活する共生社会において、特に環境中の多数の情報機器から「今だから」「ここだから」「あなただから」個人にアクセスを試み、所望の情報を提供するアンビエント情報環境が注目されている。この情報環境では、図1に示すように、ユーザの置かれている状況や状態を取得・解析し、その状況や、ユーザ個人の嗜好などに応じて直接的あるいは間接的に様々な情報を提示することが求められ、様々なセンサによるユーザが無意識下でデータを取得可能なセンシング技術や、音響や高解像度ディスプレイ、においとといったディスプレイ技術の確立が課題である。

一方、日本の労働形態でもっとも労働者の多い第三次産業では、多くの人々がオフィスや自宅で机上作業を行っている。この作業では、机の上にデスクトップコンピュータを置き、キーボードやマウスで作業をするデスクトップコンピューティングが主流である。我々はこのような作業におけるアンビエント情報環境の実現を目指し、検討を進めている。この環境が実現できれば、作業員にとって、一日の大半を過ごす机上作業環境の大幅な改善が期待できる。例えば、ユーザがストレスを感じているとされる、マウスを激しく動かしたり、脚を頻りに組み替えたりするといった動作により、ユーザのストレスの程度を

判定できれば、休憩を促したり、アンビエント照明色を変化させたりすることで、ストレス軽減を実現できる。近年実施された、厚生労働省やシマンテック社によるコンピュータ利用者を対象にした調査[1]によると、コンピュータは多くの利用者に強いストレスを与えており、LazarusとFolkmanらのストレスの研究[3]によれば、人はストレスにさらされるとネガティブな情動や感情が引き起こされ、自律神経失調症や鬱といった、精神的肉体的被害を受ける可能性があることから、コンピュータの操作を含む机上作業を行うユーザのストレスを軽減することは社会的急務であり、その実現に寄与する本研究の意義は重大であると言える。また、この技術の確立は、医療への応用や新たなマーケット創成にもつながるものであり、本研究が社会に与えるインパクトファクターは大きなものであると言える。

2. 研究の目的

我々はこうした机上作業にあたっている人々の状態や姿勢を認識するコンテキストウェアネス技術として、着座した椅子の座面にかかる重心と重量を用いた着座状態識別手法について検討する。特に、ユーザの普段の行動を阻害しないよう、非装着・非侵襲なセンシング手法でユーザの状況を認識することを目指しており、重心と重量を用いたこの手法では、椅子の座面にセンサを備え付けることで、非装着・非侵襲なセンシングが



図1. アンビエント情報環境

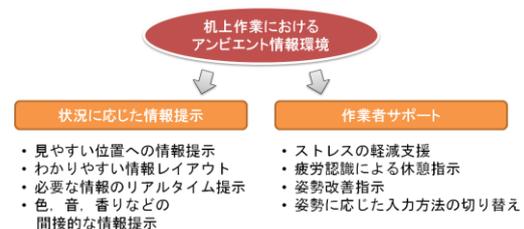


図2. 机上作業環境の改善例

実現できる。また、本手法はセンシングのために必要なセンサ数も少なく、実用上のコストも小さい。本研究では、ベンチ型の椅子の上に設置したバランス Wii ボードで重心と重量をセンシングし、本手法の識別可能性を検討してきた[1]。この検討は重心と重量に着目することで少ないセンサ数により着座中のユーザの状態を識別できることを示唆しているが、ハードウェアとしてバランス Wii ボードをそのまま利用しているように、識別手法の検討としては初歩的な段階にとどまっていた。

重心と重量を用いた姿勢識別手法が、一般的な形状や機能を持った椅子において有効であるかどうかを検討する。特に、机上作業で広く用いられるオフィスチェアに着目し、異なる機能を持った多様なオフィスチェアにおいて、本識別手法の識別率にどのような変化が生じるかを実験を通じて評価する。これにより、提案する重心と重量を用いた姿勢識別手法の有効性や適用範囲について検討する。

3. 研究の方法

3. 1 重心と重量を用いた姿勢識別手法

本研究で提案する姿勢識別の手法の流れについて述べる。センシングでは、椅子の座面の4隅に備え付けた圧力センサによって座面にかかる重量と重心位置をリアルタイムに取得する。重心は重心のX座標（椅子の正面から左右に延びる方向）、Y座標（椅子の正面方向）の2つのデータとして利用する。これに重量を加えた3つの時系列データは一定のウィンドウ幅毎に区切った上で特徴量の算出に用いられる。特徴量には予備実験の中で高い識別率を示した平均、分散、差分合計の3つを用いる。差分合計とは、ひとつ前のデータの値との差分の大きさ（絶対値）をウィンドウ幅内で合計した値である。なお、計測した重量、重心X座標、重心Y座標のそれぞれから3つの特徴量が算出され、1つのウィンドウ幅内で9次元の特徴量が計算される。こうして得られた特徴量を入力として、Support Vector Machine (SVM)を用いて分類し、識別結果を得る。SVMにはLinらによって作成されたLIBSVM¹を用いる。nu-SVCによって学習を行い、カーネル関数にはRBFカーネルを用いる。また、本稿ではPairwise法によって多クラスの分類に適用する。Pairwise法は、総当たりで2クラスの分類を行い、最終的に最も多く分類されたクラスを結果として採用する方法である。

3. 2 試作した椅子型入力デバイス

机上作業において広く用いられる椅子であるオフィスチェアにおいて重心と重量をセンシングできるようにすることで、本手法

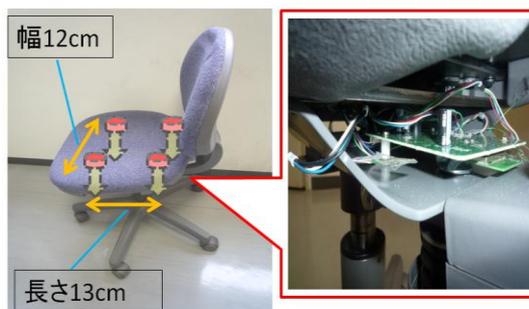


図3 SenseChair

の机上作業環境における有効性や制約について検討が可能となる。圧力センサをシート状にして椅子の上に敷くことでセンシングする方法[2, 3]もあるが、センシングしていることをより意識させず、自然な行動を妨げないためには椅子の内部へセンサを組み込むことが望ましい。本研究ではオフィスチェアの内部に圧力センサを組み込み、オフィスチェアとしての見た目や使い心地を損ねない特殊な椅子としてSenseChairを試作し、これをセンシングに使用する。SenseChairには、座面を支えるように鉄板を組み込み、その鉄板の4隅に圧力センサを4個配置し、鉄板にかかる重量とその重心を算出する。オフィスチェアによく見られる、キャスタによる移動や座面の回転といった機能も備えている。今回使用する圧力センサは、ミネベア製のストレインゲージ式フォースセンサである。このセンサの定格容量は50kgであるため、ひとつのセンサに集中して圧力がかからないように、圧力センサを設置する面は水平かつ均一な高さにする必要がある。またユーザの体重を全てセンサにかける必要もある。そこで、前述のように厚さ5mmの鉄板を2枚用意し、圧力センサを挟むような配置で装着することで、センサを水平に固定して圧力を適度に分散し、それと同時に座面を補強する。また鉄板にかかる重量は他に逃げることなく全て4つのセンサに加わることになる。組み込まれた圧力センサから得られた信号は、制御基板に送られ、ブリッジ回路によりノイズ除去を行った後に、約300倍に増幅される。増幅された信号は、Bluetoothを使って送信される。センサの信号の取得を行う制御基板は鉄板と座面を支えている高さ調節機構のための金型との間に取り付ける。鉄板はBluetoothの電波を遮断するため、Bluetoothの端子は通信可能な程度に露出しておく。圧力センサのデータから重心と重量を測定することが可能であり、データの取得周波数は100Hzである。試作したデバイスを図3に示す。外見や座り心地、椅子としての機能といった観点からは一般的なオフィスチェアと同等のものである。

4. 研究成果

4. 1 評価実験

試作した SenseChair を用いて、重心と重量を用いた姿勢識別手法を評価する。実験では実装した SenseChair を用いることで、一般的なオフィスチェアに着座して作業する環境を再現する。また、机上作業でよく使われる様々な椅子を再現し、それぞれでの識別率を評価する。様々な椅子における本識別手法の識別性能を評価するためには、機能や形状が異なる多様な椅子において実験する必要がある。椅子を特徴づける要素のうち、その形状の面からは、座面の幅、地面からの座面までの高さ、背もたれの有無、肘掛けの有無などが挙げられる。また、機能の面では、キャスタの有無、座面回転の有無、背もたれが傾く際の柔らかさ、座面や背もたれのクッション性の大小などが挙げられる。いずれも着座して作業するユーザの行動に影響する要素であり、識別率に影響しうる要素と考えられるが、本研究では、座面の回転、キャスタによる移動の2つの機能を変化させて識別率を評価する。この2つの機能がある場合、ユーザは動きに合わせて椅子の位置や形状を大きく動かせるようになる。そのため、これらの機能の有無は他の形状変化や機能の有無に比べて特にユーザから座面にかかる力に強く影響すると考えられる。機能の有無を変えた条件で得られる識別結果を比較することで、様々な椅子で本識別手法が有効であるかを検討する。形状の変化やその他の機能の変化が識別率に与える影響については今後検討していく必要がある。

試作した SenseChair には座面回転の機能もキャスタも備わっているが、実験の際にはこれらの可動箇所を拘束したり解放したりすることで、形状は同一なまま機能の異なる椅子を用意する。実験では、図4に示すように(1)キャスタの回転と座面の回転を拘束した無可動のオフィスチェア、(2)キャスタの回転のみ開放した椅子、(3)座面の回転のみを開放した椅子、(4)拘束のない通常のオフィスチェアの4種に椅子の種類を変えて、識別率を算出する。この他に、識別に使用するデータのサンプリング周波数を25 Hz、50 Hz、100 Hzの3段階に、ウインドウ幅を0.64秒、1.28秒、2.56秒の3段階に変化させ、合計9パターンの結果を比較し、最も識別率のよいパラメタ設定において椅子の種類の変化による影響を検討する。なお、ウインドウの重複率は50%で固定している。実験結果の算出には、参加者毎に1セットをテストデータ、残りの4セットを学習データとする識別を、テストデータとするセットを入れ替えて全通り行う。これは、分類精度の評価によく用いられる交差検定法と呼ばれる手法で

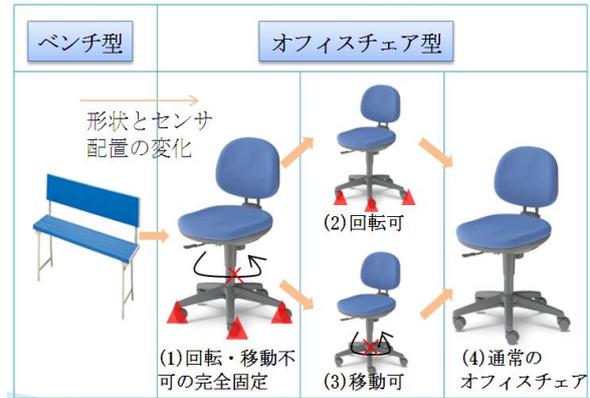


図4 様々な種類の椅子とその機能

あり、学習により得られたモデルの汎化性を調べる方法の一つとされている。

オフィスチェア型デバイスを用いて姿勢識別の評価実験を行う。日頃6時間以上コンピュータを使用する20代の男性7名、女性1名の参加者に、SenseChairに座ってもらい後述する11種類の着座姿勢をとってもらった。着座姿勢毎に、7秒間ずつデータを取得する1連の作業を1セットとし、これを1名につき5セット、計55試行行ってもらった。この間、重心と重量のデータを100 Hzで取得した。対象とした着座姿勢は、「机に突っ伏す」、「伸びをする」、「画面をのぞき込む」、「左手で頬杖をつく」、「右手で頬杖をつく」、「飲み物を飲む」、「書き物をする」、「読書をする」、「キーボードをタイプする」、「マウスを操作する」および「何もしない」の11種類とした。これらの姿勢は、ベンチ型の椅子での検討[1]で使用した姿勢セットと同等であり、事前のアンケートによって参加者が普段よくとる姿勢であることを確認している。この姿勢セットを用いることで、ベンチ型の椅子での識別率と比較することが可能となる。最も重心と重量の変化を取得しやすいベンチ型での結果と様々なオフィスチェアでの結果を比べることで、本手法がオフィスチェアに適用しても遜色なく姿勢を識別できるかどうかを検討する。なお、これら11種の姿勢をとるために使用するキーボードやマウス、書き物用の紙、ペン、コップ、本の6つの道具は、普段の作業環境に近づけるため、参加者毎に実験開始前に自由に配置してもらった。ただし実験を開始してからは、これらの位置は変更しない。具体的なタスク内容も、先の検討と同様で次の通りである。

4. 2 実験結果

まず、データ取得の周波数とウインドウ幅の組み合わせを9通りに変化させたところ、取得周波数25 Hz、ウインドウ幅1.28秒の条件で最も高い識別率が得られた。以下ではこの条件での識別結果について述べる。図5は、各着座姿勢の識別率をオフィスチェアの要

素ごとに算出したものである。11種類の着座姿勢の内、「突っ伏す」、「伸び」、「頬杖左」、「頬杖右」の4種類は識別率が80%前後、「のぞき込み」は65%程度、「何もしない」、「書き物」、「キーボード」、「マウス」の4種類は識別率が50%から60%、「飲み物」、「読書」では40%から50%となっている。椅子の種類の違いが識別率に影響しているかどうか姿勢毎に検定したところ、「飲み物」の姿勢について、オフィスチェア型と回転可能型の間で、オフィスチェア型と完全固定型の間でそれぞれ有意差が認められた。また、「マウス」の姿勢について、オフィスチェア型と回転可能型の間で有意差が認められた。いずれもオフィスチェア型の方がより識別率が高い。このようにごく一部の姿勢では、椅子の種類によって識別のしやすさに違いが認められる。

結果として、椅子の機能を変化して種類を変えると一部の姿勢では識別率が有意に変化するものの、識別結果の傾向に大きな変化は見られず、オフィスチェアの移動や回転といった機能が加わっても、識別しやすい姿勢と識別しにくい姿勢には同じ傾向があることが伺える。識別率の低い姿勢の識別率を改善できるよう改良が必要であるが、その一方で、本識別手法を様々なタイプのオフィスチェアに適用した場合でも識別の特性に大きな変化が現れにくく、様々な椅子において同じように動作することが期待できると考えられる。

椅子の機能を変化させた時の識別率の結果を先行研究のベンチ型椅子での結果と比較する。椅子の種類毎の姿勢の識別率を平均した結果を図6に示す。椅子の種類毎の姿勢の識別率の平均を見ると、先行研究の着座姿勢の識別率が平均で70%程度であるのに対し、本稿で検討した様々な種類のオフィスチェアのいずれも70%弱の識別率を得ている。ベンチ型椅子と今回の実験で用いた

SenseChairによる各種の椅子との間には、いずれも平均の識別率に有意な差は認められなかった。このことから、重心と重量を用いる姿勢識別手法を様々な種類のオフィスチェアに適用した場合でも、ベンチ型のハードウェアでの識別率と同等の識別率が得られており、本識別手法がオフィスチェア型の椅子においても有効であったと考えられる。また、オフィスチェアに備わる機能のうち、座面の回転やキャスタによる移動といった機能の有無が識別性能に大きく影響する様子も見られなかった。このことから、本手法の適用範囲は可動箇所のない椅子に限定されず、オフィスチェアをはじめとして様々な椅子へ適用できる可能性があるとして示唆できた。

本手法はオフィスチェア型の椅子においても平均で70%の識別率を得ている。これは他の圧力センサを用いた識別手法[7, 8]が70%から80%程度の識別率を得ていることに比べてやや劣るが、実験で用いた姿勢セットが異なることから単純に比較できないため、今後の検討によって手法間の差についても明らかにしていく。

提案する着座姿勢識別の応用例としては、操作支援、情報提示タイミングの最適化、デスクワーク中の姿勢の改善などが挙げられる。操作支援としては、利き手で書き物をしているユーザーに左手でも簡単に画面を操作できるインタフェースを提供したり、読書中で両手が使えないユーザーに視線などハンズフリーで操作できるインタフェースを提供したりするといったことが考えられる。また、スクリーンに表示された文字が小さい場合にユーザーがのぞき込む様子を検出できれば、適応的に文字を拡大して表示するような支援も考えられる。また、こうした動作の他にユーザーの内部状態の認識にも着座姿勢の認識が有用であると考えられる。例えば本稿で使用した姿勢セットのうち、「読書」や「書き物」などの動作はユーザーが集中して作業をしていることを認識するために利用でき、

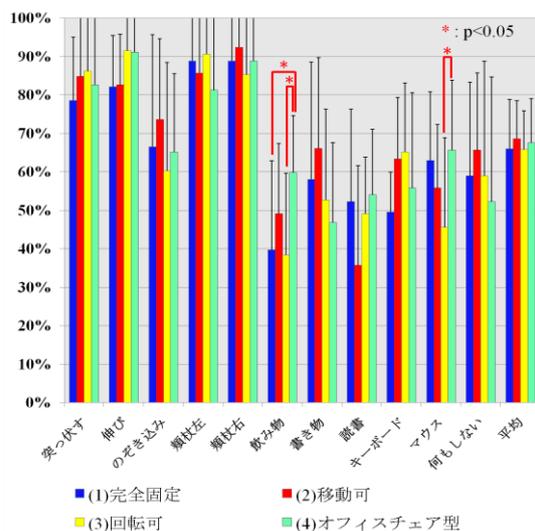


図5 各着座姿勢の識別率

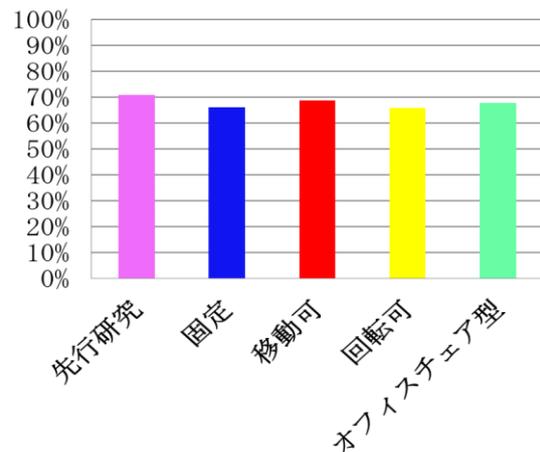


図6 各椅子での姿勢識別率の平均

「伸び」や「頬杖」などの動作はユーザが疲労して休憩していることを認識するために利用できる。今回の実験に用いたような基本的な姿勢でも、その組み合わせや遷移によって、疲労しているかどうかといった高次のコンテキストの抽出に適用できる可能性がある。今回の実験で用いた姿勢のうち、「のぞき込み」、「キーボード」、「マウス」、「書き物」を集中時とし、「伸び」、「突っ伏す」、「頬杖左」を疲労時、「飲み物」、「読書」、「頬杖右」、「何もしない」の4つをどちらとも言えない、として3つに大別し、グループ単位での識別率を求めたところ、オフィスチェア型の椅子で識別率は83%となった。ここではウインドウ幅に区切ったデータ毎に識別しているが、妥当な遷移のみを認めるようにフィルタリングすれば最終的な識別精度をさらに改善できる余地があり、識別のエラーが致命的な障害にならない応用に向けては十分に利用可能な識別率を達成できるものと考えられる。

本研究では、非装着かつ非侵襲にユーザの着座状態を認識する手法の確立を目指し、椅子の座面にかかる重心と重量を用いた姿勢識別手法について、様々な種類のオフィスチェアに適用可能であるかどうかについて実験を通じて検討した。一般的なオフィスチェアと同等の形状や座り心地を持ったセンサデバイスである SenseChair を実装し、これを用いて様々な機能の異なるオフィスチェアを用意し、それぞれの椅子で識別率を算出した。その結果、センシングに有利と考えられるベンチ形の椅子を用いた場合の識別率と比較して、様々なオフィスチェアでも同等の識別率が得られ、本手法がオフィスチェアのような広く利用される椅子においても識別性能を落とすことなく適用可能であることが示された。

参考文献

- [1] 伊藤, 伊藤, 北村, 岸野: 重心と重量を用いた着座状態識別に関する一検討; 電子情報通信学会総合大会講演論文集, pp. 261 (2009).
- [2] Tan, H. Z., Slivovsky, L. A., and Pentland, A.: A sensing chair using pressure distribution sensors; IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Vol. 6, no. 3, pp. 261-268 (2001).
- [3] Mutlu, B., et al.: Robust, low-cost, nonintrusive sensing and recognition of seated postures; Proc. of the Symposium on User Interface Software and Technology (UIST), pp. 149-158 (2007).

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6件)

- ①藤田和之, 伊藤雄一, 吉田愛, 尾崎麻耶, 菊川哲也, 深澤遼, 高嶋和毅, 北村喜文,

岸野文郎 “アソブレラ: 振動を記録・再生可能な傘型アンビエントインタフェース,” 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 15, No. 3, pp. 397-405, 2010.

- ②T. Tsukitani, K. Takashima, Y. Itoh, Y. Kitamura, F. Kishino: “Kinematics Analysis of Cursor Trajectory in a Pointing Task with Mouse in a Large Display,” *Proc. of Asia-Pacific Conference on Computer-Human Interaction 2010*, pp. 250-256, 2010.
- ③R. Fukazawa, K. Takashima, G. Shoemaker, Y. Kitamura, Y. Itoh, F. Kishino: “Comparison of Multimodal Interactions in Perspective-corrected Multi-display Environment,” *Proc. of IEEE Symposium on 3D User Interfaces 2010*, pp. 233-240, 2010.
- ④中島康祐, 伊藤雄一, 築谷喬之, 藤田和之, 高嶋和毅, 岸野文郎 “FuSA2 Touch Display: 大画面毛状マルチタッチディスプレイ,” 情報処理学会論文誌, Vol. 53, No. 2, pp. 1069-1081, 2011.
- ⑤池田和章, 伊藤雄一, 中島康祐, 尾上孝雄 “様々な椅子での重心・重量による姿勢識別率に関する検討,” ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol. 13, No. 2, pp. 33-38, 2011.
- ⑥K. Fujita, Y. Itoh, H. Ohsaki, N. Ono, K. Kagawa, K. Takashima, S. Tsugawa, K. Nakajima, Y. Hayashi, F. Kishino: “Ambient Suite: Enhancing Communication among Multiple Participants,” *Proc. of the International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (ACE2011)*, 25:1-25:8, 2011.

[学会発表] (計1件)

中島康祐, 伊藤雄一, 築谷喬之, 藤田和之, 高嶋和毅, 岸野文郎 “FuSA2 Touch Display: 大画面毛状マルチタッチディスプレイ,” インタラクション 2011, 2011年3月.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤雄一 (Yuichi Itoh)

大阪大学・大学院情報科学研究科・准教授
研究者番号: 40359857