

しりコン：着席時における身体動作を用いる インタラクションシステム

石山 英貴[†] 高橋 伸^{††} 田中 二郎^{††}

着席時の上体や足の身体動作を用いてデスクトップ PC などの操作を行うインタラクションシステム「しりコン」を提案する。本システムを利用することで、動作の方向や量を利用した直感的な操作や、実世界での意味を反映させた、動作をメタファとしたような操作をデスクトップ PC 操作で利用可能になる。また、座るといふデスクトップ PC 使用時の自然な状態から操作を行うことが可能になる。我々は着席時の身体動作を認識するために、イスの座部に設置する圧力分布測定シートを作成した。本稿ではしりコンの利用と身体動作の認識、そして今後の発展について詳しく述べる。

ShiriCon: An Interaction System using Sitting Bodily Action

EIKI ISHIYAMA,[†] SHIN TAKAHASHI^{††} and JIRO TANAKA^{††}

We propose ShiriCon, an interaction system to operate desktop PC using action of upper body and legs. Using this system can apply the instinctive actions which directed and the gestures which use a metaphor to operate the desktop PC. And this system enable user to operate the desktop PC in a chair, which people are usually sitting on when they operate computer. We place pressure measuring sheet at seat of chair in order to recognize body action. In this paper, we explain use of ShiriCon and how to recognize bodily action, and describe future development.

1. はじめに

身体動作を用いてコンピュータの操作を行うことが増えてきている。例としては、大画面に対してジェスチャによりポインティングを行う研究¹⁾や、位置移動による没入型仮想空間での操作の研究²⁾が挙げられる。また近年では、Microsoft Kinect を用いて、身体動作とゲームキャラクターなどの操作対象の動きを同期させた、体感的なゲーム操作を行うことも可能となっている。このように、身体動作をコンピュータ操作に利用することで、動作を直接利用した直感的な操作を行うことができる。別の研究として、興味のあるものを見つめるといった動作を活かして、視線の先にあるものを分析してインタラクションを行う研究³⁾もある。これは動作の実世界での意味を反映させており、身体動作の利用により動作をメタファとしたような操

作を行うこともできるようになる。

上で述べた研究や Kinect でのゲームの多くは大画面への操作や広い場所での利用を主軸に置いているが、身体動作による操作は、オフィス環境などでのデスクトップ PC 操作においても有益であると我々は考える。デスクトップ PC 操作に身体動作を利用することで、例えば上体を傾けた方向にあるウィンドウを選択するといったように、GUI 操作を直感的に行うことができる。特に上体の傾きや腰の動作のようなハンズフリーな身体動作を用いることで、デスクトップ PC における一般的な入力手法であるマウスやキーボードの操作と組み合わせると、それらを補助するような操作が可能となる。

しかし、デスクトップ PC 使用環境において身体動作を利用するには、認識や動作の実行の面でいくつかの問題が存在する。まず、ユーザは PC やディスプレイのすぐ近くに着席していることが多いため、Kinect などのカメラを用いた認識手法ではカメラと身体との間に十分な距離を確保できず、安定して身体動作を認識することができない場合がある。また同様に、着席状態であるために全身を大きく動かしたり位置を移動したりといった大きな動作を利用することができない。

[†] 筑波大学コンピュータサイエンス専攻
Department of Computer Science, University of Tsukuba

^{††} 筑波大学システム情報系
Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba
<http://www.xbox.com/ja-JP/kinect>

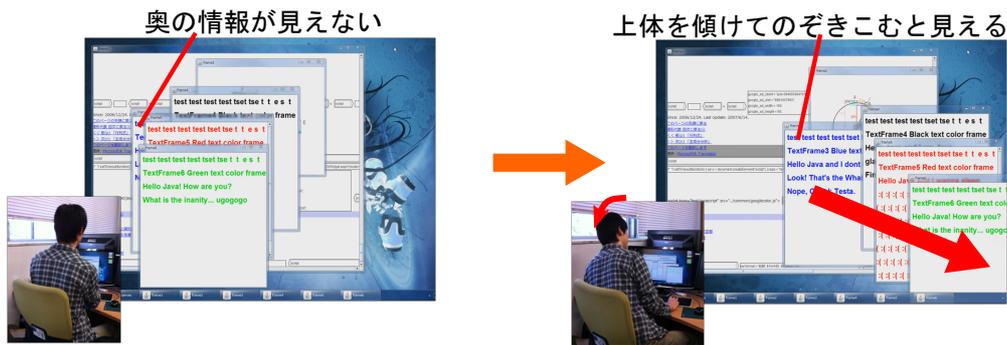


図 1 のぞきこみ操作
Fig. 1 peek manipulation

これらの問題から、既存の身体動作の認識手法ではデスクトップ使用環境での利用が難しくなっている。

本研究では、デスクトップ PC 使用環境において利用しやすい身体動作を考察し、それをを用いた直感的な操作を提供することを目的とする。我々は、着席時における腰や足の動作でデスクトップ PC 操作を行うインタラクションシステム「しりコン」を開発した。本システムでは、圧力センサを敷き並べたシートを、イスの座面などの着席位置に設置することで動作の認識を行う。このシートを用いることで、腰や足による座面の圧力分布や圧力値の変動を計測することができ、座るというデスクトップ PC 使用時の自然な状態から操作を行うことができる。また、座面と身体の相対位置は大きく変化しないため、ロバストな認識が可能になると考えられる。本稿ではデスクトップ PC 使用環境におけるしりコンの利用と身体動作認識について説明し、更に本システムの今後の発展として、床上での利用についての議論も行う。

2. 身体動作を用いた操作

まず、デスクトップ PC 使用環境における身体動作の直感性やメタファ性を活かした操作の具体例を示し、身体動作利用の利点を説明する。例を通して、しりコンで認識すべき身体動作を考察する。操作例として、「のぞきこみ操作」「ボブスレーゲーム操作」「ショートカットキー入力操作」の 3 つの操作について順に説明を行う。

2.1 のぞきこみ操作

のぞきこみ操作は着席時の上体の傾き方向と傾き量を利用して、重なったウィンドウの閲覧を支援する操作である。上体を傾けることにより、ディスプレイ上のウィンドウが上体の傾き方向と逆の方向に移動する(図 1)。ウィンドウは手前のものほど大きく移動するため、重なって隠れていた部分が見えるようになり、

手前のウィンドウを超えて奥をのぞきこむような感覚を提供する。ウィンドウのフォーカスが切り替わることもないため、手前のウィンドウに対する作業を継続しながら背後に隠れてしまった情報を確認するなど、複数ウィンドウを参照しながらの作業が手軽になると考えられる。

重なったウィンドウ閲覧支援は加藤らの研究⁴⁾や神原らの研究⁵⁾でも行われているが、これらは操作につまみなどを利用するため、操作量の調整が難しいという問題がある。身体動作を用いることで、操作量を体感的に掴むことができ、調整しやすくなると考える。

このように、上体の動作を利用することで、のぞきこむなどの実世界での動作をメタファとして操作に取り入れることができる。また、この例ではキーボード作業中に背後のウィンドウ情報参照のためにマウスに持ち替える手間がなくなるが、既存の入力デバイスとの併用やそれらの補助による作業の効率化を図ることもできる。

2.2 ボブスレーゲーム操作

ゲーム体感操作の例として、ボブスレーゲームの操作について説明する。上体を傾げることでボブスレーの重心がその方向に推移し、例えば左カーブで上体を思い切り左に傾けて曲がるなどのように、ボブスレーを操作することができる。ゲーム画面と操作中の様子を図 2 に示す。図右の中央にあるものがボブスレーである。上体の傾きが大きくなるとボブスレーの重心推移量も増え、急激に曲がることことができる。

このように、レースゲームで体を傾けて操作したり、またシューティングゲームで上体を動かして敵の攻撃をかわしたりなど、実際に行われる動作と同じ動作を行うことで操作できるため、ゲームプレイのリアル感や楽しみが増加すると考える。近年は PC ゲームにアクションやシューティングゲームが増加しているため、デスクトップ PC 使用環境での身体動作利用の必要性



左に傾くとボブスレーの重心が左に移動

図2 ボブスレーゲーム操作
Fig.2 bobsled control

がより高まってくると考えられる。

2.3 ショートカットキー入力操作

この操作はある特定の一連動作が行われた場合に、あらかじめ設定したショートカットキーの入力やプログラムの起動などが行われる操作である。特定の一連動作とは、腰を素早く左右に振る動作や足を上げ下げする動作など、2.1 節や 2.2 節のような動作と区別しやすい動作とする。デスクトップ PC を利用する際には、ボタン操作や項目選択のような、離散的な操作が行われることが多い。よって、身体動作により離散的な操作を行えるようにすることで、デスクトップ PC における操作に幅広く対処できると考えられる。

この操作を用いることで、例えばタブブラウザ操作時に腰を左に振ると左のタブに移動するなどのように、動作の方向を利用した操作を行えるようになる。また、体を右に傾けて静止すると画面右側のシステムトレイに格納したメニューを展開し、元の姿勢に戻ると再び格納するといった操作も可能である。これは、興味がある方向に体を傾けるとい実世界での意味と対応しており、一連動作の種類による直感性も利用できると考える。更に、マウスの右クリック操作を、右足のタップ動作で行うなど、身体動作の豊かな入力を利用して様々な操作を行うことができると考える。

3. しりコンの実装

3.1 重心移動動作と既定動作

2 章で挙げた操作を実現するために、我々は上体の傾き方向や傾き具合によるリアルタイムな動作と、特定の動作を行う離散的な動作の 2 種類の動作の認識を行うこととした。前者のような動作を重心移動動作、後者の動作を既定動作と定義する。重心移動動作の認識により、のぞきこみ操作やボブスレーゲーム操作のように、上体の動作を直接反映させるような操作感を提供することができる。また、既定動作の認識により、



圧力測定パネル

図3 左：圧力分布測定シート
右：シートにクッションを乗せた状態

Fig.3 left: pressure sensing sheet
right: place a cushion on the sheet

ショートカットキー入力操作のような離散的な操作が可能になる。以降では、まずこれらの動作を認識するための認識装置の説明を行い、次に各動作の認識方法について説明を行う。

3.2 認識装置

上体や足の動作を認識するために、圧力センサを含む圧力測定パネルを敷き並べた、圧力分布測定シートを作成した(図3左)。このシートは、木の板の裏に圧力センサを設置した圧力測定パネルを塩化ビニルシートに貼り付けたものである。圧力測定パネルの大きさは 68mm×68mm で、各パネル間に 4mm の間隔をあけて 4×4 でシートに貼り付けている。圧力測定パネルを用いることで、圧力センサの真上に体が乗らなくても、木の板の端に触れれば圧力を取得することができ、少ないセンサで広範囲の着席状態を認識することができる。また、圧力センサのセンシング部には小さな突起が張り付けてある。これは木の板による圧力の分散を防ぎ、センシング部で圧力を効果的に取得できるようにするためである。木の板の四辺に突起とほぼ同じ高さのスポンジ状両面テープを張り付けてシートに固定することで、パネルの安定とより効率的な圧力値の取得を図っている。しかし木の板の上に着席するのは不快であるため、実際の使用の際にはこのシートを厚手のクッションの中に入れて使用する(図3右)。圧力センサはインターリンク株式会社の FSR400(Force Sensing Resistors 400) を使用している。センサにより取得されたデータは Arduino MEGA 2560 によってシリアル通信でコンピュータに送信される。

3.3 重心移動動作認識

重心移動動作はシートより得られた圧力分布データから重心位置を計算し、ある基準点からの重心位置の

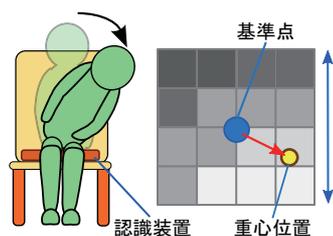


図 4 重心移動動作 (左:動作図, 右:圧力分布と重心位置)

Fig. 4 gravity point movement

移動方向と距離を算出することで認識を行う。図 4 に体の傾きによる重心移動の図を示す。図左は動作図であり、図右は圧力分布図と基準点、重心位置の図である。図右の圧力分布は、色が白いほど圧力値が大きく、黒いほど圧力値が小さいことを示す。図左のように左前に上体を傾けると図右のように重心位置が基準点から左前に移動する。距離は重心の移動量の値ではなく、我々の設定した最大移動量に対する比率を出力する。

基準点は動作の軸となる点であり、基本的には着席直後に圧力センサの総和値が安定した時点の重心位置に設定される。着席については、圧力総和値が 0 の状態から大きく増加した場合に着席したとする。しかし、長時間の着席により姿勢が徐々にずれる可能性がある。この問題に対処するため、60 秒間重心位置の移動がほぼ起こらなかった場合には、基準点をその位置に再設定することとした。この時間は短すぎると動作中に再設定が行われてしまう可能性があるが、長すぎると姿勢のズレに対応できないため、調整の結果このように設定した。また、のぞきこみ操作などを行うと長時間体を傾けて静止する可能性も考えられ、この場合に基準点の再設定を行うと問題になる。そのため、60 秒間静止した場合でも重心位置が基準点から大きく離れている場合には再設定を行わないこととした。

動作の方向と距離はリアルタイムに算出されるが、基準点から一定の範囲内では動作を認識しないようにした。これにより、真っすぐ座っているときに重心位置が僅かに動いて誤操作が発生することを防ぐことができる。

また、動作開始前の圧力分布状態によって、動作を認識しない範囲や出力する動作距離に調整を加えている。これは、例えばやや右に傾いて着席している場合は右方向に動作し易く、左方向に動作し辛くなることから調整を行っている。基準点の再設定の時に圧力分布の左右差を求め、それに比例して範囲や距離の調整幅を決定する。

3.4 既定動作認識

既定動作としては現在、一連動作の種類として「傾

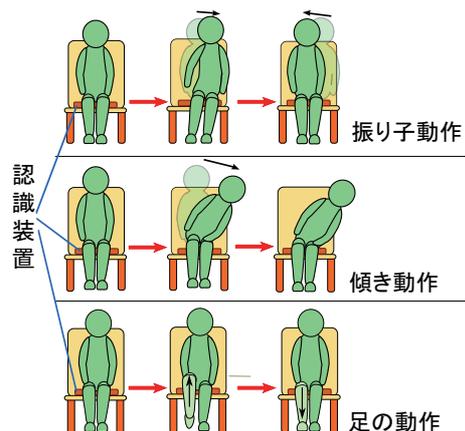


図 5 既定動作図

Fig. 5 specified movement

き動作」「振り子動作」「足の動作」(図 5)と名付けた 3 種類の一連動作を認識することができる。

傾き動作はある方向に体を傾けそのまま静止する動作(または、傾き状態から真っすぐ座った姿勢に戻る動作)である(図 5 上段)。傾いて静止することでモードを切り替え、元の姿勢に戻ることでモードを戻すような操作を行うことができる。動作方向は左右方向が利用できる。

振り子動作は体のある方向に少し揺すり、また元の姿勢に戻る動作である(図 5 中段)。傾き動作と比べ素早く行えるため、タブの左右切り替えや音楽プレイヤーの曲送りなど、方向により直感的に行える操作に適していると考えられる。動作方向は左右と前方向を認識できる。

足の動作は左右どちらかの足を素早く上げ下げする動作である(図 5 下段)。足の動作は左右足動作と、この動作は他の動作に比べて素早く出来るため、1 回動作と 2 回動作を別に識別できるようにした。これにより、マウスクリックと対応した動作での操作を提供でき、また項目選択などの多くの操作に対応できると考える。

この 3 種類の動作を実装することにより、身体動作の方向性を利用した操作を提供することができると考える。また、動作の種類と方向を組み合わせることで、多様な入力手段を確保することができる。しかし、傾き動作は既定動作のみで操作を行う際には有用だが、重心移動動作との併用はやや難しいため、場合により利用を制限する必要がある。

既定動作の認識は、操作を意図しない動作を除外するため、圧力総和値があるしきい値を超えて変動した場合にのみ行われる。圧力総和値がしきい値を超えて変動してから再び安定するまでの間を動作中であると

し、この間の圧力総和値と圧力分布の推移より動作を識別する．動作の識別は条件分岐により行う．

動作の種類は圧力総和値と圧力分布の変動により識別する．振り子動作と足の動作は動作の開始姿勢と終了姿勢が同様なので、圧力総和値が谷となる推移を見せる．対して傾き動作は2つの姿勢が異なるため、単調減少または単調増加の形になる．この違いを読み取り、傾き動作を識別する．次に振り子動作と足の動作の識別だが、足の動作では圧力分布図の右前または左前の狭い範囲のみ変動するが、振り子動作は分布図全体が大きく変動する．よって圧力値の変動の大きい箇所を検出して識別する．足の動作とされたときには圧力総和値変動の極値点の数により1回動作か2回動作かを識別する．

動作方向の識別については、圧力総和値の変動が大きく、かつ極値点の前である数か所のデータの圧力分布から推定する．極値点以前のデータを用いるのは、振り子動作などでは極値点を挟んで動作方向が逆転するためである．

操作を意図しない動作による誤認識を防ぐため、我々は異常な動作を分類する条件をいくつか手動で設定した．まず、動作時間が極端に長い場合極端に短い場合は異常動作とする．これは緩慢な姿勢の崩れや吃逆などによる動作を防ぐためである．また、圧力総和値の変動において極値が多い場合も異常動作とする．これは貧乏ゆすりなどによる圧力値変化を認識しないようにするためである．

3.5 既定動作の認識精度実験

我々はこれまでに、既定動作の認識精度を調査する実験を行った⁶⁾．認識率を動作の種類ごとに示すと、振り子動作が93.8%、傾き動作が96.8%、足の動作が80.0%であった．動作の誤認識は被験者毎に特定の方向に偏って発生しており、これは着席姿勢の偏りが影響していると考えた．この時の結果を考慮して認識法を調整し、被験者数と試行数を増やして再実験を行ったところ、認識率は振り子動作の認識率が98.3%、傾き動作が97.5%、足の動作が80.0%という結果となった．足の動作についてはまた別の対処を行う必要があると考える．

4. 床上でのシリコンの使用

4.1 シリコンのイス以外への応用

これまででは、イスに着席している状態でのシリコンの使用について説明したが、認識装置である圧力分布測定シートは、床の上などで使用することも考えられる．身体動作の認識は圧力値や圧力分布の推移を利用

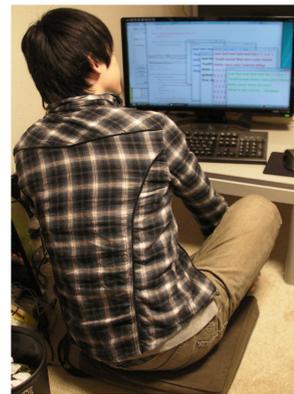


図 6 床上でのシリコンの使用
Fig. 6 use of ShiriCon on the floor

して行っているため、シートを安定した場所に設置し、重心位置を動作方向に正しく移動させられれば、身体動作を認識することができる．

シリコンを様々な環境で使用できると、オフィス環境に限らず、背の低い机やコタツを使用している際にもPC操作に身体動作を利用することができる．また、認識装置はクッションや座布団に入れて、屋内の様々な場所に持ち歩くことができる．よって、例えばテレビを見る際に床にクッションを敷き、身体動作でチャンネルの操作を行うなど、家電や周囲のコンピュータの操作における利用も可能であると考えられる．

4.2 床上におけるシリコンの使用と動作認識調査

床に認識装置を置いて使用する場合について考察する．図6は認識装置を入れたクッションを床上に置き、その上に胡坐をかいて座ってのぞきこみ操作を行っている図である．シリコンを床上で使用する場合は、イスの座面に認識装置を設置した場合と異なり、図のように胡坐をかいたり、または正座をしたりと様々な座り方が考えられる．そこで、座り方の違いによる身体動作の認識の可否を調べるため、著者が実際にいくつかの座り方で動作を行うことで調査をした．

動作認識の調査は、床上に置いたクッションに対する座り方として一般的な、胡坐、正座、足を前に伸ばして座る長座の3種類の座り方に対して行った．結果を述べると、まず重心移動動作はどの座り方でも概ね正しく上体の動きを認識できていた．しかし、イスに座ったときと比べて重心の移動量が小さく、特に正座と長座での前方向の傾きが認識されづかった．既定動作もすべての座り方ではほぼ正しく認識できたが、正座では圧力分布の変動が小さく、ある程度大きく動く必要があった．また、胡坐では足の動作を足先を動かすことで認識できたが、足を組み替えているので左右が逆になるという問題があった．

4.3 調査結果からの考察

調査の結果から、どの座り方でも重心移動動作と既定動作は共に認識が可能であったが、圧力の変化が小さいため大きく動く必要があるなどの問題が発生することが分かった。これはイスに座っている場合は地に足がついているのに対し、床上での使用においては認識装置に全体重がかかるため、腰を動かすににくいことが理由であった。動作方向の認識や既定動作の識別は概ね正しく行えるため、この問題に対してはシステムを調整することで対処できると考える。しかし、胡坐における足の動作の問題もあり、イスに着席した状況で使用することを前提に動作を考案した本システムをそのまま用いるのは適切でないと考える。また、しりコンが現在認識できる動作で家電操作などに対応できるかも考慮する必要があり、使用環境により適切なものを検討する必要がある。

5. 関連研究

着席者の動作や状態を利用したインタラクションの研究として、Lynne らの研究⁷⁾ や紙谷らの研究⁸⁾ が挙げられる。これらはイスの座面と背もたれに圧力センサを設置して着席者の現在の姿勢をリアルタイムに検出し、着席者の状態に対して適切な操作や表示を提供する研究である。また、Daian らの Sensitive Chair⁹⁾ は着席者の姿勢が良い姿勢であるかを認識する研究である。これもイスの座部と背もたれに圧力センサを設置しており、姿勢が崩れたとされた場合には机の上のエージェントが告知してくれる。これらは主に姿勢の安定した状態のデータから無意識の姿勢変更動作を認識する研究であり、意識的な身体動作を利用する本研究とは異なる。

意識的に操作を行う研究として、安本らは、バランスボールの上部にセンサを設置し、着座姿勢や位置によりインタラクションを行っている¹⁰⁾。これはインタラクションに身体性を利用する点で本研究と類似しているが、この研究はフィットネスを目的として大きな動作を取り入れており、オフィス環境などでの利用に適していない。本研究では一般的なオフィス環境でのデスクトップ PC 操作のために、イスに着席した際に行いやすい動作を考案した。また、これは離散的な操作はほとんど考慮されていないが、本研究では既定動作の利用により豊かな離散操作を可能としている。

6. まとめ

デスクトップ PC 使用環境での身体動作の導入のために、着席時における上体や足の身体動作により操作

を行うインタラクションシステム「しりコン」を提案した。本システムでは、重心移動動作と既定動作と名付けた着席時の身体動作を認識して操作に利用する。身体動作をデスクトップ PC 操作に導入することで、イスに座るというコンピュータ利用時の自然な状態を利用して、直感的な GUI 操作や既存の入力デバイスの補佐を行うことができる。また、しりコンはイスに着席している状況での利用に合わせて作成されているが、認識装置を床上に設置した場合の利用についても考察し、今後の発展についての展望を示した。

参考文献

- 1) Daniel Vogel and Ravin Balakrishnan: Distant Freehand Pointing and Clicking on Very Large, High Resolution Displays, In *UIST '05*, pp.33-42, (2005).
- 2) 島田義弘, 本田新九郎, 井原雅行, 小林稔, 石原聡: 靴型情報操作システム infoFloor の没入型仮想空間への応用, 電子情報通信学会技術研究報告, マルチメディア・仮想環境基礎 101(390), pp. 21-26, (2001).
- 3) Pernilla Qvarfordt and Shumin Zhai: Conversing with the User Based on Eye-Gaze Patterns, In *CHI '05*, pp. 221-230, (2005).
- 4) 加藤直樹, 小國健: ぱらぱらウィンドウ: ウィンドウの切り替えを容易にするインタフェース, インタラクション 2003 論文集, pp.123-130, (2003).
- 5) 神原啓介, 安村通晃: ちらりウィンドウ: 隠れたウィンドウを覗き見る, インタラクション 2004 論文集, pp.47-48, (2004).
- 6) 石山英貴, 高橋伸, 田中二郎: 着席時における姿勢変更動作を用いるインタラクション手法, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2011) シンポジウム, 2011 年 7 月, pp.946-956, (2011).
- 7) Lynne A. Slivovsky and Hong Z. Tan: REAL-TIME STATIC POSTURE CLASSIFICATION SYSTEM, In *Proceedings of the ASME Dynamic Systems and Control Division*, Vol.69-2, pp.1049-1056, (2000).
- 8) 紙谷一啓, 工藤峰一, 野中秀俊, 外山淳: 圧力センサを用いた着席者の姿勢識別に関する研究, 電子情報通信学会技術研究報告・USN, コピキタス・センサネットワーク 107(152), pp.41-46, (2007).
- 9) I. Daian, A.M. van Ruiten, A. Visser and S. Zubic: Sensitive Chair: A ForceSensing Chair with Multimodal Real-Time Feedback via Agent. In *ECCE'07 Proceedings of the 14th European conference on Cognitive ergonomics: invent! explore!*, pp.163-166, (2007).
- 10) 安本匡佑, 坂井理笑, 桐山孝司: バランスボールインターフェース, 電子情報通信学会技術研究報告・福祉情報工学 107(368), pp.51-55, (2007).