

姿勢ログの解析インタフェース

大江 龍人¹ 志築 文太郎² 田中 二郎²

概要：ワーキングチェア上の着座姿勢を作業状況を表す。例えば、仮眠をとっている場合は着座姿勢に変化が少なく、貧乏ゆすりをしている場合は着座姿勢が小刻みに変化する。本研究では、作業者の着座姿勢をログとして保存するシステム、及びログを解析するインタフェースを示す。我々は過去の姿勢のログを姿勢ログと定義する。この姿勢ログを本インタフェースを用いて振り返ることにより、作業者は過去の状況を知ることが可能になる。今回我々は、ワーキングチェア背面に取り付けられた3軸加速度センサと3軸ジャイロセンサのセンサ値を着座姿勢として保存するシステムを実装した。加えて、過去の作業状況の解析を支援するために、作業者の顔写真とデスクトップのスクリーンショットもまた保存される。本論文では、本インタフェースの操作手法及び実装を示す。さらに、1ヶ月以上に渡る第1著者の姿勢ログを解析したケーススタディを示す。

キーワード：着座姿勢、ワーキングチェア、センサ、ログ、作業環境。

Analysis Interface for Posture Logs

TATSUHITO OE¹ BUNTAROU SHIZUKI² JIRO TANAKA²

Abstract: Sitting posture on a working chair represents a user's states. For example, if the user naps while sitting on the chair, then the posture changes slightly; if the user giggles his/her legs, then the posture also jiggles. In this research, we present a sitting posture logging system and a posture analysis interface. Using the interface, the user can review sitting posture. By reviewing, the user can know his/her own states while working. To realize the system and the interface, we developed a recording system of posture logs using 3-axis acceleration and 3-axis gyro sensors. In this paper, we show interaction and implementation of the interface. Additionally, we present a case study where we analyzed the first author's posture logs of more than one month.

Keywords: Sitting Posture, Working Chair, Sensors, Logs, Working Environment.

1. 序論

ワーキングチェア上の着座姿勢は作業状況に影響される。例えば、仮眠をとっている場合は着座姿勢に変化が少なく、貧乏ゆすりをしている場合は着座姿勢が小刻みに変化する。

我々は、過去の着座姿勢を保存したデータを姿勢ログと定義し、姿勢ログに基づいて現在の着座状態に応じた提示を作業者に行うワーキングチェアの研究を構想している。例えば、作業者が貧乏ゆすりをしている場合、作業者の貧乏ゆすり周期を打ち消す振動をフィードバックとしてワーキングチェアが提示することにより、作業者の貧乏ゆすりを抑え、かつ作業者は自身の作業状態を知ることが可能になる。この結果、作業者はより集中して作業が遂行可能になると考えている。

我々は本研究を以下の要素に分解して進めている。

- (1) 姿勢ログの保存
- (2) 着座姿勢の解析

¹ 筑波大学大学院システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻

Department of Computer Science, Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

² 筑波大学システム情報系

Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

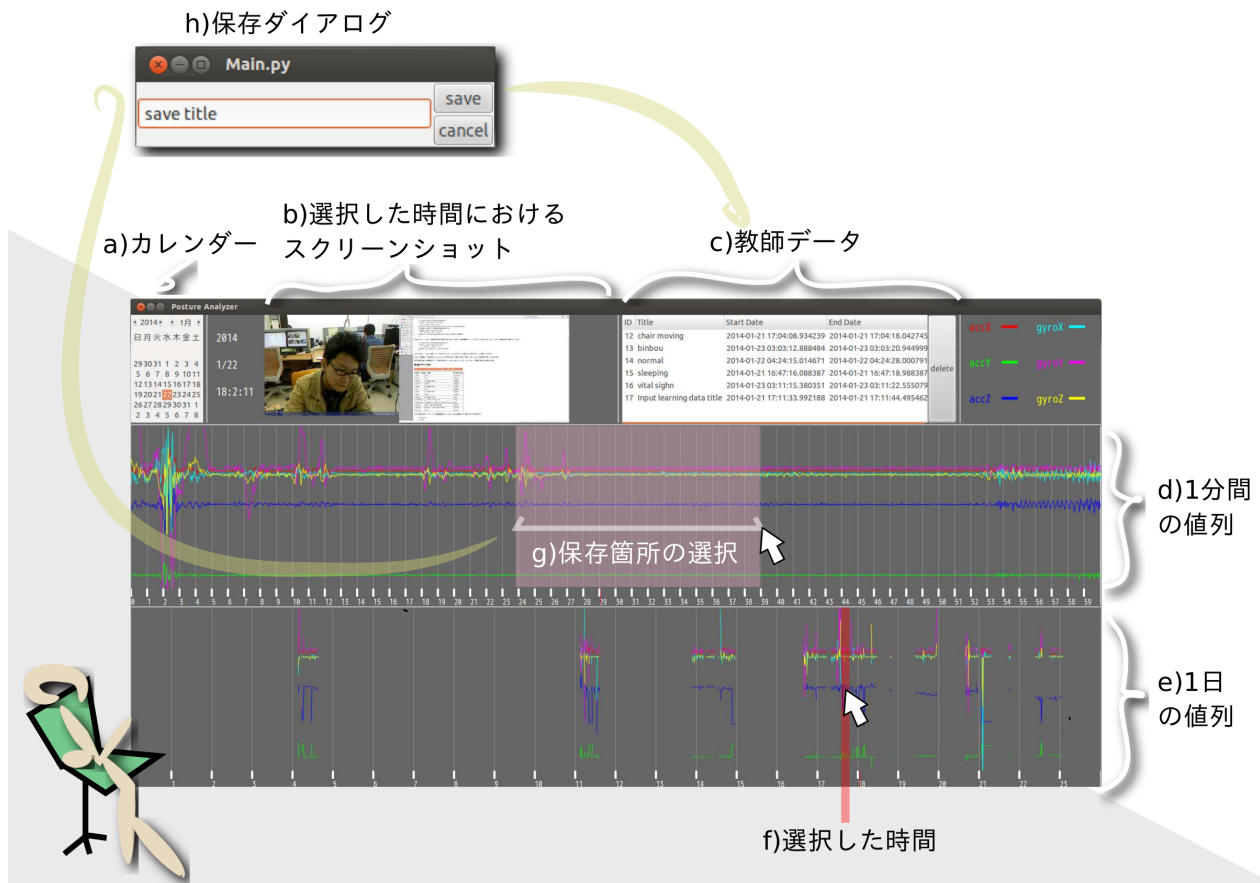


図 1 姿勢ログの解析インターフェース。
Fig. 1 Analysis interface for posture logs.

- (3) 姿勢ログを用いた椅子自体によるフィードバック提示
(4) フィードバック提示手法間による着座姿勢の観察
本論文では、(1) 姿勢ログの保存、及び (2) 着座姿勢の解析について述べる。

我々が示す解析インターフェースを用いることにより、作業者は姿勢ログを振り返り、自身の習慣及び癖を把握することが可能になる。また作業者は把握した癖を計算機に学習させることにより、自身の作業状態をリアルタイムに知ることが可能になる。さらに、提示インターフェースを用いることにより姿勢ログに基づくフィードバックを視覚的に提示する。これを閲覧することにより、作業者は現在の自身の姿勢を把握することが出来る。

今回我々は、ワーキングチェア背面に取り付けられた3軸加速度センサと3軸ジャイロセンサを用いて、作業者の着座姿勢を常に保存するシステムを実装した。着座姿勢に加えて、過去の作業状況の解析を支援するために、作業者の顔写真とデスクトップのスクリーンショットもまた保存される。本論文では、本インターフェースの操作手法及び実装を示す。さらに、1ヶ月以上に渡る第1著者の姿勢ログの解析結果を述べる。

2. 関連研究

本研究では、ワーキングチェア上の着座姿勢をロギングし可視化することにより、作業者の作業状況の振り返りを支援する。本研究に関連するものとして、「着座姿勢に基づいたインタラクション」及び「作業環境のライフログ」に関する研究が挙げられる。本節ではそれぞれの領域における研究を述べ、さらに本研究の位置づけを行う。

2.1 着座姿勢を用いたインタラクション

いくつかの研究が作業者の着座姿勢を用いたインタラクションを示している。Probstら[1]の研究ではワーキングチェアを入力デバイスにし、チェアの回転、傾き、弾みを検出しデスクトップの操作が行われる。また、安本ら[2]は、ユーザがバランスボールの上で弾む、又はバランスボールを叩く等して操作を行うバランスボールインターフェースを示した。さらに、Endertら[3]のChairMouseでは、大画面のポインティングを支援するために画面に対する椅子の向きを用いる。これらの研究では、着座姿勢は計算機を能動的に操作するために用いられる。これに対して、本研究では作業者の状況を振り返るために着座姿勢をロギングする。

Forlizzi ら [4] は、高齢者が使用するゆったりしたラウンジチェアに、音、光、振動の出力と、着座ジェスチャ入力とを備えた。この椅子を紹介することにより他人とアンビエントにコミュニケーションを行うことが可能になる。また、Wesugi ら [5] は、遠隔の相手と共に居合わせている感覚を創出支援するために、椅子の動きを共有するシステムである“Lazy Susan” Chairを開発した。これらの研究では、コミュニケーションの支援を目的としているが、我々の研究では個人が作業状況を振り返ることを支援することを目的としている。

大久保ら [6] は、椅子に取り付けた加速度センサから集中度合いを推定して本人に提示するシステムを示した。このシステムを用いることにより、作業者はディスプレイに表示された現在の集中度合いをリアルタイムに知ることが可能になる。この研究では、椅子背面に取り付けられた加速度センサの値をスペクトル解析することにより、集中度合いが自動的に判別される。さらにスゴイス [7] はGugen2013^{*1}に応募された作品であり、椅子自体が作業者の姿勢の悪さや居眠りを自動的に検知し、音やSNSを用いて提示する。これらに対して我々の研究では、解析インタフェースを用いて作業者が作業状況を把握し、提示して欲しい状況を自身が計算機に学習させる。このインタフェースでは、作業状況ごとに学習させることが可能であるため、作業者は提示タイミングをカスタマイズできる。したがって、我々の研究は、より作業者に特化した環境を構築している。

2.2 計算機の作業ロギング

作業者の作業環境をロギングし、作業の振り返りを支援する研究が示されている。Rekimoto [8] の Time-Machine Computing では、デスクトップの状況を撮りため、デスクトップの状態をタイムライン上にて行き来可能である。Kelly ら [9] の研究も、デスクトップの過去の作業内容を把握可能にした。また、Bergman ら [10] の DocWizards では、熟練者の作業をロギングし自動的にドキュメントを作成することにより、非熟練者の作業を支援する。Grossman ら [11] の Chronicle では、作業を視覚的にロギングし、作業内容とそのログを紐づけることにより、自身の過去の作業を見返すことが可能である。

本研究ではこれらの研究と類似し、デスクトップの作業のログとしてスクリーンショットをロギングする。これに加え、ワーキングチェアに取り付けられたセンサのデータもロギングすることにより、自身の姿勢に基づいた作業状況の分析を可能にしている。

3. 姿勢ログの解析インタフェース

姿勢ログの解析インタフェースを図 1 に示す。この解析インタフェースは以下の要素から構成される。

カレンダー 作業者は解析したい日付を図 1a に示すカレンダーを用いて選択する。日付を選択すると、1 日分の姿勢ログが図 1e に表示される。

1 日の値列 図 1e には 1 日分の姿勢ログが表示される。具体的には、椅子に取り付けられたセンサの値の列（以降、値列）のその 1 日の分が表示される。表示は 6 次元のセンサ値のグラフとなっており、それぞれ赤、緑、青が加速度センサの X, Y, Z 軸の値、シアン、紫、黄がジャイロセンサの X, Y, Z 軸の値を表す。また、グラフの下部には 1 日分のタイムラインが表示される。作業者はこのグラフを参照することにより、姿勢ログを外観することが可能になる。またこの概観からどの時間帯に着座して作業を行っていたか把握することも可能である。なお、このグラフの 1 目盛りは 1 分毎の値となっており、1 分間の詳細を知りたい場合は、グラフ上をマウスホバーする。すると、その 1 分間の姿勢ログの詳細が図 1d に表示される。さらに、1 分間の作業者とデスクトップのスクリーンショット（図 2）が図 1b に表示される。

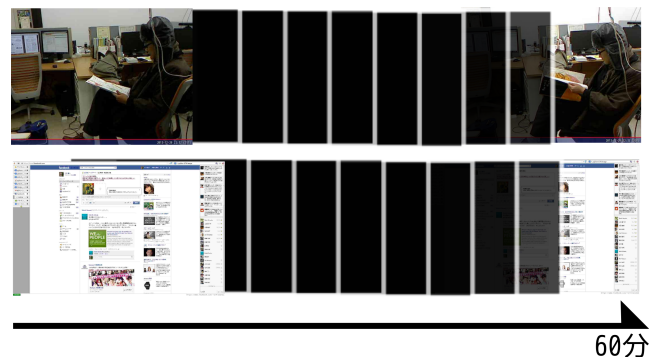


図 2 スクリーンショットのアニメーション表示。

Fig. 2 Screenshots' animation drawing.

1 分間の値列 図 1d には 1/30 秒毎のセンサ値が表示される。このグラフ上をマウスホバーすると、その時点におけるスクリーンショットが図 1b に表示される。

教師データ 図 1g に示すように、1 分間の値列のグラフ上をマウスを用いて Drag すると、保存ダイアログが表示される（図 1h）。この保存ダイアログの“save” ボタンをクリックすると、教師データが表示される（図 1c）。この教師データは、状態提示のための教師データとなる。

教師データのリストから 1 つを選択すると、解析インタフェースの画面は図 3 の画面に遷移する。この画

^{*1} <http://gugen.jp/>

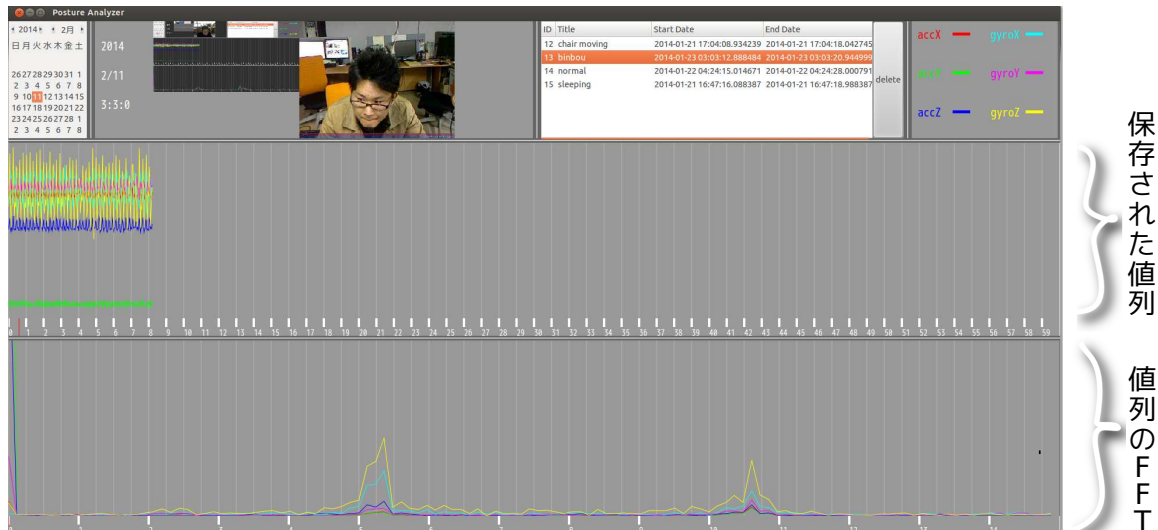


図 3 教師データの表示。

Fig. 3 Displaying learning data.

面には選択した教師データの値列がグラフ上部に表示され、また、グラフ下部にはその値列を FFT (Fast Fourier Transform) した結果が表示される。なお、この図 3 には貧乏ゆすりをしている作業状況での値列が表示されており、FFT した結果から作業者は 5 ヘルツ程度の揺れにて貧乏ゆすりを行っていることがわかる。

4. 提示インタフェース

提示インタフェースは姿勢ログに基づくフィードバックを視覚的に提示する。このインタフェースは、常時、現在の姿勢ログと各教師データとを比較する。その結果、現在の作業者の姿勢に最も類似した姿勢を図 4 のように文字列にて表示する。さらに、比較の際に得られる類似度も併せて表示する。これらを閲覧することにより、作業者は現在の自身の姿勢を把握することが出来る。



図 4 提示インタフェースによる現在の作業者の状況の提示。
The feedback interface displays a worker's condition.

5. 実装

本節では本システムの実装について述べる。まず、セン

シングのための椅子上のハードウェアについて述べる。その後、センサ値のロギング、解析インタフェース、提示インタフェースの実装についてそれぞれ述べる。

5.1 ハードウェア実装

図 5 にセンサが取り付けられた椅子の全体を示す。この椅子には加速度センサとジャイロセンサ (図 5a)、及び着座の是非を判定するためのフォトリフレクタ (図 5b) が備え付けられている。加速度センサとジャイロセンサには、今回 Sparkfun の SEN-10736^{*2}を用いた。また、センサ値の読み取りには Arduino^{*3}を用いた。さらに、作業者のスクリーンショットの取得には、ディスプレイ上部に取り付けられたカメラを用いた (図 5c)。

5.2 ソフトウェア実装

ソフトウェア実装は以下のロギング部、解析インタフェース部、提示インタフェース部から構成される。

ロギング部 センサの値、及びデスクトップと作業者のスクリーンショットを撮りためている。センサの値は 30FPS、スクリーンショットは 1FPS にてそれぞれ取得している。なお、これらの取得はデータ量削減のために、作業者が椅子上に着座している場合のみとしている。

解析インタフェース部 解析インタフェースでは、ロギングされたセンサの値が描画される。今回、GUI の実装には PyGTK^{*4}、グラフ描画には Pycairo^{*5}をそれぞれ

^{*2} <https://www.sparkfun.com/products/10736>

^{*3} <http://www.arduino.cc/>

^{*4} <http://www.pygtk.org/>

^{*5} <http://cairographics.org/pycairo/>



図 5 ジャイロセンサと加速度センサが取り付けられた椅子。この椅子には第 1 著者の研究室の椅子が用いられている。

Fig. 5 The chair attached gyro and acceleration sensors.

用いた。

提示インタフェース部 提示インタフェースでは、解析インタフェースを用いて保存された教師データと、現在の椅子の値列とを類似度判定し、現在の姿勢状況を作業者に提示する。この類似度判定には DP マッチングを用いた。DP マッチングの入力には 6 次元のセンサ値が用いられる。これらを入力源として 1 次元ごとに類似度判定を行い、それぞれの次元の出力 (0.0~1.0) を掛けあわせたものを結果とした。

6. ケーススタディ

本論文の第 1 著者のワーキングチェアにセンサを備え付け、実際にロギングした。ロギングの期間は 2013/11/20 から 2014/2/15 までである。期間中において、データの総量はセンサデータが 1.3GB、デスクトップのスクリーンショットが 38.6GB、ユーザのスクリーンショットが 18.9GB であった。本節ではロギングした期間内における、解析インタフェースを用いた作業状況の発見、及び提示インタフェースを用いた発見についてそれぞれ述べる。

6.1 解析インタフェースによる作業の見返し

解析インタフェースを用いることにより、「1 日毎の作業時間」及び「姿勢の違いによる作業の変化」が解った。以下にそれぞれ具体的に記述する。

1 日毎の作業時間 図 1c を参照すると、2014/1/22 の 1 日の作業時間が把握できる。このグラフを見ると、24 時

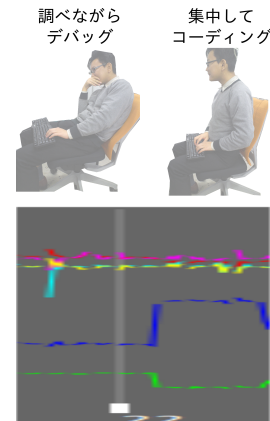


図 6 コーディングを行う際に、デバッグ中は背もたれに深く腰掛け (左)、集中している際は背もたれには腰掛けていない場合があった (右)。

Fig. 6 When the worker writes codes, he sits deeply on the chair in debugging, and sits shallowly in concentrative writing.

間中まだらに研究室に来て作業を行っていることがわかる。このように、ある日付毎に作業を見返すことにより、自身の仕事のリズムを把握することが可能であった。

姿勢の違いによる作業の変化 姿勢と、その際に行っている作業を見返したところ、姿勢の違いによって行う作業が異なることがわかった。例えば図 6 に示すように、本論文の第 1 著者はコーディングを行う際、デバッグ中は背もたれに深く腰掛け (図 6 左)、集中している際は背もたれには腰掛けていない場合があった (図 6 右)。このように、自身の姿勢とその際の作業の見返しを行った結果、自身の姿勢の使い分けられ方がわかった。

6.2 提示インタフェースによる作業の見返し

本論文の執筆時に、図 4 の提示インタフェースを常にデスクトップ画面に表示させた。このインタフェースに提示されるのは、図 7 に示す 4 状態である。これらはそれぞれ、

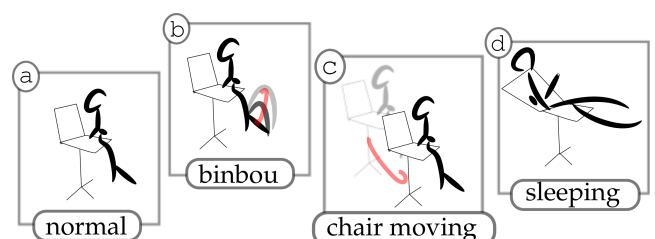


図 7 提示インタフェースに学習させた状態。それぞれ、a) 通常状態、b) 貧乏ゆすり、c) 椅子を前後に動かす、d) 睡眠。

Fig. 7 States which are learned with feedback interface. Each states represent, a) normal, b) giggles his/her legs, c) moving the chair, d) sleeping.

図 7a) 浅く腰掛ける通常状態、図 7b) 貧乏ゆすりをして

いる状態, 図 7c) 椅子を前後に動かしている状態, 図 7d) 背もたれに深く腰掛け睡眠をとっている状態である. この提示により以下のことがわかった.

音楽視聴中の集中作業では貧乏ゆすりが多い 音楽を聴きながら集中して執筆している場合に, 音楽に合わせて貧乏ゆすりをしながら打鍵していることが改めてわかった. 実際に本論文の第 1 著者は, 研究室の同僚に貧乏ゆすりを注意されたことがあり, 本インタフェースはその注意と同様の効果があると感じた.

ディスプレイ上の提示を見ないことが多い 作業中, 本インタフェースをサブディスプレイ上に表示させていたため, 集中している場合はその画面を見ないことが多かった. 作業者が集中している場合においても気づきがあるように提示するために, 我々はディスプレイ上の提示ではなく椅子自体による提示を考えている. 例えば, 図 5 に示すように, 椅子背面にスピーカーを取り付け作業者の状況に応じて, 椅子を振動させる. このことにより, 椅子自体がアンビエントに作業者を揺り動かし, それとなく気づかせることが可能になると考える.

7. 結論と今後の展開

本論文では姿勢ログの解析インタフェース, 提示インタフェース, それらの実装, 及びケーススタディを示した. 6 節にて示したように, 実際に本インタフェースを長期的に使用したところ, 自身の作業の習慣や癖を見返すことが可能であった.

今後は, 姿勢ログを用いた椅子自体のフィードバック提示, 及びフィードバック提示手法間による着座姿勢の観察を行う. これらと解析インタフェースを用いることにより, ワーキングチェアがインテリジェント化する可能性を探索していきたい.

参考文献

- [1] Probst, K., Lindlbauer, D., Greindl, P., Trapp, M., Haller, M., Schwartz, B. and Schrempf, A.: Rotating, Tilting, Bouncing: Using an Interactive Chair to Promote Activity in Office Environments, in *CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '13, pp. 79–84, ACM (2013).
- [2] 安本匡佑, 坂井理笑, 桐山孝司: バランスボールインタフェース, 電子情報通信学会技術研究報告. WIT, 福祉情報工学, Vol. 107, No. 368, pp. 51–55 (2007).
- [3] Endert, A., Fiaux, P., Chung, H., Stewart, M., Andrews, C. and North, C.: ChairMouse: Leveraging Natural Chair Rotation for Cursor Navigation on Large, High-Resolution Displays, in *CHI '11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '11, pp. 571–580, ACM (2011).
- [4] Forlizzi, J., DiSalvo, C., Zimmerman, J., Mutlu, B. and Hurst, A.: The SenseChair: the lounge chair as an intelligent assistive device for elders, in *Proceedings of the 2005 conference on Designing for User eXperience*, DUX '05, AIGA: American Institute of Graphic Arts (2005).
- [5] Wesugi, S. and Miwa, Y.: "Lazy Susan" Chair Communication System for Remote Whole-Body Interaction and Connectedness, in *Proceedings of the Third IASTED International Conference on Human Computer Interaction*, HCI '08, pp. 93–99, ACTA Press (2008).
- [6] 大久保雅史, 藤村安邪: 加速度センサーを利用した集中度合い推定システムの提案, in *The 16th Workshop on Interactive Systems and Software*, WISS '08, pp. 113–114, 日本ソフトウェア科学会 (2008).
- [7] スゴイス — Gugen - 「未来のふつう」を具現化しよう (2014/2/17 参照) <http://gugen.jp/contest2013/entry/050>.
- [8] Rekimoto, J.: Time-Machine Computing: A Time-centric Approach for the Information Environment, in *Proceedings of the 12th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '99, pp. 45–54, ACM (1999).
- [9] Kelly, S. U.: Desktop History: Time-based Interaction Summaries to Restore Context and Improve Data Access., in Rauterberg, M., Menozzi, M. and Wesson, J. eds., *INTERACT*, IOS Press (2003).
- [10] Bergman, L., Castelli, V., Lau, T. and Oblinger, D.: DocWizards: A System for Authoring Follow-me Documentation Wizards.,
- [11] Grossman, T., Matejka, J. and Fitzmaurice, G.: Chronicle: Capture, Exploration, and Playback of Document Workflow Histories, in *Proceedings of the 23rd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '10, pp. 143–152, New York, NY, USA (2010), ACM.