



複数人の座圧重心変動による部屋の状況推定

三上 光司^{*1} 矢野 史朗^{*1} 近藤 敏之^{*1}

State of the room estimation based on the dynamics of multiple seat pressures

Koji Mikami^{*1}, Shiro Yano^{*1} and Toshiyuki Kondo^{*1}

Abstract – Recently, there exists a number of demands to quantify the activity level in a living room or an office implicitly to reduce electricity consumption or encourage tele-working. The paper proposes a state of the room estimation method based on the dynamics of multiple users' seat pressures. For this purpose, first we developed a seat pressure sensing system combining pressure-sensitive sensors, a microcomputer, and a communication device. Based on the time-series of multiple users' seat pressures, we defined and calculated two evaluation criteria (i.e., activity and discordance indexes) to quantify the state of the room. As the result of an experiment with 4 users which were imposed some tasks, we found that the two indexes are valid for evaluating the state of the room. However, a longer period experiment with even more users is required for further investigation.

Keywords : state of the room estimation, sensing, seat pressures

1. はじめに

近年、人が生活の中で発する非言語情報を、常時計測・分析することで情報支援するシステムに関する研究・開発が進められている。中でも、個々のユーザの状況に応じて適切な情報を選択し、さり気なく提供することを目的としたアンビエントインテリジェンスと呼ばれる技術が注目されている^{[1][2]}。このような研究の一例として、PC 作業者の割り込み拒否度を推定し電子メールの着信表示タイミングを制御^[3]したり、独居高齢者の部屋を全方位視覚センサによりモニタリングし、非日常行動を自動的に検出するシステム^[4]などがある。また非言語情報を計測し個人の作業状況を推定する研究として、脳波や心拍変動を利用したものもある^{[5][6]}。しかし生体信号を常時計測するというアプローチは、ユーザの負担が大きく、できるかぎりユーザの生活を侵襲しない計測方法が望ましい。このためユーザへの負担を考慮したうえで非言語情報を計測し、そのデータをもとにユーザに情報支援する研究も進められている^{[7][8]}。これらの研究では椅子に感圧センサを配置し、着席したユーザの重心変動や圧力分布を計測し、そのデータをもとに姿勢識別や個人識別を行っている。しかしながら、これらの取り組みはすべて個人の作業状況・身体状態の推定を試みたものであり、複数の人間がコミュニケーションしている状況や、部屋全体の状況を推定しようとする研究は少な

い^[9]。室内状況の動画や音声を計測・解析して会議の活性度などを推定する研究^{[10][11]}が一部で行われているものの、ユーザのプライバシーを考慮すると実際に導入するには心理的負担が大きいと考えられる。

そこで本研究では家やオフィスでの利用を対象とし、椅子に座った複数のユーザの重心変動から部屋の状況を推定する新しい状況推定手法を提案する。部屋の状況推定に関する先行研究には、着座時揺動の同調傾向から聴衆の興奮・退屈状態の計測^[12]するものや、会話の活性度を計測するものがある^[13]。部屋の状況を正しく推定することで、例えば電子機器の効率的な制御（不要な電気機器の電力消費の抑制、換気などによる室内環境の改善を促すなど）が可能になると考えられる。またテレワークのような遠隔協調作業においては、遠隔地で働く労働者の労働時間の管理や把握が困難であり、一般的には仕事にノルマを課すことなどで労働者を管理しているが、椅子に座ったユーザの重心変動から作業状況を推定できるようになれば管理者の負担が軽減されることが考えられる。またオフィスに本システムを導入することで、オフィスの状況に合わせてテレワーカーとのコミュニケーションをとるタイミングを制御するといった情報支援が可能になると考えられる。

2. システム

本研究では椅子に座ったユーザの座圧・重心変動を計測するためのハードウェアである座圧センサシステムを開発した。まずセンサ板の構成について述べる。本研究では、感圧センサ（FSR406, Interkink 社製）

*1: 東京農工大学

*1: Tokyo University of Agriculture and Technology

を五つ、縦 200 mm, 横 300 mm, 厚さ 3 mm のアルミ板に配置することで座圧変動を計測するためのセンサ板を構築した。センサ板の概観について図 1 に示す。

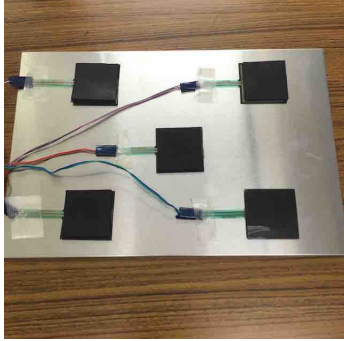


図 1 開発したセンサ板の概観

Fig.1 Appearance of a developed sensor board.

センサ板は回転椅子の座面に配置し、その上に厚さ 4 cm の低反発クッションを敷き使用する。センサ板を設置した椅子を図 2 に示す。



図 2 センサ板を設置した椅子

Fig.2 A chair with sensor board.

次にセンサデータを計測・記録するために使用したマイコンについて述べる。本実験には Arduino Ethernet R3 に PoE モジュールを追加したものを用いた。センサ値は圧力に比例する電圧値となるため、これをアナログ入力により 0.1 秒ごとに取得し、タイムスタンプとともにサーバへ保存した。

3. 提案手法

本章ではユーザの座圧・重心変動から部屋の状況を推定する手法について述べる。

3.1 重心変動

サーバ内には各感圧センサより 0.1 秒ごとに計測した電圧値、計測した時刻のサーバのタイムスタンプ、全センサ値から算出したユーザの重心位置 (x, y) が記録されている。これらの値を用いて、ある時刻 i にお

いてユーザ k の重心が変化する速さを計算する。これを重心差分と呼ぶ。なお図 1 の中心部に位置する感圧センサの電圧値は重心計算時には考慮する必要がないため使用していない。まず、0.1 秒ごとに計算した重心 (x, y) について、重心差分を計算する。時刻 i におけるユーザ k の重心差分 S_i^k は、時刻 i での重心 (x_i^k, y_i^k) と時刻 $i-1$ での重心 (x_{i-1}^k, y_{i-1}^k) の 2 点間のユークリッド距離を用いて、

$$S_i^k = \sqrt{(x_i^k - x_{i-1}^k)^2 + (y_i^k - y_{i-1}^k)^2} \quad (1)$$

と表される。ここで各ユーザにおける重心差分の時系列データについて時間窓 $T = 60$ ごとの重心差分の総和を重心変動と定義する。時刻 j におけるユーザ k の重心変動 P_j^k は

$$P_j^k = \sum_{i=j-T}^j S_i^k \quad (2)$$

となる。

人の行動について、「人は集中すると動きが少なくなる傾向が強くなる」ことが知られている^[14]。このことから我々はデスクワークなどの作業集中時には着席者の重心変動が小さくなることが期待されると考えた。

3.2 活性度

活性度 (activity index) は部屋の状況の賑やかさを表す指標であり、各ユーザの重心変動を平均することで定義する。時刻 j における活性度 A_j は

$$A_j = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N P_j^k \quad (3)$$

で表される。ここで P_j^k は時刻 j におけるユーザ k の重心変動を表す。活性度 A_j は、騒がしい（重心変動が大きい）ユーザが多いほど大きくなる。

3.3 同調度

同調度 (discordance index) は各ユーザの重心変動 P_j^k と平均重心変動 A_j から求める。時刻 j における同調度 D_j は

$$D_j = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \sqrt{(P_j^k - A_j)^2} \quad (4)$$

となる。これは各ユーザの重心変動と平均重心変動との標準偏差から求められ、大きいほどそのユーザの重心変動と平均重心変動とのずれが大きい、つまりそのユーザは部屋の状況に同調していないことを意味する。したがって同調度は小さいほど、着席している各ユーザの状況が同調していることを意味する。

4. 実験

同一空間での異なる状況を推定・評価するため、座圧センサシステムにより椅子に座ったユーザについて重心を計測した。そして計測データから提案手法を用いて実験時の部屋の状況を定量化した。椅子はすべて同じ形状のものを使用し計測場所は研究室内実験室とした。また被験者には Task を与えることで意図的に行動をとらせるようにした。これは特定の行動による重心変動の変化を計測するためである。被験者は 21～23 歳の男性 4 名で計測中被験者に対し座り方について特に制限しないことで自然な環境下での重心変動を計測するようにした。各被験者の席の配置について図 3 に示す。

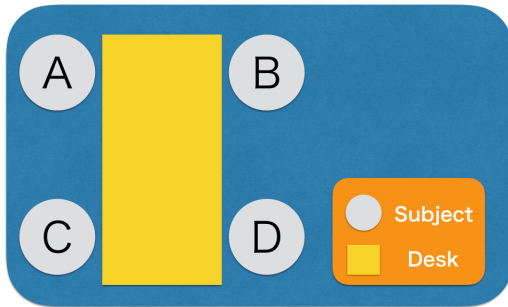


図 3 本実験における各被験者の席の配置
Fig. 3 Seats arrangement in the experiment.

次に、被験者に課した Task の設定を表 1 に示す。

Task1 では被験者全員に PC を用いたデスクワークをするよう指示し、意図的に作業に集中する状況をつくった。また会話など互いに行動を干渉させないようにした。Task2 では被験者 A,B は引き続きデスクワークを、被験者 C,D には互いに会話をさせた。これにより被験者ごとに行動が異なるケースでの部屋の状況をつくるためである。Task3 では被験者全員に会話をするよう指示した。これは作業に集中している Task1 のケースと比較し部屋の賑やかさを変化させるためである。

次に実験手順について説明する。順序としては表 1 の各 Task について Task1 から順に行う。また各 Task 間には 5 分間のインターバルを挟み次に行う Task の説明を行った。

5. 結果

各 Task ごとの活性度と同調度の分布を図 4 に示す。横軸は活性度を、縦軸は同調度を表す。各クラスの

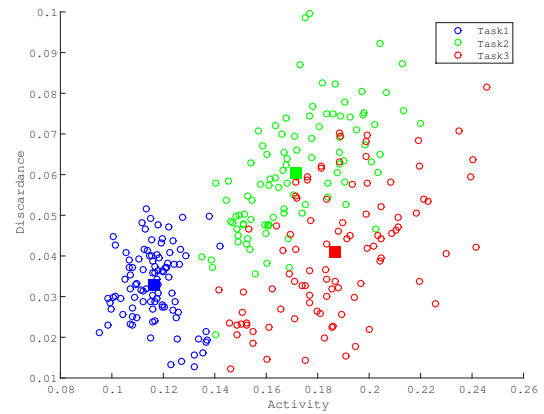


図 4 Task 間の活性度と同調度の分布
Fig. 4 Activity and Discordance for each tasks.

正方形はそのクラスの平均を表す。図 4 の結果を用いて、特徴量を活性度、同調度とする 3 クラスのナイーブベイズモデルを学習させた。データのモデル化に使用するデータ分布にはガウス分布を用いた。図 4 から得られたナイーブベイズモデルについて 10 分割交差検定を使用して評価した結果、分類率 $score = 0.8194$ となった。つまり約 81.9% は正しく分類できたこととなる。以上のことから部屋の状況が異なる 3 ケースについて、提案手法から定量化できることが示唆された。

次に各 Task の活性度、同調度の平均を表 2 に示す。

Task1 と Task2,3 について、活性度が増加傾向にあることがわかる。これは Task1 では作業の集中のため動きが小さかったが、Task2,3 では会話をする事で動きが大きくなり重心変動の増加が起こったためと考えられる。また Task2 の同調度が Task1,3 と比較し増加している。これは Task2 では被験者 A,B がデスクワークに集中し動きが小さく、被験者 C,D は会話による動きが大きくなり同一空間内で被験者の行動が同調していない状況が作りだされたためである。

6. 今後の課題

実験について、本研究では被験者に行動を意図的にとらせることで部屋の状況をあらかじめ決定したうえで提案手法の評価を行った。しかし実生活では部屋の状況のパターン数は推測できない。そのため実生活上での計測実験を行い多変量正規分布から混合ガウスモデルに近似させるなどの手法を用いてモデリングし、未知の計測データについて提案した特徴量から部屋の状況の識別が可能か妥当性の検証をする必要がある。

計測データについて、本実験では被験者を 1 グループ 4 人としたが実生活ではより多くの人がいる環境な

表 1 Task の設定
Table 1 Detail of the experiment

Task	内容	計測時間
Task1.	すべての被験者が PC を用いたデスクワーク	10 分間
Task2.	被験者 A, B は Task1. と同様のデスクワーク, 被験者 C, D は互いに会話	10 分間
Task3.	すべての被験者が会話	10 分間

表 2 各 Task の活性度, 同調度の平均
Table 2 Mean of activity and discordance indexes for each tasks.

Task	活性度	同調度
Task1.	0.1164	0.0329
Task2.	0.1714	0.0604
Task3.	0.1869	0.0412

ども考えられる。実験時間も各 Task について 10 分と短い。より多くの被験者で長期間計測するのが望ましい。長期間計測することで同じ行動中でも作業による疲労や集中度の低下による動きの変化がみられるためである。

実験結果について、実運用ではリアルタイムに座圧センサシステムを使用して計測、データの解析をしなければユーザへ情報支援は不可能である。本研究ではオフラインによる解析で部屋の状況を定量化したが、今後はリアルタイムに部屋の状況を推定しユーザへフィードバック可能なシステムを構築していく。

提案手法について、本研究では部屋全体の状況を定量化したが、座圧センサシステム以外でもカメラやマイクから得られる画像、音圧データにより推定可能な場合も存在すると考えられる。しかし本研究では座圧センサシステムを用いることで、カメラ、マイクによるセンシングよりユーザの心理的負担を少なくセンシング可能な環境を構築した。今後は発話箇所の推定や人の行動が他人の行動へ与える影響など他のセンシングデバイスからは推定が難しい状況を座圧センサシステムによるセンシングデータから推定可能か調査していく。

7. おわりに

本研究では座圧センサシステムにより計測した複数人の着座者の重心変動を用いて部屋の状況を定量化し、状況が異なるケースを推定可能か検証した。部屋の状況を定量化するための特徴量として「活性度」と「同調度」を定義した。実験により同一の部屋において着座者すべてが作業に集中しているケースや会話しているケース、また人により行動が異なるケースを提案手法から識別可能であることが示唆された。今後は行動を指定せず実生活上での計測実験を行い、提案手法についての妥当性を検証していく。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省特別経費「持続可能社会にむけた知的情報空間技術の創出」によるものである。ここに謝意を表す。

参考文献

- [1] Cook, D. J. Augusto, C. J. and Jakkula, R. V., Ambient intelligence: Technologies, applications, and opportunities. In Proc. Pervasive and Mobile Computing 5(4), pp.277-298(2009).
- [2] Ducatel, K. Bogdanowicz, M. Scapolo, F. Leijten, J. and Burgelman, J-C., Scenarios for ambient intelligence in 2010,(2001).
- [3] 田中, 藤田, “利用アプリケーション切り替え時に着目したユーザの割り込み拒否度推定法の検討”, 人工知能学会論文誌 25(6), pp.683-693(2010).
- [4] 関, “One-Class SVM を用いた高齢者異常検出モニタリングシステム”, 数理システムユーザーコンファレンス 2013, 東京 (2013).
- [5] 趙, 松田, 片山, 伊良皆, “脳波 ~NIRS~ 心電図による集中状態の評価”, 電子情報通信学会技術研究報告, MBE, ME とバイオサイバネティクス 111(423), pp.117-120(2012).
- [6] 高橋, 井上, “心拍変動による VDT 作業者のストレス ~ 疲労の定量的検討”, 秋田大学工学資源学部研究報告第 30 号, pp.1-7(2009).
- [7] Mota, S. and Picard, R. W., Automated Posture Analysis for detecting Learner's Interest Level, Computer Vision and Pattern Recognition Workshop CVPRW '03 Conference on Volume:5, pp.49(2003).
- [8] Yamada, M. Kudo, M. Nonaka, H. Toyama, J., Hipprint Person Identification and Behavior Analysis, International Conference on Pattern Recognition 18th, pp.533-536(2006).
- [9] 三上, 矢野, 近藤, “VDT 作業者の座圧重心計測に基づく部屋の雰囲気推定”, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2015.
- [10] 細田, 中山, 小林, 岩城, “生体情報に基づく会議状態推定”, 情報処理学会研究報告, GN, [グループウェアとネットワークサービス] 2004(2), pp.43-48(2004).
- [11] 細田, 中山, 小林, “頭部動作に基づく会議状態推定”, 電子情報通信学会総合大会講演論文集, p.262(2005).
- [12] 綿谷, 岩井, 佐藤, “着座時揺動の同調傾向に基づく聴衆の興奮・退屈状態の計測”, IEEE Transactions on Electronics, Information and Systems, Vol.133 No.4, pp.1-7(2013).
- [13] 津田, 岸野, 宮崎, 中島, 伊藤, “SenseChair を用いたグループ会話の活性度計測に関する一検討”, 電子情報通信学会 2014 年総合大会講演論文集, pp.167, 2014.
- [14] 大久保, 藤村, “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”, WISS2008, 東京 (2008).