

人間情報学会

Academy of Human Informatics



第19回人間情報学会ポスター発表集

2014年12月2日

東京大学山上会館

## 第 19 回人間情報学会 ポスター発表集 目次

1. スピーチベースの e ラーニングにおけるリスニングエージェントが学習に与える影響……………P1  
木村英雅、出店優一、林潤平、長谷川大、佐久田博司
2. 環状ホスファチジン酸による皮膚線維芽細胞の  
ヒアルロン酸合成促進作用と加齢への影響……………P2  
後藤真里、前田桂、塚原涼子、田島範明、室伏擴、室伏きみ子
3. 変形性関節症(OA)における環状ホスファチジン酸(cPA)の効果の検討……………P4  
塚原涼子、後藤真里、長野あや、室伏擴、諸星俊郎、大塚一幸、室伏きみ子
4. 脳波による情動／非情動的遅延反応課題における深部脳活動の特徴評価……………P6  
今井絵美子、片桐祥雅、川又敏男
5. 快・不快音聴取による生理情報の変化に関する研究……………P8  
石井十三、川原靖弘
6. モーションキャプチャシステムを用いた居合道動作定量評価実験……………P10  
板東央晃、高橋淳二、ロペズ ギョーム
7. 動画二次元コードを用いたウェアラブルセンシングのための情報記録・配信手法……………P12  
米澤拓郎、西山勇毅、小川正幹、中澤仁、徳田英幸
8. ウェアラブル環境における心拍変動解析を用いた家電の制御方法……………P13  
鈴木悠太、高橋淳二、ロペズ ギョーム
9. 24 時間の心拍変動データ解析による日本人の自律神経機能と年齢の関係……………P15  
板生研一、駒澤真人、小林弘幸、羅志偉
10. ウェアラブル装置を用いた短距離選手の状態計測……………P16  
吉田知央、高橋淳二、ロペズ ギョーム
11. ペン型入力インターフェースを用いたコマンド認識手法の提案……………P18  
豊住尚弥、高橋淳二、ロペズ ギョーム
12. 複数の人物検出手法を組み合わせた人物検出……………P20  
川下雄大、増山岳人、梅田和昇

13. EC サイトの商品選択画面で可視化すべきは購入者数か在庫数か……………P21  
熊田純也、木村敦、武川直樹
14. 定在波レーダを用いた人間センシングに関する基礎検討……………P23  
森本雅博、瀬戸悠輔、時浩源、松本真衣、加茂優貴、梅田智広、斉藤光正、才脇直樹
15. 導電性ゴムを用いた触感センサの開発……………P25  
久井晶太、岩元一真、村山勝、才脇直樹
16. 三次元動作計測及び筋電計測による適切な運動指導のための歩行分析……………P27  
西嶋勇貴、岩井優貴、井口雅博、中村浩亮、曾我部晋哉、才脇直樹
17. 書道学習支援のための運筆情報記録可能なサイバー筆の開発……………P29  
清水拓真、才脇直樹
18. ドライビングシミュレータを用いたマルチコプター操縦の試み……………P31  
五十嵐翔太郎、和田睦、才脇直樹
19. インタラクティブな縫いぐるみ型雰囲気コミュニケーションデバイスの試作……………P33  
石田麻実、才脇直樹
20. インタラクティブ・アートの健康増進と介護予防への応用の試み……………P35  
小浜拓也、才脇直樹
21. 導電性薄膜ゴムを利用した静電容量変化型ウェアラブル入力デバイスの開発……………P37  
井町太一、村山勝、才脇直樹
22. 三次元形成ゴム素材の振動を薄膜ゴム抵抗で検出する触覚型入力デバイスの開発……………P39  
田中康嗣、村山勝、才脇直樹
23. 心肺蘇生法教示システム実現に関する一検討……………P41  
山本 晃大、大村 廉

# スピーチベースのeラーニングにおける リスニングエージェントが学習に与える影響

林潤平<sup>1</sup> 木村英雅<sup>1</sup> 出店優一<sup>1</sup> 長谷川大<sup>1</sup> 佐久田博司<sup>1</sup>

<sup>1</sup>所属青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科 〒252-5258 住所神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1 O 棟 526

## 概要

背景と目的：従来テキストベースであるeラーニングは初期段階の知識評価には適しているが、知識の内部化・深化評価にはスピーチベースのインタラクションによるテストが効果的であると考えられる。本研究ではeラーニングを開発し、聞き手役となるリスニングエージェントを用いたeラーニングを提案する。(122)

方法：JavaScript+HTML5によりブラウザで動作するリスニングエージェントを実現した。リスニングエージェントは、人間同士のインタラクションで頻繁に使用されている理解・興味を示すあいづち動作、および言い淀みが生じた際にみられる首をかしげる動作を、学習者のスピーチポーズに応じて生成する。本システムを利用してスピーチテストをふくむ学習実験を行った。

結果：45秒間のスピーチテストを6度試行した結果、あいづちの生成に関しては精度68%、再現率55%、値0.6であった。また首をかしげる動作の生成では精度78%、再現率78%、F0.78値であった。

考察：実験の結果、あいづち生成の精度が十分でないことが分かった。あいづちは0.1秒から0.3秒の短いスピーチポーズに対して生成しているため、生成回数が実際のあいづちが必要な場面に対して多くなっていたことが原因であった。

結論：リスニングエージェントを聞き手役として使用したブラウザベースのスピーチテストシステムの開発を行った。実験の結果、首をかしげる動作の生成は適切に生成されていることを確認した。しかし、あいづちの生成は調整が必要である。今後、本システムを利用した学習効果の測定を行う。

キーワード：eラーニング リスニングエージェント

## 序論

従来、eラーニングは主にテキストベースの記述式、選択式の評価方法を用いており、これは初期段階の知識形成や評価には適しているが、知識の内部化や応用力評価にはテキストベースよりもスピーチベースのインタラクションによる評価方法が有効であると考えられる。しかし、学習者にとって通常のPC画面に対して発話するよりも、話しかける対象が存在する方がスピーチテストに適したシステムデザインであると考えられる。

本研究では、eラーニングにおける知識評価を想定した、擬人化エージェントをリスナとして利用したスピーチベースのテストシステムの開発を行う。

## システム構成

図1は本研究で開発したスピーチベーステストシステム操作中の画面である。本システムはHTML5、JavaScript、WebGLで開発しており、Google Chrome上で動作する。以下に、リスニングエージェントの挙動について述べる。

リスニングエージェントは、人間同士のインタラクションで頻繁にみられる2つの聞き手行動を生成する。一つ目は、理解・興味を示すあいづちであり、学習者の短いスピーチポーズが検出された際に生成される。二つ目は、話し手に言い淀みが生じた際にみられる首をかしげる動作であり、学習者の比較的長いスピーチポーズに検出された際に生成される[1]。

## 実験および結論

リスニングエージェントの聞き手行動の生成精度を調査するため、本システムを用いて45秒間のスピーチテストを計6回行った。

実験の結果、あいづちの生成に関しては精度68%、



図1 スピーチベーステストシステム。  
Fig. 1 Speech Based Test System.

再現率55%、F値0.6であった。また、首をかしげる動作の生成では精度78%、再現率78%、F値0.78であった。

このことから、あいづちの生成精度が十分でないことが分かった。これは、あいづちが0.1秒から0.3秒の短いスピーチポーズに対して生成されているため、生成回数が実際のあいづちが必要な場面に対して多くなっていたことが原因であった。

今後、スピーチポーズの閾値を調整し、あいづち生成精度の向上を試みる。また、本システムを利用したスピーチテストを組み込んだeラーニングによる学習効果の調査を行う。調査は、聞き手行動を生成するリスニングエージェント条件、聞き手行動を生成しないリスニングエージェント条件、エージェントを描画しない条件の3条件で、実験参加者の発言の流暢さ、集中度を比較する。

## 文献

R. M. Maatman, Jonathan Gratch, Stacy Marsella, "Natural Behavior of a Listening Agent," Intelligent Virtual Agents (Lecture Notes in Computer Science), Volume 3661, 2005, pp 25-36

## 環状ホスファチジン酸、リゾホスファチジン酸による 皮膚線維芽細胞へのヒアルロン酸合成促進作用

後藤 真里<sup>1</sup>、前田 桂<sup>1,2</sup>、塚原 涼子<sup>1,3</sup>、田島 範明<sup>2</sup>、室伏 擴<sup>1</sup>、室伏きみ子<sup>1</sup>

<sup>1</sup>〒112-8610 東京都文京区大塚 2-1-1 お茶の水女子大学 ヒューマンウェルフェアサイエンス研究教育寄附研究部門

<sup>2</sup>〒103-0004 東京都中央区東日本橋 2-24-11 株式会社アルビオン

<sup>3</sup>〒103-0027 東京都中央区日本橋 1-2-10 SANSHO 株式会社

### 概要

**背景と目的：**環状ホスファチジン酸 (Cyclic phosphatidic acid: cPA) は、グリセロール骨格の *sn*-2 位と *sn*-3 位に環状リン酸基構造を持つ脂質メディエーターで、リゾホスファチジン酸 (Lysophosphatidic acid: LPA) の構造類似体である。本研究では cPA と LPA が皮膚線維芽細胞 (NB1RGB) に対して、ヒアルロン酸合成を促進させる作用を持つことを明らかにし、その細胞内情報伝達経路について解析した。

**方法：**新生児皮膚由来の線維芽細胞 (NB1RGB) を用いて実験を行った。ヒアルロン酸量は赤血球排除法および ELISA により測定し、ヒアルロン酸合成酵素とその他のタンパク質発現の検出にはリアルタイム PCR 法、ウェスタンブロット法を用いた。シグナル伝達系の解析には各種阻害剤およびレポータージーンアッセイを用いた。

**結果と考察：**NB1RGB に様々な濃度で cPA、LPA を添加したところ、いずれも濃度依存的にヒアルロン酸産生量を増加させることが示された。また、アガロースゲル電気泳動により、合成されるヒアルロン酸は主に高分子量 ( $>1 \times 10^6$  Da) のものであることを確認した。そこでヒアルロン酸合成酵素 1-3 (HAS1-3) の発現量を調べたところ、cPA、LPA 添加により HAS2 の発現が顕著に促進されていた。また、NB1RGB では、cPA、LPA 受容体のうち LPA1 の発現が高いことも分かった。そこで各種阻害剤を用いてシグナル伝達経路の解析を行った。その結果、cPA は LPA1-G<sub>i</sub>0、PI3K、ERK、CREB を活性化することで HAS2 の mRNA の発現を上昇させ、結果としてヒアルロン酸産生を促進することが明らかになった。

**結論：**以上の結果から、cPA、LPA はヒアルロン酸の減少によって引き起こされる皮膚の老化を標的とした化粧品材料として利用できる可能性を持つと考えられる。

キーワード：環状ホスファチジン酸 リゾホスファチジン酸 ヒアルロン酸 ヒアルロン酸合成酵素 細胞内情報伝達経路

### 【目的】

環状ホスファチジン酸 (Cyclic phosphatidic acid: cPA) は、1992 年に真性粘菌 *Physarum polycephalum* のミクソアメーバから単離された脂質メディエーターで、真核細胞の種々の機能を制御することが示されている<sup>[1,2]</sup>。cPA は、リゾホスファチジン酸 (Lysophosphatidic acid: LPA) と構造が類似しているが、グリセロール骨格の *sn*-2 位と *sn*-3 位に環状リン酸構造を持つ。我々は以前、cPA が皮膚線維芽細胞に働いてヒアルロン酸の合成を促進させることを報告した<sup>[3]</sup>。本研究では、cPA と LPA の皮膚線維芽細胞のヒアルロン酸合成促進作用について精査し、さらにその作用機序について検討を行った。

### 【方法と結果】

#### 赤血球排除法による細胞表層コート量の測定

ヒト新生児皮膚線維芽細胞 (NB1RGB) に 3  $\mu$ M cPA、LPA を添加し、24 時間、細胞を培養した。次に、培養上清を取り除き、ヒアルロニダーゼによる酵素処理を行った。その後、固定したヒツジ赤血球の懸濁液を加え、細胞表層のコート量の変化を観察した。

その結果、cPA、LPA を添加した細胞で表層コートが vehicle よりも多量に作られること、また、細胞表層コートがヒアルロニダーゼ処理

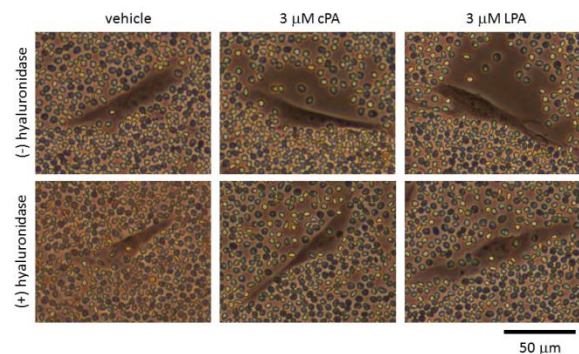


図1: 赤血球排除法により可視化した細胞表層コート

によって消化されることが示された(図 1)。

#### ELISA、アガロース電気泳動による

#### ヒアルロン酸合成量の測定

NB1RGB に様々な濃度で cPA、LPA を添加し、24、48、72 時間後の培養上清に含まれるヒアルロン酸量をサンドイッチ ELISA により測定した。また合成されるヒアルロン酸の分子量を、アガロース電気泳動によって調べた。その結果、cPA、LPA は濃度依存的にヒアルロン酸の産生量を増加させること (図 2)、合成されるヒアルロン酸が主に高分子量 ( $> 1 \times 10^6$  Da) であることが明らかになった (data not shown)。

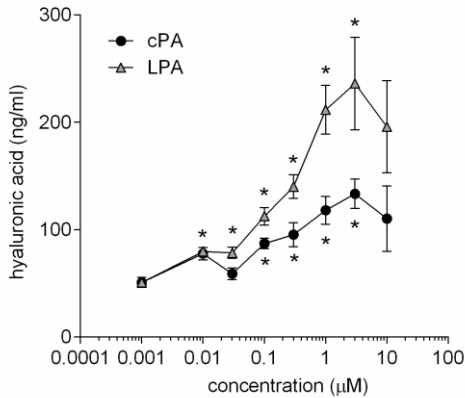


図 2: cPA、LPA 添加後のヒアルロン酸量

ヒアルロン合成酵素の発現変化の測定

NB1RGB に 3 μM cPA、LPA を添加し、ヒアルロン酸合成酵素 1-3 (Hyaluronan synthase: HAS1-3) の経時的な発現を、リアルタイム PCR、ウエスタンブロット法により調べた。

リアルタイム PCR の結果、NB1RGB では HAS3 の mRNA 発現は確認されなかった。HAS1 の mRNA 発現は、cPA、LPA の添加によって変化しないことが示された。一方、HAS2 の mRNA 発現は、cPA、LPA 添加 6 時間後に約 5 倍となり、その後発現が減少することが分かった (図 3)。HAS2 タンパク質の発現については、ウエスタンブロットによる解析により、72 時間後に約 2 倍に上昇することが示された。

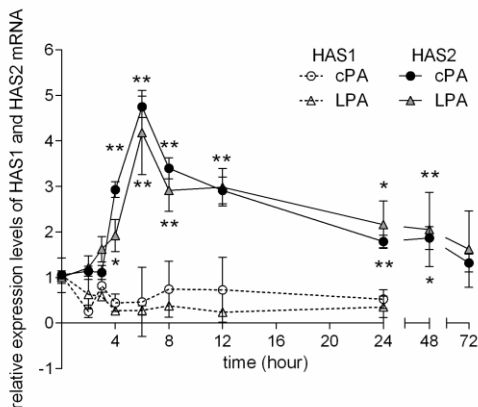


図 3: cPA、LPA 添加による HAS1, 2 mRNA 発現量変化

HAS2 遺伝子発現のシグナル伝達経路の解析

NB1RGB に発現している LPA レセプターを解析した結果、LPA1 の発現が最も高いことがわかった。そこで LPA1 の阻害剤 (Ki16425) を用いて、ヒアルロン酸合成への影響を調べた。その結果、Ki16425 で cPA、LPA のヒアルロン酸の合成が有意に抑制された (図 4)。次に、LPA1 の下流や、HAS2 発現調節に関与する因子に対する各種阻害剤 (U0126、Y27632、LY294002、U-73122、AG490、CREB binding

protein-CREB interaction inhibitor、BAY 11-7082) を用いてシグナル伝達経路の解析を行った。その結果、cPA、LPA は LPA1-Gi/o、PI3K、ERK、CREB を活性化することで、HAS2 mRNA の発現を上昇させていることが示唆された (図 5)。

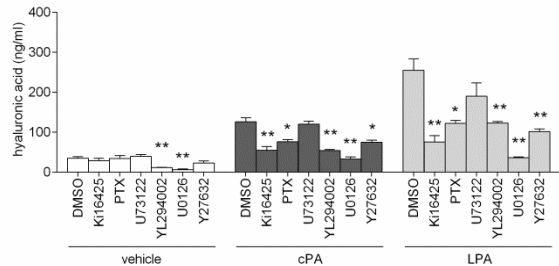


図 4: 各種細胞情報伝達経路阻害剤存在下での cPA、LPA 添加後のヒアルロン酸量

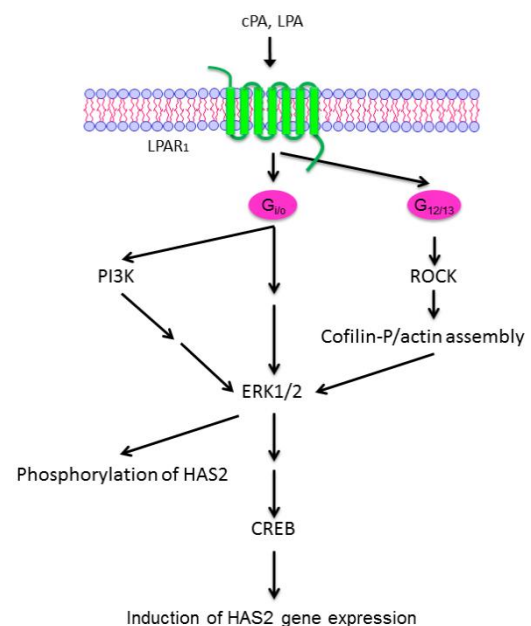


図 5: cPA、LPA による HAS2 発現上昇に関与している細胞内情報伝達経路(仮説)

【考察】

本研究から cPA、LPA が皮膚線維芽細胞に対し、HAS2 の発現を上昇させ、ヒアルロン酸の合成を促進させることが示された。これらの結果は、cPA、LPA をヒアルロン酸の減少によって引き起こされる皮膚の老化や変形性関節症などを標的とした薬剤や化粧品材料として利用できる可能性を示す。

文 献

[1] K. Murakami-Murofushi, M. Shioda, K. Kaji, S. Yoshida, H. Murofushi, *J. Biol. Chem.*, **267**, (1992) 21512-21517  
 [2] K. Murakami-Murofushi, A. Uchiyama, Y. Fujiwara, T. Kobayashi, S. Kobayashi, M. Mukai, H. Murofushi, G. Tigy, *Biochem. Biophys. Acta*, **1582**, (2002) 1-7  
 [3] K. Murakami-Murofushi, S. Tanaka, *Bioindustry*, **26**, (2009) 5-17

# 変形性関節症 (OA) における環状ホスファチジン酸 (cPA) の効果の検討

塚原涼子<sup>1,2</sup>、後藤真里<sup>1</sup>、長野あや<sup>1</sup>、室伏擴<sup>1</sup>、諸星俊郎<sup>2</sup>、大塚一幸<sup>3</sup>、室伏きみ子<sup>1</sup>

1 所属 〒112-8610 東京都文京区大塚 2-1-1 お茶の水女子大学 ヒューマンウェルフェアサイエンス研究教育 寄附研究部門

2 所属 〒103-0027 東京都中央区日本橋 1-2-10 SANSHO 株式会社

3 所属 〒542-0082 大阪市中央区島之内 1-14-30 大阪バイオ専門学校

## 概要

**背景と目的:** 環状ホスファチジン酸 (cPA) は、グリセロール骨格の *sn*-2 と *sn*-3 位に環状リン酸構造を持つ生理活性脂質である。本研究では、変形性関節症 (OA) における cPA の効果について、*in vivo* 及び *in vitro* の実験系を用いて、その効果と作用機序を解明する事を目的とした。

**方法:** ウサギの膝関節半月板切除による変形性関節症 (OA) モデルと培養細胞を用いて実験を行った。ウサギ OA モデルに cPA の誘導体である 2-カルバ環状ホスファチジン酸 (2ccPA) を関節腔内に投与し、2ccPA による疼痛、腫脹および軟骨障害に対する作用を検討した。また、培養軟骨細胞と培養滑膜細胞を用いて、2ccPA が、ヒアルロン酸産生とマトリックスメタロプロテアーゼ (MMPs) 分泌に与える影響について検討した。

**結果:** 2ccPA は、ウサギ OA モデルにおいて、軟骨変性に伴う疼痛及び腫脹を有意に抑制した。病理組織学的な解析から、2ccPA は関節軟骨表層の消失、プロテオグリカン量の低下などを抑制することが明らかになった。また、2ccPA は、滑膜細胞のヒアルロン酸の産生を増加させ、IL-1 $\beta$  で誘導された滑膜細胞と軟骨細胞の MMPs 分泌を抑制することで、OA の発症・進行を軽減していることが示唆された。

**結論:** 2ccPA は、疼痛・腫脹の抑制作用ならびに関節軟骨消失に対して顕著な改善効果を示すことが明らかとなった。また、滑膜細胞のヒアルロン酸合成を誘導し、滑膜細胞と軟骨細胞において MMPs の分泌を抑制させることで、OA の発症・進行を軽減していると考えられる。これらのことから、2ccPA を新規 OA 治療薬として医療応用することに期待がもたれる。

**キーワード:** 環状ホスファチジン酸 (cPA) 2カルバ環状ホスファチジン酸 (2ccPA) 変形性関節症 (OA) マトリックスメタロプロテアーゼ (MMPs)

**特記事項:** 本研究は、株式会社ケーエーシー動物実験倫理委員会の承認を得て実施した (承認番号: 12-0218)。

## 1 はじめに

変形性関節症 (OA) は、最も多い関節疾患であり、国内に約 1000 万人の患者がいると言われている。OA は、筋力低下、加齢、肥満、怪我などのきっかけにより関節機能が低下し、軟骨の摩耗、骨の変形等を起こすことで関節の可動域が制限され、また、滑膜の炎症による痛みも伴う疾患である。OA は QOL を著しく低下させるため、根本的治療が望まれているが、現在は消炎鎮痛剤や局部へのヒアルロン酸注射等の対症療法にとどまっている。

環状ホスファチジン酸 (Cyclic phosphatidic acid: cPA, 図 1) は、リズリン脂質の一種で、リズホスファチジン酸 (LPA) の構造類似体であり、ヒトから粘菌まで幅広く存在する生理活性脂質である。cPA は、グリセロール骨格の *sn*-2 と *sn*-3 位に環状リン酸構造を持ち、我々が真性粘菌 *Physarum polycephalum* から初めて単離した新規物質のひとつである[1]。これまで我々は、cPA が持つ様々な生理作用を明らかにしてきた。今回、我々が新規に見出した変形性関節症 (OA) における cPA の効果とその作用機序について検討した結果を報告する。

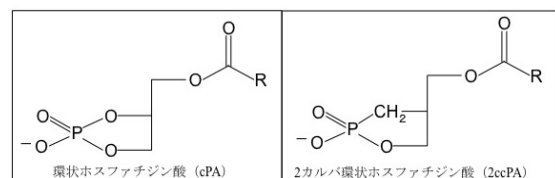


図 1 環状ホスファチジン酸と誘導体の構造

## 2 方法と結果

まず、ウサギの膝関節半月板切除による変形性関節症 (OA) モデルを用いて、cPA の誘導体である 2カルバ環状ホスファチジン酸 (2ccPA, 図 1) の効果を検討した。ウサギ OA モデルに 2ccPA を関節腔内投与し、疼痛、腫脹および軟骨障害に対する作用を調べた。2ccPA 投与群は、媒体投与群と比較して軟骨変性に伴う疼痛を経時的に抑制した。また、腫脹も優位に抑制した。病理組織学的解析から、2ccPA を投与した群では、媒体投与群で見られた関節軟骨表層の消失とプロテオグリカン量の低下などが抑制されることが明らかになった (図 2)。

次に、*in vitro* の系を用いて、2ccPA による軟骨保護作用の作用機序について検討を行った。まずはじめに、滑膜細胞と軟骨細胞に 2ccPA を添加し、ヒアルロン酸 (HA) 産生量の経時的変化を ELISA 法で測定した (図 3)。

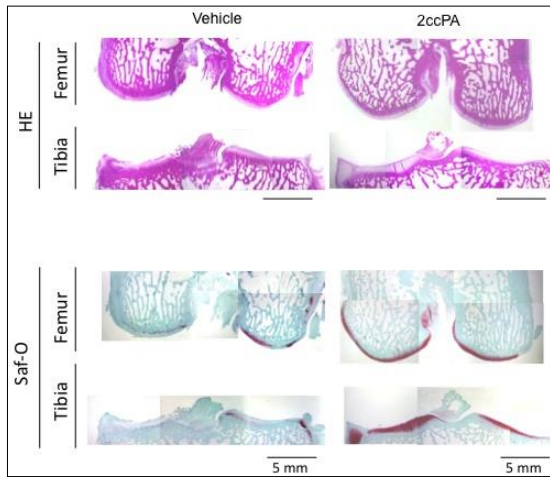


図2 大腿骨顆部の病理組織染色 (Saf-O: プロテオグリカン染色)

滑膜細胞では、2ccPA の濃度ならびに時間依存的に HA 産生量が有意に増加した (図 3 (A))。一方、軟骨細胞では、2ccPA による HA の産生量に変化は見られなかった (図 3 (B))。この結果より、2ccPA は滑膜細胞に作用することで滑液中の HA 濃度を増加させていると考えられた。

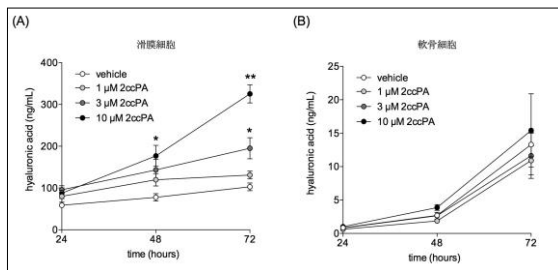


図3 2ccPA 添加による滑膜細胞(A)と軟骨細胞(B)の HA 産生量の変化

OA では、軟骨破壊酵素であるマトリックスメタロプロテアーゼ (MMPs) の滑液中の発現が高く、軟骨破壊が亢進している。そこで、2ccPA が MMPs の発現量に与える影響について検討した。炎症性サイトカインである IL-1 $\beta$ で炎症を誘導させた後、2ccPA を細胞に添加して、その後の MMPs の発現量を RealTime PCR 法と ELISA 法で測定した。滑膜細胞では、2ccPA の濃度依存的に IL-1 $\beta$ で誘導された MMP-1, -3 の遺伝子、タンパク質発現のいずれもが抑制された (図 4 (A))。また、軟骨細胞においても、2ccPA は MMP-1, -13 の遺伝子とタンパク質の発現を有意に抑制した (図 4 (B))。これらの結果から、2ccPA は、IL-1 $\beta$ により誘導された MMPs の産生を抑制する事が明らかとなった。

滑膜細胞と軟骨細胞では cPA の受容体の中でも LPA1 受容体が最も多く発現している。そこで、2ccPA の MMPs 産生抑制に LPA1 受容体が関与しているか否かを、LPA1 受容体阻害剤 (Ki16425) を用いて確認した。その結果、滑膜細胞・軟骨細胞のいずれにおいても、Ki16425 は 2ccPA が示す MMPs 産生の抑制には影響を与えなかった (図 5)。この結果から、LPA1 受容体は 2ccPA が示す MMPs 産生抑制には関与しておらず、LPA1 以外の cPA 受容体の関与が示唆された。

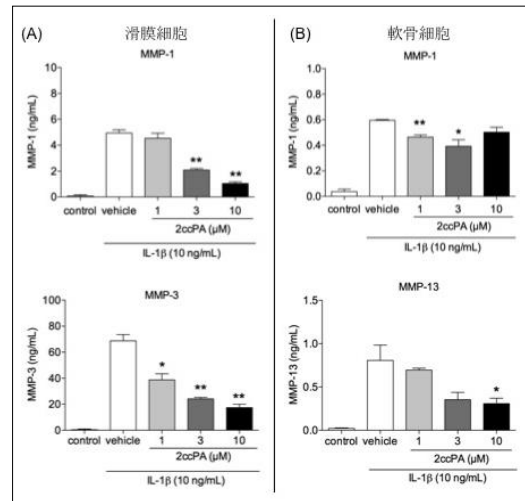


図4 2ccPA による滑膜細胞(A)と軟骨細胞(B)の MMPs 産生量の変化 (ELISA 法)

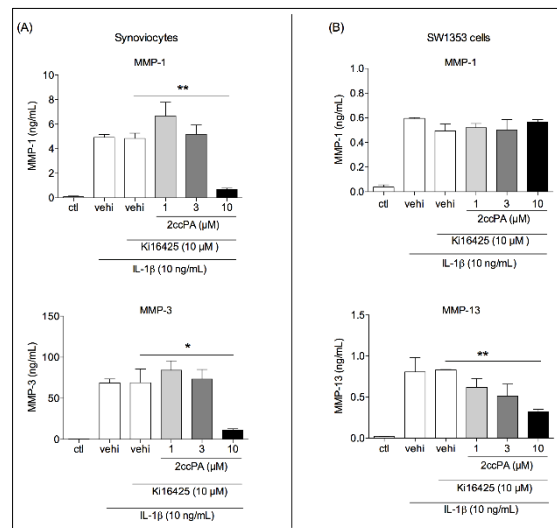


図5 滑膜細胞(A)と軟骨細胞(B)において ki16425 が及ぼす MMPs 産生量の変化 (ELISA 法)

### 3 おわりに

本研究では、2ccPA の OA への効果を *in vivo* と *in vitro* の実験系を用いて精査した。ウサギ OA モデルを用いた実験により、2ccPA は、疼痛・腫脹の抑制作用ならびに関節軟骨消失に対して顕著な改善効果を示すことが明らかとなった。また、2ccPA は、滑膜細胞のヒアルロン酸合成を促進し、滑膜細胞と軟骨細胞において炎症により誘導された MMPs 産生を抑制することが示された。これらの作用により、2ccPA は OA の発症・進行を軽減していると考えられた。今後、より詳細な作用機序を明らかにすることで、2ccPA が OA における根本的治療薬として開発が進むことに期待が持たれる。

(文献 : MS ゴシック 9point)

#### 文献

- [1] K. Murakami-Murofushi, M. Shioda, K. Kaji, S. Yoshida, H. Murofushi, *J. Biol. Chem.*, **267**, (1992) 21512-21517
- [2] M Gotoh, A Nagano, R Tsukahara, H Murofushi, T Morohoshi, K Otsuka, K. Murakami-Murofushi, *Mol. Pain*, **10**:52 (2014)



# 脳波による情動／非情動的遅延反応課題における 深部脳活動の特徴評価

今井絵美子 片桐祥雅 川又敏男

神戸大学大学院保健学研究科 〒654-0142 兵庫県神戸市須磨区友が丘 7-10-2

## 概要

**背景と目的:** 音声言語コミュニケーション成立には認知と運動のダイナミックな連携が不可欠である。この機能を発現する脳の時空間モデルとして、Default-mode network(DMN)、Salient network (SN)および Central-executive network(CEN)から成る皮質ネットワークモデルが提唱されている[1]。一方、様々な皮質に投射し、認知・行動機能を修飾することが知られている脳深部のモノアミン神経がいかに皮質ネットワークモデルに影響するかは未だ明らかとなっていない。本研究では、この関連を明らかにするため、情動的判断が必要な課題とあまり必要としないと考えられる計算課題の二種類の課題を遅延反応パラダイム下で遂行し、比較検討した。

### 方法:

**被験者:** 健康ボランティア 1 名 (30 代女性)

**プロトコル:** 予告刺激 (S1) として注視点を 1000-1500 ミリ秒のランダムな時間間隔でスクリーン上に提示し、命令刺激 (S2) に意思決定を要求する視覚刺激を 3000 ミリ秒間提示した (図 1)。被験者は、情動的課題では提示された生物が危険か安全かを、非情動的課題では二桁の演算をして最上位数が奇数か偶数かを判断してボタン押しを行った。各条件とも 34 試行を 1 セットとし、4 セット計 136 試行実施した。

**計測及び解析方法:** 課題遂行中連続して脳波を国際標準 10-20 法で計測(512Hz サンプリング)するとともに S1、S2 の時間マークを自動で時系列データに挿入するようにした。得られた脳波データから深部脳活動度(Deep-brain activity: DBA)として後頭部 O1 及び O2 の  $\alpha 2$  帯域強度[2-3]の時系列データ(32SPS)を導出した。さらに、この時系列データから時間経過とともに緩やかに変動する成分(カットオフ=0.04Hz)を抽出した。この成分は上部脳幹のモノアミン神経活動と相関するとされている[3]。この緩やかな変動成分の変調度 (変動率と定義) と DC バイアス (平均値) は、図 2 に示すように、負の相関を示すものである。DBA の変動は課題遂行における外部刺激に相関した相同性 (phasic) を示し、上部脳幹モノアミン神経の phasic mode であると考えられる。一方、平均値はこの変動率とは負の相関にあることから、緊張モード (tonic mode) と考えられる。

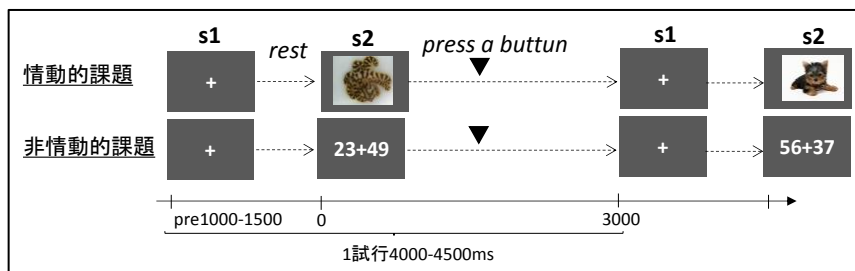


図 1. 情動的／非情動的遅延反応課題の流れ

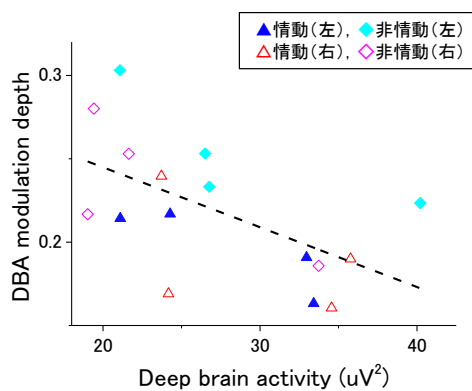


図 2. 深部脳活動(DBA)の変動率と DC バイアス (平均値)

**結果:** 時間マークを基準に 4 セット合計 136 試行のうちエラーを除いた試行について DBA の加算平均 (事象関連深部脳活動度) した結果を図 3 に示す。非情動的課題 (計算) では DBA は課題遂行中の刺激に対する反応性が

乏しかった。一方、情動課題では、予告刺激—命令刺激間(S1-2)が抑制された。

また、課題遂行とともに変化する深部脳活動および課題成績(エラー数)の様相を図4に示す。情動的課題では、DBAから推定される tonic activity(平均値)/phasic activity(変動率)とも大きく変動するもののその変動の傾向は4セット遂行を通して維持されていた。一方、非情動的課題では、実験セットの進行に伴い、tonic modeが低下し、phasic modeは増大した。課題成績については、情動的課題では4セットの後半2セットで僅かにエラーが発生し、非情動的課題ではエラー数が増大していく傾向にあった。

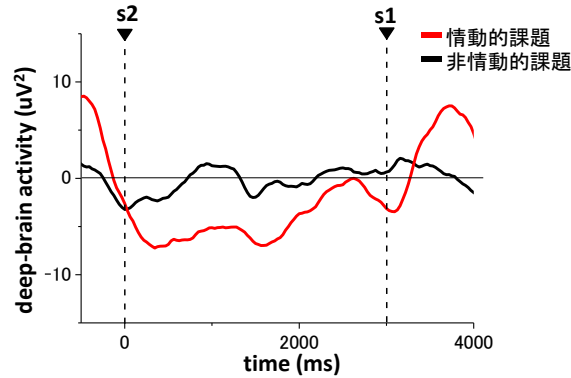


図3. 遅延反応課題における事象関連深部脳活動度

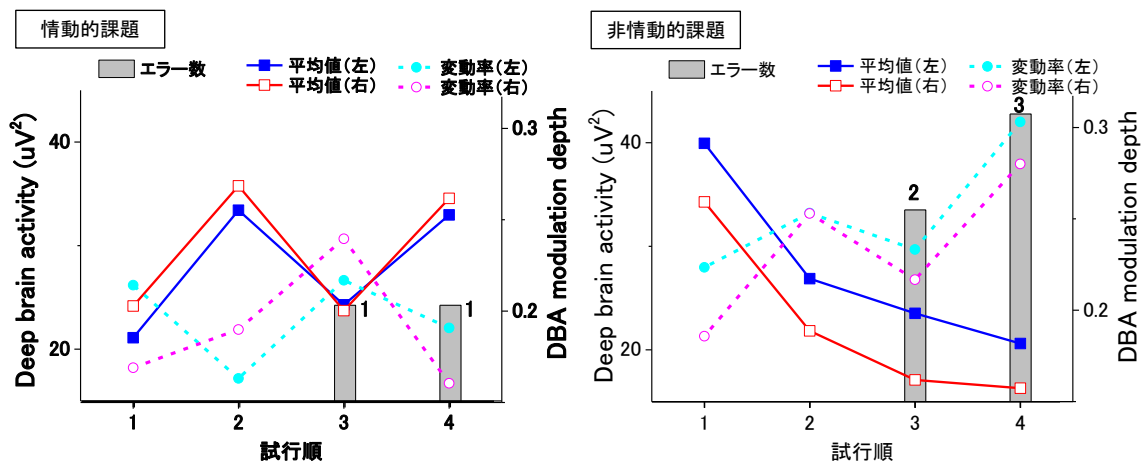


図4. 深部脳活動の平均値と変動率の課題遂行経過における変化とエラー数

考察：事象関連深部脳活動が課題により異なったことは、課題の質(情動的か非情動的か)により使用する脳機能が異なる可能性がある。非情動的課題で予告刺激後に強くDBAが抑制されたのはエラーに繋がる不要な運動を強く抑制するため salience network(SN)が central executive network(CEN)から DMNへ強く脳活動をスイッチしたためと推察される。DBAの大きな変動率はこのような強い抑制から生まれるものであり、従って、SNのスイッチング性能と深部脳の phasic activityとは関連すると考えられる。

深部脳の phasic activityは認知行動の遂行に大きく寄与するとされながら、非情動的課題でのエラーの増大を説明することができない。我々は、非情動的課題遂行では、エラーを誘発する高い phasic activityは好成績には繋がらず、逆に低い phasic activityにより CENの活動が低下し前頭皮質が非情動的課題遂行に専念できたのではないかと推察している。

キーワード：脳波 深部脳活動 後頭部α波 情動/非情動認知課題 phasic/tonic

## 文献

- [1] Vinod Menon and Lucina Q. Uddin, "Saliency, switching, attention and control: a network model of insula function," Brain Struct Funct., vol.214 (5-6), pp.655-557, 2010.
- [2] N. Sadato, S. Nakamura, T. Oohashi, E. Nishina, Y. Fu-wamo-to, A. Waki, and Y. Yonekura, "Neural networks for generation and suppression of alpha rhythm: a PET study," NeuroReport, vol.9, pp.893-897, 1998.
- [3] K. Omata, T. Hanakawa, M. Morimoto, M. Honda, "Spontaneous Slow Fluctuation of EEG Alpha Rhythm Reflects Activity in Deep-Brain Structures: A Simultaneous EEG-fMRI Study," PLOS ONE, e66869, vol.8 (6), June 2013.

# 各種環境音の聴取による生体情報の変化に関する研究

石井十三<sup>1</sup> 川原靖弘<sup>1</sup>

<sup>1</sup>放送大学大学院文化科学研究科 〒261-8586 千葉県美浜区若葉 2-11

## 概要

背景と目的：本研究は、人が日常で暴露している種々の環境音が、生体ならびに心理状態に与えている影響を調査するために行われた。

方法：被験者4名を対象に、2種類の環境音(自然環境音,機械騒音)を聴取させ、聴取時とその前後の脳波を取得した。合わせて二次元気分尺度(TDMS-ST)と音に対する印象評価のアンケートを行った。これら脳波反応と心理状態を指標に用いて各環境音が与える生体と心理状態への影響を調査した。

結果：聴取前と聴取中の実験区間を比較した結果、自然音を聴取した群の脳波 $\alpha 2$ 帯域量は、機械騒音を聴取した群と比べ有意に増加の傾向を見せた。対して機械騒音を聴取した際には有意な減少の傾向は見られなかった。

考察：後頭部位から導出される脳波 $\alpha 2$ 帯域の強度が深部脳の活動水準を反映することが報告されている。今回、聴取前後の $\alpha 2$ 帯域量は、自然環境音条件で有意に増加しており( $p < 0.05$ )、一般に広く快い音と認識されている自然環境音が脳活性を促す可能性を示した。

結論：自然環境音の聴取が脳波 $\alpha 2$ 帯域量を増大させることが分かった。

**キーワード：** 環境音 騒音 快不快感 脳波

## 1. 背景と目的

環境音を暴露することによる人への影響を調査した先行研究は存在する<sup>1</sup>が、その多くは騒音をはじめとしたネガティブな影響を調査対象として取り扱っており、ポジティブな影響も含めた総体的な影響について言及したものは少なかった。本研究では、各種環境音聴取時の生体ならびに心理状態に与える変化に着目し、環境音による生理心理的な影響を調査するために行われた。

生体に与える影響を調査する手段として、後頭部位から検出される脳波 $\alpha 2$ 帯域量の変化を観察した。脳後頭部位から計測される脳波 $\alpha 2$ 帯域(10~13Hz)の強度は上部脳幹を中心とする深部脳の全般的な活動水準を反映していることが報告されており<sup>2,3</sup>、脳の活性化を示す指標として用いることが出来る。

## 2. 方法

健康で正常な聴力を有する被験者4名(男性4名,年齢30~40歳)を対象に、2種類の環境音(自然環境音,機械騒音)をそれぞれ聴取させ、聴取時とその前後の脳波反応を各3分ずつ、計9分間計測した(図1)。実験の開始前、終了後には、合わせて心理テスト(TDMS-ST)を行った。

実験に使用した音刺激として、自然環境音に森林内の水流音を、機械騒音に洗濯乾燥機の乾燥作業時時の音を用いた。刺激は被験者の前方25cmの距離で平均63dBの音量になるよう提示された。

脳波は国際10-20法に基づき01,02部位の自発脳波を導出・記録した。脳波は覚醒状態により計測結果に影響を与えるため、試験中に眠気

を喚起させないように読み流しが可能な雑誌を閲覧してもらいながら計測を行った。

$\alpha 2$ 帯域量は、被験者ごとのばらつきを抑えるため、各試験の01,02両電極から取得した脳波から全区間内の $\alpha 2$ 帯域の振幅を求め合計平均を1として標準化した後、被験者ごとの全施行を加算平均して算出した。

## 3. 結果

聴取前と聴取中の実験区間を比較した結果(図2,3)、自然音を聴取した群の脳波 $\alpha 2$ 帯域量は、機械騒音を聴取した群と比べ有意な増加傾向を見せた( $p < 0.1$ )。また、自然環境音を聴取した際には、聴取前と比べて被験者4人計10回中9回の試験において $\alpha 2$ 帯域量が有意に増大した( $p < 0.05$ )。対して機械騒音を聴取した際には、計10回中7回の試験において $\alpha 2$ 帯域量が減少したものの有意な傾向は見られなかった。

## 4. 考察

今回、聴取前後の $\alpha 2$ 帯域量は、自然環境音条件で有意に増加しており( $p < 0.05$ )、自然環境音の聴取が脳の活性化を促す可能性を示した。また、聴取前と聴取中の $\alpha 2$ 帯域量の変化量とTDMS-STによる快適度スコア(図4,5)の変化量の間には、機械騒音条件下で中程度の負の相関が見られたのに対し( $r = -0.48$ )、自然環境音条件下では弱い相関しか見られなかった( $r = 0.28$ )。これらの結果は、脳深部活動の低下を促す要因が心理的な不快感を喚起させる環境音にあるとみなせる反面、脳深部活動の活性化を促す要因は心理的な快感ではなく環境音の特性そのものにある可能性を示唆してい

る。

5. まとめ

自然環境音の聴取が脳波  $\alpha 2$  帯域量を増大させることが分かった。この現象は心理的な快感を伴わない状況下でも発現する場合があります、音自体の特性によって聴取者の深部脳活動を活性化させる可能性が考えられる。

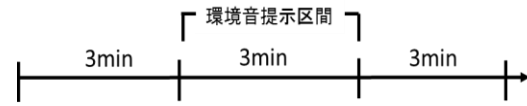


図1 実験の流れ

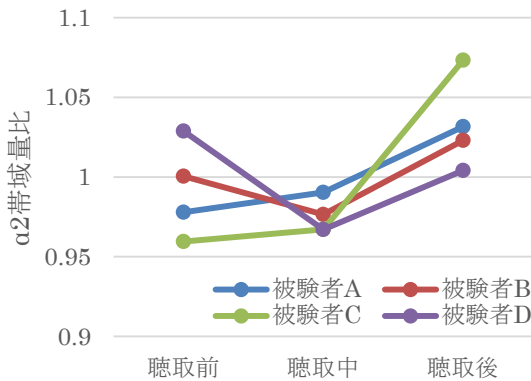


図2 機械騒音聴取時の  $\alpha 2$  帯域量の推移

各環境音聴取時の被験者ごとの  $\alpha 2$  帯域量の推移。聴取前、聴取中、聴取後の区間内の平均  $\alpha 2$  帯域量を示している。(被験者数：4名 総試験回数：20)

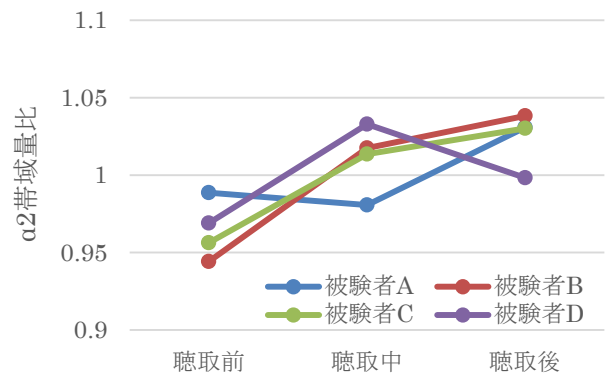


図3 自然環境音聴取時の  $\alpha 2$  帯域量の推移

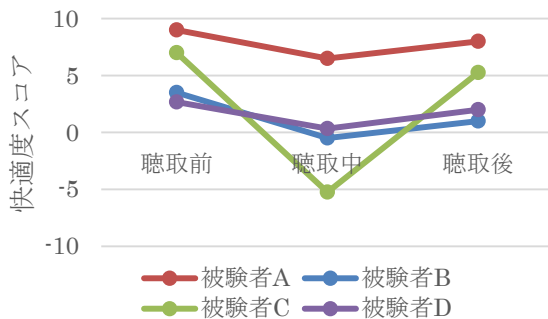


図4 機械騒音聴取時の快適度スコアの推移

各環境音聴取時の被験者ごとの TDMS-ST 快適度スコア(得点範囲:-20~+20)の推移。実験前後にアンケート用紙に記載してもらいその時の気分を計測した。聴取時のスコアについては気分を思い出してもらいながら実験後に併せて記載させた。(被験者数：4名)

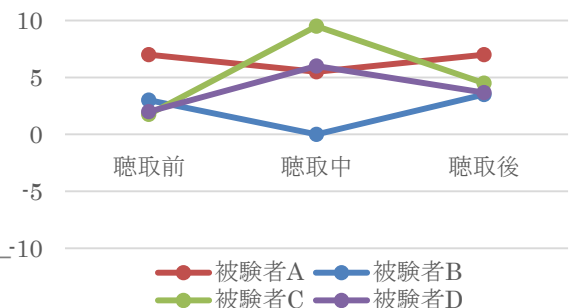


図5 自然環境音聴取時の快適度スコアの推移

文 献

[1] 堀井昭男, 山村千草, 勝俣智道, 内山明彦 “不快音に対する生理反応”, Journal of International Society of Life Information Science 22(2), 536-544, 2004-09-01  
 [2] N. Sadao, S. Nakamura, T. Oohashi, E. Nishina, Y. Fuwamoto, A. Waki, Y. Yonekura, “Neural networks for generation and suppression of alpha rhythm: a PET study”, Neuroreport vol.9, pp.893-897, 1998.

[3] Omata K, Hanakawa T, Morimoto M, Honda M.: Spontaneous Slow Fluctuation of EEG Alpha Rhythm Reflects Activity in Deep-Brain Structures: A Simultaneous EEG-fMRI Study, PloS One. 2013 Jun18;8(6):e66869 (2013).



# モーションキャプチャシステムを用いた居合道動作の定量評価

板東 央晃<sup>1</sup> 高橋 淳二<sup>1</sup> ロペズ ギョーム<sup>1</sup><sup>1</sup> 青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科 〒252-5258 (神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1 O 棟 225 室)

## 概要

背景と目的：居合術の優劣は刀と競技者の動きの上等さで、熟練者の主観によって判断されている。その為、判定の公平性や適切性において問題がある。本稿では、居合術の熟練度を作成したプログラムより、自動判定することを目指す。

方法：モーションキャプチャシステムを用いて居合道 初級, 2 段, 3 段 の居合術の動作を精密に計測し、刀のつば部分における空間座標値データより抜刀時のデータを取得。その際の 剣速度, 剣回転角, 剣の軌跡が作る面積値 を用いて居合術の良し悪しの判定基準を作成。

結果：居合道 初級, 2 段, 3 段 に夢想神伝流初伝大森流一本目「初発刀」を行った結果、剣速度, 剣回転角, 剣の軌跡 より熟練度の分類ができたが、剣速度については初級者が 2 段を上回る結果になった。

考察：現状の熟練度判定プログラムでは、初発刀動作における 1 動作における 3 つの観点で熟練度分類が行われている。その為、初発刀動作全体で見れば 2 段の人間の方が上級者であるのに、プログラム上では逆の結果がでる可能性が大いにあり得てしまう。

結論：少ない動作からでもある程度の居合道動作熟練度を自動分節することが出来ることが解った。しかし、説明変数の少なさより動作の熟練度を完全に判定できているとは言い難い。その為、他の動作箇所でも説明変数を作成していき、統計解析を用いて動作の熟練度を定量評価する必要があると考える。

キーワード：モーションキャプチャ 居合道 初発刀

## 1. はじめに

近年柔道や剣道などの日本の武道は競技化が盛んに行われており、居合道もその例にもれず競技化が進んでいる。居合道の競技とは、大きく分けて「古流」と「制定」の 2 種類に分類される 30 種類以上の技の中から、主に古流から 2 本、制定から 3 本の計 5 本の技を行い、3 名の審判員によって勝敗が決定される競技である。試合において審判員は、同時に 2 名の競技者の演舞を目視で比較し、競技者の演舞終了と同時に各審判員が勝利者の選択をする為、勝敗の判定が審判員の主観評価に強く依存しており、公平性に問題がある。

平田らは、抜刀動作の速さを用いて刀の運動エネルギーを用いて有段者と無断者の分類分けを行っているが、居合道競技の審判員は刀の運動エネルギーで競技者の優劣を決定しているわけではない。

そこで本研究では、居合道の競技における審判員の判定が理に適っているかどうかを確認する事を目的に、モーションキャプチャシステムを用いて居合術の動作を精密に計測し、動作の定量評価を行う。本報告では古流に分類される“夢想神伝流居合 1 本目 初発刀”を研究対象とし、3 名の競技者を用いて計測、評価を行い、段位と評価値が合致したものになるかを検証する。

## 2. データ取得方法

### 2.1. 計測器具・競技者

モーションキャプチャシステムは、NaturalPoint 製の OptiTrack を用いた。フレームレートは 360FPS で、マーカの測定精度は 2mm である。競技者は熟練度の異

表 1 競技者データ

競技者	段位	稽古年数	特記事項
1	1 級	0.5	
2	2 段	2.6	
3	3 段	4.0	7 ヶ月のブランク有

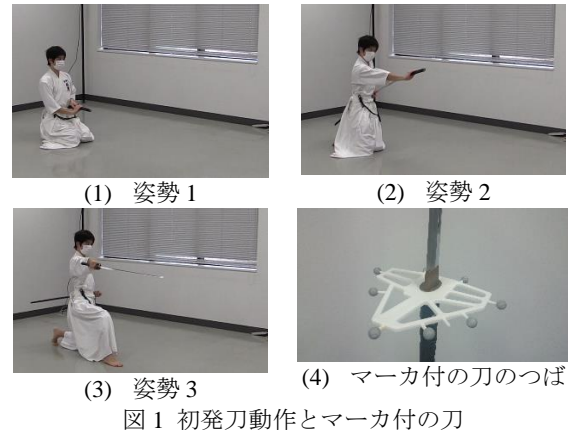


図 1 初発刀動作とマーカ付の刀

なる 3 人である(表 1)。

### 2.2. 計測動作の詳細

図 1 (1,2,3) に夢想神伝流居合 1 本目初発刀のうちの抜き付け動作を示す。図 1(4)に、8 個のマーカ付の刀を示す。競技者の左手の甲に 1 個のマーカを取り付ける。モーションキャプチャの計測で、9 個のマーカの時系列位置座標が得られる。8 個のマーカから、つば中心、切先位置、刀の姿勢を算出する。

## 3. 居合道の定量評価

### 3.1. 初発刀動作の自動分節化

初発刀動作は、着座、抜き付け、振りかぶり・斬り下ろし、血振り、入れ替え足、納刀、起立・後退の 7 つの動作で構成される。つば中心の y 軸値を元に自動分類する。自動分節した結果を図 2、3 に示す。

### 3.2. 動作の採点要素

自動採点をするにあたって、座標系を図 4 のように

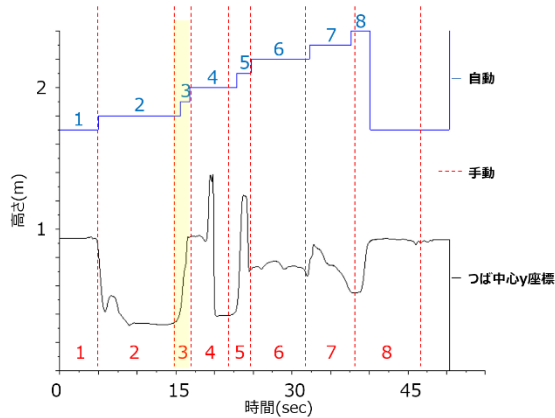


図2 競技者3のつばy座標の軌跡と自動分節の結果

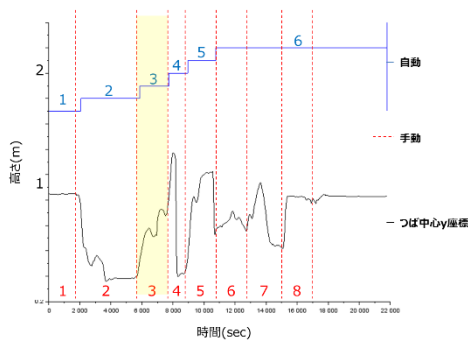


図3 競技者1のつばy座標の軌跡と自動分節の結果

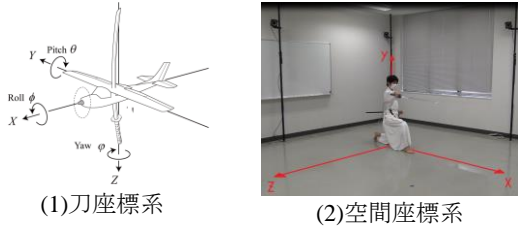


図4 刀座標系と空間座標系

定義する。評価指標として、剣速度  $V$ 、刀の姿勢を表す2つの角度  $\phi$ 、 $\psi$ 、刀身が通った軌跡で作られる扇形の面積  $S$  を定義する。今回採点の対象とするのは、抜き付け動作 (図2、3の網掛け部分) である。

初発刀の抜き付けは、刀で相手の両目を素早く一文字に切り付け、切っ先が自身の正面左方向へ大きく通る事が出来れば評価が高くなる。4要素の定義と、採点基準を以下に示す。

- 角度  $\phi$ : 切先とつば中心を結ぶ線分と地面のなす角 ( $0^\circ$  に近いほど高得点)
- 角度  $\psi$ : つば中心線と、地面とのなす角 ( $0^\circ$  に近いほど高得点)
- 剣速度  $V$ : 動作中の切先の移動速度 (速いほど高得点)
- 面積  $S$ : 刀身が通った軌跡で作られる扇形の面積 (大きいほど高得点)

### 3.3. 総合得点算出方法

次式を元に総合得点を算出する、

表2 各要素の自動採点結果

競技者	段位	$\phi$ [ $^\circ$ ]	$\psi$ [ $^\circ$ ]	$V$ [m/s]	$S$ [ $m^2$ ]
1	1級	-10.70	11.40	10.46	0.99
2	2段	4.62	2.75	8.95	1.51
3	3段	-7.84	4.65	11.33	1.57

表3 Score算出結果

競技者	Score
1	189
2	203
3	200

$$Score = a(100 - |\phi|) + b(100 - |\psi|) + cV + dS \quad (1)$$

但し、 $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ 、は要素の重みづけを決定するパラメータである。今回は  $a=b=c=d=1$  とした。

### 3.4. 動作の各要素自動採点結果

表2に各要素の自動採点の結果を示す。また、表2の要素を元に数式(1)を用いて計算した総合得点を表3に示す。

### 3.5. 考察

2段の競技者が最も得点が高く、次いで3段の競技者、1級の競技者という結果となった。本来であれば3段の競技者が最も高得点となるはずであるが、実際のところ3段の競技者は練習から離れていたため順当な結果であったと言える。つまり実際に熟練度が高い者の得点が高くなり、提案する評価指標は居合道の熟練度を決定するのに妥当であったと言える。

## 4. おわりに

モーションキャプチャを用いて居合道の初発刀の動作を計測した。取得した刀の動きに基づいて初発刀動作を7つの小動作に自動分節するアルゴリズムを構築した。分節化された動作のうち、抜き付け動作について刀の姿勢や軌道、速度に関する4つの指標を定義し、自動採点するアルゴリズムを構築した。熟練度の異なる3人の競技者データに提案アルゴリズムを適応し、熟練度に応じたスコア付けが出来ることを確認した。

今後の課題は競技者を増やして、提案アルゴリズムの有効性を示す。また、居合道では競技者の体の動きも重要な要素であるため、競技者の体にマーカを付けたデータで評価要素を増やしたい。その上で新たに採点指標を設計したい。

## 文献

- [1] 平田 栄次, 塩沢 成弘, “居合術の動作解析と定量的評価の可能性” 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 巻 482 号 95-100 ページ 2012-03-07 出版

# 動画二次元コードを用いたウェアラブルセンシングのための 情報記録・配信手法

米澤拓郎<sup>1</sup> 西山勇毅<sup>1</sup> 小川正幹<sup>1</sup> 中澤仁<sup>1,2</sup> 徳田英幸<sup>1,2</sup>  
<sup>1</sup> 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科 〒252-0882 神奈川県藤沢市遠藤 5322  
<sup>2</sup> 慶應義塾大学環境情報学部 〒252-0882 神奈川県藤沢市遠藤 5322

## 概要

背景と目的：近年、様々なウェアラブルカメラや、生体（心拍数や加速度等の動き）・環境情報（位置情報や湿度・温度）を取得可能なウェアラブルセンシング機器が普及している。生体・環境情報はその際に記録された主観動画と重ね合わせることで多様な振り返りが可能となるが、通常これらは異なるファイルとして記録されており、同時再生には専用のアプリケーションなどが必要となる[1]。異なるファイルで記録するという事は、情報の同時再生には時刻同期などが必要となり[2]、それが情報の扱いにくさ、共有のしにくさにつながっている。動画に付加的なデータを埋め込む MPEG7[3]や電子透かし[4]等の技術も存在するが、エンコード・デコード処理の重さや、既存サービスとの親和性の低さが問題として存在する。本研究の目的は、生体・環境情報などのセンサ情報とカメラで撮影した動画を統合し、既存サービスと親和性をもった情報記録・配信手法を構築することである。

提案手法：本研究では、取得したセンサ情報を二次元コードに変換し、その時撮影された動画の一部分に埋め込むことで、センサ情報と動画を統合した情報記録手法 SENSEstream を提案する（図 1）。二次元コードは多くの機器で読み取りが可能であり、汎用性が高くまた堅牢性も高い。また記録された情報は通常の動画ファイルとして扱えるため、多様なサービスでそのまま情報の配信が可能となる。本研究では、ウェアラブルカメラで撮影された映像と、その際に取得した心拍計や加速度・GPS の値を（1）リアルタイムに合成可能とする（図 2）、（2）映像撮影・センサデータ記録後に合成可能とする、2種類のツールを実装した。また、SENSEstream 映像を読み取り、映像視聴時に地図やグラフを表示するアプリケーションを構築した（図 3）。リアルタイムに合成された映像はそのまま既存ツールを用いて配信可能であるため、Skype や USTREAM を用いて体験の配信が可能である。

実験・考察： ツールの利便性を評価するため、（1）ハンググライダー選手の飛行時の映像と位置情報・心拍情報・6軸加速度を SENSEstream として合成・記録、および（2）ミュージシャンの演奏映像と身体のジェスチャ情報を SENSEstream として合成・配信する、2つの実験を行った。結果、センサ情報を活用したスポーツ・パフォーマンスの体験振り返りをオフライン・オンライン両方で可能となったことを確認し、また演奏映像配信実験では、実際に視聴者の視聴体験が向上したことをアンケート調査から確認できた。

キーワード： ウェアラブルセンサ 情報記録 情報配信

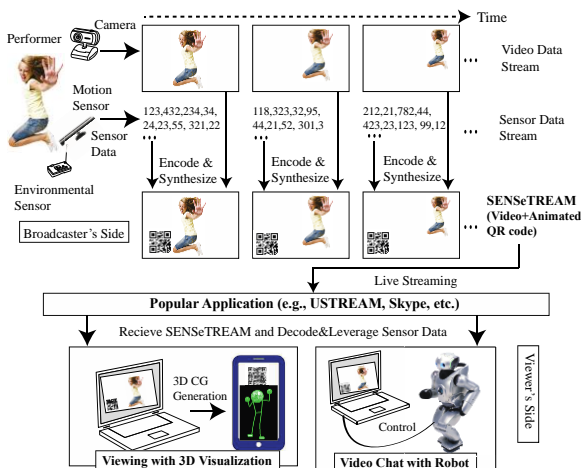


図 1 SENSEstream の概要.  
 Fig. 1 Concept of SENSEstream.

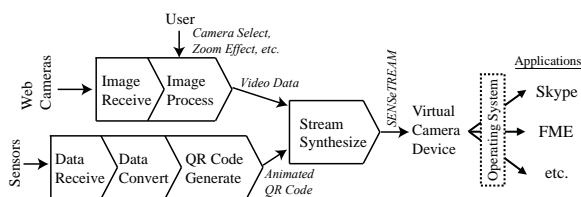


図 2 システム構成図.  
 Fig. 2 System Architecture.

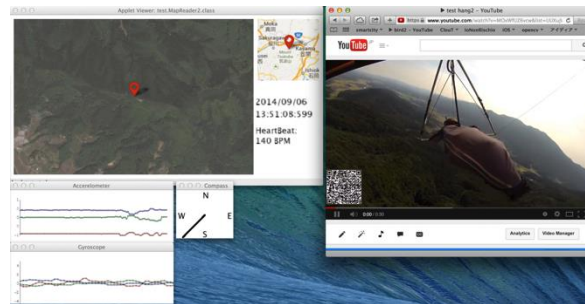


図 3 アプリケーションのスクリーンショット.  
 Fig. 3 Screenshot of the application.

## 文献

[1] Intille, S., et. al. Using a live-in laboratory for ubiquitous computing research. In Pervasive Computing, vol. 3968, 2006, 349–365.  
 [2] V. M. Potdar, S. Han, and E. Chang. A survey of digital image watermarking techniques. In Industrial Informatics, 2005. INDIN. 2005 3rd IEEE International Conference on, pp. 709–716. IEEE, Aug. 2005.  
 [3] Mpeg-7. <http://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-7>.  
 [4] V. M. Potdar, S. Han, and E. Chang. A survey of digital image watermarking techniques. In Industrial Informatics, 2005. INDIN. 2005 3rd IEEE International Conference on, pp. 709–716. IEEE, Aug. 2005.

# ウェアラブル環境における心拍変動解析における 電子機器の制御方法

鈴木悠太<sup>1</sup> ロベズ・ギヨーム<sup>1</sup> 高橋淳二<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科 〒252-5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1 O 棟 226 室

## 概要

**背景:** 家電を使用する際、快適に感じる環境は個人によって差がある。また、個人においても状況により変化する。本研究は、ユーザの心拍データをリアルタイムに解析し、その結果を用いて家電を制御する方法を提案している。

**方法:** 小型心拍センサとスマートフォンを用いる。センサを左胸部に装着し、心拍データをリアルタイムに計測する。そのデータから pNN50 を 30 秒ごとに算出することで副交感神経の活動指標とし、快不快の推定を行い、その結果からスマートフォンにより機器の制御を行う。

**結論・考察:** 実環境では快不快の要因が一つに限られることはほとんどないので、複数の中から要因を特定するアルゴリズムの実装が必要であると考えられる。そのために他の生体信号を取得することも検討している。

**キーワード:** 心拍変動解析 pNN50 心拍センサ

## 1. 背景

私たちは生活を送る中で、より快適な環境下で活動することを求める。その為に多くの人は快適な環境を作り出すために家電等の電子機器を使用する。例えば空調機を用いて部屋の温度を調節したり、照明で部屋の明るさを変えたりする。先進国では、IT による生活水準の向上が進み、不快指数による空調システムの自動制御も用いられている。しかし、「快適である」と感じる環境は個人により異なり、個人においても状況により異なるため、手動で調節しなければいけない場面も多々ある。

そこで、我々は快適感に個別適合した機器の自動制御システムを開発する必要があると考える(図1)。快適感の推定において、人の快不快感を反映するとされる自律神経機能の評価を行う。本研究ではリアルタイムに評価を行うために、小型心拍センサとスマートフォンを用いたシステムを提案している。両機器を用い、心拍変動解析をリアルタイムに行い、その結果から電子機器の制御を行う方法を紹介する。

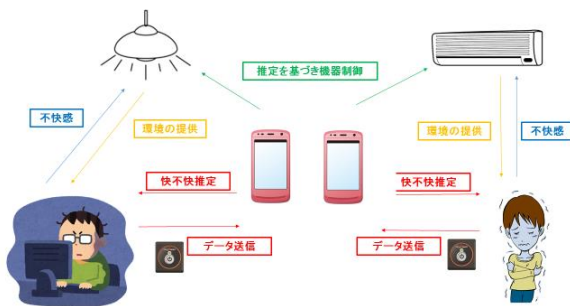


図1. 提案システム概要図

## 2. 快不快の推定

快適感の推定は、自律神経機能の評価から行う。

### 1. 評価値 pNN50

自律神経機能は血圧変化や心拍変動、皮膚電気活動などを解析することで評価ができるが、一般には心拍変動(HRV)が用いられる。HRVの解析領域には、時間領域、周波数領域、位相領域があり、時系列データの高速フーリエ変換(FFT)による周波数解析が主流であるが、ウェアラブルを実現するにあたり、スマートフォン上への実装が難しい。加えて、

FFT に関して、ある程度のデータ量が無ければ正確な解析ができないことから、リアルタイム解析の実現は難しい。また、体動などの外乱による心拍間隔の誤測定の影響を受けやすいとされているため、日常行動中の心拍変動解析に不向きである<sup>[2]</sup>。

故に、本手法にて解析を行う領域は時間領域とした。時系列心拍間隔データから誤計測に比較的に影響されにくい pNN50 を算出し、評価の指標とする。pNN50 は、心拍データの時間間隔(RR<sub>i</sub>)の変動が 50ms 以上の割合から自律神経系のうち、副交感神経系の活動の優位性を表しているとされる。

### 2. 算出方法

前項にて、pNN50 を算出する前に計測した心拍データを正規化すると表現したが、その詳細を述べる。

計測した心拍データのうち、連続する2つの心拍間隔において、先行 RR<sub>i</sub> と後行 RR<sub>i</sub> とで経過時間を整数値の時間をまたいでいた時、そのまたいだ時刻 T における値を 1 秒間隔リサンプリングした N 値とする。リサンプリング値 N の算出式は以下の式(1)に示す。

$$N[T] = \frac{R_l - R_f}{t[R_l] - t[R_f]} * (T - t[R_f]) + R_f \quad (1)$$

R<sub>f</sub>: 先行 RR<sub>i</sub> R<sub>l</sub>: 後行 RR<sub>i</sub>

t[X]: 心拍間隔 X を計測した時刻

式(1)の構成は、2 軸座標上の特定の 2 計測点を通る直線を  $y = ax + b$  の形で表現した場合、N の値はその線上の値となるため式(1)で求めることができる。次頁の図2は計測データと求めたリサンプリング値をプロットしたグラフである。

pNN50 とは、前後のリサンプリング値の差が 50ms より大きい回数(一般に NN50 と言われる)の割合を表すものである。

全体の比較回数 totalcount と、上述の回数を比較すればよいので以下の式(2)より求めることができる。

$$pNN50 = \frac{NN50}{totalcount} \quad (2)$$



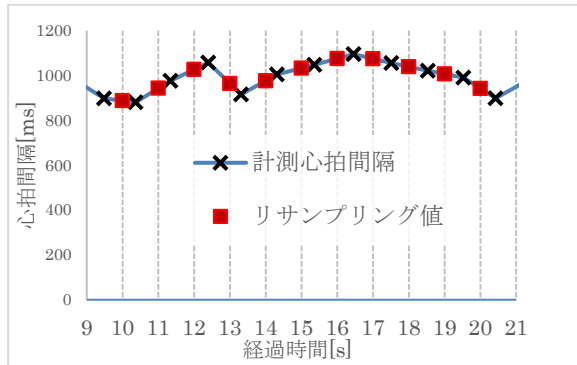


図2. 心拍変動とその正規化

### 3. 到達点

上記手法の実装の到達点について述べる。

- ・リサンプリング

スマートフォン上で、計測した時系列データからリサンプリング値の算出が出来た。

- ・pNN50 リアルタイム算出

リサンプリング値から、指定した時間間隔毎のpNN50の算出が可能になった。加えて、視覚的にもpNN50の値を確認できるインターフェースを実装した。(図3)

- ・pNN50 算出結果のログ取得

算出したpNN50を計測後にオフラインでの評価に用いるために、算出結果のログの取得を実装した。

- ・連続計測時間

スマートフォンと心拍センサの充電が十分の状態から計測し、約連続12時間の計測を行えた。日常にシステムを用いることを考慮しても十分な期間だと考えられる。



図3. 実装アプリのインターフェース

ユーザの快適感を推定した後、その値を基に機器の制御をスマートフォンから行う。制御する機器とスマートフォンは近距離通信規格 Bluetooth を用いることで通信し、フィードバック制御を行う。

### 3. 今後の発展

- ・pNN50の閾値の検討

pNN50の具体的な数値を、どのように評価すればいいかということが判明していないため、快・不快と推定するためのpNN50の閾値の検討が必要である。

- ・フレームサイズの検討

実装したアプリケーション上では、pNN50を算出する際、用いているリサンプリング値の個数は30であり、時間間隔もそれに伴って約30秒間隔であるが、これも具体的にどの程度のデータ数から算出すれば十分であるかということは判明していない。

前述の閾値と共に、こちらも快不快推定のための評価値の一つとして予備実験を行うことを検討している。

- ・快不快要因推定のためのパラメータの増加

現在、快適感の推定は心拍変動解析からのみ行っているが、快不快の変化の因子が複数存在する場合、要因の特定が出来ないため、どの機器を制御すればいいのかが正しく判定できない。故に、快不快の要因判定のためのアルゴリズムを構築することが必要であると考えられる。

そのために、要因となるパラメータの値や、要因によって変化するであろう生体信号を取得するためのセンサを追加することを検討している。

パラメータの候補として考えているのが、指尖容積脈波、不快指数、照度を考えている。

### 4. まとめ

日常で、快適な環境下での活動には家電等の使用が不可欠であるが、その快適感を個別適合するには生体信号を用いる必要がある。小型心電センサとスマートフォンを用いリアルタイムに個人の快不快感を推定することにより、快適な環境を保つための家電の制御を行う手法を提案する。現在、快不快の推定のために心拍間隔データから算出されるpNN50を指標としているが、それだけでは不快の要因が特定できないため、他のパラメータ(不快指数など)を用いることも視野に入れている。

## 文 献

- [1] 片桐 祥雅、局所冷却による全身性温熱ストレス緩和の脳機能ネットワーク、第10回人間情報学会講演会ポスターセッション、(2012)
- [2] Robert L. Burr et al. "LOGIT50: A Nonlinear Transformation of pNN50 With Improved Statistical Properties," Journal of Electrocardiology Vol. 36 No. 1, pp. 41-52, January 2003
- [3] J E Mietus et al. "The pNNx files: re-examining a widely used heart rate variability measure," Heart 2002;88:378-380

# 24 時間の心拍変動データ解析による日本人の自律神経機能と年齢の関係

板生研一<sup>1</sup> 駒澤真人<sup>2</sup> 小林弘幸<sup>1</sup> 羅志偉<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 順天堂大学医学部 〒113-8431 東京都文京区本郷 3-1-3

<sup>2</sup> 神戸大学大学院システム情報学研究科 〒657-0013 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1

## 概要

ウェアラブル心拍センサを用いて、561名（男性：301名、女性：260名）の被験者を対象に長時間測定データから、自律神経の活動指標であるトータルパワー（TP）と年齢との関係を調査した。その結果、男女共に年代が上がるほど TP が下がる傾向がみられ、年代との間に有意な負の相関が認められた。

**キーワード：** 自律神経機能 ウェアラブル心拍センサ 長時間計測 加齢変化

## 背景と目的

本研究では、非侵襲的に長時間の測定が可能となる小型心拍センサを使用して、加齢および男女の性差が、自律神経活動に与える影響について検証を試みた。既往の研究[1]では、50代までの被験者128人に対して、日中時の自律神経活動が加齢により低下する結果が得られている。本研究では、60歳以上の被験者を含めた561名（男性：301名、女性260名）の心拍変動データから自律神経活動と加齢との関係について分析した。

## 方法

本研究では、ユニオンツール株式会社製のウェアラブル心拍センサ（WHS-1）を用いた。本センサで計測したRR間隔（サンプリング周波数1000Hz）を高速フーリエ変換により周波数解析し、0.04Hz~0.15Hzを低周波成分(LF)、0.15Hz~0.4Hzを高周波成分(HF)として算出した。また、LFとHFの総和はTotalPower (TP)と呼ばれ、自律神経活動全体の指標とされている。自律神経指標の算出手法は、論文[3]の手順に則った。本実験では、付属のソフトウェア（WIN フロンティア株式会社製）を用いて、起きている時間帯で、かつ体動の少ない安静時のデータのみを使用した。また、統計処理の検定の有意水準は5%とした。

## 結果

自律神経の活動指標である TotalPower (TP) を対数化すると、正規性が高まるため[2]、各被験者の TP の平均値を対数変換 (LnTP) した。次に、被験者毎に得られた LnTP と年齢で回帰分析を行った。男女別の日中の LnTP と年齢との散布図を図1、図2に示す。回帰分析より、男女とも LnTP と年齢との間に有意な負の相関 ( $p < 0.05$ ) が認められた。

次に、各被験者を男女別に、20代、30代、40代、50代、60代以上の5グループに分類し、グループ間の差を調べる為に、Bonferroni の手法により多重比較を行った。その結果、男女共に、グループの年代が上昇するにともない LnTP の平均値が低下していた。多重比較法による検定では、男性においては表1の年代間で有意差 ( $p < 0.05$ ) が見られた。また、女性においては表2の年代間において有意差 ( $p < 0.05$ ) がみられた。既往の研究[1]では、女性において年代間の有意差は見られなかったが、本研究では有意差が確認できた。

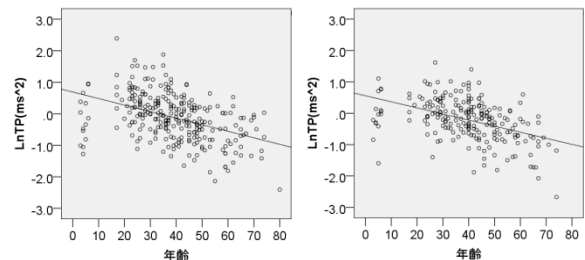


図1 LnTPと年齢の散布図(男性)

図2 LnTPと年齢の散布図(女性)

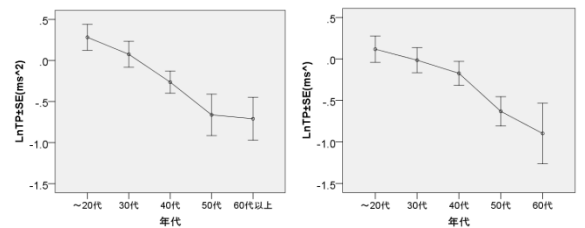


図3 年代別のLnTPの平均(男性)

図4 年代別のLnTPの平均(女性)

表1 多重比較法による結果(男性)

有意差があった年代
20代と40代
20代と50代
20代と60代
30代と40代
30代と50代
30代と60代
40代と60代

表2 多重比較法による結果(女性)

有意差があった年代
20代と50代
20代と60代
30代と50代
30代と60代
40代と50代
40代と60代

## 結論

既往の研究において、加齢にともない自律神経活動指標 (TP) が減少することが報告されているが、60歳以上のデータが含まれていなかった[1]。本研究では、60歳以上のデータを含めた大量の測定データを用い、年齢が上がるにつれて TP が減少する傾向を示した。

今後、計測データを時間帯や行動毎に分類して、より詳細な条件下での加齢変化を検討する。

## 参考文献

- [1] Kenichi Ito, Makoto Komazawa, Yosuke Katada, Kiyoshi Ito, Hiroyuki Kobayashi, Zhi Wei Luo: Age-related Change of the Activity of Autonomic Nervous System Measured by Wearable Heart Rate Sensor for Long Period of Time : Mindcare2014.
- [2] Yukishita T, Lee K, Kim S, Yumoto Y, Kobayashi A, Shirasawa T, Kobayashi H: Age and sex-dependent alterations in heart rate variability: profiling the characteristics of men and women in their 30s. Anti-Aging Medicine 7: 94-100, 2010
- [3] Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Circulation, 93, 1043-1065.

# ウェアラブル装置を用いた 短距離選手の状態計測

吉田知央<sup>1</sup> 高橋淳二<sup>1</sup> ロペズ ギョーム<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科 〒255-5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1 O 棟 226 室

## 概要

**背景と目的:** 無酸素運動である短距離走においてトレーニングを定量化することはトレーニングの効率化につながる。本稿ではウェアラブル装置を用いて陸上競技短距離走のトレーニングを定量的に評価し、トレーニング時の自立神経系の活動評価について報告する。

**方法:** 被験者の左胸上部に心拍センサを取り付け、陸上競技の練習を行い計測する。被験者は行った練習内容を把握しておき、取得できたデータと比較し自立神経分析を行う。

**結果:** 自律神経系活動評価指標である LF/HF において、運動時よりも安静時の方が交感神経系の活動が有意であることが分かった。

**考察:** 運動時など、体が興奮している時に LF/HF の値が高くなると想定していたが結果は正反対であった。今回の実験で自立神経系活動の中での運動をする前の緊張感や集中力が強かったため安静時の方が高かったと考える。

**結論:** 今回の実験ではダッシュ走行をどのくらいの位置付けで行っていたかは被験者に任せていたので結果として不十分な点がある。また、計測を行った時期やトレーニングを単独もしくは複数人で行ったかによっても結果が変化してしまう。今後、より条件を明確に設定する必要がある。

**キーワード:** ウェアラブルセンサ、短距離走、心拍変動解析

## 1 はじめに

現代のスポーツ活動計は主に有酸素運動を前提とした長距離走などの一定の運動量における心拍や消費カロリーの計測を行っている。しかし無酸素運動である短距離走においては走っている距離も時間も短いため計測があまりされていないのが現状である。より正確に定量化することができればトレーニングの効率化につながると思われる。

今回は自立神経系活動評価指標である心拍変動 LF/HF (周波数スペクトラムの低周波と高周波の割合) を用いて選手の心身の状態を計測する。LF/HF は交感神経系と副交感神経系のバランスを表している。この値が高いと交感神経系の活動が有意、逆に値が低いと副交感神経が有意であることを示す。一般には運動時交感神経系の活動が有意とされている。

本研究ではウェアラブル心拍センサを用いて、安静時と運動時での陸上競技短距離種目のトレーニングを定量的に評価することを目的とし、トレーニングの手法による自立神経系活動の変化について報告する。

## 2 実験

### 2.1 方法

陸上競技短距離種目を専門としている 20 代の選手を被験者 (男性 4 名) とし、図 1 に示す小型なウェアラブル心拍センサを左側胸部、鎖骨下 5~10cm を目安に取り付けた。さらに、激し運動による体動ノイズの削減やトレーニング中の汗により電極が剥がれないため、テーピングテープを用いてセンサが取れないようにしっかりと固定した。被験者は各自通常通りの練習を行い、その練習内容を事後把握するため各内容開始時刻を記録した。取得したデータと被験者の練習内容をもとに生体データ (心拍数、LF/HF) を分割し、分析した。



図 1 myBeat ウェアラブル心拍センサ

### 2.2 結果

まず被験者全員が共通して 2 回以上行っていたのが stretch (up)、dash、stretch (down) の 3 項目であった。それらを被験者ごとに LF/HF の平均値を求め、グラフにしたものを図 2 に示す。図 2 から分かるように運動時 (dash) よりも安静時 (stretch) のほうが交感神経の活動が有意であった。また平均の検定により stretch (up) と dash で有意な差があることが認められた (有意水準 0.1)。

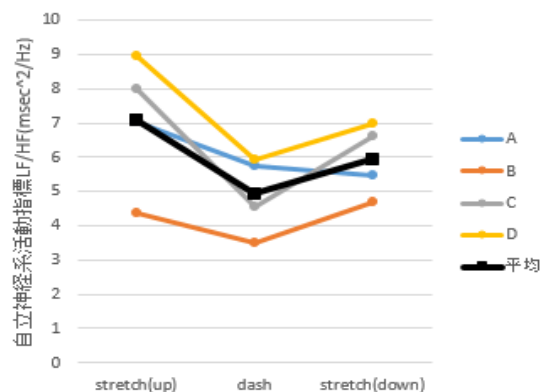


図 2 4 選手の自立神経系活動評価指標のトレーニング内容による比較

つぎに被験者 A に関して7つのトレーニング項目を各4回以上計測し、より詳しい分析結果を図3に示す。練習内容はそれぞれ up、stretch(up)、dash、dash(spike)、SD30、down、stretch(down)の7項目を検出し、自立神経活動指標 LF/HF の高い順に並べた。ここでは安静時は stretch(up)、stretch(down)、で運動時は up、dash、dash(spike)、SD30、down とする。stretch(down)よりも down のほうが高値を示したものの図3からも図2と同様に運動時よりも安静時のほうが交感神経の活動が有意であった。また各項目で検定を行い6つの有意な差があることが認められた(有意水準が0.05以下の場合は stretch(up)と dash(spike)、down と up、stretch(down)と up、有意水準0.1以下の場合は stretch(up)と stretch(down)、stretch(up)と SD30、SD30 と dash(spike) )。

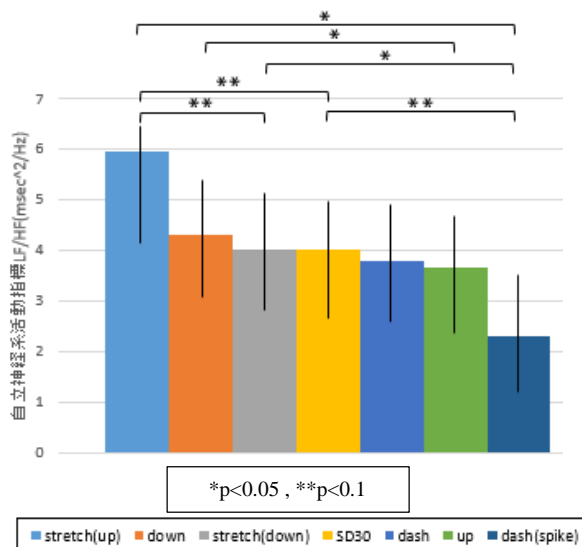


図3 被験者 A の自立神経活動評価指標のトレーニング内容ごとの比較

### 3 おわりに

本来であれば運動をするときにアドレナリンやノルアドレナリンが作用する交感神経の活動が活発になるものだと思っていたが、本研究の結果としては運動時よりも安静時の方が自立神経活動指標 LF/HF の値が高いという結果となった。自立神経系活動の中で運動時よりも安静時での緊張感や集中力が強かったからではないかと思われる。図2の平均値からも down よりも up での stretch の方が LF/HF の高値であったので、運動する前は緊張する傾向にあるのだと考える。しかし被験者がどのくらいの位置づけで dash を行ったか、また天候や被験者本人の体の状態などにも LF/HF は関係すると考えられる。本研究では男性のみでの研究結果であるので女性でも同様の結果になるのかなど、さらに条件や状態を細かく設定した上で実験する必要がある。

### 文 献

- [1] 心拍変動の臨床応用 編集 林博史 (医学書院)
- [2] 同一運動強度とみなされるランニング実施中の俊二心拍変動 山崎健 (新潟大学)

# ペン型入力インタフェースで取得した座標データを用いた コマンド認識手法の提案

豊住 尚弥<sup>1</sup> 高橋 淳二<sup>1</sup> ロペズ ギョーム<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科 〒252-5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1 相模原キャンパス O 棟

## 概要

背景と目的: ICT が発展する一方で、機器の操作方法は複雑化し、デジタル・ディバイドの問題を助長する一因となっている。この問題に対し、我々はデジタルペンを用いて筆記動作のみで ICT 機器を操作するインタフェースシステムを提案する。

方法: 軌跡データを一筆書き(Stroke)単位に分割し、メッセージと 3 種類のコマンドを識別するアルゴリズムを開発する。コマンド候補群に対し、(1)間引き処理 (2)隣接点との角度計算 (3)コマンド判定の 3 段階の処理からコマンドを決定する。

結果: 大学生 1 名が書いた円 4 つ、四角形 4 つ、星型 2 つ、台形 3 つの Stroke データを用い、実験を行った。いずれの場合もユーザの意思に即した結果となり、Message と 3 つのコマンド (Circle コマンド、Rectangle コマンド、Send コマンド) の分離・識別に成功した。

考察: 実験データの少なさゆえユーザの癖や書き方によって意思にそぐわない識別結果になる可能性がある。より多くの被験者・Stroke データを用いて再度検証する必要がある。

結論: Stroke の各座標から計算した角度を用いることで、コマンド識別の精度向上を図った。今後はコマンド数を増やし、多様なメッセージ転送機能の実装を行う。

キーワード: デジタルペン、ユーザインタフェース、手書き図形認識、角度分布

## 1 はじめに

デジタル・ディバイドの原因の一つに、ICT 特有のユーザインタフェースに馴染めないというものがある。特にこれは高齢者に多く、マウスやキーボード、タッチパネルのフリック入力でさえ困難に感じる人もいる。

この課題に対して、我々は ICT リテラシーの低いユーザでもシームレスに使用できるインタフェースとして筆記動作のみでメールを送信可能なシステムの提案をしてきた[1]。しかしコマンド認識においてユーザが意図しない判定がされるといった問題があった。そこで座標点から図形を認識する手法[2],[3]を参考に本研究では認識アルゴリズムの改良を行い、より高精度な Message と 3 つのコマンド(Circle コマンド、Rectangle コマンド、Send コマンド)の分類に成功した。以下はそのアルゴリズムについて報告する。

## 2 システム構成

ペン型入力インタフェース(デジタルペン)として、ぺんてる製の airpen を利用する(図 1)。airpen は、ペン本体と受信モジュールで構成され、ペン本体のペン先位置座標が受信モジュールによって取得される。Bluetooth により、受信モジュールと Android 端末を接続し、ペン先の位置座標、時刻、紙との接触状態をリアルタイムで取得・描画を行う。

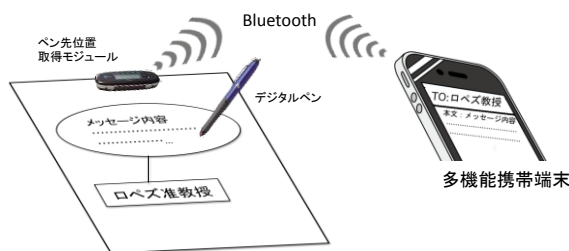


図 1 システム構成([1]より)

## 3 メッセージ・コマンド分類アルゴリズム

データファイルに対して、図 2 に示すアルゴリズムを利用し、各種コマンドとメッセージの分離を行う。始めに時系列順に並べられたデータの Stroke 分割を行う。pen down(紙に接触した瞬間)から pen up(紙から離れた瞬間)を 1Stroke として分割処理を行う。 $i$  番目の Stroke の移動距離: $L_i$ 、筆記時間: $D_i$ 、始点群と終点群それぞれ 20 点の点間距離を算出し、その最小点間距離: $C_i$  とする。それぞれの閾値を  $L_T = 30[\text{mm}]$ ,  $D_T = 2.0[\text{s}]$ ,  $C_T = 2.0[\text{mm}]$  と定義する。そこで、

$$\begin{cases} L_i > L_T, \\ D_i > D_T, \\ C_i < C_T, \end{cases} \quad (1)$$

を満たすものをコマンド候補として扱う。なお、この条件を満たさなかった Stroke で始点と終点がそれぞれ Circle コマンドと Rectangle コマンド内に存在すれば Send コマンドと判定する。条件を満たした Stroke に対してはさらに以下の処理を行い、Circle, Rectangle, Message の判定を行う。

### 3.1 間引き処理

閉図形を描いた場合、頂点付近ではペン先速度が減少するため取得座標が密集しやすい。その Stroke データで隣接点とのなす角を計算してしまうとコマンドを判定する際に支障が出る。そこで密集座標を削除するためお互いに閾値  $G_T$  以上離れた座標点を抽出し、次の 3.2 に用いる。ここでは閾値  $G_T = \text{始点重心間距離} \times 0.3[\text{mm}]$  とする。

### 3.2 隣接点との角度計算

その閉区間図形がどのような角度から構成されているかを算出することによって図形の特徴を捉える。ある座標点  $p_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) に着目し、その前後の座標点



図2 アルゴリズムフロー

をそれぞれ  $p_{i-1}, p_{i+1}$  とおく。 $p_i, p_{i-1}$  がつくるベクトルを  $\mathbf{A}$ 、 $p_i, p_{i+1}$  がつくるベクトルを  $\mathbf{B}$  とする。内積を用い角度  $\theta_i$  は、

$$\theta_i = \cos^{-1} \left( \frac{\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}}{|\mathbf{A}| |\mathbf{B}|} \right), \quad (2)$$

と表現できる。

### 3.3 コマンド判定

このステップでは  $\theta_i$  を次の3つの区間に分類し、その分布からコマンド判定を行う。まず  $N_s, N_r, N_o$  を0で初期化し、それぞれを式(3)に基づいて更新する。また  $N_{all} = N_s + N_r + N_o$  と定義する。

$$\begin{cases} N_s ++, & 0 \leq \theta_i \leq 60, \\ N_r ++, & 60 < \theta_i < 120, \\ N_o ++, & 120 \leq \theta_i \leq 180. \end{cases} \quad (3)$$

$3 \leq N_r \leq 5$  かつ  $N_o = N_{all} - N_r$  ならば **Rectangle**、 $N_o = N_{all}$  ならば **Circle**、それ以外をコマンドではなく **Message** として判定する。

### 4. 評価実験

楕円2つ、長方形6つ、星型2つ、台形3つの **Stroke** データを用い、評価実験を行った。各図形の代表例の軌跡を図3に示す。周囲より大きい点となっているのが間引き処理によって抽出された座標点である。またアルゴリズム改良前の判定結果を **before**、改良後の判定結果を **after** とした時の  $N_s, N_r, N_o$  値と判定結果を表4、**before** と **after** の認識率を表2に示す。

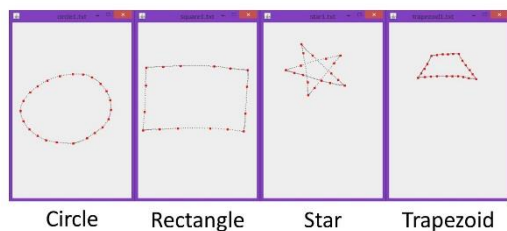


図3 各図形の代表例

表1 各図形の  $N_s, N_r, N_o$  値と判定結果

		c1	c2	r1	r2	r3	r4	r5	r6	s1	s2	t1	t2	t3
$N_s(0^\circ - 60^\circ)$		0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	1	0	1
$N_r(60^\circ - 120^\circ)$		0	0	4	4	4	4	4	4	0	1	0	4	0
$N_o(120^\circ - 180^\circ)$		23	35	12	12	12	10	12	8	11	26	15	11	15
Judgement	before	C	C	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	after	C	C	R	R	R	R	R	R	M	M	M	M	R

表2 アルゴリズム改良前後の認識率

	認識率
before	8/13 (61.5%)
after	12/13 (92.3%)

### 5. 考察

今回使用した **Stroke** データでは **c1~2** なら **Circle** 判定、**r1~6** なら **Rectangle** 判定、その他は **Message** 判定になることが望ましい。改良前では閉図形の頂点を検出する際、座標点の密集度の高い部分を頂点として判定を行っていた。そのため星型や台形といった頂点数が矩形のそれと近い値になる図形は誤認識される可能性が高くなるという懸念があった。その結果 **c1, c2** 以外の **Stroke** データでは **Rectangle** 判定になってしまったと考えられる [1]。しかし改良後では間引き処理や隣接点との角度計算を行うことによってその問題は改善され、認識率92%以上となり精度の向上がみられた。**t2**(台形)は比較的矩形に近い軌跡だったため  $N_r$  が大きくなり、その結果 **Rectangle** 判定となってしまったと考えられる。

### 6. おわりに

**Stroke** データからコマンドを認識するアルゴリズムの改良を行い、その評価を行なった。その結果、改良前と比較してコマンド認識率の向上がみられ、ユーザの意図が反映される結果となった。

今回の実験では13の **Stroke** データを用いて検証を行なったが、データの少なさゆえ筆記環境(ユーザの姿勢、ペンの持ち方、ペン先速度、使用する用紙)によっては誤認識される可能性がある。さらに認識精度を高めるためには被験者、**Stroke** データを増やし再度検証を行う必要がある。今後は多種多様な図形(三角形やその他複雑な閉図形)の認識を可能にし、メールだけでなく、**Twitter** や **Facebook** といった SNS への投稿も検討している。

### 文 献

- [1] 高橋淳二、中里画、豊住尚弥、ロペズギョーム, “ペン型入力インタフェースを用いた筆記作業のみによるメールの送信”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, CD-ROM 3A1-R02, 2014
- [2] 大橋晴弘、大和淳二、石井郁夫、牧野秀夫, “一般化 Hough 変換による任意図形検出アルゴリズム”, 情報処理学会研究報告グラフィクスと CAD (CG) (1988-CG-037), pp33-39, 1989
- [3] 金子照之、瀧山龍三, “曲線からの特徴点の抽出と図形認識”, 電子情報通信学会技術研究報告. PRU, パターン認識・理解 95(279), PRU95-131, pp61-66, 1995

# Ensemble Human Detection による人物検出

川下雄大<sup>1</sup> 増山岳人<sup>1</sup> 梅田和昇<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 中央大学理工学部 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27

**概要** 本稿では、2つの人物検出結果を統合し、さらに結果の妥当性を検証することで、誤検出・未検出を低減する人物検出手法を提案する。また、実環境にて人物検出実験を行い、本手法の有効性を実証する。

**キーワード** : Human detection, Background subtraction, Joint HOG, Stereo camera, Subtraction stereo

## 1. 序論

カメラ画像中から人物を検出・追跡する研究は、その応用性から盛んに行われている。追跡手法の多くは、人物検出の情報を基に行うものが多いため、人物検出処理は非常に重要である。本稿では、2つの人物検出結果を統合、さらに結果の妥当性の検証を行う、より高精度な人物検出手法を提案する。

## 2. 方法

### 2.1 Ensemble Human Detection (EHD)

検出結果を評価し、2つの人物検出の結果を統合する Ensemble Human Detection を提案する。EHDでは、人物検出手法として差分ステレオと Joint HOG を用いる。しかし、単純に2つの手法による検出結果を統合するだけでは、未検出は削減できるが誤検出が増加する。そこで、提案手法では、検出結果を統合するだけでなく、前景領域と視差前景領域を利用して妥当性を検証することで、誤検出を削減する。

### 2.2 差分ステレオ [1]

画像中の前景領域と距離情報を取得する手法として差分ステレオを用いる。差分ステレオでは、マッチングを行う前に、左右カメラで背景差分を行うことで、マッチングする領域を限定し、マッチングの誤対応を削減できる。また、前景領域が一定以上の大きさを持つ対象を人物として検出する。

### 2.3 Joint HOG [1]

Joint HOG 特徴とは、複数の HOG 特徴の共起を表現して組み合わせた特徴量である。Real AdaBoost により識別に有効な組み合わせを選択し、Joint HOG 特徴を生成する。2段階目の Real AdaBoost より識別に有効な Joint HOG 特徴を選択し、識別器を構築する。実際の人物検出では、この識別器の出力値により人の検出を行う。

2.2、2.3 項の詳細は、文献[1]を参照されたい。

### 2.4 結果の妥当性の検証・統合方法

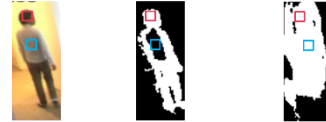
本節では、まず 2.2、2.3 項で検出された対象のスコア付け方法について述べる。各検出手法の結果に対するスコアは、以下の式より求める。

$$Score = \frac{\sum_{u=lx}^{rx} \sum_{v=ly}^{ry} W_u \times M_{uv}}{\sum_{u=lx}^{rx} \sum_{v=ly}^{ry} W_u (G_{uv} + D_{uv})} \quad (1)$$

$u, v$  は画像座標、 $M_{uv}$  は注目画素に前景領域と視差前景領域があれば 1 を返し、 $G_{uv}$  は前景領域、 $D_{uv}$  は視差前景領域がそれぞれあれば 1 を返す変数である。 $W_u$  は検出矩形内の注目画素の位置により与える重みである。スコア付けと重み付けのイメージをそれぞれ図 1、2 に示す。また、図 2 の矩形は人物検出結果を表す。算出されたスコアがしきい値以下であれば誤検出とし、検出結果を削除する。

次に、各手法による検出結果の統合方法について述

Original | Foreground | Foreground disparity



□ :  $M.region_{uv} = 1 | FG_{uv} = 1 | FD_{uv} = 1$   
 □ :  $M.region_{uv} = 0 | FG_{uv} = 0 | FD_{uv} = 1$

図 1 検出結果のスコア付け方法

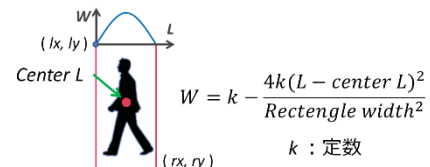


図 2 重み付け方法

べる。結果の統合は、出力された検出矩形の中心座標間の距離が一定値以下であれば、各手法による検出結果が同一人物のものであるとして行う。

## 3. 人物検出実験

提案手法の有効性を検証するため、オクルージョンが多数発生するシーンにおいて人物検出実験を行った。評価は、Bumblebee 2 (Point Gray Research: 320×240) を用いて撮影した動画 1500 frame を用いて行った。表 1 に実験結果を示す。TP Rate は正検出率、FN Rate は未検出率、FP Rate は誤検出率を表す。

結果より、提案手法を用いることで人物検出精度が向上した。これは、差分ステレオと Joint HOG による未検出を互いの手法により補間し、結果の検証より誤検出を削減出来たためだと考えられる。

表 1 人物検出実験結果

	TP Rate[%]	FN Rate[%]	FP Rate[%]
Subtraction stereo	78.0	22.0	9.8
Joint HOG	76.4	23.6	1.9
Proposed method	83.2	16.8	0.9

## 4. 結論

本稿では、2つの人物検出手法を組み合わせ、さらに検出結果の妥当性を検証することで検出性能を向上させる人物検出手法を提案した。さらに、実環境での実験を行い、提案手法の有効性を示した。

**謝辞** : 本稿の一部は公益財団法人精密測定技術振興財団の補助を受けた。

## 文献

- [1] 柴田雅聡 他, “距離画像セグメンテーションに基づくリアルタイム人物検出,” 日本ロボット学会誌, Vol. 32, No. 6, pp. 558- 565, 2014.

# EC サイトの商品選択画面で可視化すべきは購入者数か在庫数か

熊田純也<sup>†</sup> 木村敦<sup>†</sup> 武川直樹<sup>†</sup>

<sup>†</sup>東京電機大学情報環境学部 〒270-1382 千葉県印西市武西学園台 2-1200

背景と目的：EC サイトに関する従来研究では、商品の購買者数をイラスト動画により可視化することで当該商品に対する購買意欲が高まることが示されている。一方、実店舗での購買意欲に関する研究では、商品の残り在庫数を表示することで購買意欲が高まることが示唆されている。以上の知見を踏まえ本研究では EC サイトの商品選択画面にて、「購買者数」と「在庫数」のどちらの可視化が購買意欲向上に強く影響を及ぼすかを検証した。

方法：架空の EC サイトを構築し、商品の在庫数を数値表記する条件(数値表記条件)、時間とともに増加する購買者数をイラスト動画で表示する条件(購買者数可視化条件)、時間とともに減少する在庫数を可視化する条件(在庫数可視化型条件)を設定し、低在庫商品に対する購買意欲を比較した( $N=46$ )。

結果：在庫数可視化条件は数値表記条件より低在庫商品を選択した参加者が多かった。また、参加者の嗜好色との関連を分析したところ、在庫数可視化条件では嗜好色に関わらず低在庫商品を選択する傾向が認められた。

考察：在庫数可視化は数値表記条件とメッセージの内容は同様であるにも関わらず、低在庫商品に対する購買意欲が高まった。イラスト動画という情報の提示法が購買意欲に影響するといえる。

結論：購買者数より在庫数をイラスト動画により可視化の方が消費者の購買意欲に強い影響を及ぼすといえる。

キーワード：EC サイト 消費者心理学 可視化 購買意欲 数量的制約 在庫数

## 1. はじめに

現在わが国では、15 歳以上の国民約 3 分の 1 以上が EC (e-commerce) サイトでの商品購入経験を有しており[1]、オンラインショッピングが消費者の主要な買物手段として普及している。そのため、どのような EC サイトが消費者の購買意欲を高めるかについても関心が高まっている。たとえば、実店舗において人は他の客の購買行動を参照して購買意思決定を行うことがあることが知られている[2]。EC サイトでは実店舗のように直接的に他の客の姿を見ることはできないが、訪問者数や商品閲覧、購買に関する情報をリアルタイムで収集して表示することは可能である。では、店舗訪問者のどのような情報を収集しどのようにサイト上に表示することが有効なのだろうか。この疑問に関連して、加茂・益子[3]は EC サイトにおいて商品の購買者数を人型オブジェクトとして商品画像上にリアルタイムに可視化することが、商品情報への興味喚起や購買行動を促すことを示した。一方で、EC サイトにおける顧客の行動可視化の研究は他には少なく、購買者数の可視化が最も効果的かは検討の余地が残る。たとえば、消費行動研究においては「〇個限定」「残り〇個」のような数量的制約が購買意欲を向上させることが知られている[2]。しかし、これは実店舗における知見であり、EC サイトにおいてどの程度有効であるかはまだ研究が少ない。

そこで本研究では、EC サイトにおいて「在庫数」をリアルタイムにイラスト動画によりリアルタイムに可視化するインタフェースデザインを試作し、在庫数可視化が消費者の購買意欲に及ぼす影響を検討する。あわせて、現行の EC サイトでも行われているような、在庫数を数値のみで表示する場合や、先行研究[3]のような購買者数をイラスト動画で表示する場合とで低在庫商品に対する購買意欲を比較し、どのような情報の表示方法が消費者の購買意欲に強く影響を及ぼすかを実験的に比較することとした。

## 2. 方法

実験計画：商品在庫数の表示方法を要因とする一要因

被験者間計画であった(数値表記条件、購買者数可視化条件、在庫数可視化条件；図 1)。条件間で低在庫商品に対する購買意欲を条件間で比較した。数値表記条件では、在庫数と購買者数を数値のみで表記した。購買者数可視化条件では、先行研究[3]と同様に購買者を表す人型オブジェクトを用いて時間とともに増加する購買者数を可視化した。在庫数可視化条件では、時間とともに減少する商品在庫を店員・購買者とともにイラスト動画で提示した(図 2)。架空の商品選択課題で用いる商品には同型 3 色の USB メモリを用いた。

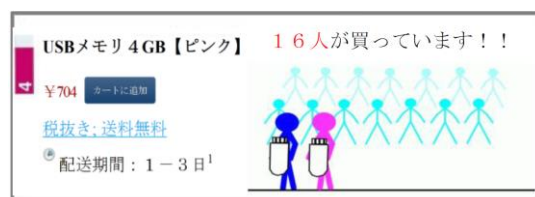


図 1 本実験で用いた商品選択画面の例 (上: 数値表記, 中: 在庫数可視化, 下: 購買者数可視化)





図 1 在庫数可視化条件における動的な店員と客の商品受け渡し動作の流れ

**実験参加者:** 男子学生計 46 名 (18-25 歳) が参加した。ランダムに 3 条件のいずれかに割り当てた。

**実験材料・装置:** 架空の EC サイトは Jimdo で構築した。刺激提示には Apple 社 iPad を用いた。実験で使用する USB メモリ (imation 製 4GB) の色を選定するために、事前に USB メモリの色嗜好に関する調査 (男子学生  $N=28$ ) を実施した。その結果、青と赤に対する嗜好性が最も高く、桃色に対する嗜好性が最も低いことが示された。そこで本実験では、EC サイトに陳列する USB メモリの色を桃、青、赤の 3 色とし、桃の在庫数が最も少ない環境において、消費者の低在庫数商品に対する購買意欲を条件間で比較することとした。

**手続き:** 個別実験であった。各実験参加者には自分が USB メモリをこの架空のサイトで購入する場合にどの商品を購入したいかを選択させる課題を実施した。なお、選択した商品は実際に謝礼として支払われることを教示した。課題終了後に選択理由、色嗜好、サイト印象等に関する質問紙を実施した。

**データ解析:** 低在庫商品である桃色を選択した実験参加者の人数を  $\chi^2$  検定で比較した。有意な偏りがみられた場合には調整済み残差分析を行なった。また、個人の色嗜好が選択に及ぼす影響について、選択色が嗜好色か否かの度数を算出し 3 色の間における度数の偏りを  $\chi^2$  検定で比較した。

### 3. 結果

商品在庫数の表示方法が低在庫商品の購買意欲に及ぼす影響を調べるために、各条件における桃、赤、青の選択数について  $\chi^2$  検定を行った (表 1)。その結果、在庫数可視化条件は数値表記条件よりも桃の選択数が有意に多かった ( $\chi^2 (2) = 6.41, p < .05$ )。実験参加者の色嗜好の影響を調べるため、各条件において選択した色が嗜好色と等しいか否かを比較した。その結果、購買者数可視化条件と在庫数可視化条件においては、嗜好色でないにも関わらず桃色の商品を選択した参加者が多かった (順に、 $\chi^2 (1) = 5.6, \chi^2 (1) = 3.1, ps < .05$ ; 表 2,3)。

### 4. 考察

本研究は EC サイトにおける商品在庫数の表示方法が低在庫数商品の購買意欲に及ぼす影響を実験的に検討した。その結果、特定の商品が売れて在庫数が減少してゆく様子をイラスト動画で可視化した場合には、在庫数を数値で表記するのみよりも当該商品に対する購買意欲が高くなることが示された。嗜好色との関連を調べたところ、桃色を選択した実験参加者の多くは必ずしも桃色が好きであったわけではないことが示された。これらのことから、本研究で提案した在庫数のイラスト動画表示という EC サイトデザインが消費者の購買意欲に影響した可能性が高い。

購買者数可視化においても同様に桃色を選択した参加者の多くは桃色が好きなわけではなかった。このことから先行研究 [3] が指摘するように購買者数の可視化も購買意欲に一定の影響を及ぼすと考えられる。そ

の一方で桃色の選択者数は在庫数可視化条件が多く、当条件においてのみ数値表記よりも有意に多いという結果が得られた。このことから、在庫数のイラスト動画は購買者数を表示するよりも購買意欲に強い影響を及ぼすものと考えられる。在庫数可視化条件は購買状況 (この商品は人気があること) に加えて残り在庫数 (数量的制約) を強調して表示することから、購買状況を強調する購買者数可視化条件よりも「今買わないと売り切れるかもしれない」という消費者の焦燥感を促したものと考えられる。以上を踏まえ、本研究においては在庫数を可視化の方が消費者の購買意欲により強い影響を及ぼすことが示唆された。今後は商品選択中の焦燥感やタイムプレッシャーを測定することで上記の解釈の妥当性を検討する必要がある。また、本研究は男子学生を対象として USB メモリを選択させる課題としたが、今後は性別や年齢など実験参加者属性の効果や商品属性 (製品関与等) も精査する必要がある。

表 1 各条件における商品 (USB メモリ) 選択者数

	数値表記	購買者数	在庫数
桃 (低在庫数)	1*	4	9*
赤	7	7	2*
青	7	3	6

\*残差分析の結果  $p < .05$

表 2 購買者数可視化条件における嗜好色選択者と非嗜好色選択者の人数

	桃	赤	青
嗜好色	1*	7	3
非嗜好色	3*	0	0

\* $p < .05$

表 3 在庫数可視化条件における嗜好色選択者と非嗜好色選択者の人数

	桃	赤	青
嗜好色	1*	2	4
非嗜好色	7*	1	2

\* $p < .05$

### 文 献

- [1] 総務省, "ICT インフラの進展が国民のライフスタイルや社会環境等に及ぼした影響と相互関係に関する調査", 2012
- [2] 河瀬 和幸, "また、売れちゃった！一瞬で顧客の心をツカむ！売上 5 倍を達成する凄ワザ 88", 2011
- [3] 加茂 浩之, 益子 宗, "ネット購買情報のリアルタイム可視化による購買促進", 情報処理学会研究報 (5 号), pp1~6, 2011

# 定在波レーダを用いた人間センシングに関する基礎検討

森本雅博<sup>1</sup>、瀬戸悠輔<sup>1</sup>、時浩源<sup>1</sup>、松本真衣<sup>1</sup>、加茂優貴<sup>1</sup>、梅田智広<sup>2</sup>、斉藤光正<sup>3</sup> (CQ-s ネット (株))、才脇直樹<sup>1</sup>

1 所属 〒658-8501 神戸市東灘区岡本 8-9-1 甲南大学 知能情報学部

2 所属 〒630-8506 奈良市北魚屋東町 奈良女子大学 社会連携センター

3 所属 〒221-0064 横浜市神奈川区鳥越 7-8 (株)CQ-s ネット

## 概要

背景と目的：最近、日々無意識非拘束状態で服の上からでも非接触に計測が出来る生体計測センシング技術が、求められている。こうした条件を満たす一つの技術として定在波レーダをとりあげ、各種人間情報の取得に使う手法について検討した。

方法：共同研究先の(株)CQ-s ネットが開発した手のひらサイズの超小型定在波レーダを用いて、車載によるドライバーや搬送患者の呼吸と心拍の計測実験をはじめ、各種の人間情報計測実験を行った。

結果：理想的な計測条件を満たすことができれば、呼吸による胸の上下動や心臓の鼓動による微小振動を捉えられる可能性が示された。しかし、電波の性質として、拡散、反射や干渉などによる様々なノイズの影響を避けることができず、安定して確実に、そして継続的に医療機器水準のデータ取得を保証することは现阶段では難しいことも明らかになった。

考察：実験結果は正確な生体計測のためのセンサとしての定在波レーダの限界を示すものであったが、透過型距離センサとして、ベッドや布団、衣服を透過して人体の有無や動きを検出できるという利点があるのも事実であった。

結論：本研究で示された定在波レーダの長所を生かし短所を補うために、電波型センシングデバイスにとって有効な計測環境の選定と、別のタイプのセンシングデバイスとのセンサフュージョンが必須である。

キーワード：定在波レーダ 人間情報の計測

## 1. はじめに

最近、公共の乗り物での居眠り運転や持病が悪化しての事故が増えている<sup>[1]</sup>。そこで、これまでも自動車メーカーや大学等研究機関において、身体に直接装着したセンサから心拍や呼吸、瞬目回数、脳波など各種生体情報を計測し、その変化を分析することで覚醒状態を推定し眠気に襲われた際に警告するシステムなどが開発されてきた<sup>[2]</sup>。しかし、ドライバーが乗務する度にセンサを装着するのは面倒であり、また、有線接続の場合体を動かすににくいなどの違和感があった。また、ハンドルに電極をつける方式では、ハンドルを回すごとに計測データが途絶えたりノイズが乗ったりという問題も頻繁に起こった。従って、動きに制限がなく装着時の違和感やノイズも少ない、非接触に呼吸数や心拍、運転者の体動を計測できる手法の開発が望まれている。

一方、近年の日本社会は、出生率の低下と乳幼児の突然死等により、少子化社会へと向かう一方、団塊の世代を経てきた高齢者の平均寿命が延びており、超高齢社会が到来しつつある。少子高齢化社会における問題点の一つに医療費の増大があり、これを防ぐために、日常生活の中で健康管理を徹底して行いできるだけ通院しないで済む取り組みや在宅医療の普及が検討されている。日常的に生体情報 (バイタルサイン) のモニ

タリングを行うことによって、病変の早期発見により患者が倒れる前に病院へ搬送することで緊急事態を回避できるだけでなく、健常者・未病者にとっても生活習慣を改善できるため、結果的に多くの人の健康寿命を延ばすことにもつながる。やはりここでも、日々無意識非拘束状態で服の上からでも非接触に計測が出来る生体計測センシングが求められている。

そこで、こうした条件を満たす一つの技術として定在波レーダをとりあげ、各種人間情報の取得に使う手法について検討した。

## 2. 定在波レーダとは

定在波 (SWR: Standing Wave Ratio) とは、進行波と反射波を合成したもので、定在波レーダは、反射物体の移動によって節と腹の場所が変化することにより距離計測を行うものである。今回は、24GHz の電波を用いたが、この周波数は衣服を透過できるが、皮膚面で反射する性質があるため、人体に影響することなく安全に計測できる。また、ミリ波であるため、人体表面に現れる呼吸動や脈拍動など、数ミリ～数センチ程度の計測に適しており、単純な距離センサとしてだけでなく、呼吸や脈拍といった生体センシングにも応用できる可能性もある。

そこで、(株)CQ-s ネットが開発した手のひらサイズの

超小型定在波レーダを用いて評価実験を行った(図1)。表面が、レーザ波を送受信するアンテナとなっている。

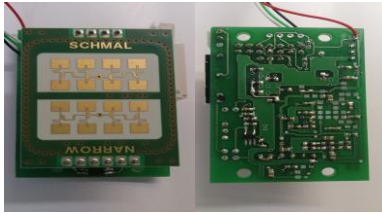


図1 超小型定在波レーダ (左: 表面 右: 裏面)  
Fig.1 Ultra-small standing wave radar  
(left: front right: back)

また、このレーダの計測結果を表示したり、各種操作を行うためのインターフェースは以下のようなものである(図2)。定在波レーダが測定した各ターゲット反応レベル、距離、変位、速度を計測・表示する。

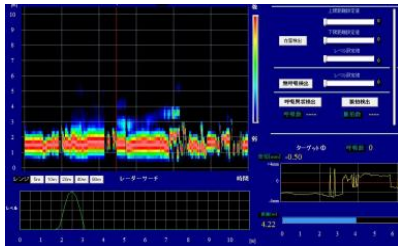


図2 定在波レーダによる距離計測ソフトウェア  
Fig.2 Interface for the distance measurement by Standing Wave Radar

### 3. 評価実験

このシステムの評価のために各種実験を行った。例えば、

#### (1) 車載定在波レーダによるドライバーの呼吸と心拍、体動の計測実験

22歳男性1名、22歳女性1名の合計2名で、危険予測運転課題(CGで作成した仮想のドライビングコースを4分30秒走行しつつ、その間に人や車が飛び出してきたり、危険な追越をかけたきたりするもの)を試行してもらい、その際の呼吸や心拍、体動の変化が計測できるかどうか確かめた。

#### (2) 天井設置型定在波レーダによる日常生活空間における呼吸と心拍、体動の計測実験

男性75才、女性70才、女性46才、女性22才の計4名の被験者で、寝室とリビングルームで計測を行った。被験者には、寝室の場合は、仰向けで寝ている・横たわっている、リビングルームでは、ソファに座ってテレビを見ている、というように、リラックスした姿勢をとってもらった。ま

た、体動による計測データへの影響などを確認するため動画撮影も同時に行った。



図3 車載型(左)と天井型(右)による評価実験  
Fig.3 Evaluation experiments with on-board type (left) and ceiling type (right)

のような条件下での計測実験を最初に行い、これらの分析結果に基づいて、救急車や臨床での利用を考慮したベッド上での体動センシングなど様々な追加実験を行った。

### 4. 結果と今後の課題

3で述べた各種実験の結果、理想的な計測条件を満たすことができれば、呼吸による胸の上下動や心臓の鼓動による微小振動を捉えられる可能性が示された。

しかし、電波の性質として、拡散、反射や干渉などによる様々なノイズの影響やそれに基づく誤差を避けることができず、設置条件によっては、安定して確実に、そして継続的に医療機器水準のデータ取得を保証することは現段階では難しいことも明らかになった。

こうした実験結果は正確な生体計測のためのセンサとしての定在波レーダの限界を示すものであったが、透過型距離センサとして、ベッドや布団、衣服を透過して人体の有無や動きを検出できるという利点があるのも事実であった。

今後、本研究で示された定在波レーダの長所を生かし短所を補うために、電波型センシングデバイスにとって有効な計測目的・環境の選定と、他のセンシングデバイスとのセンサフュージョンについて検討を進める予定である。

### 文献

- [1] 国土交通省 HP, “国内事故発生件数の推移”, <https://www.tb.mlit.go.jp/chubu/gian/jikosemina2011/siryou1.pdf> (2013)
- [2] 日経デジタルヘルス, “トヨタとデンソーなど、ステアリングで心電・脈波を測定し運転中の体調急変を予測するシステム”, <http://www.nikkeibp.co.jp/article/dho/20130326/345228/> (2013)

# 導電性ゴムを用いた触感センサの開発

久井晶太<sup>1</sup>、岩元一真<sup>1</sup>、村山勝<sup>2</sup>、村松篤<sup>2</sup>、前野隆司<sup>3</sup>、才脇直樹<sup>1</sup>

1 所属 〒658-8501 神戸市東灘区岡本 8-9-1 甲南大学 知能情報学部

2 所属 〒485-8550 愛知県小牧市東三丁目 1 番地 住友理工(株) 研究開発本部

3 所属 〒223-8526 神奈川県横浜市港北区日吉 4-1-1 慶應義塾大学大学院 システムデザイン・マネジメント研究科

## 概要

背景と目的：最近、VR などの分野で触感を呈示する触感ディスプレイの研究が盛んに行われている一方、触感を数値化する触感センサの研究はあまり行われていない。但し、伝統的な触感検査装置のデファクトスタンダードである KES (Kawabata's Evaluation System for Fabric) には問題点も少なくないため、改良型や新型センサの開発が強く望まれている。

方法：住友理工(株)との共同研究により、プリントドエレクトロニクスの技術を導入して作成した新型導電性薄膜ゴムを利用してフィルムタイプの小型ひずみゲージを作った。また、このひずみゲージをシリコンで指型に固めた触感センサを新たに開発し、評価実験を行った。

結果：工業用材料やレザー、ボア、タオルといった各種素材の表面特性(テクスチャ)のスペクトル分析等を行い、その特徴に基づいた分類が可能であることを確かめた。また、センサの耐久性ははるかに勝っていた。

考察：従来我々が製作してきたセンサと比べて良い精度で触感の違いを捉えることができた。ただ、毛羽立ちのような立体構造を持った柔らかさなどの分析を行うためには工夫が必要である。

結論：触感センサの実社会への応用範囲は広いいため、KES を補完する技術として、今後も対象に応じた触感センサの改良を続けていきたい。

キーワード：触感センサ 導電性ゴム プリントドエレクトロニクス

## 1 はじめに

近年、触感を呈示する触感ディスプレイの研究が盛んに行われている一方、触感を数値化する触感センサの研究はあまり行われていない。こうした研究に対する実社会からのニーズは強く、例えば自動車会社は肌触りのよいハンドルや椅子、住建素材メーカーは壁素材やカーペット、化学繊維メーカーはウィッグやアパレル素材の等級、楽器メーカーは鍵盤等のタッチ感覚等々の分析に使える触感センサを求めている。一方、日本における触感検査装置のデファクトスタンダードは KES と呼ばれる機械式紳士服地の物理的特性計測装置(風合い測定装置)であるが、大型で持ち運びできない、計測不可能な素材が多い(例:ボア、メッシュ)、分析結果の物理量と心理量の対応に疑問点が多く結果が使えないことが少なくない、など多くの問題を抱えている(図1)。

そこで我々は、材質感や触り心地などの「質的情報」を含んだ触感の分析が可能なセンシングデバイスの開発に取り組んできた<sup>[1]</sup>。例えば、慶応大学と共同研究として取組んだ、ヒト指の断面構造を模した触感センサでは、摩擦、表面粗さ、弾性係数などの触感情報を測定可能であり、布、ゴムなどの様々な試料をセンシングした結果、30人の被験者から求めた人間の触感覚とほぼ一致することを確認した。今回は、住友理工(株)との共同研究により、プリントドエレクトロニクスの技術を導入して作成した新型導電性薄膜ゴムを

利用してフィルムタイプの小型ひずみゲージを作った。また、このひずみゲージをシリコンで指型に固めた触感センサを新たに開発し、評価実験を行った。



図1 KES の測定装置群

Fig.1 Measuring devices constituting KES (Kawabata's Evaluation System for Fabric)

## 2 触感センサの製作

硬軟2種類のシリコンを使用し、約1:9の割合で混ぜ合わせることで、物体と接触した際の弾性や摩擦をヒトの指の特性に似せて再現した。フィルム型薄膜ゴムセンサは、このシリコンを指先のメス型に流し込む際に一緒に固定した(図2)。

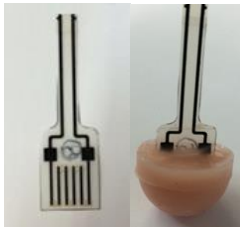


図2 左：フィルム型小型ひずみゲージ、右：シリコンの指型触感センサ

Fig.1 Film type small strain gauge and finger type tactile sensor made of silicon

### 3 評価実験

2で開発した触感センサの評価実験を行った。計測環境は図3の通り、移動ステージに触感センサをとりつけ、一定の速度・押下力で試料上を往復させて、その際に触感センサに内蔵された導電性薄膜ゴムで構成されたひずみゲージの抵抗変化を電圧変化としてPCに記録した。

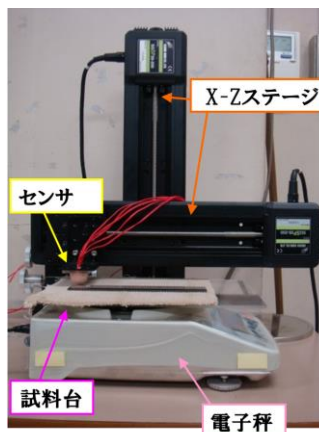


図3 評価実験の様子

Fig.3 Evaluation experiments using the moving stages

実験例として、タオル、ボア、レザーのような明らかに触り心地の異なる3種類の素材を用いて、実素材の表面テクスチャの違いがどのような出力結果として表れるかを調査した結果を示す(図4)。

例えば、ボアとレザーを計測して得られたセンサ出力データを単純比較した場合、振幅差が大きく見られたが、これは表面が扁平なレザーと表面がもこもこしているボアの違いが現われている。また、この出力データのスペクトルを比較すると、レザーの様なつるつるした触感には170Hz付近の高い周波数に、またボアのようなもこもこした触感には50Hzや90Hzといった低い周波数に特徴的なピークが現れた。あらかじめ多数の素材におけるこうした特徴を分析し登録しておくこ

とで、基本的な触感判別が可能であることが示された。

### 4 まとめと今後の課題

本研究では、導電性薄膜ゴムを用いた触感センサを作製し、実際の素材を用いて性能評価を行った。その結果、プラスチック、材木、金属、壁紙といった工業用素材の表面特性の粗さや凹凸形状、レザーとボア、タオルといった布素材の触り心地については、それぞれの振幅と周波数特性の差から、センサ出力の分析だけで判別が可能であった。

また、過去に我々が開発してきた、市販されているひずみゲージを内蔵したセンサよりは高感度であったが、導電性ゴムを用いず銀フィラーやカーボンをインクジェット方式で吹き付けて構築したフィルムタイプのものとの比較については、統計的な優劣が議論できるほどには十分な実験回数が足りていない。但し、それらと比べて明らかに耐久性が勝っているため、今回製作した触感センサの方が実用的である。

さらに、毛羽立ちのような立体構造を持った柔らかさなどの分析を行うためには、感度や耐久性は十分であってもデバイス構成上の工夫が必要であるため、今後の課題としたい。

触感センサの実社会への応用範囲は広いとため、KESを補完する技術として、今後も対象に応じた触感センサの改良を続けていきたい。

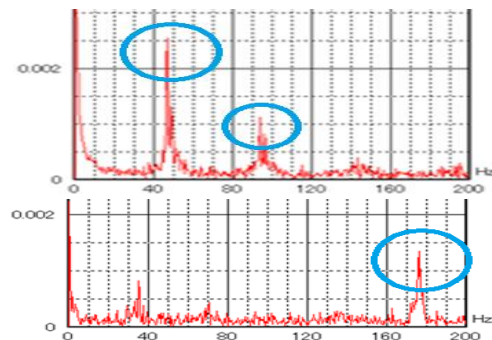


図4 FFT分析結果(上:ボア,下:レザー)

Fig.4 FFT analysis results (top: Bore, below: Leather)

### 文献

- [1] 才脇直樹、谷口まき、内田肇、神谷之康：「人工触感呈示システムを用いた触感認知に関する基礎研究」、繊維製品消費科学 Vol.47, No.12, pp.25-33 (2006)

# 三次元動作計測及び筋電計測による 適切な運動指導のための歩行分析

西嶋勇貴<sup>1</sup>、岩井優貴<sup>1</sup>、井口雅博<sup>1</sup>、中村浩亮<sup>2</sup>、曾我部晋哉<sup>3</sup>、才脇直樹<sup>1</sup>

1 所属 〒658-8501 神戸市東灘区岡本 8-9-1 甲南大学 知能情報学部

2 所属 〒673-1415 兵庫県加東市下久米 9 4 2-1 兵庫教育大学大学院

3 所属 〒658-0032 神戸市東灘区向洋町中 9-4 甲南大学 スポーツ健康科学研究センター

## 概要

背景と目的：膝アライメントが異なる被験者を対象に歩行時の各関節の三次元座標を動的に計測し、特徴の違いがどこにあるのかを分析することによって、正しい運動の指導に役立てることができるかどうか検討を行った。

方法：赤外線カメラ 8 台を用いた三次元動作解析装置 Mac 3D システムにて反射マーカの空間座標と筋電位を同時計測し、リアルタイム動作解析ソフトウェアを用いて分析した。

結果：膝アライメントの違いによって、膝や腰への負担が異なることが明らかになり、ここで得られた知見を個人への適切な体育指導に生かせる可能性が高まった。

考察：今回解析対象とした被験者の場合、O 脚は腰の故障に、また X 脚は膝関節の故障に注意した方が良く、体育指導の現場で参考になる知見を多数得ることができた。

結論：今後、新たな特徴パラメータの発見に努めつつ、統計的な有意性について検証を進める予定である。

キーワード：三次元動作計測 筋電計測 運動指導

## 1 はじめに

近年自分自身の健康促進や病気の予防に関心のある人が増加しているといわれる。健康のために様々な運動が推奨され、特にウォーキングは手軽で容易に出来かつ安全な運動として勧められているため、ウォーキング人口は今や 4000 万人とも言われている<sup>[1]</sup>。歩くことは脂肪を燃焼させるだけでなく心臓病、高血圧、糖尿病の予防にも有効であり、医療費の縮小や健康寿命の延長にもつながると注目されている。

しかし、長時間歩き続け同じ運動を繰り返すと、骨の酷使や筋肉や足の腱を痛めるリスクを伴う。一般的に、歩行をはじめ体を動かすことは健康を維持、改善するのに役立つとされているが、実際には上記のように整形外科的疾患の原因にもなり得るので、場合によっては勧めることができない。

例えば、日本人は内反膝(O 脚)の割合が多いにもかかわらず、一様な方法での歩行が広く普及しているため、人によっては荷重バランスが良くない場合もあり、この場合、健康のための運動が将来的に身体活動量を減少させる要因となる可能性がある。こうした膝の形態を表わす指標として、膝アライメントが良く知られている。

そこで本研究では、膝アライメントが異なる被験者を対象に歩行時の各関節の三次元座標を動的に計測し、特徴の違いがどこにあるのかを分析することによって、正しい運動の指導に役立てることができるかどうか検討を行った。

## 2 歩行と動作解析

人間の身体を正面からみた時の大腿骨と脛骨のつながり方や膝関節の傾きを「膝アライメント」と呼び、まっすぐ正常な位置(中間位)、O 脚(内反膝)、X 脚(外反膝)の 3 つに分類される。三者を分類するための評価指標は (a) 膝内顆間距離、(b) 踵骨間距離、(c) FTA(Femoro Tibial Angle)の 3 つであり、

(1) 正常膝：膝内顆間距離、踵骨間距離が 3cm 未満及び FTA が  $173^{\circ}$  以上かつ  $178^{\circ}$  未満

(2) 外反膝：踵骨間距離が 3cm 以上かつ FTA が  $173^{\circ}$  未満

(3) 内反膝：膝内顆間距離が 3cm 以上かつ FTA  $178^{\circ}$  以上

と定義されている(図 1)。

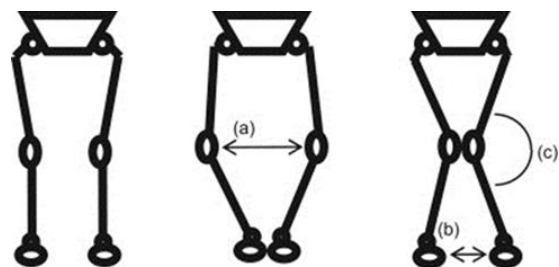


図 1 膝アライメントの分類<sup>[2]</sup>

Fig.1 Classification of knee alignment

また、歩行を分析する際の目安となる歩行周期は、かかとが接地して再び同側のかかとが接地するまでの時期であり、大きく分けて立脚期と遊脚期の2つに分けることができる。立脚期と遊脚期はさらに細かな相にわけることができ、立脚期は初期接地、荷重応答期、立脚中期、立脚終期、前遊脚期の5つ、遊脚期は遊脚初期、遊脚中期、遊脚終期の3つで構成されている(図2)。

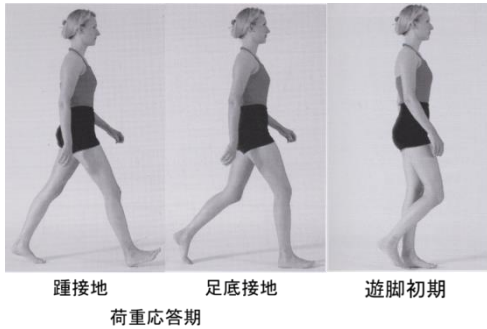


図2 立脚期(左)、遊脚期(右)の例<sup>[3]</sup>  
Fig.2 Examples of the stance phase (left), swing phase (right)

### 3 歩行の三次元動作計測実験

- (1) 実験条件：膝関節に受傷経験のない健康男性15名(正常膝5名、内反膝5名、外反膝5名)を対象に、トレッドミル(SCIFIT社製 DC1000)上で時速6kmで歩行し、30秒間計測した。
- (2) 実験に用いた計測機器：赤外線カメラ8台を用いた三次元動作解析装置 Mac3D システム(Motion Analysis社製、サンプリング周波数100Hz)にて反射マーカの空間座標をPCに取り込み、リアルタイム動作解析システム EvaRT 4.4(Motion Analysis社製)を用いて分析した(図3)。

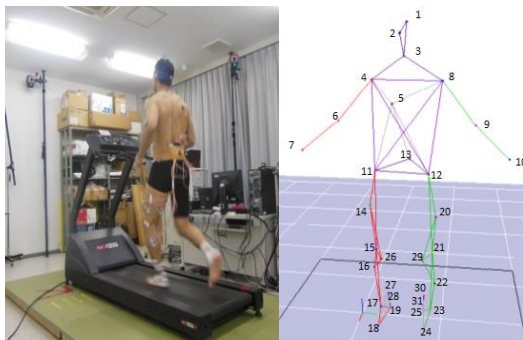


図3 反射マーカの取付位置と実験の様子  
Fig.3 The positions of the reflective markers

### 4 計測データの分析結果

分析結果の一例(図4)に明らかなように、正常脚の場合、膝の上下動が最も大きく、接地のショックを吸収しやすい。一方、O脚は上下動が最も小さく接地の衝撃を腰で受けることになる。また、X脚は膝の衝撃を上下ではなく外側にスライドさせることで受け止めるため、膝への負担が大きいことが明らかになった。

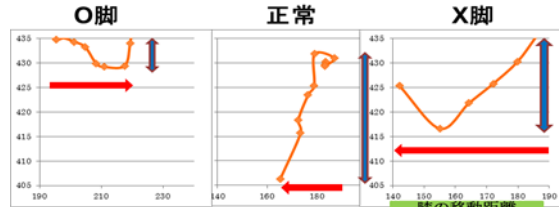


図4 各脚の膝の揺動分析結果の例  
(青：上下動の幅、赤：左右動の幅)

Fig.4 Results of analysis of the knee's swings of each knee alignment

これらの結果などから、O脚は腰の故障に、またX脚は膝関節の故障に注意した方が良いことがわかるので、こうした負荷が少しでも減少するような足運びを心がけるよう指導すればよいことが分かった。また、同時に計測した筋電位の分析から、異常な負荷のかかりやすい足運びの場合、余分な筋力を必要とする様子も観察することができた。

### 5 まとめと今後の課題

本研究では、膝アライメントに着目して歩行動作の三次元的な特徴と筋電位を分析した。その結果、膝アライメントの違いによって、膝や腰への負担が異なることが明らかになり、ここで得られた知見を個人々への適切な体育指導に生かせる可能性が高まった。

今後、新たな特徴パラメータの発見に努めつつ、統計的な有意性について検証を進める予定である。

### 文献

- [1] 内閣府、「平成21年体力・スポーツに関する世論調査」(2009)
- [2] 寺山和雄、片岡治監修、「整形外科：痛みへのアプローチ②膝と大腿部の痛み」、pp14、南江堂(2004)
- [3] キルステンゲッツ・ノイマン、「観察による歩行分析」、pp9-19、医学書院(2005)

# 書道学習支援のための運筆情報記録可能なサイバー筆の開発

清水拓真、才脇直樹

所属 〒658-8501 神戸市東灘区岡本 8-9-1 甲南大学 知能情報学部

## 概要

背景と目的：従来、習字を簡単に行えるようにするための毛筆学習支援システム実現のために、下敷き台で圧力計測を行ったりカメラを用いて筆の三次元座標計測を行ったりする研究が進められてきた。一方、本研究で我々は、環境ではなく筆そのものにシステムを埋め込んだサイバー筆システムの開発を試みた。

方法：筆に圧力センサと加速度センサを実装し、圧力センサは運筆時の各指の握力の強弱を、また加速度センサは筆の傾きと位置情報を計測して、各々のデータをリアルタイムにグラフ表示できるようにした。

結果：何人かの被験者から、筆を握る力の強弱や筆の傾斜角度、運筆速度・距離のデータを取得・可視化することができ、基本的なサイバー筆の有効性が示された。

考察：現段階ではまだ多数の被験者による統計評価などを行っていないので、精度や注目すべき運筆データのマイニングについては今後取り組むべき課題であるが、データ目視によっても上級者と初級者の間における圧力や速度の特徴的な差に関する知見を得ることができた。

結論：より使いやすく計測精度の良いサイバー筆への改良と、これを用いた効率よく合理的な指導方法を可能にするインタフェースの設計について検討を進めていきたい。

キーワード：書道学習支援 サイバー筆

## 1 はじめに

近年、国民の漢字に対する関心が高まっている。しかし、ワープロの普及などもあって文字を綺麗に書くこと自体に興味を持つ人は少なくなりつつあり、日本の文字を綺麗に書くための最も優れた学習法は習字であるにもかかわらず、習字人口は減少し続けている。確かに、習字は準備や片づけが大変であり、又お手本を見ることは容易であるが書いている際の筆運びを手軽に何度も見直すことはできないなど、初心者にとって心理的ハードルが高いことも否めない。そこで、習字を簡単に行えるようにするために毛筆学習支援システムが必要になる。このような技能学習支援の観点から、習字と情報処理を結びつけた研究がいくつか提案されてきている。例えば、岡本らは圧力センサを埋め込んだ書道用台の上で文字を書き、筆が半紙に接している位置と筆圧を取得するシステムを開発した<sup>[1][2]</sup> (図1)。

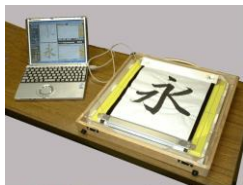


図1 圧力センサを台に埋め込んだ支援システム  
Fig.1 Aided system with embedded pressure sensor into the base

この計測データを元に筆の移動軌跡と筆圧の変化がコンピュータの画面に表示され、ユーザはそれを見ながら学習することができる。しかし、このよ

うな情報提示方法では、文字を書く過程における筆の動きそのものを理解することは困難である。

一方、藤塚らは習字の先生と学習者双方の三次元運筆データを複数のカメラと筆に取り付けたマーカーで取得し、両者を可視化して比較提示することにより学習支援するシステムを提案している。取得した筆記データから動く筆を3DCG 動画として再現し、さらに拡張現実を用いて先生のお手本の筆運びを学習者に提示する機能の実装も行っている<sup>[3][4]</sup> (図2)。しかし、この方法では正確に筆の三次元位置を計測した上に追従性良くARで動きを再現できなければならず、まだ十分な精度が保証されているとはいいがたい。

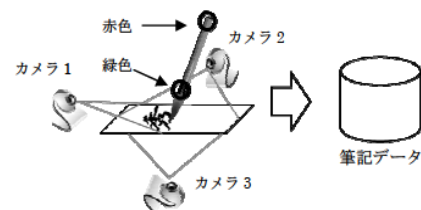


図2 複数のカメラを用いた三次元運筆座標計測  
Fig.2 Three-dimensional measurement of strokes using multi cameras

そこで、この両者の問題点である運筆の精度良いリアルタイム計測を実現するために、環境から非接触計測を試みていた両者に対して、我々は筆自体に直接センサを埋め込むアプローチを試みることにした。最近、超小型の加速度センサや圧力センサを



Arduino のようなマイコンに接続し、簡単に計測できるフィジカル・コンピューティングの技術が普及してきたことも、このようなアプローチを可能ならしめる理由の一つであり、従来なら重さや大きさの点で筆にセンサやマイコンを筆に実装することは非現実的であった。我々は、これをサイバー筆と名付け、習字の先生と学習者の運筆データを筆から直接取得し比較・提示することにより、書道学習の支援を行うシステムの構築を行っている。

## 2 サイバー筆の開発

事前の検討で、筆に圧力センサ3個(親指、人差し指、中指)と3軸加速度を計測できるセンサを装着すれば、運筆時の筆の動きをほぼ正確に捉えられることがわかったので実装した(図3)。圧力センサは運筆時の各指の握力の強弱を、また加速度センサは筆の傾きと位置情報を各々計測し、Arduino 経由で Processing を使ってリアルタイムにグラフ表示できるようにした(図4)。



図3 サイバー筆の外観

Fig.3 Appearance of cyber brush

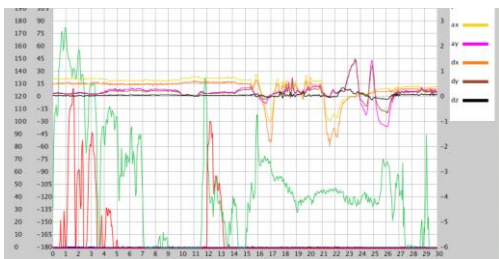


図4 サイバー筆で計測されたデータの例

Fig.4 Examples of measurement data sent from cyber brush

## 3 評価実験

毛筆では、文字を大きくはっきりと書くため、とめ・跳ね・払いの部分が見やすく字の形がつかみやすい。そこで、これら特徴部に注目してデータ分析を行うこととし、筆を握る力の強弱や筆の傾斜角度、運筆速度・距離のデータを取得した(図5)。現時点では、サイバー筆の開発が完了したばかりのため、まだ多数の被験者による統計評価には至っていないが、初心者、中級者、上級者といった3段階程度のユーザを10名ほど集め、課題文字を与えて計測を行うと共に上達するための要点を分析し、ユーザ

にわかりやすい形で支援情報を呈示するインタフェース設計を行う予定である。

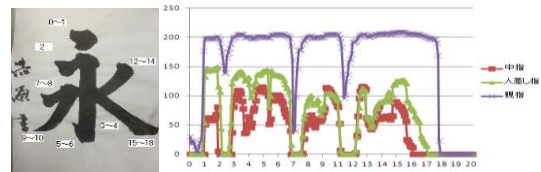


図5 各運筆セグメントで計測された圧力データの分析

Fig.5 Analysis of data measured at each stroke segmental (pressure)

## 4 まとめと今後の課題

今回は開発報告が主であったが、数名の書道経験者による予備実験の結果、

- (1) 文字を書いている時と書いていない時における握る力の強弱差と、一番力を入れる部分(親指)の圧力変化や速度変化が可視化された。これには個人差に相当する部分と上級・初級といったレベル差に相当する部分の双方が含まれているように考えられた。
- (2) ほぼ全員の被験者で、レベル差に関係なく運筆時の筆自体の傾きが一定以下であることがわかった。

といった様に運筆の基本情報を取得できていたことから、本システムの有効性が確認できた。一方で、どのように計測精度を評価すべきかが問題として指摘された。

今後は、より使いやすく計測精度の良いサイバー筆への改良と、これを用いた効率よく合理的な指導方法を可能にするインタフェースの設計について検討を進めていきたい。

## 文献

- [1] 岡村吉永、中村正則、長安邦浩、「技能の測定結果に基づいた習字用教材の開発」、山口大学教育学部・附属教育実践研究紀要、vol.2、pp.103-110(2002)
- [2] 岡村吉永、長崎伸仁、鷹岡亮、中村正則、「習字指導のための毛筆技能の計測」、日本教育情報学会学会誌18(4)、pp.21-26(2003)
- [3] 藤塚哲也、細野真志、新井浩志、「習字学習支援のための筆運びのデータ取得と再現」、電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集(基礎・境界)、pp.155(2012)
- [4] 藤塚哲也、細野真志、新井浩志、「拡張現実を用いた習字学習支援システム」、電子情報通信学会総合大会講演論文集(情報・システム(1))、pp.163(2014)

# ドライビングシミュレータを用いたマルチコプター制御の試み

五十嵐翔太郎<sup>1</sup>、和田睦<sup>2</sup>、才脇直樹<sup>1</sup>

1 所属 〒658-8501 神戸市東灘区岡本 8-9-1 甲南大学 知能情報学部

2 所属 〒194-0013 東京都町田市原町田 6 丁目 23 番 5 号 株式会社 マネージビジネス

## 概要

**背景と目的:** 最近注目を集めているマルチコプターを対象に、通常のラジコン操縦装置にかえて、ドライビングシミュレータ(以下 DS)を用い誰でも簡単に飛ばせるような体感型操縦インタフェースの構築に取り組んだ。

**方法:** 多くの人が操縦を習う車の操作のアナロジーとして飛行物体を簡単に飛ばせる体感型インタフェースを目指しており、そもそも同レベルの DS がほとんど存在しないため、国内外での類似例は多くない。

**結果:** DS を用いてマルチコプターを操縦することが可能になり、さらにそのマルチコプターから送られてきたカメラ映像を DS のスクリーンに表示し、操縦による姿勢変化をつけることができた

**考察:** マルチコプターのハードウェア性能、例えばデータ転送レートが低く、カメラ映像と揺動に時間差が生じる結果、操縦者によっては乗り物酔いになることもある。また、操縦インタフェースのなめらかに変化するアナログ数値を単純なコマンドの組合せにに変換するしかないため動作がぎこちなかったり、機体姿勢と DS 揺動のゲイン関係も調整が必要である。

**結論:** 操縦自体は可能になったが、人に優しいリアルな操縦感覚を実現するための課題はまだ多い。

**キーワード:** ドライビングシミュレータ マルチコプター 操縦感覚

## 1 はじめに

従来、DS は、実用分野では自動車等の運転免許取得時の擬似運転体験講習、アカデミックな分野では人間の運転時における認知特性計測や VR の研究に使われることがほとんどであったが、多くの場合簡単な操縦装置と液晶ディスプレイを並べただけのゲーム機レベルのものが多かった。しかし、我々が有する 6 軸揺動装置つきものは、シミュレータとして極めて高性能な体感型ドライビング・インタフェースを有し、自動車に限らず様々な移動物体の仮想操縦装置に転用可能な潜在力を持つ(図 1)。



図 1 システム構築に用いた DS

Fig.1 Driving Simulator

そこで、本研究では最近注目を集めているマルチコプターを対象に、通常スティック型ラジコン操縦装置にかえて、DS を用いて誰でも簡単に飛ばせるようなインタフェースの構築に取り組んだ。もし、これが実現すれば、あたかも自分が搭乗しているかの如く飛行体

験しながら操縦することが可能であり、大規模な災害時の現場情報収集や各種調査、農林産業等にも広く役立つと考えられる。実際、JAXA では飛行船型災害監視無人機の研究開発が行われており<sup>[1]</sup>、またセコムもマルチコプターを用いた小型飛行監視ロボットの開発に取り組んでいる<sup>[2]</sup>。米国では軍事目的での開発例もある。

但し、これらは体感型ではなく、操縦インタフェースも専用で複雑なものが多い。一方本研究では、多くの人が操縦を習う車の操作のアナロジーとして飛行物体を簡単に飛ばせる体感型インタフェースを目指しており、国内外での類似例はほとんどない。

## 2 開発したシステムの概要

今回は制御対象として、廉価で入手やメンテナンスが容易な AR.Drone と呼ばれるマルチコプター(図 2)を使用した。前方及び下方にカメラが付いており映像を、また三軸ジャイロによる機体姿勢と超音波距離センサの情報も同様に WI-FI で転送可能である。

具体的なシステムの制御手順は以下の通りである。

- (1) DS の各種操縦装置操作を DS 制御用 PC から一旦 TCP/IP 経由で中継用 PC の共有メモリに書き込む。
- (2) 書き込まれた操縦情報を中継用 PC 上に構築したマルチコプターとの情報通信プログラムで読み込み、操縦情報の数値に対応したマルチコプター制御コマンドを WI-FI を通してマルチコプターに送る。



図2 実験に使用したマルチコプター  
Fig.2 Multicopter

(図3、制御コマンドの例: エンジンキーON/OFFでマルチコプターのローター回転・停止、ギアをPに入れアクセルを踏むとホバリング上昇、Dに入れアクセルで前進、Rに入れアクセルで後退、ハンドルを左右に回すことにより左右旋回など)

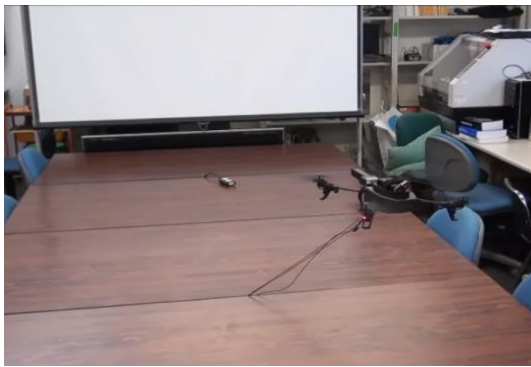


図3 制御命令を受信し飛行状態  
Fig.3 Multicopter receiving the control command under flight conditions

- (3) マルチコプターからは3軸の姿勢情報及びカメラ映像がリアルタイムで中継用PCに返される(図4)。このカメラ映像では、レゴ人形をそれぞれ20cmごとに置き、視野の確認をしている。
- (4) 中継用PCからこれらの情報をDS制御用PCに送り返すと、3軸の姿勢情報からDSの6軸揺動アクチュエータの制御量が算出され、それにあわせてDSが揺動する。操縦者は、DSの画面に映った飛行時の映像のみならず揺動も体験できる。

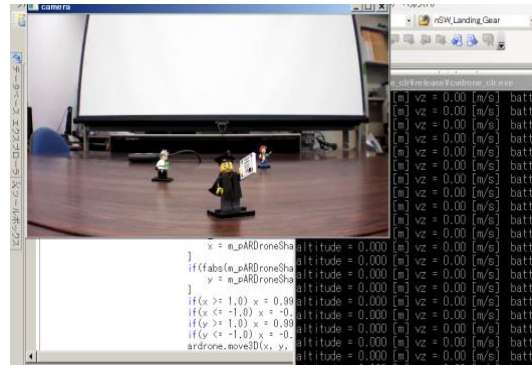


図4 マルチコプターからの各種情報  
Fig.4 Various types of information sent from Multicopter

以上の制御ソフトウェア構築には、開発支援グループが提供している専用SDK(Visual C++)を流用した。

### 3 まとめと今後の課題

DSを用いてマルチコプターを操縦することが可能になり、さらにそのマルチコプターから送られてきたカメラ映像をDSのスクリーンに表示し、操縦による姿勢変化をつけることができたので初期の目的は達成したと考える。

但し、マルチコプターのデータ転送レートが低く、カメラ映像と揺動に時間差が生じる結果、操縦者によっては乗り物酔いになることもある。また、マルチコプター側のファームウェアの制約のため、操縦インターフェースのなめらかに変化するアナログ数値を単純なコマンドに変換するしかないため動作がぎこちなかったり、機体姿勢と揺動のゲインの関係も調整が必要である。

以上のように、人に優しいリアルな操縦感覚を実現するための課題はまだ多い。

### 文献

- [1] JAXA、「飛行船型無人機の研究開発」、  
<http://www.aero.jaxa.jp/research/unkouanzen/mujinki/LTA.html>
- [2] セコム、「世界初、民間防犯用の自律型の小型飛行監視ロボットを開発」、  
[http://www.secom.co.jp/corporate/release/2012/nr\\_20121226.html](http://www.secom.co.jp/corporate/release/2012/nr_20121226.html)

# インタラクティブな縫いぐるみ型 コミュニケーションデバイスの試作

石田麻実、才脇直樹

所属 〒658-8501 神戸市東灘区岡本 8-9-1 甲南大学 知能情報学部

## 概要

**背景と目的:** 親しい者同士の間では、明示的な意志とは異なった曖昧で雰囲気のような情報がさりげなく介在することで、ちょっとした幸せ感や身近さを感じることができる。距離が離れていればなおさらである。ここでは小熊の縫いぐるみを二体用意し、それぞれにセンサやアクチュエータを内蔵して、電話やメールだけでは伝えられない雰囲気を、縫いぐるみだけを使って無線や LAN 経由で双方向にやり取りできるデバイスの試作を行った。

**方法:** コミュニケーション情報を計測するために、LilyPad Arduino に各種センサと LED、振動モータ、ヒータ等を接続し、これらを縫いぐるみに装着した。また、ネットワークを通じて縫いぐるみ同士の情報交換が可能であり、受け取った情報に応じたインタラクションを起こすことができる。

**結果:** 雰囲気をさりげなく伝えるという点では想定通りの効果を確認することができ、ユーザの評価も高かった。しかし、縫いぐるみのかわいさがバイアスとなって、コミュニケーションの効果のみを純粋に客観評価するのは難しかった。

**考察:** 人間が感情移入できる対象を好意的に解釈しようとするアフォーダンス的な効果をどのように生かせるかが、こうしたデバイスのデザインやインタラクション設計にとって非常に重要であることがわかった。

**結論:** 親密な関係の維持・醸成が期待できるノンバーバルなつながり感通信の一つとして、縫いぐるみ型デバイスの有効性を示すことができた。

**キーワード:** コミュニケーション 縫いぐるみ インタラクション

## 1 はじめに

最近、核家族化の進展や、転勤・就職などに伴って伴って遠距離で一人暮らしをする人が増加している。情報処理技術の急速な発展の下で、こうした社会情勢に対応するかのように携帯や Skype、メール等明示的な意思を伝えるコミュニケーションメディアは多様な発達を遂げている。

しかし、その一方で、常に相互に情報が通じるのは面倒であったり、トラブルの元になったりもする。実際、家族のような親しい間柄では、ノンバーバルな情報（声の調子、動き方、気配など）に日常的に接することで、相手を身近に感じたり、安心感が醸成される。こうした間柄では、明示的な意志とは異なった曖昧で雰囲気のような情報がさりげなく介在することで、ちょっとした幸せ感や身近さを感じることができる。このように、親密な関係の維持・醸成が期待できるノンバーバルなつながり感メディアが注目されはじめて久しい。

例えば、NTT は人工的な観葉植物にセンサとアクチュエータを内蔵し、遠距離で生活している相互の状態を自動的に伝達する「つながり感通信」の研究を<sup>[1]</sup>、また ATR では離れ離れの二人が、縫いぐるみを操作することでインタラクティブに音楽を生成したり、コミュニケーションできる「音楽生成を伴

うぬいぐるみインタラクション」の研究などを行ってきている<sup>[2]</sup>。しかし、人工植物プラントには感情移入が難しく、ただの置物にされてしまうという批判があり、また縫いぐるみは感情移入しやすいが、相手に何かを伝えるために理解を伴う操作をしなければならないという強制感覚が不自然であったり、形状が具体的な動物になると、そのデザインレベルの良しあしがユーザの扱い方にも影響するなど、問題も少なくなかった。

そこで本研究では、外装は老若男女を問わず人気の小熊人形（ダッフィー、図1）を二体用意し、それぞれにセンサやアクチュエータを内蔵して、電話やメールだけでは伝えられない雰囲気を、縫いぐるみだけを使って無線や LAN 経由で双方向にやり取りできるデバイスの試作を行うことにした。



図1 システム製作に用いた縫いぐるみ

Fig.1 Stuffed toys used for the system development

## 2 縫いぐるみ内蔵デバイスの開発

コミュニケーション情報(ユーザがどのように縫いぐるみに接しているか)を計測するために、LilyPad Arduinoに明るさ、加速度、温度、音声の4センサをとりつけた(図2)。また、コミュニケーション相手から送られてくる先方の環境情報を呈示するため、5個の色違いLED、振動モータ、ヒータを接続し、これらを縫いぐるみに装着した。LilyPadが常にセンサ情報を無線で送り続けている様子は、パソコンでモニタリングしたり、別のLilyPadとZigBeeを通じ情報交換可能である(図3)。

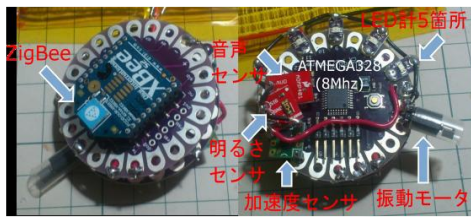


図2 LilyPad Arduinoへの各種センサの装着状態  
Fig.2 Mounting of the various sensors to the LilyPad Arduino

Line Status	Assert	Close Com Port	Assemble Packet
Line 1: .Sound = 505, Light = 57, Acce1 = 364	<input checked="" type="checkbox"/> DTR <input checked="" type="checkbox"/> RTS <input type="checkbox"/> Break		
Line 2: .Sound = 501, Light = 60, Acce1 = 363			
Line 3: .Sound = 510, Light = 59, Acce1 = 362			
Line 4: .Sound = 499, Light = 56, Acce1 = 363			
Line 5: .Sound = 504, Light = 58, Acce1 = 342			
Line 6: .Sound = 502, Light = 62, Acce1 = 375			
Line 7: .Sound = 507, Light = 61, Acce1 = 354			
Line 8: .Sound = 503, Light = 59, Acce1 = 369			
Line 9: .Sound = 497, Light = 62, Acce1 = 370			

図3 LilyPadから送信されるセンサ情報の例  
Fig.3 Examples of sensor information sent from LilyPad

これらのセンサ情報に対して、LED、振動モータ、ヒータをどのように対応させ動かすと効果的かを検討し、C言語ベースのProcessingでインタラクティブなプログラムをプログラムした。例えば、部屋が暗ければ送られてくる明るさセンサ情報の値が小さくなるので淡い薄紫のLEDを点灯し、同時に加速度センサの値が大きければ緑のLEDを点灯すると同時に振動モータを回転させて運動を伝える、温度センサの値が一定以上になれば暖かさを伝えるために橙色のLEDを点灯すると同時にヒータで縫いぐるみをほんのり暖める、音声信号に応じて青色LEDを点滅させる、といった具合である。

ユーザは、こうしたLEDの色やモータ、ヒータで複合的に呈示される先方の状態を表す各要素から置かれた雰囲気や推測でき、それに基づいて様々なコミュニケーションを追加することができる。例えば、薄紫色のLEDだけが点灯している場合、相手は留守か就寝中と推測できるのでコンタクトしない方が良いかもしれない(図4)。しかし、橙

色と青色が点灯しているにもかかわらず、動作を示す緑色やモータの振動を感じられなければ、相手は心寂しくじっと縫いぐるみを抱きしめているかもしれないので、自分の縫いぐるみをいじって相手に振動でエールを送れるし、更に携帯で直接コンタクトしてもよい。その際、話しながら縫いぐるみを撫でたり動かしたりすることで、相手との接触感覚も得ることができるなど、複合的に応用できる。

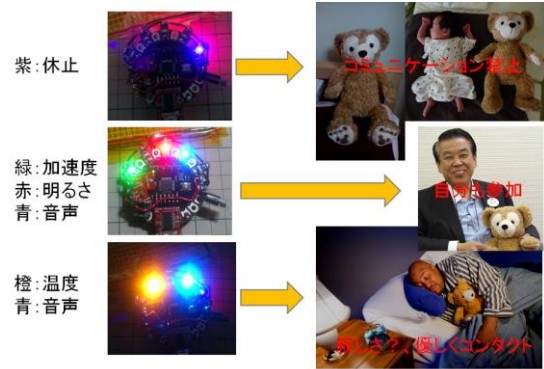


図4 自分なりに相手の様子を推測して、思いやりコミュニケーション(人物写真は参考例)  
Fig.4 Caring communication using this stuffed toy system

## 3 まとめと今後の課題

ぬいぐるみ型コミュニケーションデバイスの製作自体は非常に楽しい作業であった上に、雰囲気や気持ちをさりげなく伝えるという点では、想定通りの効果を確かめることができ、ユーザの評価も高かった。

ただ、小熊の縫いぐるみのかかわりがバイアスとなってしまっておりユーザによっては感情移入が強いため、本来評価すべき縫いぐるみの向こうに存在する知人との間のコミュニケーション自体を客観評価するのは難しかった。逆に、人間が感情移入できる対象を好意的に解釈しようとするアフォーダンス的な効果をどのように生かせるかが、こうしたデバイス設計にとっては非常に重要であることも良く理解できた。

今後は、MAXのような映像や音楽を制御できるプログラムなども連携を図って、コミュニケーションデバイスとしての可能性の幅を広げたい。

## 文献

- [1] 「つながり感通信」、NTT 技術ジャーナル、<http://www.ntt.co.jp/journal/0409/files/jn200409068.pdf>
- [2] 米澤朋子、ブライアン クラークソン、間瀬健二、「文脈適応型音楽生成をともしなうぬいぐるみインタラクティブ」、情報処理学会論文誌 vol. 43, no. 8, pp. 2810-2820 (2002) .

# インタラクティブ・アートの 健康増進と介護予防への応用の試み

小浜拓也、才脇直樹

所属 〒658-8501 神戸市東灘区岡本 8-9-1 甲南大学 知能情報学部

## 概要

背景と目的: 人間の動作に応じて映像や音に変化するインタラクティブ・アートとエクササイズを融合することで運動への意欲が芽生え、ボケ防止や健康維持に役立つシステムのプロトタイプ開発と評価に取り組んだ。

方法: ビジュアルプログラミング環境 MAX/MSP と Arduino を用いることで、どこでも誰でもセットアップできる手軽なシステム開発を目指した。

結果: どんな年代でも知っている手鞠歌にあわせた鞠つき遊びを対象として、老人ホーム等で簡単に使ってもらえるシステムを開発した。

考察: システム自体はインタラクティブに堅牢な動作が可能であり、運動をする事への苦痛は和らぐが、同時に何らかの方法で疲労感等の生理的評価が必要なように思われる。

結論: 単純に、苦痛少なく運動量を増やす、という初期の目的自体は達成できたが、それがボケ防止などに結びつくためには、より工夫が必要である。また、複数の人で一緒に手鞠を楽しめたり、遠方の家族や友達と一緒に楽しめるように通信機能とインタラクションを融合することで、コミュニケーションの増進にもつながることが期待される。

キーワード: インタラクティブ・アート 健康増進 介護予防

## 1 はじめに

日本は平均寿命で世界のトップにあるが、最近ではむしろ健康寿命に注目が集まっている。健康寿命とは普段の生活をしながら健康に暮らせる年齢であり、日本の場合、平均寿命と健康寿命に約 10 年程度の差があるが、この差を縮めることで老人の QOL 向上が見込めるだけでなく、医療費や介護施設、人材の節約にもつながる。健康寿命を平均寿命に近づけるためには、日々の健康増進への取り組み(肉体的および知的トレーニング)が効果的とされるが、これらを継続するには強い意志や介助が必要になる。しかし、既に後期高齢にさしかかり、軽い認知症が発症したり、足腰が思い通りに動かせなくなりつつある人にこれらを強要することは難しい。

そこで本研究では、情報技術を生かし、誰もが楽しく続けられるエクササイズ・システムを提案する。具体的には、人間の動作に応じて映像や音に変化するインタラクティブ・アートとエクササイズを融合することで運動への意欲が芽生え、ボケ防止や健康維持に役立つシステムのプロトタイプ開発と評価に取り組んだ。

類似研究として、劇場型仮想空間における痴呆性老人のためのリハビリテーションゲームや認知症高齢者と障害者を対象としたアミューズメントシステムの開発などの例があるが、いずれも、VR システムやゲーム機として完成されたシステムを各々人のレベルや現場のニーズに応じて適応させたり、

インタラクションのオプション(映像、インタフェース、音楽など)の改変・増設が困難であったり、高価な実験的システムレベルのものが多く、今回は、音楽や映像を比較的簡単かつ多様に取り扱いきるビジュアルプログラミング環境 MAX/MSP と、フィジカルコンピューティングの代名詞とされ各種センサ類やソフト開発情報が豊富な Arduino を用いることで、どこでも誰でもセットアップできる手軽なシステム開発を目指した。なお、対象としては、どんな年代でも知っている手鞠歌にあわせた鞠つき遊びを選んだ。理由は、様々なメディア的要素を含んでいること。アートよりは運動寄りであるが、工夫次第でアートの要素を後々盛り込んでいきやすいことなど技術的理由の他に、老人ホームに入居している老人(女性が主)に聞き取り調査を実施したところ、子供の頃に遊んだ鞠つきをもう一度してみたい、という希望が多かったことにもよる。

## 2 システムのアーキテクチャ

システムは図1のように処理を行う。まず、手鞠歌にあわせて手で鞠つきの動作をすると、指先に装着された赤外線 LED が上下に動く。それを Wii リモコンで波動状の信号として検出し、Bluetooth で PC に送る。MAX/MSP でそのデータをリアルタイム受信し、その周期にあわせて鞠の CG の上下動と音楽が同期的に制御される(図2)。同期が成立している場合、手鞠の左右位置の揺らぎに応じて手鞠歌も音

源定位し、また手が鞆に仮想的に触れる上死点で赤外線リモコンと共に指先に装着した小型振動モータが短時間回転し接触感を再現する。この際、MAX/MSP から Arduino に信号が送られ、Arduino の PWM 出力によってモータが制御される。



図1 システム構成  
Fig.1 System architecture

なお、CG は人間の手の動きに対する反応速度を考慮して、今回はワイヤフレームで描画した。また、入力のない時や、リズムに合っていない時は手鞆歌が停止し、鞆が自動的に左右に浮動して、手からこぼれた様に振る舞う。

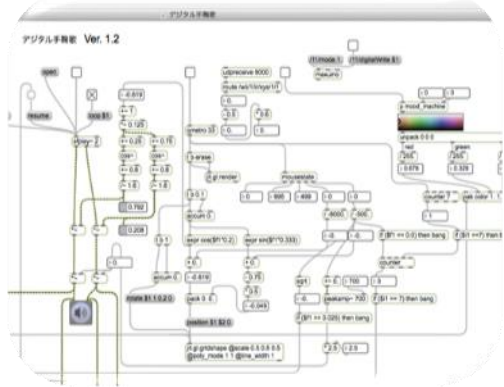


図2 MAX/MSP による制御プログラム例  
Fig.2 Example of the control program on MAX / MSP

### 3 評価実験

構築したプロトタイプシステムについて、被験者による評価実験を行った。実験協力者は、93 才女性、73 才男性、68 才女性、47 才男性、20 才女性、10 才男性の 6 名である。手鞆歌は様々な年代・タイプ・テンポから 20 曲を用意し、被験者の好きな曲を選択できる。一度、手鞆つきをはじめから選び直しても良い。接触感の再現（振動）ありと無しの二通りで、エラーや持続時間の多少を比較するとともに、実験後、感想を聴取した。



図3 評価実験中（93 才女性）  
Fig.3 Evaluation experiment (woman, 93 year old)

### 4 まとめと今後の課題

本研究では、健康増進や介護予防につながるインタラクティブなエクササイズシステムを提案し、手鞆歌にあわせた鞆つき運動を行えるプロトタイプを構築して、基本的な評価実験を行った。その結果、例えば運動のテンポは各年代共通して 120BPM (Beats Per Minute、拍/分) 前後付近の曲が好まれることがわかった。これは、安静時心拍数（男性で 60〜70 程度、女性で 65〜75 程度）の 2 倍よりやや遅めのビートがマーチなどで歩きやすいのと同様、テンポの取りやすい速さなのかもしれない。また、これは年配者でも意外と同様であるが、年代が上がるほど動作が安定せずエラーが増えた。年少者でもエラーが増えるのは同様だが、失敗の仕方が異なった。また、接触感があった方が同一時間内のエラーが減少するように見える。但し、統計的な有意性を確認するには被験者が少なかった。

今後の検討課題として、まず、音楽やCGが自分の動きに追従してくれると、集中力が増すので、一回あたりの持続時間が長くなる。また、何かの動作をさせられている、という苦痛の感覚は和らぐ。しかし、終了後に疲労感が出るのは、スポーツ後も同様なので何らかの生理学的目安が欲しい。次に、鞆の CG クオリティを上げて、よりリアルな手鞆を再現したり種類を増やしたい。また、複数の人と一緒に手鞆を楽しめたり、遠方の家族や友達と一緒に楽しめるような通信機能とインタラクションを融合することで、コミュニケーションの増進にもつながると考えている。

# 導電性薄膜ゴムを利用した静電容量変化型 ウェアラブル入力デバイスの開発

井町太一<sup>1</sup>、村山勝<sup>2</sup>、村松篤<sup>2</sup>、才脇直樹<sup>1</sup>

1 所属 〒658-8501 神戸市東灘区岡本 8-9-1 甲南大学 知能情報学部

2 所属 〒485-8550 愛知県小牧市東三丁目 1 番地 住友理工(株) 研究開発本部

## 概要

背景と目的: ウェアラブルなシステムの入力装置ではキーボードやゲームパッドではなく、服と一体化したウェアラブルな入力デバイスが求められるようになってきている。しかし、着心地を損ねる、洗濯ができない、耐久性が低い等の様々な問題点があった結果、まだまだ普及するには至っていない。

方法: 柔軟で耐久性があり水にも強い住友理工(株)開発の導電性薄膜ゴムを用いて静電容量変化型のスイッチを製作し、コンピュータ上の各種ソフトウェアを用いて操作性の評価実験を行った。

結果: 被験者は全員各種ソフトウェアを問題なく操作できた。例えばテトリスの場合、ゲームの持続時間、エラー率など通常の手持ち型コントローラと遜色なく、慣れると本デバイスの方が操作しやすいとの事だった。

考察: 今回は通常配線を用いたが、導電糸を用いると完全に衣服と一体化させることができ、また洗濯も可能になる。

結論: 導電性薄膜ゴムはウェアラブルなシステムのインタフェース構築に有用であるが、インタフェース自体の設計や目的に関して十分な検討が必要である。

キーワード: 導電性薄膜ゴム ウェアラブル インタフェース

## 1 はじめに

最近、軍事、医療機器、ファッション・アパレルから家電に至るまで、さまざまな分野・視点からのウェアラブル技術関連研究が盛んに行われている。ウェアラブルなハードや機能を実現するソフトの開発はもとより重要であるが、それらを有効に使いこなせる入力デバイスについても様々な物が考案されている。しかし、人間の体を使って操作する制約がある以上、新規性を追究するだけではかえって不便な場合も多い。

現在注目を集めているのは、直感的な体の動きを生かした入力インタフェースである。例えば、手を振ったり傾けたりしてゲーム操作を行う Wii リモコンや、タッチパネル上で指のジェスチャーを使う iPhone、重心移動によって運転するセグウェイなどはその代表であり、ウェアラブルなシステムの入力装置もキーボードやゲームパッドではなく、こうした身体との自然な一体化が求められるようになってきている。

但し、従来型の金属接点を持ったスイッチを袖口に縫込むような方法では、確かに服とは一体化できるが異物感で着心地を損ねる、洗濯ができない、耐久性が低い等の様々な問題点があった結果、まだまだ普及するには至っていない。

そこで、本研究では、服と一体化したウェアラブルな入力デバイスを実現するために、新しく住友理工(株)が開発した柔軟で耐久性があり水にも強い導電性薄膜ゴムを 2 枚重ね合わせてコンデンサを形成して、静電容量変化型のスイッチを製作することにした。

類似研究として、NTT ドコモの「どこでもタップ」があり、人体の任意の部分に装着した機器を手足のタップ動作による静電容量の変化でコントロールするものである<sup>[1]</sup>。しかし、どこでもタップは基本的に人体通信をベースとしており、人体を導体と見なして利用するため、安全性の問題などから実用には工夫が必要である。また、機器装着時には、服との一体化や自由な着こなしに制約がある。一方、本研究では、新開発の薄膜ゴムを使うことで、これらの問題をクリアしている。

## 2 導電性薄膜ゴムの特性計測

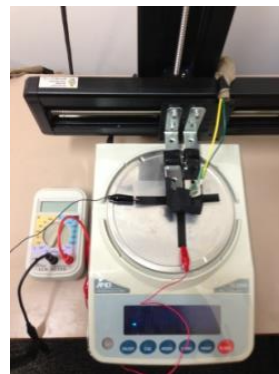


図1 静電容量計測実験

Fig.1 Experiment for the capacitance measurement



まず、はじめに、ウェアラブルな入力インタフェースとなる静電容量型スイッチを構成するために、東海ゴムで特注製作された3種類の導電性薄膜ゴム(400 $\mu\text{m}$ 、450 $\mu\text{m}$ 、600 $\mu\text{m}$ )を2枚組み合わせ、それに力を加えることで静電容量がどのように変化するかの特性格験を行った(図1)。全ての厚さの組合せで十字型に重ね合わせた導電性ゴムの交点に、移動ステージを用いて垂直上方より圧力をかけ、その押下力に対しどれだけ静電容量が変化するかを記録した。図2に最も静電容量変化特性の大きかった450 $\mu\text{m}$ のグラフを示す(図2)。

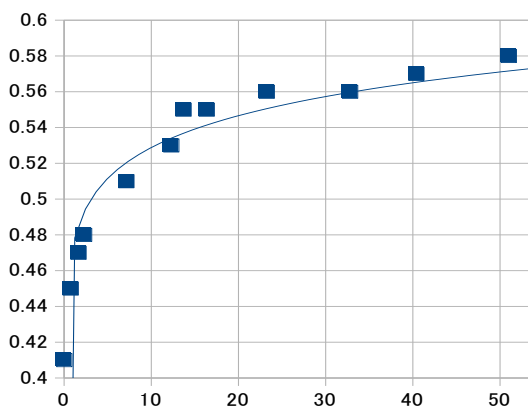


図2 押下力(横軸、単位:g)に対する静電容量(縦軸、単位: $\mu\text{F}$ )の変化

Fig.2 The amount of change in capacitance in response to the pressing force

押下力を強めるに従って、静電容量はlog曲線的に増大し限界に達し、接触してから30gまでの間が静電容量の変化が最も大きかった。一方、被験者を2名使って人間のタッチ感覚を確認した結果、軽くタッチする場合でも15g以上の力で触れており、図2の特性はタッチスイッチの構成条件を満たしていると判断した。

### 3 タッチ入力デバイスの製作・評価

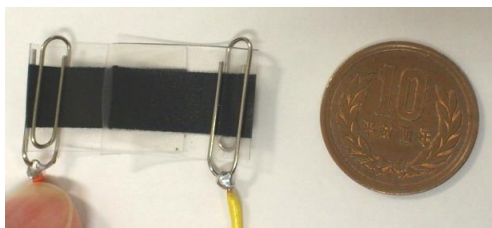


図3 静電容量変化型スイッチ

Fig.3 Switch using the change in capacitance

まず、薄膜ゴムを用いて図3のような静電容量変化型スイッチを製作した。本来服の内部に縫込んで気にならない薄膜ゴムであるが、本研究では評価実験及びデモ用にセンサが見えやすいよう伸縮自在なサポータの外側に静電容量型スイッチを取り付け、タッチ操作で感覚的に入力操作ができるウェアラブル入力デバイスを構成した(図4)。

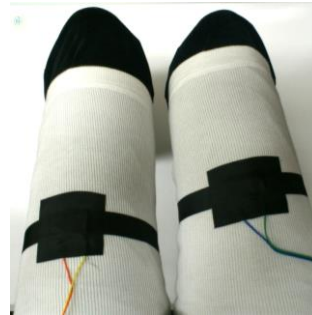


図4 ウェアラブル入力デバイス

Fig.4 Experimental examples of wearable input device

さらに、PICマイコンボードを用いて、タッチ入力でカーソル移動や音量上下などPCに割り当てられるようにした。また、このデバイスを6chに増設し、テトリス等で被験者(3名)による評価実験を行った。

### 4 評価実験の結果と今後の課題

被験者は全員、テトリスやOSの操作を問題なく行えた。また、ゲームの持続時間、エラー率など、通常の手持ち型コントローラと遜色なかった。さらに、慣れると本デバイスの方が操作しやすいとの事だった。

今回は通常配線を用いたが、導電糸を用いると完全に衣服と一体化させることができ、また洗濯も可能になる。今後、評価実験を充実させて、統計的有意性を確認する必要がある。また、より有効なアプリケーションや利用できるシチュエーションも提案したい。

### 文献

- [1] NTTドコモ、「新たな入力方式の提案 (2) 手足のタップでウェアラブル機器を操作: どこでもタップ」、  
[https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/technology/rd/technical\\_journal/bn/vol15\\_4/039.html](https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/technology/rd/technical_journal/bn/vol15_4/039.html)

# 三次元形成ゴム素材の振動を薄膜ゴム抵抗で検出する 触覚型入力デバイスの開発

田中康嗣<sup>1</sup>、村山勝<sup>2</sup>、村松篤<sup>2</sup>、才脇直樹<sup>1</sup>

1 所属 〒658-8501 神戸市東灘区岡本 8-9-1 甲南大学 知能情報学部

2 所属 〒485-8550 愛知県小牧市東三丁目 1 番地 住友理工(株) 研究開発本部

## 概要

**背景と目的:** タッチパネルなどを搭載した携帯型機器は操作性の高さから普及が著しいが、その一方で必ずしも操作性に優れているとはいえない。そこで、背面に別の特殊な触覚型入力デバイスを搭載し、それをなでたりタップしたりすることで画面の操作を可能にするデバイスを「タンジブル・パッド」と名付け、開発に取り組んだ。

**方法:** 独自のくし形柱状構造をゴムで三次元成型し、それを撫でる指先との摩擦で柱状構造がはじかれて発生したパルス的な振動をひずみゲージで拾って方向とスライド量を決める方式であれば、閾値の設定程度で複雑な信号処理なく、指のスライド運動をできるだけ忠実に反映できると考えた。

**結果:** 機械的なスライド入力であれば、四方向の入力を簡単・廉価な導電性薄膜ゴム型のひずみセンサで検出できることが分かった。

**考察:** 上方向に指をスライドさせる場合、独特のひっかかりが生じるため、ノイズが発生し S/N が低下して精度が落ちる。指先がひっかかりにくい柱状構造やノイズ除去の方法を検討する必要がある。

**結論:** 「タンジブル・パッド」は簡単廉価で高価な追加電子部品等を必要としない、優れた触覚型入力デバイスであることが示された。

**キーワード:** 薄膜ゴム抵抗 振動 触覚型入力デバイス

## 1 はじめに

電子機器操作のためのインタフェース研究の歴史は長い。例えば、マウスやポインティングスティック、トラックボール、タッチパッドなど、パソコンや PDA、携帯型ゲーム機に搭載されてきた入力・操作デバイスは数多い。これらには最小限の動きで上下左右の位置制御が可能だったり、構成部品が集約可能だったりといった利点も各々にあるが、一方で、あるものは人間のインタラクション特性上厳密な位置制御が苦手であり、また別の物は操作している実感が乏しい等の欠点もある。

最近では、タッチパネルが搭載されたスマートフォンが主流になっている。そのダイレクトな操作感がユーザーに受けているばかりでなく、ハード部品の削減やその全体的なシンプルさをデザインの良さとしてアピールできるなど、工業製品として本質的に優位に立っているとも言える。

しかし、タッチパネルが万能かといえば、必ずしもそうとは言えない。例えば、両手操作が基本のタッチパネルには、状況によって欠点が目立つ場面も少なからずある。例えば、電車やバス通勤等で片手持ちの状態では、親指での操作になるため、視界を妨げタッチミスも増え、スクロールしにくい。また、誤って落下するというケースや、操作感覚に欠ける等の問題もある。

そこで本研究では、タッチパネルなどを搭載した携帯型機器の背面に別の特殊な触覚型入力デバイスを搭載し、それをなでたりタップしたりすることで画面の操作を可能にするデバイスを「タンジブル・パッド」と名付け、開発に取り組んだ。

## 2 タンジブル・パッドの開発

新型触感センサのために導電性薄膜ゴムを住友理工(株)と共同開発する過程で、そのひずみゲージとしての能力をインタフェースに生かせるのでは、と試作したのが四方向入力デバイスである(図1)。

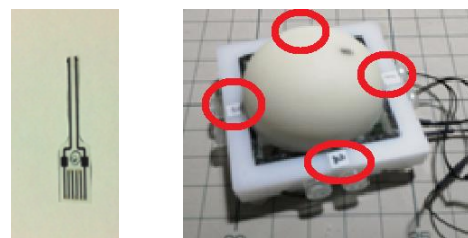


図1 薄膜ゴム型ひずみゲージとそれを四方(赤丸部)に取り付けた試作四方向入力インタフェース

Fig.1 Prototype of four-way input interface

これは、タッチパネルの四方を支える柱状構造に薄膜ゴムによるひずみゲージを内蔵しており、上面に取り付けた半球状のシリコンを指先で変形することでタッチパネル面がひずみ、その結果これを支える四方の柱状構造にもゆがみが生じるので、それをひずみゲージで検出する仕組みである。ひずみゲージは四方に貼り付いているので、それぞれのひずみの強さの変化を分析することで制御方向を入力することができるもので、従来品で言えば、ジョイスティックの流れを汲むポインティングスティックに近い。ポインティングスティックにはファンも少なからずいるが、操作感が悪かったりポインタの位置を合わせるのにコツが必要だったりするため、初心者向けの携帯型デバイスでの使用に向いているとは言い難い。また、モバイル、ウェアラブルな機器への搭載を前提とすると、複雑な信号処理を必要とするデバイスはCPUパワーをロスするために敬遠されがちである。

そこで、土台の部分はそのままに、上部のシリコン半球にかえて独自のくし形柱状構造をゴムで三次元成型し、それを撫でる指先との摩擦で柱状構造がはじかれて発生したパルス的な振動をひずみゲージで拾って方向とスライド量を決める方式であれば、閾値の設定程度で複雑な信号処理なく、指のスライド運動をできるだけ忠実に反映できると考えた。

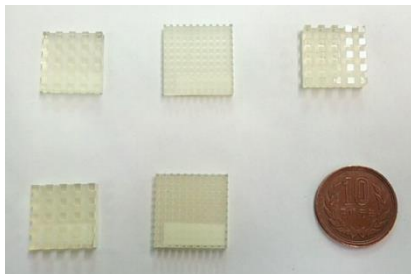


図2 タンジブル・パッドのゴム製柱状構造の試作品5種  
Fig.2 Prototypes of rubber columnar structure of Tangible pad

### 3 評価実験と結果

ゴム製柱状構造は5種類、柱の高さや太さ、硬軟を変えて設計し、住友理工(株)が作図・試作を担当した。できあがったタンジブル・パッドを図3のように四方向入力インタフェースのトップに両面テープで取り付け、移動ステージにとりつけたシリコンの人工指と被験者の指で表面をなぞり、パルス的な振動波を強制的に発生させた。そして、パルス波の強度とエンベロープの変化で指のスライド方向

を検出できるかどうかを検討した。また、その結果に基づいて設計に改良を加え、新たに3種類を追加試作した。

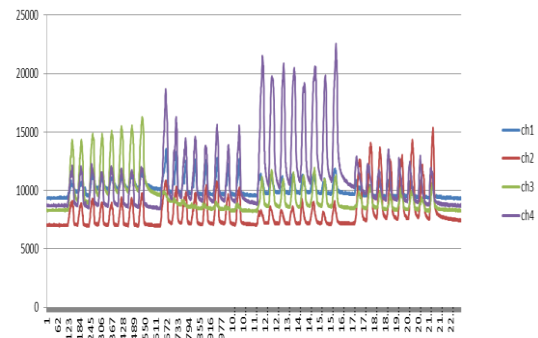
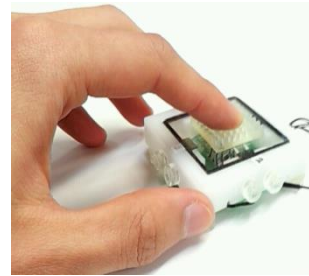


図3 上：タンジブル・パッドの評価実験  
下：出力される4chパルス振動の例  
Fig.3 Above: Evaluation experiment for Tangible pad  
Bottom: Examples of 4ch pulse vibration

### 4 まとめと今後の課題

本研究では、三次元成型ゴムによる特殊構造をもったタンジブル・パッドを考案した。東海ゴムの協力で各種サンプルを試作し、それぞれの形状における発生振動の評価を行った。その結果、機械的なスライド入力であれば、四方向の入力を簡単・廉価な導電性薄膜ゴム型のひずみセンサーで検出できることが分かった。

但し、指先入力の場合は、上方向に指をスライドさせる場合、独特のひっかかりが生じるため、ノイズが発生しS/Nが低下して精度が落ちる。今後は、指先がひっかかりにくい柱状構造やノイズ除去の方法を検討していきたい。

# 心肺蘇生法教示システム実現に関する一検討

山本晃大<sup>1</sup> 大村廉<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 豊橋技術科学大学 情報・知能工学系 〒441-8122 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1

**概要：**我々は、救急の現場においてバイスタンダー（その場に居合わせた人）が心肺蘇生法などの救急処置を正しく行えるようサポートするシステムの開発を行っている。本研究では、胸部圧迫の実施をウェアラブルセンサを用いて取得する方法の予備検討を行った。本稿ではその結果を示す。

**キーワード：**心肺蘇生法 胸部圧迫 救急医療 行動認識 ウェアラブルセンサ

## 1. 背景と目的

救急医療において、患者が心肺停止状態に陥った場合、バイスタンダーが心肺蘇生を実行することにより蘇生率を飛躍的に高めることができる。しかし、現場に直面した際に正しい心肺蘇生法を実行できる人はそう多くない。それを解決するため、心肺蘇生法教示システム実現を目標として方法の検討を行う。

## 2. 方法

胸骨圧迫を実施する上で重要となる要素は、その強さと押し込みのテンポである。本研究ではこれらの正しさを、ウェアラブルセンサを用いて取得する方法を検討した。具体的には、胸部圧迫実施者の手首と肘、ならびに心肺蘇生訓練用的人形の胸部に加速度センサを装着（図1）して胸部圧迫実施におけるデータ収集を行った。そして、正しい強さ（胸部が5cm以上沈み込む）やテンポ（100回/秒以上）で実施した時のセンサデータと正しくない強さやテンポで行われた時のデータの比較を行った。また、実施者は両手を重ねて肘を伸ばし、体重をかけて胸部を圧迫することが推奨されているが、そのように実施した場合とそうでない場合で得られるセンサデータの比較を行った。

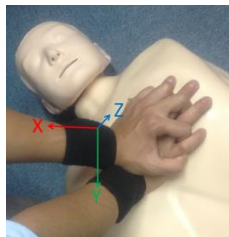


図1 各軸の方向

## 3. 結果

実施者の右手首および左手首から得られる胸骨圧迫時の加速度の波形を図2に示す。なお、加速度データは50Hzで取得し、ローパスフィルター（ $f_c=2.5\text{Hz}$ ）を通してある。

次に姿勢を変化させながら胸骨圧迫を行った際の加速度のグラフを図3に示す。圧迫姿勢は、正常、左傾（体をすこし左、頭部側に傾けた状態で実施）の2種類である。

## 4. 考察

胸骨圧迫の強さの認識方法について、図2、および図3の加速度の最大値と最小値の差に注目する。成功時は、両手首のx軸の加速度において700[m/s<sup>2</sup>]以上の差が存在し、対して失敗時は300[m/s<sup>2</sup>]以下の差となることが確かめられた。

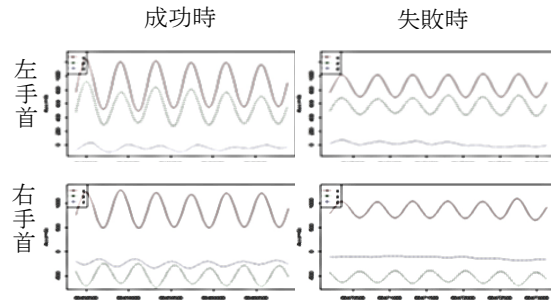


図2 胸骨圧迫中の加速度データ

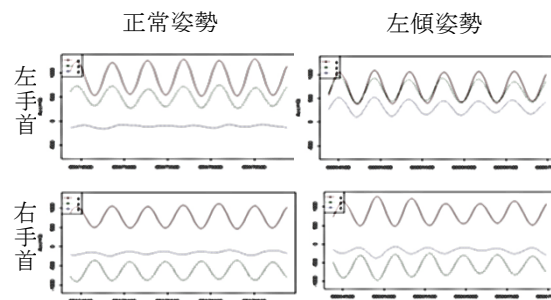


図3 姿勢毎の加速度グラフ

次に、テンポの認識方法については、図2、および図3から、加速度波形のベース周期を求めれば良いことが確かめられた。

最後に、姿勢の認識方法については、図3から、正常な姿勢の場合は両手首のz軸およびy軸の加速度の変化が小さくなる（特にz軸の加速度の振幅は極めて小さくなる）ことが見て取れる。一方、左傾姿勢の場合は左腕が正常状態と比べてその振幅が大きくなることから、これは、実施者の姿勢が左に崩れることから、左腕が伸びずに余裕ができ、左手首に余分な（特にz軸方向、すなわち実施者の前後方向に）動きが生じるためだと考えられる。このことは右側に姿勢が崩れた時も同様と考えられ、すなわち、z軸方向のデータに着目することによって、胸部圧迫における実施者の姿勢が取得可能となることが示唆された。

## 5. 結論

実験結果から、ウェアラブル加速度センサのみでも胸部圧迫の正しさの判定が可能であることが示唆された。今後はより多角的な実験を行って、より詳細に胸部圧迫の正しさを判定し、適切にバイスタンダーの胸部圧迫実施のサポートを行うシステムの構築を進める予定である。

## 第 19 回 人間情報学会ポスター発表集

---

平成 26 年 12 月 2 日発行

発行所 人間情報学会  
〒100-0006 東京都千代田区有楽町 1-12-1 新有楽町ビル 247  
Tel. 03-5252-7382 Fax. 03-5252-7386  
E-mail: admin@npowin.org  
URL: [http:// http://www.ahi-soc.info/](http://www.ahi-soc.info/)