

## 生活習慣改善支援のための生体情報分析システム

### Biological Information Analyzing System for Support Changing Lifestyle

坂尾 要祐 山口智治 國枝和雄 山田敬嗣 (NEC C&C イノベーション研究所)

Yosuke SAKAO, C&C Innovation Research Laboratories, NEC Corporation  
Tomoharu YAMAGUCHI, C&C Innovation Research Laboratories, NEC Corporation  
Kazuo KUNIEDA, C&C Innovation Research Laboratories, NEC Corporation  
Keiji YAMADA, C&C Innovation Research Laboratories, NEC Corporation

*Key Words:* Wearable Sensor, Life Support, Biological Sensing

#### 1. 研究の背景と目的

##### 1-1 研究の背景

近年、医療分野の研究において、予防医療などを推進するために家庭において生体情報・健康情報を取得する機器・システムが注目されている。例えば、BlueTooth 通信機を内蔵した小型の筋電位計などが商用化されている<sup>(1)</sup>。

また、複数の生体信号を組み合わせた測定機器も商用化されている。例えば、心電図と体温と体動を同時測定し、睡眠状態を推定することを可能としている<sup>(2)</sup>。

しかし、このような複数センサを組み合わせた既存の装置は人間の特定状態を測定するためのものであり、様々な指標を柔軟に組み合わせて分析するのは難しかった。また、このような測定装置は、特定の自覚可能な病状などが現れてから詳細を知るために使われるものである。しかしながら、一部の症状については、常時体調の変化や心理状態の変化を観測することで、自覚する前にも症状を予測することが可能である。例えば、隠れ高血圧は一日のうち数分から数十分の間血圧が高くなり、その短時間の血圧上昇さえ発見できればよいが、そのためには常時計測が必要である。また、体調不良や内臓疾患も、自覚症状が現れる前に心電図の乱れとして検出することが可能である。

##### 1-2 研究の目的

本研究の目的は、家庭でも使用可能な、心身両面のトータルヘルスケア構築の足がかりとなる長時間・日常的な生体情報計測環境の構築を行うことである。長時間・日常的な計測を行うことで、症状が現れる前の身体・心理の変調を検出し、未病状態で様々な症状を予測することが可能となる。さらに、計測結果に基づいて生活習慣のアドバイスを提供することで、発症を防いだり遅延させたりすることが可能となると期待できる。

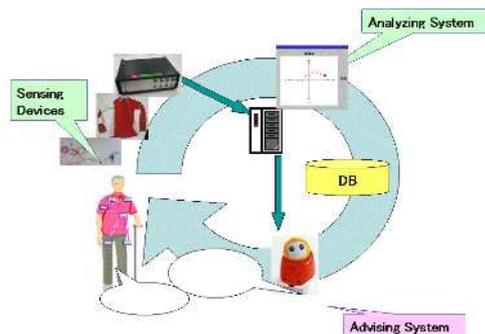


Fig.1 Whole Image of Bio-Data Analyzing System

著者らは、生活習慣改善のアドバイスを行動や状態に応じて適切に提供できるシステムの実現を狙い、多様な生体情報の長時間計測を行うために以下の3要素からなる生体情報分析システムの構築を目指している。

- 1) 長時間・日常的に装着できる計測機器
  - 2) 複数の計測データを統合的に扱う分析ツール
  - 3) 分析に基づき生活改善アドバイスを行うシステム
- システム全体のイメージを図1に示す。

本稿では、計測機器と分析ツールに対する要件と解決方法について検討したので報告する。

生活習慣改善アドバイスを行う部分については、分析ツールにより構築した感情モデルを元にアドバイスを行うなどの機能を盛り込むことを目標に、今後取り組んでいく予定である。

#### 2. 生体情報分析システムの課題とアプローチ

##### 2-1 計測機器の課題とアプローチ

長時間・日常的に装着し、生体情報を計測するためには、以下の要件を満たす必要がある。

- 1) 装着が簡単で、非専門家でも装着可能であること
- 2) 装着時に大きな不快感を伴わないこと
- 3) 装置が軽量・小型で長時間携帯可能であること
- 4) 十分に長時間稼動可能であること

1)については、従来のように専門家が測定位置を特定しなければならぬような機器では、日常利用は不可能になってしまう。

2)、3)については、従来の心電図・筋電図測定のように大型・有線の計測機器と粘着性電極を用いる場合は、不快感と活動の制限により日常利用はできない。

4)については、計測機器が最低1日程度連続稼動でないと、バッテリー交換などが頻繁に行われることになり、やはり日常利用はできなくなってしまう。

1)の問題を解決するために、センサを着衣に組み込むことで、着衣時に計測箇所が自然に定められ、非専門家でも自分で装着可能になる。

2)の問題を解決するために、センサの電極を導電性繊維や導電性スポンジなどで構成し、装着時の不快感を低減できる。

3)、4)の問題を解決するためには、装置の無線化と携帯電話程度への小型化・軽量化が必要である。

##### 2-2 分析システムの課題とアプローチ

計測された情報を分析するために、時系列での変化と複数の計測データの関係性を分析することが必要となる。時系列の変化を分析するためには、長時間のトレンドを分析

する手段や、短時間での異常変動やパターン出現検出などの分析を行う手段が必要となる。現状では、自動分析よりも、計測期間を変えながら専門家の観察で異常検知を容易にする手段が求められている。

1つの生体データが複数の生理・心理現象との相関を持つので、複数計測データの関係性を分析するためには、2つだけの生体データの関係性を観測しただけでは不十分である。そのため、主成分分析結果のように、複数のデータの重み付け和によって得られた2つのパラメータの関係性を観る必要がある。

上記 2-1, 2-2 の分析に基づいて、計測機器と分析ツールの開発を行ったので、以下の 3, 4 節にて詳細を説明する。

### 3. 開発した計測機器

#### 3-1 計測機器の概要

2-1 の検討に基づいて、継続的な心身状態の計測を長時間・日常的に行うために、以下の様な特徴を備えた図 2 に示すウェアラブルセンサの開発を行った<sup>(3)</sup>。ここでは、「袖を通すだけで測定可能となる計測機器」を目指した。

- 1) 導電性繊維や導電性スポンジによる非粘着性電極
  - 2) 筋電位の計測精度と装着者にとっての快適性を両立する被服圧の追及
  - 3) 計測装置の小型化・無線化
- 全体構成を図 3 に示す。

今回は、筋電位、加速度、皮膚表面電位、脳波を計測対象とし、以下のセンサを利用した。

1. 筋電位測定用アンプ+加速度センサ WAA-001(ワイヤレステクノロジー社)
2. 皮膚表面電位センサ AP-U30M(TEAC)+加速度センサ WAA-001
3. 脳波計 NeuroSky(NeuroSky Inc.)
4. 筋電計 Personal EMG(追坂電子機器)

以下、当節では上記 1)~3) の特徴について述べる。

#### 3-2 非粘着性電極

筋電位などの計測には通常粘着性の電極が用いられるが、粘着性の電極は張り直しの作業的負担や、長時間測定の際の粘着性低下、皮膚のかぶれなどの問題により長時間・日常的な計測に適さないという問題点があった。そこで、通気性が高く肌触りの良い導電性繊維や導電性スポンジによる電極を試作し、図 2 のウェアラブルセンサの内側に装着した。図 4 に導電性スポンジによる電極の一例を示す。



Fig. 2 Wearable Sensor

#### 3-3 被服圧の調査

2-2 節で述べたような非粘着性電極を筋電位などの計測に用いる場合、計測精度を上げるためには被服圧を上げる必要がある。しかし、被服圧を上げ過ぎると、被験者の快適性が損なわれ、長時間・日常的な計測に適さないという問題点がある。そこで、図 5 に示すような空気圧により被服圧を測定する装置により、筋電位の計測精度と装着者にとっての快適性を両立する被服圧を調査した<sup>(4)</sup>。この調査は、導電性繊維を用いた非粘着式の電極を用いて、上腕、下腕、首裏および肩部において行った。

その結果、被服圧を 1g 重/cm<sup>2</sup> 程度に設定すると、被験者に対して負担を感じさせずに十分な精度を持って筋電位が計測できた。それ以下では筋電位の十分な計測精度が確保できず、それ以上に被服圧を高めると装着者に不快感が生じた。参考として、図 6 に被服圧 0.4~0.5g 重/cm<sup>2</sup> の際の筋電図と、図 7 に被服圧 1.0~1.1g 重/cm<sup>2</sup> の際の筋電図を示す。なお、これらの図の横軸は 1 マス 5ms、縦軸は 50mV である。図 6 では筋電位がノイズに埋もれてしまっているが、図 7 では筋電位の波形がきれいに表れていることが分かる。

#### 3-4 計測装置の小型化・無線化

計測装置が大型だと携帯が困難となり、長時間・日常的な計測に適さないという問題点がある。そこで、図 8 に示すように既存の Bluetooth 通信機器に筋電位アンプおよび皮膚表面電位センサを接続することで、測定装置(PC)と筋電位アンプを切り離して計測装置を小型化した。この計測装置の重量は 80g 程度であり、200 回/秒のサンプリングレートで 12 時間程度の連続計測ができる。なお、筋電位の波形や振幅の測定には、少なくとも 1000 回/秒のサンプリングレートが必要であると一般的には言われているが、緊張などの継続的な筋肉の活動を計測するためには 200 回/秒程度のサンプリングレートで充分であると判断し、今回は通信速度が 200 回/秒の Bluetooth 通信機器を使用した。

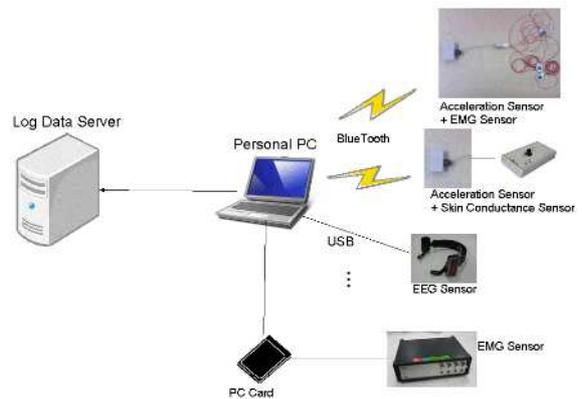


Fig.3 Sensing Devices



Fig. 4 Conductive Sponge Electrode

#### 4. 開発した分析システム

複数の計測機器によるデータを統合的に扱うため、データの収録・分析を行う分析システムを開発した。2-2 の分析結果に基づき、この分析システムは以下の3つの特徴を持つよう設計した。

- 複数のセンサデータの同時収録
- 収録中のデータのリアルタイム表示
- 複数のデータの統合的分析

複数のセンサデータの同時収録については、BlueTooth通信による機器接続数の制限により本システムは同時に最大で8つまでのデバイスと通信してデータ収録を行う。さらに、各デバイスから一度に最大4つのデータを取得可能であるので同時に最大32種のデータの収録を行う。この最大データ収録数の拡張については今後の課題である。

接続するセンサをフレキシブルに拡張可能とするため、各入力に対して機器の種別や通信速度、ポート番号、収録データに対応する身体部位や収録データに対してフィルタをかけるか否かの設定を行うことができる。図9はデバイスの選択ウィンドウ、図10はデバイス依存の詳細設定ウィンドウの例を示す。



Fig.5 Measuring Clothing Pressure

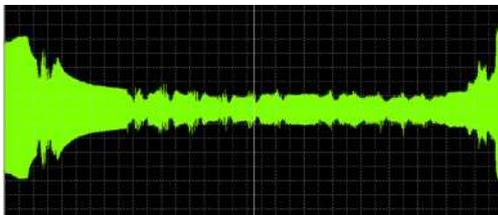


Fig.6 EMG Sensed in 0.5-0.6gf/cm2

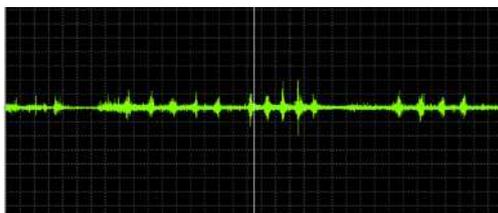


Fig.7 EMG Sensed in 1.0-1.1gf/cm2

収録中のデータのリアルタイム表示については、本システムでは収録に用いる最大8つのデバイスについて別ウィンドウでグラフ表示を行うことができる。

図11は、本システムによるリアルタイム収録データ表示ウィンドウである。各種デバイスからの収録データは図11の左側のようにデバイスごとに別のグラフ画面に、最大4種のデータを折れ線グラフとしてリアルタイム表示することができる。

また、複数の生体データを2次元で分析するために、図11の右側では収録している複数のデータを組み合わせたパラメータ2種を、リアルタイムで2次元平面上に表示することができる。

この機能により、本システムを用いて身体状態の分析に有用な生体情報の検証が可能であり、ひいては感情推定など、2次的・3次的な分析にも応用可能と期待している。

例えば皮膚表面電位のような覚醒度を示す生体情報と、心拍数のようなストレス度を示す生体情報とを組み合わせることで、「覚醒度合い」と「快適さ」の2軸で感情が表現可能であるとする Russel の感情モデル<sup>(5)</sup>のような2次元感情モデルの分析が可能になる。

図12は、図11の右側を拡大した図であり、図中の赤色の点の箇所が計測中のパラメータの値を示している。縦軸が皮膚表面電位に基づく覚醒度、横軸が筋電から計測した緊張度（快適度の正負逆の指標）であったとすると、図12の状態は覚醒度、緊張度共に少しだけ負の状態であるので、被験者が少しリラックスしている（覚醒度が低くかつ快適な状態である）ことを示している。

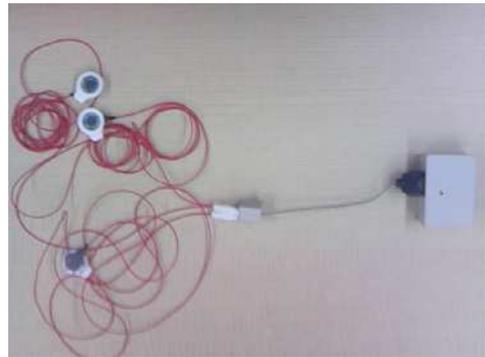


Fig.8 EMG Sensor with Acceleration Sensor

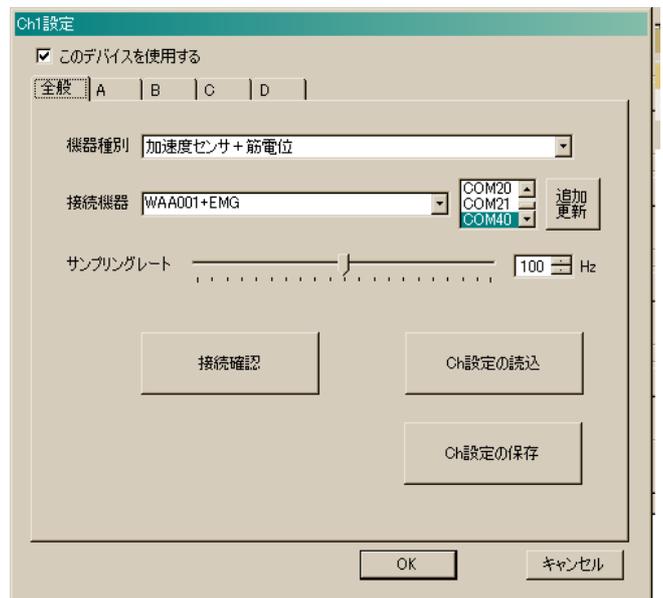


Fig.9 Sensing Device Setting Window

5. まとめと今後の課題

本報告では、長時間・日常的に生体情報計測し、生活習慣改善を支援するための生体情報計測システムについて検討し、開発状況について報告した。

計測機器については、導電性繊維を用いた非粘着性電極を組み込んだ被服型センサを開発することで、袖を通すだけで測定可能となり、装着の容易性と装着時の不快感低減についての手がかかりが得られた。また、筋電位アンプの無線化により、小型化、長時間稼働化についての可能性が得られた。これらの機器が、健康アドバイスへの応用について求める水準に達しているかについては今後の研究により確認していく。また、より日常的に装着しやすいウェアラブルセンサ等の収録環境の開発も継続する。

分析システムについては、複数のセンサデータの同時収録、収録中のデータのリアルタイム表示、複数のデータの統合的分析を実現した。これについても実用性については今後の研究により検証する。また、本システムによる健康情報・感情情報の分析に有用なパラメータの抽出や検証を行っていく予定である。

将来的には、健康支援アドバイスシステムなどと統合し、総合的に日常的なトータルヘルスケアを行う環境づくりを目指していく。

6. 謝辞

本研究を行うに当たり、筋電位の計測および導電性素材による電極作成についてご指導・ご協力いただいた大阪電気通信大学 吉田正樹教授および、ウェアの設計・作成についてご指導・ご協力いただいた奈良女子大学 才脇直樹教授および才脇研究室の学生様方に心よりお礼申し上げます。

参考文献

- (1) WINヒューマンレコーダー社 HRS-I, [http://www.winhr.co.jp/products\\_01.html](http://www.winhr.co.jp/products_01.html)
- (2) タニタ スリープスキャンSL-501, <http://www.tanita.co.jp/products/models/sl501.html>
- (3) 坂尾要祐, 加藤真理子, 鎌田麻衣子, 山口智治, 山田敬嗣. 継続的な心身状態推定のための着心地に配慮したウェアラブルセンサ, ユビキタスウェアラブルワークショップ2008論文集
- (4) 加藤真理子, 森岡いづみ, 坂尾要祐, 山口智治, 山田敬嗣, 才脇直樹. 継続的な心身状態推定のための着心地に配慮したウェアラブルセンサとその応用, ヒューマンインタフェースシンポジウム2009論文集
- (5) Russell, J.A. A circumplex model of affect, Journal of Personality and Social Psychology, vol.39, no.6, pp.1161-1178

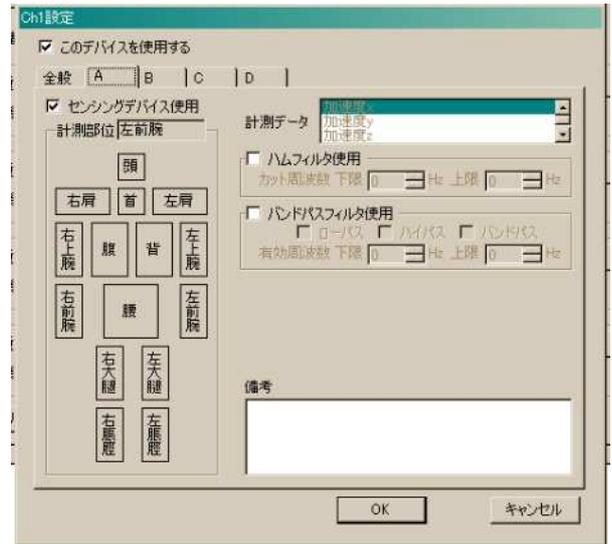


Fig.10 Sensing Device Setting Window

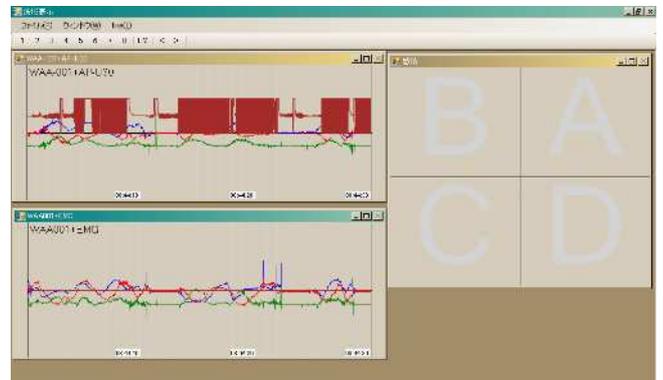


Fig.11 Sensing Data View Window

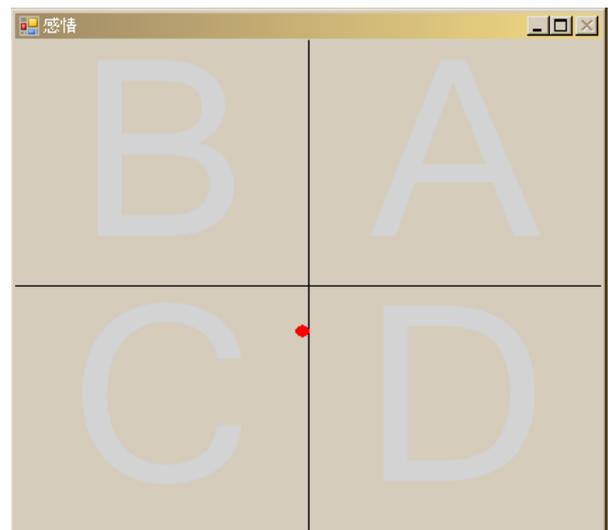


Fig. 12 Emotion Analysis Example