

# 6 ウェアラブルセンシングとヘルスケア

寺田 努 (神戸大学)

## ウェアラブルコンピューティングとヘルスケア

ここ数年、Nike の FuelBand や Jawbone UP、Withings Pulse など装着型の活動量計が多数発売され話題となった。最近では Apple Watch などのスマートウォッチを活用した健康管理や、Google Health や Apple HealthKit などの統合サービスが開始され、任天堂がヘルスケア事業へ参入を決めたり東芝がヘルスケア社を立ち上げるなど、装着型センサ等を用いた健康管理サービス／システムに関する取り組みが多数行われている。

センサや小型のコンピュータ、ディスプレイ等を装着して日常生活を送るウェアラブルコンピューティングに関する研究分野では、10 年以上前から健康管理を 1 つのターゲットアプリケーションとして定めており、上記のような健康に関する情報記録とは異なるタイプのシステムも多数提案されている。ウェアラブルコンピューティング環境における健康管理システムでは、何をセンシングし、どう処理し、どうユーザに提示するか、というサイクルをうまく構築することが重要になる。

本稿ではまず、センシングに基づく生活記録（ライフログ）について述べ、次にセンシングを活用した情報提示によるヘルスケアについて述べる。最後に、堅牢なヘルスケアシステムを作るためのプラットフォーム技術について述べる。

## ヘルスケアのための生活記録

コンピュータを使って常時生体情報を記録・蓄積できれば、不調の発見や病気の予防などさまざまな

ヘルスケアサービスを提供できるようになる。具体的には、心拍や体温、体動などを詳細に記録することで、風邪等の体調管理を行って医療機関への情報提供を行う LiveNet や、薬の飲み忘れを指摘する LifeMinder といったサービスがこれまでも実現されている。本章ではそのような生体情報の記録に加え、近年の高齢化社会化や核家族化のさらなる進行に対して QoL (Quality of Life) の向上を実現するために、密接に健康に関連した情動的な、あるいは行為的な生活記録を行うシステムについて解説する。具体的には、健康状態の管理に重要な要素である排泄、外出、喫煙、食事などといった生活行為、さらには生活のクオリティ把握に重要である笑顔や他者との会話、といった情動的行為を記録することで、心拍や体温などの単純な情報からは得られない多様な生活記録を可能にするシステムについて紹介する。

## + におい情報に基づく生活行動記録

排泄行為や喫煙行為、食事等を正確にコンピュータが認識し、記録を行うことは難しい。従来の装着型加速度センサ等のモーションセンサでは、ユーザが座っているのか、歩いているのか、といった単純な情報は認識できたが、座っているのがトイレの便座なのか椅子なのかは判断できなかった。また、立ち止まっているときも、単純に立ち止まっているのか、それともそこで煙草を吸っているのかは判断できなかった。動きとしては同様でも、屋内にいるのか屋外にいるのかで提供するサービスは大きく変化するため、屋内外の判別、可能であれば部屋の換気状況などが識別できれば便利なサービスを提供するシステムが構築できる。従来、こういった区別を行うためには、環境に設置されたセンサを使った

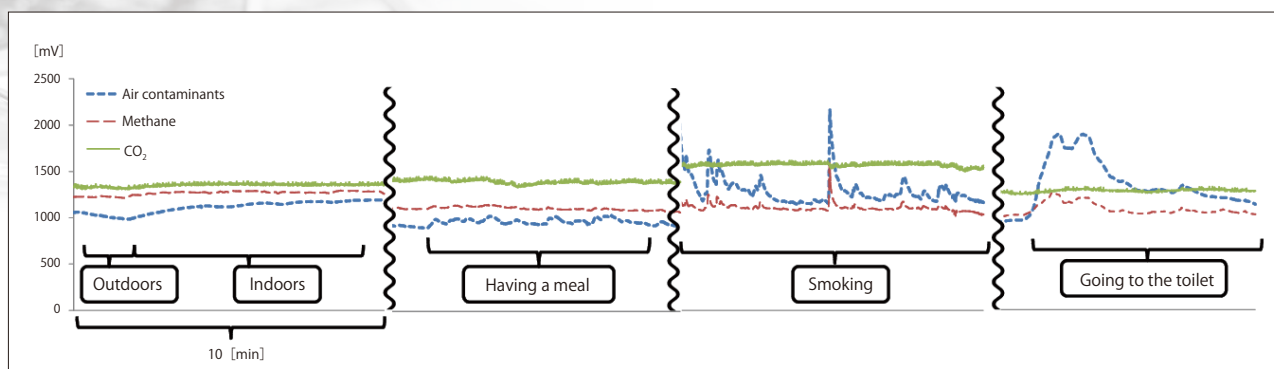


図-1 ガスセンサの値が変化の様子

り、多数のセンサを組み合わせ推論するような仕組みを用いていたため、汎用的で外出先などいつでもどこでも利用可能な方法は存在していなかった。そこで、ここではにおい

品名	品番	対象ガス	応用
空気の汚れ検知	TGS2602	アンモニア アルコール VOC	空気清浄機
硫化水素検知	TGS825	硫化水素	硫化水素警報器
メタン検知	TGS2611	メタン 天然ガス	家庭用ガス警報器
体電解質 CO <sub>2</sub> センサ	TGS825	二酸化炭素	居室用空気室制御
アルコール・有機溶剤検知	TGS2620	アルコール 有機溶剤	アルコールチェッカー
フロンガス検知	TGS832	フロン 有機塩素	冷媒フロンガス漏れ警報器

表-1 ガスセンサの例

センサを用いた手法について説明する。空間に漂うにおいは時間や場所、状況によって変化し、ユーザ自身も自分の状態によってにおいを発している。それを装着型においセンサによって捉えることで、上記のような多様な状況を認識できるようになる。

においを認識するセンサ素子は、濃度を測るガスセンサと生物の嗅覚機能を模したバイオセンサの大きく2種類に分かれ、幅広い分野で研究開発や応用システムの提案が行われている。バイオセンサはいまだ発展途上であり、装置が大型・高価であるためここでは小型で装着可能なガスセンサについて述べる。たとえば、表-1に示すFIGARO社の代表的なガスセンサのなかで、生活臭の要因となる成分に高感度な3つのおいセンサである、空気の汚れガスセンサ (TGS2602)、メタンガスセンサ (TGS2611)、二酸化炭素ガスセンサ (TGS4161) の出力値が状況に応じてどう変化するかを図-1に示す。各部分は異なる状況における10分間のデータを示している。たとえば、外から室内へ入室した場合は緩やかに各センサ値が上昇し、食事をしている場合は空気の汚

れセンサが細かく変化する、トイレ中は空気の汚れセンサやメタンガスセンサが大きく変化する。これらの値の変化は、従来の状況認識における加速度センサ値のように、状況に対して特定の値をとったり定常的な値変化を行うものではないため、文献1)に述べる特殊な認識手法を用いるが、基本的には緩やかな変化と急激な変化両方に対応する認識手法を用いればよい。屋内にいる、屋外にいる、トイレにいる(実際に排泄を行う)、煙草を吸う、食事をする、といった日常生活において重要な状況に対して、このシステムでは平均92%の認識率で状況を識別できているため、記録や状況に依存したサービスを提供するにあたっては十分な精度が実現されている。

装着するデバイスは図-2に示すように小型・軽量(バッテリーを含めて70×50×25mm, 120g)であり、サンプリング周波数10[Hz]でSDカード内にセンサデータを記録できる。装着している端末上では図-3に示すアプリケーションが動作しており、加速度センサ等のほかのセンサやカメラ映像と組み合わせて状況が記録される。このアプリケーシ

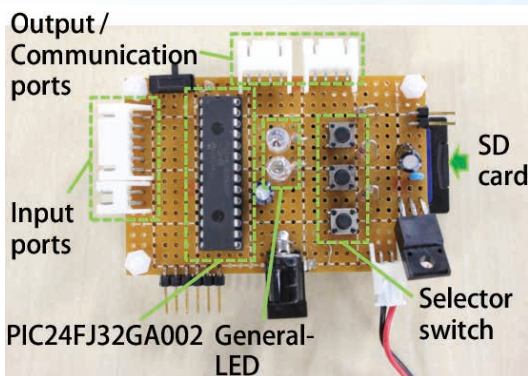


図-2 においでータロガーの外観

フォトリフレクタ

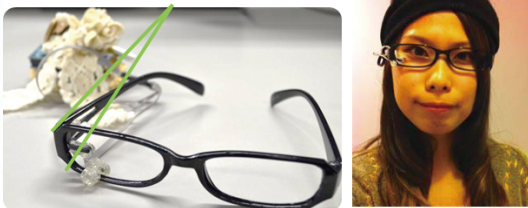


図-4 笑顔記録デバイス

ンは、単に状況を記録するだけでなく、カメラ画像を記録中にトイレのにおいを検知したら記録を自動OFFにしてプライバシーを保護したり、食事を認識したら食事部分の写真を撮った後で一覧表示できるなど、におい情報を活用した高度な記録を行う機能を持つ。また、深夜の食事を認識し「夜食は控えましょう！」と警告するなど、不規則な時間帯での食事や煙草の吸いすぎを認識し、警告を表示して健康的な生活をするようアドバイスする。また、トイレの間隔を検出し、いつもと比べてトイレ間隔が長い場合、水分の摂取や繊維質の多い食品を推薦したり、食事間隔を蓄積したりすることで、食事に適した時間になったら自動的に近所のレストランを提示する。さらに、食べ歩きや歩き煙草、部屋で悪い姿勢で作業中、といったにおいと加速度を組み合わせたコンテキストを認識し、正しいマナーで生活するよう忠告する。このように、においセンサをうまく活用することで生活改善や健康管理が行える。

### + 笑顔に基づく生活記録

人が笑顔になるとき、目の前ではその人にとって価値のある出来事が起こっている可能性が高い。微笑みが起こるときは、ユーザが好きなものや欲しい

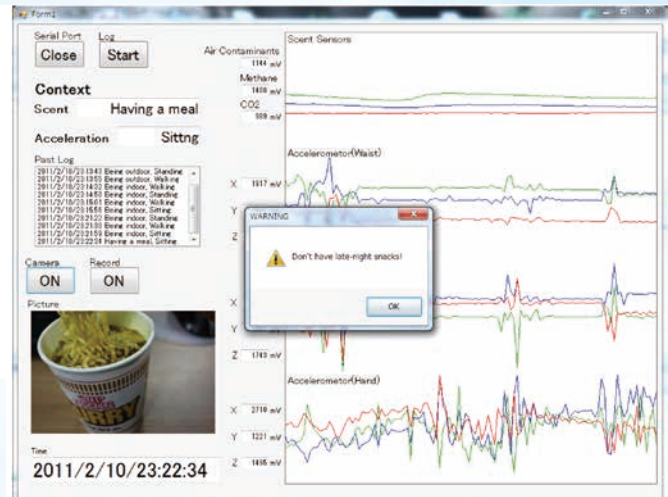


図-3 においベースライフログシステムの画面

ものといったように目の前のものに興味を持ったときである。これは、目の前のものに対する可愛い、好き、欲しいといったユーザの感情に基づいている。一方で、笑いが起こるときは、会話等において明らかに出来事を楽しんでいるときである。ライフログシステムにおいて、映像や音声と同時にこういった笑顔情報を記録しておけば、後に楽しかった部分だけを見直すといったことが可能になり、生活の質 (QoL) がより豊かになると考えられる。また、微笑みと笑いは上に示したようにそのきっかけが異なるため、それらは区別して認識・記録できることが望ましい。

このような要求に対応したシステムとして、人が微笑む際には頬が動き、笑っているときには頬の動きと同時に目尻が移動することに着目した常時装着可能なメガネ型の微笑み・笑い認識デバイスがある。このデバイスはメガネに2つのフォトリフレクタが搭載されており、それらのフォトリフレクタと頬、目尻の距離を計測することで微笑み・笑顔を認識する。メガネ型デバイスとそれを装着している様子を図-4に示す。また、実際にさまざまな状況で距離変化を計測した様子を図-5に示す。図-5のそれぞれのグラフにおいて、左は頬の、右は目尻のメガネから皮膚表面への距離を示す。微笑みの際には頬のみが、笑いの際には両方が動いていることが分かる。食事やまばたきなど、日常生活で起こる動きは瞬間的な動きであったり、閾値を超えない動きであるた

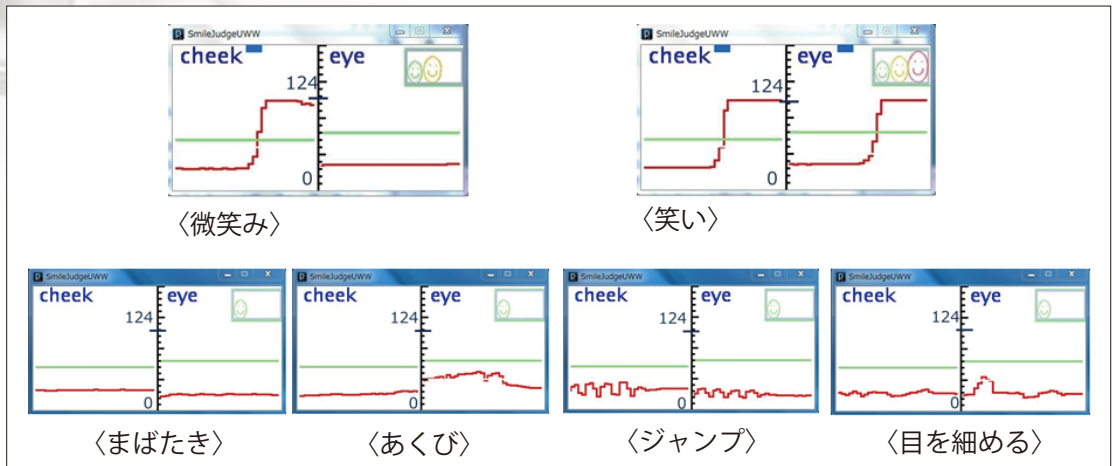


図-5 各種の動作とセンサ値の関係

め、笑いの認識率は94%と高精度である。図-6にいくつかの笑顔認識シーンの例を示すが、日常生活において面白いと感じたシーンや、会話しているシーン、人に挨拶するシーンなどが適切に切り出されており、情動的なシーンを振り返って楽しむ、といったことが可能である。



図-6 記録されたシーン例

## 情報提示を活用した健康維持支援

これまでに紹介したものも含め、ヘルスケアシステムやライフログシステムでは、ユーザは自身の生体情報(体温や心拍数、血圧など)や行動情報を閲覧する。このような情報を閲覧するバイオフィードバックと言われる研究分野では、情報閲覧により体温や心拍に意識が集中してよりそれらの要素に敏感になったり、あるいは異常値を知ることによって病気の早期回復につながったりすると言われている。医学の分野では本物の薬と外見が同じで薬効がない偽薬を服用させた場合、思い込みにより症状が改善されるプラセボ効果が存在する。この考え方を健康管理システムに適用すると、具体的な身体的・生理的処置を行わなくても健康が維持できるシステムが構築できる可能性がある。具体的には、図-7に示すような健康管理サービスにおいて、センシングされた値

と異なる値(以下、虚偽情報)を提示しても、ユーザは提示内容が正しいと思い込んでいるため結果として身体に影響を与えられる。たとえば、重要な会議やプレゼンテーションの場では、緊張状態に至りやすく、その影響で意図した通りの発表を行えない可能性がある。しかし、心拍数の上昇から緊張状態を検知した際でも心拍数はあまり変わっていないという虚偽情報を提示すれば、平常状態であると錯覚し、実際の心拍数も低下し、落ち着きを取り戻して円滑に発表を行えるかもしれない。また、居眠り運転が原因の交通事故が多数発生しているが、眠気により生じる心拍数の下降をシステムにより妨げて眠気を覚ますことで、事故を未然に防ぎ、安全に車の運転を行えるかもしれない。さらに、運動時では運動の目的により最適とされる心拍数を維持して運動を行わせるといったシステムも実現できると考えら

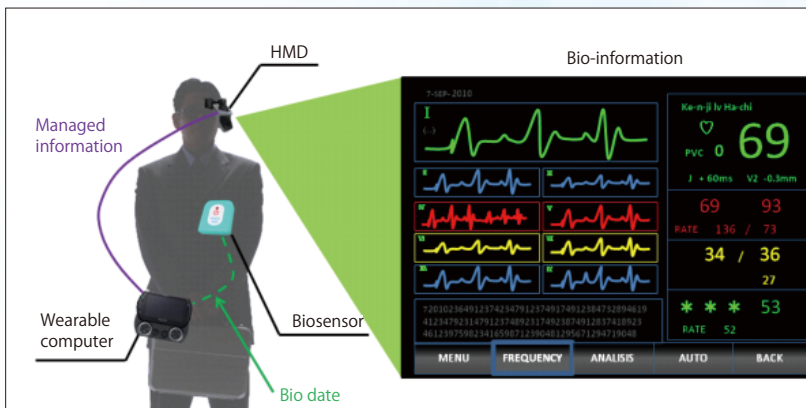


図-7 健康管理システムの画面表示例

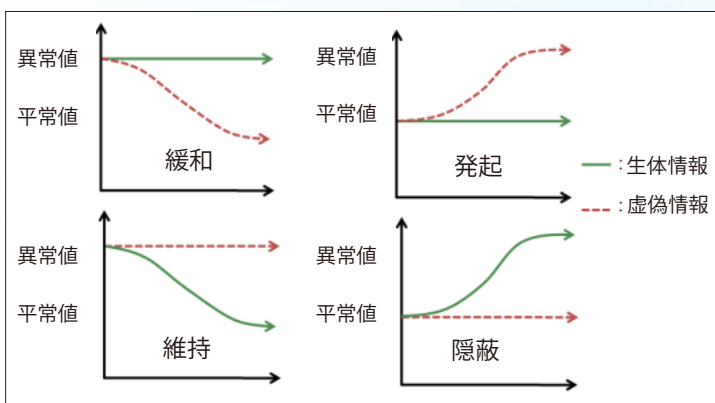


図-8 虚偽情報の提示パターン

れる。

このような虚偽情報の提示のパターンとしては図-8に示すように、下記の4つのパターンが考えられる。

**隠蔽**：生体情報が平常値から異常値に変移しても平常値を提示し続けることで、ユーザは身体の変化に気付かず、生体情報も平常値に戻る

**緩和**：生体情報が異常値を示している場合に平常値に近づくように値を加工することで、ユーザは異常状態が緩和の方向に向かっていると錯覚し、生体情報も平常値に近づく

**維持**：生体情報が異常値から平常値に近付いている場合に異常値を持続して見せることで、生体情報の異常値を維持させる

**発起**：平常状態が続いている場合に徐々に異常値に向かうように情報提示することで、生体情報を異常値に向かわせる

これらの提示方法を状況に応じて使い分け、適切に提示を行うことで自然な生体情報の制御を狙う。

実際の効果に関しては、文献2)に詳しいが、たとえば運動時と緊張時において提示した虚偽情報の影響を調査した評価実験の結果、個人ごとに虚偽情報に対する影響が異なるものの、虚偽情報から一貫した影響を受けるユーザが多いことを確認した。つまり、発起の虚偽情報を提示した場合に、虚偽情報につられて心拍が上昇するタイプのユーザは毎度上昇し、虚偽情報に反発して心拍が下降するタイプのユーザは毎度心拍が下降することが明らかとなった。したがって、自分のタイプさえ分かれば、情報提示によって生体情報を（劇的にはないが）制御可能である。この結果から、現在の心拍数とユーザ状況を装着型センサを用いて判別し、自動で虚偽情報を

を提示するシステムが実装されている。このシステムは装着した加速度センサやピンマイクから得られる情報をもとに、現在のユーザの状況が運動時かプレゼンテーションなどの発声時か、またはそれ以外かを判断し、運動時には最適な運動時心拍数に向かうように心拍数を制御し、またプレゼンテーション時には緊張しすぎないように、心拍数が上がりすぎないように制御する。

ウェアラブルコンピューティングを健康や医療に活用しようという取り組みは始まったところであるがその期待は大きく、たとえば内視鏡手術など患者の生体情報を含めたたくさんの情報を閲覧しつつ繊細で高度な作業を行うシーンにおいて、情報提示・機器制御に関連したシステムが利用されつつある。また、高齢者の日常生活や入院生活においてもこういったコンピュータの利用は進みつつあり、たとえば全身麻痺患者がテキスト情報を閲覧したり、テレビ閲覧やメール読み書きを装着型コンピュータとセンサを用いて行ったりすることで、健康を管理しつ

つ生活の質を向上させるようなシステムが開発されている。

このように、ウェアラブルコンピューティングを活用したヘルスケアシステムは、センシングによる人間の行動理解と効果的な情報提示がセットになった高度なシステムであり、さまざまな研究分野が集まった融合領域である。それぞれの分野の研究開発が進行することで、自然に生活が改善され、家族や医者と連携をとりながら健康を維持するシステムが広く使われるようになると考えられる。

### 参考文献

- 1) Kobayashi, Y., et al. : A Context Aware System Based on Scent, Proc. of the 15th International Symposium on Wearable Computers (ISWC '11), pp.47-50 (June 2011).
- 2) 中村憲史, 他: 虚偽情報フィードバックを用いた生体情報の制御手法, 情報処理学会論文誌, Vol.54, No.4, pp.1433-1441 (Apr. 2013).

(2014年12月8日受付)

寺田 努 (正会員) | [tsutomu@eedept.kobe-u.ac.jp](mailto:tsutomu@eedept.kobe-u.ac.jp)

1999年大阪大学大学院工学研究科博士前期課程修了。2000年より大阪大学サイバーメディアセンター助手。2005年より同講師。2007年神戸大学大学院工学研究科准教授。NPO法人ウェアラブルコンピュータ研究開発機構理事を兼務。博士(工学)。