

LifeMinder[®]: ウェアラブル健康管理システム

鈴木 琢治[†], 大内 一成[†], 土井 美和子[†], 森田 千絵[†], 佐藤 誠[†]

株式会社東芝 研究開発センター[†]

1. はじめに

生活習慣病の予防のためには、食事、運動など日頃からの生活習慣の管理、改善が重要である。しかしながら日常生活のなかで生活習慣を自らが管理、改善するのは非常に困難である。またすぐに効果が出ないためそのモチベーションの維持が困難である。これに対してユーザの生活状況をリアルタイムに認識し、状況にあわせて対話的に生活習慣改善をサポートするウェアラブル・システムが有効であると考えられる。

筆者らは腕時計型生体センサを用いて日常生活においてユーザの生活状況を認識し、これを元に健康管理を支援するウェアラブル健康管理システム「LifeMinder[®]」の開発を進めている^{[1][2]}。

これまでに LifeMinder[®] Ver.1 として、腕時計型センサモジュールと PDA とから構成されるプロトタイプシステムを構築した。センサモジュールでは脈波、皮膚温、GSR(Galvanic Skin Reflex:皮膚電気反射)、手首加速度の計測し、Bluetooth で PDA へ送信する。計測データを元にユーザの状況認識処理を行い、その状況に応じた生活習慣改善のサービス提供を行う。本システムではユーザの状況として健康管理にもっとも重要な運動と食事の状況の認識を行う。手首の 2 軸加速度により運動状態（歩行/走行/作業/安静）を認識するアルゴリズムを開発した。また脈拍と GSR を用いて食事開始の認識の基本的可能性を確認した。

しかし食事に関するサービスは食事の終了のタイミングに併せたほうが生活の妨げにならず自然である。また生体情報だけではレスポンスが悪く認識のリアルタイム性が十分でなく、また個人差も大きく、他の状況の影響も受けやす

く精度確保が困難であるという問題があった。今回は、生体情報に加え利き手の手首加速度の情報も利用することで、食事開始に加え終了の認識可能性を検討し、食事開始、終了がより高い精度でリアルタイムに認識できるアルゴリズムを開発したのでこれを報告する。

また、これを用いた健康管理サービスシステムのプロトタイプの構築を行ったので併せて報告する。

2. 健康管理における食事検出の重要性

健康管理では、特に生活習慣病の予防を目的とした場合、運動、食事など生活習慣自体の管理、改善が重要である。生活習慣病のひとつである糖尿病は抜本的な治療法はなく、生活習慣を細かく管理し病状悪化を予防するのが一般的な治療法となっている。例えば糖尿病予備群の糖尿病発症予防のために、生活習慣の徹底管理を行い発症を 58%低減できたとの報告もある^[5]。これは運動や食事などの状況を細かく管理し、改善指導をマンツーマンで行った結果である。

このように生活習慣病を予防するためには日常生活の細かい行動までを管理し、それを改善するような方向に誘導する必要があり、これを人的に行うと非常にコストがかかる。

ウェアラブル機器がユーザの行動をチェックし生活習慣の改善指導を行うことで、人手をかけず細かい行動までを管理でき、効果的な生活習慣改善支援が行えると考えられる。

従来では歩数計などの運動管理ツールが一般的に利用されている。これは基本的に自己管理ツールであり、自分の意志で継続をしなければならず、モチベーションの維持が困難である。携帯型の運動、食事内容管理ツールもあるが^[6]、これらはすべて自分で入力しなければならず、特に食事内容など入力が非常に煩雑で長続きしない。特に食事については基本的にメニューを

LifeMinder[®]: A Wearable Healthcare Support System
Takuji Suzuki[†], Kazushige Ouchi[†], Miwako Doi[†],
Chie Morita[†] and Makoto Sato[†], Corporate Research
& Development Center, Toshiba Corporation

ユーザが入力しない限り管理が出来ない。一部 PDA や携帯電話に内蔵するデジタルカメラを用いて画像を元に食事内容を管理する試みもあるが、画像から食事内容や量を把握するのが困難であるのと、栄養士がこれを分析するためその人件費がかかってしまう。また日常生活の中ではついユーザが食事の度に写真をとるのを忘れてしまうこともあり、正しい食事の状況を把握するのが困難である。

よってこのような健康管理サービスにおいては、食事内容の入力や撮影のし忘れによる食事内容のデータ精度の低さが大きな問題である。ユーザが食事をしていることをシステムが把握することができれば、それにあわせて食事内容の情報をシステムから積極的に取得することでユーザに負担なく細かい管理が可能となる。よって食事状況の検出がウェアラブルでの健康管理には重要なポイントとなる。

3. 脈拍と GSR による食事開始検出

食事の際には図 1 に示すように、咀嚼運動、および胃腸の活動の活性化により脈拍が上昇し、一方胃腸への刺激に伴う副交感神経の活性化により、GSR のスパイク状の反応頻度が他のタスクに比べて少ない、という特徴的变化を示すことを実験的に確認した^[2] (図内では、GSR が食事に対して会話時に頻繁に反応している)。

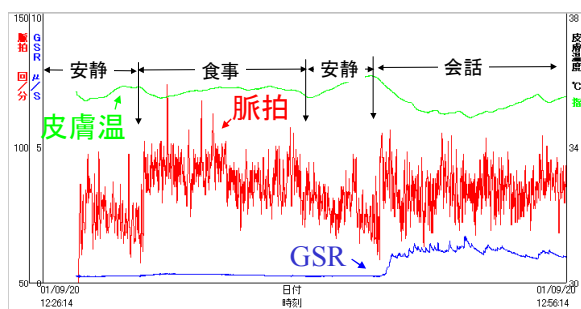


図 1 食事による生体情報の変化の例

このような脈拍と GSR の特徴を用いて食事の状況が否かを 30 秒のデータセットごとに認識した。その結果約 9 割のケースで食事開始後 2 分以内に食事と認識することができた。

しかし食事の終了時には、図からもわかるように胃腸の活動等により脈拍はすぐに安静状態に戻らないため、これらのデータだけではリアルタイムな食事の終了の認識は難しかった。

4. 手首加速度を利用した食事開始・終了検出

食事終了を認識するにはより動作をリアルタイムに反映するパラメータを使用する必要がある。そのためには動作を直接的にそれを反映する加速度を使用するのが有効である。また食事動作は手を口に運ぶという特徴的な動作であり、加速度の変化は個人差も小さいと考えられる。利き手に *LifeMinder*® Ver.1 のセンサモジュールを装着し、食事に伴う手首運動の加速度 (2 軸) を計測し、これと脈拍、GSR、皮膚温を組み合わせた認識による終了認識の可能性を検討した。認識精度向上のため、GSR の変化と高い相関のある皮膚温もデータに追加した。

被験者は 3 人で、タスクとしては、座位で行う食事に近い動作として { 食事、クレペリン、音楽鑑賞、新聞、PC 操作、安静、お茶、電話、歯磨き、読書、食事のふり、タバコ } を抽出した。それぞれタスク前安静、タスク、タスク後安静の順序でデータ収集実験を行った。

食事時の被験者の手首動作を観察した結果、食事動作は手をテーブルから口付近に運ぶ動作の 2~5 秒程度の周期の繰り返しであり、図 2 のように、それに伴う手首の回内、回外動作が大きいことがわかった。よって手の甲の面の傾きが大きく変化するため、この傾きを反映する指標として、 x y 面の法線ベクトルである z 軸方向の重力加速度成分の変化が大きいことが予想できる。これは食事のように手を用いてテーブルから口付近にものを運ぶような動作に特有のものである。

今回利用した *LifeMinder*® Ver.1 は 2 軸の加速度センサを内蔵し、手の甲の面に含まれる手首 - 指先方向の軸 (y 軸) と、それに垂直な軸 (x 軸) の 2 軸の加速度を計測する。

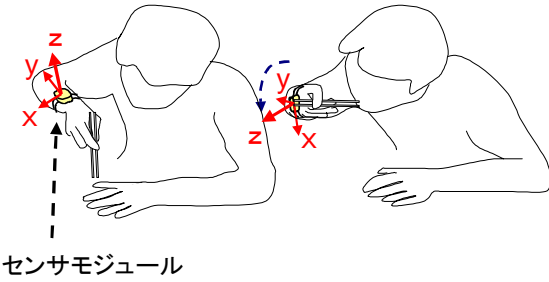


図2 食事動作時の手首の動き
(y軸を軸とした回外運動が大きい)

従来の歩行、走行、その他の作業の識別に対しては、歩行、走行は基本的にx、y軸の面内の運動であり、上記の2軸で特徴を捉えることは可能であった。しかし食事の場合、上記のようにz軸が有効であると考えられるため、この特徴を捉えるために近似的にz軸の平均的变化をx,yの2軸のデータから求めることとした。LifeMinder[®] Ver.1が内蔵する加速度センサは直流成分も計測できるため、重力加速度の成分を含む。細かい動きそのものによる加速度による影響を除去するため、x,yそれぞれ5秒の移動平均を求め、これを近似的に重力加速度の成分とみなした。重力加速度のx,y,z成分をそれぞれG_x, G_y, G_z, 重力加速度をGとすると、重力加速度のz軸成分G_zは $G_z = \sqrt{G^2 - (G_x^2 + G_y^2)}$ で求めることができる。

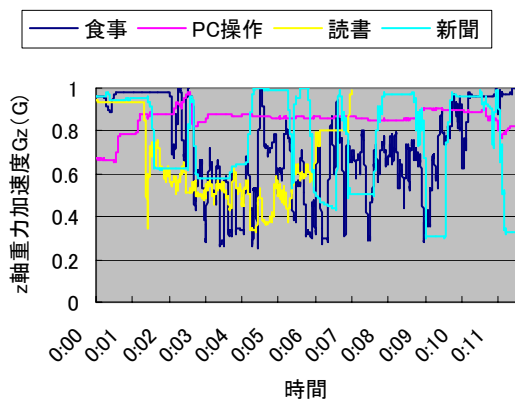


図3 重力加速度z軸成分の時間変動

図3には、実験で得た2軸加速度を元にして上記計算で取得した、食事とそれ以外の動作のG_zのグラフを示す。図からわかるように食事では数秒単位の細かい周期で大きな特徴的変動を示す。z軸が有効なパラメータであることが

確認できる。

識別にはデータマイニング技術の一つであるCART型の2進分類木を用いて、食事と食事後、それ以外のタスクが識別可能なモデルを構築した^[4]。使用したデータは計測した各データと上記の推定z軸重力加速度G_zである。

分類木に従い識別を行った結果を表1に示す。ここではそれぞれのクラスへの分類結果のエラー率を求めている。加速度なしに比べ、クラスそれぞれについて改善が見られた。特に食事後の安静時のエラー率に大幅な改善が見られた。これにより加速度データを加えることによる食事終了の認識の基本的な可能性が確認できた。

表1 食事、食事後、それ以外のエラー率

エラー率(%)		食事	食事後	それ以外	全体
加速度なし	訓練データ	11.5	27.4	5	6.3
	テストデータ	26.2	57.1	8.6	11.9
	全データ	16.4	35.6	6	7.9
加速度あり	訓練データ	11.8	8.2	2.8	4
	テストデータ	20.9	26	5	7.7
	全データ	14.6	14	3.5	5.2

図4に各動作における食事識別結果の一例を時系列表示で示す。このようにほぼ正しく認識できているが、1データセットのみのエラーが一部含まれている。このようなものは前後関係から補間するようなアルゴリズムを構築することで認識精度も改善すると考えられる。

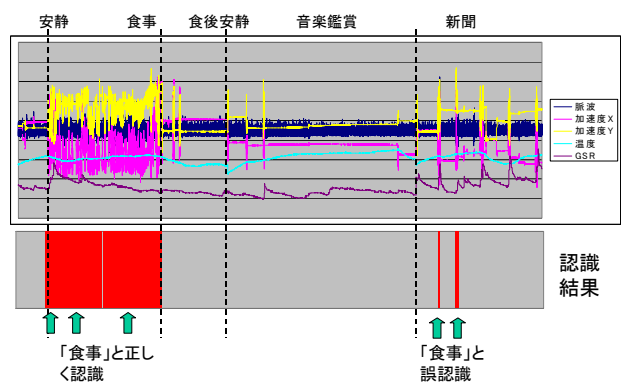


図4 食事認識の結果例

5. 健康管理サービスのイメージ

食事開始、終了認識を始め状況認識を利用した健康管理サービスシステムのプロトタイプを構築した。そのイメージを図5に示す。

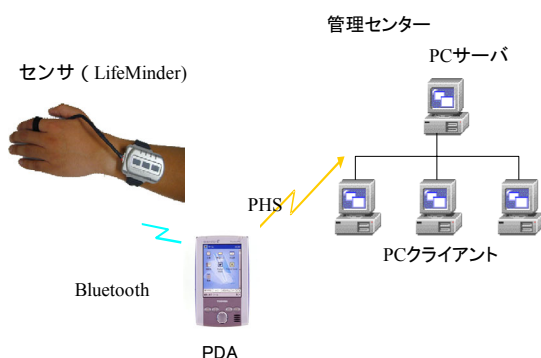


図5 健康管理サービス・システム

図のようにセンサモジュールと PDA (PHS カード内蔵) をユーザが携帯する。

センサモジュールにて加速度データを元に歩数、運動量を取得するとともに、計測した各データを元にユーザの状況として、歩行/走行の開始/終了、作業の開始/終了、食事の開始/終了のイベントを検出する。これらのイベントに併せて、例えば長時間作業が続いている場合には休息を促し、逆に予定のない休日に何もしていないと散歩や運動を促すなど、リアルタイムにアドバイス呈示を行う。

食事に関しては、食後に摂取した食事内容を PDA に入力するような入力催促メッセージを表示する。また食後の投薬指示、食後血糖計測指示を、認識した食事終了の設定時間後に指示メッセージを表示する。

これ以外にも、空腹時血糖値、体重・体脂肪、血圧について、計測が必要な時間にアラームとなり、入力の指示が PDA に表示される。

これらの機能により、運動、食事の状況に合わせてアドバイスが表示でき、本人に生活習慣改善を気づかせることができ、モチベーションの維持につなげることができる。また計測し忘れ、入力し忘れを防ぎ状況を正確に記録でき、的確なアドバイスを提示することができる。

また、収集された食事、運動、血糖値、体重・体脂肪、血圧の各情報を管理するサービスも考えられる。例えば図5のように PHS などを用いて、管理センターのサーバにデータを転送し、専門スタッフがこれを管理し、詳細な解析結果が返送されるようなサービスも考えられる。

5. まとめ

腕時計型生体センサにより計測したデータを元にユーザの運動や食事の状況をリアルタイムに認識し、いつでもどこでも状況に合わせた健康管理サービスを提供するウェアラブル健康管理システムを開発した。特にリアルタイムに食事の状況を認識するアルゴリズムについて、食事終了が認識可能となったことにより、生活上自然なリアルタイムのインターフェースを実現することができた。

今後は、センサモジュールの小型化、低消費電力化を進めるとともに、食事認識について、多数の被験者のデータを収集し、より高い精度のアルゴリズム検討を進めていく。また、構築した健康管理システムを試験運用し利用する側からの評価を進める。

謝辞

本研究の一部は文部科学省の平成 14 年度科学技術振興調整費「人間支援のための分散リアルタイムネットワーク基盤技術の研究」の一環として行われた。

参考文献

- [1] K. Ouchi, T. Suzuki, and M. Doi : LifeMinder: A Wearable Healthcare Support System Using User's Context, Proceedings of ICDCS2002 Workshops (IWSAWC), pp.791-792 (2002).
- [2] 鈴木琢治, 大内一成, 土井美和子 : LifeMinder: ウェアラブル健康管理システム, 電子情報通信学会技術研究報告ヒューマン情報処理, Vol.101, No.699, pp.33-38(2002).
- [3] 森田千絵, 佐藤誠, 土井美和子 : 加速度データを用いた行動認識, 情報科学技術フォーラム FIT2002, pp415-416 (2002)
- [4] 佐藤誠, 森田千絵, 土井美和子 : 生体データと加速度データを用いた行動認識, 情報処理学会第 65 回全国大会 (2003) (to appear).
- [5] Tuomilehto J, et al. : Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance, New England Journal of Medicine, 344, pp.1343-1350 (2001).
- [6] 井出 一男 : 携帯端末を用いた生活習慣の改善支援 ハビットシステム, 医療とコンピュータ, Vol.12, No.5, pp.28-33, May (2001).