

各種医療・健康機器の統合的生体情報収集システムの提案

大河内芳樹^{†1} 山下昭裕^{†2} 伊藤信行^{†2} 中條直也^{†3} 水野忠則^{†3}

近年、食生活や運動不足によって、糖尿病や高血圧症をはじめとする生活習慣病が急激に増加しており、その予防、治療が大きな課題となっている。そして、予防、治療の方法として運動療法が期待されており、運動療法を行うことにより血圧の低下など多くの効果が表れる。しかし、運動療法は適切に行わないことで悪い影響を及ぼす場合があり、医療従事者の指導の基で行うことが必要である。そのため今後、運動療法は患者の運動の状態を計測し、医療従事者に提供し、その情報を基に医療を行うことが重要となってくると考えられる。本稿では、医療機器やウェアラブルセンサを用いて、日常的に運動療法に必要な情報を収集し、その情報を管理し、医療従事者へ提供する各種医療・健康機器の統合的生体情報収集システムについて提案について述べる。

Proposal of Biological Information Collection Systems of Medical and Health Equipment

Yoshiki Ohkouchi^{†1} Akihiro Yamashita^{†2} Nobuyuki Ito^{†2}
Naoya Chujo^{†3} Tadanori Mizuno^{†3}

1. はじめに

近年、食生活や運動不足、睡眠などの体の負担になる生活習慣に基づいて引き起こされる生活習慣病患者は年々増加している[1]。そのため、平成 20 年度から特定健診、特定保健指導が義務化され、予防医療への取り組みが強化されている[2]。しかし、生活習慣病の現状として、家庭内での健康状態の変化については自己申告に頼っているため、病院での各種検査や問診等を受診していない人も多く、生活習慣病発症リスクを放置しておいた可能性がある割合は 75%となっている[3]。また、日本は少子高齢化社会が進んでいるため、将来の医療費の大半を高齢者が占めることが予想されるので健康を維持・促進することによって発病予防することが重要となる。

しかし予防医療は医師の範囲外の分野であり、予防医療を行うにしても自分自身で判断して行うことが多い。また、生活習慣病の治療には主に、食事療法、運動療法、薬物療法[4]があり、食事療法と運動療法は予防医療にも適用が可能である。そして運動療法を行うことにより、基礎体力の向上や血糖コントロール、肥満度の改善など効果が期待されるが、医療従事者の指導の基で適切に行わないことで逆に悪化する可能性もある[4]。

そのため運動療法を利用して、生活習慣病の予防を行うためには、医療従事者の指導のもとで適切な運動療法を行

うことのできる環境とシステムが必要となってくると考えられる。

現在、情報通信ネットワークを利用した近未来医療として、いつでもどこでも生体情報を転送し診断・治療まで行ってくれるユビキタス医療が期待されている。日常生活における予防レベルのケアや在宅医療が重要となる中、小型センシングデバイスや医療機器(以下、ヘルスケアデバイス)を用いて、個人の生活状況、健康状態を計測し、ネットワークを介してデータを収集、管理しケアへ活用するニーズが高まっている[5]。

ヘルスケアデバイスを用いて個人の生体情報を収集し可視化するサービスはすでに提供されている[6][7]。しかし、運動療法という観点からは利用が難しく、また開発ベンダーごとにサービスが独立しており、医療分野とヘルスケア分野の連携や複数の開発ベンダーの機器の連携などには至っていない。その原因として、ヘルスケアデバイスとデータを管理する機器との通信で用いられる通信フォーマット及び使用する用語、伝送速度など開発ベンダーごとに異なっているために複数の機器を一つのサービスで用いることができなかった。そういった課題に対して、2009年にコンティニューヘルスアライアンス[8]はメーカーに因わず、ヘルスケアデバイスとデータ管理機器との間で円滑なデータ転送を実現するプロトコルとして IEEE11073 Standard[9]を制定した IEEE11073 では、医療機器のデータを統一的に取扱う最適化交換プロトコルが制定されており、IEEE11073に基づいた通信方式を用いることでメーカーに因わずにヘルスケアデバイスを用いる事ができる。

^{†1} 愛知工業大学大学院 経営情報科学研究科

^{†2} 三菱電機エンジニアリング (株)

^{†3} 愛知工業大学 情報科学部

しかし、IEEE11073 では活動量計などの加速度センサを用いて歩行を推定する機器（以下、生体センサ）のデータフォーマットが制定されておらず、生体センサではIEEE11073 を利用できない。また、IEEE11073 準拠する通信を行う場合、使用する通信を対象とした **Communication Protocols** が必要である。

Bluetooth ではヘルスデバイスプロファイル(以下、HDP)[10]がその役割をしているが、**Bluetooth** で常時接続を行うと消費電力が多く困難である。そのため、近年、低消費電力性が特徴であり、機器の常時接続に向いている **Bluetooth Low Energy**[11](以下、BLE)が期待されている。しかしBLEではHDPのようなプロファイルがないため、HDPの代わりとなるプロトコルが必要となる。

そのため本研究では、運動療法を適切に行うために医療分野と連携し、異なる複数のヘルスケアデバイスのデータを管理機器に送信し、取得したバイタルデータを医療従事者に提供する連携システムを提案・設計・実装し、運用可能であることを示すことを目的とする。

本稿では、各種医療・健康機器の統合的生体情報収集システムを提案する。また、システム実現には生体センサ・医療機器を通信する医療向け通信が必要であるため、BLEの医療での適用と生体センサとの通信を対象としたプロトコルの実装を検討する。

2. 関連研究

代表的な医療連携システムとして、クラウドを利用した災害時循環器リスク予防システム（以下DCAP）[12]がある。DCAPは避難所や診療所に設置された血圧計で測定するとIDカードにより個人認証し、個人ごとの測定データを測定後にクラウドサーバに自動送信システムである。DCAPでは測定データを医療機関に提供し、診療支援、データ分析支援に活用している。そして、診療所で患者が受診するときにサーバから測定データを提供する。

しかし、DCAPでは、各家庭に設置してある血圧計のデータは自動転送されないため、機器を診療所に持っていく必要がある。その原因として、各家庭に医療機器通信のためのゲートウェイ機器を設置するために膨大なコストが掛かるため、あらかじめゲートウェイ機器（以下GW）が設置してある避難所、診療所に出かける必要がある。また、DCAPシステムでは機器間の通信にBluetoothを利用しており、電源供給が安定している環境での利用が望ましい。

また、災害時などいかなる環境下でも利用可能な医療連携システムとしてポータブルヘルスクリニックシステム（以下PHC）[13]がある。PHCは途上国で医療従事者がおらず、電源供給も安定的でない環境下でも生活習慣病予防

の予防診断を行うシステムである。PHCではすべての医療機器や管理機器であるタブレット端末はすべて電池で駆動しており低消費電力での通信が必要である。そのため、PHCは、医療に最適化された通信である **Body Area Networks**（以下BAN）を利用して通信を行っている。しかし、BANは普及面から利用が難しく、またPHCは大多数を対象したシステムである。

一方、日本のような通信環境が整っている環境下での利用には個人ごとがそれぞれのヘルスケアデバイスを利用して生体情報の収集を行うため個人を対象としたシステムである必要がある。

そのため、本研究では場所限定せず個人での生体情報の収集を目的とし、そのため各種医療・健康機器の統合的生体情報収集システムを提案し、IEEE11073に準じた医療機器との接続と、現在普及している低消費電力の通信であるBLEを利用し、医療機器との通信を評価する。

3. 提案システム

本章では、各種医療・健康機器の統合的生体情報収集システムについて述べる。このシステムは場所に限定されずに運動療法を適切に行うため、歩数や運動強度などの生体情報を収集し、それを医療従事者へ可視化を行うシステムである。そのため、ヘルスケアデバイスと医療向け通信を利用してスマートフォンを用いたヘルスケアGWに生体情報を収集し、運動療法に必要なデータを可視化する。また、クラウドサーバにアクセスすることで個人のバイタルデータをいつでも確認できることを目的としたシステムである。

3.1節で本提案システムの概要、3.2節では本提案システムの構成要素である、医療機器との通信、3.3節では健康機器との通信、3.4節では運動強度表示アプリケーションについて詳細を示す。

3.1 システム概要

本提案システムの構成図を図1に示す。本提案システムは、ヘルスケアデバイスから発生した測定データをIEEE11073に準拠した通信とBLEを利用して、生体情報管理機器であるスマートフォンに統合的に生体情報を収集する。ユーザが活動量計などウェアラブルセンサを装着することでユーザの日常的なバイタルデータの常時収集を行う。しかし、市販されているウェアラブルセンサはベンダーが提供しているサーバでデータを管理しており、直接収集することは難しい。そのため、ベンダーが提供しているAPIを利用して市販されているヘルスケアデバイスの生体情報を収集する。

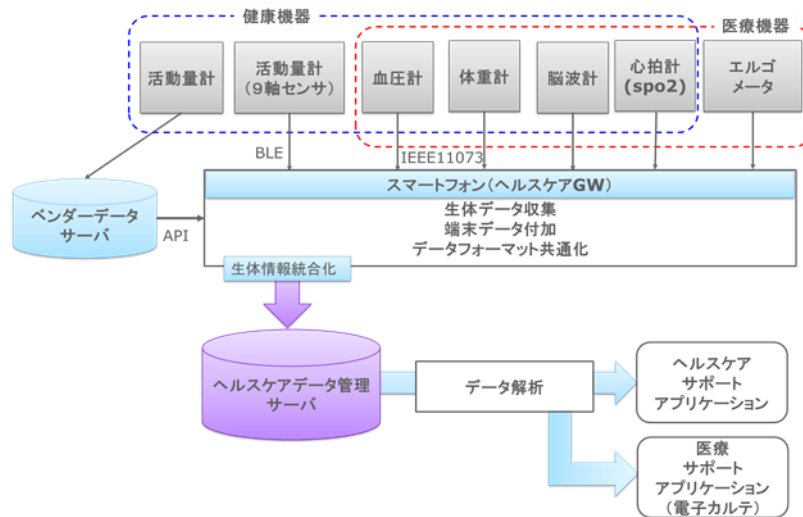


図 1:システム構成図

また、その生体情報をユーザや医療従事者がいつでも閲覧できるように可視化する。そのため、運動療法にも有効な指標として運動強度や心拍数、経皮動脈血酸素飽和度(SPO2)を日常的なバイタルデータを医療従事者に提供することにより運動療法の QoL の向上へつなげることを目的とする。

本提案システムは医療機器と健康機器を対象としており、連携する医療機器として連携する医療機器の一つとして三菱電機エンジニアリング (株) の運動負荷試験用エルゴメータ[14]と IEEE11073 に準拠している通信が利用可能な医療機器として Bluetooth 内蔵体組成計 UC-411 PBT-C[15]を用いる。

また、本提案システムではスマートフォンを利用することでゲートウェイ機器の設置を必要とせず、在宅医療でのコストの削減へつながる。また、スマートフォンが医療機器や健康機器など多くの機器と接続することにより多くの生体情報の収集が可能となる。

3.2 医療機器との通信

本提案システムでは、医療機器、ヘルスケア機器と外部コンピュータシステムとの間で、データが交換できるように、情報プロファイルを相互運用性のある伝送方式にするために定義された規格である IEEE11073 に準拠した通信を行った。IEEE11073 では接続する医療機器と種類ごとにデータのフォーマットが規定されており、IEEE 11073-10415™ 体重計 (Device specialization – Weighing scale)に準じたで決められたフォーマットでの通信を行い、体重、身長、測定日時のデータの取得を行った。その通信時のメッセージ手順と実際の通信の測定日時を図 2,図 3 にそれぞれ示す。



図 2: メッセージ手順のシーケンス図

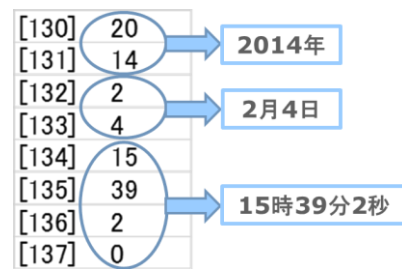


図 3: 測定日時

実際に通信の手順として

- ① 利用者が体組成計を接続すると体組成計はスマートフォンに接続要求をだし、スマートフォンは体組成計に応答する。
- ② この後、体組成計はスマートフォンに設定情報を掛け合わせて(データ A)、応答する(データ B)。そして体組成計は測定値を送信する準備に入り、両デバイスが動

作状態に入る。

- ③ スマートフォンがメッセージを送信する(データ C)ことで、体組成計のデータシートのオブジェクト属性を要求する。そして体組成計はスマートフォンにオブジェクト属性をレポートする(データ D)。
- ④ 次のステップとして、体組成計は、単一の測定となり、測定データは確認されたイベントレポートを使用しスマートフォンに送信される(データ E)。正常にデータをスマートフォンが受信後、スマートフォンは体組成計に確認できたということを送信する(データ F)。
- ⑤ 利用者が体組成計に適切な操作をすることにより、接続解除要求が出され、スマートフォンが応答し、接続解除される。

図 2 で示したと通り E2.2.2→E2.2.3→E3.2.2→E3.2.3→E4.2→E4.3→E5.1→E5.2→E6.1→E6.2 の順でメッセージングが行われる。体重や図 3 で示してある測定日時などの情報が E5.1 で体組成計からスマートフォンへ送信される。

3.3 健康機器との通信

本提案システムでは実際に市販されている健康機器を用いて日常的に生体情報を記録する。市販されている健康機器の多くはその記録した生体情報をベンダーが管理するサーバへ転送されベンダーが提供するサービスでのみでしか閲覧できないのが現状である。一方、開発用に API を提供しているベンダーもあり、API が提供されているウェアラブル活動量計である Nike+ FuelBand[16]と NIKE+API[17]を利用して生体情報を収集する。実際に API を利用して取得した活動量計の生体情報を図 4 に示す。

```
{
  "daily": [
    {
      "summary": {
        "calories": 575,
        "steps": 5479,
        "distance": 4.31416,
        "activeTime": 396,
        "totalFuel": 2246,
        "avgFuelPerDay": 2246,
        "stars": 6,
      }
    }
  ]
}
```

図 4: Nike+ FuelBand データ

そして取得した活動量計の生体情報から消費カロリー、歩数、歩行距離の 3 種類のデータを利用して運動強度を表示する。

3.4 運動強度表示アプリケーション

運動療法において、どのくらいの運動をしたかを示す指標として運動強度 METs[17]を利用する。METs は Metabolic Equivalents の略であり、運動時代謝量が基礎代謝量や安静時代謝量の何倍になるかという指標の代表的なものである。

例として座って安静にしている時は 1METs、普通歩行時は 3METs、ジョギング時は 7METs と決められている。

以下に算出式(1)を示す。

$$\text{運動強度(METs)} = \frac{\text{消費カロリー(kcal)}}{\text{時間(h)} \times \text{体重(kg)}} \quad (1)$$

3.3 で Nike+ FuelBand から API を利用した取得した生体情報を利用して運動強度の表示を行うアプリケーションを開発した。利用者や医療従事者への運動療法支援を行う。実際のアプリケーションの画面を図 5 に示す。

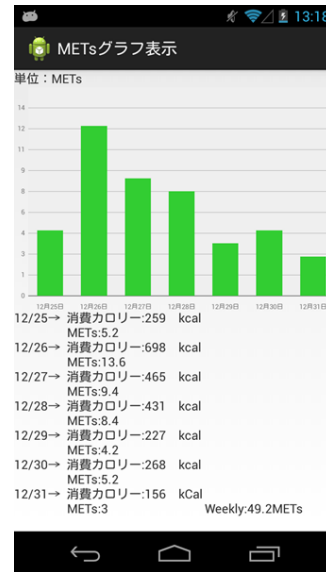


図 5: 運動強度表示画面

運動強度表示アプリケーションは一日単位と一週間単位での運動強度を表示する。

4. BLE での医療機器向け通信

本章では低消費電力である通信の BLE の医療分野での適用を試験する。

4.1 BLE

従来の Bluetooth と同じ 2.4Ghz 帯を利用する無線通信だが、物理層の変調方式が異なるため互換性はなく、プロファイルも異なる。そのため HDP は用いることができず、接続する機器ごとにプロファイルが決められている。BLE は通信の長時間維持できる応用分野を想定した規格である。Bluetooth では 32 チャンネル提供されている端末探索チャンネルであるアドバタイズメントチャンネルが 3 チャンネルしか利用しないことで消費電力の削減を行っている。また通信における最大パケットサイズも従来の 1021 オクテットから 27 オクテットと短く消費電力化がされており、小規模なデータの通信に適している。

そのため常時、生体情報を収集するユビキタス健康医療

に適していると考えられるため、本研究では医療での適用を試験する。

4.2 BLE での実装

本研究では、従来の Bluetooth の HDP を用いた医療向け通信だけではなく省電力性の BLE を用いた通信を行う。実際の BLE との通信においては、TEXAS INSTRUMENT 製の Sensor Tag[19]に搭載されている6つのセンサから3軸加速度と3軸ジャイロのセンサデータを歩行動作解析目的としてヘルスケア GW に収集する。予め、Sensor Tag の値にそれぞれ、識別用として UUID が決められている。

それをスマートフォン側で選択することで通信を開始する。次に UUID を選択し、通信が確立されると 100ms ごとに Sensor Tag から3軸加速度データと3軸ジャイロデータの6種類のデータが送信される。そのデータをスマートフォン側で記録したものが図6となる。

受信時間	加速度X	加速度Y	加速度Z	ジャイロX	ジャイロY	ジャイロZ
32:02	-0.1	0.9	-0.1	-78.9	-63.1	-88.4
32:02	-0.1	0.8	-0.1	-73	-88.2	-63.2
32:02	-0.1	0.8	-0.2	-47.9	-113.4	-88
32:02	-0.2	1.1	-0.3	-52.6	-138.5	-62.8
32:02	-0.2	1	-0.3	-76.8	-163.8	-87.6
32:02	-0.2	0.9	-0.3	-49.1	-137.7	-64.8
32:02	-0.2	0.8	-0.4	0.9	-136	-68.3
32:02	-0.2	0.7	-0.4	26	-161.4	-65.8
32:02	-0.2	0.6	-0.3	50.9	-149.6	-41.2
32:02	-0.3	0.6	-0.2	75.7	-124.4	-16.4

図 6: センサデータログ

今回、BLE を利用した通信で常時接続を行った。100ms ごとに 1000ms 間のセンサデータのログを記録し、計測時間から6種類のセンサデータの受信を調べた。しかし、データの欠落もなく、常時 Sensor Tag からのセンサデータは記録が可能だった。また Sensor Tag での行動に対し遅延もなく反映され、センサデータの収集は問題なく行えた。

5. 考察

今回、運動療法支援の目的で日常の生体情報収集システムを提案し、実際に医療機器との外部通信におけるフォーマットや手順を定めた IEEE11073 に準じた無線通信を用いて体組成計と通信試験を行った。IEEE11073 の規格通りに通信プロトコルを作成し、市販されている IEEE11073 準拠の体組成計を用いて通信を行った。体組成計の計測時間などのデータは送信されたが、体重などのデータの送信は確認されなかった。原因として、体重計で規格化されているデータの種類と体組成計で送信しているデータの種類の異なるため、体重などのデータに関するオブジェクト属性値に違いがあると考えられる。

また、ウェアラブル型のヘルスケア機器に対して、期待されている省電力無線通信の BLE を用いて日常のセンサ

データ取得に対して試験も行った。6種類のデータ 100ms ごとに小型のセンサからスマートフォンへ送信しデータのログを取った。その結果、スマートフォンでも遅延もなく送信され、日常の生体情報収集に利用可能であった。しかし、BLE は端末探索用のアドバタイズメントチャンネルが3つしか提供されておらず、すべてのチャンネルが使用されている場合は端末の発見が行えず利用が難しい。そのため、多くの BLE を利用した機器が存在する環境などでは通信に関する信頼性確保されず、医療分野での利用は難しいと考えられる。

一方、低消費電力で医療分野に最適化された通信規格として BAN がある。BAN は 2012 年に IEEE 802.15.6 として国際標準化された医療機器を対象とした通信規格であり、今後、普及が期待されている。

6. おわりに

本稿では、各種医療・健康機器の統合的生体情報収集システムを提案し、そのシステムでの通信方法を検討した。スマートフォンを GW として用いることで、いつでもどこでも生体情報を転送し運動療法の支援が可能となる。そして、医療機器との通信に IEEE11073 に準拠した通信で生体情報の取得を行い、健康機器との通信においてはベンダサーバから API を利用して生体情報の取得を行った。そして収集した生体情報を、運動療法でも利用可能な指標である運動強度で表示するアプリケーションを開発した。

また、運動療法においては有酸素運動の測定が重要となる。そのとき計測システムでは医療機器との常時接続に基づく計測が必要であり、低消費電力であることが求められる。そこで、低消費電力の通信規格である BLE を用いた接続試験を行った。その結果、BLE での接続自体は問題ないものの、端末の探索が難しいことが分かった。そのため、BLE の医療分野での生体情報の収集への適用は難しいと考えられる。

しかし BLE 以外にも低消費電力性で医療に最適化されている無線通信として BAN がある。今後は BAN を用いて常時接続に基づく生体情報の収集を検討する予定である。

参考文献

- [1] 厚生労働省平成23年患者調査の概況, 2012.
- [2] 厚生労働省特定健康診査・特定保健指導の円滑な実施に向けた手引き, 2013.
- [3] Health Care Information, 生活習慣病発症リスクのある人が治療をしないまま放置し続ける
http://www.jmdc.co.jp/jp/mlmg/pdf_download.php?mst_id=568&header_id=43, 2013/10/3, vol.55
- [4] 厚生労働省 糖尿病の治療法は？

- <http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/kenkou/seikatu/toyou/treatment.html>. (2014/5)
- [5] 志賀利一, 中嶋宏: システム・ヘルスケアICTの活用による生活習慣病の予防・改善に向けて, 情報処理学会デジタルプラクティスVol. 4, No3, pp. 218-225 (2013).
- [6] Wellness Link,
<http://www.wellnesslink.jp/p>. (2014/5)
- [7] Medical Link, <http://ml.omron.co.jp>. (2014/5)
- [8] Continua Health Alliance,
<http://www.continua.jp/>. (2014/5)
- [9] IEEE STANDARDS ASSOCIATION, IEEE11073,
- [10] Bluetooth SIG HEALTH DEVICE PROFILE, 2013.
- [11] Bluetooth smart home,
<http://www.bluetooth.com/Pages/Smart-Energy.aspx>. (2014/5)
- [12] クラウド環境で実現した被災患者の循環器リスク予防,
<http://www.nikkeibp.co.jp/article/dho/20120116/296383/?ST=print>. (2013/10)
- [13] 野原康伸, ZahidulRipon, RafiqulIslam, ParthaGhosh, 井上創造, AshirAhmed, 中島直樹: 途上国における予防医療を実現するポータブルヘルスクリニックシステムの構築, 情報処理学会研究報告 (2013).
- [14] ストレングスエルゴ 8,
http://www.mee.co.jp/sales/other/strengthergo/new_feature_8.html (2014/5).
- [15] Bluetooth 内蔵体組成計 UC-411 PBT-C
<http://www.aandd.co.jp/adhome/products/hhc/uc411pbt-c.html> (2014/5).
- [16] Nike+ FuelBand SE,
http://www.nike.com/jp/ja_jp/c/nikeplus-fuelband (2014/5).
- [17] Nike+ Developer Resources,
<http://developer.nike.com/resources> (2014/5).
- [18] 健康づくりのための運動指針 2006 (エクササイズガイド) - 厚生労働省,
<http://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/undou01/pdf/data.pdf> (2014/5).
- [19] TEXAS INSTRUMENTS Sensor-Tag,
http://www.tij.co.jp/ww/wireless_connectivity/sensortag/index.shtml?DCMP=advertorial201309&HQS=SensorTag-b-s-tech-adv-jp (2014/5).
- [20] Body Area networks - IEEE802.15.6,
<http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.15.6-2012.html>. (2014/5).