

## ユビキタス健康管理システムの実装と評価

山崎 晃† 荒井 順平‡ 小山 明夫†

† 山形大学大学院 理工学研究科 〒992-8510 米沢市城南 4-3-16

‡ 山形県立産業技術短期大学校 〒990-2473 山形市松栄 2-2-1

E-mail: tdn54586@st.yamagata-u.ac.jp, j\_arai@astro.yamagata-cit.ac.jp, akoyama@yz.yamagata-u.ac.jp

あらまし 近年、少子高齢化に伴い、医師不足や医療費の増大が懸念されている。増え続ける医療費を削減するためには、個々人が病気予防の意思を高め、なるべく病院を利用しないことが理想である。また、特定検診制度の実施により、国民の生活習慣病の予防に対する意識が高まっている。そこで本研究では、患者の生活に負担がかからず、ロケーションにとらわれないウェアラブルバイタルセンサを開発し、携帯電話を通してセンサ情報を送信することで、ブラウザ上から即座に確認、共有することができ、さらにセンサ情報から緊急事態を家族、担当医師に通報するようなユビキタス健康管理システムを実装した。また、実装したシステムを評価することで、システムの有用性を実証する。

キーワード 健康管理, ウェアラブルバイタルセンサ, 脈波伝送, 携帯電話, メタボリック症候群

## Implementation and evaluation of Ubiquitous Health Care System

Akira YAMAZAKI † Junpei ARAI ‡ Akio KOYAMA †

† Graduate School of Science and Engineering, Yamagata University,

4-3-16 Jonan, Yonezawa-Shi, Yamagata, 992-8510 Japan

‡ Yamagata College of Industry and Technology,

2-2-1 Matuei, Yamagata-Shi, Yamagata, 990-2473 Japan

E-mail: tdn54586@st.yamagata-u.ac.jp, j\_arai@astro.yamagata-cit.ac.jp, akoyama@yz.yamagata-u.ac.jp

**Abstract** In recent years, for declining birthrate and a growing proportion of elderly people, lack of doctors and the increasing of the medical cost are worried. It is an ideal for the individual to improve the intention of sick prevention to reduce the medical cost that keeps increasing (e.g. not to use the hospital as much as possible). Moreover, it has risen to the people to consider to the prevention of the lifestyle disease by executing the Specific Medical Examination System. In this research, we have developed a wearable vital sensor which can use anywhere without burden for everyday life of the patient. Furthermore, we have implemented the ubiquitous health care system which can confirm and share the sensor information transmitted from a cellular phone attached to wearable vital sensor by the browser immediately. This system can also send emergency report based on sensor information to a family and the doctor. In addition, we verified the system effectiveness by evaluating the implemented system.

**Keyword** Health care, Wearable vital sensor, Pulse wave transmission, Cellular phone, Metabolic syndrome

### 1. はじめに

近年、医療現場における、ITを利用した遠隔医療システムが利用され始めている。本研究では、“つながり感と空間共有機能を持つケアコミュニケーションシステム[1]”と題して、入院患者とその患者の家族、医療スタッフのコミュニケーションを通して、患者に利益のあるサービスを提供するような入院患者支援システムに関する研究がなされている。

一方で、在宅医療に焦点を当てた研究もなされている。“CodeBlue[2]”では、取得した患者のバイタルデータを、無線基地局までアドホック通信でデータを伝送し、さらに Web 上のデータベースに伝送する。また、緊急時には救命士やナースへデータが送られる。しかし、このシステムはアドホック通信を利用しているため、アドホックネットワーク外での

データ伝送は困難であるという問題点がある。

また、Chen等の研究[5]では、センサ部分であるセンシング層、データを送信するコミュニケーション層、バイタルデータの評価を行うマネジメント層の3つの層から構成されるバイタルデータモニタリングシステムを開発している。このシステムのプロトタイプは、24時間心電図モニタリングシステムや、個人状態に基づいて効果的に最善のトレーニングを提供するトレーニングメンターなどのサービスに応用される。

現在、医療費が過去最高の33兆円に達し、国民一人当たり26万円の負担を強いられている。これらの現状は、高齢化社会や医療技術の高度化などが背景にあり、医療費増加に歯止めをかけるためには、個々人がなるべく病院を利用しない日常生活を心がける必要がある。そのためには日々の生活習慣を正し、日常的な健康管理を行うことが重要とされる。

そこで本研究では、日常的な健康管理支援を目的に、被験者の負担にならないようなウェアラブルバイタルセンサを開発し、脈拍、体温（皮膚温）、ウエストデータや、一定時間の脈波抽出機能を実装し、それらのデータを取得、情報共有することができ、さらにセンサ情報から緊急事態を担当者に通知するようなユビキタス健康管理システムを開発した。

## 2. 関連研究

### 2.1. 身につけるだけで健康管理のできるリストバンド型センサーノード

(株)日立製作所のワイヤレスインフォ・ベンチャーカンパニーと中央研究所が開発したウェアラブルバイタルセンサ[6]について紹介する。

日立製作所では、15mm×15mmのチップにセンサとネットワーク機能を備え、リストバンド型にし、ウェアラブル化を実現させた。取得できるバイタルデータは脈拍、加速度、温度の3つで、一定時間ごとに計測し、アドホック通信を用いて無線基地局に送られ、さらにデータサーバに送られるので、データ蓄積や遠隔地からのモニタリングが可能となっている。特徴としては、世界最小のセンサノードであること、低消費電力であること、緊急通報ボタンがついていることなどが挙げられる。また、被験者からのバイタルデータは、カスタマーセンターでデータベース化され、インターネットを介して家族が安否情報を確認できるようになっている。

### 2.2. 関連研究の問題点と本研究の位置づけ

関連研究であるCodeBluec[2]は、アドホック通信を用いてバイタルデータが伝送されるため、アドホック通信が不可能なロケーションでは、データが伝送できないという問題点がある。また、上記で紹介したシステムの緊急時ボタン機能は、手動で被験者が押すようになっているため、体調異常の判断というものは被験者に委ねられる。さらに、上記システムの脈拍データはある特定の時間ごとに取得しており、モニタリングから個人の状態をより細かく判断するためには、それ以外に脈波などの連続的なバイタルデータも必要であると考えられる。

そこで本研究では、上記のようなデータ送信手段の問題点を改善し、家の中でも、外出先でもデータ抽出が可能なデータ送信システムを提案する。また、被測定者の異常を察知するとともに、即座に担当者に通知する機能や、脈波をリモートで再現する機能、日々の健康管理に必要であるウエスト周囲を計測するセンサを実装する。

## 3. システムの提案と実装

### 3.1. システム提案

本提案システムは、大きく分けて以下の3つの機能に分類される。

- (1) 複数のバイタルセンサデータを、携帯電話を用いて自動送信する機能。
- (2) 被験者の緊急状態を察知し、担当者に通報する機能。
- (3) 取得データの履歴管理を行う、Webベース閲覧機能。

### 3.2. システム構成

本システムは、被測定者のバイタルデータを携帯電話で自

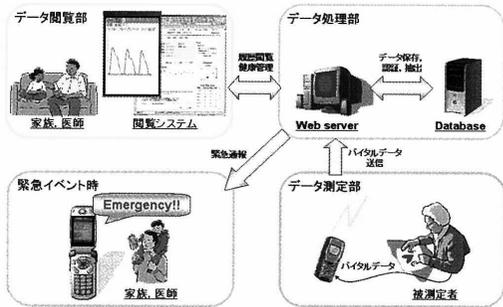


図1 システム構成図

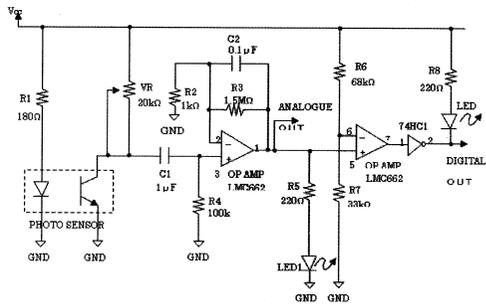


図2 脈拍センサ回路

動送信し、データベースに保存されるようになっている。また、抽出したバイタルデータが異常と判断された場合、緊急時送信先に指定している家族や病院のメールアドレスに自動送信する機能も兼ねている。データベースに保存されている過去のバイタルデータは、Webサーバ上で閲覧可能であり、被測定者の家族、ヘルパーが視覚的に健康状態を判断できるように、GUIベースのバイタルデータ閲覧システム(VDI system)を開発した。

### 3.2.1. 各種センサの実装

本研究では、温度センサと脈拍センサ、ウエストセンサの3つを開発した。今回、人間の体温を正確に測定することは難しいため、温度センサを用いて、脇の下など血管が表皮に近い部分の皮膚温を測ることにした。

図2は脈拍センサの回路図である。この回路は、人差し指の第一関節付近をフォトセンサに触れさせることで、フォトセンサからの信号を脈拍として抽出し、信号を増幅したうえで、ノイズを除去し、アナログ信号として出力する。また、比較回路を通し、波形整形を行うことで、デジタル信号としても出力することができる。脈拍センサと出力される波形を図3,4に示す。

これらのセンサデータをマイコン（日立製H8）のA/Dポートに通し、計算処理することで、電圧値を数値に変換する。さらにマイコン側では、これらのデータを一定時間ごとに取得・解析、送信するプログラムを起動させることで、データをサーバへ送信する仕組みとなっている。ウエストセンサについては別章で詳細を述べる。

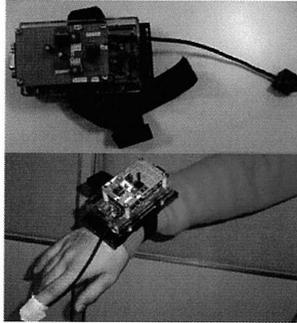


図3 脈拍センサ



図4 出力波形

### 3.2.2. 脈波再現機能

脈拍センサは、波形の周期を計測することで、脈拍数以外に不整脈を発見することができる。また、この波形の周期を分析することにより、動脈の硬さの指標となる AI 値を推定することが可能となる。今後、診断システム実装の際の重要なパラメータとして有用できると考えられるため、この波形の周期を脈波として、遠隔地で脈波再現する機能を実装した。現状ではプロトタイプということで、5秒間の脈波を再現している。図5は脈波再現機能の概要である。センサからの脈拍データをサンプリング定理に基づいたサンプリング間隔で取得していき、携帯電話のメール機能を用いてデータを送信する。Webサーバでは、送られてきたメールデータを解析し、Webベースの閲覧サイト上で脈波を再現する。また、携帯電話からも最新の脈波を閲覧可能とした。

### 3.2.3. ウェストセンサ

特定検診制度が開始され、ウェスト周囲径への関心が高まっている。日本肥満学会では、数年前よりメタボリックシンドロームの基準となる内臓脂肪肥満の簡便な指標として、ウェスト値の測定を推奨している。

近年、電子血圧計、電子体重計などヘルスケア機器が多数市販されているが、ウェスト値を自動的にウェアラブル計測する機器は現在のところ見受けられない。そこで、健康管理に必要なデータの一つとして、ウェストセンサを開発した。

ウェストセンサは、ラックアンドピニオン機構によるメカニカルな手法で計測を行う。図6にウェストセンサを示す。センサの計測部には、ピニオンギアなどが内蔵されており、ウェストの周囲径の変化量をピニオンギアの回転数で計測し、回転数からウェストデータを算出している[7]。

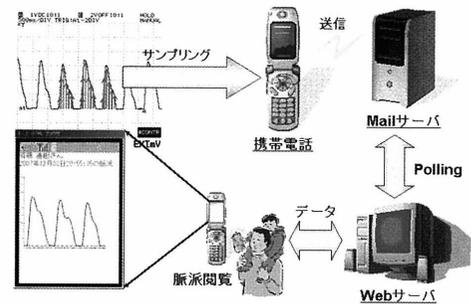


図5 脈波再現機能概要



図6 ウェストセンサ

### 3.2.4. 携帯電話を用いたデータ送信機能

次に、数値化したバイタルデータを送信する機能について説明する。現在、携帯電話用のキーボードが市販されており、携帯電話のボタンを使わずに、キーボードを使ってメールを打つことができる。この機能と同等のことをマイコン側で行うことで、携帯電話の制御が可能になる。

NTT Docomo の技術資料[8]を元に、表1に外部制御端末用シリアル信号フォーマットを示す。これによると、外部制御端末による動作は、8byteのシリアル制御信号によって可能であることが分かる。すなわち、H8マイコンのシリアルポートと携帯電話のPDCインターフェースをシリアルケーブルで繋ぎ、H8マイコンから8byteのシリアル制御信号を送信することで、携帯電話を制御できるということである。

次に、バイタルデータのメール作成規格、および送信先でのメール処理について説明する。まず、マイコンから携帯電話を制御し、CSV形式のバイタルデータを作成し、既定のメールサーバへ送信する。一方、Webサーバのほうでは、メールサーバに未読メールがないかどうかを1分置きに監視するスクリプトが常駐しており、未読メールがあった場合、そのメールが被測定者からのバイタルメールなのかどうかを題名から判断し、バイタルメールだった場合、バイタルデータを抽出し、データベースに格納する処理を行う。

携帯電話を用いたデータ送信機能の実装では、Webサーバとメールサーバは同じマシンを使用している。なお、この機能で使用されるセンサは体温、脈拍の2つだが、将来的にセンサが増えたときを考慮して、SpO<sub>2</sub>値を固定値として入力している。脈波再現機能で送信するデータや、ウェスト周囲径も同等の手法でデータを送信しているが、前述のデータ送信機能とは別に、それぞれ独立してシステムが稼動しているため、サーバに送られてくるメールサブジェクトの文字列によって実行処理を選択している。

表 1 外部制御端末用シリアル信号フォーマット

種別	D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0	備考
外部制御端末 入力要求	1 1 1 1 0 0 1 0	ヘッダ部
	0 0 0 0 0 0 1 0	外部制御端末入力要求ヘッダ
	0 0 0 0 0 0 0 1	
	0 0 0 0 0 0 0 0	識別コード
	0 0 0 0 0 0 0 0	
	0 0 0 0 0 0 0 0	テーブル種別：注 1 参照
	0 0 0 0 A B C D	
	0 0 0 0 a7 a6 a5 a4	制御コード：注 2 参照
0 0 0 0 a3 a2 a1 a0		

注1) 5種類のテーブル種別があり、半角テーブル・全角テーブルは主にメール本文を書く際に選択、制御テーブルは、i-modeボタンを押す、決定ボタンを押すといった動作制御を行う時に選択、長押し制御は、電源オフなどの動作を行う時に選択する(文献[8]を参照)。

注2) a7~a0までの1byteデータを、8bitデータの低位4bitにそれぞれ分けて、計2byteのコードとする。8bitデータには“1ボタンを押す”といった制御に対応するコードが割り当てられる(文献[8]を参照)。

### 3.2.5. 緊急時のデータ送信機能

本システムには、バイタルデータが異常値を示した際に、医師などにメールが送信される緊急時データ送信機能が備わっている。センサからバイタルデータを取得後、マイコン側で閾値を元に緊急時判定を行い、緊急時の場合は通常とは異なる文字列をメールのサブジェクト欄に加える。なお、现阶段では異常値となる閾値は手入力となっている。次に、Webサーバ上では未読メール監視スクリプトが緊急メールかどうかを判断し、緊急である場合は、送信元のアドレスを元にデータベースにアクセスし、医師、家族などのメールアドレスを抽出し、メールを作成・送信する。医師や家族には、バイタルデータ取得日時、患者の氏名、バイタルデータ値が記されたメールが届く。今後は閲覧システムのほうで個人に適した閾値を入力できるように改良を行っていく予定である。

### 3.2.6. バイタルデータ閲覧機能 (VDI System)

利用者にとって、履歴管理がしやすく、操作しやすいような閲覧システムを作るため、Flashを用いたGUIベースでの閲覧画面を作成した。このシステムをいくつかの段階に分けて説明する。

#### (1) システム使用可能になるまで

新規でこのシステムを使う際は、被測定者からの緊急時メールの宛先となる、携帯メールアドレスなどの入力を行う必要がある。データを入力完了すると、登録したPCメールアドレス宛に登録完了メールが届く仕組みになっている。

#### (2) メイン画面と患者新規登録画面

初めてログインした場合は、被測定者新規登録をするバイタルデータを送信する携帯電話のメールアドレスなど、被測定者の個人情報を入力することで、メイン画面(図7参照)の患者リストコンボボックスに反映され、被測定者を選択することが可能になる。以降、被測定者を生活習慣病患者として説明する。

#### (3) 患者選択時のメイン画面

患者リストコンボボックスから患者を選択すると、メイン画面上部には患者情報とトピックス機能、中部にはチャートとカレンダー、下部にはメッセージ入力機能とバイタルリスト

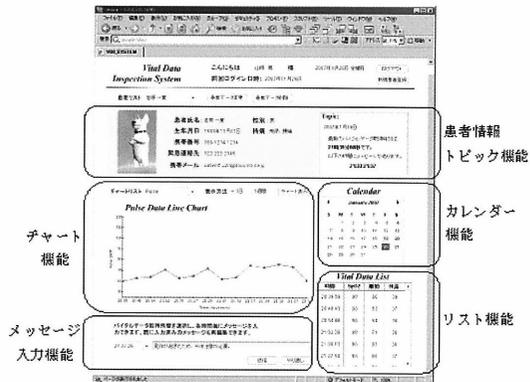


図 7 患者選択時メイン画面

が表示される(図7参照)。以下に詳しい機能の説明をする。

#### ● カレンダー機能

カレンダーは日にちを選択することができ、日付を選択すると、その日に抽出した患者のバイタルデータがグラフに現れるようになっている。

#### ● チャート機能、チャートオプション機能

カレンダーで選択した日付のバイタルデータが折れ線チャートで表される。また、チャートオプション機能では、表示するバイタルデータを選ぶことができる。また、1日または1週間分のデータかを選択することができる。また、1週間分を選択した場合、選択されている日の週のバイタルデータを全て表示することも可能である。

#### ● メッセージ入力機能

この機能は、バイタルデータ1つ1つにメッセージを残すことができる。例えば、高熱や脈拍の異常を示している時間帯があった場合、その時の患者の様子などを書き記しておく、今後の介護の重要なデータとすることができる。この機能は、書き直したり消したりもできるので、軽いメモ代わりに使うこともできる。

#### ● リスト機能

カレンダーで選択した日にちに抽出したバイタルデータをリスト化したものである。センサ名が記されている部分をクリックすることで、データの降順、昇順にソートすることができ、1日で一番高かった脈拍などを容易に検索することができる。

#### (4) その他の機能

##### ● 患者情報変更機能

持病や、電話番号が変更になった場合、患者の個人情報を変更することができる。

##### ● 患者情報削除機能

患者が引越すなど、ヘルパー担当を外れた場合や閲覧の必要がなくなった場合、患者の情報を削除することができる。

### 3.3. システムアーキテクチャ

本システムは、図8に示すアーキテクチャによって構成される。このセクションでは、システム構成で説明した機能の総まとめとして、全体のアーキテクチャの解説を行っていく。

### 3.3.1. ハードウェア部分

図 8 の "Internet" から右側の部分にあたるハードウェア部分について解説していく。

患者には複数のセンサが付いており、それらの出力は H8 マイコンの A/D コンバータの入力と繋がっている。H8 マイコンには、Vital Data Sender module という、バイタルデータを送信するモジュールが組み込まれている。このモジュールでは 2 つのタイマが動いており、1 つはバイタルデータを定期的に計測するためのタイマであり、もう片方は脈拍をサンプリングするためのものである。H8 マイコンの動作として、1 つ目のタイマが一定時間過ぎると、送信準備に入り、A/D コンバータをスキャンし、体温を取得する。また、同時に 2 つ目のタイマが動作し、脈拍センサデータを一定時間サンプリングし、脈拍を取得する。続いて、2 つのバイタルデータが取得完了すると、そのバイタルデータが異常値かどうかの判定プログラムが働き、判定フラグが返される。その後、シリアルケーブルで繋がれた携帯電話に 8byte の制御信号を送り始める。宛先は、メールサーバのメールアドレスを指定し、バイタルデータが異常か正常かを題名の文字列で分け、本文には CSV 形式でバイタル値を書き込み送信する。送信されたバイタルメールは、メールサーバに格納される。今後、ウェストセンサで取得した計測データも、上記で説明したデータ取得送信方法を用いて、他のバイタルデータと同時に送信できるように組み込んでいく予定である。

### 3.3.2. ソフトウェア部分

#### (1) Cron から見た動作解説

Cron とは、定期的にコマンドやプログラムを実行する機能であり、この Cron を使って、Mail Checker module を 1 分おきに動作させている。このモジュールが、バイタルメールがメールサーバに格納されているかどうかを監視する役目になっている。またこのモジュールには未読メール監視機能だけでなく、メールがあった場合、メールサーバからメールを受信

し、CSV 形式のバイタル値をそれぞれ切り分ける機能もある。さらに、送信元メールアドレスを元にデータベースである PostgreSQL にクエリを発行し、患者の個人情報を抽出する。患者情報の中には担当医師 ID があり、患者 ID と担当医師 ID がわかったところで、バイタルデータをデータベースに保存する。緊急の場合は担当医師 ID から、医師や家族のメールアドレスを抽出し、そこに緊急バイタルメールとしてメールを Mobile phone (医師や家族の携帯電話) に送信する。

#### (2) Doctor, Family から見た動作解説

過去のバイタルデータを医師やケアマネージャー、家族が閲覧できるシステム (VDI system) がある。図では GUI module にあたる部分となり、ここでは、ログインからバイタルデータの閲覧、新規登録など、クライアントからの要求に対して、ほとんどの場合データベースに書かれている情報が必要となる。その際、GUI module とデータベースをつなぐミドルウェア的存在となるのが、Call up DB Module であり、このモジュールが GUI module からの要求をクエリにし、データベースにアクセスするようになっている。また、データベースからのクエリ結果を GUI module に戻す役目も担っている。このミドルウェアを通して、GUI module ではバイタルデータなどを表示することが可能になる。

## 4. システム評価

### 4.1. 評価実験

本システムを研究室の 10 名に使ってもらい、システムの評価、有用性の検証を行った。アンケート結果を表 2 に示す。なお、アンケートは 5 段階評価で、5 が最良である。

また、同時刻にオシロスコープで測定した脈波と、実際にマイコンでサンプリングし、処理後に再現した脈波の比較を図 9 に示す。

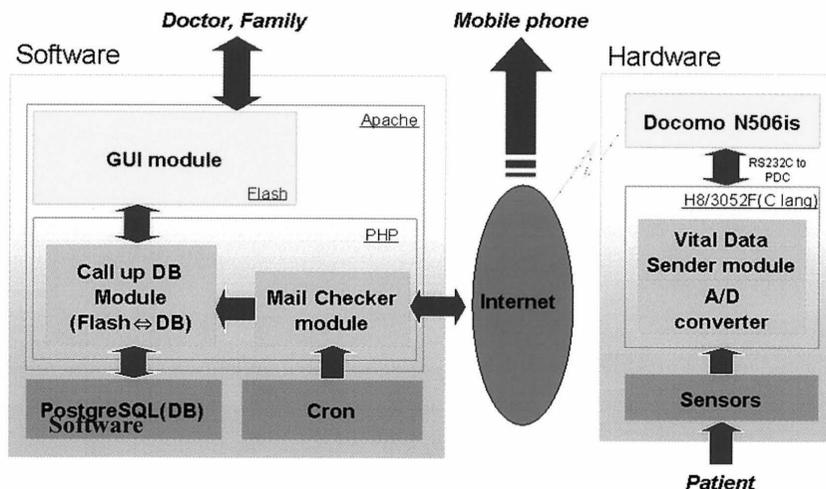


図 8 システムアーキテクチャ

#### 4.2. 考察と今後の課題

携帯電話をマイコンから制御してデータを送信するという方法に関して、身近にある通信機器なので、被測定者が身に着けるものとして抵抗がなく、送信機能として有効ではないかとの評価を得ることができた。ただ、装置の重量が大きいかことや、測定するセンサの種類が少ないことなどが問題点として残った。

また、ウエスト周りを自動的に計測する機器が現状ではあまり実用化されていないということで、ウエストセンサを用いた健康管理は、生活習慣病予防に対して有用性があると思われる。緊急メール送信機能について、関連研究にあるような手動で異常を知らせるシステムとは違い、センサ情報から判断するという仕組みがよく、有効性があるとの評価を受けた。また、履歴閲覧システムの操作性、機能性ともに高評価を受け、健康モニタリングシステムとしての有用性が確認できた。

本システムでは、通信部分を携帯電話としているため、携帯電話キャリアのメール定額制などのプランを適用することで更なるランニングコストの軽減が可能になると思われる。

図9は、オシロスコープでの計測と、マイコンがサンプリングし、再現した脈波の比較である。時系列、出力ボルト共に、ほぼ同等に再現していることがわかる。しかし、現段階では目視での比較しか行っておらず、今後定量的に誤差評価を行わなければならない。また、20msecごとにサンプリングしたデータと比べて、サンプリング定理で算出したサンプリング間隔60msecで取得したデータのほうが、携帯電話を用いたデータ送信パケットが64%圧縮できることがわかった。しかし、20msecでサンプリングした波形よりも再現性が悪い結果となった。これは、個人によって脈拍数や強さが異なるためであり、そのため多くの脈派サンプルデータをFFTし、平均化することで、一般的なサンプリング間隔を算出する必要があると考えられる。

今後のシステムの展望として、装置の小型化、電源部分改良、測定誤差の修正などを行い、生活習慣病予防に活用できるようなセンサを開発していきたい。

閲覧システムでは、今回新たに開発したウエストセンサの日内変動データや脈波を閲覧するモジュールを加え、視覚的改良を行い、それを元にメタボリックシンドロームに特化した診断システムを開発していきたいと考えている。

#### 5. おわりに

本研究では、在宅医療を行っている人々の健康管理や、緊急時対処などの支援ができるようなシステムを開発するため、同様なシステムの特徴および問題点について挙げ、その対策として、ユビキタス健康管理システムを提案し、実装した。

また、評価実験を行うことで、データ送信方法、緊急メール送信機能についての有用性を示した。さらに、履歴閲覧機能の操作性、機能性について高評価を得られた。脈派抽出機能では、マイコンでの脈波再現精度が高いことを示し、周波数特性から、サンプリング間隔の最適値を算出し、データ圧縮を実現した。

今後は、装置の軽量化やセンサの精度向上を行い、ウェアラブル性をもたせることが重要であり、その際の電力消費も考慮しなくてはならない。また、メタボリックシンドロームに特化した診断システムの実装を視野にいたしたシステムの強化を目指していきたい。

表2 アンケート結果

問	機能別項目	質問内容	平均評価
Q1	ハードウェア部分	センサのウェアラブル化について	4.1
Q1		ウエストセンサ、脈派取得の有用性	4.5
Q2		携帯電話を使った送信手段の有効性	4.3
Q3		ハードウェア部分の総合評価	4.2
Q4	ソフトウェア部分	緊急時メール送信機能の有用性	4.6
Q5		VDI Systemの操作性 (GUIの配置、各種設定方法など)	4.5
Q6		VDI Systemの機能性 (登録方法、チャート機能、メッセージ機能など)	4.8
Q7		ソフトウェア部分の総合評価 (健康モニタリングシステムとしての有用性)	5.0

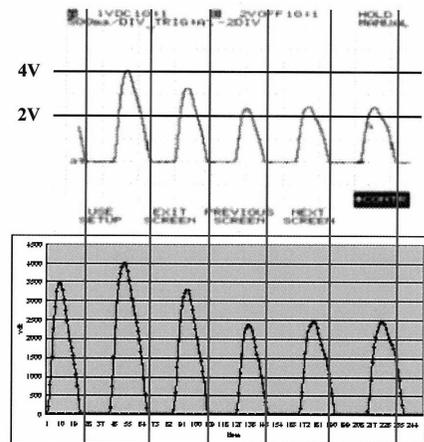


図9 脈波精度評価

#### 文 献

- [1] 竹中陽亮, 井上絢介, 荒井順平, 小山明夫: つながり感と空間共有機能を持つウェアラブルコミュニケーションシステム, 信学技報, Vol.107, No.222, pp.179-184, 2007.
- [2] D. Malan, T. Fulford-Jones, M. Welsh, S. Moulton: "CodeBlue: An Ad Hoc Sensor Network Infrastructure for Emergency Medical Care", Proc. of Wearable and Implantable Body Sensor Networks 2004, 2004.
- [3] T. Fulford-Jones, G. Wei and M. Welsh: "A Portable, Low-Power, Wireless Two-Lead EKG System", Proc. of the 26<sup>th</sup> IEEE EMBS, pp.2141-2144, 2004.
- [4] T. Gao, D. Greenspan, M. Welsh, R. Juang, and A. Alm: "Vital Signs Monitoring and Patient Tracking Over a Wireless Network", Proc. of the 27<sup>th</sup> IEEE EMBS, pp.102-105, 2005.
- [5] W. Chen, D. Wei, X. Zhu, M. Uchida, S. Ding, M. Cohen: "A Mobile Phone-based Wearable Vital Signs Monitoring System", Proc. of Computer and Information Technology 2005, pp.950-955, 2005.
- [6] (株)日立製作所: "身につけるだけで健康管理のできるリストバンド型センサノード"  
[http://www.hird.hitachi.co.jp/crl/interview/hitac2006\\_03.pdf](http://www.hird.hitachi.co.jp/crl/interview/hitac2006_03.pdf)
- [7] 荒井順平, 山崎晃, 小山明夫: "健康モニタリングシステムのための脈拍及びウエストセンサの開発", 情報処理学会東北支部研究会, 資料番号 07-B5-1, 2007.
- [8] (株)NTT Docomo "自動車電話やPDCに関する資料"  
<http://www.nttdocomo.co.jp/corporate/technology/document/pdc/index.html>