

コンピュータと医療福祉

魏大名 (WEI, Daming)

会津大学 コンピュータ理工学部

(dm-wei@u-aizu.ac.jp)

1. はじめに

コンピュータが代表する情報技術の進歩は人類社会を大きく変えようとしている。当然ながら、人類社会の一部としての医療福祉も大きく変わる。

最近には Physiome という言葉は学問として使われるようになった。この単語は恐らく分かる人が少ないだろう。これは新しい言葉である。そもそも physi- というのが生命の意味を持ち、-ome というのが as a whole という意味である。学問としての Physiome は簡単に言えば、生命の組織を計算することである。

一方、十数年前に、telemedicine の話がよく聞こえるようになったが、その後は eHealth がもっと耳にしてきた。つい最近は、mHealth, uHealth などまったく新しい英語も聞こえるようになってきている。ちなみに mHealth の m は mobile の m であって、uHealth の u は ubiquitous の u である。

本文は筆者の研究室における幾つかの研究を例にして、医療福祉におけるコンピュータの役割、またはコンピュータにおける医療福祉への応用を述べる。まずは、生命を計算する例として心臓モデルと心電図のシミュレーションに関する研究を紹介する [1-2]。次に、eHealth の例として、本研究室で開発中のホームケアサービスサポートシステム (福島県知的クラスタ研究) を紹介する [3]。最後に、文部科学省のプロジェクトとして、携帯電話による健康管理の例を示し [4]、これはまさに mHealth であろう。

2. 心臓のコンピュータモデルによる心電図のシミュレーション

心臓は血流を循環させるポンプと知られるが、実はこのポンプをコントロールするのが心臓の電気系統である。皮膚表面の決まった場所で測定された電気信号を心電図と言う。図1は心電図の一例を示す。この心電図の中に高い波形は心臓が正常的に興奮する時の波形である。正常波形と比べて低い波形は異所興奮による心電図であり、不整脈を示す。図の最上段に、2個の正常波形に続き、1個の異所興奮波形が続いて、これを2段脈という。2段脈の下にある心電図は3個の正常波形に続き、1個の異所興奮波形が続いて、3段脈という。続いて、4段脈、5段脈を示す。これらの波形は臨床での典型的な心電図ではあるが、これらの波形は実測した心電図ではなく、心臓モデルを用いて、計算されたものである。このように、心臓のモデルを使って、心電図を計算できるので、不整脈

をはじめ、いろいろな心臓病のメカニズムを確認できる。また、ある電気学的条件で計算した心電図と臨床所見的心電図とを比較することによって、未知的メカニズムも解明できるようになる。

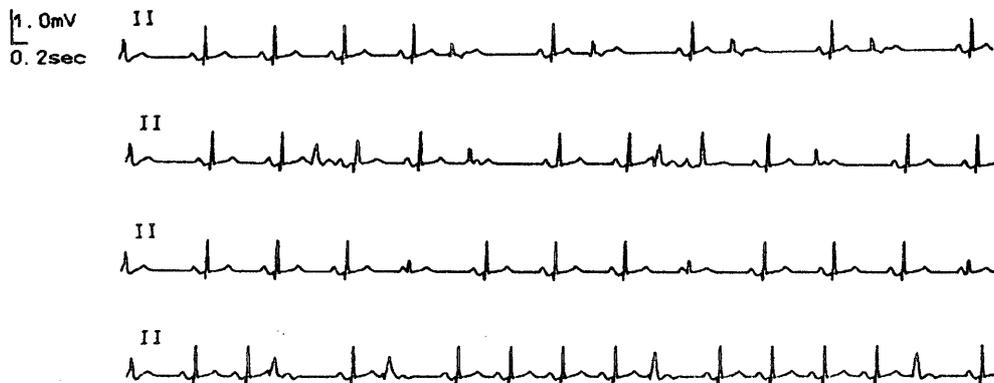


図1 不整脈のシミュレーション

図2は心臓モデリングと心電図シミュレーションの一般的過程を示す。まずは心臓・トルソの形状を画像などによって処理し、ユニット分割によって離散化のためのモデリングを行う。

その中に、特に刺激伝導系の構築、心室筋の方向性を計算モデルが特性に重要である。その後は、心臓モデルに、活動電位をはじめとする電気生理学的特性の取り込み、心臓の興奮伝播過程のシミュレーション、心臓興奮に伴う心臓内の起電力の計算、体表面心臓電位の計算などを行う。最後に、その結果をグラフィックス的に可視化する。

このような工程は、医学、数理学、コンピュータ工学などの総合的知識と経験が必要とされるので、従来は心臓モデルをごく少数な専門家しか利用できない。一方、今までは、心臓電気現象を解明する

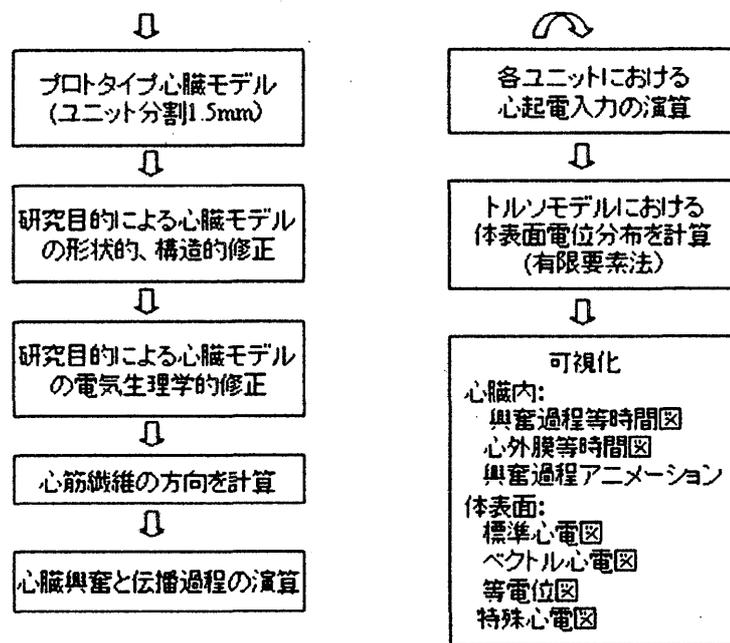


図2 心臓モデリングのフローチャート

ような基礎的研究は動物実験が中心であったが、コンピュータ心臓モデリングの進歩に連れ、基礎研究と医学教育にコンピュータシミュレーションを新しい手法として一般研究者に提供することが可能になっている。これらの考えを踏まえ、我々は汎用的心臓モデルと心電図コンピュータシミュレーションソフトウェアを開発した。これは **Cardiomaster** という名で知られている。現在、幾つかの循環器専門家グループはこれを使い、研究成果を上げている。このシステムはモデル・エディタ、計算とシミュレーション、可視化の3部分からなる。図3は **Cardiomaster** のモデル・エディタ画面を示す。モデル・エディタはGUI環境を提供し、まずは心臓モデルを形状的に、解剖的、そして電気生理的に作成、修正することができる。その後、計算コマンドを選び、心臓の興奮過程、心臓電位を加算する。シミュレーションで得た結果、例えば心臓の興奮過程、体表面心電図の分布などを可視化表示できる。図は心筋梗塞とその周辺虚血ゾ

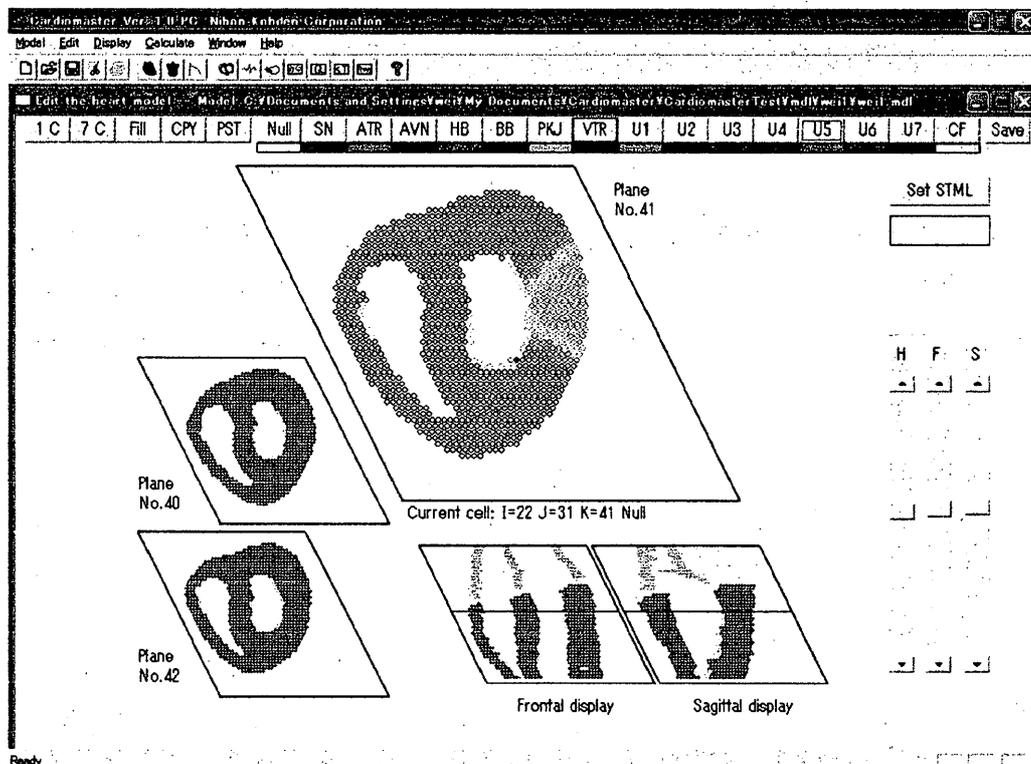


図3 モデル・エディタ (PC版) の画面

ンを設定する様子である。

心臓モデルは未知なメカニズムを解明するために、極めて有用な手段と思われる。従来動物実験による研究手段はますます制限される一方、コンピュータの心臓モデルは簡単に利用できる利点がある。また、動物モデルで *in vivo* 的実験は極めて難しいに対して、コンピュータモデルによる実験は *in vivo* 的であり、その再現性も高い。心臓モデルを利用する研究の一般過程は図4に示す。例え

ば、あるメカニズムを調べるために、まず仮説を立て、モデルとパラメータを設定し、シミュレーションを行う。その結果を臨床又は実験結果と合致するまで仮説の修正し、図に示す過程を繰り返す。シミュレーションと結果と臨床または動物実験結果を合致できれば、心臓内部で起きたイベントがそのメカニズムの可能性を提示する。即ち、コンピュータモデルの設定、または心臓内部の電気生理学的状况をその心内現象を説明する。

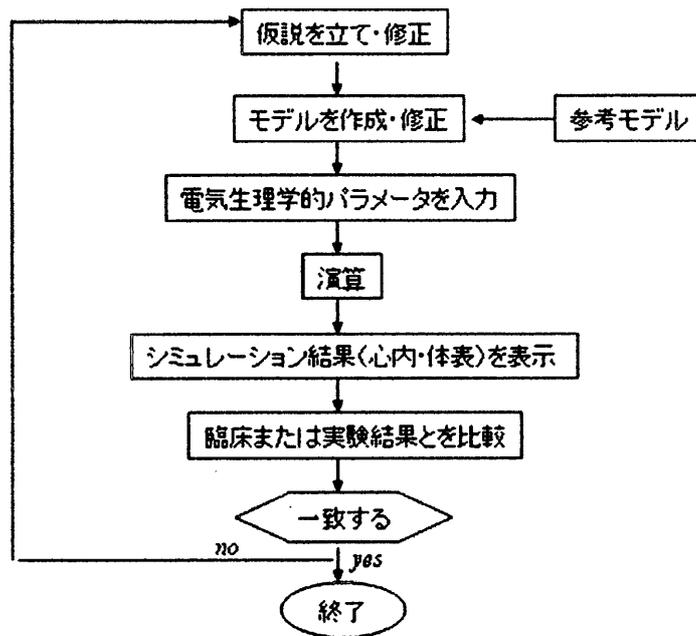


図4 シミュレーションの一般過程

上述の心臓モデルは理論的研究に利用されるが、この研究をさらに発展させ、心臓病の検査と治療に役立つように、カテテルをシミュレーションするバーチャルのシステムの研究に取り込みをしている。これについては別の機会で紹介する。

3. eHealth とホームケアサービス支援

平成12年度により実施されている介護保険法によって、福祉サービス（介護）と医療サービス（看護、リハビリなど）を一体となって総合的に利用できるようになった。この介護保険の中核となるものはホームケアである。

今まで、ホームケアを医用工学・情報技術（IT）の面から支援するために、多数の研究開発が行われている。類別で例を挙げると、車椅子・入浴機械などが代表する移動技術と装置、バイタルサイン・生理機能を感じ取るセンサー技術と装置、ネットワークを利用する在宅モニタリング技術とシステム、インターネット・携帯電話・GPS などを利用する情報システムがある。従来の研究は在宅者が利用するものが多いだが、ここで紹介するホームケアサービスサポートシステム（Homecare Service Support System - HSSS）はホームケアサービスを提供者のためのものである。

このようなシステムが必要とされる背景はまず、ホームケアサービスのモバイル性にある。そのために、業務実施に対する管理、情報のリアルタイム的共

有などが従来の手作業には不可能である。また、ホームケアサービスには、ケアする側、ケアを受ける側、及びケアを指導する側の3者がいるので、遠隔にいる3者間のコミュニケーションがリアルタイム的にできればサービスの質が飛躍的向上されるので、現場から強く要望されている。さらに、ITを利用することによって、従来に提供できないサービスも可能となり、新しいビジネスモデルの創出も期待される。図5はHSSSの構成である。

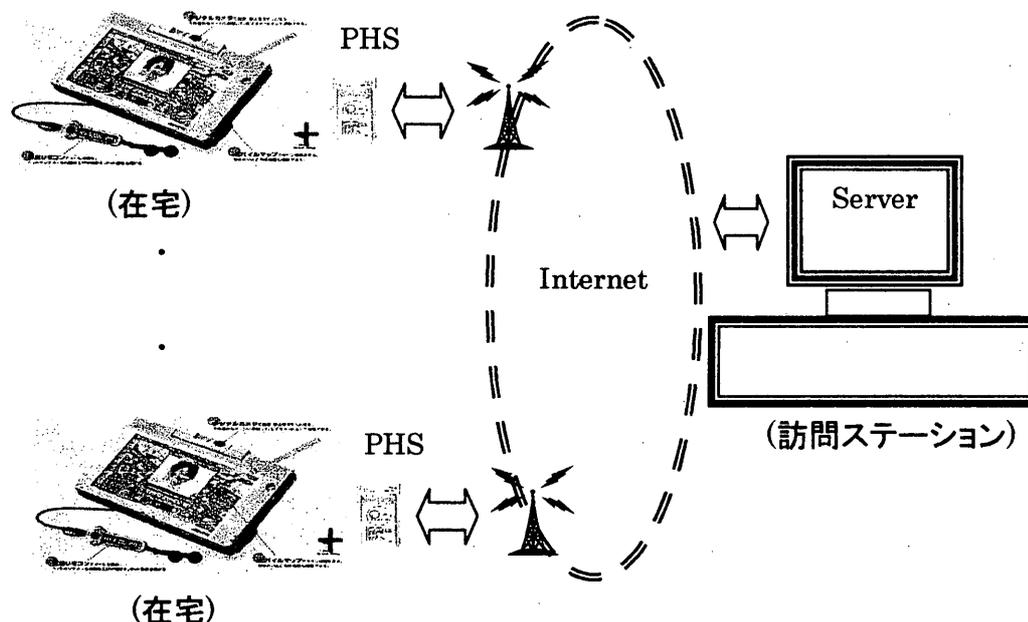


図5 ホームケア支援システムの構成

このシステムの基本コンセプトとしては、まず、ホームケアサービスを管理、指導するステーション側にあるサーバー機に、本システムに開発されたソフトウェアとデータベース常住させ、24時間に対応できるようになる。一方、ケア側に、一人またはチームごとに業務用に適するタブレットコンピュータをモバイルツールとして持たせ、PHSとインターネットを通して、ステーション側と双方向通信をできるようにする。

HSSSは次のような機能がある。

(1) データの共有化と業務の電子化。

ホームケアサービス業務を行う前に、まずケアをする人は新しい顧客であれば、その顧客のデータ、サービスプラン、住所などのデータを確認し、サービスを受けている顧客であれば、顧客の最新状況、前回または最近に受けるサービス内容などを確認する必要がある。従来は、このようなデータをすべて紙メディアとして記録、保存され、サービスセンタへ行かなければ参照できません。

HSSSにはこれらの情報をすべてサーバーに保存され、いつでも、何処でも参照できるようになる。

サービスを行う後に、客のデータの作成、保険料に関するデータなどの入力について、ホーム看護、介護、リハビリなどそれぞれの標準仕様を用意し、サービス現場でも、サービス終了後の車の中でも、随時に作成し、センタのデータベースへ送り、リアルタイムにデータを更新する。ケアする人はコンピュータに馴れていない人が多い現状を踏まえ、ペン入力を中心に考えているが、場合によって音声入力も可能にしている。また、サービス内容以外には、必要に応じて、患者の写真、音声なども記録、転送できるようになっており、本格的マルチメディアである。図6はタブレットPC入力用のサンプルである。

老人看護/訪問看護 記録書

患者氏名	芳川 直子 様									
訪問年月日	2023	年	12	月	15	日	かいし	時	10	分
時間	おわり		時	分						
状況	血圧上	血圧下	体温	℃	脈拍	/分				
観察項目										
実施内容	<input type="checkbox"/> 清拭	<input type="checkbox"/> 口腔ケア	<input type="checkbox"/> 数値	<input type="checkbox"/> 洗髪	<input type="checkbox"/> 手浴	<input type="checkbox"/> 入浴介護	<input type="checkbox"/> 陰部浴	<input type="checkbox"/> 耳掃除	<input type="checkbox"/> 鼻掃除	<input type="checkbox"/> 爪切り
	<input type="checkbox"/> シーツ交換	<input type="checkbox"/> 寝衣交換	<input type="checkbox"/> 胃腹処置部	<input type="checkbox"/> 洗眼	<input type="checkbox"/> 排便	<input type="checkbox"/> 吸引フォーレ交換	<input type="checkbox"/> 経鼻	<input type="checkbox"/> 胃管チューブ交換	<input type="checkbox"/> 褥瘡処理	<input type="checkbox"/> 褥瘡座位
	<input type="checkbox"/> 足浴	<input type="checkbox"/> 髌刺	<input type="checkbox"/> 膀胱洗浄							
	<input type="checkbox"/> 起立歩行	<input type="checkbox"/> 移動介護	<input type="checkbox"/> 散歩	<input type="checkbox"/> 自動	<input type="checkbox"/> 他動					
介護状況										
備考										
<input type="button" value="戻る"/> <input type="button" value="印刷"/> <input type="button" value="計画書"/> <input type="button" value="前回"/> <input type="button" value="体温グラフ"/> <input type="button" value="血圧グラフ"/> <input type="button" value="メインページ"/> <input type="button" value="音声録音"/>										

(2) 訪問サービスのための teleconference 機能。

サービス中に、センタにいる専門家の指示を受けられるのが現場の人間の強い要望である。そのため、HSSSには多数の人に同時にコミュニケーションできる teleconference 機能を開発され、サービス向上のための重要な機能である。本システムは現在 PHS 通信能力の範囲内（最大128K）で、静止画などを利用しながら、リアルタイムの音声通信を行える。図7はステーション側と在宅側が同じ電子黒板を利用しなら、ステーションから在宅へ指示を下し、または在宅側からステーションからの指示によって、写真などのデータを送り、遠隔的診断またはインストラクションをできようになっている。図7では、赤いペンとブルーのペンはそれぞれステーション側と在宅が持ち、お互い同じ画像をシ

エアしながら、コミュニケーションを行う。

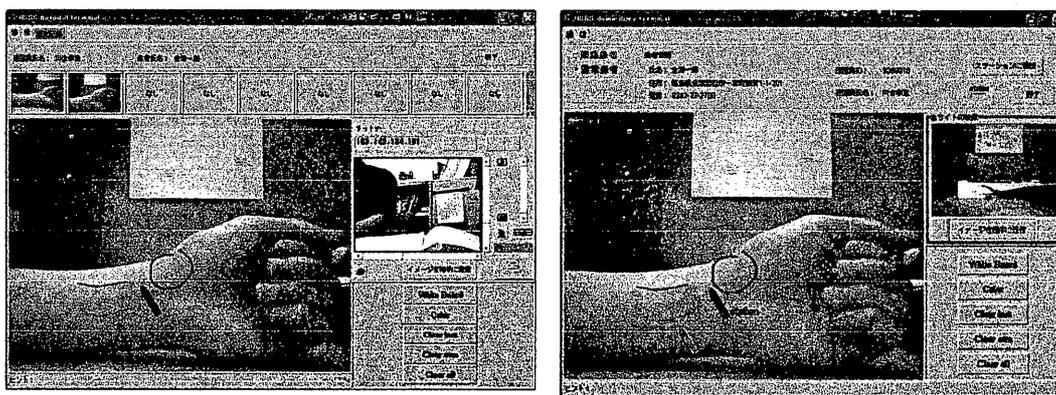


図7 ステーション側と在宅側電子黒板を通して通信行う様子

(3) テレモニタ機能。

ホーム看護には、重病患者的場合は多い。患者のバイタルサインを見ながら、センタにいる専門家が指示を出し、在宅ケアをする人がそれを受け、看護措置をとるのがもっとも理想的である。そのため、HSSSには遠隔診断のために心電図を中心とするバイタルサインを遠隔でモニタ機能を開発されている。

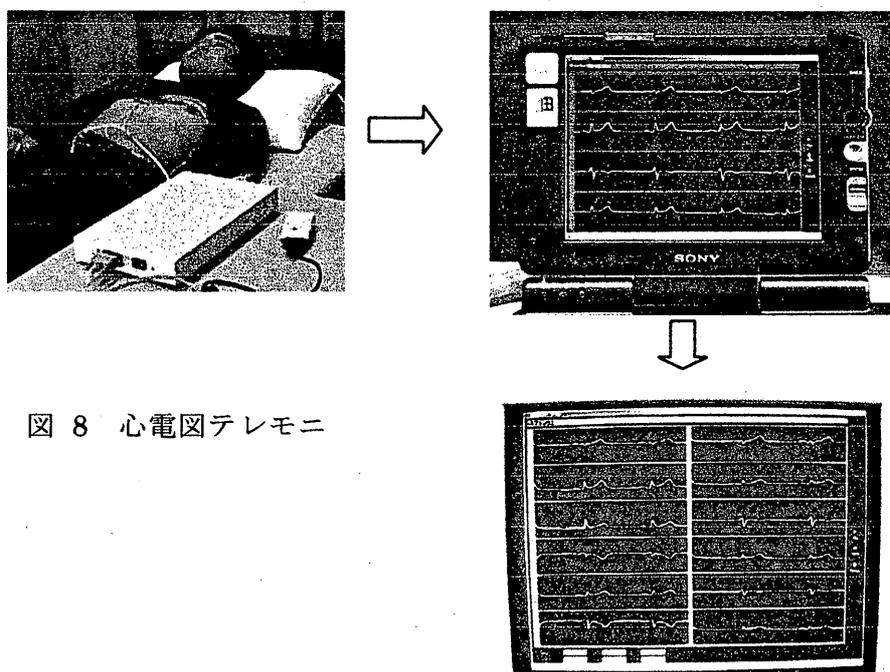


図8 心電図テレモニ

図8は4誘導の心電図を収録し、無線（BlueTooth規格）でモバイルPCへ転送する。さらに、PCからモバイルインターネットを通して、ステーション側へ

送る。ステーション側で、独自の技術によって4誘導心電図を12誘導心電図を導出し、リアルタイムで12誘導心電図をモニタリングできるようになっている。この技術によって、従来不整脈の他、虚血性急性心筋梗塞もモニタリングできるようになる。

医療福祉の応用に置いて特に重要とされるのがセキュリティである。以上に述べるデータ共有化はHTTPSを、またテレモニタにIPsecを導入するによって、安全な通信機能を確保している。

4. mHealth と携帯電話の応用

医療福祉の原点は健康増進と病気の予防にある。また、発作時に検出、診断、処置を行えるにも大事である。そこで、いつでも何処でも健康管理できるモバイルヘルスほしいものである。一方、日本中に8000万台もある携帯電話の機能は日々進歩する。第3代の携帯電話は既にテレビのような動画画像を転送できるようになる。携帯電話のコンテンツは既に巨大産業になりつつある。このような中に、健康と携帯の接点となるのもmHealthである。

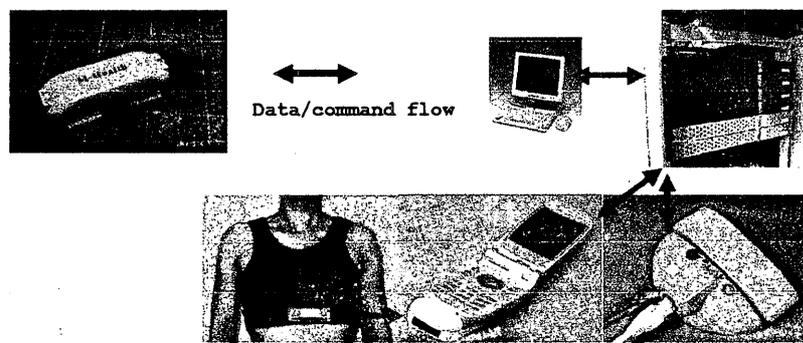


図9 携帯電話健康管理システム

我々はいち早くこの傾向を捕らえ、携帯電話による健康管理ネットワークを文部科学省へ提案し、研究プロジェクトの応募に成功した。図9はこのシステムの概念と開発中のモデルを示す。mHealthの理念を一番反映するのが着用型の生体センサーである。図の下部は常時計測型センサーで、Bluetoothユニットを組み込み、携帯電話との間にまったく無線であり、無拘束無意識的に測定と転送を行える。上部のセンサーは非常時計測であり、ベルトにかけるように設計されている。発作、または必要時だけに測定と転送を行う。

応用の例として、現在転倒防止システムを開発している。米国の統計によると、老人ホームの入居者の中、約50%の人は転倒を経験する。なかに、40%の人は2回以上転倒する。日本でも転倒は老人の死亡の直接原因の一つである。我々は転倒防止に、

歩くパターンを注目し、3軸加速度センサーを用い、独自アルゴリズムにより判定した「すり足度」(仮称)を出力し、「すり足歩行モニタ」を開発している。

もう一つの例として、携帯電話を利用する「イベント心電計」を開発した。自覚症状があつたら、触るだけで、心電図の収集が開始出来るようになっている。また、取り込まれた心電図は、データセンターに送られ、心電図解析(PVC 検出)を行い、その結果をユーザーに送り返し、致死性不整脈の予防に役立つ。

5. おわりに

本文は、心臓モデル、ホームケアサービス支援、携帯電話による健康管理システムを例として、コンピュータと医療福祉について説明を行った。最近の学界では、コンピュータと医療福祉に関する研究は **medical IT** と読んでいる。本文を通して、この **medical IT** の普及に役立てば幸いと思う。

感謝

本文に紹介する研究の一部は文部科学省大学発ベンチャー事業、福島県知的クラスター事業によるものである。

参考文献

- [1] 魏大名：“ユニット分割モデル”、岡本良夫編集“心臓のフィジオーム-電気生理現象のシミュレーション：分子から臓器まで”、p230-251、森北出版、2003年
- [2] D. Wei: “Whole-heart modeling: progress, principles and applications.” *Prog Biophys Mol Biol* 67:17-66, 1997.
- [3] Wei D., A homecare service support system using the mobile internet and Java technology, *Journal of Shanghai University (English Edition)*, Vol.5, Suppl., pp 177-180, Sept. 2001.
- [4] <http://www.univenture20.org>