

家庭用インテリジェントサーバーを用いた 遠隔体調管理システムの開発(第1報)

無拘束生体計測技術の研究

大賀 誠, 内田康弘^{*1}, 倉本丈久^{*2}, 小池 明, 追坂則弘^{*1}

Development of Remoteness Health Condition Management System Using the Intelligent Home Server I

Study of Non-conscious Medical Information Monitoring

OHGA Makoto, UCHIDA Yasuhiro, KURAMOTO Takehisa, KOIKE Akira and OISAKA Norihiro

In order to accumulate the medical information to the intelligent home server, this paper proposes a technique how to measure electrocardiogram (ECG) and pulse wave from a toilet seat. Devising position and shape of the electrode on the toilet seat, it is possible to acquire the ECG undulate whose quality is equal to that of usual ECG measurement. And it is shown that the pulse wave on the thighs can be measured by using infrared light LED and photodiode. In addition, this paper shows the interface board for connecting the measuring device of toilet seat with the network, and describes the system that can transfer the undulation of measuring ECG and pulse wave to the intelligent home server.

家庭用インターネットサーバーに生体情報を蓄積するため、トイレ便座から心電図波形と脈波波形を測定する手法を提案する。心電図波形計測においては、電極の位置や形状を工夫することにより、通常の測定法と同様の波形を測定することを可能とした。また赤外光 LED とフォトダイオードを用いることで、大腿部から脈波信号を測定することが可能となった。加えてトイレ便座の測定装置をネットワークに接続するためのインターフェイスボードを作製し、測定した心電図、脈波波形をサーバーに転送するシステムを構築した。

キーワード：インテリジェントサーバー、トイレ便座、心電図、脈波、ネットワークインターフェイス

1. 緒 言

財団法人長寿社会開発センター平成12年度版老人保健福祉マップによると、広島県における高齢化率(65歳以上)の平成10年度から平成11年度での伸び率は0.5%で、これは全国平均と同じ数値である。しかし島しょ部や山間部における数値は1~3%と、都市部と比較して大きな値となっている¹⁾。これは過疎化が進む地域での高齢化が深刻であり、高齢者が若い世代と離れて暮らしている状況が推測できる。そのため高齢者のみの生活で、特に健康上の不具合が発生したときに、対応が遅れることが懸念される。

このような背景から我々は、高齢者の生体情報を無拘束で計測し、家庭に設置した小型コンピュータサーバー(家庭用インテリジェントサーバー)にデータを蓄積することにより、外部からインターネットを介してパソコン

や携帯電話に情報を取り出すシステムのプロトタイプを開発し報告を行ってきた^{2)~6)}。このプロトタイプでは、トイレ便座に配置した生体電極から心拍数を測定し、サーバーに蓄積してきたが、心拍数だけでは被測定者の体調を判断するには情報不足である。

そこで本研究では、トイレ便座から心電図波形を測定する手法を示す。また心拍に伴う血液の流れによって発生する脈動現象である脈波⁷⁾の測定を、トイレ便座上で行う手法について述べる。さらにトイレにおける計測装置からネットワークへの効率の良いデータ転送を可能とするネットワークインターフェイスボードの試作を行ったので報告する。

2. トイレ便座からの心電図測定

トイレはほとんどの人が日常的に使用する場所であるため、生体信号を測定するには非常に適している。トイレを用いる無拘束生体計測の先行研究として、便器に取り付けた高精度体重計測システムから心拍動に同期した信号が得られることを示したもの⁸⁾などがあるが、今回は便座に配置した電極から心電図が導出できることを示

平成14年度中小企業技術開発産学官連携促進事業

2003.5.30 受理 情報技術部

*1 (有)追坂電子機器

*2 広島県産業科学技術研究所

した先行研究手法⁹⁾を採用し、心電図測定を試みる。

写真1に実験に使用した便座を示す。2つの電極を両足の体重が最もかかる位置に設置し、さらに GND 電極(グランド電極)として被覆を取り除いた銅線を臀部が接触する部位に配置する。2つの電極はサイズ 85mm×35mm×1mm の銀板で作製した。銀板を用いることにより、被測定者の体重で電極の形状が変化することなく、フラットな電極表面を保つことができる。そのため皮膚との密着性が十分確保でき、皮膚電極間の電気的なインピーダンスを安定にすることができる。よって、心電図測定時のノイズや基線の変動を最小限に抑えることが可能となる。

図1に心電図測定回路のブロック図を示す。アンプは2段で構成され、初段には基線変動を制御するための回路を付加している。アンプのゲインは約 70000 倍で、増幅された信号は積分回路を経て心電図波形として出力される。上記電極および回路を使用して測定した心電図波形を**図2**に示す。図中(a)は積分回路入力前の測定生波形、(b)は積分回路(一次遅れ系:時定数 0.012[S])の出力波形である。積分回路出力波形より、一般的な心電図誘導法で得ることができる心電図曲線の内、QRST 波を確認することができる。しかし P 波に関しては、それ自身の振幅があまり大きくないこともあり、今回は確認することができなかった。今後、P 波を正確に測定することが可能となるように、例えば電極の位置や素材、信号処理手法などの検討が必要である。

3. トイレ便座からの脈波測定

脈波とは広義には心拍に伴う物理的な脈動現象を示す言葉で、血流波、血管の体積変化(直径変化)の情報を含んでいる。そのため電気信号である心電図とは対照的に、物理的な変化量であるため、たとえば血管の硬さなどにより伝播速度が影響される。よって心電図、脈波を同時に測定することができれば、心電図と脈波の伝播時間の違いを考察することにより、血管の性能評価指標を示すことが可能と考えられる。今回の報告では赤外光 LED を用いた脈波測定手法を検討し、まず指先での脈波(指尖脈波)測定装置を作製したのち、その装置を用いて便座が接触する大腿部での脈波測定実験について述べる。

写真2に試作した脈波測定回路を示す。フォトダイオードの回りに赤外光 LED を放射上に配置した。使用した赤外光 LED は、血液内に存在するヘモグロビンが最も吸収しやすい波長である 700nm 近辺とするため、波長 735nm の物を使用した。また、より皮膚の深い部分に光が到達するように、指向性の鋭いタイプを用いている。

フォトダイオードは赤外光 LED の波長とほぼ同じ波長(760nm)に最大感度があるものを使用した。指尖脈波の測定は**写真3**のように、LED、フォトダイオードの上に指先を密着することによって行う。測定例を**図3**に示す。心拍動と同期した脈波波形が観測可能である。

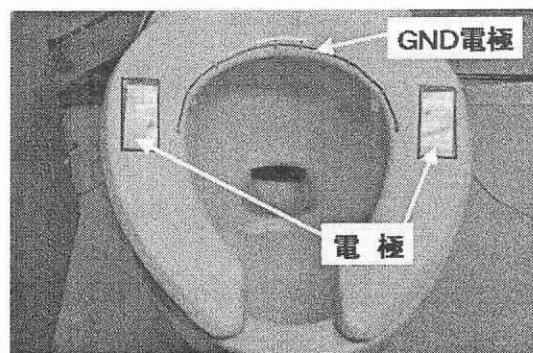


写真1 実験用便座

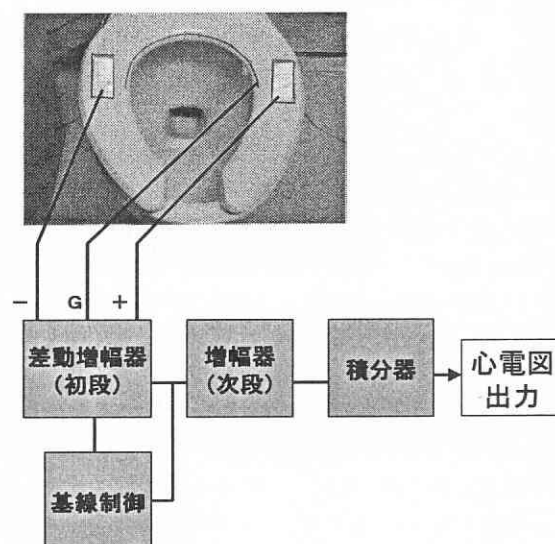


図1 心電図測定回路ブロック図

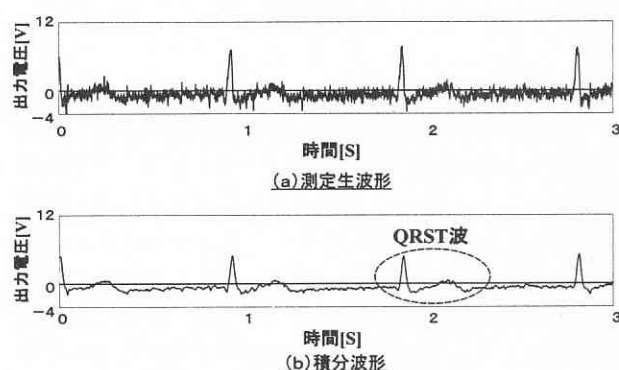


図2 測定した心電図波形

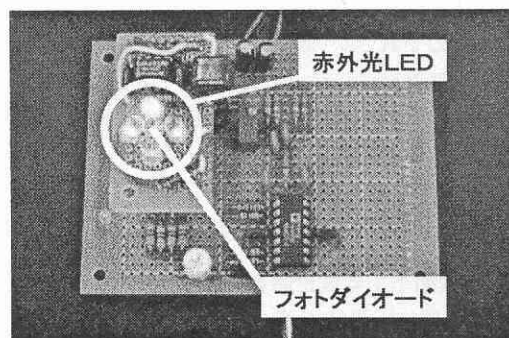


写真2 脈波測定回路

本研究においては、無拘束生体計測を実現することを目標としているため、自ら指先をフォトダイオードの上へ押し付ける必要がある指尖脈波では不十分であると考え。そこで心電図同様にトイレ便座上での測定を可能とするために、大腿部での脈波の測定可能性について検証を行った。将来的にはトイレ便座で心電図と脈波を同時に測定し、両波の時間差をリアルタイムで計測して評価するシステムへの予備実験である。

写真4に大腿部からの脈波測定の実験風景を示す。指尖脈波測定時に使用した回路を使用し、直接回路を手で持って図のように押し付けて実験を行った。また測定位置はLEDを押し付ける位置を何度か変更しながら、脈波信号が測定できる位置を見い出した。図4に実際に測定できた脈波波形の一例を示す。指尖脈波測定の時と同様に心拍に同期した信号が確認できるが、信号にノイズが多いなど問題も多い。その理由としては、指先に比べて大腿部は皮膚に近い部分に血管が少ないこと、また脂肪の層が存在していることなどにより、得られる信号強度が低いことなどが挙げられる。そこで、フォトダイオードを密着させる位置を特定すること、さらにノイズを低減するための信号処理手法を確立することを今後トイレ便座に導入する際には検討する。

4. ネットワークインターフェイス

無拘束生体計測で測定されたデータは、ネットワークを介して家庭用インテリジェントサーバーに蓄積する必要がある。そのためには、データをネットワーク上に転送するインターフェイス技術の確立が重要となる。今年度はそのためのハードウェアとして、ネットワークインターフェイスボード(OISAKA-H8-NIC、以下H8-NIC)を開発した。このボードにより、生体計測用のセンサ回路からのアナログ、デジタルの信号をEthernet上に転送することが可能となる。

このボードはCPUに日立の16bitマイコンであるH8/3069Fを、またネットワークコントローラとしてRTL8019を実装しており、インターネット上での一般的なプロトコルであるTCP/IPに対応している。信号入力としては、外部リファレンス可能な10bit分解能A/D変換入力が8チャンネル、汎用デジタル入出力が40チャンネル接続可能である。

5. 計測とデータ転送

写真5に試作したH8-NICを用いて構成したトイレ便座における計測装置である、生体情報収集システムを示す。このシステムは心電図、脈波を測定し、A/D変換した波形をサーバーへ転送するシステムである。H8-NIC上にはデータボードとして、時間を管理するためのカレンダー回路とA/D変換回路へのインターフェイスを接続する。H8-NIC上にA/D変換回路を実装していることは述べたが、今回の実験では、より詳細な生体信号の測定を

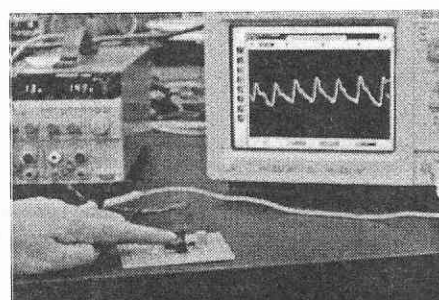


写真3 指尖脈波の測定

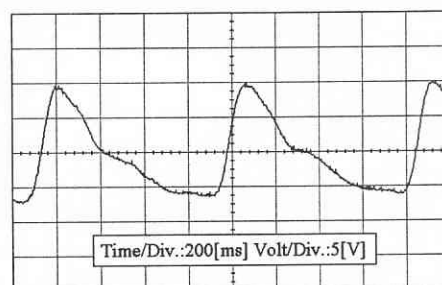


図3 指尖脈波出力例

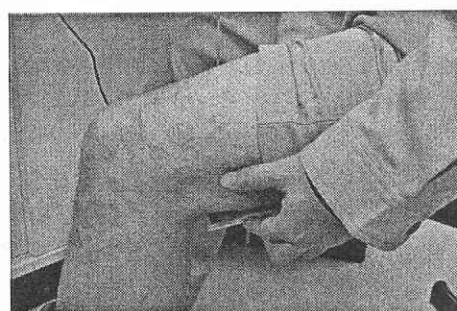


写真4 大腿部脈波測定風景

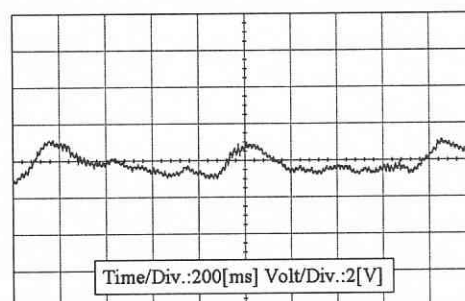


図4 大腿部からの測定脈波波形

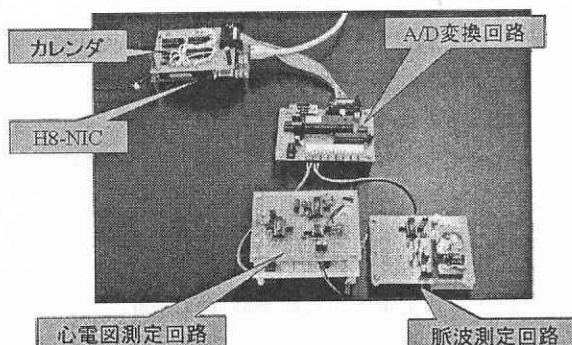


写真5 生体情報収集システム

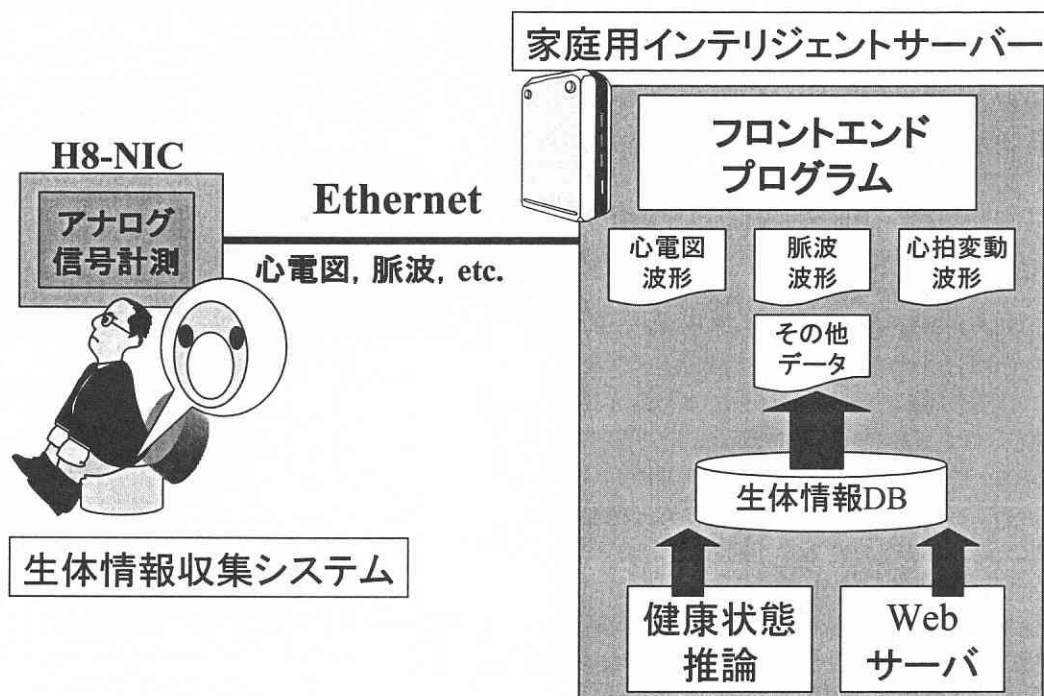


図5 ネットワーク構成

可能とするため、12bit 分解能の A/D 変換回路基板を用いることとした。この基板上では 8bit マイクロプロセッサである PIC16F877 を用いて H8-NIC とのインターフェイスを確立するとともに、生体情報計測をサンプリング周波数 100Hz で実施するためのタイミングを生成している。

A/D 変換回路基板には、心電図測定回路、脈波測定回路を接続することにより、心電図、脈波を同じタイミングで計測可能な環境を実現している。

図5に H8-NIC とインテリジェントサーバーを含むネットワーク構成を示す。アナログ計測された生体情報は、計測のサンプリング周期ごとにパケット化され、UDP プロトコルを用いてインテリジェントサーバーへ転送される。インテリジェントサーバーでは、フロントエンドプログラムと呼ばれるプログラムが常時動作しており、転送されてくるパケットを判断し、そこから心電図データ、脈波データなどを抽出してそれぞれのファイルを作製する。サーバー上においては、データファイルは生体情報データベースとして管理され、Web サーバーなどを用いてインターネットへのサービスへ利用される。

6. 結 言

- 1) トイレ便座に配置した電極を用いて、心電図波形を測定する手法を確立した。電極形状や位置、信号処理手法を検討することにより、通常の四肢誘導で得られる心電図と同等の波形を得ることができた。
- 2) 赤外光 LED とフォトダイオードを使用して、指尖脈波を測定する手法を確立した。この手法を応用することにより、大腿部からの脈波測定に関して予備実験を実施したところ、脈波が測定可能な位置が存在することを確認し、大腿部からの脈波測定の可能性

を示すことができた。

- 3) トイレ便座における生体情報収集システムとネットワークとを効率良く接続する、ネットワークインターフェイスボード H8-NIC を試作し、UDP プロトコルによるサーバとのデータ通信を実現した。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、ご指導いただきました広島大学大学院工学研究科辻敏夫教授、産業技術総合研究所人間福祉医工学研究部門永田可彦氏に深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) <http://www.nenrin.or.jp/>
- 2) 金子真ほか 3 名：計測自動制御学会 SI2001 講演論文集,101-102(2001).
- 3) Yang Boo-Ho ほか 5 名：計測自動制御学会 SI2001 講演論文集,103(2001).
- 4) 内田康弘ほか 3 名：計測自動制御学会 SI2001 講演論文集,104-105(2001).
- 5) 大賀誠ほか 2 名：計測自動制御学会 SI2001 講演論文集,106-107(2001).
- 6) 大賀誠ほか 3 名：広島県立東部工業技術センター研究報告,15,17-20(2002).
- 7) 小澤利夫ほか 1 名：脈波速度, メディカルビュー, 2002, p.12-16.
- 8) 黒田真朗ほか 4 名：電子情報通信学会技術研究報告, MBE96-4,23-8(1996).
- 9) 戸川達男：計測と制御,40-5,337-342(2001).