

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3報)

無拘束生体計測による血圧変動推定

大賀 誠, 内田康弘*¹, 古本浩章, 小池 明, 追坂則弘*¹

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

Estimation of the Blood Pressure Variation for Using Non-conscious Measuring

OHGA Makoto, UCHIDA Yasuhiro, FURUMOTO Hiroaki, KOIKE Akira and OISAKA Norihiro

This paper proposes a technique how to measure electrocardiogram (ECG) and pulse wave at the same time by sitting on the toilet seat. By including electrodes for measuring the ECG and infrared LED and photodiode for measuring the pulse wave in toilet seat, the simultaneous measurement from thighs became possible. For measuring these two signals in the equal time base, it becomes possible to calculate the pulse transmission time (PTT), the application to the evaluation for the circulatory system disease can be expected. As one application, it is confirmed that there is the negative correlation between PTT and blood pressure value as a result of examining the technique which estimates the variation of the blood pressure value.

着座するだけで心電図・脈波が同時に計測可能なトイレ便座を開発した。心電図測定用の電極と脈波測定用の赤外LED、フォトダイオードを組み込むことにより、大腿部から同時測定することを可能とした。2つの信号を同じ時間軸で計測できることで、脈波伝播時間(PTT:Pulse Transmission Time)を求めることが可能となり、循環器系疾患評価への応用が期待できる。その評価への応用例として血圧変動推定手法を検討し、PTTと血圧値間に存在する負の相関関係を確認した。

キーワード：無拘束生体計測, トイレ便座, 心電図, 脈波, 脈波伝播時間, 血圧変動推定

1. 緒 言

ライフスタイルの変化やストレスの増大などによる生活習慣病の増加は、大きな社会問題のひとつである。代表的な生活習慣病である高血圧、高脂血症、糖尿病、肥満の患者及び高齢者の患者において日常診療で注意すべき点は、これらの患者が脳梗塞、虚血性心疾患などをはじめとする血管合併症を高率に発生することである。そのために日常の診療において、いかに血管の状態を把握するかが大変重要となる。最近では血管造影などによって血管の状態を診断することが可能となったが、時間や費用を考えると習慣的に測定を行うことは難しいのが現状である。

近年、簡便なことから注目されている血圧状態の検査法としてPWV(Pulse Wave Velocity:脈波伝播速度)検査がある。これは心臓から押し出された血液により生じた拍動(脈波)が、血管を通じて手や足に届くまでの速度

平成15年度中小企業技術開発産学官連携促進事業

2003.5.31 受理 情報技術部

*1 追坂電子機器

で検査し、大動脈のPWVは心臓血管系疾患の危険性に対して優れた予知指標となると報告されている^{1)~5)}。

著者らは高齢者を対象とした無拘束生体信号計測としてトイレ便座を用いた心電図測定手法の開発を行ってきた。加えて赤外LEDを用いる脈波測定手法の検討を行ったが、センサを便座上に配置できなかったために、無拘束状態で両波形を同時に計測することができない状況であった。心電図と脈波が同時に計測可能となれば、2つの波形間に生じる時間差PTT(Pulse Transmission Time:脈波伝播時間)が計測可能となるため、PWV同様に循環器系の評価の応用が可能となる。

本研究では、トイレ便座から心電図波形と脈波を同時に測定する手法を開発した。これにより便座に着座するだけで無拘束な状態においてPTTが測定可能となるため、循環器系の情報が容易に入手可能となる。本報告ではその一例として、得られたPTTから血圧値の変動を推定する手法を報告する。

2. 心電図・脈波同時計測

前回の報告⁶⁾において、トイレ便座からの心電図測定

手法を開発し、一般的な心電図測定手法である四肢誘導と同等程度の心電図波形が測定可能なことを示した。また、拍動による血管の物理的な変化量である脈波の測定を、指先で測定可能な回路を作製し、その回路を用いることで、便座に接触する大腿部において同様に脈波が測定可能であることを示す予備実験を実施した。本報告ではこの結果を受け、心電図と脈波が同時に測定可能なトイレ便座の試作を行った。

図1に試作した便座の概観を示す。便座上には心電図測定用の電極及び脈波測定用の回路を配置した。H14年度に作製した処理回路を接続し、心電図、脈波ともアナログの出力波形を測定可能とした。心電図用電極と脈波センサであるフォトダイオード、赤外LEDは、着座時に皮膚と十分に密着性を確保できるような位置調整を行った。位置調整に用いたトイレ便座上の体圧分布の様子とセンサの位置を図2に示す。このように体圧が高い位置へセンサを配置することにより、安定した信号測定が可能となった。

試作したトイレ便座に着座して、心電図及び脈波の測定実験を行った。測定結果を図3に示す。上側の波形は心電図、下側は脈波である。心電図はH14年同様に四肢誘導心電図に類似した波形を得た。また脈波は指先から測定した波形（指尖脈波）と同等の波形であった。これにより、心臓に関する生体電気信号の心電図と血管の物理的な変位である脈波が、無拘束で同時（同じ時間軸）に測定可能となった。

3. 測定結果からの推定実験

3.1 PTTの測定

トイレ便座から無拘束で心電図、脈波を測定し、血圧変動を推定する手法を報告する。心電図は心臓の筋肉(心筋)が発する電気信号であり、また脈波は測定地点での血流による血管の変動を測定する物理量である。よって電気信号と血液の伝達スピードの違いによる時間差が生じ、これは主に血管の状態(柔軟性など)に左右される値となる。この時間差のことを一般的には脈波伝播時間(PTT)と呼ぶ。なおPTTは心電図と脈波を同時に計測することで求めることができ、試作便座で測定した結果を図4に示す。心電図中の最も大きい波形部分であるR波と脈波の立ち上がり部分との時間差をPTTとした。

日常生活の中で最も一般的な循環器系の指標は血圧値である。血圧値とPTTの間には負の相関があると言われており、PTTを日常的に測定することにより、相対的な血圧値の変動を監視可能と考えられる⁷⁾。

3.2 血圧値変動推定実験の方法

試作したトイレ便座を使用し、血圧値の変化に対応したPTTの変動についての実験を行った。実験の流れを図5に示す。血圧値は血管内を流れる血流量と血管抵抗(柔軟性)に影響を受ける値である。よって短期間で見れば血管抵抗は大きく変化しにくいので、血流量を変化させ

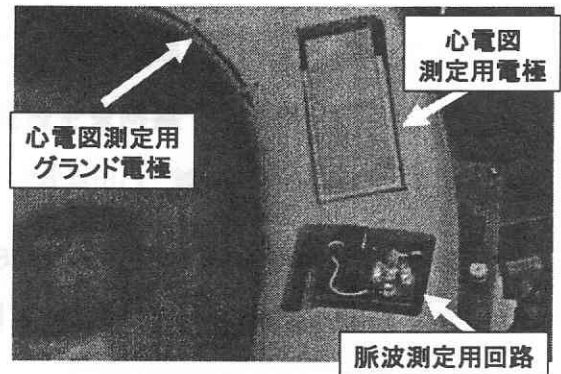


図1 試作便座の概観

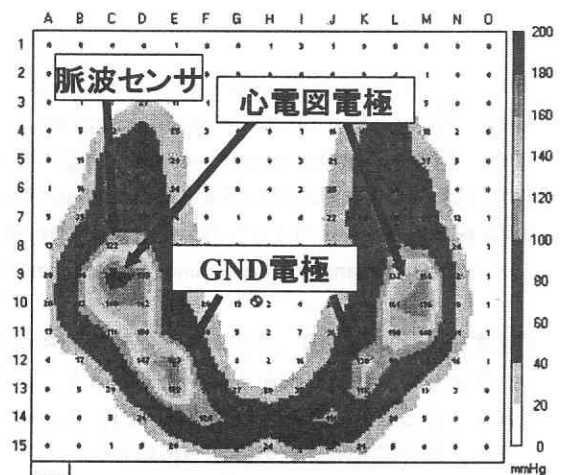


図2 便座上の体圧分布と決定したセンサ位置

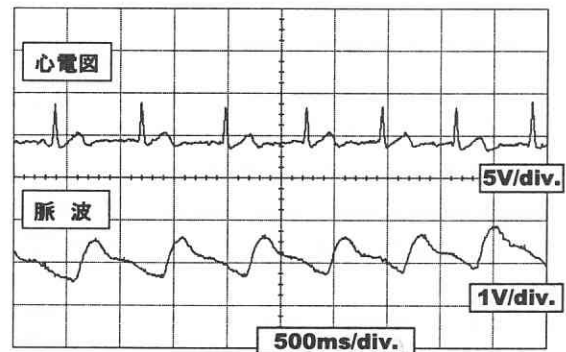


図3 心電図・脈波測定結果

れば血圧値が変動するはずである。そこで、トイレ便座に着座して安静時に血圧値、PTTを測定した後、その状態で上半身を使った運動を行って、強制的に血流量を増加させることで血圧値を上昇させ、PTTの変動を観測した。具体的には安静時のPTTを測定した後、着座した状態で1kgのダンベルを使用して右ひじの屈曲、伸展を5分間続けて実施した。運動終了後、血圧値とPTTを同様に測定し、安静時の値との比較を行った。なお血圧値の測

定にはベッドサイドモニターを使用した。

3.3 実験結果

図6に実験結果を示す。左図は運動前の心電図と脈波波形、右図は運動後の波形を示す。双方ともR波のピークを図の中心位置に置き、その次に表れる脈波の立ち上がり位置までの経過時間を測定してPTTの値としている。運動前後の血圧値を比較してみると、運動前は最高127・最低86、運動後は最高149・最低86でダンベル運動による血圧値の上昇が確認できる。また、心電図と脈波波形からPTTの値を測定すると、運動前は200msであった値が運動後は150msと短くなっている。このことから、ダンベル運動によって上昇した血圧値と測定したPTTの値には負の相関があることが確認できる。

今回の実験においては、急激な運動を実施することで血圧を上昇させ、PTTの値変化を観測した。しかし、このシステムを日常生活に導入した場合を想定すると、今回のような短い間隔で、しかも急激な運動を挟んで測定を実施するという事は考えられない。実際の運用においては、特に測定を意識することなくトイレを使用でき、長期的にPTTの計測を継続的にこなすことが重要である。そしてPTTの値変化を観測することで、相対的な血圧値の変動が推定可能となる。

4. 結 言

- 1) トイレ便座に電極及び赤外LED、フォトダイオードを配置し、心電図と脈波が同時に、かつ無拘束で計測可能なシステムを作製した。電極形状や位置、信号処理手法を検討することにより、心電図は通常の四肢誘導で得られる心電図と同等の波形を、また脈波は指尖脈波と同等の波形を得ることができた。
- 2) 作製した計測システムを用いることで、心電図と脈波間に生じる時間差であるPTT（脈波伝播時間）が無拘束で計測可能となった。
- 3) 血圧値とPTTの間の相関関係を確認するため、ダン

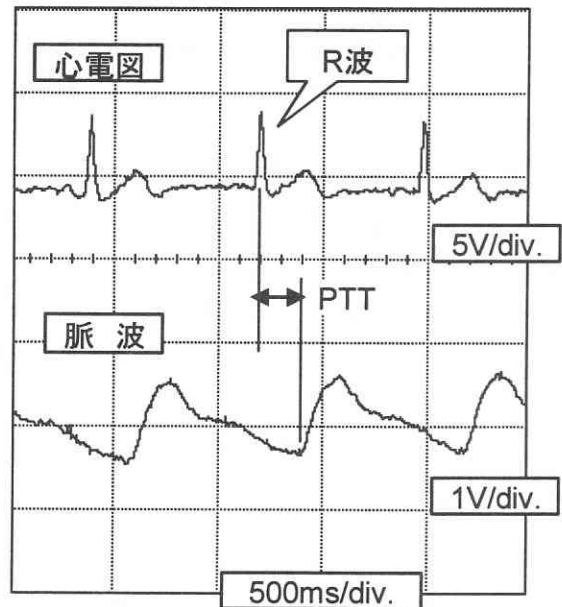


図4 脈波伝播時間 (PTT)

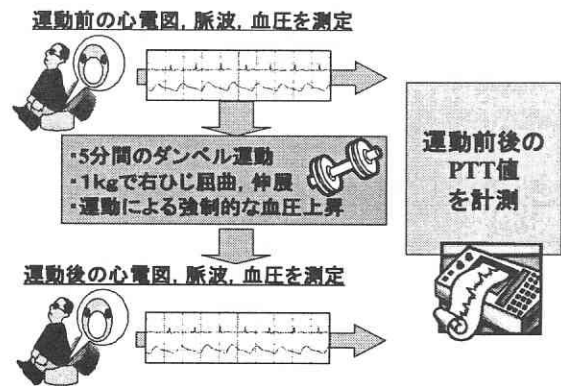


図5 血圧変動推定実験の流れ

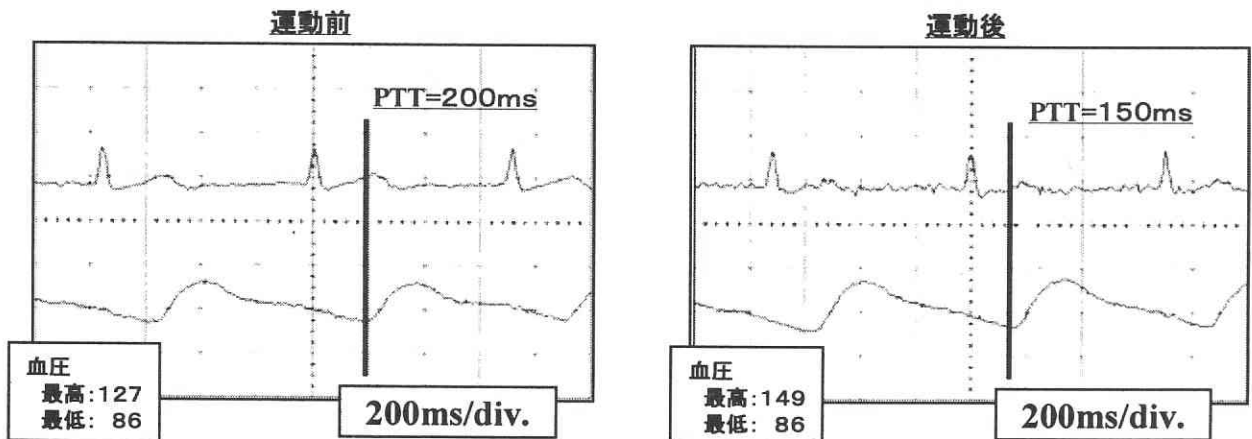


図6 血圧変動実験結果

ベル運動により、急激な血圧変化前後の PTT を測定する実験を実施した。その結果、血圧値と PTT の間には負の相関関係があることが確認できた。

- 4) PTT の値を長期的に観測することにより、血圧の変動を推定することが可能である。これにより循環器系疾患の評価等へ応用が期待できる。

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) 丸山征郎：メディカル朝日,2001-12,54-56(2001).
- 2) 丸山征郎：メディカル朝日,2002-1,68-70(2002).
- 3) 丸山征郎：メディカル朝日,2002-2,76-78(2002).
- 4) 丸山征郎：メディカル朝日,2002-3,74-76(2002).
- 5) 丸山征郎：メディカル朝日,2002-4,66-68(2002).
- 6) 大賀誠ほか4名：広島県立東部工業技術センター研究報告,16,5-8(2003).
- 7) Brian Gribbin, Andrew Steptoe, and Peter Sleight : The Society for Psychophysiological Research, 13, 1, 86-90(1976).