

# 空気圧方式を用いた入浴中における生体情報センシング

吉田, 将之 / YOSHIDA, Masayuki

---

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学・工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

55

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

6

(発行年 / Year)

2014-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00010347>

# 空気圧方式を用いた入浴中における 生体情報センシング

THE BIOLOGICAL INFORMATION SENSING IN BATHING OF USING A PNEUMATIC

吉田将之

MASAYUKI YOSHIDA

指導教員 渡辺 嘉二郎 教授

法政大学大学院工学研究科システム工学専攻修士課程

In this paper, we describe the pulse wave using the air pressure method of silicon tube in the bathroom, for the measurement of respiration. It is possible by using an inexpensive silicone tube and directional microphone, to measure the heart rate during bathing every day. By checking the information that you have income, to help health day-to-day management, the early detection of emergency. Here, we have proposed a method of measuring pulse, breathing by laying under the bath mat and silicone tubing.

**Key Words** : Bio-information Monitoring, Pneumatic Method, bath

## 1. はじめに

### 1.1 研究背景

高齢社会を迎えた日本において、人々が健康を維持し、活力の溢れる生活をおくれる社会を構築することは重要な課題である。この課題を解決するための方法の一つとして、在宅環境での生体情報センシングがある。

生体情報を適宜センシングすることにより、そこから得られた情報を基に日々の健康を管理することができる。また風呂などプライバシーが重視される場所においては、人の目が届きにくく、緊急時の発見が遅れる場合があり、緊急時の早期対応という観点からも意義がある。

### 1.2 従来の在宅用生体計測の研究とその問題点

在宅において、生体情報をセンシングするシステムは、日常的に使用されることを想定する必要がある。このため、使用者に対し、計測されていることを意識させない無拘束、無侵襲性や、設定や手入れなどが少なくすむように、システムのメンテナンス性が高いこと、計測機器そのものの価格、設置・維持費用が低いことが重要である。

しかし、浴槽内に電極を設置する方式は高価な装置を用意する必要がある。これに代わりシリコンチューブを用いた空気圧方式を提案する。

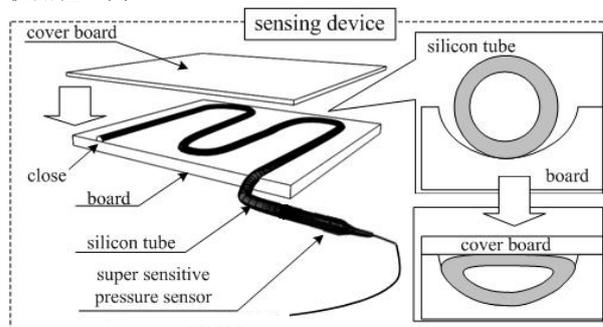
## 2. 生体計測システム

### 2.1 シリコンチューブ型空気圧方式

**Fig.1** にその構成を示す。板にシリコンチューブの半径程度の溝を掘り、片端を密閉したシリコンチューブを溝に敷く。その上に平板で蓋をすると、シリコンチューブが半

分程度潰れる。密閉していないシリコンチューブの片端に超高感度圧力センサを接続する。平板の上にヒトが存在すると、脈動や呼吸にともなう肺胸郭系および横隔膜運動による振動がシリコンチューブに伝播する。この振動によるシリコンチューブ内の空気圧の変化を超高感度圧力センサで計測する。計測された圧力信号には心拍、呼吸などの生体情報が含まれているので、バンドパスフィルタで周波数ごとに分離する。

シリコンチューブは塩化ビニル製などのチューブに比べて弾性率が低く、長期間上から加重がかかっても塑性変形しにくいいため感度が低下しない。また、この方式は適用する環境対し、チューブの長さや設置方法をフレキシブルに変えることができるため、各環境に対応した計測システムを統合する方式やエアマット型の空気圧方式に比べて汎用性が高い。



**Fig.1** Schematic diagram of silicon tube type pneumatic Method

## 2.2 浴槽の為のセンシングデバイス

Fig.2にFig.1の原理をベースとした浴槽用のセンシングデバイスはFig.2に示すように、バスマットを上下に分割し、下のバスマットにシリコンチューブを設置するための溝を掘りシリコンチューブを設置する。上のバスマットを張り合わせ、分割した部分から水が入らないように防水のゴムで周囲を囲む

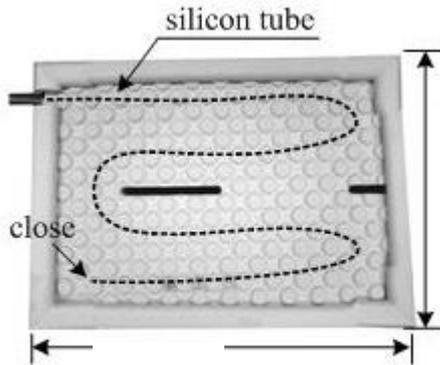


Fig.2 Sensing devices for bathroom

## 3. 研究目的

シリコンチューブ型生体計測システムを用いて浴室で人の心拍、呼吸を検出することができるか確認する。

前回の実験で雑音のない状態では心拍、呼吸を計測することができたので今回は、雑音のある環境下で計測する。

## 4. 実験方法

被験者は健康な成人男性(24歳)である。この被験者にFig.2のセンシングデバイスが設置された浴槽で入浴してもらい、その時の被験者の心拍を60秒間計測する。

今回在宅における生活雑音として、水の流入を生活雑音とし、浴室内に水を注入する。

また、流入量を50ml/s、100ml/sで計測を行う。

センシングデバイスは浴槽の底面(被験者の臀部の下)に設置する。また心拍信号のリファレンスとしてワイヤレス生体センサを用いる。以下にセンサの仕様・計測方法・用いたフィルタなどを示す。

Table.1 Specification of wireless biosensor

入力インピーダンス	100MΩ以上
ゲイン	60dB
低域遮断周波数	初期値 0.16Hz 時定数 1秒
広域遮断周波数	100Hz
サンプリングレート	204Hz

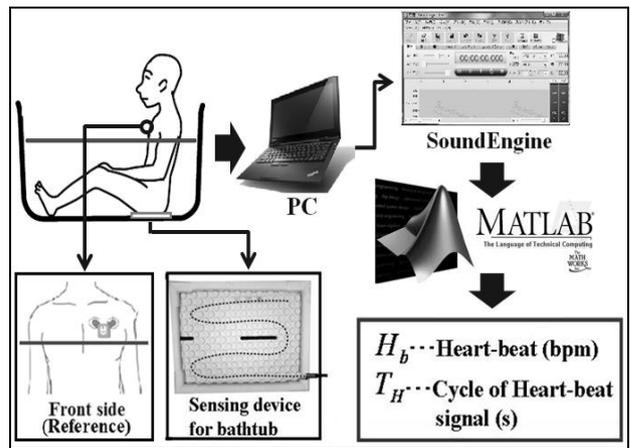


Fig.3 Schematic diagram of bath experiment

## ・フィルタ

心拍検出には遮断周波数 5~15Hz 程度のバンドパスフィルタ、呼吸検出には遮断周波数 0.1~0.5Hz 程度のバンドパスフィルタを使用している。

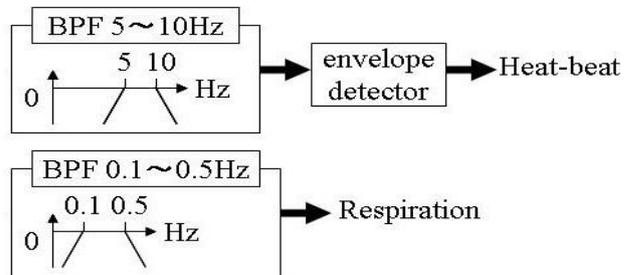


Fig.4 Schematic diagram of Measurement circuit

## 5. 結果

Fig.5,6を見るとシリコンチューブ型空気圧方式により計測した心拍信号とリファレンスの信号との周期は一致している。Fig.7,8ではシリコンチューブ型空気圧方式で計測したデータとリファレンスに誤差が出てしまった。

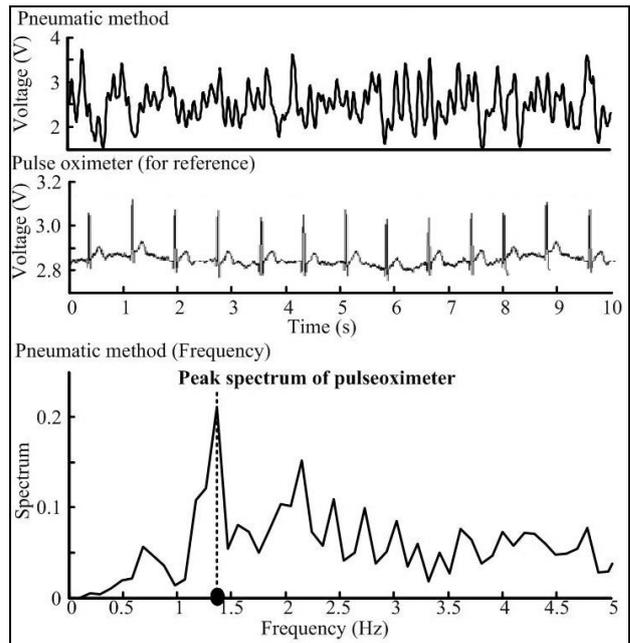
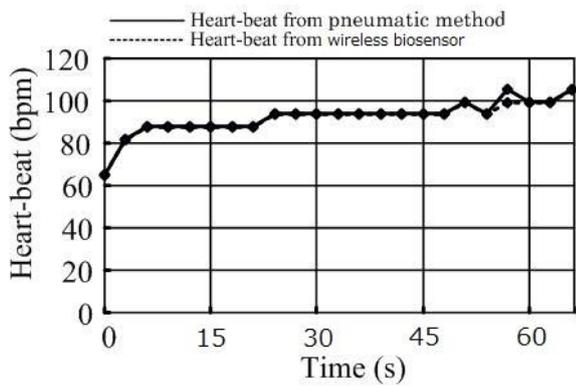
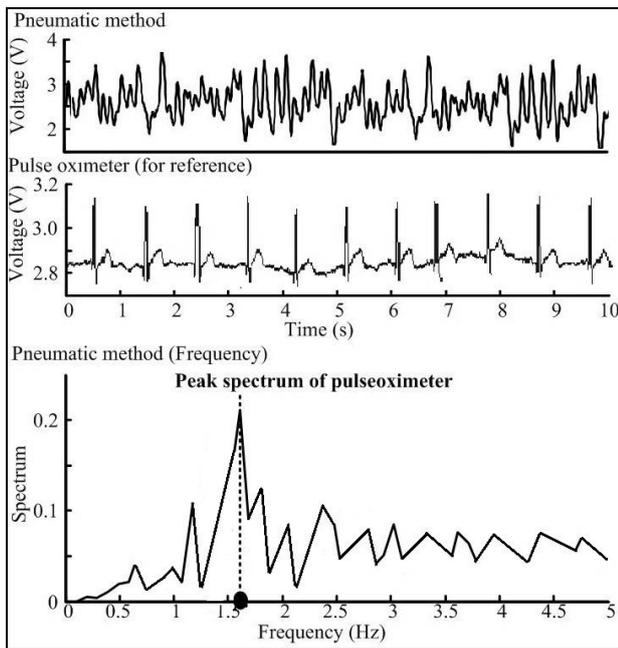


Fig.5 Measurement result of 10 seconds

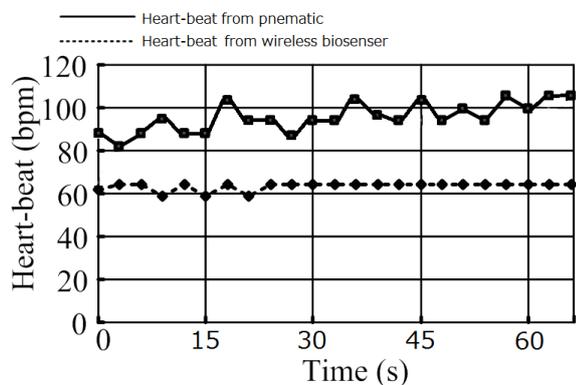
(Inflow of the water is 50ml)



**Fig.6** Heart-beat from pneumatic method and wireless biosensor (Inflow of the water is 50ml)



**Fig.7** Measurement result of 10 seconds (Inflow of the water is 100ml)



**Fig.8** Heart-beat from pneumatic method and wireless biosensor (Inflow of the water is 100ml)

## 5. まとめ

本論で提案した生体計測システムから得られた信号の、日々の健康管理や緊急時の早期発見・対応への活用法の模索の一環として、浴室から得られた心拍信号を用いた入浴時の心拍数の検出を行った。

実験結果からシリコンチューブ型空気圧方式で心拍を計測できることが分かった。

また今回、バンドパスフィルタを用いたことにより、計測精度が向上し、水の流入量が 50ml ではセンサで計測したデータがリファレンスのデータと合致した。

しかし流入量が 100ml ではリファレンスと一致せず、正確に計測することができなかった。

## 参考文献

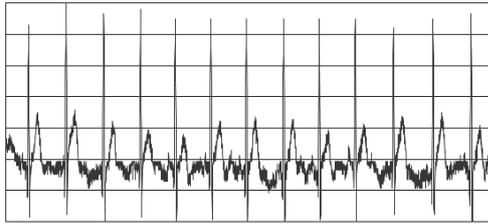
- 1) 厚生労働省老健局：平成 20 年度老人保健健康増進等事業国庫補助協議要領，(2008)
- 2) 舟山，山口：高齢者の入浴中の死亡，保健婦雑誌，**46-1**，54/59 (1990)
- 3) 吉村，田村，中島，三池，戸川：入浴中の心拍数・血流の測定とその評価，信学技法報，**93**，29/34，(1993)
- 4) 小川，田村，依田，戸川：在宅健康管理のための浴槽内心電図自動計測システムの開発，信学技法報，**97**，23/26，(1997)
- 5) 小川，田村，庄司，太田，木村，戸川：在宅健康モニタリングのための入浴時の無拘束な光電心拍および呼吸数計測の試み，信学技法報，**99**，37/40，(1999)
- 6) 大嶋，山越，中川原，黒田，川原田：トイレを利用した体重関連・心機能情報の在宅無意識計測システム，信学技法報，**98**，15/21，(1998)
- 7) 田中，松本：心音センサを用いた心拍および呼吸の無拘束計測，Dynamics and Design Conference，**2001**，32，(2001)
- 8) 中島 真人：非接触無拘束呼吸モニタリング装置の開発と応用，計測と制御，**44-3**，(2005)
- 9) 大江，窪田，本井，野川，田中，根本：在宅ヘルスケアのための無意識自動生体情報計測システムの開発研究，信学技法報，**106**，9/12，(2006)
- 10) 田中，本井，五十嵐，上野，麻野井，田中，根本，山越：全自動生体情報計測システムの開発と医療支援への応用，信学技法報，**106**，9/12，(2007)
- 11) 渡辺，渡辺：エアマットレス型無拘束生体計測の実用化研究，計測自動制御学会論文集，**36-11**，894/900 (2000)
- 12) K.Watanabe, T.Watanabe, H.Watanabe, H.Ando, T.Ishikawa, and K.Kobayashi : Noninvasive Measurement of Heartbeat, Respiration, Snoring and Body Movement of a Subject in Bed via a Pneumatic Method, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, **52-12**, (2005)
- 13) Rechtschaffen A, Kales A : A manual of Standardized Terminology, Techniques and Scoring System for Sleep

Stage of Human Subjects, Public Health Service U.S.

Government Printing Office Washington D.C., 1968.

- 14) 栗原, 渡辺, 山崎, 田中: 心拍と体動信号による睡眠指標, 計測自動制御学会論文集, **43-11**, 1022/1029 (2007)
- 15) 栗原, 渡辺, 田中: 無拘束生体計測による睡眠指標と睡眠段階の推定法, 生体医工学, **45-3**, 216/224 (2007)
- 16) 栗原, 渡辺, 田中: 睡眠段階遷移方程式と睡眠段階出現率の推定, 計測自動制御学会, **44-2**, 124/132 (2008)
- 17) 栗原, 渡辺, 小林, 田中: 睡眠時における心拍の相互情報量によるデルタ波出現率の推定, 電気学会論文誌C, **128-10**, 1550/1556 (2008)
- 18) 家具の山新グループ: あなたの眠りは大丈夫?
- 19) 大道, 大城戸, 岩崎: 入浴時の生理反応-水温が体温・心拍数・酸素摂取量与える影響-, 体育の科学 7, **502-509**, 1984
- 20) 美和, 岩瀬, 小出, 他: 入浴時の水温が循環動態と体温調節に及ぼす影響, 総合リハ 26, **355-361**, 1998
- 21) 吉村, 田村, 中島, 他: 入浴モニタ開発のための測定パラメータの決定の研究, 医用電子と生体工学 33(1), **1-6**, 1995
- 22) 桑島: 寒冷期における中高年者の入浴中の事故-循環動態の面から-, 日本警事新報 3996: **1-5**, 2000
- 23) 大塚, 石井, 大森, 他: 入浴中の心電図記録と心拍変動, 循環科学 19 (2), **76-79**, 1999
- 24) Nagasawa Y, Komori S, Sato M et al. : Effects of hot bath immersion on autonomic activity and hemodynamics – comparison of the elderly patients and the healthy young, Jpn Circ J 65, **587-592**, 2001
- 25) 山科: 専門医がやさしく教える心臓病, **148-149**, PHP 研究所, (1997)
- 26) 田辺 他: 不安定狭心症患者における日常動作時のST-T変化 –Holter法による検討を中心に-, 心電図三: 六一, (1983)
- 27) 田辺: 日常動作とバイタルサイン, 看護 Mook No.7, (1983)
- 28) 田辺 著, 細田, 岸田 編: 無症候性虚血性心疾患の診断-Holter心電図所見による鑑別, 「無症候性虚血性心疾患と心筋虚血」, 羊土社, **38**

ヒトの心拍，呼吸を計測できていることがわかる。



**Fig.5** Measurement result of 10 seconds  
(Inflow of the water is 50ml)

## 7. まとめ

本論では我々の提案する生体計測システムから得られた信号の，日々の健康管理や緊急時の早期発見・対応への活用法の模索の一環として，フローリング，畳用のセンシングデバイスから得られた心拍信号を用いた「睡眠者の睡眠段階の推定」，浴槽用のセンシングデバイスを用いた「入浴時の心拍数の変化の検出」，トイレ用のセンシングデバイスを用いた「排便時と非排便時の心拍信号の比較」を行った。

「睡眠者の睡眠段階の推定」では，「フローリング」，「畳」，「フローリング上に設置したベッド」のいずれの結果においても「入眠後の Non-REM4」，「約 90～100 分周期の浅い眠り」が確認できた。特に「フローリング」，「フローリング上に設置したベッド」では，これに加えて「時間の経過に伴う浅い眠りの増加」も確認することができ，一般的なヒトの眠りの特徴とおおよそ合致した。

「入浴時の心拍数の変化の検出」では，「ヒトが水温 40℃ 超の水に浸かった際に発生する心拍数の急激な上昇」を検出でき，水温と入浴者の血行動態との関係を確認することができた。

「排便時と非排便時の心拍信号の比較」では，交感神経の活性の高まりや「いきみ」によるものと思われる排便時の心拍信号の乱れを検出することができた。

## 付録 1 生体計測システムの動作実験

ここでは，過去に行ったシリコンチューブ型生体計測システムの動作実験について示す。

**Fig.12** に Fig.2(a)，**Fig.13** に Fig.2(b)，**Fig.14** に Fig.2(c)，**Fig.15** に Fig.2(d)の各センシングデバイスを用いた生体計測の結果を示す。波形は上からシリコンチューブ型空気圧方式により計測した心拍信号，パルスオキシメータ(心拍のリファレンス)，シリコンチューブ型空気圧方式により計測した呼吸信号，ストレインゲージ(呼吸のリファレンス)である。

いずれの計測においてもシリコンチューブ型空気圧方式により計測した信号と各リファレンスの信号との周期は一致しており，シリコンチューブ型生体計測システムは

## 参考文献

- 1) 田中，松本：心音センサを用いた心拍および呼吸の無拘束計測，Dynamics and Design Conference，**2001**，32
- 2) 渡辺，渡辺：エアマットレス型無拘束生体計測の実用化研究，計測自動制御学会論文集，**36-11**，894/900 (2000)
- 3) 小川，田村，依田，戸川：在宅健康管理のための浴槽内心電図自動計測システムの開発，信学技法報，**97**，23/26，(1997)
- 4) 小川，田村，庄司，太田，木村，戸川：在宅健康モニタリングのための入浴時の無拘束な光電心拍および呼吸数計測の試み，信学技法報，**99**，37/40，(1999)
- 5) 大嶋，山越，中川原，黒田，川原田：トイレを利用した体重関連・心機能情報の在宅無意識計測システム，信学技法報，**98**，15/21，(1998)
- 6) 田中，松本：心音センサを用いた心拍および呼吸の無拘束計測，Dynamics and Design Conference，**2001**，32，(2001)
- 7) 中島 真人：非接触無拘束呼吸モニタリング装置の開発と応用，計測と制御，**44-3**，(2005)
- 8) 渡辺，渡辺：エアマットレス型無拘束生体計測の実用化研究，計測自動制御学会論文集，**36-11**，894/900 究，信学技法報，**106**，9/12，(2006)
- 9) 田中，本井，五十嵐，上野，麻野井，田中，根本，山越：全自動生体情報計測システムの開発と医療支援への応用，信学技法報，**106**，9/12，(2007)
- 10) 渡辺，渡辺：エアマットレス型無拘束生体計測の実用化研究，計測自動制御学会論文集，**36-11**，894/900

## 付録 2 本研究で用いたセンサやフィルタ回路

ここでは，本研究で用いたセンサやフィルタ回路について紹介する。

### ・センサ

本研究で用いたセンサは，先端が可撓性のチューブからなる受圧部の後端に超低周波エレクトレットコンデンサマイクロフォンを感圧素子として設け，人間の心拍・呼吸などの微小な圧力を検出できる高感度センサである。その仕様を **Table 1** に示し，**Fig.16** に外観図，**Fig.17** に内部の回路図，**Fig.18** に周波数特性をそれぞれ示す。

## ・フィルタ

心拍検出には遮断周波数 5~15Hz 程度のバンドパスフィルタ, 呼吸検出には遮断周波数 0.1~0.5Hz 程度のバンドパスフィルタを使用している。

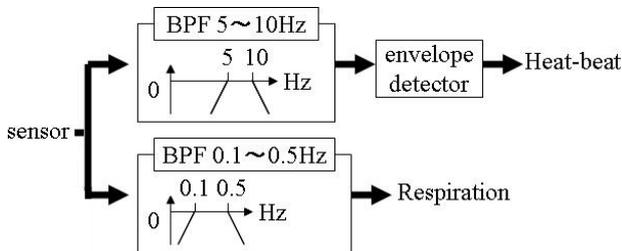


Fig.19 Schematic diagram of Measurement circuit

## 参考文献

- 1) 厚生労働省老健局：平成20年度老人保健健康増進等事業国庫補助協議要領, (2008)
- 2) 舟山, 山口：高齢者の入浴中の死亡, 保健婦雑誌, **46-1**, 54/59 (1990)
- 3) 吉村, 田村, 中島, 三池, 戸川：入浴中の心拍数・血流の測定とその評価, 信学技法報, **93**, 29/34, (1993)
- 4) 小川, 田村, 依田, 戸川：在宅健康管理のための浴槽内心電図自動計測システムの開発, 信学技法報, **97**, 23/26, (1997)
- 5) 小川, 田村, 庄司, 太田, 木村, 戸川：在宅健康モニタリングのための入浴時の無拘束な光電心拍および呼吸数計測の試み, 信学技法報, **99**, 37/40, (1999)
- 6) 大嶋, 山越, 中川原, 黒田, 川原田：トイレを利用した体重関連・心機能情報の在宅無意識計測システム, 信学技法報, **98**, 15/21, (1998)
- 7) 田中, 松本：心音センサを用いた心拍および呼吸の無拘束計測, Dynamics and Design Conference, **2001**, 32, (2001)
- 8) 中島 真人：非接触無拘束呼吸モニタリング装置の開発と応用, 計測と制御, **44-3**, (2005)
- 9) 大江, 窪田, 本井, 野川, 田中, 根本：在宅ヘルスケアのための無意識自動生体情報計測システムの開発研究, 信学技法報, **106**, 9/12, (2006)
- 10) 田中, 本井, 五十嵐, 上野, 麻野井, 田中, 根本, 山越：全自動生体情報計測システムの開発と医療支援への応用, 信学技法報, **106**, 9/12, (2007)
- 11) 渡辺, 渡辺：エアマットレス型無拘束生体計測の実用化研究, 計測自動制御学会論文集, **36-11**, 894/900 (2000)
- 12) K.Watanabe, T.Watanabe, H.Watanabe, H.Ando, T.Ishikawa, and K.Kobayashi：Noninvasive Measurement of Heartbeat, Respiration, Snoring and Body Movement of a Subject in Bed via a Pneumatic Method, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, **52-12**, (2005)
- 13) Rechtschaffen A, Kales A：A manual of Standardized Terminology, Techniques and Scoring System for Sleep Stage of Human Subjects, Public Health Service U.S. Government Printing Office Washington D.C., 1968.
- 14) 栗原, 渡辺, 山崎, 田中：心拍と体動信号による睡眠指標, 計測自動制御学会論文集, **43-11**, 1022/1029 (2007)
- 15) 栗原, 渡辺, 田中：無拘束生体計測による睡眠指標と睡眠段階の推定法, 生体医工学, **45-3**, 216/224 (2007)
- 16) 栗原, 渡辺, 田中：睡眠段階遷移方程式と睡眠段階出現率の推定, 計測自動制御学会, **44-2**, 124/132 (2008)
- 17) 栗原, 渡辺, 小林, 田中：睡眠時における心拍の相互情報量によるデルタ波出現率の推定, 電気学会論文誌C, **128-10**, 1550/1556 (2008)
- 18) 家具の山新グループ:あなたの眠りは大丈夫?
- 19) 大道, 大城戸, 岩崎：入浴時の生理反応-水温が体温・心拍数・酸素摂取量与える影響-, 体育の科学 **7**, **502-509**, 1984
- 20) 美和, 岩瀬, 小出, 他：入浴時の水温が循環動態と体温調節に及ぼす影響, 総合リハ **26**, **355-361**, 1998
- 21) 吉村, 田村, 中島, 他：入浴モニタ開発のための測定パラメータの決定の研究, 医用電子と生体工学 **33(1)**, **1-6**, 1995
- 22) 桑島：寒冷期における中高年者の入浴中の事故-循環動態の面から-, 日本警事新報 **3996**：1-5, 2000
- 23) 大塚, 石井, 大森, 他：入浴中の心電図記録と心拍変動, 循環科学 **19 (2)**, **76-79**, 1999
- 24) Nagasawa Y, Komori S, Sato M et al.：Effects of hot bath immersion on autonomic activity and hemodynamics - comparison of the elderly patients and the healthy young, Jpn Circ J **65**, **587-592**, 2001
- 25) 山科：専門医がやさしく教える心臓病, **148-149**, PHP 研究所, (1997)
- 26) 田辺 他：不安定狭心症患者における日常動作時のST-T変化 -Holter法による検討を中心に-, 心電図三：六一, (1983)
- 27) 田辺：日常動作とバイタルサイン, 看護 Mook No.7, (1983)
- 28) 田辺 著, 細田, 岸田 編：無症候性虚血性心疾患の診断-Holter心電図所見による鑑別, 「無症候性虚血性心疾患と心筋虚血」, 羊土社, **38**