

機関番号：61020

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20500601

研究課題名（和文）睡眠時の心拍変動による女性生理周期の推定

研究課題名（英文）Estimation of Female Menstrual Cycle from Heart Rate during Sleep

研究代表者

陳 文西 (WENXI CHEN)

会津大学・コンピュータ理工学部・上級准教授

研究者番号：60308278

研究成果の概要（和文）：

この研究の主な成果は3つの点を挙げられる。

① ユーザ端末（ベッドサイドボックスとセンサボード）の開発

長期にわたって睡眠時の心拍数を全自動的に収集できる計測手法の開発と装置設計、試作。計測装置はベッドサイドボックスとセンサボードから構成されている。センサボードは枕の下又はマットの下に置き、睡眠時の心臓拍動に由来する微弱振動を感知する。ベッドサイドボックスはこの振動信号を増幅し、AD変換を行い、データベースサーバに送信する。

② 自動解析アルゴリズムの開発とパフォーマンスの評価

隠れマルコフモデルなどデータマイニングアルゴリズムを開発し、日頃睡眠時の連続心拍数から生理周期を自動的に推定する手法を提案し、パフォーマンスを評価した。さらに、枕の下とマットの下に3箇所（背、臀、小腿）、それぞれセンサボードを設置し、異なる部位の計測パフォーマンスを検討し、最適の計測部位を特定した。

③ ネットワークデータベースサーバシステムの構築と自動解析アルゴリズムの実装

ユーザ端末からネットワーク経由で睡眠時の心拍数を自動的に収集するためのデータベースサーバシステムを構築し、②で開発したアルゴリズムをサーバ上で実装し、総合的な性能評価を行った。

研究成果の概要（英文）：

The main results of this study include the three points.

① Development of User Terminal (Bedside Box and Sensor Board)

Measurement techniques and prototype of user terminal for automatically collecting the heart rate during sleep over long-term period were developed and fabricated. The user terminal consists of a sensor board and a bedside box. The sensor board was deployed beneath a pillow or under the mat to sense the delicate vibration from the heart beat during sleep. The bedside box amplified the vibration signal, performed AD conversion, and sent data stream to the database server.

② Development and Performance Evaluation of Automated Analysis Algorithms

A hidden Markov model algorithm for data mining was developed. We proposed a method to automatically estimate the menstrual cycle from continuous heart rate during daily sleep, and evaluated the overall performance. In addition, four positions, under the mat (dorsal back, hip, small thighs) and under the pillow, were used to deploy sensor board to examine the measurement performance of different sites, and finally to find the best measurement site.

③ Construction of Database Server and Implementation of Analysis Algorithms

Database server system was built to collect the heart rate during sleep automatically over the network from user terminals. The algorithms developed in step ② were implemented in the server and the overall performance was evaluated.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2008年度 | 1,100,000 | 330,000 | 1,430,000 |
| 2009年度 | 1,000,000 | 300,000 | 1,300,000 |
| 2010年度 | 700,000 | 210,000 | 910,000 |
| 総計 | 2,800,000 | 840,000 | 3,640,000 |

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・応用健康科学

キーワード：保健健康情報、睡眠、体温、脈拍、心拍（変動）、生理周期、バイオリズム、ヘルスケア、健康状態

1. 研究開始当初の背景

生理周期は専用の高精度な婦人体温計を使って自宅で朝の起床時、生体の代謝が一番低い時の口中温度を、基礎体温として、毎日計測する。その月間の変化記録を病院に持って行き、産婦人科医に見せ、基礎体温の変化傾向から生理周期を推定してもらう。しかし、長期にわたって毎日欠かさず行う基礎体温の計測は、持続の困難さと煩わしさから一般的に難しいと言わざるを得ない。さらに、断片的なデータを用いて行われる、産婦人科医による主観的な判断は、信頼性と正確性が大きいにかけている。

2. 研究の目的

本研究は、上述の問題点を解消するため、解決策を提案し、2つの重要な課題に研究を展開していった。

①. 長期間にわたって持続的に生体情報を計測する際の煩わしさを解消するため、睡眠時において自動的に心拍数を簡便にモニタリングすることができる手法とシステムの開発。

②. 医師や看護婦の経験に依存する主観的な判断の代わりに、数学モデルとデータマイニングアルゴリズムを開発し、長期の心拍数変動から生理周期を自動的に推定する手法の確立。

3. 研究の方法

本研究は3年間にわたって実施した。最初の一年間に全自動データ収集システムの開発を行い、二年目からの2年間は、長期間のデータを収集しながら、データマイニング技術（隠れマルコフモデルなど）を用いて、生理周期の自動推定アルゴリズムの開発と検証を行った。

②□全自動データ収集システムの開発

このシステムは主に二つの部分を備えている。

- メンテナンス不要かつ信頼性の高いセンサユニット

ビニルチューブに水を充填し、その中の圧力変動を検出する過去の検出装置に代わり、ピエゾ圧電素子 PZT を用いて、微小な圧力変化を感度良く計測できるセンサユニットの設計・試作を行った。

- 全自動データ収集用インターネットサーバ

今までは一台のセンサユニットに一台のデータ記録装置またはパソコンが必要であった。また、毎日繰り返す煩わしい機械操作はユーザにとって不可能に近い。データ記録装置に代わり、センサユニットにネットワーク接続機能を加えた Netbox を開発し、センサユニットで収集したデータをインターネット経由で、自動的に遠隔のデータベースサーバに保存する。また、ユーザの機械操作を避けるため、マイクロタクトイルスイッチを用いて、ユーザの着寝・離寝を感知し、自動的にシステムの電源をオン・オフする。

③□長期間のデータ収集

- 2年間にわたって、複数の男女モニタを依頼し、枕センサユニットをセットして、睡眠中のデータを収集する。すべてのデータは自動的に共通のデータベースサーバに蓄積する。
- 女性モニタに月経期間を記録し、さらに尿検査法を用いて、排卵の時期を特定する。この、生理周期の繰り返しパターンを自動推定アルゴリズムの検証リファレンスとする。
- 男性モニタには生理周期がないが、女性の生理周期と類似な月間バイオリズムの変化および概日リズムがあるかどうかについて解明する。

④ □ アルゴリズムの開発と検証

- データマイニング（隠れマルコフモデルや確率統計論）を用いて、心拍数変動から生理周期の高・低温 2 相性を高精度に推定できるアルゴリズムを開発する。
- 女性モニタの月経・排卵記録を用いて、自動推定精度を検証する。
- 過去に蓄積したデータに基づき、個人ベースのモデルパラメータを自動的に学習・最適化し、個人ベースのモデルパラメータを確立し、個人別に未来の生理周期（月経・排卵期）の予測方法を確立する。

4. 研究成果

主に 3 つの成果を収めた。

① ユーザ端末（ベッドサイドボックスとセンサボード）の開発

長期連続稼働に求められる計測装置として、安定性と信頼性を重視し、ユーザ端末の規格を策定し、ベッドサイドボックスとセンサボードを設計・試作した。特にベッドサイドボックスが暴走時やハングアップ時の自動故障復帰機能、ネットワーク接続時の DHCP 対応機能を実装した。また、NTP サーバからの自動時刻取得と校正機能を追加し、時間の正確性を確保した。

② 自動解析アルゴリズムの開発とパフォーマンスの評価

隠れマルコフモデルとデータマイニングアルゴリズムを開発し、日頃の心拍数変動から生理周期を自動的に推定するパフォーマンスを評価した。さらに、枕の下とマットの下に 3 箇所（背、臀、小腿）、それぞれセンサボードを設置し、異なる部位の計測パフォーマンスを検討し、最適の計測部位を特定した。

③ ネットワークデータベースサーバの構築とアルゴリズム実装

ユーザ端末からネットワーク経由で睡眠時の心拍数を自動的に収集するため、ユーザ端末からデータベースサーバまでのシステム全体の連動実験を実施し、総合的な性能評価を行った。推定結果を比較するため、体温データも個別に収集した。また、推定パフォーマンスを評価するため、検証用のリファレンスデータとして、排卵期の特定は、ロート製薬社の排卵検査薬キット“ドゥーテスト LH”を用いる。月経期は、女性の自己記録を用いる。心拍数は、SpO2 センサ（Nonin4100, USA）を用いる。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

[雑誌論文]（計 6 件）

1. Healthcare - an everlasting challenge in temporal and spatial domains
Wenxi Chen
Journal of Multidisciplinary Healthcare, 2010(3), pp. 189-199, 2010
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21197368>
2. Long-term Monitoring of Heart Rate, Respiration Rhythm, and Body Movement during Sleep Based upon a Network
Xin Zhu, Wenxi Chen*, Tetsu Nemoto, Kei-ichiro Kitamura, Daming Wei
Telemedicine and e-Health, 16(2), pp. 244-253, 2010
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20184454>
3. Development of a new method for the noninvasive measurement of the core body temperature without a heater
Kei-Ichiro Kitamura, Xin Zhu, Wenxi Chen, and Tetsu Nemoto
Medical Engineering & Physics, 32(1), pp. 1-6, January 2010
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19906554>
4. Estimation of the Biphasic Property in a Female's Menstrual Cycle from Cutaneous Temperature Measured during Sleep
Wenxi Chen, Masumi Kitazawa, Tatsuo Togawa
Annals of Biomedical Engineering, 37(9), pp. 1827-1838, 2009
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19551509>
5. 悠々康道，始於足下
陳文西
福島の進路, No. 320, pp. 37-40, April, 2009
ISSN 0288-0954
Publisher: 福島経済研究所、福島
<http://opac.ndl.go.jp/articleid/10233069/jpn>
6. Unconstrained monitoring of long-term heart and breath rates during sleep
Wenxi Chen, Xin Zhu*, Tetsu Nemoto,

Kei-ichiro Kitamura, Kayo Sugitani,
Daming Wei
Physiological Measurement, 29, N1-N10,
2008
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18256448>

[学会発表] (計 16 件)

1. Identification of Biphasic Property in Female Menstrual Cycle from Oral, Skin and Core Body Temperatures
Wenxi Chen, Masumi Kitazawa, and Tatsuo Togawa
10th International Conference on Information Technology and Applications in Biomedicine (ITAB2010), Nov 3-5, 2010, Corfu, Greece
2. Analysis of Pulse Rate, Respiration Rhythm, and Body Movement during Sleep Detected by Pressure Sensor
Xin Zhu, Wenxi Chen, Tetsu Nemoto, Kei-ichiro Kitamura, Daming Wei
2nd International Symposium on Aware Computing (ISAC2010), Nov. 1-4, 2010, Tainan, Taiwan
3. Seasonal Chaotic Features of Pulse Rate in a Healthy Subject and a Patient after Coronary Stenting
Ying Chen, Wenxi Chen
32nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC10), August 31-Sept. 4, 2010, Buenos Aires, Argentina
4. Theoretical Simulation of the Dual-Heat-Flux Method in Deep Body Temperature Measurements
Ming Huang, Wenxi Chen
32nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC10)
August 31-Sept. 4, 2010
Buenos Aires, Argentina
5. Performance Assessment on Different Measurement Positions for Monitoring HR/RR during Sleep
Zhaoqin Liu, Linlin Jiang, Wenxi Chen, Tetsu Nemoto
32nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC10), August 31-Sept. 4, 2010, Buenos Aires, Argentina
6. 睡眠時の脈拍に基づく季節性生体リズムの推定
Ying Chen, Wenxi Chen
第 49 回日本生体医工学会大会, June 25-27, 2010, Osaka, Japan
7. 脳梗塞後遺症の寝たきり患者の深部体温リズム
Ming Huang, Wenxi Chen, Tetsu Nemoto
第 49 回日本生体医工学会大会, June 25-27, 2010, Osaka, Japan
8. 睡眠時に測定される脈拍数からの日常生活スタイル変化の検出
Hiroo Watanabe, Wenxi Chen
第 49 回日本生体医工学会大会, June 25-27, 2010, Osaka, Japan
9. The Inverse Problem of Deep Body Temperature Monitoring in Human
Ming Huang, Wenxi Chen
統数研・研究集会:「医学・工学における逆問題とその周辺(2)」, Nov. 26-27, 2010, Tokyo, Japan
10. A New Sensory Device and Optimal Position for Monitoring HR/RR during Sleep
W. Chen, X. Zhu and T. Nemoto
World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering (WC2009), Sept 7-12, 2009, Munich, German
11. 睡眠時心拍数による女性生理周期の推定
陳文西, 朱欣, 根本鉄, 魏大名
第 48 回日本生体医工学会大会, 2009 年 4 月 23 日~25 日, 東京タワーホール船堀
12. 脈拍による睡眠時の生体リズム変化の検出
渡辺寛央, 陳文西
第 48 回日本生体医工学会大会, 2009 年 4 月 23 日~25 日, 東京タワーホール船堀
13. 睡眠時の身体各部の振動計測装置の開発
根本鉄, 大貝和裕, 北村敬一郎, 陳文西
第 48 回日本生体医工学会大会, 2009 年 4 月 23 日~25 日, 東京タワーホール船堀
14. HMM-based Estimation of Menstrual Cycle from Skin Temperature during Sleep

Wenxi Chen, Masumi Kitazawa and Tatsuo Togawa
30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, August 20-24, 2008, Vancouver, British Columbia, Canada

15. Automatic Home Care System for Monitoring HR/RR during Sleep
Xin Zhu, Wenxi Chen, Zunyi Tang, Tetsu Nemoto and Daming Wei
30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, August 20-24, 2008, Vancouver, British Columbia, Canada

16. 長期間の睡眠時心拍数と呼吸数計測による解析および評価
陳文西, 朱欣, 根本鉄
第47回日本生体医工学会大会, 2008年5月8日~10日, 神戸国際会議場

[図書] (計3件(章))

1. 体温と心拍数による月経周期の自動推定
陳文西
Column 6 in "もっと知りたい! 基礎体温のこと", pp. 105-107
Edited by: 松本 清一
ISBN 9784434144981, Paper cover, 163 pages, May 2010
Publisher: 十月社、東京
<http://www.junkudo.co.jp/detail.jsp?ID=0111563939>
2. Discovery of Biorhythmic Stories behind Daily Vital Signs and Its Application
Wenxi Chen
Chapter 24 in "Recent Advances in Biomedical Engineering", pp. 453-492
Edited by: Ganesh R. Naik
ISBN 978-953-307-004-9, hard cover, 660 pages, October 2009
Publisher: InTech, Vienna, Austria
<http://www.intechopen.com/books/show/title/recent-advances-in-biomedical-engineering>
3. A Scalable Healthcare Integrated Platform (SHIP) and Key Technologies for Daily Application
Wenxi Chen, Xin Zhu, Tetsu Nemoto, Daming Wei and Tatsuo Togawa
Chapter 11 in "Data Mining in Medical and Biological Research", pp. 177-208
Edited by: Eugenia G. Giannopoulou

ISBN 978-953-7619-30-5, Hard cover, 320 pages, November 2008
Publisher: InTech, Vienna, Austria
<http://www.intechopen.com/books/show/title/data-mining-in-medical-and-biological-research>

[その他]
ホームページ等
<http://i-health.u-aizu.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

陳文西 (Wenxi Chen)
会津大学・コンピュータ理工学部・上級准教授
研究者番号: 60308278

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし