

機関番号：12612

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2010

課題番号：21700154

研究課題名（和文）

学習分類子システムによる介護支援のための個別睡眠推定と起床直前判定

研究課題名（英文）

Individual sleep stage estimation and appropriate wakeup time judgment
by learning classifier system for care support

研究代表者

高玉 圭樹 (TAKADAMA KEIKI)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・准教授

研究者番号：20345367

研究成果の概要（和文）：

本研究では、介護施設において深刻な問題となっている高齢者の徘徊ケア（夜間の定期的見回りと寝つかせ支援）を軽減させるために、（1）各々の高齢者に適合した睡眠段階推定、（2）体調の変化にロバストな睡眠段階推定、（3）起床直前判定のためのレム睡眠段階推定の3つの機能を有する介護支援システムを提案し、その有効性を被験者実験を通して検証した。

研究成果の概要（英文）：

To reduce a regular night round inspection of aged persons and their sleep support, which is the serious problem in care houses, this research proposes the care support system that can estimate (1) the total sleep stage estimation specialized to each aged person; (2) the total sleep stage which is robust to the bad condition of aged persons; and (3) the REM sleep stage for judging the appropriate wakeup time of aged persons. The human subject experiments validate the effectiveness of the proposed care support system.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2010 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知能情報学

キーワード：知能情報処理、学習分類子システム

1. 研究開始当初の背景

2020年に総人口の約30%弱(3500万人)が65歳以上という超高齢者社会を迎えるにつれ、介護福祉における種々の問題解決が急務となっている。特に、介護施設では夜中に高齢者が徘徊し、介護士が探すという事態が頻繁に起こり、介護士には大きな

負担となる一方、高齢者も日中に昼寝をしてしまい、その結果また夜眠れず徘徊するという悪循環に陥っている。このような悪循環から抜け出すためには高齢者の徘徊を未然に防ぐ必要があるが、多くの人員を見張りとして配置することは人件費がかさむだけでなく、高齢者も常に監視されて

いるというストレスを与える。

このようは背景から、介護分野では睡眠段階の判定法が着目されている。代表的な手法としては、Rechtschaffen & Kales の判定法[1]が有名であるが、この方法ではベッドに寝ている被験者に特殊な器具を装着させ、EEG(脳波)、EMG(筋電図)、EOG(眼球運動)のデータを取得し、医師の専門知識と経験に基づいて睡眠段階を判定する。しかし、介護施設に応用する場合、高齢者は器具を一晩中つけなければならず、非現実的である。そこで、渡辺らは直接器具をつけずに心拍を計測できる無拘束エアマットレス型センサを開発し、得られたデータから睡眠段階を推定する手法を考案した[2]。しかし、この手法は、(1)人によって推定精度が異なる(うまく推定できる人とできない人がいる)、(2)(高齢者では頻繁に生じる)体調の変動が起こると、適切な睡眠判定ができない、(3)起床直前の判定はできないという問題があり、高齢者の介護への応用に限界がある。

2. 研究の目的

上記の問題点を解決するために、本研究ではセンサ付き無拘束エアマットレスで得られた高齢者の身体データ(心拍、体動)を活用することによって、(1)各々の高齢者に対応した睡眠段階推定、(2)高齢者の体調の変化にロバストな睡眠段階推定、(3)起床直前判定のためのレム睡眠段階推定を探索し、その有効性を検証することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究は、2章で述べた目的達成に向け、全体の課題を以下の3つの項目に分割して実施する。

・研究項目1：各々の高齢者に適合した睡眠段階推定

渡辺氏の論文によると心拍の中周波の波形は睡眠段階に類似しており、それを活用した睡眠段階推定法を考案しているが[2]、睡眠段階を推定できる心拍の中周波の幅は人によって必ずしも一致しておらず、人によって推定精度が異なる。そこで、個々の高齢者にあった中周波の幅を学習する手法(学習分類システムを基にした手法)を考案する。

・研究項目2：高齢者の体調の変化にロバストな睡眠段階推定

体調の良いときに学習した高齢者毎の中周波の幅は、体調の悪いときに使う

と推定精度が悪くなる場合が多い。そこで、研究項目1で提案した手法を拡張し、体調の変化にロバストな睡眠推定法を提案する。

・研究項目3：起床直前判定のためのレム睡眠段階推定

起床の直前はレム睡眠段階であるため、高い精度でレム睡眠段階を特定する手法を探究する。具体的には、センサ付き無拘束エアマットレスで得られた高齢者の心拍データに加えて体動データを活用し、研究項目1や2で提案した手法よりもレム睡眠段階の推定精度を高める。

4. 研究成果

3章であげた研究項目を遂行するために、次の実験を行ったところ、以下の成果を得た。

・実験1：高齢者適合型睡眠段階推定

被験者に脳波測定器(AlicePDx 脳波計)を装着させ計算した正しい6段階の睡眠段階と、センサ付き無拘束エアマットレスから得られる心拍データを基に推定した睡眠段階を比較する。具体的には、正解の睡眠段階と以下の2つの睡眠段階推定結果を比較する。

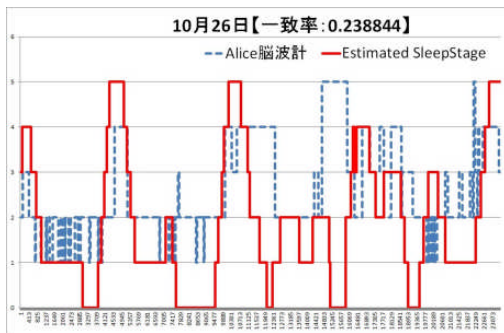
- 従来手法(渡辺手法)による睡眠段階推定

- 提案手法による睡眠段階推定

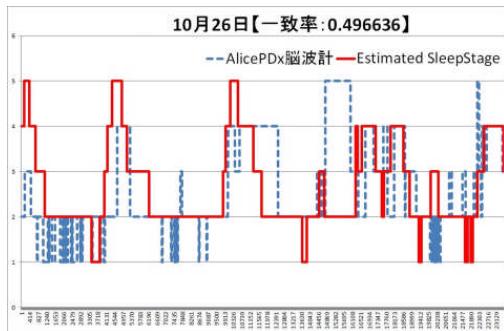
評価方法としては、一晩の睡眠から得られた心拍データを基に推定した睡眠段階と AlicePDx 脳波計から得られた睡眠段階との一致した回数を睡眠時間のデータ数で割った値を一致率として計算する。一致率が高ければ正確に睡眠段階を推定していることになる。

図1に従来手法と提案手法による睡眠段階の推定結果を示す。縦軸は睡眠段階、横軸は睡眠時間(秒)を表している。また、青の線は従来手法もしくは提案手法によって推定された睡眠段階、赤の線は AlicePDx 脳波計より判定した睡眠段階(正解)である。図1から従来手法の一致率(約24%)に対して、提案手法の一致率(約50%)は2倍以上の結果となった。これは、提案手法による睡眠段階が AlicePDx 脳波計による睡眠段階に近づいていることを示しており、従来手法より精度の良い睡眠段階推定に成功している。

次に、従来手法と提案手法の6段階、5段階、3段階の平均一致率を図2に示す。この図から、3段階で推定した睡眠



(a) 従来手法



(b) 提案手法

図1：睡眠段階推定

段階では従来手法と提案手法による結果の差異はほとんど見られないが、5もしくは6段階で推定した睡眠段階では差異が大きくなるのが分かる。これは、従来手法が異なる被験者に対しても固定の中周波を基にしたのに対し、提案手法は高齢者ごとに異なる中波数を抜き出し、それを基に睡眠段階を推定しているからである。以上より、提案手法は簡易装着型計測を用いなくても睡眠段階を推定できることに成功した。

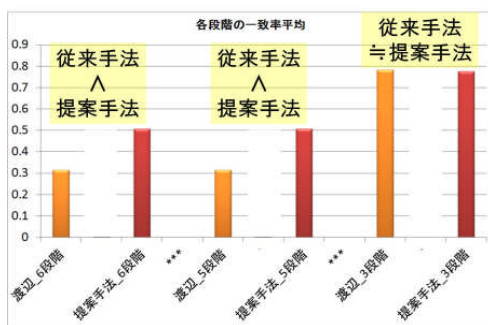


図2：各手法の睡眠段階一致率の比較

・実験2：体調の変化にロバストな睡眠段階推定

提案手法によって推定した睡眠段階が体調の変化にロバストであるかを調べるために、被験者の体調が良い日(健康な日)と体調が悪い日(急性胃腸炎に

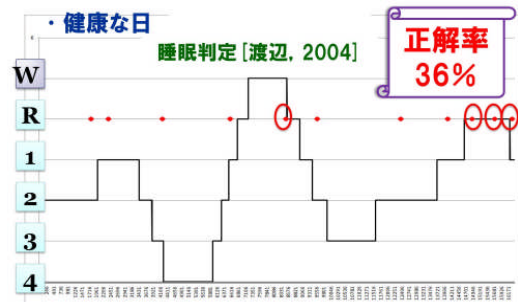
なった日)の睡眠段階を以下の2つの手法の結果を比較しながら分析する。

- 従来手法(渡辺手法)による睡眠段階推定

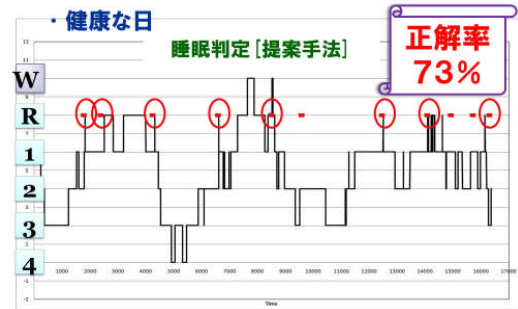
- 提案手法による睡眠段階推定

評価方法としては、各手法による一晩の推定睡眠段階のうちレム睡眠に着目し、レム睡眠測定器(Sleeptracker)により測定したレム睡眠(下図の赤い点)(正解)と比較することによって正解率を計算する。なお、レム睡眠に着目した理由は、体調の悪い日は安眠ができず睡眠が浅くなるため、レム睡眠に影響を与えるからである。

図3に体調の良い日の睡眠段階推定の結果、図4に体調の悪い日の睡眠段階推定の結果を示す。縦軸が睡眠段階を表しており、横軸が睡眠時間(秒)で表している。図3から、従来手法の正解率(36%)に対して、提案手法の正解率は(73%)と2倍の結果であることが分かる。



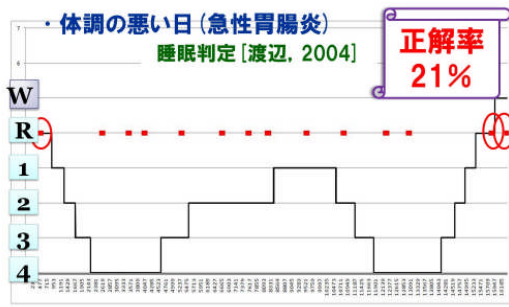
(a) 従来手法



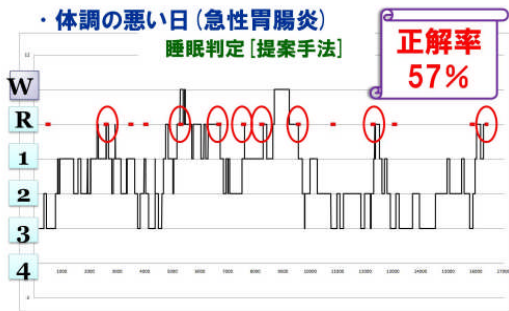
(b) 提案手法

図3：体調の良い日(健康な日)

これに対して、(体調の悪い日の)図4を見ると、体調の良い日に比べて正解率は下がるものの、従来手法の正解率(21%)に対して、提案手法の正解率は(52%)と2倍以上の結果であり、依然として提案手法の正解率がよいことが分かる。特に、体調が悪い日でも6割に近い正解率を達成できる点は実応用の可能性を高めており、提案手法により推定した睡眠段階が体調の変化にロバストであることを示している。



(a) 従来手法



(b) 提案手法

図4：体調の悪い日(急性胃腸炎の日)

・実験3：起床直前判定のためのレム睡眠段階推定

起床直前判定に必要なレム睡眠判定の推定精度を調べるために、被験者の体調が良い日(健康な日)における提案手法による睡眠段階を分析する。評価方法としては、提案手法による推定睡眠段階のうちレム睡眠(下図の青い点)が、AlicePDx 脳波計から得られた睡眠段階のレム睡眠(下図のRにある赤い線)(正解)と比較することによって正解率を計算する。

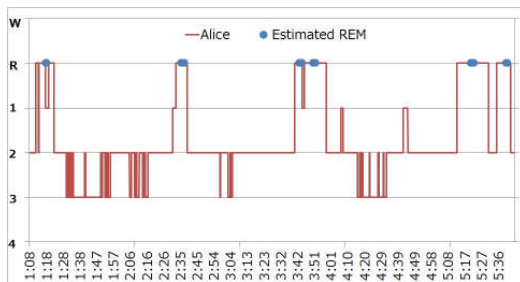


図5：レム睡眠の推定

図5にレム睡眠の推定結果を示す。縦軸が睡眠段階を表しており、横軸が睡眠時間(秒)で表している。この図から、提案手法にレム睡眠判定はほぼ完璧(ほぼ100%の正解率)であることが分かる。起床直前判定を確実にするには、正確にレム睡眠を判定する必要があるが、提案手法は高い精度でのレム睡眠段階推定を実現しており、起床直前判定の可能性

を高めることに貢献した。

これらの結果より、本研究では(1)各々の高齢者に適合した睡眠段階推定、(2)体調の変化にロバストな睡眠段階推定、(3)起床直前判定のためのレム睡眠段階推定の3つを実現する介護支援システムを提案し、その有効性を被験者実験を通して検証した。

参考文献

[1] 日本睡眠学会, 睡眠学ハンドブック, 朝倉書店, pp.42-50, 1994.
 [2] T. Watanabe, and K. Watanabe: "Noncontact Method for Sleep Stage Estimation", IEEE TRANSACTION ON BIOMEDICAL ENGINEERING, No. 10, Vol. 51, pp. 1735-1748, 2004.

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4件)

① Takadama, K., Hirose, K., Matsushima, H., Hattori, K., and Nakajima, N.: "Learning Multiple Band-Pass Filters for Sleep Stage Estimation: Towards Care Support for Aged Persons", The Institute of Electronics, Information, and Communication Engineers (IEICE) Transactions on Communications, 有, Vol. E93-B, No. 04, 2010, pp. 811-818.
 ② Wada, A. and Takadama, K.: "Is Gradient Descent Update Consistent with Accuracy-based Learning Classifier System?", Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics (JACIII), 有, Vol. 13, 2009, pp. 640-648.
 ③ Wada, A. and Takadama, K.: "Analyzing Strength-based Classifier System from Reinforcement Learning Perspective", Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics (JACIII), 有, Vol. 13, 2009, pp. 631-639.
 ④ Matsushima, H., Hattori, K., and Takadama, K.: "Exemplar Generalization in Reinforcement Learning: Improving Performance with Fewer Exemplars", Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Infor-

matics (JACIII), 有, Vol. 13, 2009, pp. 683-690.

[学会発表] (計 15 件)

- ① 中田 雅也, 市川 嘉裕, 松島 裕康, 佐藤 圭二, 佐藤 寛之, 高玉 圭樹: “個別化による学習分類子システムのマルチステップへの展開”, 進化計算シンポジウム 2010 年 12 月 19 日, 福岡.
- ② Iseya, S. and Takadama, K.: “Evolutionary Optimization for Hub and Spoke Network based on Demand and Operation”, Second World Congress on Nature and Biologically Inspired Computing (NaBIC 2010), 2010 年 12 月 17 日, 福岡
- ③ 中田 雅也, 島田 智大, 廣瀬 孝行, 市川 嘉裕, 松島 裕康, 服部 聖彦, 高玉 圭樹: “個別化による学習分類子システムの一般化促進”, 計測自動制御学会, システム・情報部門 学術講演会 2010 (SSI2010), 2010 年 11 月 25 日, 京都.
- ④ Sato, K. and Takadama, K.: “Pittsburgh-style Learning Classifier System for Multiple Environments: Towards Robust Waterbus Route for Several Situations”, The 14th Asia Pacific Symposium on Intelligent and Evolutionary Systems (IES 2010), 2010 年 11 月 19 日, 広島.
- ⑤ Shimada, T., Otani, M., Matsushima, H., Sato, H., Hattori, K. and Takadama, K.: “Hybrid Directional-biased Evolutionary Algorithm for Multi-objective Optimization”, Parallel Problem Solving from Nature, PPSN XI, 2010 年 9 月 13 日, クラクフ, ポーランド.
- ⑥ Shimada, T., Matsushima, H., Sato, H., Hattori, K., and Takadama, K.: “Towards Care Plans of Aged Persons by Multi-objective Optimization”, SICE Annual Conference 2010, 2010 年 8 月 21 日, 台湾, 台北.
- ⑦ Matsushima, H., Hattori, K., Sato, H., and Takadama, K.: “Dynamic matching range in Exemplar-based Learning Classifier System”, The 2010 IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI2010), 2010 年 7 月 22 日, バルセロナ, スペイン.
- ⑧ Takadama, K., “Towards Spiral Care Support System: Evaluating Sleep Stage for Care Plan Optimization” (招待講演), The Fourth International Symposium on Medical Information and Communication Technology (ISMICT 2010), 2010 年 3 月 23 日, 台北, 台湾.
- ⑨ Takadama, K., Hirose, K., Matsushima, H., Hattori, K., Sato, H., and Nakajima, N.: “Improving Sleep Stage Estimation by Specializing Multiple Band-Pass Filters and Discrete Heartbeat Data”, The Fourth International Symposium on Medical Information and Communication Technology (ISMICT 2010), 2010 年 3 月 23 日, 台北, 台湾
- ⑩ Hattori, K., Kimura, R., Nakajima, N., Fujii, T., Kado, Y., Zhang, B., Hazugawa, T., and Takadama, K.: “Hybrid Indoor Location Estimation System Using Image Processing and WiFi Strength”, The 2009 International Conference on Wireless Networks and Information Systems (WNIS 2009), 2009 年 12 月 28 日, 上海, 中国.
- ⑪ 島田 智大, 松島 裕康, 佐藤 寛之, 服部 聖彦, 高玉 圭樹: “進化型アルゴリズムによる指向性多目的最適化: IBEA の拡張”, 進化的計算シンポジウム, 2009 年 12 月 19 日, 沖縄.
- ⑫ 松島 裕康, 服部 聖彦, 高玉 圭樹: “Exemplar に基づく学習分類子システムにおける動的な一般化”, 計測自動制御学会, システム・情報部門 学術講演会 2009 (SSI2009), 2009 年 11 月 25 日, 神奈川.
- ⑬ Nakada, T., Takadama, K., and Watanabe, S.: “Analysis Method Depending on Bayes’s Theorem for Agent-Based Simulations” The 6th International Workshop on Agent-based Approaches in Economic and Social Complex Systems (AESCS’ 09), 2009 年 11 月 14 日, 台北, 台湾.
- ⑭ Hattori, K. and Takadama, K.: “Proposal of Robust Wireless Overlay P2P Information Share System Based on Wireless Base Stations and Ad Hoc Devices”, ICCAS-SICE International Joint Conference 2009, 2009 年 8 月 20 日, 福岡.
- ⑮ Hirose, K., Matsushima, H., Hattori, K., and Takadama, K.: “Sleep Stage Estimation by Learning Classifier System: Towards Nurse Care Support”, ICCAS-SICE International Joint Conference 2009, 2009 年 8 月 20 日, 福岡.

[図書] (計0件)
[産業財産権]
○出願状況 (計0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高玉 圭樹 (TAKADAMA KEIKI)
電気通信大学・大学院情報理工学研究科・
准教授
研究者番号：20345367

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし