

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 31 日現在

機関番号：17401

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22700217

研究課題名（和文） 「睡眠の質」を表す感性語と生体信号との関連性の基礎的検討

研究課題名（英文） Fundamental study of relevance of biological signals and sensitivity words representing "quality of sleep"

研究代表者

伊賀崎 伴彦（IGASAKI TOMOHIKO）

熊本大学・大学院自然科学研究科・准教授

研究者番号：70315282

研究成果の概要（和文）：

睡眠ポリグラフによる計測データ（生体信号）から睡眠経過図を作成して得た睡眠パラメータと、睡眠の主観的評価の間に、統計的に有意な関連性が存在することを見出した。また、生体信号そのものの解析を行い、得られた定量値より睡眠段階を推定することで、間接的に睡眠の主観的評価を推定できる方法を提案した。以上より、心理学的評価による「睡眠の質」を表す感性語と、生体信号の定量的解析による生理学的評価とを結び付けることの可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：

It was found that there was a statistically significant relation between sleep parameters which were obtained from hypnogram (created from biological signals measured by polysomnography) and the subjective evaluation of sleep. Further, a method which could estimate the subjective evaluation of sleep indirectly through estimating sleep stages (obtained from quantitative values by analyzing biological signals) was also proposed. As stated above, it was suggested that there was a possibility to associate sensibility words representing "quality of sleep" due to psychological assessment, and physiological evaluation by quantitative analysis of biological signals.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2011 年度	600,000	180,000	780,000
2012 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学，感性情報学・ソフトウェア・コンピューティング

キーワード：感性情報学，人間生活環境，モニタリング，生物・生体工学，医療福祉

## 1. 研究開始当初の背景

睡眠は、脳内の情報処理を助け、また免疫機能を高めるなどの働きがあるとされ、また、生活の質や生命そのものの維持に不可欠である。

心理学的（主観的）な睡眠の評価は古くよ

り国内外で多数行われているが、睡眠障害でない人の場合だと「睡眠の質」に関する差が表れにくいという指摘もある。それに対して、生理学的（客観的）な睡眠の評価は、睡眠ポリグラフにより「量」や「深さ」を知ることができて、

「睡眠の質」を直接知ることは

できない。また、心電図や脈波による睡眠評価においても、「睡眠の質」にまで言及しているものは少なかった。さらに、「睡眠の質」に影響を及ぼす因子が多岐にわたるため、「睡眠の質」の心理学的評価と生理学的評価との関連付けは十分に行われていなかった。

## 2. 研究の目的

心理学的評価による「睡眠の質」を表す感性語と、生体信号の定量的解析による生理学的評価とを結び付けることを研究の目的とした。

### (1)「睡眠の質」評価に生体信号が利用可能か?

まずは、睡眠の主観的評価と、睡眠ポリグラフ計測および睡眠経過図作成により、睡眠経過図中の「睡眠の質」との関連の高い睡眠時刻や睡眠段階はどこなのかを検討することで、生体信号により「睡眠の質」を評価可能であることを明らかにしようとした。

### (2)「睡眠の質」評価に生体信号の非線形解析が有効か?

睡眠ポリグラフから得られた生体信号に対して非線形解析を行い、得られた定量値により睡眠段階を推定することで、間接的に「睡眠の質」の評価を試みた。また、どの生体信号にどの解析を適用すると良い評価が得られるかを検討し、睡眠段階推定（「睡眠の質」評価）に対する生体信号の非線形解析の有効性を明らかにしようとした。

## 3. 研究の方法

### (1)「睡眠の質」評価に生体信号が利用可能か?

#### ①「不快-快適」による評価スクリーニング

被験者が普段使用している枕（1夜目・2夜目）、プラスチックパイプ製枕（3夜目）、低反発ウレタン製枕（4夜目）の計3種類を準備して、睡眠ポリグラフを計測し、それを14人について行った（1夜目は第1夜効果を考慮したコントロールとして、被験者が普段使用している枕を指定）。

心理学的データの収集としては、各実験夜が終了するごとに、被験者には5段階感性評価（1（不快な睡眠）～5（快適な睡眠））による睡眠の主観的評価を行ってもらった。睡眠ポリグラフによる計測データからは、専門の知識を有する医療従事者に助言を求めながら睡眠経過図を作成した。これより、各睡眠段階が現れるまでの時間や、各睡眠段階が出現する合計時間などの睡眠パラメータを得た。また、脳波に対して周波数領域での解析を行うことで、生理学的指標とした。

#### ②LSEQによる評価

枕は高さの異なる3種類を準備して、睡眠ポリグラフを計測し、それを①と別の7人について行った（1夜目は第1夜効果を考慮したコントロールとして、解析および評価に用

いなかった）。

心理学的データの収集としては、各実験夜が終了するごとに、被験者にはLSEQによる睡眠の主観的評価を行ってもらった。睡眠ポリグラフによる計測データからは、睡眠脳波解析プログラム（日本光電 Polysmith）により睡眠経過図を作成した。これより、各睡眠段階が現れるまでの時間や、各睡眠段階が出現する合計時間などの睡眠パラメータを得て、生理学的指標とした。

### (2)「睡眠の質」評価に生体信号の非線形解析が有効か?

#### ①心拍変動解析による睡眠段階推定

(1)②の睡眠ポリグラフによる計測データのうち、心電図（心拍変動）のみによる「睡眠の質」評価のスクリーニングとして、心拍変動解析（時間領域解析、周波数領域解析、非線形解析から各6指標、計18指標）による睡眠段階推定の検討を行った。

#### ②睡眠経過図の非線形解析による「睡眠の質」評価

(1)②と同様の実験を、さらに別の8人について行った。ただし、心理学データの収集としては、OSA 睡眠調査 MA 版（OSA-MA）によった。また、睡眠経過図は睡眠ポリグラフによる計測データから作成されるので、これを生体信号とみなし、非線形解析により「睡眠の質」評価の検討を行った。

## 4. 研究成果

### (1)「睡眠の質」評価に生体信号が利用可能か?

#### ①「不快-快適」による評価スクリーニング

図1に、ある被験者が低反発ウレタン製枕（上、感性評価=4段階）、被験者が普段使用している枕（中、同=3段階）、プラスチックパイプ製枕（下、同=2段階）で寝たときの睡眠経過図を示す。快適な睡眠になるほど、就床後はじめてREM睡眠が出現するまで時間（第1期REM到達時間）が短いことが観察された。

図2は、全被験者・全夜の感性評価に対する第1期REM到達時間の関連性を示したものである。これらの間には、有意な負の相関（ $r = -0.62$ ,  $p < 0.001$ ）が存在することが確認された。

つぎに、部位 C3 から測定された脳波のみから、その $\delta$ 帯域成分と $\beta$ 帯域成分より第1期REM到達時間を推定する方法を開発し、感性評価との関連性を検討した。

図3上は、ある被験者のある夜の脳波 $\delta$ の帯域成分（赤線）と $\beta$ 帯域成分（青線）の変化およびそれらより推定された第1期REM到達時間（黄線）である。また、図3下は、そのときの睡眠経過図であり、紫線が実際の第1期REM到達時間である。これより、推定された第1期REM到達時間は実際のそれ

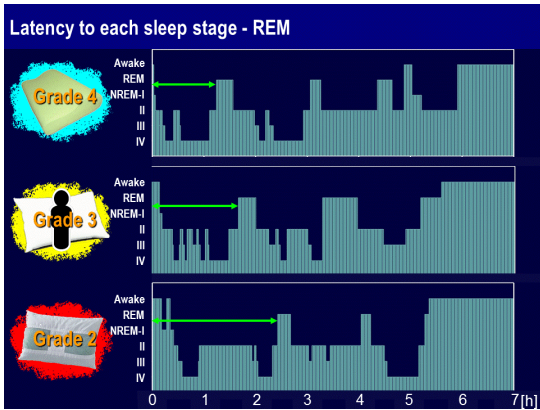


図1 ある被験者の各夜の感性評価と睡眠経過図および第1期 REM 到達時間

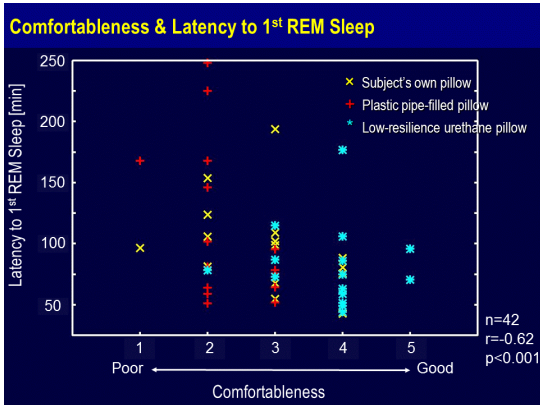


図2 全被験者・全夜の感性評価と第1期 REM 到達時間の関連性

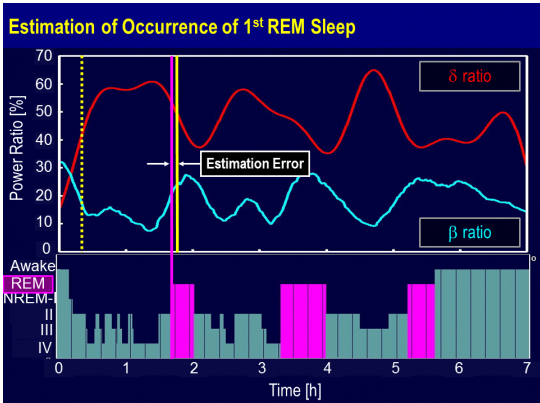


図3 ある被験者のある夜の脳波の $\delta$ 帯域成分(赤)と $\beta$ 帯域成分(青)と睡眠経過図および推定された第1期 REM 到達時間(黄)と実際の第1期 REM 到達時間(紫)

に非常に近いことが観察された。全被験者・全夜の平均推定誤差は、 $13.5 \pm 12.5$ 分であった。

図4は、全被験者・全夜の感性評価に対する推定第1期 REM 到達時間の関連性を示したものである。図2と同様、これらの間にも、有意な負の相関 ( $r = -0.62$ ,  $p < 0.001$ ) が存在することが確認された。

以上より、「睡眠の質」評価に1部位のみから測定された脳波が利用可能であること

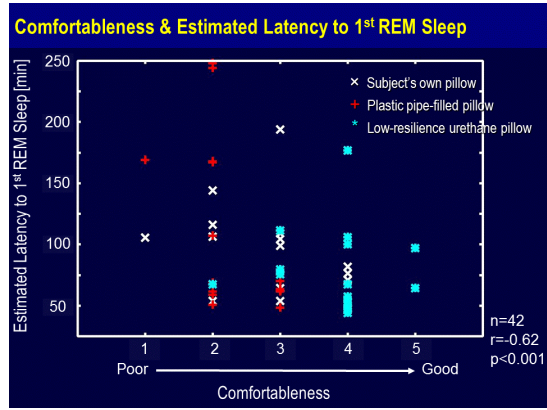


図4 全被験者・全夜の感性評価と推定第1期 REM 到達時間の関連性

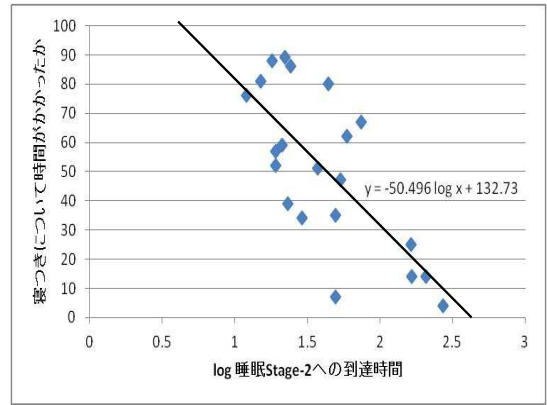


図5 全被験者・全夜の「第1期睡眠段階2到達時間(対数)」とLSEQ「寝つきについて時間がかかったか」の関連性

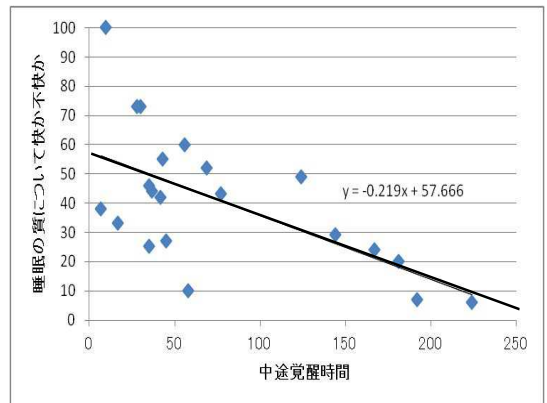


図6 全被験者・全夜の「中途覚醒時間」とLSEQ「睡眠の質について快か不快か」の関連性

が示唆された。

#### ②LSEQによる評価

図5は、全被験者・全夜の「第1期睡眠段階2到達時間」の対数とLSEQの「寝つきについて時間がかかったか」の評価点の関連性を示したものである。これらの間には、有意な負の相関 ( $r = -0.73$ ,  $p < 0.05$ ) が存在することが確認された。

図6は、全被験者・全夜の「中途覚醒時間」とLSEQの「睡眠の質について快か不快か」



の評価点の関連性を示したものである。図 5 と同様、これらの間にも、有意な負の相関 ( $r = -0.62$ ,  $p < 0.05$ ) が存在することが確認された。

以上より、LSEQ による評価と睡眠経過図より得られた睡眠パラメータの関連性が示唆された。

## (2) 「睡眠の質」評価に生体信号の非線形解析が有効か?

### ①心拍変動解析による睡眠段階推定

図 7 に、ある被験者のある夜の睡眠経過図 (青) と、対応する心拍変動解析のうちの 3 指標 (上: meanRR (平均心拍間隔=時間領域解析の 1 指標, 中: LF (0.04~0.15Hz パワー=周波数領域解析の 1 指標, 下: plpf (短期記号力学解析=非線形解析の 1 指標), 赤) を示す。睡眠段階の変動と meanRR および LF との間には負の相関の傾向が、plpf との間には正の相関の傾向がそれぞれ見られた。

これより、たとえば meanRR と LF が小さく、かつ、plpf が大きければ中途覚醒である確率が高いことから、(1)②より LSEQ の「睡眠の質について快か不快か」を間接的に評価可能であり、心拍変動に非線形解析 (短期記号力学解析) を適用することの有効性が示唆された。

### ②睡眠経過図の非線形解析による「睡眠の質」評価

得られた睡眠経過図に対して記号力学解析を行い、単語 (睡眠段階が 1 エポック前と比べて深化した場合を 2, 等しい場合を 1, 浅化した場合を 0 で記号化し, 3 つの記号を 1 つの単語とする) の出現確率を算出した。その結果, OSA-MA の因子 2 (入眠と睡眠維持) の評価点が 50 未満 (悪い) の場合と 50 以上 (良い) の場合で, 単語「202」(睡眠段階が「深化-浅化-深化」と変化するパターン) の出現確率がそれぞれ  $4.7 \pm 1.7\%$ ,  $1.7 \pm 1.6\%$  となり, 有意な差が認められた。同様に, 因子 3 (夢み) の評価点が 50 未満と 50 以上の場合で, 単語「020」(睡眠段階が「浅化-深化-浅化」と変化するパターン) の出現確率がそれぞれ  $1.8 \pm 1.6\%$ ,  $4.1 \pm 2.0\%$ , 単語「202」の出現確率がそれぞれ  $1.8 \pm 1.6\%$ ,  $4.7 \pm 1.7\%$  となり, それぞれ有意な差が認められた。

並行して, 心拍変動の記号力学解析 (RR 間隔を 1 秒で補完し, その値が直前の値よりも大きい場合を 1, 小さい場合を 0 で記号化し, 3 つの記号を 1 つの単語とする) による睡眠段階推定の検討も行った。その結果, 単語「101」「010」(RR 間隔の変動が激しいパターン) の出現確率は覚醒が最も高く, 睡眠段階が深化するにつれて出現確率が有意に低下した。

これより, 「1. 心拍変動の記号力学解析により睡眠段階を推定」し, 「2. 推定された睡眠段階により睡眠経過図を作成」することで,

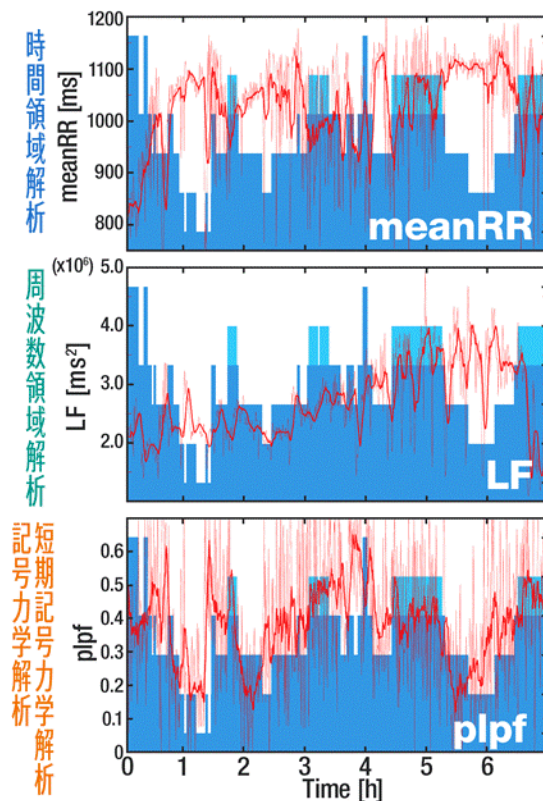


図 7 ある被験者のある夜の睡眠経過図 (青) および対応する心拍変動解析のうちの 3 指標 (赤)

「3. 作成された睡眠経過図の記号力学解析により OSA-MA の評価点を推定」することが可能であり, 心拍変動に非線形解析 (記号力学解析) を適用することの有効性が示唆された。

以上より, (1) 「睡眠の質」評価に生体信号は利用可能であり, (2) 「睡眠の質」評価に心拍変動の (短期) 記号力学解析が有効であることが見出された。

## 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 1 件)

- ① Tomohiko Igasaki, Shohhei Kamada, Yuki Hayashida, Nobuki Murayama, Identification of sleeping quality by EEGs in humans, *Proceedings of the 6th International Conference on Complex Medical Engineering*, 535-539, 2012, 査読有

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

伊賀崎 伴彦 (IGASAKI TOMOHIKO)  
 熊本大学・大学院自然科学研究科・准教授  
 研究者番号: 70315282