

ウェアラブルセンサを用いた入眠と覚醒タイミングの正確な推定方法の提案

岡村 昂幸 (15812012)

ロペズ研究室

1. はじめに

現在、日本の成人の 5 人に 1 人が何らかの睡眠障害を抱えていると言われている。睡眠障害には入眠障害や中途覚醒といったものが挙げられる。しかし、それらを本人が気付くことは難しく、睡眠状態の改善のために睡眠を解析し、評価することが重要である。近年手軽に利用できる睡眠計が存在するが、これらは入眠・覚醒の推定の際に主に体動のみを用いた睡眠状態推定であるため、十分な精度で入眠・覚醒のタイミングが把握できない。自律神経系の活動は睡眠と関係があるとされる。そこで本研究では、心拍計と加速度が搭載された小型なウェアラブル計測器を使用することで、心拍と体動を計測、解析し、入眠・覚醒時間を推定する。

2. 関連研究

覚醒に適切な時間を判断するために、加速度と心拍を用いた研究が行われている[1]。本研究とは目的が異なるが、覚醒時間の推定に加速度と心拍が有効であると考えられる。睡眠時について、睡眠の深さを示す段階が存在するが、心拍変動を用いてその段階ごとの特徴を抽出し、移行を的確に把握されている[2]。本研究では入眠覚醒時間に焦点をあて、それらの推定を行う。

3. 入眠・覚醒推定手法

3.1 LF/HF

取得した心拍データの RR 間隔を線形補間した後、フーリエ変換(FFT: Fast Fourier Transform)して得られたパワースペクトルから低周波成分(LF: Low

Frequency)と高周波成分(HF: High Frequency)の変動を算出する。LF, HF は交感神経、副交感神経と関係があり、LF/HF 比が高い場合は交感神経が優位、低い場合は副交感神経が優位である。計測した心拍データについて、LF/HF の高周波を通過して平滑化したものを図 1 に示す。図中の赤い点線は入眠、青い点線は覚醒した実際の時間である。入眠・覚醒時間に注目すると、入眠時には下降傾向にあり、覚醒時には上昇傾向にある。

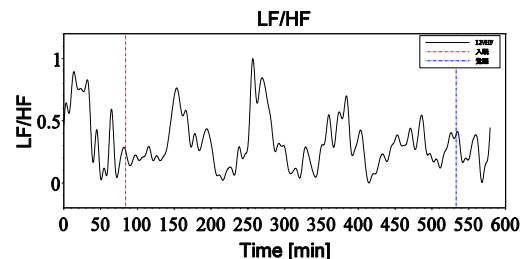


図 1 平滑化後の睡眠中の LF/HF の変動

3.2 STE

区間内のエネルギーを算出する短期エネルギー(STE: Short-Term Energy)を LF/HF に適用する。適用した結果を図 2 に示す。睡眠中は浅い睡眠であると、深い睡眠が一定の周期で見られるとされており、図中の緑色の線は睡眠中の周期を示している。それに対して覚醒時ではその周期が見られない。

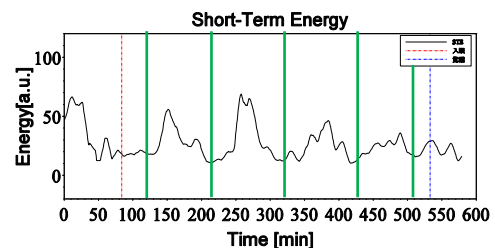


図 2 睡眠中の LF/HF の STE

2015 (平成 27) 年度卒業論文要旨

3.3 加速度

本稿では寝返りに注目し、体の左右方向の x 軸加速度を用いる。実際に計測したデータの心拍 1 拍間ごとの平均値を図 3 に示す。入眠直後や覚醒直前では頻繁な体動が見られず、睡眠中は寝返りによる大きな変動が見られた。

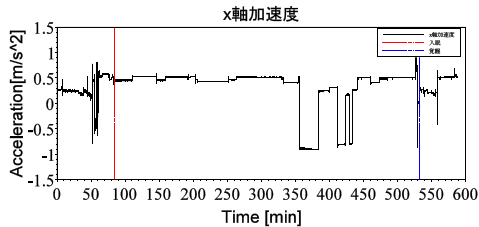


図 3 x 軸加速度の心拍 1 拍間ごとの平均値

3.4 入眠・覚醒時間の推定

睡眠周期が見られず、頻繁な体動が確認できない時間帯に入眠・覚醒していると考えられる。よってそれらの時間帯において、LF/HF が下降し始めた時間を入眠時間とし、LF/HF が上昇し終えた時間を覚醒時間とする。

4. 実験

4.1 実験方法

実験機器は心拍計と 3 軸加速度計を内蔵した WHS-2 を使用する。入眠時間を記録するために、スマートフォンアプリを実装した。被験者はアプリを起動したスマートフォンを持ち、音が鳴ったら画面をタッチする。音は 15 秒おきに鳴り、4 回連続でタッチしなかった場合、最後に押した際の時間を入眠時間の真値とする。覚醒時間は、覚醒時に被験者に直接記録させた。被験者は健康な成人男性 1 名(23 歳)で、7 日間夜に自室で寝るよう指示した。

4.2 実験結果

入眠・覚醒時間と真値との誤差の結果を表 1 に、既存デバイスとの精度比較を表 2 に示す。(+)は真値よりも遅い誤差、(-)は早い誤差である。その結果、真値との比較の場合、平均誤差は入眠推定が 189 秒、覚醒推定が 264 秒であった。既存デバイスとの精度比較の結果は、入眠時間推定は既存デバイスより精度よく、覚醒時間推定は同等の精度で推定できた。

表 1 入眠・覚醒時間の推定誤差

	1	2	3	4	5	6	7	平均誤差
入眠誤差(sec)	5(+)	573(-)	12(+)	93(+)	209(-)	318(+)	113(-)	189
覚醒誤差(sec)	476(-)	452(+)	481(+)	173(-)	151(+)	112(+)	45(-)	264

表 2 既存デバイスとの精度比較

	入眠誤差(sec)		覚醒誤差(sec)	
	提案手法	既存デバイス	提案手法	既存デバイス
1	5(+)	162(-)	476(-)	165(-)
2	573(-)	1820(-)	452(+)	199(+)
3	12(+)	128(-)	481(+)	820(+)
4	93(+)	136(-)	173(-)	102(-)
5	209(-)	328(-)	151(+)	159(+)
6	318(+)	251(+)	112(+)	231(-)
7	113(-)	98(-)	45(-)	391(-)
平均誤差	189	418	264	295

4.3 考察

誤差の原因として、覚醒時に覚醒しても安静にしていたため加速度の変動が見られず、誤差が生じたと考えられる。既存デバイスとの比較では、真値よりも早い時間で推定している。日常的に推定を行う場合、例えば入眠時間推定は居眠り運転防止があり、覚醒時間推定は快適に覚醒できる目覚まし時計が挙げられる。これらは入眠・覚醒するよりも前に検知する必要があるため、既存デバイスの方が日常的な利用が可能である。

5. おわりに

本研究では WHS-2 を使用して、入眠・覚醒時間の推定の可能性を検証した。その結果、平均誤差は入眠推定が 189 秒、覚醒推定が 264 秒となり、既存デバイスとの精度比較の結果は、入眠時間推定は既存デバイスより精度よく、覚醒時間推定は同等の精度で推定できた。今後は被験者を増やすことで多くのデータを取得し、個人間の影響について検討する。

参考文献

[1]Zakaria M. Djedou, Fabrice Muhlenbach, Pierre Maret, Guillaume Lopez, "Can Sequence Mining Improve Your Morning Mood? Toward a Precise Non-invasive Smart Clock", IWWISS'14, pp. 1-10, 2014

[2]谷田陽介, 萩原 啓, "心拍 RRI のローレンツプロット情報に着目した睡眠移行期の簡易推定法", 生体医工学 (Vol. 44, No. 1), pp. 156-162, Mar., 2006.