

短時間睡眠支援に向けたスマートフォンによる入眠時刻の推定 Smartphone-based Estimation of sleep onset time for short sleep support

永田 大地† 荒川 豊† 安本 慶一†
Daichi Nagata Yutaka Arakawa Keiichi Yasumoto

1. はじめに

近年、不眠症などの睡眠に関する病気の患者発生数、睡眠に悩みを抱える人々が多く見られ、多くの人が睡眠不足に悩まされている。人間は睡眠時間の不足や食事後などの特定の時間帯的な理由から著しく眠気を催し、作業への集中力を損なう。ときに居眠り運転などの事故の発生までも引き起こす恐れがある。人々は眠気による睡眠効率の向上を望んでいる。上記課題の一つの解決策として、短時間の睡眠を取り入れることが挙げられる。短時間睡眠を積極的に取ることで作業効率の低下を防ぐ場合がある。関連する研究や調査も進められ、短時間睡眠を推奨する内容の研究報告が相次いで発表されている[1]。昼間と夜間の睡眠効果を視覚学習効果などの比較により調査を行い、1時間半の昼寝は1晩分の睡眠に等しい効果を持つ[2]。さらに、作業効率の低下を防ぐ方法として、ここで、効果的な短時間睡眠を行うためには適した時間帯、長さで睡眠を取る必要がある。特に留意しなければならないのが睡眠時間の超過である。睡眠の取得し過ぎにより深い眠りについてしまうと、起床後の作業効率が優れないばかりか、夜の睡眠習慣に影響してしまう可能性がある。起床に目覚ましなどを利用する場合、起床は固定の時刻後となり、実際の睡眠経過時間とは無関係である。このような睡眠の取り方では不十分な睡眠を生む。入眠時刻の検出を行い、推奨される時間経過後に起床を促すことが可能であれば、効果的な短時間睡眠の支援が可能となる。

本来、睡眠は脳波と体動、その他生体情報を組み合わせた終夜睡眠ポリグラフ検査(PSG)により、細かな睡眠段階までも判定される。しかし、高価な専用機器や専門の技師が必要となるため、一般人が家庭で日常的に計測することは困難である。そこで、我々は簡易的に計測可能な心拍数を利用した入眠検出を目指す。計測は生活に身近なスマートフォンを用いる。最新スマートフォンには、10種類以上ものセンサが搭載され、各性能は高まってきている。最近では、スマートフォンと連動したウェアラブルデバイスが開発され、より精度の高いセンシングが可能となっている。スマートフォンベースの測定により、大規模な器具や用いることなく入眠検出のためのデータ取得が可能となる。センサにより取得可能な整理指標のなかから、睡眠との関連性が高いものを選択する必要がある。また、簡易脳波計を用いることにより、スマートフォンのセンサで取得が不可能な脳波データも同時に収集し、睡眠状態や心理状態の推定に活用する。しかしながら、終夜睡眠ポリグラフと同程度の精密さで睡眠段階の推定を行うことは困難である。今回、短時間入眠検出を行うことに関しては、取得可能な情報が少なくとも、データ分析方法や検出アルゴリズムの検討次第で検出精度を必要十分な精度まで高めるこ

とが可能と思われる。本研究では、短時間睡眠における適切な時刻での起床支援を目的とし、人体に低負担で測定可能なスマートフォンベースの入眠時刻推定システムに関する検討をした。

2. 関連研究

睡眠状態の計測や可視化に関する既存研究について述べる。

2.1 医学分野における睡眠検査

睡眠検査は脳波を含む多くの生理指標を測定するPSGが標準的睡眠検査手法である。しかし、PSGは詳細な環境設定などが必須であり、被験者にかかる負担も大きい。また、睡眠環境の変化が検査結果に及ぼす影響が大きい[3]。このPSGの代替手法としてアクティグラフと呼ばれる体動による検査方法も高精度な検査方法として用いられている[4]。アクティグラフは、身体の動きに基づいて行うアプローチであり、臨床現場でも採用されている。精密性と汎用性の高さからGround truthとしてアクティグラフを用いた研究実験も行われている[5][6]。以上2つの検査方法では、高精度で睡眠段階の変化が測定可能であり、不眠症患者などの不眠原因の追求などに役立てられる。

2.2 睡眠習慣可視化支援サービス

睡眠習慣の可視化を支援するサービスが健康機器メーカーにより販売される睡眠計や、ワイヤレス活動量計が提供されている。質の高い睡眠を得るためには、睡眠状態について知ることが不眠の原因などを明確化させ、睡眠の改善すべき点をユーザが意識することが推奨されている。すなわち、可視化は睡眠習慣の改善に対するアプローチと言える。TANITA社製の睡眠計(SL-501[7])は呼吸と脈拍、体動の検出により睡眠/覚醒の判定と睡眠の深さを導出することが可能である。その判定精度は、アクティグラフとの一致率が90%以上であり、一般的な睡眠状態推定において有用性は明らかである[8]。また、活動量計は小型軽量化が進んでおり、継続的な計測を支援する。人々の健康意識が高まるなかで、FitbitやJawboneなどの活動計で身体活動のモニタリングが身近なものになっている。それらの活動量計はスマートフォン用アプリとワイヤレスに連動し、データ管理や活動量の可視化を飛躍的に向上させる。今日までに開発された多くの睡眠評価機器において、医学的根拠に基づいたものは限られたものだが、簡易的に睡眠状態を把握することが可能となっている。

3. 短時間睡眠支援

短時間睡眠の取得が睡眠不足による集中力の低下などを防ぐ有効な方法であると理解していても、実際に日常生活の中に積極的に取り入れるのは困難な場合もある。睡眠を職場などで行う場合、一度寝付くとなかなか起きることが

† 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科,
Nara Institute of Science and Technology

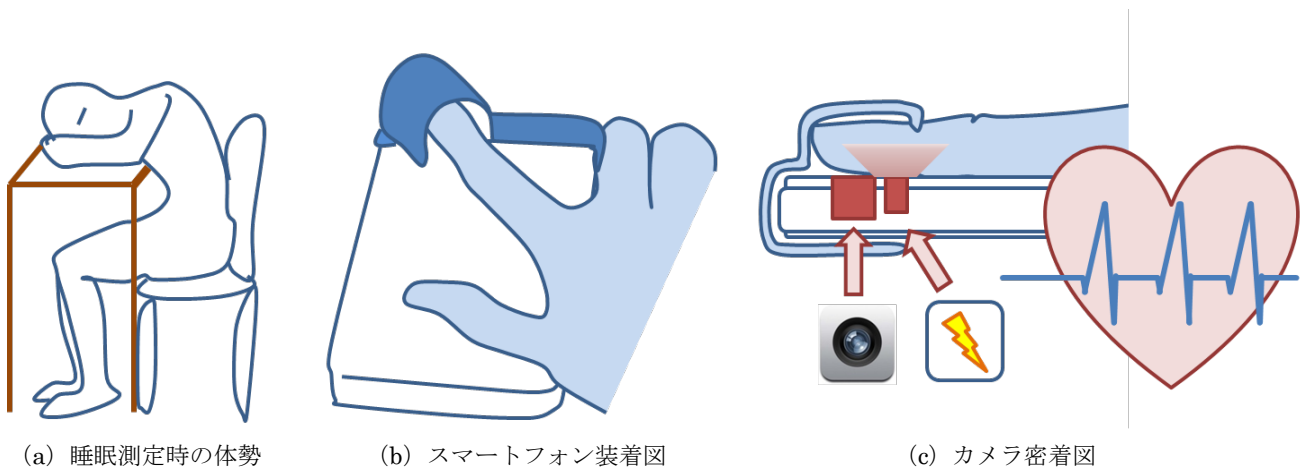


図1 入眠検出システム構成図

できなくなる心配や、職場の制度などにより限られた時間帯の中で寝付く必要がある状況などにより、理想の睡眠を取れないこともある。このような心理的なストレスが、普段とは違う環境や制限における短時間睡眠では増加する傾向にある。我々はストレス無く、安心して短時間睡眠の取得支援を目的とする。本研究では、短時間睡眠支援に向けた、生理指標を用いた入眠検出方法を提案する。提案システムは、センサデータのリアルタイムな分析を行い入眠の時刻を検出し、最適な時間経過後に起床を促す。これにより短時間睡眠を行う際に起こる睡眠時間の不足と超過を防ぎ、適切な睡眠時間の確保が可能となる。入眠の検出には、睡眠の深さと自律神経の活性状況との間に相関があるという知見を用いて、生理指標を用いる。生理指標とは、脈拍や心拍、呼吸、発汗などを指す。これらの指標はそれぞれ、スマートフォン単体、小型センサで計測可能である。将来的にはスマートフォン1台のみでの計測を行い、ユーザへの制限を極力減少させたシステムを目指す。これまでも、簡易的な睡眠推定法が提案されているが多くが夜間の一般的な睡眠を扱うものであり、短時間の睡眠に着目した例は少ない。

3.1 システム構成

実験を行う際の、実験の環境設定及び、計測機器の構成図を図1に示す。被験者は(a)のような腕を枕にして、机に突っ伏した体勢で睡眠を行う。その際に、(b, c)のようにスマートフォンのカメラ部分に指の先端を密着させる。これにより、スマートフォンのカメラで撮影した指先の写真のみで心拍の計測を行うことが可能である[9]。また、睡眠中に無意識に指が離れてしまわないように補助バンドもスマートフォン本体に装着する。体と触れていることで、本体機能であるバイブレーションにより起床を促すことも可能である。

3.2 脳波計測

睡眠の満足度や効果は個人の体感によるところが多く、定量的に評価することが困難である。また、体調や季節の変化などによる変化によるものと混同しかねない。睡眠の質を考慮することにより、単に固定時間後に起床させるだけではなく起床後の頭の冴え方も記録し評価に用いる。そ

こで、B-Bridge社製の簡易脳波計(B3-band[10])を用いる。B3-bandは、安価で入手しやすいが、脳波の周波数成分の他に個別に集中度、瞑想度を取得可能である。

4. 入眠検出に向けて

スマートフォンのみで、入眠の検出が可能かどうか検証を行う。まず、心拍のみで入眠検出を行い、心拍と短時間睡眠との関連性を見出すことを目的とする。実験では、同時に睡眠の質を示すGround truthとして、簡易脳波計による脳波データと、アンケートベースで睡眠の質を測定し[11]、心拍との相関関係を明らかにする。

5. まとめ

今回、短時間睡眠における最適時刻起床支援を目的とし、低負担で継続的に生体情報を測定可能なウェアラブルデバイスとスマートフォンを用いた入眠時刻推定に関する検討した。今後は、システム実装及び、被験者実験による評価を行い、検出精度の検証を行いたい。

参考文献

- [1] M Hayashi et al., "The effects of a 20 min nap in the mid-afternoon on mood, performance and EEG activity". Clin Neurophysiol, Vol.12, No.114, pp. 2268-78 (2003).
- [2] SC Mednick. "Take a Nap!:Change Your Life", New York, Workman Pub (2006).
- [3] 野田 朋子, 小池 保雄, "終夜睡眠ポリグラフィ", 生体医工学, Vol.46, No.2, pp.134-43 (2008).
- [4] 中山 栄純, 小林 宏光, 山本 昇. "アクチグラフによる睡眠・覚醒判定の基礎的検討". 石川看誌, Vol.3, No.2, pp.31-7 (2008).
- [5] Hao T., Xing G., Zhou G. "isleep: Unobtrusive sleep quality monitoring using smartphones", SenSys, pp.1-14 (2013).
- [6] Min Jun-Ki, et al., "Toss'n'turn: smartphone as sleep and sleep quality detector", CHI, pp.477-86 (2014)
- [7] 株式会社タニタ. <http://www.tanita.co.jp/>.
- [8] 小西 円, 中西 純子, 西田 佳世, "高齢者の睡眠/覚醒判定におけるセンサーマット型睡眠計の有用性—アクティグラフとの比較から—", 愛媛県立医療技術大学紀要. vol.9, no.1, pp.5-9 (2012).
- [9] Cardiograph, <http://macropinch.com/cardiograph>
- [10] B3-band, <http://tokyodevices.jp>
- [11] Buysse D.J., Reynolds C.F., Monk T.H., Berman S.R., Kupfer D.J., "The Pittsburgh Sleep Quality Index: A new instrument for psychiatric practice and research", Psychiatry Res, Vol.28, No.2, pp.193-213. (1989)