

ウェアラブル端末を利用して改善する 学生の睡眠時間帯についての考察

上 田 敏 樹

1. はじめに

睡眠は日常生活における活動と密接な関係を持つため、睡眠障害や睡眠不足は、人が本来発揮できる行動に対し大きな制限となる可能性を持つ。日本人は他の先進諸国と比べて睡眠時間が短いとの調査結果が経済協力開発機構(OECD)等により報告されているが、10代および20代の日本人はICT (Information and Communication Technology) の高度化とスマートフォン社会の到来^[3]により十分な睡眠時間と質が確保できない要因が増加し、夜型化が進んでいると考えられる。特に、大学生の場合は自由な時間が比較的多いため生活パターンが乱れ、それが学習の進展に影響する可能性がある^[4]。

大学生の睡眠についてのこれまでの研究はピッツバーグ睡眠質問票などの質問票による学生からの回答データを分析したものが^[5]多い。一方、近年、身近なIoT (Internet of Things) であるウェアラブル端末の着用がキャンパスにおいても始まっている。そこで、睡眠時間帯の改善を希望する1名の学生に対し、2017年1月から11月までの間、リストバンド型とメガネ型のウェアラブル端末を利用して生体データを直接取得する方法により、自主的な睡眠時間帯改善プロセスにおけるデータの取得・解析と、さらに睡眠状態と授業での集中度の相関関係の分析を試みた。本実験により、大学生の睡眠状況を自身が自覚するための方法としてリストバンド型ウェアラブル端末が有効であること、また、生活リズムが不規則になる原因はスマートフォンの過度な利用にあること、さらに生活パターンを可視化することが睡眠時間帯の改善に役立つことが一事例として確認できた。

2016年に実施した先行研究におけるBMI改善事例^{[8][9][10][11]}を含めて大学生の睡眠時間や睡眠時間帯を基準にした生活の改善事例について考察する。

研究協力者である学生からのデータ提供については大谷大学の研究倫理規定

に基づく個人データ提供に係る同意書を締結した上で、その取扱いを慎重に実施した。

2. 2016年に実施した先行研究

2.1 商用リストバンド型ウェアラブル端末 (Fitbit)^[12] 着用による BMI 改善

2016年に3名の学生に対してFitbit着用による自身の健康状態に対するモニタリングを開始した。その中の1人は、2016年の夏からFitbitの着用による睡眠時間と歩数のデータ取得に加え、体重とBMIを自身で書き留めるようになった。

BMIは体重と身長の数値を使って肥満や痩せの度合いを知るためのものであり、体重(kg)を身長(cm)の自乗で除した数値である。日本人は25.0未満であれば正常、30.0未満であれば肥満度1、35.0未満は肥満度2である。3名のうち1名の学生については著者からの助言に加え、その学生自身の努力により12週間後のBMI改善が認められ成功した。学生のBMIは、肥満度2の30.6から28.65となり-2.48の改善効果があった。

図1は歩行数と睡眠時間の両方の変動要因が2016年10月9日から2016年12月31日にかけて小さくなっていることを示している。これは学生が毎日一定の歩行を行いながら、また同時に睡眠時間についても毎日一定の睡眠を定常的に確

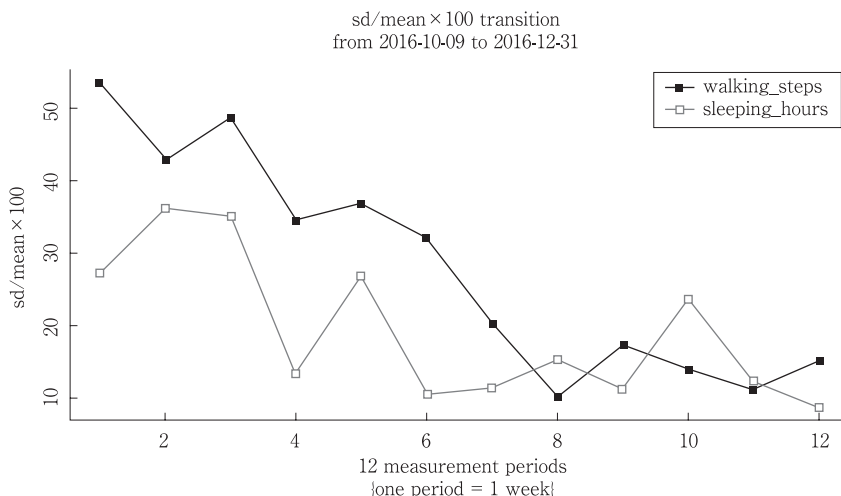


図1 睡眠時間と歩数の変動係数の改善例

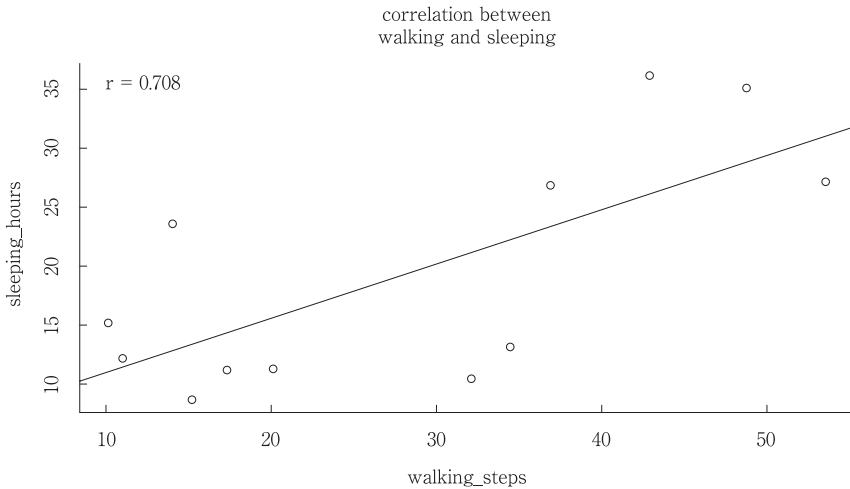


図2 睡眠時間と歩数の変動係数の相関関係

保したことで、変動要因が小さくなったことを示している。図2は歩行数と睡眠時間の変動係数をプロットしたものであり、両者の相関係数が0.708と強く関連していることを示している。他の2名の学生は特に生活改善を必要とする問題がなかったこともあり、Fitbitの継続的な装着には至らずデータ取得は出来なかった。

2.2 学生の評価

BMI改善に成功した1人の学生のコメントは次の通りである。

(1) 一定の歩行と睡眠を続けるという動機はシステム上の記録をチェックすることによって維持される。特にデータの視覚化は数字を確認するよりも効果的であった。

(2) 睡眠時間は自分自身のコントロールの外にあるが、目標歩行数については毎日達成するのが徐々に容易となっていった。また、8,000歩歩いたときは次の日に9,000歩歩きたい意欲が生まれた。このように毎日一定数の歩行を確保することは徐々に自身の習慣となった。

(3) 筆者からのアドバイスは自身の活動に関するモチベーションを維持する

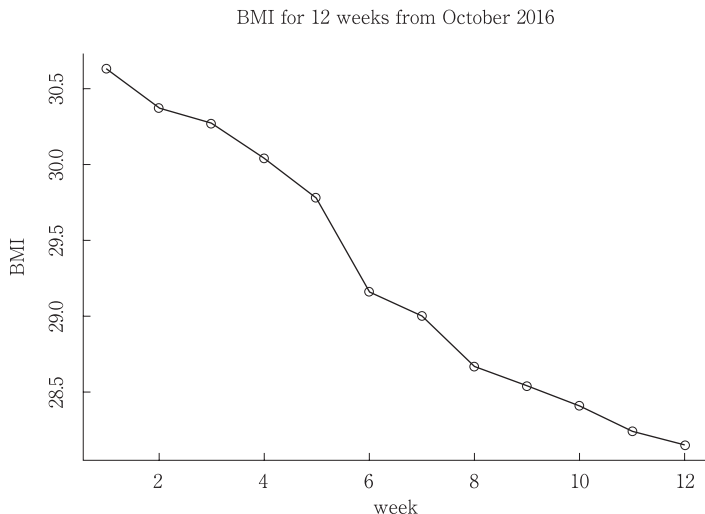


図3 BMIの改善例
(2016年10月10日から12月の間)

のに有効であった。開始から数週間が経過したとき、モチベーションが弱くなっていることが認められた際、筆者からの直接のアドバイスあるいはLINEによるメッセージは、特にピア・サポートとしてうまく機能した。^[13]

BMIの改善推移を図3に示す。学生自身のFitbitと本システムから得られたデータ以外にも、学生は毎日自分の体重とBMIを記録した。学生のBMIの推移グラフは、12週間学生自身が記録したメモにも基づいたものである。学生はこの計測を始めてから12週間後には身体がかなり活発になったと感じていた。

2.3 課題

本研究の課題はリスト型ウェアラブル端末を利用したデータの可視化によるBMI改善が学習行動に対してどのような効果、あるいは影響を与えたかなどの関係が不明な点である。この点の解明を進めるため2017年の実験を実施した。

3. 2017年の実験方法

商用リストバンド型ウェアラブル端末 (Fitbit) 着用による睡眠状況の把握と商用メガネ型ウェアラブル端末 (JINS MEME) 着用による授業中の集中度の測定を実施した。^[14]

3.1 睡眠や集中度の測定手段

4年生の学生1名に対してリストバンド型ウェアラブル端末Fitbitとメガネ型ウェアラブル端末JINS MEMEを貸与した。いずれもスマートフォンのアプリで測定結果を確認できる。

(1) リストバンド型ウェアラブル端末Fitbit (図4左)

Fitbitには手首の動きを検出する加速度センサーと緑色の光を皮膚に照射し手首の血液量の変化を計測する光検出器が装備されている。この2つのセンサーを使い動作と心拍数の変化(心拍変動)を組合せて睡眠の時間(睡眠時間、睡眠開始時刻、睡眠終了時刻)や睡眠の質(目覚めた時間と回数、レム睡眠、浅い睡眠、深い睡眠)を推定する。

Fitbitではノンレム睡眠で一般的に定義されるレベル1から4のうち、レベル1および2を浅い睡眠、レベル3および4を深い睡眠として定義している。

(2) メガネ型ウェアラブル端末JINS MEME (図4右)

メガネに3点式眼電位センサー(正の電位を帯びている眼球の角膜側が視線や瞬きの際に動くことで、周辺の皮膚の電位に変化が生じ、これを測定する。)、3軸加速度センサーおよび3軸ジャイロセンサーおよびが内蔵されており、目や頭の動きおよびまばたきを検知する。これらのデータをスマートフォンにインストールしたJINS MEME Officeアプリが集中度を100点満点で数値化する。集中については、人は集中すると目の瞬きの回数が減り、目自体の動きも少なくなる。

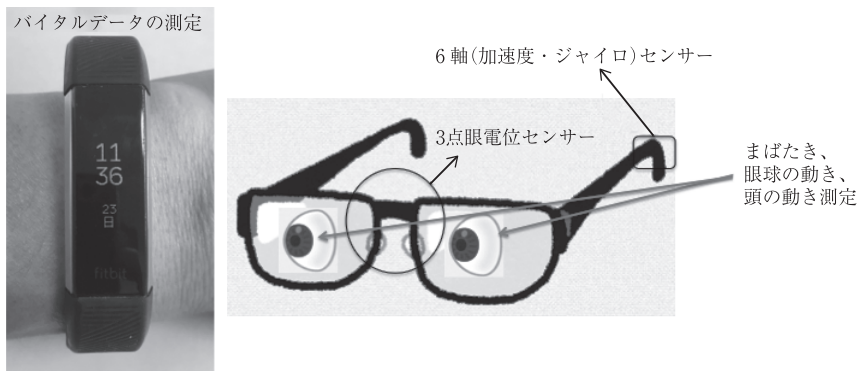


図4 リストバンド型とメガネ型ウェアラブル端末

さらに、姿勢の変化が少なくなることを利用している。この3要素の測定結果の合計点を100満点とし、80点以上であれば深い集中、60点以上が集中と定義されている。

3.2 測定期間

Fitbitによる測定は、2017年1月、4月、8月、10月の各々1ヶ月間4回実施した。また、FitbitとJINS MEMEの両方を使った測定は2017年11月の1ヶ月間1回実施した。このFitbitによる5ヶ月間の測定は、学生の入浴時間を利用したFitbitの充電時間、その他一時的な未装着時間を除いて、就寝中も含めFitbitの常時装着によるものである。いずれも睡眠状況を改善しようとする本人の自主性によるものであり、筆者による具体的な測定期間への介入はない。

4. 実験結果

4.1 帰宅時刻

2017年1月、4月、8月、10月の帰宅時刻を図5に示す。4月と8月は大きなバラツキがあるものの、20時以前に帰宅している。

4.2 睡眠状況

2017年1月、4月、8月、10月、11月の睡眠について、各月の睡眠開始時刻、睡眠終了時および睡眠時間を図6、7、8に示す。

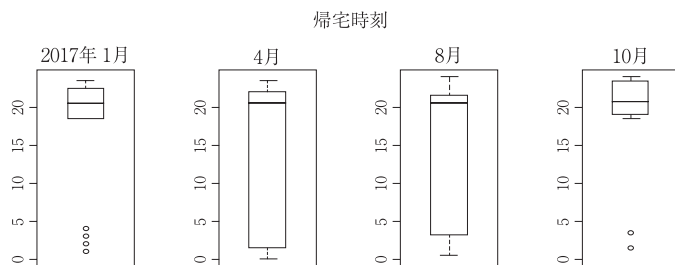


図5 帰宅時刻

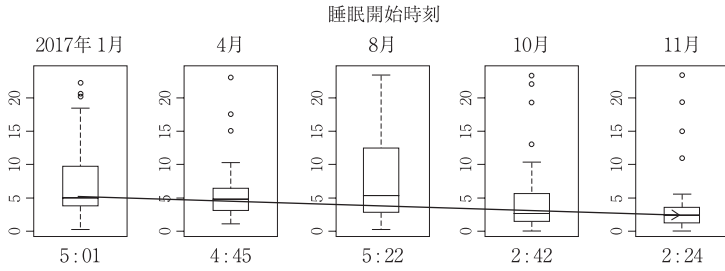


図6 睡眠開始時刻

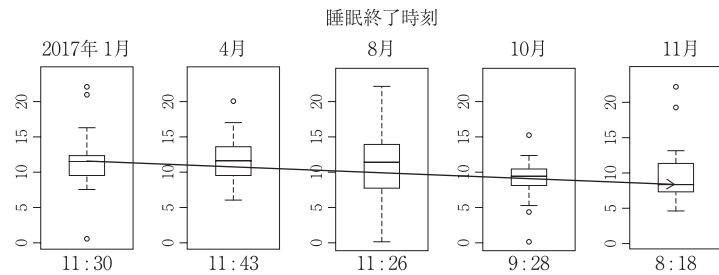


図7 睡眠終了時刻

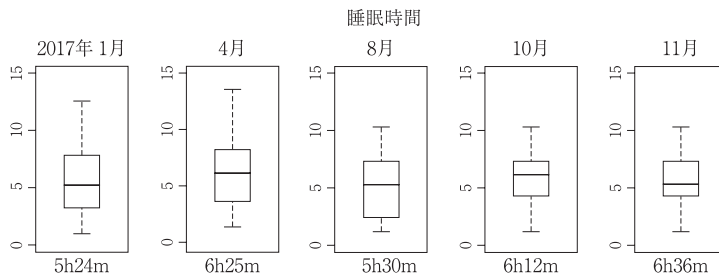


図8 睡眠時間

4.3 集中度の測定

(1) 23日間の集中度測定

集中度はJINS MEMEを着用し当日の最初の授業中に10分間計測した。期間は2017年11月中の23日間である。また、100点満点の集中度は、60点以上が集中と定義されているが、計測では平均値は52.7、中央値は51.0であった(図9)。

(2) 集中度と睡眠データの相関関係

図10は集中度と7つの睡眠データとの相関を可視化した散布図行列であり、

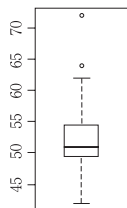


図9 集中度ポイント



図10 集中度と7つの睡眠データとの相関関係

右上段には相関係数、左下段には散布図、対角線には変数の名前とヒストグラム、確率密度曲線を示す。ここで、相関係数以外の図は、単なる数字の相関係数を可視化しており、その関係の直感的な理解を助けるために有用である。また、対角線に示した変数は次の通りである。

- Fitbit による測定
 - sleeping.m: 睡眠時間 (分)、awake.m: 覚醒時間 (分)、awake.freq: 覚醒回数、bedtime.m: 就寝時間 (分)、rem.m: レム睡眠時間 (分)、shallow.m: 浅い睡眠時間 (分)、deep.m 深い睡眠時間 (分)
- JINS MEME による測定
 - focus.point: 集中度

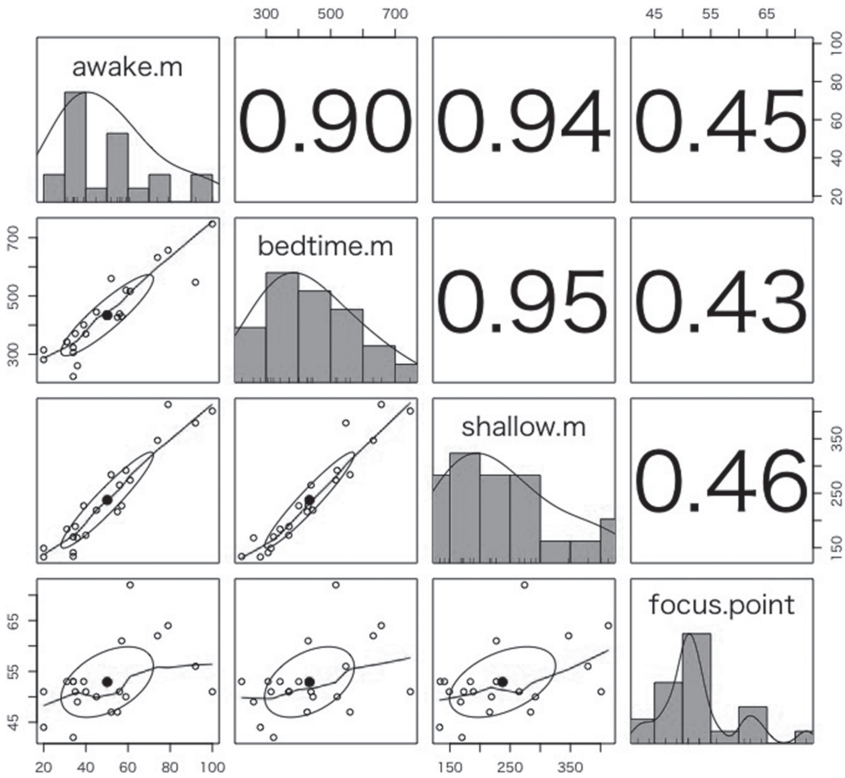


図11 集中度との相関が比較的高い睡眠データとの相関関係

(3) 集中度を目的変数とする重回帰式

JINS MEME から得られた集中度を目的変数とし、また Fitbit から得られたデータを説明変数とした重回帰分析を試みる。集中度は睡眠データのいずれとも強い相関はないものの、Fitbit から得られたデータのうち、目的変数である集中度 focus.point と相関関係が比較的高い 3 変数である睡眠中の覚醒時間 awake.m、就寝時間 bedtime.m、および睡眠の質を示す shallow.m のみを説明変数として抽出し、作成した散布図行列が図11である。

この相関関係の作成に使ったデータの中から特異値を除外するために図12左上に位置する Residuals vs Fitted (データの当てはまりが悪いデータにラベル表示) および図12右下に位置する Residuals vs Leverage(正規分布に従っていないデータにラベル表示) を利用しその効果を確認する。除外するデータは、各々の図にお

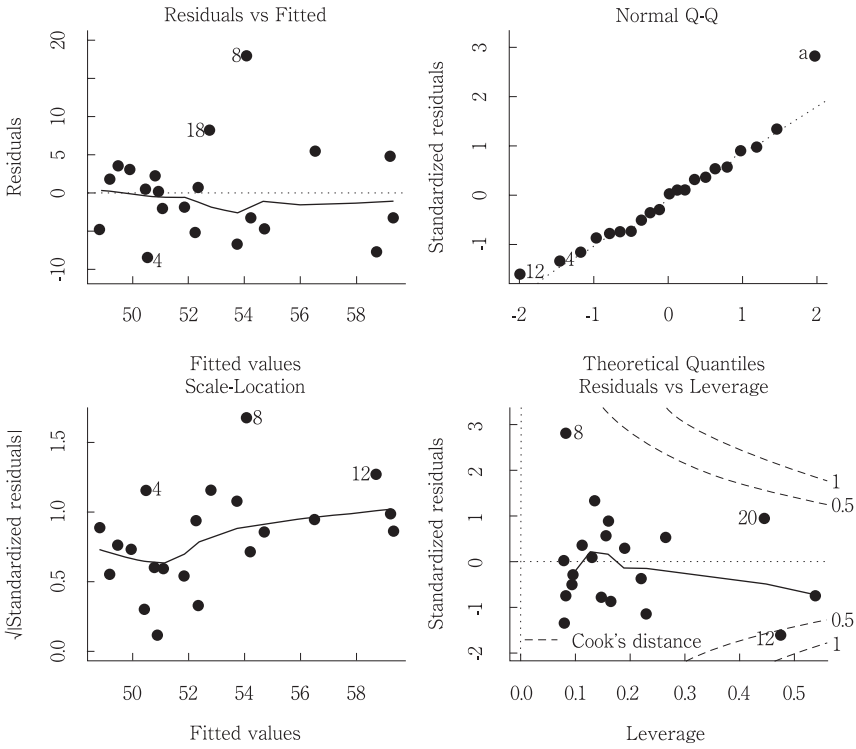


図12 対象データからの特異値の除外

いてラベルが付けられている3つのデータ（前者では4、8、18、後者では8、12、20）であり、除外後の相関関係を図13（左：Residuals vs Fittedによる、右：Residuals vs Leverageによる）に示す。

表1は、図11と図13のデータを使った3つの場合の重回帰式を比較したものである。いずれも切片の値に比べて他の変数の係数は小さく、また有意性も十分ではないことが Adjusted R-squared(自由度調整済みの決定係数) および p-value (p 値) に現れている。元々の相関が弱いことから予測できたことではあるが、目的変数に対する説明が十分なされているとは言えない。これは欠損値のない完全データの総数が21と少数であることに起因する。

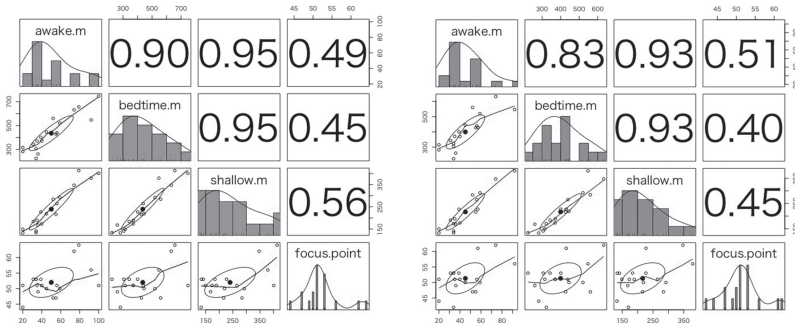


図13 集中度との相関が高い睡眠データとの相関関係（特異値を除いた後）

表1 3つの場合の重回帰式の比較

No.	集中度（目的変数）	集中度を求める重回帰式の係数				重回帰式の有意性		
		切片	就寝中の覚醒時間（分）	就寝時間（分）	浅い時間（分）	Multiple R-squared:	Adjusted R-squared:	p-value
1	全てのデータを使った場合（n=21）	45.147069	0.038967	-0.009122	0.041131	0.2197	0.08199	0.2274
2	Residuals vs Fittedにより4、8、18の3つのデータを除外した場合（n=18）	46.7193	-0.1051	-0.0308	0.1	0.4204	0.2962	0.04837
3	Residuals vs Leverageにより8、12、20の3つのデータを除外した場合（n=18）	45.424097	0.207436	0.005148	-0.025497	0.2696	0.113	0.2082

5. 実験結果に対する考察

5.1 データによる考察

(1) 帰宅時刻と睡眠開始時刻の間

帰宅時刻の中央値は20時前であり、深夜あるいは早朝の帰宅ではないにも関わらず睡眠を開始したのは、1月、4月、8月は5時前後の明け方であり、顕著に睡眠時間帯が後退している。この間、被験者はスマートフォンを使ってSNS、漫画、ゲームなどを利用していたことのことである。この現象は、2017年情報通信白書において、この4年間の質的变化としてスマートフォンが生活の中心になりつつある報告とも符合する^[3]。特に10代、20代の年齢層はそれぞれ143分、129分とスマートフォンによるインターネット利用時間が顕著に長くなっており、また、学生のスマートフォン利用のうち特にSNSは学生の生活習

慣に多大な影響があると言える。

次に、大学1年生の場合は1時限からの授業が多いが、学年が進むに連れて午前中の授業が少なくなることがより多くの睡眠時間の確保につながるものの、被験者においては、結局、スマートフォンの影響により睡眠時間が削られたことになる。

(2) 起床時刻

1月、4月、8月は正午前に起床しており、一般的な就寝時刻と起床時刻を基準^[6](20代女性は0:48就床、7:10起床)にすれば、約4時間、睡眠時間帯が後退した生活を送っていたことになる。ただし、睡眠時間は約6時間を確保できており、20代女性の睡眠時間をほぼ確保できている。これは、自由になる時間が多い学生の生活パターンを生かして、睡眠時間帯を大きくシフトしたことになる。

(3) 睡眠時間帯の改善

Fitbitを装着した2017年1月以降8月までは特に睡眠開始時刻の改善は見られないが、10月には睡眠開始時刻の中央値が午前2時代、睡眠終了時刻が午前10時前と改善している。これは、それまでの生活パターンの可視化による睡眠改善の意識向上に加え、被験者がスポーツジムに午前中通うことを決め実行したことによる。つまり、授業以外の具体的な昼間の行動のための必要性に起因している。

(4) 睡眠状況と集中度の相関

図10に示す通り、利用したデータでは、集中度は睡眠時間や浅い睡眠時間と中程度の相関があるものの集中度を睡眠状態により十分説明することは出来ない。JINS MEMEを使った集中度についての先行研究事例^[14]では、集中の対象である授業の内容について学生がどれだけ興味を持つことができるか、どれだけ理解できるかが集中度と関係していると報告されている。これを考慮すれば、集中度については、睡眠状態のみならず、対象とする授業内容についても要素として加え分析する必要がある。

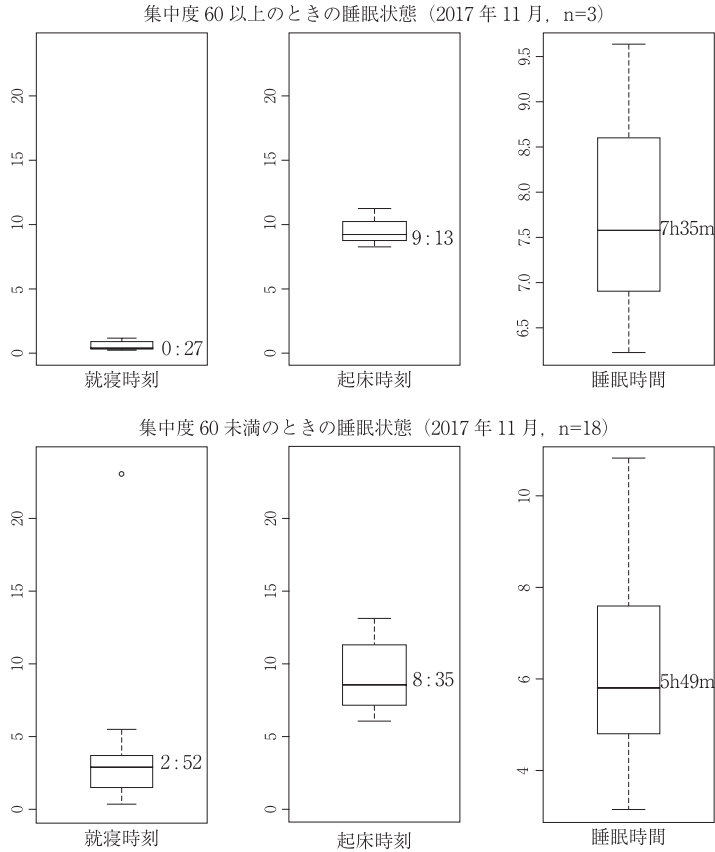


図14 集中度60以上と60未満の睡眠時間帯と睡眠時間

(5) 集中度を高める睡眠

11月に測定したデータの中から集中度ポイントが60点以上 (n=3) と60点未満 (n=18) のデータの各々についての睡眠状況は図14の通りである。集中度の高さは就寝時刻、起床時刻の睡眠時間帯および睡眠時間の長さに関係していると判断できる。

5.2 学生の評価

睡眠時間帯改善に成功した1人の学生のコメントは以下の通りである。

- (1) ウェアラブル端末を利用して可視化した睡眠データから問題点を見つけ、改善したいという意識を持つことで、日中、スポーツジムに通うという

目標を持つことができた。

- (2) 明日何をしなければならないのかを考えることが睡眠開始時刻と睡眠終了時刻を早め、生活パターンの改善につながった。
- (3) 早く起きることで日中の活動時間が増加し、生活が有意義になったと感じた。
- (4) 早く寝て早く起きることを意識し行動すると、翌日も取り組もうと思い、それが継続することで意識しなくても同じように実行することができた。

6. 結 論

2017年の研究では、大学4年生1名について、半年以上に渡るリストバンド型ウェアラブル端末の装着により睡眠データを収集し、生活パターンの可視化による睡眠時間帯の改善が可能な事例を示した。この事例では、日本人の20歳前半の年齢層の就寝時刻である24時30分よりも大幅に遅くなっているが、これが特にスマートフォン利用によるものであることを本人が発見、自覚したことが大きな成果である。そして本人がこの状況を改善するために、スポーツジムに通うという具体的な行動予定を生活の中に入れたことが睡眠時間帯改善につながったと言える。

2016年の研究における学生のコメント「8,000歩歩いたときは次の日に9,000歩歩きたい意欲が生まれた。このように毎日一定数の歩行を確保することは徐々に自身の習慣となった。」と2017年の研究による学生のコメント「早く寝て早く起きることを意識し行動すると、翌日にも取り組もうと思い、それが継続することで意識しなくても同じように実行することができた。」には、ある成功が継続することによって大きな成功へ結びついたという共通点がある。

2年間に渡るウェアラブル端末を使った学生に対する実験では、ウェアラブル端末装着によるデータの可視化が学生の体調や生活パターンにおける問題解決のための課題を明確にし、問題解決に至る方策とその実行力を当人に与えることができた。睡眠時間帯の改善を図るための第1歩としてリストバンド型ウェアラブル端末の着用は効果的であったと言える。

ただし、本報告は、数少ない実験内容から成功事例だけを抽出しており、一般的な睡眠改善方法を示唆するものではない。この点を改善するためには、ウェアラブル端末を数ヶ月間に渡り装着できる被験者を多く募り考察に十分なデータを集めることが必要である。また、睡眠の研究に関して従来から利用されているピッツバーグ睡眠質問票日本語版^[5]を使えば学生の主観的データ取得により、ウェアラブル端末による客観的データと比較することが出来る。前者の実行には困難が伴うものの、この問題を克服し、これら2つの手段等の実行により、より一般的な考察を導くことができるように今後の研究を進めることとしたい。

謝辞 本研究は JSPS 科研費16K00495の助成を受けたものである。また、長期間に渡る本実験に協力していただいた学生諸氏に感謝する。

- [1] OECD.org, <http://www.oecd.org/gender/data/balancingpaidworkunpaidworkandleisure> (2018年9月27日閲覧)
- [2] Andrew Steptoe, et al, "Sleep Duration and Health in Young Adults", *Archives of Internal Medicine*, September 2006, 166(16), pp.1689-1692
- [3] 総務省『平成29年版情報通信白書』スマートフォン社会の到来、第1章図1-1-1-7~11, pp.5-6
- [4] 杉田義郎『大学生の生活リズムと睡眠問題』大学と学生、第563号、2011.1、pp.17-23
- [5] 土井由利子、箕輪眞澄、大川匡子、内山真『ピッツバーグ睡眠質問票日本語版の作成』精神科治療学1998、13(6)、pp.755-769
- [6] 石黒康貴、石村郁夫『大学生の睡眠状況が不登校傾向に及ぼす影響』、東京成徳大学臨床心理学研究第13号、2013、pp.3-16
- [7] 長根光男『睡眠パターンと学業成績や心身状態は関連するか：夜間睡眠の質と量、日中の眠気と短時間睡眠の活用』千葉大学教育学部研究紀要、第63、2015、pp.375-379
- [8] 上田敏樹、池田佳和『タブレット端末、クラウドサービス、学習管理システムおよびウェアラブル端末を活用した効率的な大学教育システムについての提案』真宗総合研究所研究紀要、第35、2018年3月、pp.101-119

- [9] Toshiki Ueda, Yoshikazu Ikeda, "Stimulation methods for students' studies using wearables technology", Singapore TENCON 2016
- [10] Toshiki Ueda, Yoshikazu Ikeda "Assisting student's health consciousness by the use of wearable device", IEEE TENCON Penang 2017.11.24
- [11] Toshiki Ueda, Yoshikazu Ikeda "Socio-Economics and Educational Case Study with Cost-Effective IoT Campus by the use of Wearable, Tablet, Cloud and Open e-learning Services"ITU Kaleidoscope Nanjing 2017.11.28
- [12] Fitbit, <https://dev.fitbit.com/docs/basics/>(2018年9月27日閲覧)
- [13] Tom DeMarco et al, "Peopleware: Productive Projects and Teams", Addison-Wesley Professional, 2013
- [14] Jins Meme, <https://jins-meme.com/ja/researchers/specifications>(2018年9月27日閲覧)
- [15] Hideyuki Kanematsu, et al, "Some Psychological Responses Measured by a Commercial Electrooculography Sensor and Its Applicability", Procedia Computer Science, Vol. 106, 2018, pp. 1014-1022