

NiSleep: ゲーミフィケーションを適用可能な睡眠評価

江頭 和輝^{1,a)} 古川 侑紀¹ 西山 勇毅¹ 大越 匡¹ 米澤 拓郎¹ 中澤 仁² 高汐 一紀² 徳田 英幸²

概要: 人気ゲームでよく使われるゲームデザインの技術を現実の問題解決に用いることをゲーミフィケーションと呼ぶ。しかし睡眠に関しては、必ずしも睡眠時間が長いほど良い睡眠であるとは限らない特徴を持つため、既存のゲーミフィケーションを適用することが難しい。本研究ではゲーミフィケーションを適用可能な睡眠評価方式「NiSleep」を提案する。社会的な活動時間帯と生物時計の不一致によって生ずる不調を社会的ジェットラグと呼ぶ。そして、NiSleep 指数は社会的ジェットラグが解消される睡眠であることを「睡眠時間」「睡眠中央時刻」「睡眠効率」を 100 点法で評価し、それらから最終的な評価点を算出する。NiSleep 指数を用いた睡眠評価を行う NiSleep アプリケーションを構築し、被験者 10 人に対して 28 日間にわたるユーザ環境上での実証評価実験を行った。睡眠評価指数の精度と使用者の睡眠行動の変化について検証した。その結果、提案した睡眠評価指数は社会的ジェットラグの特徴を再現 ($r=-.440$) した。

キーワード: 睡眠, 社会的ジェットラグ, 睡眠評価指数, ゲーミフィケーション, ライフログ

1. はじめに

現代人の睡眠不足の蔓延が問題に挙げられる。例えば高校生の場合、平成 24 年度児童生徒の健康状態サーベイランス事業報告書 [1] によると、睡眠不足を感じている人の比率が男子高校生で 57.5%、女子高校生で 66.0%であった。また、睡眠時間を感じていると答えた人の「睡眠不足を感じる理由(複数回答)」では「なんとなく夜更かしをしてしまう」を選んだ人が男子高校生で 46.1%、女子高校生で 48.0%であった。睡眠不足を抱えている人の約半数は睡眠時間を確保する環境があるにも関わらず夜更かししてしまっていることが考えられる。

近年、スマートフォンやウェアラブルデバイスなどから得られたユーザの生活データにゲーミフィケーション [2] を適用したアプリケーションや研究 [3] が多く提案されている。ゲーム(主にテレビゲーム)の遊び自体のノウハウを、ゲーム以外の分野に活用することをゲーミフィケーションと呼ぶ。例えば Nike+ [4] では、SNS で「共有」することで友達からコメントを貰えたり、特定の条件をクリアするとメッセージが貰える仕組みを設けている。ゲーミフィケーションは他の分野にゲームそのものを導入するわけではな

く、人気あるゲームによく使われているユーザがゲームに熱中する要素を導入することを指す。また、睡眠の管理や良い睡眠習慣をつけることを目的としたアプリケーションや研究 [5][6][7] が多く存在する。Fitbit アプリケーション [8] では、デバイスが取得した就寝時刻や起床時刻、睡眠時間などを可視化させる。ユーザは、設定した目標睡眠時間を超えて睡眠するとバッジを獲得できる。しかし、単純に睡眠時間の長さのみを評価軸としているため寝貯めなどの長過ぎる睡眠時間を考慮していない。また、ユーザ毎に適した睡眠時間は同じとは限らないため「競争」などの他者との比較を用いたゲーミフィケーションに応用することが難しい。このように、睡眠データは睡眠時間の大きさが必ずしも睡眠の良さに繋がらないため、ゲーミフィケーション要素を取り入れるのが難しい。従って、ゲーミフィケーション適用を可能な睡眠評価指数が必要である。

そこで本研究では既存の睡眠評価指数を基に、睡眠を 100 点法で評価する NiSleep 指数を提案する。NiSleep 指数を用いたアプリケーション NiSleep では睡眠に「競争」などのゲーミフィケーションを適用させて可視化する。

NiSleep を被験者 10 人に対して 28 日間の評価実験を行った。結果として、提案した睡眠評価指数は社会的ジェットラグの特徴を再現 ($r=-.440$) した。

本研究の貢献は以下の 3 点である。

- 睡眠にゲーミフィケーションを適用可能な睡眠評価指数を提案したこと
- 提案した睡眠評価指数を用いたアプリケーションを設

¹ 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科
Graduate School of Media and Governance, Keio University

² 慶應義塾大学 環境情報学部
Faculty of Environment and Information Studies, Keio University

a) zukky@ht.sfc.keio.ac.jp

計実装したこと

- 提案した睡眠評価指数およびアプリケーションの実証評価実験を行ったこと

本稿では、2章で睡眠評価について述べ、3章で提案する睡眠評価指数、4章に実装したNiSleepについて記述する。そして、5章では実際に行った実証実験について述べ、最後に6章で本稿をまとめる。

2. 睡眠評価

本章ではゲーミフィケーションのための睡眠評価指数の要件定義と既存睡眠評価方法について述べる。

2.1 提案する睡眠評価指数の要件定義

本節では睡眠に対してゲーミフィケーションを適用する上での睡眠評価指数の要件について述べる。まず、前章で述べた問題意識から(1)評価点が高いほど良い、または悪い数値の特徴を持つことや(2)睡眠時間を考慮していることが挙げられる。また、本研究ではスマートフォンやウェアラブルデバイスなどで検知された睡眠を想定しているため、(3)就寝時刻などのデバイスから取得できるデータを使って評価できる必要がある。最後に、(4)ユーザへの「即時フィードバック」について述べる。「即時フィードバック」とは、ゲーミフィケーション17の技術[9]の1つで、ユーザの行動に対して即時に結果を見せることである。すぐに結果が出ることでユーザに次の行動を促進する。つまり、ユーザの1回の睡眠ごとに評価しフィードバックする必要がある。従ってゲーミフィケーションを適用する上での睡眠評価指数の必要要件は以下ようになる。

1. 評価点が高いほど良い、または悪い特徴を持つ
2. 睡眠時間を考慮している
3. デバイスから取得したデータを用いる
4. 1日単位で評価、フィードバックする

2.2 既存睡眠評価手法

これまでも睡眠評価手法は目的や使用する要素によって多く提案されてきた。例えば、ピッツバーグ睡眠質問表(The Pittsburgh Sleep Quality Index: PSQI)[10]は睡眠障害の評価手法として広く使用されており、睡眠の質、入眠時間、睡眠時間、睡眠効率、睡眠困難、睡眠薬の使用、日中覚醒困難の7要素の合計得点で算出される。他にもアテネ不眠尺度[11]やセントマリー病院睡眠質問表[12]などが提案されており、それぞれ不眠症度合いの評価や入院患者の睡眠評価に用いられる。しかし、これらのアンケートは「睡眠困難と感じているか」などの主観的な要素を多く用いて睡眠を評価しているため、ゲーミフィケーションに用いることが難しい。

ロネンバーグらが2003年に提案したミュンヘンクロノタイプ質問紙(Munich ChronoType Questionnaire: MCTQ)[13]は個人の体内時計の特性を評価する質問紙で

ある。人類を含む多くの生物は約24時間を周期とする生理現象を持つ。これを概日リズム(Circadian Rhythm)と呼び、睡眠もそれらの一つである。また、一般的に「昼型」「夜型」などと言われるものをクロノタイプ(Chrono-type)と呼ぶ。人は昼行性で、通常は昼に活動的で夜に急速(睡眠)を取る動物であるが、そのタイミングは一人ひとり異なる。MCTQはこのクロノタイプを評価する。MCTQの大きな特徴として、睡眠不足によるクロノタイプのずれを考慮していることが挙げられる。基本的にクロノタイプは仕事や学校と言った社会的制約のない休日の睡眠時間帯に反映されやすい。しかし、睡眠不足が多くある現代では平日の睡眠時間が社会的制約によって減少してしまいがちである。多くの人はその睡眠不足による負荷を、休日に多くの睡眠時間を確保することによって取り除く。そのため、MCTQでは休日だけではなく平日との差分も考慮に入れてクロノタイプを算出している。MCTQは「仕事がある日の就寝時刻(SOw)」「仕事がある日の起床時刻(SEw)」「仕事がない日の就寝時刻(SOf)」「仕事がない日の起床時刻(SEf)」「一週間のうち仕事がある日の日数(MD)」の5つの要素からクロノタイプを判定する。 SDw と SDf はそれぞれ平日、休日の睡眠時間であり、 MSW と MSF はそれぞれ平日、休日の就寝時刻と起床時刻の中央時刻である。また $SDweek$ は一週間あたりの平均睡眠時間である。

MCTQでは社会的制約によるクロノタイプのずれを考慮した睡眠中央時刻「睡眠調整 $MSF(MSFsc)$ 」を以下の式(1, 2)から算出する。

$$SDweek = \{(SDw \times MD + SDf \times (7 - MD))\} / 7 \quad (1)$$

$$MSFsc = MSF - (SDf - SDweek) / 2 \quad (2)$$

また、ロネンバーグらは2006年に社会的ジェットラグ(Social Jet lag)[14]の概念を提案した。社会的ジェットラグとは社会的な時間と生物時計の不一致によって生ずる不調を指す。多くの人は平日、仕事などの社会的制約によって睡眠不足を得て、その睡眠不足を補うために休日に長時間の睡眠時間を取ろうとする。これにより生じた睡眠時間帯のズレにより起こる適用障害が時差ボケ(ジェットラグ)に似ていることから社会的ジェットラグと呼ばれている。社会的ジェットラグ(SJL)は、 MSW と MSF から以下の式(3)で算出する。

$$SJL = |MSF - MSW| \quad (3)$$

SJL が少なければ小さい程、クロノタイプが社会的活動に適用できていると言える。社会的ジェットラグは少なくとも一週間以上の睡眠状況から算出するため、一日単位での評価が不可能である。

3. NiSleep 指数

ゲーミフィケーションの必要要件を満たす睡眠評価指数「NiSleep 指数」を提案する。NiSleep 指数は社会的ジェッ

トラグの概念や計算方法を基にして、毎日の睡眠が社会的ジェットラグをどの程度解消できる睡眠であるかを100点法で評価する。社会的ジェットラグは、平日と休日の睡眠中央時刻が同じ時に差が0となり、一番良いとされる状態になる。従って平日の睡眠が休日より少ない場合、平日の睡眠時間を増やす必要がある。

まず、目標とする平日の睡眠中央時刻を計算する。社会的ジェットラグが存在する大きな理由が平日の睡眠不足であるため、平日の取るべき睡眠時間を以下の2つの質問から判定する。

1. 平日の就寝時刻 (SOw) と起床時刻 (SEw) を答えよ。
2. 平日の睡眠時間はどの程度足りていない (LoS) か。

ここでは平日の定義を、「目覚ましなどを使って起きる必要がある日」とした。この質問は使用者のそれまでの状態を分析するための質問であり、評価したい睡眠との比較のみに用いられる。「その日の快眠度」などの睡眠評価の主軸になる要素ではなく、毎日答える必要もない。基本的に、会社や学校などの社会的制約によって起床時刻が決められているために睡眠不足を感じる場合、就寝時刻を早める必要がある。従って、目標とする就寝時刻 (SOg) は SOw を LoS だけ早めたものになる。目標とする起床時刻 (SEg) は (SEw) と同じものを使用する。また、目標睡眠時間 (SDg) と目標睡眠中央時刻 (MSG) はそれぞれ SOw と SEw の差と中央値である。

毎日、目標の睡眠時間帯で睡眠を取る事で社会的ジェットラグがなくなる。睡眠評価をする上で睡眠時間、睡眠効率、睡眠時間帯の3つの要素について考える。NiSleep 指数は睡眠不足を考慮する必要があるため、睡眠時間は重要な要素であると言える。社会的ジェットラグが存在する場合、平日の睡眠時間は目標睡眠時間よりも小さくなり、休日の睡眠時間は目標睡眠時間よりも大きくなる。従って目標睡眠時間に近づく程、社会的ジェットラグが小さい可能性が高い。睡眠時間が0の時を0点、目標時間と等しい時に100点として評価する。睡眠時間が目標睡眠時間より大きい場合は多い程評価は小さくなる。評価する睡眠の就寝時間、起床時間、睡眠時間、中央時刻をそれぞれ SOt , SEt , SDt , MST とする。睡眠時間の評価点 (SDE) を以下の式 (4) で算出する。

$$SDE = (1 - |SDt - SDg| / SDg) \times 100 \quad (4)$$

次に睡眠時間帯について考える。社会的ジェットラグは社会的制約を受けた生活リズムとクロノタイプが異なることが原因で起こる。例えば休日十分な睡眠時間を取得できても平日のクロノタイプと異なる時間帯の睡眠である場合、平日の睡眠不足の改善が難しい。睡眠時間帯も重要な要素であると言える。平日の睡眠不足がどれだけ解決が見込める睡眠時間帯であるかを評価する。睡眠時間帯の評価点 (MSE) を以下の式 (5) で算出する。

$$MSE = 100 - (100 \times |MSG - MST| / SDg) \quad (5)$$

次に睡眠効率について考える。睡眠効率とは、睡眠時間として横になっている時間に対しての実際の睡眠時間の割合のことである。睡眠時間帯を変える段階では今まで活動時間であった時間に寝ようとするため、睡眠が浅くなることが考えられる。そのため、目標睡眠時間帯に睡眠を取ったにも関わらず寝不足を感じる場合がある。睡眠効率はスマートフォンや多くのデバイスで検知することができ、Fitbit デバイスもその一つである。従って当評価指数では睡眠効率 (SE) を用いる。最後に睡眠時間、睡眠時間帯、睡眠効率の3つを用いて評価する睡眠の得点を算出する。睡眠の得点 ($SCORE$) は以下の式 (6) で算出する。

$$SCORE = \sqrt[3]{SDE \times MSE \times SE} \quad (6)$$

SCORE は、最小0、最大で100をとる数値となる。値が大きい程良い数値であるため、競争などのゲーミフィケーション要素を適用することが可能である。

4. NiSleep アプリケーション

本研究では、前章で提案した NiSleep 指数を用いて睡眠にゲーミフィケーションを適用する iOS アプリケーション「NiSleep」について述べる。NiSleep 指数に対してゲーミフィケーションを用いて睡眠行動の改善を促すことを目的とする。iOS アプリケーションの開発に置いて、使用言語は Swift2.0、統合開発環境として Xcode7.1 を用いた。ユーザが Fitbit を使用して睡眠する事を前提としており、Fitbit 社が公開している Fitbit API を用いてユーザの「就寝時刻」「起床時刻」「睡眠効率」の3つの睡眠データを取得する。Fitbit サーバから送信された睡眠データを保存するためのサーバを用意した。実装環境は OS に Ubuntu 14.04 LTS を、睡眠データの処理に PHP を用い、データベースには MySQL を使用した。

利用手順は (1)Fitbit デバイスを着用した状態で睡眠を取る。(2)Fitbit デバイスと Fitbit アプリを同期させる。(3)NiSleep にログインする。その後は以下の動作が可能である。

- (1) 実績ページで過去の睡眠データを振り返る。
- (2) ランキングページ (図 1) で自分の順位を確認する。
- (3) チーム戦ページ (図 2) でチームの得点を確認する。
- (4) 設定ページで目標睡眠時間を変更する。

また、(3)において、2回目以降のログインでは、iOS 上に保存したユーザ情報を用いて自動でログインする。ランキングページでは、その週の合計スコアをランキング形式で表示される。これはゲーミフィケーション 17 の技術の「スコアとランキング」に該当する。チーム戦ページでは2チームにわけ、その週の各チームの合計点を表示し、他チームとの競争を促す。これはゲーミフィケーション 17 の技術の「競争」「協力」に該当する。NiSleep のシステム



図 1 スコアとランキング 図 2 チーム戦
NiSleep 画面イメージ

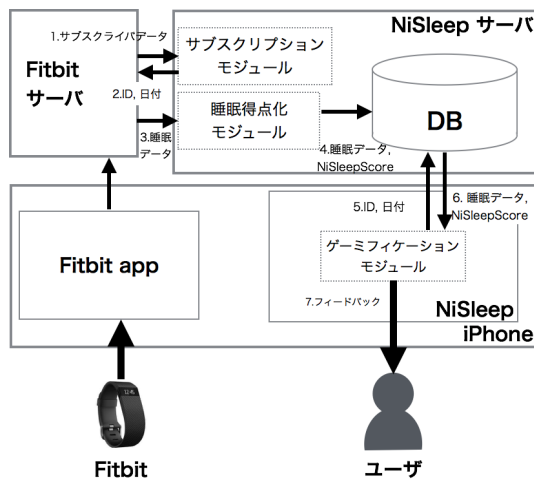


図 3 システム構成図

構成図を図 3 に示す。

5. 評価実験

本章では、NiSleep の有効性を確認するために実施した評価実験について述べる。実験目的、被験者、実験手順の順に実験内容についてまとめた後、評価結果について述べる。

5.1 実験目的

本実験の目的は、提案した NiSleep 指数の評価精度と NiSleep による使用者の睡眠行動の変化を明らかにすることである。NiSleep 指数は社会的ジェットラグを基にした睡眠評価手法であるため、両者に相関関係があるかを評価する。社会的ジェットラグは社会的制約によって起こるとされているため、NiSleep 指数も社会的制約が強い人へのみ適切に評価できることが考えられる。従って、社会的制約の強弱の違いが評価精度に影響するかを明らかにする。また NiSleep ではゲームフィケーション技術を用いている。NiSleep を使用することで使用者の睡眠行動がどう変わる

かを評価する。

5.2 被験者

被験者は社会的制約が大きいグループ 5 人と社会的制約が小さいグループ 5 人、計 10 人を対象とした。具体的には、社会的制約が大きい人としてラグビー部に所属している高校生のプレイヤー 5 人 (以下、高校生) を対象とした。このチームでは大体平日は朝から学校があるため、被験者は 5 時から 7 時頃の起床が必要である。被験者はまた、授業終了後には 20 時程度まで部活動を行う。従って、このチームに所属する被験者は社会的制約が大きいグループであると考えられる。一方、社会的制約が小さいグループとして、大学の情報系研究室の学部生 5 人 (以下、大学生) を対象とした。大学生は基本的に受けた授業を履修するため、自身の活動時間帯に負荷がかかる時間の授業を避ける傾向にある。また、教師や先輩と言った社会的立場が上の人による強制力も少ないため、授業を欠席することへの抵抗も少ない。従って、このチームに所属する被験者は社会的制約が小さいグループであると考えられる。なお、被験者は全員 iPhone スマートフォンの利用者である。

5.3 実験手順

全ての被験者に Fitbit デバイスを貸し出した。Fitbit アプリケーションと NiSleep を各 iPhone にインストールしてもらった。実験期間は 4 週間 (12/14~1/10) とした。実験前に MCTQ を被験者に回答してもらい、社会的ジェットラグを算出した。「週間ランキング」と「チーム戦」では、月曜日を週の初めとして評価を行った。実験用の NiSleep では、アプリケーションへのアクセス時および目標時間変更時のタイムスタンプがサーバに記録される。アンケート回答後、被験者は本システムが算出した得点を確認できる。被験者には毎日以下の 3 つの義務を与えた。

- 就寝時 Fitbit デバイスを着用して睡眠を取る。
- 起床後 Fitbit アプリケーションを開き同期をする。
- 同期後 NiSleep を開き今日の睡眠を 0~100 点で評価する。

就寝時の Fitbit デバイスの着用は 1 週間 1 人あたり平均約 5.4 回だった。全ての週、全てのユーザーにおいて少なくとも 2 回以上デバイスを着用していた。アプリケーションへのアクセス率は、その日一度でもアプリケーションを起動した人数の比率である。評価実験において毎日アプリケーションにアクセスすることを求めたが、アクセス率は平均約 62% に程度にとどまった。

本研究で提案した睡眠評価手法の主軸となる基準は「社会的ジェットラグが削減される睡眠であるか」であるため、得られた睡眠データから社会的ジェットラグと睡眠評価手法が算出した得点の間に負の相関があるかを評価する。各週、各被験者ごとに睡眠中央時刻 (MSF_{sc} , 単位:時間) および社会的ジェットラグ (SJL , 単位:m) を算

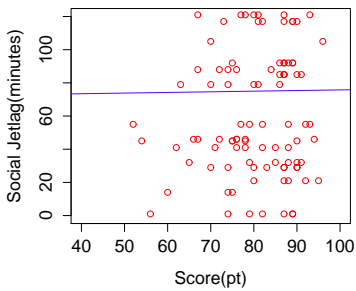


図 4 大学生の NiSleep 指数と社会的ジェットラグ ($r=.009$)

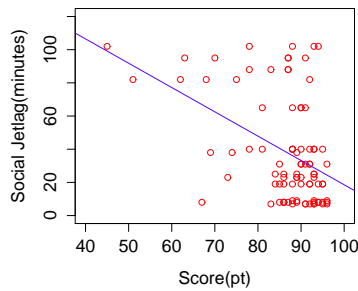


図 5 高校生の NiSleep 指数と社会的ジェットラグ ($r=-.440^{***}$)

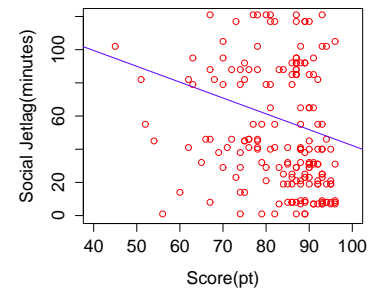


図 6 全体の NiSleep 指数と社会的ジェットラグ ($r=-.232^{***}$)
 各グループごとの NiSleep 指数と社会的ジェットラグの散布図

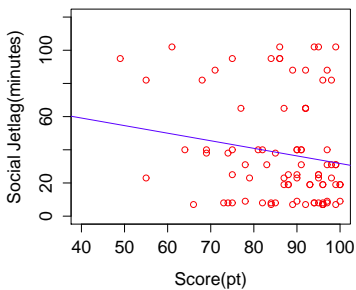


図 7 睡眠時間と社会的ジェットラグ ($r=-.204^*$)

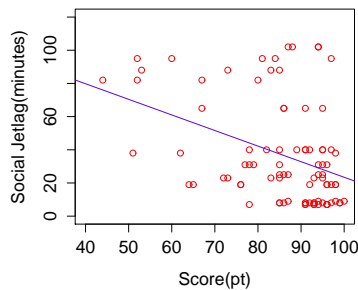


図 8 睡眠中央時刻と社会的ジェットラグ ($r=-.470^{***}$)

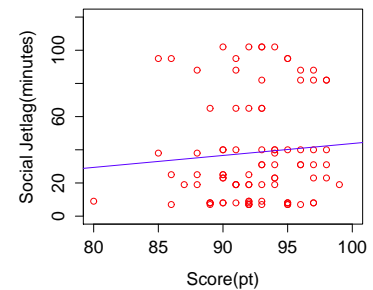


図 9 睡眠効率と社会的ジェットラグ ($r=.008$)

社会的制約の大きいグループの各要素と社会的ジェットラグの散布図

出した。MCTQ は平日と休日の睡眠時間帯を必要とするが、被験者によっては平日もしくは休日が存在しない週がある。そのため該当する週において、被験者が最後に記録した以前のデータを用いることで補った。また被験者に平日または休日のデータが一度も存在しない場合、事前アンケートで答えてもらった平日および休日の睡眠時間帯データを用いて補った。社会的ジェットラグは一週間分のデータを対象とするのに対し、提案した評価手法は一日ごとに算出されるため、社会的ジェットラグのデータ1つにつき最大7つの提案した評価手法データを対応させる。全体とグループごとにそれぞれ解析した結果を図 4-図 6 に示す。社会的制約の小さい大学生には相関が見られなかったのに対し、高校生では負の相関 ($r=-.440$) が見られる。これは NiSleep 指数の基となった社会的ジェットラグが社会的制約によるずれによって起こるものであるため、社会的制約の小さい大学生を評価することは難しい。NiSleep 指数は社会的ジェットラグの特徴を引き継いでいると言える。

次に社会的制約が大きい高校生グループにおける NiSleep 指数に用いた 3 要素 (睡眠時間、睡眠効率、睡眠中央時刻) の得点と社会的ジェットラグの関係について解析する。評価結果を図 7-図 9 に示す。睡眠中央時刻、睡眠時間の順に負の相関が見られ、睡眠効率には社会的ジェットラグとの関係が見られなかった。また、睡眠中央時刻の得点は提案した睡眠評価手法の得点よりもわずかに高い相関が出た。

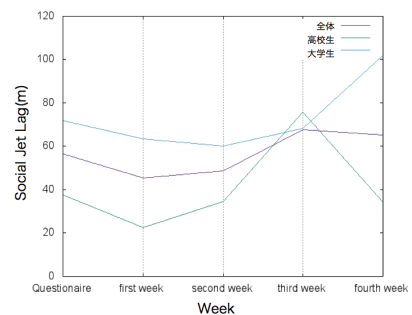


図 10 実験前アンケートと週ごとの社会的ジェットラグの変化

次に NiSleep を使用することで被験者の睡眠行動がどう変化するかを評価する。実験前のアンケートと各週、各チームごとの社会的ジェットラグの大きさを図 10 に示す。実験前アンケートでは社会的ジェットラグが高校生において 38 分、大学生において 72 分存在した。第 1 週では実験前アンケートと比較すると高校生において 11 分、大学生において 9 分削減された。(図 10) 一方、2 週目以降、ジェットラグは徐々に増えていった。

5.4 考察

NiSleep 指数について、社会的制約の大きいグループにおいて中程度の負の相関が見られた。一方、社会的制約の小さいグループにおいては相関が見られなかった。NiSleep 指数が社会的制約による寝不足を想定しているため、社会的制約以外で睡眠が乱れている人においては、適切に

評価されないものと考えられる。また、社会的制約の大きいグループにおいて中程度の負の相関にとどまったのは社会的ジェットラグが1週間分の評価であるのに対して、NiSleep 指数は1日単位の評価であることが考えられる。社会的ジェットラグのデータ1つに対して、NiSleep 指数のデータ7つを対応させているため評価精度に影響が出たと考えられる。各睡眠の要素ごとの評価では睡眠中央時刻が一番高い相関が見られ、睡眠効率率は相関が見られなかった。これは社会的ジェットラグが睡眠中央時刻を用いて算出される値であるからと考える。一方、社会的ジェットラグの評価に睡眠効率は直接用いられているわけではなく、この結果になったと考えられる。NiSleep の使用による睡眠行動の変化に関しては第1週はアプリケーションを使用開始による睡眠行動のモチベーションが上がったと思われる。しかし、日数が増えるにつれてモチベーション低下が起きたと考えられ、第3週は祝日による睡眠行動の乱れと考えられる。今後、モチベーションを持続するようなシステムを導入する必要であるだろう。

6. まとめと今後の課題

本研究では、睡眠にゲーミフィケーションを適用する上で必要な要件を満たすために社会的ジェットラグの概念と計算方法を基にした睡眠評価手法を提案した。睡眠時間は必ずしも大きいほど良い数値とは言えず、既存の評価手法においてはゲーミフィケーションを適用することが困難だった。社会的ジェットラグの概念を基にした、数値の大きさが睡眠の良さに繋がる数値的特徴をもつ睡眠評価指数を提案することでこの問題を解決した。さらに提案した睡眠評価指数を用いてゲーミフィケーションを適用した iOS アプリケーション、NiSleep を実装して実験を行った。実験は28日間におよび、社会的制約が大きいグループ(高校生)と小さいグループ(大学生)でそれぞれ5人ずつ、計10人で行った。評価実験にて提案した睡眠評価指数は、社会的制約が大きいグループにおいて社会的ジェットラグと相関($r=-.440^{***}$)が見られた。また、実験期間中の社会的ジェットラグの変化を分析すると、実験前と比べ第1週が平均約11分削減された。

今後の課題としては、NiSleep が使用できない人がいる点が挙げられる。例えば、帰宅が深夜で出社が早朝などの人はこれ以上就寝時間を早めるのが難しい。また、社会的ジェットラグの評価手法は社会的制約による睡眠負荷の計算手法のため、社会的制約が小さい人へは適切に評価することが難しい。今後は、これらを考慮した睡眠評価指数を明らかにしていく予定である。

参考文献

- [1] 公益財団法人日本学校保健会. 24年度児童生徒の健康状態サーベイランス事業報告書. 2012.
- [2] Sebastian Deterding, Dan Dixon, Rilla Khaled, and Lennart Nacke. From game design elements to gamefulness: defining gamification. In *Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments*, pp. 9–15. ACM, 2011.
- [3] 西山勇毅, 大越匡, 米澤拓郎, 中澤仁, 高汐一紀, 徳田英幸. ライフログデータを用いたチームの行動変容促進. 情報処理学会論文誌, Vol. 56, No. 1, pp. 349–361, jan 2015.
- [4] NIKE, INC. Nike+. <https://secure-nikeplus.nike.com/plus/>.
- [5] Jared S Bauer, Sunny Consolvo, Benjamin Greenstein, Jonathan Schooler, Eric Wu, Nathaniel F Watson, and Julie Kientz. Shuteye: encouraging awareness of healthy sleep recommendations with a mobile, peripheral display. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pp. 1401–1410. ACM, 2012.
- [6] Sunyoung Kim, Julie A Kientz, Shwetak N Patel, and Gregory D Abowd. Are you sleeping?: sharing portrayed sleeping status within a social network. In *Proceedings of the 2008 ACM conference on Computer supported cooperative work*, pp. 619–628. ACM, 2008.
- [7] Alireza Sahami Shirazi, James Clawson, Yashar Hassanspour, Mohammad J Tourian, Albrecht Schmidt, Ed H Chi, Marko Borazio, and Kristof Van Laerhoven. Already up? using mobile phones to track & share sleep behavior. *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 71, No. 9, pp. 878–888, 2013.
- [8] Fitbit Inc. Fitbit. <http://www.fitbit.com/jp>.
- [9] 神馬豪, 石田宏実, 木下裕司. ゲーミフィケーション. 大和出版, 2012.
- [10] Daniel J Buysse, Charles F Reynolds, Timothy H Monk, Susan R Berman, and David J Kupfer. The pittsburgh sleep quality index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry research*, Vol. 28, No. 2, pp. 193–213, 1989.
- [11] Constantin R Soldatos, Dimitris G Dikeos, and Thomas J Paparrigopoulos. Athens insomnia scale: validation of an instrument based on icd-10 criteria. *Journal of psychosomatic research*, Vol. 48, No. 6, pp. 555–560, 2000.
- [12] BW Ellis, MW Johns, R Lancaster, P Raptopoulos, N Angelopoulos, and RG Priest. The st. mary's hospital sleep questionnaire: a study of reliability. *Sleep*, Vol. 4, No. 1, pp. 93–97, 1980.
- [13] Till Roenneberg, Anna Wirz-Justice, and Martha Merrow. Life between clocks: daily temporal patterns of human chronotypes. *Journal of biological rhythms*, Vol. 18, No. 1, pp. 80–90, 2003.
- [14] Marc Wittmann, Jenny Dinich, Martha Merrow, and Till Roenneberg. Social jetlag: misalignment of biological and social time. *Chronobiology international*, Vol. 23, No. 1-2, pp. 497–509, 2006.