

# AI 音声とゲーミフィケーションを活用した睡眠負債改善機構の提案

○木津太陽 高原まどか（龍谷大学） 服部 峻（滋賀県立大学）

## A Proposal for a Mechanism to Improve Sleep Debt Using AI Voice and Gamification.

\*T. Kizu, M. Takahara (Ryukoku University), and S. Hattori (The University of Shiga Prefecture)

**Abstract**— This study tackles sleep debt, linked to depression and lifestyle diseases. We developed an app with multiplayer (score competition) and single-player (average score comparison) modes, rewarding users with VoiceVox audio upon goal achievement. Using the Athens Insomnia Scale, reaction time tests, and Fitbit data, results showed improved sleep habits and faster reaction times, highlighting potential productivity benefits.

**Key Words:** Sleep Debt, Rewarded Voice, Reaction Time, Gamification, Artificial Intelligence

### 1 はじめに

現在、日本人の平均睡眠時間は7時間22分で国際的に見て最も短い。OECD諸国（加盟候補国含む）33ヶ国の平均値は8時間28分であるため、他国と比較して1時間以上短いと言える。また、睡眠は身体の修復や記憶の統合、感情の調整など、健康維持に不可欠な役割を果たしている。Carskadon & Dement (2011)は、睡眠が脳と体の回復に果たす重要な役割を強調しており、正常な睡眠パターンがいかに健康と密接に関連しているかを示している<sup>2)</sup>。Horne (1988)は、睡眠が人間と他の哺乳類においていかに重要な機能を果たしているかを詳細に説明し、睡眠不足が身体的および精神的な健康に深刻な影響を及ぼすことを示している<sup>3)</sup>。さらに、政府統計によれば、急性心筋梗塞や心不全をはじめとする心臓疾患の罹患率は増加傾向にあり、循環器疾患は現在も悪性新生物に次ぐ日本における主要な死亡原因の一つである。実際、日本人の4人に1人が循環器疾患（脳血管疾患および心疾患）により命を落としている<sup>4)</sup>。さらに、多くの研究により、睡眠障害が循環器疾患の発症リスクを高めるというエビデンスが確立されており、睡眠に関連する問題は国家的健康戦略における重要課題の一つとして位置付けられている。睡眠の質や量が健康に与える影響については、Walker (2017)の研究でも詳述されており特に睡眠不足が心身のパフォーマンスや病気のリスクに与える悪影響が指摘されている<sup>5)</sup>。

一方で、近年「推し」という存在が、推しを持つ人びとの生活の質を上げるといった興味深い社会現象

が起きており、推しの言動で、人びとのモチベーションが高まることがわかっている。

そこで本研究では、睡眠の質を総合的に向上させることを目的として睡眠負債の解消および睡眠意識の改善を促進するアプリケーションを開発した。睡眠負債とは、日々の睡眠不足が借金のように積み重なり、心身に悪影響を及ぼす恐れのある状態である。わずかな睡眠不足が積み重なり「債務超過」の状態に陥ると、生活や仕事の質が低下するだけでなく、うつ病、がん、認知症などの疾病につながる恐れがあるとされている<sup>6)</sup>。このような睡眠不足の蓄積が健康に及ぼす影響については、Dement & Vaughan (1999)によって詳細に解説されており、睡眠の重要性を科学的視点から明らかにしている<sup>7)</sup>。

提案アプリケーションは、睡眠の質が向上した際にAI音声の利用者を称賛するという報酬機能により、利用者の睡眠習慣の改善を支援することを目指している。また、複数間のユーザーで睡眠評価を競い合うマルチ版と、単独ユーザーでの改善に対して報酬が与えられるシングル版での2つを用いて、その有用性を検証する。このアプリケーションでは、睡眠負債の解消による循環器疾患の発症リスクの低下や、報酬を目的とした睡眠意識の改善にもつながると考えられる。

本研究の目的は、睡眠の質が向上した際にAI音声の利用者を称賛するという報酬機能により睡眠意識の向上で睡眠負債が解消されたのか、睡眠の質に変化があったのか、睡眠負債の解消で反応速度が早くなり注意力が上がったのかを調査することである。

## 2 関連研究

本章では、睡眠促進アプリによる睡眠評価に関連する研究として、「睡眠促進」と「睡眠評価」について取り上げる。また、本研究との類似点や相違点についても比較する。

### 2.1 睡眠促進に関する研究

田村ら(2018)では、睡眠負債が溜まっている高校生の睡眠習慣の特徴を明らかにした上で、睡眠負債、起床時刻の後退及び睡眠不足の軽減に重要な睡眠行動促進メニューを検討した<sup>8)</sup>。この研究により、高校生の睡眠負債、就床時間の後退、睡眠不足の軽減において、就床時間の前進や睡眠時間の確保に寄与する12項目の睡眠促進行動が重要な役割を果たすことが明らかになった。また、McGonigal (2011)は、ゲームにおける報酬システムが人間の動機付けに与える影響について詳しく論じている。この研究では、競争や達成感を伴うゲーミフィケーションが、行動変容を促進する強力な手段であることが示されている<sup>9)</sup>。また、Bainbridge (2007)は、仮想環境が人間の行動研究や動機付けにおいて持つ潜在的な可能性を強調している。この研究では、仮想空間を活用することで、従来の研究では得られなかった新しい洞察が得られることが示されている<sup>10)</sup>。

本研究では、これらの知見を応用し、睡眠評価を競い合うマルチ版や、自己改善を目指すシングル版を通じて、利用者の睡眠習慣の改善を目指した。

### 2.2 睡眠評価に関する研究

#### 2.2.1 アテネ不眠尺度 (AIS)

アテネ不眠尺度は、WHO (世界保健機構) が中心となって設立した「睡眠と健康に関するプロジェクト」が作成した不眠症の自己評価尺度である。この尺度は高い信頼性と妥当性が確認されている。評価項目は合計8つで夜間の睡眠困難を測る5項目と日中の機能障害を測る3項目に分かれている。夜間の睡眠困難に関する5項目は「寝付き」、「夜間中途覚醒」、「早朝覚醒」、「総睡眠時間の充足度」、「睡眠の質の満足度」、「睡眠の質の満足度」である。また、日中の機能障害に関する3項目は「日中の気分」、「日中の活動度(身体的及び精神的)」

「日中の眠気」である。過去1ヶ月間で週3回以上経験したものについて聞き、選択した項目の点数を合計し4点以上で不眠の疑いあり、6点以上で不眠と判定される。

#### 2.2.2 Fitbit

Fitbit は、Fitbit 社が製造する時計型の活動量計であり、歩数、消費カロリー、睡眠状況、心拍数などを計測できるウェアラブルデバイスである。本研究では、実験データとして睡眠時間や睡眠スコアなどの睡眠情報を使用する。また、アルコール摂取の有無や運動の有無による加点や減点を通じて、睡眠に影響を与える外的要因についても調査を行う。

#### 2.2.3 反応速度テスト

Van Dongen HP ら(2003)の研究では、「音が聞こえたらボタンを押す」といった反応の速度のテストを実施すると、6時間睡眠を2週間続けた人の反応速度は、徹夜明けの人と同じぐらいまで遅くなるということを実証している<sup>11)</sup>。本研究では、睡眠負債の解消が反応速度に与える影響を調査する。

## 3 提案システム

### 3.1 提案システムの原理

提案する睡眠促進アプリの原理を以下に述べる。  
<睡眠の総合点の自動算出>

Fitbit という腕時計型のデバイスから算出される睡眠スコアに、アルコールの有無、電気を消して寝たか、運動の有無、昼寝をした時間で加点や減点をして総合点を算出するという原理である。

<シングル版とマルチ版>

本研究では1人で睡眠評価を行い、過去の総合点の平均点よりも増加した場合に報酬が受け取れるシングル版と2人、3人、4人の各グループでその日の睡眠の総合点と過去の平均点を比較し、平均点よりも総合点が最も伸びていたユーザーのみが報酬を受け取れるというマルチ版の2つで比較する。シングル版では過去の自分からどれだけ睡眠の質が改善されたかという「過去の自分と競い合う」、マルチ版では「ユーザー間で睡眠評価を競い合う」というゲーミフィケーション<sup>12)</sup>を導入した。これにより、モ

モチベーションの維持としてシングル版かマルチ版のどちらが有効的なのかを検証するという原理である。

<音声による報酬>

本研究では、VoiceVox というヒホ（ヒロシバ）が開発した音声合成ソフトを使用し、女性の声で睡眠を褒めてくれるという報酬機能を導入した。この報酬の音声を聞くためにユーザーは睡眠の質の向上に励むという原理である。音声合成技術は人工知能 (AI) の一分野として進化を遂げており、Russell & Norvig(2010)は、AI がどのように自然言語処理や音声生成に応用されるかを包括的に説明している<sup>13)</sup>。本研究では、こうした AI 技術を活用し、ユーザーのモチベーション向上に寄与する仕組みを構築した。

### 3.2 提案システムの構成図

本研究では、睡眠調査アプリケーション、反応速度テストアプリケーションを使用する。睡眠調査アプリケーションには、睡眠データ入力機能、睡眠総合点の自動算出機能、睡眠データ保存機能付きカレンダー、報酬音声再生機能がある。この報酬システムは、Deci & Ryan (1985) による内発的動機づけ理論に基づき、ユーザーの行動を促進し、睡眠習慣の改善を支援することを目指している<sup>14)</sup>。

また、ホーム画面には、今日の総合点、過去の平均点、総合点と平均点の差が表示されるようになっている。実験参加者は、Fitbit を装着し、睡眠調査アプリケーションに毎日睡眠データを入力する。実験開始日と実験終了日に反応速度アプリケーションを用いて、反応速度を測定する。システム構成図を Fig. 1 に示す。

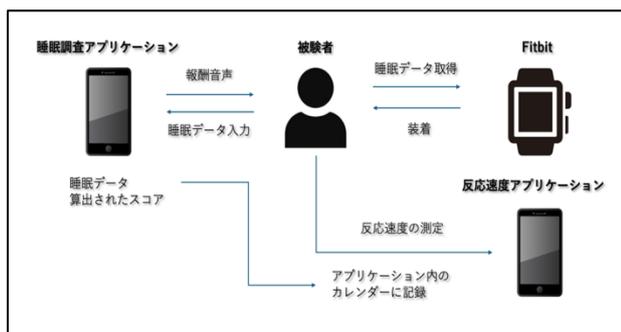


Fig. 1: システム構成図

### 3.3 睡眠調査アプリケーション

Swift UI で作成した iPhone で使用可能なアプリケーションである。ホーム画面では、「今日の総合点」、「過去の平均点」、「総合点と平均点の差」が表示されるようになっている。「今日の総合点」は「睡眠スコア」に「消灯の有無」、「アルコールの有無」、「運動の有無」、「昼寝時間」の4つの項目で加点や減点をしたものである。アプリの動作モードとしては以下の4つを設定した。

- ① 本日の睡眠入力
- ② 昼寝タイマー
- ③ 睡眠データ確認機能付きカレンダー
- ④ 報酬取得

#### ① 本日の睡眠入力

本日の睡眠情報を入力する画面である。この画面では、「アルコールの有無」、「消灯の有無」、「運動の有無」、「Fitbit からの睡眠スコア」、「睡眠時間」の5項目の情報を入力することができる。

#### ② 昼寝タイマー

タイマーをセットして昼寝をすると昼寝時間に応じて、総合点が加点されるようになっている。時間になると「目覚まし時計の音」を再生するようになっている。

#### ③ 睡眠データ確認機能付きカレンダー

日付を選択でき睡眠データを確認することができるカレンダーである。選択した日にちの「総合点」、「睡眠スコア」、「消灯の有無」、「運動の有無」、「昼寝した時間」、「アルコールの有無」が閲覧できる。入力された睡眠データは実験結果の考察に用いる。

#### ④ 報酬取得

シングル版では「本日の総合点」が「過去の平均点」よりも上昇した時に限り、女の子の声で睡眠を褒めてくれるという機能である。マルチ版では、実験参加者のグループ内で「過去の平均点」から「本日の総合点」が最も増加したユーザー1名のみが報

酬を受け取れるようにした。本研究では、VoiceVox というヒホ（ヒロシバ）が開発した音声合成ソフトを使用し、「春歌ナナ」、「四国メタン」という2種類の系統の異なる音声を使用した。2種類とも7パターンの音声を用いて、女の子の顔を押し、選択された女の子の音声ランダムで1日1つだけ聴けるようにした。報酬取得画面を Fig.2 に示す。



Fig. 2: 報酬取得画面

### 3.3 反応速度テストアプリケーション

Swift UI で作成した iPhone で使用可能なアプリケーションである。これは音が聞こえてから反応するまでの時間を計測するテストアプリケーションである。実験前と実験後での反応速度を比較し、睡眠負債の解消が反応速度に与える影響を調査する。

## 4. 実験

### 4.1 実験目的

条件を満たすことで睡眠を褒めてくれる AI の報酬を用いることで、実験参加者の睡眠意欲が向上し、「睡眠習慣が改善され睡眠負債の解消につながったのか」、「睡眠負債が解消されることで反応速度は

短縮できたのか」の2つを調査し、マルチ版とシングル版の有効性を明らかにすることが目的である。

### 4.2 実験条件

実験条件を以下に示す。

#### ●実験参加者

実験参加者:20代男性 10名

#### ●実験参加者のグループ分け

実験参加者をランダムで以下のようにグループ分けを行った。

##### 【グループ A: シングル版】

・実験参加者 1 (1名)

##### 【グループ B: 2人マルチ版】

・実験参加者 2~3 (2名)

##### 【グループ C: 3人マルチ版】

・実験参加者 4~6 (3名)

##### 【グループ D: 4人マルチ版】

・実験参加者 7~10 (4名)

#### ●実験期間

報酬システム導入前 :1週間

報酬システム導入後 :1週間

### 4.3 実験方法

実験方法としては、報酬システム導入前と導入後の比較を行った。

#### ●報酬システム導入前

- ・実験初日にアテネ不眠尺度に回答する。
- ・実験初日に反応速度テストアプリケーションを用いて反応速度を測定する。
- ・Fitbit を装着して就寝する。
- ・起床後、アプリケーションで就寝した日の「睡眠スコア」、「睡眠時間」、「消灯の有無」、「アルコールの有無」、「運動の有無」を回答する。

## ●報酬システム導入後

- ・Fitbit を装着して就寝する.
- ・起床後、アプリケーションで就寝した日の「睡眠スコア」, 「睡眠時間」, 「消灯の有無」, 「アルコールの有無」, 「運動の有無」を回答する.
- ・条件を満たして報酬の音声を聞ける時は1人の女の子を選択して、その女の子の音声を聞く. 報酬を受け取れる条件は以下の通りである.
- ・実験最終日にアテネ不眠尺度に回答する.
- ・実験最終日に反応速度テストアプリケーションを用いて反応速度を測定する.

なお、シングル版とマルチ版での実験上の相違は以下の通りである.

### 【シングル版】

ユーザーの「過去の平均点」より、入力した「本日の総合点」が高かった場合、報酬を得られる.

### 【マルチ版】

複数のユーザーから成る各グループ内で、「過去の平均点」から「本日の総合点」が最も増加したユーザー1名のみが報酬を得られる.

## 4.4 結果

### ●アテネ不眠尺度

実験参加者の報酬システム導入前後でアテネ不眠尺度の比較を行った結果、全実験参加者の点数が下がり、改善された. 報酬システム導入後の主観的な評価は「睡眠が十分に取れている」が3名（実験参加者1, 実験参加者2, 実験参加者7）, 「不眠症の疑いが少しある」が3名（実験参加者6, 実験参加者8, 実験参加者9）, 「不眠症の疑いが高い」が4名（実験参加者3, 実験参加者4, 実験参加者5, 実験参加者10）である. アテネ不眠尺度の点数を比較した結果を Fig. 3 に示す.

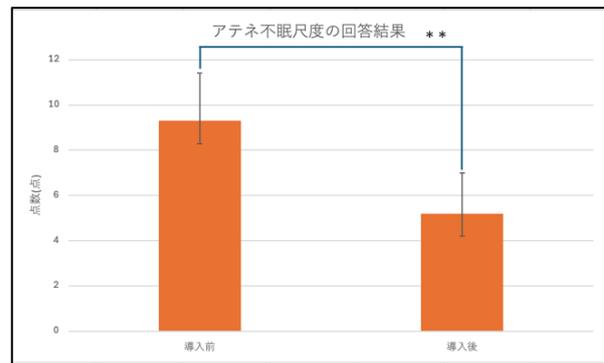


Fig. 3: アテネ不眠尺度の回答結果

### ●反応時間

反応時間を報酬システム導入前後で結果を比較した結果、全実験参加者が実験終了日に反応速度が短縮され、改善されているという結果になった. 反応速度の比較を行った結果を Fig. 4 に示す.

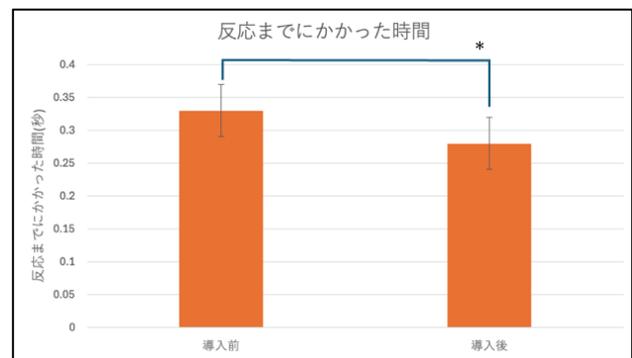


Fig. 4: 反応時間の結果

## 5 考察

全実験参加者で報酬システム導入後アテネ不眠尺度の点数が減った理由は、生活習慣の改善が見られたためであると考えられる. また、「睡眠データ確認機能付きカレンダー」によって毎日の睡眠情報が確認できるため生活習慣の改善点が明確であったためであると考えられる. 報酬があるため、睡眠改善行動に対する達成感や満足感が生まれ、不安やストレスが減少したためとも考える.

全実験参加者で反応速度が短縮されたのは以下の3つの理由であると考えられる.

1つ目は、「疲労の軽減」である。睡眠負債が解消されると、身体全体の疲労が回復し、筋肉の反応速度も向上した。これにより、音を聞いた後の指の動きが早くなった可能性がある。

2つ目は、「集中力の向上」である。睡眠不足では、注意が散漫になりやすい。Kahneman(2011)は、人間の意思決定や注意力が限られたリソースに依存していることを指摘しており、睡眠負債の解消がこれらのリソースを回復させることに寄与したと考えられる<sup>15)</sup>。

3つ目は、「前頭前野の回復」である。前頭前野は注意力や意思決定を司る脳の領域である。睡眠不足の状態では前頭前野の活動が低下する。十分な睡眠を取ることで、前頭前野の神経活動が回復し、刺激に対する注意力が向上する。これにより、音を聞いてから反応するまでの時間が短縮した可能性がある。

## 6 おわりに

本稿の実験では、「睡眠習慣が改善され睡眠負債の解消につながったのか」、「睡眠負債が解消されることで反応速度は短縮できたのか」をマルチ版とシングル版での報酬の効果の違いを検証すべく、睡眠調査アプリケーションを作成した。

実験参加者には反応速度の測定とアテネ不眠尺度の回答を実験開始日と実験終了日に実施した。実験期間中は毎日 Fitbit を着用し睡眠調査アプリケーションへの記録を条件とし合計 2 週間実験を行った。アテネ不眠尺度の回答結果から睡眠習慣が改善され睡眠負債の解消につなげることができた。また、反応速度テストアプリケーションの測定結果では反応速度が短縮されるという結果になった。

本研究では、シングル版の実験参加者が 1 名のみであったため、個人の性格などに左右されてしまった可能性がある。実験の実験参加者をシングル版 2 名、マルチ版 18 名と倍に増やすなど、加えて、実験

期間も増やして得られるデータをより汎用的なものにしていく必要がある。

また、音声による報酬だけであったため生活習慣の改善にはつながりにくかった。

今後は 1 日に達成すべきタスクを細分化することにより、小さな目標の達成が習慣化に繋がる「スモールステップ理論」の効果も関連付けていきたいと考える。同様に、条件をクリアすると睡眠の質が向上すると信じさせる要素を導入し、「プラシーボ効果」も関連付けていきたいと考える。

## 参考文献

- 1) “OECD Time Use Database”. OECD.
- 2) Carskadon, M. A., and Dement, W. C.: Chapter 2 - Normal Human Sleep: An Overview, *Principles and Practice of Sleep Medicine*, pp.16-26 (2011)
- 3) Horne, J. A.: *Why We Sleep: The Functions of Sleep in Humans and Other Mammals* (1988)
- 4) 厚生労働省, 循環器病対策推進基本計画 (2023)
- 5) Walker, M.: *Why We Sleep: Unlocking the Power of Sleep and Dreams* (2017)
- 6) 公益財団法人長寿科学新興財団, 機関誌 Aging & Health, No.102 (2022)
- 7) Dement, W. C., and Vaughan, C.: *The Promise of Sleep* (1999)
- 8) 田村典久, 田中秀樹: 睡眠負債のある高校生に対する睡眠促進行動メニューの作成報告書 (2018)
- 9) McGonigal, J., *Reality Is Broken: Why Games Make Us Better and How They Can Change the World* (2011)
- 10) Bainbridge, W. S.: The Scientific Research Potential of Virtual Worlds, *Science*, Vol.317, Issue 5837, pp.472-476 (2007)
- 11) Van Dongen, H. P A, Maislin, G., Mullington, J. M., and Dinges, D. F.: The cumulative cost of additional wakefulness: dose-response effects on neurobehavioral functions and sleep physiology from chronic sleep restriction and total sleep deprivation, *Sleep*, 26(2), pp.117-126 (2003)
- 12) 根本啓一, 高橋正道, 林直樹, 水谷美由起, 堀田竜士, 井上明人: ゲームフィクションを活用した自発的・持続的行動支援プラットフォームの試作と実践, 情報処理学会論文誌, Vol55, No.6, pp.1600-1613 (2014)
- 13) Russell, S. J., and Norvig, P.: *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (2010)
- 14) Deci, E. L., and Ryan, R. M.: *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior* (1985)
- 15) Kahneman, D.: *Thinking, Fast and Slow* (2011)