

# ユーザペアの関係性に適応した睡眠習慣改善システムの検討

高原まどか (龍谷大学) ○服部峻 (滋賀県立大学)

**概要** 学校における授業や講演会での睡眠教育、厚生労働省も「健康づくりのための健康指針 2023」への改訂など、睡眠負債大国の日本人の睡眠習慣改善が様々に取り組みられ、近年、睡眠センサや睡眠アプリなど、スリープテックも注目されている。従来の睡眠習慣改善システムの多くは単一のユーザ用であるが、カップル、親子、家族など、睡眠は複数のユーザ群の間で互いに影響し合う場合もある。そこで本稿では、ユーザペア間の境界におけるインタラクションや関係性に適応した睡眠習慣改善システムの研究開発に向けて、より深く検討を進める。

**キーワード:** 睡眠習慣改善, 関係性, ヒューマンコンピュータインタラクション, スリープテック, 睡眠情報学

## 1 はじめに

日本は世界一の「睡眠負債大国<sup>1, 2, 3)</sup>」や「睡眠不足大国<sup>4)</sup>」などと言われ、大きな経済的損失も指摘されており、長らく社会問題となっている<sup>1)</sup>。実際、経済協力開発機構 (OECD) の「Gender Data Portal 2021<sup>7)</sup>」によると、33か国の平均睡眠時間である8時間28分に対して、日本の平均睡眠時間は7時間22分、33か国中の断トツの最下位であった<sup>2)</sup>。また、厚生労働省の「国民健康・栄養調査<sup>8)</sup>」でも、平均睡眠時間が6時間<sup>3)</sup>未満の割合が増えており、睡眠で十分な休養が取れていない日本人が少なくない。睡眠の量や質 (QoS; Quantity/Quality of Sleep) は、QoL (Quality of Life) と密接に関係し、日中のパフォーマンスや心の状態、健康にも相互に影響があり、QoSが悪いと不眠症だけでなく、様々な病気の有病率も増加させてしまう<sup>13, 14)</sup>。その結果、QoSがさらに悪化して負のスパイラルにも陥りかねない。

これらの問題に対して、児童期から思春期の子供に対する小中高大など各段階の学校における授業や講演会での睡眠教育<sup>15, 16, 17, 18, 19, 20)</sup>や、その親への睡眠教育<sup>21, 22, 23)</sup>、親子でチャレンジ「早ね早起き朝ごはん<sup>24)</sup>」、職場における労働者への睡眠教育<sup>25, 26, 27)</sup>、睡眠日誌による自分自身の睡眠のセルフモニタリングも併せた「睡眠教育パッケージ<sup>28, 29)</sup>」、厚生労働省も「健康日本21」計画<sup>30)</sup>や「健康づくりのための健康指針2023」への改訂<sup>9)</sup>など、日本人の睡眠習慣改善の取り組みが様々に行われている。

「睡眠」に関する研究は世界でも非常に盛んに行われているが、その歴史は世界的にも未だ浅い<sup>10, 11, 12)</sup>。日本では「睡眠科学」「睡眠医学」「睡眠社会学」などが統合された「睡眠学<sup>31)</sup>」や、「睡眠改善学」「睡眠心理学」「睡眠衛生学」「睡眠環境学」「睡眠検査学」などもあるが、特に「睡眠情報学」「睡眠情報工学」「睡眠教育工学」などは未だ発展途上の研究分野である<sup>32)</sup>。近年、Fitbitといったウェアラブルな睡眠センサ、睡眠センサや人工知能 (AI; Artificial Intelligence) も備えるベッドやマットレス、「デジタルヘルスケアパジャマ」といったスマートパジャマ、寝室の家電 (空調や音響など) や照明とのIoT (Internet of Things) 連携制御<sup>33)</sup>、「睡眠日誌<sup>34)</sup>」「ReSleep<sup>35)</sup>」「ぐっすり・わー

きんぐ<sup>36)</sup>」「ねんねナビ<sup>37)</sup>」「SLEEP ANGEL<sup>38)</sup>」といった睡眠アプリや「ポケモンスリープ<sup>39)</sup>」といった睡眠ゲーム<sup>40, 41, 42)</sup>など、スリープテックが日本の一般人からも注目され始めている<sup>43, 44)</sup>。

従来の睡眠習慣改善システムの多くはシングルユーザ用に設計されているが、カップル、親子、家族、ペットなど、我々は独りで生活しているとも限らず、生活空間や寝室も共有したりして、睡眠は複数のユーザ群の間で互いに影響し合う場合もある。例えば、厚生労働省の「21世紀出生児縦断調査<sup>45)</sup>」では、2001年に出生した4万人以上の子供の睡眠習慣について追跡調査を実施しているが、21時前に就寝する子供は5人に1人以下しかおらず、親が残業等で帰宅が遅い事も影響しており、母親が働いている家庭では母親の労働時間が長いほど、22時以降に就床する子どもの割合が多い事、親のライフスタイルによって子供の睡眠も大きな影響を受ける事が分かって来ている<sup>47)</sup>。ブレインスリープの「睡眠偏差値 調査結果報告 2021Kids<sup>48)</sup>」でも、親に睡眠負債が有る場合の方が子供に睡眠負債が有る割合が大きい事が分かっている。また、睡眠の質と炎症マーカーの関連について、異性夫婦間の影響を考慮したActor-Partner分析も行われている<sup>49)</sup>。老老介護、老障介護、ヤングケアラー、8050問題なども社会問題になっており、在宅介護における介護者と被介護者の両者といったマルチユーザ用の睡眠習慣改善システムも必要であるが、ユーザペア間の境界におけるインタラクションや、ユーザペア間の関係性への適応はあまり検討されていない<sup>50, 51, 52, 53, 54, 55)</sup>。

そこで本稿では、マルチユーザ用の睡眠習慣改善システムの進化・深化に向けて、システムとユーザ個人との間の境界におけるインタラクションや関係性だけでなく、ユーザペア間の境界におけるインタラクションや関係性への適応に関して検討を進める。

## 2 関連研究

従来の睡眠習慣改善システムの多くはシングルユーザ用である為、他の研究分野におけるマルチユーザ用に設計されたシステムに関して、本章で簡単に整理する。

対話ロボットの研究分野でも、多くのシステムはシングルユーザ用に設計されており、ユーザと対話ロボットとが一对一である<sup>56)</sup>。OpenAIのChatGPTなど、ブレイクスルーした大規模言語モデル (LLM; Large Language Models) に基づく対話システムも、ユーザと対話システムとが一对一であり、パーソナライズ (個人化) やコンテキスト・アウェアネス (文脈依存性)、キャラ型化<sup>57)</sup>などが研究課題として挙げられる。一方で、

<sup>1)</sup>近年、特に子供や女性の睡眠障害が問題視されている<sup>5, 6)</sup>。

<sup>2)</sup>尚、2019年度版でも日本は最下位であった。また、日本に次ぐ韓国でも7時間51分であり、かつ、日本とは違い改善傾向にある。

<sup>3)</sup>快適な睡眠を確保する為の睡眠時間や睡眠パターンなどは個人差があるものの、成人の場合、6~8時間、高齢者の場合、6時間程度などと言われている<sup>9)</sup>。年少の子供ほど、より多くが必要となる。

「多人数対話ロボット<sup>58)</sup>」や「マルチパーティ対話システム」の研究も行われており、全員が会話に参加できるような対話管理の工夫<sup>59)</sup>や、感情、態度、個性、社会的地位、説得性、信頼度といった社会的信号を認識し、ユーザが興味を持って話を聴いているかを推定して、話題を変えたりする社会的信号処理<sup>60, 61)</sup>なども必要になる。また、物理的なロボットやバーチャルエージェント<sup>62)</sup>、擬人化エージェント<sup>63)</sup>の顔表情といった社会的信号を自動生成するのも有効である<sup>64)</sup>。

対話ロボットの研究分野では、PDDIN<sup>65)</sup>といった機械っぽいロボットの他、人間型ロボット (ヒューマノイド) やペット型ロボットに関する研究も盛んに行われ、人間や他のロボットとの境界 (面) であるインタフェースとしてのビジュアル (外見) や、人間や他のロボットとの境界におけるインタラクション (相互作用) としての振る舞いなどは異なる為、睡眠習慣改善の目的に使用した場合の効果も異なると考えられる。また、「複数の人との近接学<sup>66)</sup>」や「社会性<sup>67, 68)</sup>」に基づくインタラクションなども検討されている。

ユーザと対話ロボットとが多対一の他、一对多や、多対多の研究も行われている。ある実世界イベントにおける情報提供として、ユーザと単一のソーシャルロボットとの直接的な会話と比較して、複数のロボット間の会話を間接的に聴く方が効果的である事<sup>69)</sup>や、教師や店員といったロール (役割) のロボットの振る舞いと人間心理の関係を調べ、ロボットからの「称賛」や「謝罪」は1体より2体 (複数) からの方が効果的である事<sup>70, 71)</sup>などが報告されている。また、複数同伴者とのグループコミュニケーションを考慮した複数ロボット車椅子システム<sup>72)</sup>などの研究開発もある。

対話ロボットの研究分野の他にも、マルチプレイヤーゲームの研究分野において、一対一の対戦ではなく、複数の人間プレイヤーに対して同時に、ポーカーで対戦して勝利もできるゲーム AI<sup>73)</sup>や、複数の人間プレイヤーや他のゲーム AI と協力するゲーム AI の研究も行われ始めている<sup>74)</sup>。また、ゲーム AI の「人間らしさ<sup>75)</sup>」に関する研究として、より人間らしく振る舞うヒト型化オセロ AI<sup>76, 77)</sup>なども存在する。

### 3 ユーザペアやグループの境界や関係性に適応した睡眠習慣改善システムの検討

従来の睡眠習慣改善システムの多くはシングルユーザ用に設計されており、既存のマルチユーザ用の睡眠習慣改善システムでも、ユーザペア間の境界におけるインタラクションや関係性への適応の検討は未だ不十分である<sup>50, 51, 52, 53, 54, 55)</sup>。そこで本章では、マルチユーザ用の睡眠習慣改善システムを進化・深化させ、ユーザペア間 (やユーザグループ間) の境界におけるインタラクションや関係性に適応させる手法を研究開発すべく、より深く検討を進める。

#### 3.1 関係性の情報処理

まず、シングルユーザ用の睡眠習慣改善システム (シングル AI) では、次ページの議論での1つ目に相当する「1. ユーザ個々人とシステムとの関係性」しか無く、その関係性だけをシステムが正しく管理し続け、その関係性だけに適応して、ビジュアル (外見) や音声、振る舞いを変えたり、ロール (役割) を上手く演じたりすれば良く、より単純ではある。それでも、睡眠習慣

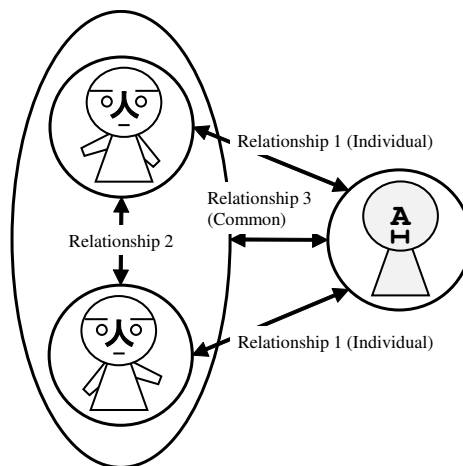


Fig. 1: Three kinds of relationships between a pair of multiple users and a single AI in a system.

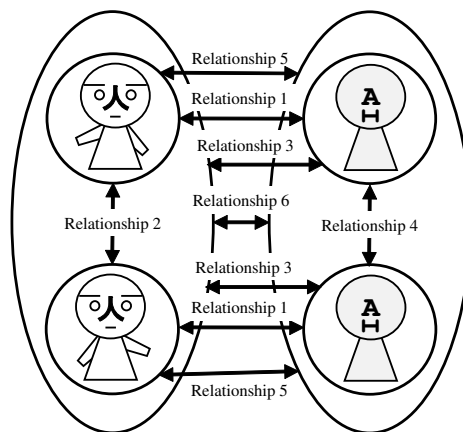


Fig. 2: Six kinds of relationships between a pair of multiple users and multiple AIs in a system.

改善という目的に対して多種多様な要因が関与している可能性がある。ある特定のユーザに対して、

- どのようなコンピュータが最適なのか? : スマフォ, AI スピーカー, 物理的なロボットなど
- その形式やビジュアル (外見) は? : 単なるアプリ, バーチャルエージェント, ペット型ロボットやヒューマノイドなど
- どんな刺激 (介入) を行う? : どんなコンテンツ (内容) をどんなメディア (媒体) で情報伝達する? どのように振る舞わせる?
- どんなタイミングで? : 就寝前, 就寝中, 起床後, 日中 (昼間というより寝ていない活動中) など
- どんな場所や環境で? : 個々人/共有の寝室, 共有の居間や風呂場, 外出中の様々なシーンなど

など、多種多様な要因毎、及び、その組み合わせについて睡眠習慣改善効果を調査していく必要がある<sup>78, 79, 80, 81)</sup>。パーソナライズ (個人化) やコンテキスト・アウェアネス (文脈依存性)、システム (AI) のキャラ型化<sup>57)</sup>なども研究課題として挙げられる。

一方、マルチユーザ用の睡眠習慣改善システム (シングル AI) における「関係性」としては、Fig. 1のように、以下の3種類が考えられ、より複雑化する。

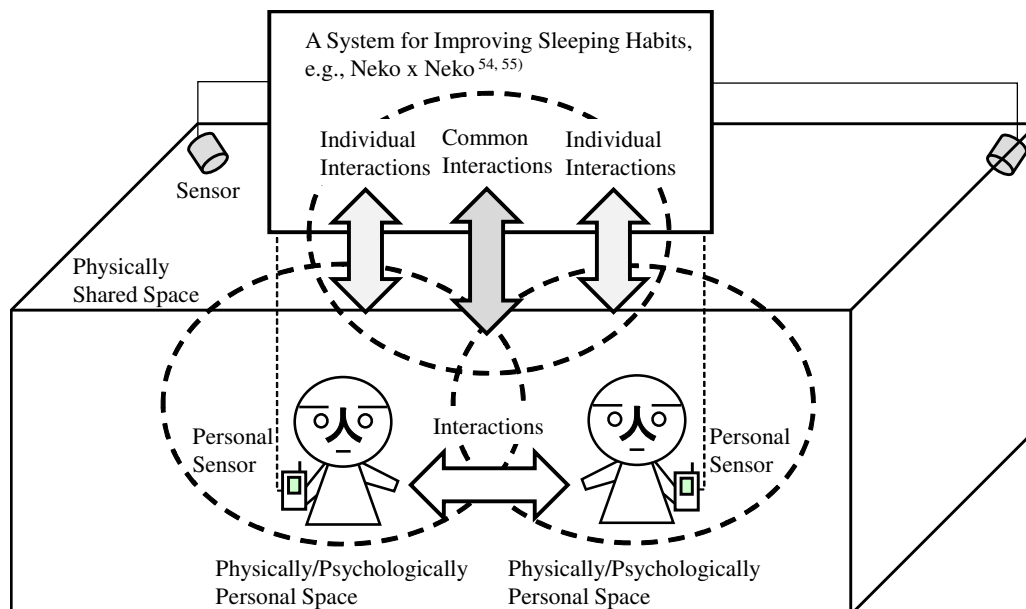


Fig. 3: Interactions between a pair of multiple users and a single AI in a system.

1. ユーザ個々人とシステム (AI) との個別の関係性
2. ユーザペア間の関係性
3. ユーザペアとシステム (AI) との共通の関係性

尚、関係性には単方向と双方向とがあり、一時的や、その場限りなど、時間依存や空間依存、状況依存 (コンテキスト・アウェア) なものも有り得る。さらには、マルチユーザ用の睡眠習慣改善システム (マルチ AI) として、親子で協力して育成中の AI の猫や、ペアで共有する AI スピーカーが複数内在する場合もあり、Fig. 2 のように、さらに複雑化し得る。

4. (システム内の) AI ペア間の関係性
5. ユーザ個々人と (システム内の) AI ペアとの関係性
6. ユーザペアと (システム内の) AI ペアとの関係性

なども考えられる。但し、これらの関係性の全てが睡眠習慣改善システムにおいて必ずしも重要な訳ではない。

ユーザ個々人のプロフィール情報やユーザ間のメッセージのやり取り、ライフログなどを観測して推定<sup>82, 83, 84, 85)</sup> するなど、ユーザペア間の関係性をシステムが正確に把握し続け、その他の欠損する関係性については適応的に割り当てられるように設計する必要があり、その上で、これらの関係性にシステムのビジュアル (外見) や音声、振る舞いなどを適応させるという「関係性の情報処理」は非常に複雑で高度であり、未だ発展途上の研究分野である。尚、既存のマルチユーザ用の睡眠習慣改善システム (シングル AI) では、親子で協力して育成中の AI<sup>54, 55)</sup> として「保護猫」や、在宅介護における介護者 (妻) と被介護者 (夫) とのペアで共有する AI スピーカー<sup>50, 51)</sup> として「実娘」という関係性が良いという仮説で割り当てられている。

例えば、あるユーザ S とユーザ M とから成るユーザペア、及び、マルチユーザ用の睡眠習慣改善システム (シングル AI) との間には、以下のような関係性があるかもしれない。

1. ユーザ個々人とシステムとの個別の関係性

- ユーザ S からシステムへの単方向関係性: 子, 溺愛, 介護される
- システムからユーザ S への単方向関係性: 親 (父親), ちょっとウザい, 介護する
- ユーザ M からシステムへの単方向関係性: 子, 好き, 養育する
- システムからユーザ M への単方向関係性: 親 (母親), 好き, 養育される

2. ユーザペア間の関係性

- ユーザ S とユーザ M との双方向関係性: パートナー, 相思相愛
- ユーザ S からユーザ M への単方向関係性: 妻, 好き, 介護される
- ユーザ M からユーザ S への単方向関係性: 夫, 好き, 介護する

3. ユーザペアとシステム間との共通の関係性

- ユーザペアとシステムとの双方向関係性: 家族
- ユーザペアからシステムへの単方向関係性: 子
- システムからユーザペアへの単方向関係性: 親 (両親)

また、例えば、あるユーザ S とユーザ M とから成るユーザペア、及び、マルチユーザ用の睡眠習慣改善システム (マルチ AI) との間には、上述に加えて、以下のような関係性もあるかもしれない。

4. (システム内の) AI ペア間の双方向関係性: 兄妹

尚、一口に「夫婦」関係や「親子」関係と言っても多様である<sup>86, 87)</sup>。「夫婦」関係の上位概念として「パートナー」関係、一方で「夫婦」関係の下位概念として「事実婚」関係といった、関係性のクラス階層構造を持

つ場合もあり、「ユーザSとユーザMの法律婚」関係といったインスタンスレベルまで具体化され得る。「親子」関係も下位概念として「母息子」関係や「父娘」関係など、「ユーザSとユーザKとの父娘」関係といったインスタンスレベルまで具体化され得る。また、ユーザ個々人の主観的な関係性や、ユーザペアの間主観的な関係性もあれば、これらを他者から見た主観的な関係性や、社会などから見た客観的な関係性もある。

### 3.2 境界におけるインタラクション

まず、シングルユーザ用の睡眠習慣改善システム (シングル AI) では、「ユーザ個々人とシステムとの境界における個別的インタラクション (相互作用)」しか無く、そのインタラクションだけをシステムが正しく把握し続け、そのインタラクションだけに適応すれば良く、「関係性の情報処理」と同様に、より単純ではある。

一方、マルチユーザ用の睡眠習慣改善システム (シングル AI) では、Fig. 3のように、「ユーザペア間のインタラクション」もシステムが正しく把握し続け、それにも適応する必要がある為、「関係性の情報処理」と同様に、複雑化する。また、「ユーザペアとシステムとの間の共有的インタラクション」もある。さらには、マルチユーザ用の睡眠習慣改善システム (マルチ AI) として、親子で協力して育成中の AI の猫や、ペアで共有する AI スピーカーが複数内在する場合もあり、「(システム内の) AI ペア間のインタラクション」「ユーザ個々人と (システム内の) AI ペアとのインタラクション」「ユーザペアと (システム内の) AI ペアとのインタラクション」も追加され、さらに複雑化し得る。

例えば、就寝前の刺激として「感謝」が睡眠改善に有効であると言われている<sup>88)</sup>が、従来の睡眠習慣改善システムの多くのようにシングルユーザ用の場合には、そのユーザへシステムから「感謝」という刺激を与えるしかない。一方、マルチユーザ用の睡眠習慣改善システムの場合には、親子で協力して育成中の AI の猫や、ペアで共有する AI スピーカーから個別に「感謝」されるよりも、共有的に「感謝」されたり、ユーザペア間で「感謝」し合ったりする方が睡眠改善に有効であるかもしれない。従って、ユーザ個々人へシステムから「感謝」という刺激を与えるだけでなく、ユーザペア間で「感謝」し合うというインタラクションをシステムが促す方法も有り得る。あるいは、システムがあるユーザのテキストの内容や口調、音声の声色などを「装う」事も有り得るが、ユーザ個々人の身内など、睡眠改善に有効なユーザを「装う」のではなく、ユーザペア両者にとっての身内などを「装う」必要もある。

## 4 まとめと今後の研究課題

学校における授業や講演会での睡眠教育、厚生労働省も「健康づくりのための健康指針 2023」への改訂など、睡眠負債大国の日本人の睡眠習慣改善が様々に取り組まれ、近年、睡眠センサや睡眠アプリなど、スリープテックも注目されている。従来の睡眠習慣改善システムの多くはシングルユーザ用に設計されているが、カップル、親子、家族など、睡眠は複数のユーザ群の間で互いに影響し合う場合もある。そこで本稿では、マルチユーザ用の睡眠習慣改善システムの進化・深化に向けて、システムとユーザ個々人との間の境界におけるインタラクションや関係性だけでなく、ユーザペア間

の境界におけるインタラクションや関係性への適応に関して、サーベイを行った上で検討を進めた。

今後の研究課題としては、まずは、既存のマルチユーザ用の睡眠習慣改善システム (シングル AI) において、親子で協力して育成中の AI の猫や、在宅介護における介護者と被介護者とのペアで共有する AI スピーカーに対して、本稿で検討を進めた「関係性の情報処理」の簡易版を導入し、それによる睡眠習慣改善の効果を調査していく。そして、より複雑な「関係性の情報処理」の研究開発や、ユーザペア間の境界におけるインタラクションへの適応にもチャレンジしていく計画である。

## 謝辞

本研究は科研費 (20K13787) の助成を受けている。

## 参考文献

- 1) Van Dongen, H. P. A., Rogers, N. L., and Dinges, D. F.: "Sleep Debt: Theoretical and Empirical Issues," *Sleep and Biological Rhythms*, Vol.1, No.1, pp.5-13 (2003).
- 2) 鷹見 将規, 角谷 寛: "日本人における睡眠負債の現状・問題点," *睡眠医療*, Vol.12, No.3, pp.305-309 (2018).
- 3) 駒田 陽子: "勤労者の睡眠負債と社会的ジェットラグ," *公衆衛生*, Vol.86, No.1, pp.43-51 (2022).
- 4) 松田 英子: "睡眠障害に対する行動医学的・心理学的支援の動向: 不眠症および悪夢障害に対する認知行動療法," *江戸川大学紀要*, Vol.22, pp.51-57 (2012).
- 5) 神山 潤: "子どもの睡眠負債," *睡眠医療*, Vol.12, No.3, pp.325-330 (2018).
- 6) 駒田 陽子: "子どもの睡眠負債: 影響と対策を考える," *小児科*, Vol.61, No.13, pp.1760-1767 (2020).
- 7) OECD: "Gender Data Portal," <https://www.oecd.org/gender/data/> (accessed 2023-10-06).
- 8) 厚生労働省: "国民健康・栄養調査," <https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/kenkou-eiyou-chousa.html> (accessed 2023-10-06).
- 9) 厚生労働省: "健康づくりのための睡眠指針の改訂に関する検討会," [https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/shingi-kousei\\_127752\\_00006.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/shingi-kousei_127752_00006.html) (accessed 2023-10-06).
- 10) Berger, H.: "Über das Elektrenkephalogramm des Menschen," *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten*, Vol.87, pp.527-570 (1929).
- 11) Von Economo, C.: "Sleep as a Problem of Localization," *Journal of Nervous and Mental Disease*, Vol.71, No.3, pp.249-259 (1930).
- 12) Dement, W. C.: "The Sleepwatchers," Stanford Alumni Association (1992).
- 13) Cappuccio, F. P., D'Elia, L., Strazzullo, P., and Miller, M. A.: "Sleep Duration and All-Cause Mortality: A Systematic Review and Meta-Analysis of Prospective Studies," *Sleep*, Vol.33, No.5, pp.585-592 (2010).
- 14) 土井 由利子: "日本における睡眠障害の頻度と健康影響," *保健医療科学*, Vol.61, No.1, pp.3-10 (2012).
- 15) 山本 隆一郎: "児童期から思春期にかけての睡眠の変化と睡眠教育・睡眠公衆衛生," *睡眠と環境*, Vol.15, No.1, pp.19-26 (2020).
- 16) 古谷 真樹, 石原 金由, 田中 秀樹: "小学生における単発睡眠教育-聴講形態による比較-", *学校保健研究*, Vol.57, pp.18-28 (2015).
- 17) 大曾 基宣: "小中学生への睡眠教育の現状と課題: 国内外における文献からの検討," *人間発達学研究*, Vol.12, pp.27-40 (2021).

- 18) 田中 秀樹, 児玉 奈美枝, 河内 眞実, 田村 典久: “中学生, 高校生における睡眠教育の実践 –睡眠知識, 行動, アクティブ・ラーニング–,” 睡眠と環境, Vol.15, No.1, pp.61–71 (2020).
- 19) 小谷 正登, 木田 重果, 加島 ゆう子, 塩山 利枝, 岩崎 久志, 三宅 靖子, 下村 明子, 来栖 清美, 白石 大介: “高校生における睡眠健康教育の効果に関する研究 –睡眠習慣改善の実践による心の健康状態の変化–,” こども環境学研究, Vol.17, No.3, pp.100–108 (2021).
- 20) 林 光緒: “大学生における睡眠教育の実践,” 睡眠と環境, Vol.15, No.1, pp.72–76 (2020).
- 21) 古谷 真樹, 山尾 碧, 田中 秀樹: “幼児の夜ふかしと主養育者に対する睡眠教育の重要性,” 小児保健研究, Vol.67, No.3, pp.504–512 (2008).
- 22) 羽山 順子, 足達 淑子, 津田 彰: “新生児の母親に対する乳児の睡眠形成についての簡便な親教育,” 行動医学研究, Vol.16, No.1, pp.21–30 (2010).
- 23) 渡辺 綾子, 大島 聖美, 田中 秀樹: “地域の両親学級における妊婦に対する単発の睡眠教育が, 睡眠, 抑うつに与える効果,” *Journal of Health Psychology Research*, Vol.31, No.1, pp.61–68 (2018).
- 24) 古谷 真樹: “親子でチャレンジ「早ね早起き朝ごはん」 –睡眠教育指導者を育成するプロセス–,” 睡眠と環境, Vol.15, No.1, pp.46–52 (2020).
- 25) 柿沼 充: “職域における睡眠教育の介入研究とその実践例,” 交通医学, Vol.62, No.5/6, pp.145–151 (2008).
- 26) 安藤 敬子, 影山 隆之: “三交替勤務に従事する男性労働者の深夜勤務中の眠気に対する睡眠衛生教育の効果,” 産業精神保健, Vol.29, No.3, pp.273–285 (2021).
- 27) 澤谷 知佳子, 大西 基喜: “建設会社従業員への睡眠支援の有効性に関する一考察: 睡眠教育とウェアラブル端末を用いた比較研究,” 日本公衛誌, Vol.70, No.7, pp.442–450 (2023).
- 28) 田村 典久, 田中 秀樹: “睡眠教育パッケージを用いた睡眠授業が小学生の生活の夜型化, 睡眠不足, イライラ感の改善に与える効果,” 小児保健研究, Vol.73, No.1, pp.28–37 (2014).
- 29) 田村 典久, 田中 秀樹: “睡眠教育パッケージが高校生の睡眠時間, 就床時刻, 睡眠負債の改善に与える効果: 単群前後比較試験,” 学校保健研究, Vol.62, pp.234–243 (2020).
- 30) 厚生労働省: “健康日本 21 (第三次),” [https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou\\_iryuu/kenkou/kenkounippon21\\_00006.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/kenkou/kenkounippon21_00006.html) (accessed 2023-10-06).
- 31) 日本学術会議: “睡眠学の創設と研究推進の提言,” <https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/18youshi/1855.html> (2002).
- 32) 田中 秀樹, 岩城 達也, 白川 修一郎: “快眠研究と製品開発, 社会実装 –生体計測から睡眠研究, スリープテック, ウェルネス, 地域創生まで–,” NTS (2022).
- 33) 望月 海久斗, 篠山 涼奈, 古澤 瑠果, 宇田 悠佑, 渡部 智樹, 一色 正男: “IoT 機器を用いた睡眠改善システムの研究,” 情報処理学会第 84 回全国大会講演論文集, 1ZB-01, pp.1-329–330 (2022).
- 34) NEC ソリューションイノベータ: “睡眠日誌,” iOS/Android (released 2016-03-03).
- 35) 國師 誠也, 角田 博保, 赤池 英夫: “ReSleep: ウェアラブルデバイスを用いた睡眠習慣改善システムの提案と評価,” 情報処理学会第 78 回全国大会講演論文集, 3Y-07, pp.4-277–278 (2016).
- 36) 石井 隆大, 永光 信一郎, 山下 裕史朗: “子どもの睡眠障害予防教育アプリケーション: ぐっすり・わーきんぐを用いたパイロット研究,” 第 38 回日本小児心身医学会学術集会, P-6 (2020).
- 37) 吉崎 亜里香: “双方向性睡眠支援アプリ「ねんねナビ」開発からわかった, 幼児の眠りと子育ての課題,” チャイルドヘルス, Vol.25, No.7, pp.486–490 (2022).
- 38) 笹澤 吉明, 岡 靖哲, 姜 東植, 小林 稔: “コロナ禍での小学生への ICT による睡眠改善アプリ活用の試み,” 不眠研究, pp.19–28 (2022).
- 39) The Pokémon Company: “Pokémon Sleep,” iOS/Android (released 2023-07-17).
- 40) Cai, J., Chen, B., Wang, C., and Jia, J.: “Wander: A Breath-Control Audio Game to Support Sound Sleep,” Proceedings of the 2021 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play (CHI PLAY’21), pp.17–23 (2021).
- 41) Si, H.: “Pro Sleeper: A Meditative Mobile Game to Improve Sleep Quality,” Northeastern University ProQuest Dissertations Publishing (2021).
- 42) HAappss (Abe, H.): “睡眠×ゲーム –グッドスリーパーズ: 睡眠習慣を楽しく改善,” iOS/Android (released 2022-05-23).
- 43) Chakrabarti, S., Biswas, N., Jones, L. D., Kesari, S., and Ashili, S.: “Smart Consumer Wearables as Digital Diagnostic Tools: A Review,” *Diagnostics*, MDPI, Vol.12, No.9 (2022).
- 44) Global Market Insights: “Sleep Tech Devices Market By Product (Wearables, Non-wearables), By Application (Insomnia, Obstructive Sleep Apnea, Narcolepsy) and By Distribution Channel (Sleep centers and fitness centers, Pharmacy and retail stores) & Forecast, 2023-2032” (2023).
- 45) 厚生労働省: “21 世紀出生児縦断調査 (平成 13 年出生児),” <https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/27-9.html> (accessed 2023-10-06).
- 46) 厚生労働省: “21 世紀出生児縦断調査 (平成 22 年出生児),” <https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/27-22.html> (accessed 2023-10-06).
- 47) 三島 和夫: “子どもの睡眠,” 厚生労働省 e-ヘルスネット, <https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/information/heart/k-02-007.html> (accessed 2023-10-06).
- 48) ブレインスリープ: “睡眠偏差値 調査結果報告 2021Kids,” <https://brain-sleep.com/service/sleepdeviationvalue/research2021kids/> (accessed 2023-10-06).
- 49) 頓所 つく実, 井上 由貴子: “異性夫婦の睡眠の質と炎症: Actor-Partner 分析,” 行動医学研究, Vol.25, No.2, pp.246–247 (2020).
- 50) Nakamura, K., Takahara, M., Tanev, I., and Shimohara, K.: “Caregiver Support System for Nursing Care for Older Adults,” Proceedings of the 58th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE), WeC06.4 (2019).
- 51) Goshō, K., Takahara, M., Tanev, I., and Shimohara, K.: “Sleep Support System for Reducing the Burden of Nursing Care,” Proceedings of the 59th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE), SaET9.3 (2020).
- 52) Takahara, M., Nakamura, K., Huang F., Tanev, I., and Shimohara, K.: “Nursing Care Support System for Caregiver and Older Adults,” Proceedings of the 21st International Conference on Human-Computer Interaction (HCI’19), Part II, pp.568–577 (2019).
- 53) Takahara, M., Goshō, K., Huang F., Tanev, I., and Shimohara, K.: “Home Care System for Supporting Caregivers and Elderly Care Receivers,” Proceedings of the 21st International Conference on Human-Computer Interaction (HCI’20), Part II, pp.529–538 (2020).



- 54) 高原 まどか, 服部 峻: “親子で学ぶ睡眠教育のための協力型育成ゲームの提案,” 日本デジタルゲーム学会 (DIGRA) 2022 年夏季研究発表大会 予稿集, #2-3, pp.22-27 (2022).
- 55) Takahara, M., and Hattori, S.: “A Study on HCI of a Collaborated Nurture Game for Sleep Education with Child and Parent,” Proceedings of the 25th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI'23), LNCS Vol.14015, pp.169-181 (2023).
- 56) 中野 幹生: “対話ロボットの技術と課題: 対話システム研究者の観点から,” 日本ロボット学会誌, Vol.3, No.5, pp.421-426 (2021).
- 57) 服部 峻, 森 康汰, 高原 まどか, 工藤 康生: “個性除去を用いたツンデレキャラ型化チャット AI の対話応答制御,” 情報処理学会論文誌 (トランザクション) データベース, Vol.16, No.2 (TOD97), pp.34-49 (2023).
- 58) 坪倉 和哉, 加藤 里奈, 小林 邦和: “多人数対話ロボットの検証実験 -ロボットと対話中の親子間会話の分析-,” 人工知能学会第二種研究会資料, AI チャレンジ研究会, SIG-Challenge-060-01 (2022).
- 59) Matsuyama, Y., Akiba, I., Fujie, S., and Kobayashi, T.: “Four-Participant Group Conversation: A Facilitation Robot Controlling Engagement Density as the Fourth Participant,” *Computer Speech and Language*, Vol.33, No.1, pp.1-24 (2015).
- 60) Vinciarelli, A., Pantic, M., and Bourlard, H.: “Social Signal Processing: Survey of an Emerging Domain,” *Image and Vision Computing*, Vol.27, No.12, pp.1743-1759 (2009).
- 61) 岡田 将吾, 石井 亮: “社会的信号処理と AI,” 人工知能, Vol.32, No.6, pp.915-920 (2017).
- 62) 河原 歩夢, 野口 洋平, 田中 文英: “バーチャルエージェントの表出能力や社会性を向上させる内部おもり可動装置の開発,” 2022 年度 (第 36 回) 人工知能学会全国大会 (JSAI'22), 3Yin2-41 (2022).
- 63) 江刺 利彦, 久保村 千明, 服部 峻, 亀田 弘之: “擬人化エージェントによるマルチモーダルなカウンセリングシステムの構築,” 情報処理学会創立 50 周年記念全国大会 (第 72 回全国大会), 6X-4, pp.2-623-624 (2010).
- 64) McKenna, P. E., Lim, M. Y., Ghosh, A., Aylett, R., Broz, F., and Rajendran, G.: “Do You Think I Approve of That? Designing Facial Expressions for a Robot,” *Social Robotics*, pp.188-197 (2017).
- 65) 千頭 真八, 服部 峻, 久保村 千明, 亀田 弘之: “対話ロボットにおける状況依存発話・行動機能実現手法の提案,” 2010 年度 (第 24 回) 人工知能学会全国大会 (JSAI'10), 2E4-1 (2010).
- 66) 田崎 豪, 松本 祥平, 大庭 隼人, 戸田 充彦, 駒谷 和範, 尾形 哲也, 奥乃 博: “ヒューマノイド SIG2 の近接学に基づく複数の人とのインタラクション,” 第 22 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 1E33 (2004).
- 67) 坂本 大介, 小野 哲雄: “ロボットの社会性: ロボットによる人間関係の構築と崩壊,” 人工知能学会第 71 回知識ベースシステム研究会資料, pp.15-20 (2005).
- 68) 坂本 大介, 小野 哲雄: “ロボットの社会性: ロボットが対話者間の印象形成に与える影響評価,” ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.8, No.3, pp.381-390 (2006).
- 69) Iio, T., Yoshikawa, Y., and Ishiguro, H.: “Retaining Human-Robots Conversation: Comparing Single Robot to Multiple Robots in a Real Event,” *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics (JACIII)*, Vol.21, No.4, pp.675-685 (2017).
- 70) Shiomi, M., Tamura, Y., Kimoto, M., Iio, T., Akahane-Yamada, R., and Shimohara, K.: “Two is Better than One: Verification of the Effect of Praise from Two robots on Pre-School Children’s Learning Time,” *Advanced Robotics*, Vol.35, No.19, pp.1132-1144 (2021).
- 71) Okada, Y., Kimoto, M., Iio, T., Shimohara, K., and Shiomi, M.: “Two is Better than One: Apologies from Two Robots are Preferred,” *PLoS ONE*, Vol.18, No.2, e0281604 (2023).
- 72) 鈴木 亮太, 新井 雅也, 佐藤 慶尚, 山田 大地, 小林 貴訓, 久野 義徳, 宮澤 怜, 福島 三穂子, 山崎 敬一, 山崎 晶子: “複数同伴者とのグループコミュニケーションを考慮した複数ロボット車椅子システム,” 電子情報通信学会論文誌 A, Vol.J98-A, No.1, pp.51-62 (2015).
- 73) Brown, N., and Sandholm, T.: “Superhuman AI for Multiplayer Poker,” *Science*, Vol.365, No.6456, pp.885-890 (2019).
- 74) 板東 宏和, 池田 心, Hsueh, C.-H.: “人間プレイヤーを活躍させる協力型ゲームの味方 AI,” 情報処理学会第 49 回 GI 研究発表会, Vol.2023-GI-49, No.3, pp.1-8 (2023).
- 75) 藤井 叙人: “人間らしい振る舞いを自動獲得するゲーム AI に関する研究,” 関西学院大学, 2015 年度博士論文 (2016).
- 76) 服部 峻, 吉田 裕太, 高原 まどか: “ヒト型化オセロ AI を用いたビデオゲームのインタフェース改善,” ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.23, No.4, pp.459-480 (2021).
- 77) 服部 峻, 黒野 真澄, 吉田 裕太, 高原 まどか, 工藤 康生: “ヒト型化オセロ AI のための思考とカーソル移動の時間的制御,” 情報処理学会論文誌 (トランザクション) データベース, Vol.16, No.2 (TOD97), pp.16-33 (2023).
- 78) 橋本 卓也, 高原 まどか, 服部 峻: “アフタメーションと瞑想を用いた心身状態改善機構の提案,” 2023 年 電気学会 電子・情報・システム部門大会 (IEEJ-EISS'23), PS7-3, pp.1844-1845 (2023).
- 79) 橋本 武樹, 高原 まどか, 服部 峻: “睡眠誤認改善のためのスタンプリースシステムの開発,” 2023 年 電気学会 電子・情報・システム部門大会 (IEEJ-EISS'23), PS7-4, pp.1846-1847 (2023).
- 80) 李 后雄, 高原 まどか, 服部 峻: “就寝前の自己肯定感を上げる言葉が心身に与える影響の調査,” 2023 年 電気学会 電子・情報・システム部門大会 (IEEJ-EISS'23), PS7-6, pp.1850-1851 (2023).
- 81) 西村 駿佑, 高原 まどか, 服部 峻: “ASMR を用いた寝スマホ防止機構の構築,” 2023 年 電気学会 電子・情報・システム部門大会 (IEEJ-EISS'23), PS7-7, pp.1852-1853 (2023).
- 82) 神田 崇行, 石黒 浩: “対話型ロボットのための友達関係推定モデル,” ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.8, No.1, pp.59-67 (2005).
- 83) 西原 陽子, 砂山 渡, 谷内田 正彦: “発話テキストからの人間の仲の良さとの上下関係の推定,” 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J91-D, No.1, pp.78-88 (2008).
- 84) 吉田 隆之, 大槻 雅文, 中村 明生: “顔方向推定・開口検出に基づく複数人物のグループ化及び関係推定手法の検討,” 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), Vol.133, No.4, pp.864-875 (2013).
- 85) 鎌田 稜平, 角所 考, 飯山 将晃, 西口 敏司, 村上 正行: “受講者の挙動の観測に基づく友人関係の推定,” 教育システム情報学会誌, Vol.36, No.2, pp.143-148 (2019).
- 86) 山 幸代: “多様なパートナーシップの可能性 -夫婦関係の脱制度化と親密性の変容-,” 佛大社会学, No.39, pp.17-28 (2014).
- 87) 米澤 旦: “『多様な親子関係』への支援を再考する」に寄せて,” 福祉社会学研究, Vol.17, pp.7-11 (2020).
- 88) 山本 舞香, 大竹 恵子: “感謝介入が睡眠問題と主観的幸福感に及ぼす影響,” 日本健康心理学会大会 (第 32 回記念大会) 発表論文集, PA18, p.73 (2019).