

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 10 月 7 日現在

機関番号：21601

研究種目：学術変革領域研究(B)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H05066

研究課題名（和文）自然言語に対する人工知能技術適用による心理療法支援システムの開発

研究課題名（英文）Development of an AI-Based Natural Language Processing System to Support Psychotherapy

研究代表者

竹林 由武 (Takebayashi, Yoshitake)

福島県立医科大学・医学部・講師

研究者番号：00747537

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 21,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、心理療法や医療問診の言語データに最新の自然言語処理モデルを適用した。まず、BERTの拡張モデルを用いてセラピストの治療プロトコル遵守を予測し、一定の予測性能を示した。また、治療マニュアル辞書を用いたBERTモデルでも同様の結果を得た。医療問診におけるGPT-4による共感予測では、言語特徴量のみ依存する場合の限界が判明した。SentenceBERTモデルを用いて心理療法のワークシートから抑うつ関連の思考パターンを抽出し、それが臨床アウトカムの改善に関連することが示された。最後に、GPT-4を活用した心理療法のノベルゲームを開発し、無作為化比較実験で感情表出スコアの改善効果を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、発展が目覚ましい自然言語処理のAIモデルを心理療法領域に適用し、臨床のアウトカムやプロセスを予測する種々のモデルを開発し、一定の性能を示した。心理療法領域におけるAIベースの自然言語処理の適用は世界的にも萌芽的な段階にあり、多様なアプローチ方法をデータの特徴に応じて適用し、その活用法を示した本研究は、当該領域の発展に大きく寄与する学術的意義の高い成果である。また、本研究の成果は、予測性能をさらに高めることで臨床的に実用性の高いモデルになる可能性を持つ。今後の進展によって臨床に還元される本研究の知見は、社会的意義も高い。

研究成果の概要（英文）：In this study, we applied state-of-the-art natural language processing models to language data from psychotherapy and medical interviews. First, we used an extended BERT model to predict therapist adherence to treatment protocols, demonstrating a certain level of predictive performance. Similarly, the BERT model with a treatment manual dictionary yielded comparable results. For empathy prediction in medical interviews using GPT-4, we found limitations when relying solely on linguistic features. Using the SentenceBERT model, we extracted depression-related thought patterns from psychotherapy worksheets, showing a correlation with clinical outcome improvements. Finally, we developed a psychotherapy novel game using GPT-4 and demonstrated its effectiveness in improving emotional expression scores through a randomized controlled trial.

研究分野：臨床心理学

キーワード：自然言語処理 心理療法 医療コミュニケーション 人工知能 GPT BERT

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

精神医療では、患者との対話データが診療において非常に重要であるにもかかわらず、これまでそのデータは電子カルテとして保管されるか、抽象化された形でしか活用されてこなかった。思考が言葉を通して表現されるため、言語データを定量的に解析することが望ましいが、従来の精神医学ではそのようなアプローチは浸透していなかった。本研究は、心理療法のデータに最先端の人工知能技術を適用して高精細なケアを提供することを目的としている。本研究の学術的な問いは、治療者の発話や精神疾患のある患者の言葉から定量的なパターンを見出し、治療のための定量的な指標を作ることである。患者と治療者の会話データは精神医療ビッグデータであり、数理モデルを通じて隠れたパターンを抽出することで、次世代の心理学や精神医学を切り拓く新しい技術となる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究の目的は、臨床試験等によって系統的に集積された高品質の心理療法等のコミュニケーション場面の言語データに最新の自然言語処理 (Natural Language Processing: NLP) を適用し、医療コミュニケーションの土台となる傾聴や共感、心理療法による精神状態の回復、セラピストの治療遵守を予測するモデルを開発することであった。

3. 研究の方法

本研究では、6つの一連の研究によって成果を得た。

1) 心理療法のプロセス研究における自然言語処理の適用状況の文献レビュー

本研究は NLP を心理療法のプロセス研究に適用した研究について文献レビューを行い、当該領域の現況を、俯瞰し、今後の研究発展可能性を議論した。

2) 拡張 BERT による治療遵守の判別モデルの構築

本研究では、国内で実施された認知行動療法に基づいた感情障害への心理療法である統一プロトコル (Unified Protocol: UP) の有効性を検証した無作為化比較試験の中で取得された、セラピストと患者の逐語データ (同意の得られた 54 名分) のうち「感情の心理教育」を行うモジュールのセラピストの発話 (総発話数=18500) に対して、Bidirectional Encoder Representations from Transformers (BERT) を拡張したモデルを構築し、セラピストが治療マニュアルを遵守しているか (treatment fidelity) の判別性能を評価した。2名の UP に精通した臨床心理士が逐語データの印象から、各ケースのセラピストの治療遵守の程度を Golden (26 例)、OK (17 例)、NG (11 例) の 3 段階にラベリングした。BERT を限られたデータ数で効率よく学習するよう Multi-head Attention によって拡張し、学習の際に Sentence Dropout 法を併用し、治療遵守ケース (Golden) と非遵守ケース (OK+NG) を判別する性能を評価した。

3) UP の固有表現辞書による治療遵守の判別モデルの構築

本研究では、UP の治療マニュアルの索引欄に掲載されている約 200 語の UP 関連の固有表現を 15 カテゴリーに分類し固有表現抽出のための辞書を作成した。2) で用いた UP の逐語データの一部 (N=30, 総発話数=1293) に手動で付与した固有表現のラベルを、辞書と BERT による固有表現抽出モデルによるラベルの分類精度の検証を行った。その際、BERT 単体、BERT+Viterbi アルゴリズム、BERT+条件付き確率場 (CRF) の 3 モデルの性能を比較した。

4) GPT4 を用いた医療問診場面の共感予測モデルの検証

本研究は、医学部 4 年生を対象とする医療コミュニケーション演習および OSCE 形式の実技試験から収集された問診場面のロールプレイ実施時の逐語データを用いて、医師 (役) の問診における発話内容から、第三者評価の医師の共感的対応を予測するモデルの性能を検証した。249 名の逐語データが分析対象となり、第三者 (教員) 評価において positive (共感的) とされたのは 218 名、negative (非共感的) とされた 31 名であった。対応が共感的か否かを予測するために、ロジスティック回帰 (LR)、Support-Vector Machine (SVM)、および GPT (Generative Pretrained Transformer) を使い、LR、SVM には Bag of Words (BoW)、Latent Dirichlet Allocation (LDA)、および Word Embedding (WE) を入力する特徴量として使用し、GPT には特定のトークンで結合した対話テキストを特徴量として入力とした。さらにサンプル数に基づいた重み付けを行い、アウトカムの不均衡性への対処をした上で性能評価を行った。

5) Sentence BERT を用いた認知行動療法のワークシートの心理測定的評価法の開発

本研究は、UP 実施期間中に使用されるワークシートに記入された患者のネガティブ思考の自由記述に、抑うつや不安との関連が理論的に想定される構成概念である非機能的態度がどの程度反映されているかを定量化し、その程度が治療アウトカムと関連するか検証した。非機能的態度を測定するために開発された Dysfunctional Attitude Scale (DAS) の尺度項目の文と、ワークシートの自由記述の文はそれぞれ Sentence BERT を用いてベクトル化したのちに文の間のコサイン類似度を個人ごとに求め、その値をワークシートの自由記述における非機能態度の反映度

とした。コサイン類似度を説明変数とし、臨床アウトカムである抑うつ重症度（Hamilton Depression scale: HAMD）や重症度の全般的臨床印象評定（Clinical Global Impression for severity: CGI-S）の治療前後での改善度をアウトカムとした一般線形モデルによる分析を実施し、コサイン類似度と臨床アウトカムの関連を検討した。

6) 生成 AI (GPT4) を用いた UP チャットゲームの開発

本研究は、最新の生成 AI モデル (GPT-4) を活用して、UP のチャットゲームを開発し、その有効性を予備的に検証した。この研究では、UP の患者向けの読本である「気持ちとはもだち〜つらい感情への認知行動療法練習ノート〜」を基に、UP を会話形式で学ぶノベルゲームを開発した。このノベルゲームでは、各章の終わりに GPT-4 を用いて質疑応答を行い、学習内容を述べるゲームに登場するキャラクターとの対話形式で確認できる仕様であった。徳島大学の学生 50 名を対象に、ランダムに実験群 (25 名) と統制群 (25 名) に割り当て、実験群は UP チャットゲームを計 3 回 (週 1 回) 実施した。介入の実施前後に、感情の認識または表出を行動課題によって評価した。行動課題の 1 つでは、短い映像視聴後に参加者がテキスト入力した喚起感情等を Google API を用いて sentiment analysis を適用し、感情表出の程度を評価した。行動課題のもう一つでは、PC の読み込み画面を 1 分間参加者に提示し続け、その間の表情の録画から嫌悪感情を検出しストレス耐性として評価した。

4. 研究成果

1) 心理療法のプロセス研究における自然言語処理の適用状況の文献レビュー

心理療法のプロセス研究における NLP 技術の適用状況について文献レビューを行った結果、NLP の技術的な発展と比して、心理療法のプロセス研究領域における NLP の適用は不活発であることが明らかであった。NLP を適用した研究は現状では主に二つの目的で用いられていた。一つは、治療アウトカムやプロセス要因（治療同盟、治療遵守、感情表出など）の予測や説明に用いられ、もう一方では心理療法のセッション内容を要約するために用いられていた。既存の研究は、特定のデータセット（例えば、Alexander Street Press のデータセットや動機づけ面接の研究グループによるデータセット）に依存しているため、今後は多様なデータでの検証が重要となる。NLP 技術を活用した理論駆動とデータ駆動が調和したモデルやマルチモーダルなモデルの発展が心理療法のプロセス研究や高精細なケアモデルの確立に向けて重要であることが示唆された。また、有効な言語・非言語双方の医療コミュニケーションの要素や技術を概観し、心理療法のプロセス研究におけるアノテーション方法を精査した。有効な言語・非言語双方の医療コミュニケーションの要素や技術を概観した成果を刊行された書籍の一部に反映した。

2) 拡張 BERT による治療遵守の判別モデルの構築

治療遵守ラベルの判別性能において、提案モデル (BERT+MHA) は比較モデル (BERT+GRU, BERT+GAP) より高い予測精度を示した (表 1)。この研究は NLP を用いてセラピストのアドヒアランスを一定の精度で自動評価できることを示しており、特に提案モデルである MHA と Sentence Dropout を BERT と組み合わせたモデルが小規模なデータセットでも一定程度有効であることを確認した。しかしながら、臨床応用上の精度は十分とは言えず、より高精度な予測が可能となるようにモデルの発展や、データのアノテーション方法の改良が必要であることが示唆された。

表 1 拡張 BERT モデルと比較モデルの 2 クラス分類 (Golden vs OK+NG) の判別精度

2class	Accuracy	Sensitivity	Specificity	AUC
BERT GAP	0.71±0.23	0.78±0.22	0.63±0.31	0.73±0.22
BERT GRU	0.65±0.19	0.80±0.40	0.50±0.43	0.66±0.27
BERT MHA	0.76±0.17	0.83±0.21	0.68±0.24	0.76±0.24

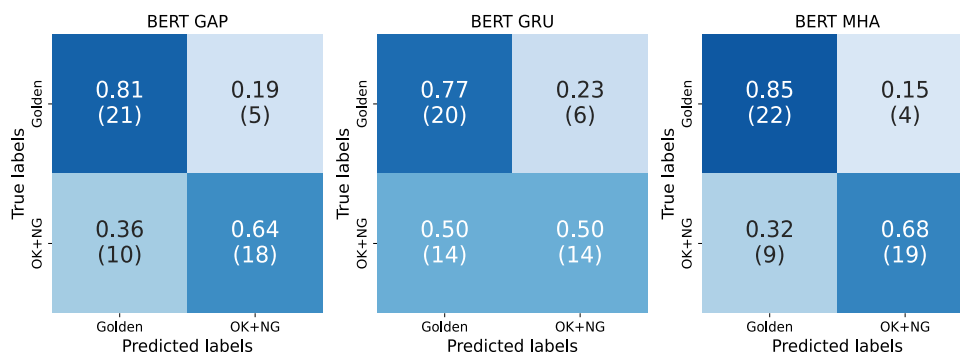


図 1 2 クラス分類における各モデルの推定精度 (混合行列)

3) 拡張 BERT による治療遵守の判別モデルの構築

UP 固有表現辞書を用いた BERT+ Viterbi アルゴリズムのモデルは、UP 固有表現の各カテゴリを高精度 (F1 スコア 0.88 ± 0.11) に予測可能であることが示された (表 2)。特に、「感情 (emotions)」「回避/行動 (avoidance/behaviors)」「身体的感覚 (physical sensations)」「感情の心理教育 (emotional psychoeducation)」の 4 つの主要カテゴリに対する予測が他のモデルと比較して優れていた。また、Viterbi アルゴリズムを用いた BERT モデルの混同行列分析では、特定の表現を高い精度で予測できることが示された。他のモデルとの比較では、BERT モデル単体の性能 (精度 0.84 ± 0.08 、再現率 0.86 ± 0.11 、F1 スコア 0.84 ± 0.10) を上回り、BERT CRF モデル (精度 0.84 ± 0.14 、再現率 0.81 ± 0.15 、F1 スコア 0.82 ± 0.15) よりも一貫して高い性能を示した。

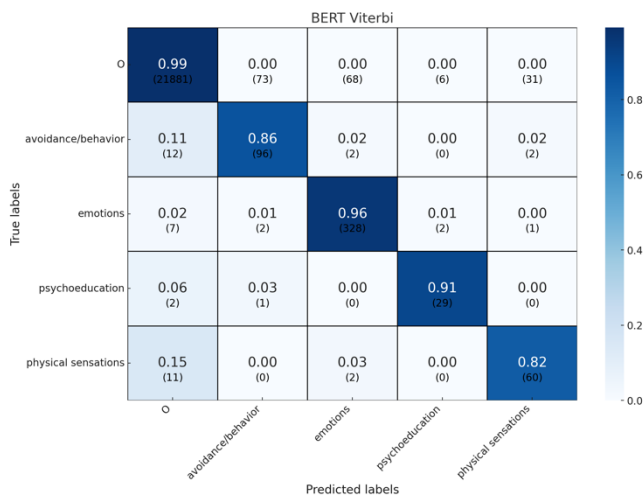


図 2 UP 固有表現の分類精度 (混同行列)

表 2 拡張 BERT モデルと比較モデルの 2 クラス分類 (Golden vs OK+NG) の判別精度

Model	Balanced Accuracy	Precision	Recall	F1 score
BERT	0.86 ± 0.11	0.84 ± 0.08	0.86 ± 0.11	0.84 ± 0.10
BERT+Viterbi	0.90 ± 0.10	0.87 ± 0.11	0.90 ± 0.10	0.88 ± 0.11
BERT CRF	0.81 ± 0.15	0.84 ± 0.14	0.81 ± 0.15	0.82 ± 0.15

4) GPT4 を用いた医療問診場面の共感予測モデルの検証

第三者評定による共感の予測において、適切なハイパーパラメータを選択した場合、GPT モデルは最高の性能を示し、重み付けなしで F1 スコアが 0.711、重み付けありでは 0.760 に達した。また、いずれのモデルにおいてもデータセットのクラス間不均衡に対処するための重み付けが性能向上に寄与することが確認された。映像視聴によって評価する第三者評定による共感、非言語要因が評価に大きく影響するため、発話言語のみをデータとしたモデルでは精度向上に限界がある可能性が示唆された。

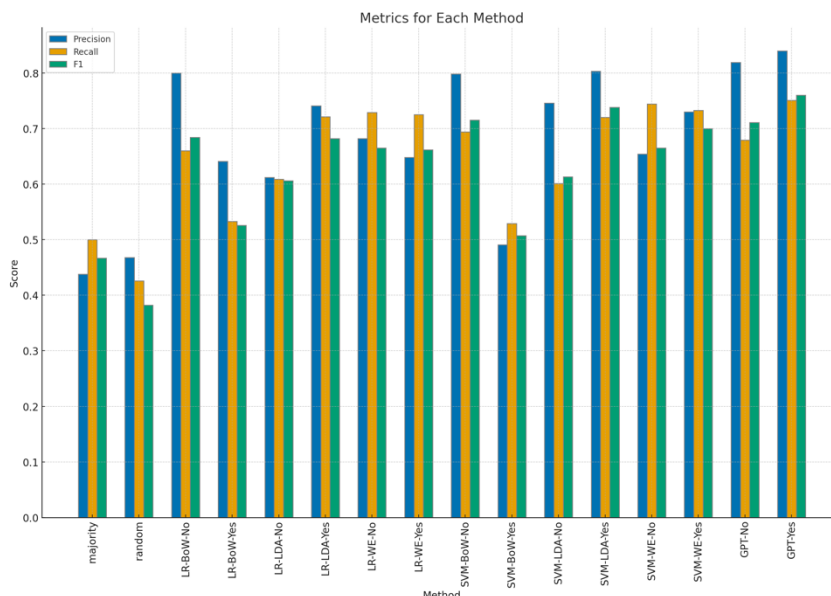


図 3 各モデルの共感判別精度

5) Sentence BERT を用いた UP ワークシートの心理測定的評価

一般線形モデルによる解析の結果、非機能的態度のコサイン類似度と臨床アウトカムの関連が有意であった。関連はいずれのアウトカム (HAMD、CGI-S) とも同様の関連の方向性で有意であり、セッション中期で記入されたワークシートの記述に非機能的態度の概念が強く反映されているほど、治療前後でのアウトカムの改善が減弱することが示唆された。

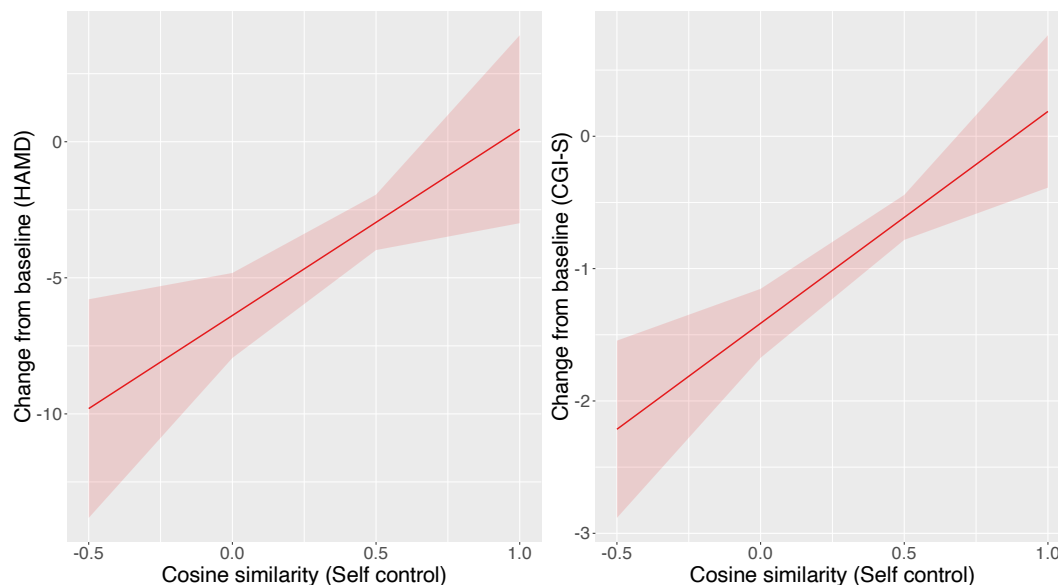


図4 臨床アウトカム (抑うつ症状 (HAMD)、重症度の全般的臨床印象評価 (CGI-S)) の改善度と治療中期のワークシートに含まれる非機能的態度 (セルフコントロール) の反映度 (Cosine similarity) の関連

6) 生成 AI を用いた UP チャットゲームの開発

生成 AI を用いた UP チャットゲームを実施した実験群は、統制群と比べて、ゲーム実施後の (面白さを喚起する動画視聴後の) ポジティブな感情表出が高いことが示された。また、実験群は統制群と比べて、ストレス課題中の侮蔑感情表出が低く、ストレス耐性が高い傾向を示していた。

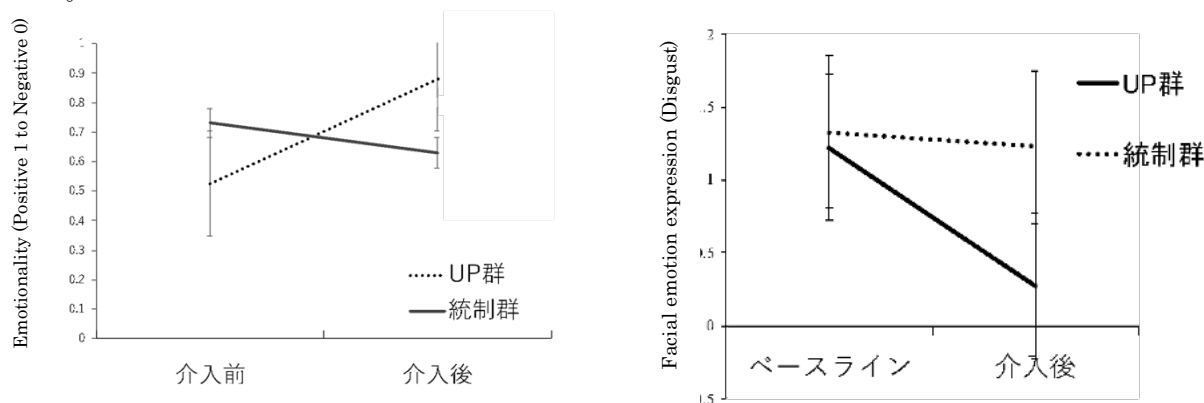


図5 介入前後の映像視聴後の感情表出テキストの感情価とストレス課題時の表情 による侮蔑 (disgust)感情スコア

7) まとめ

本研究課題の一連の研究を通じて、心理療法や医療コミュニケーションの多様な場面、多様な観点で、NLP を活用して高精細なケアの提案に繋がる知見が得られた。その一方で、心理療法のプロセス研究に自然言語処理を活用する上での課題が明確になった。課題は大きく二つ存在し、学習データ生成のコストが甚大であることと言語処理のみによる予測の限界があげられる。学習データ作成には文字起こしとアノテーションの労力がかかり、専門家による高コストのアノテーションが必要であり、そのコスト削減方法の発展が不可欠である。今後は、言語データのみ依存しない、マルチモーダルなモデルの発展と応用が本領域の研究を飛躍させると期待される。本研究の知見が、心理療法のプロセスを種々の自然言語処理モデルを多様な観点で適用し、臨床活用を活性化する心理療法研究の変革の端緒となることを期待する。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1 . 発表者名 Tsuji, Takumasa, Takebayashi, Yoshitake, Shigeeda, Yuko, Toyoda, Ayaka, Yabe, Kaichi, Sugita, So, Komoto, Madoka,
2 . 発表標題 Accuracy of extended BERT model to detect treatment adherence to the unified protocol from session natural language
3 . 学会等名 the 10th World Congress of Cognitive and Behavioral Therapies (WCCBT) (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 Tsuji, Takumasa, Takebayashi, Yoshitake.
2 . 発表標題 Automated Assessment of Therapist Fidelity in the Unified Protocol using NLP Techniques.
3 . 学会等名 Poster presented at the Taiwanese Psychological Association(TPA) annual conference (国際学会)
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 井原奈桜・横谷謙次・飯藤大和
2 . 発表標題 コミュニケーションロボットとの会話中の非言語的コミュニケーションが人の身体反応に与える影響 非言語コミュニケーションに着目した分析
3 . 学会等名 日本認知・行動療法学会第49回大会
4 . 発表年 2023年

1 . 発表者名 中島俊
2 . 発表標題 マルチモーダル・センシング技術を活用した認知行動療法研究の可能性とELSI
3 . 学会等名 第23回日本認知療法・認知行動療法学会
4 . 発表年 2023年

1. 発表者名 中島俊・大井瞳
2. 発表標題 シンポジウム14「医工連携・産学連携による新しい治療技術の開発：アディクション分野における最新の知見」：共創に基づくテクノロジーを活用した心理療法の多施設共同研究のチーム・ビルディングの光と影
3. 学会等名 2023年度アルコール・薬物依存関連学会合同学術総会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hiroku Noma, Shun Nakajima, Hitomi Oi, Mari Inoue, Haruhito Tanaka, Hiroaki Yamamoto, Hironori Kuga
2. 発表標題 Linguistic Features during Assesment Interviews between Insomnia Patients with Depression
3. 学会等名 10th World Congress of Cognitive and Behavioral Therapy (WCCBT) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hitomi Oi, Shun Nakajima, Hikari Takashina, Mari Inoue, Hiroku Noma, Haruhito Tanaka, Hironori Kuga
2. 発表標題 Patients' Perspectives on Implementation of Remote Cognitive Behavioral Therapy for Insomnia: A Qualitative Study
3. 学会等名 10th World Congress of Cognitive and Behavioral Therapy (WCCBT) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 青木俊太郎
2. 発表標題 シンポジウム「心理学者は医学教育にどのような貢献ができるのか：心理士/心理学者が行う医療コミュニケーション教育」
3. 学会等名 第55回日本医学教育学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 重枝裕子・西村拓一・竹林由武・櫻原潤・村中誠司・中島俊・青木俊太郎・押山千秋・国里愛彦・菅原大地・辻拓将・大井瞳・矢部魁一・杉田創・加藤典子・伊藤正哉
2. 発表標題 認知行動療法と臨床査定で取得される多種データへの人工知能技術の適用 - 精神状態の識別及び治療アウトカムの予測 -
3. 学会等名 電子情報通信学会人工知能と知識処理研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤正哉・西村拓一・中島俊・竹林由武・古徳純一・村中誠司・櫻原潤・国里愛彦・菅原大地
2. 発表標題 デジタル-人間融合による精神の超高精細ケア：多種・大量・精密データ戦略の構築
3. 学会等名 第36回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 中島俊	4. 発行年 2023年
2. 出版社 医学書院	5. 総ページ数 146
3. 書名 入職1年目から現場で活かせる！こころが動く医療コミュニケーション読本	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	中島 俊 (Nakajima Shun) (10617971)	筑波大学・国際統合睡眠医科学研究機構・准教授 (82611)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	重藤 優太郎 (Shigetou Yutaro) (50803392)	千葉工業大学・人工知能・ソフトウェア技術研究センター・主任研究員 (32503)	
研究分担者	青木 俊太郎 (Aoki Shuntaro) (60786416)	福島県立医科大学・医学部・助教 (21601)	
研究分担者	横谷 謙次 (Yokotani Kenji) (40611611)	徳島大学・大学院社会産業理工学研究部（社会総合科学域）・准教授 (16101)	
研究分担者	二瓶 正登 (Nihei Masato) (40789749)	鹿児島純心女子大学・人間教育学部・講師 (37704)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関