

人間情報学会

Academy of Human Informatics



第46回人間情報学会講演集

2023年12月14日

オンライン開催

# 人間情報学会 オーラルセッションプログラム

◆日時：2023年12月14日（木） 11:30-12:30

◆場所：ウェブ会議システムにて

.....  
1件あたり発表10分，質疑4分，切り替え1分（計15分）

脳波感情認識への適応型変分的モード分解の適用

石塚翔馬，戸辺義人

パーソナルテンポに基づく話速の制御手法と理解度への影響評価

宇治川遥祐，高汐一紀

ARエージェントによる視線の“向ける／外す”が観客効果に及ぼす影響の検証

有吉諒真，高汐一紀

生体情報を用いた精神障害者が働きやすい執務空間に関する研究

－その2 開放度合いの異なる5つのソロワークスペースでのストレス比較－

武智韻葉，高橋未樹子，小倉玄，駒澤真人

## 【オーラルセッション概要集】（全4件）

### 1. 脳波感情認識への適応型変分的モード分解の適用

発表者：石塚翔馬(1), 戸辺義人(1)

(1) 青山学院大学 理工学部 情報テクノロジー学科

概要：近年、脳波を用いた感情認識が注目を集めている。非定常性のある脳波信号を分析するための手法として、信号をいくつかの固有モード関数に分解する変分的モード分解が存在する。この変分的モード分解は、信号の分解数を事前に決定する必要があり、本研究では、脳波信号の分解数を適応的に決めることのできる適応型変分的モード分解を提案する。提案された適応型変分的モード分解では、脳波帯域に注目し、変分的モード分解後のモードの脳波帯域分布と元の信号の脳波帯域割合の平均二乗誤差を最小とすることで分解数を決定する。適応型変分的モード分解により得られたモードを、4秒と50%のオーバーラップを有するセグメントに分割し、特徴量として差分エントロピーと正規化エネルギーを抽出する。その後、SVM(Support Vector Machine)を用いて感情認識を行う。提案手法による感情認識精度は、感情価の Valence 軸と覚醒度の Arousal 軸において、それぞれ正解率 84.60%、84.02%と高い認識精度を得られた。また、経験的モード分解と変分的モード分解による感情認識精度と比較し、適応型変分的モード分解に基づいた手法が、それらの手法より優れていることがわかった。

### 2. パーソナルテンポに基づく話速の制御手法と理解度への影響評価

発表者：宇治川遥祐(1), 高汐一紀(1)

(1) 慶應義塾大学 環境情報学部

概要：人間は、パーソナルテンポと呼ばれる自分独自のテンポの中で生活をしている。対話の場面においてもテンポの重要性は高く、会話相手とテンポを揃えることができれば、スムーズかつ理解度がより高いコミュニケーションにつながると考えられる。本稿では、システムとの対話においてもユーザとのテンポを合わせる事で円滑なコミュニケーションを実現できると仮説を立てる。パーソナルテンポを「モーラ数を発話時間で割った値」である話速として定義し、ユーザとシステムの話速を合わせる条件とそうでない条件で比較実験を行い、発話の理解度とシステムの印象への影響を分析することで対話への有用性を検証した。結果、システムの発話やインタラクションに関する印象評価にて有意な差を得た。

### 3. AR エージェントによる視線の“向ける／外す”が観客効果に及ぼす影響の検証

発表者：有吉諒真(1)，高汐一紀(2)

(1) 慶應義塾大学 総合政策学部

(2) 慶應義塾大学 環境情報学部

概要：他人の存在が作業効率を変化させる観客効果（Audience Effect）には、社会的促進と社会的抑制があるが、実際の人間でなくても観客効果を与えることは可能である。そのため、拡張現実技術（AR）を活用すれば現実のタスクを実際の人間なしでも効率的に進められる可能性がある。ARはその利用例や教育的価値についての研究が多くされてきたが、社会的相互作用にどのように影響するかを調査した研究は少なく、AR エージェントにおける観客効果の付与について、視線や表情などの非言語情報を比較し調査した研究はさらに少ない。そのため、本研究ではタスク支援システムの開発を目的に、AR エージェントによる視線の“向ける／外す”が観客効果にどのような影響を与えるか検証を行った。結果、被験者に視線を向けている場合において外している場合よりも、観客効果がより増幅されることを明らかにした。

### 4. 生体情報を用いた精神障害者が働きやすい執務空間に関する研究

#### －その2 開放度合いの異なる5つのソロワークスペースでのストレス比較－

発表者：武智韻葉(1)，高橋未樹子(1)，小倉玄(2)，駒澤真人(3)

(1) コマニー株式会社

(2) 株式会社スタートライン

(3) WIN フロンティア株式会社

概要：本研究は精神障害者が働きやすい執務空間を明らかにすることを目的とし、精神障害者を対象に執務空間の開放度合いによるストレスや作業効率の違いを、生体情報などを用いて比較する。本報では、オープン、1面衝立、3面衝立、半個室、個室の開放度合いの異なる5つのソロワークスペースで検証を行った。その結果、作業効率は、オープンと3面衝立、半個室が高い傾向が見られた。被験者全体のRMSSDの平均では、オープンが最もストレスから解放されていたが、被験者により大きく傾向が異なっていた。5つのソロワークスペースの有意差を見るために、ストレスからの解放が最も小さかった個室と各スペースでt検定を行ったところ、1面衝立が有意差ありとなった。

# 脳波感情認識への適応型変分的モード分解の適用

石塚翔馬<sup>1</sup> 戸辺義人<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 青山学院大学 理工学部 情報テクノロジー学科 〒252-5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1

## 概要

近年、脳波を用いた感情認識が注目を集めている。非定常性のある脳波信号を分析するための手法として、信号をいくつかの固有モード関数に分解する変分的モード分解が存在する。この変分的モード分解は、信号の分解数を事前に決定する必要があり、本研究では、脳波信号の分解数を適応的に決めることのできる適応型変分的モード分解を提案する。提案された適応型変分的モード分解では、脳波帯域に注目し、変分的モード分解後のモードの脳波帯域分布と元の信号の脳波帯域割合の平均二乗誤差を最小とすることで分解数を決定する。適応型変分的モード分解により得られたモードを、4秒と50%のオーバーラップを有するセグメントに分割し、特徴量として差分エントロピーと正規化エネルギーを抽出する。その後、SVM(Support Vector Machine)を用いて感情認識を行う。提案手法による感情認識精度は、感情価の Valence 軸と覚醒度の Arousal 軸において、それぞれ正解率 84.60%、84.02%と高い認識精度を得られた。また、経験的モード分解と変分的モード分解による感情認識精度と比較し、適応型変分的モード分解に基づいた手法が、それらの手法より優れていることがわかった。

キーワード： 脳波、感情認識、変分的モード分解

## はじめに

脳波感情認識は、人間とコンピュータの感情を介したコミュニケーションを可能にすることから近年注目されている。しかしながら、脳波信号は非定常性があることで分析が複雑であり、これまで様々な分析手法が提案されてきた[1, 2]。その中に、信号をいくつかの固有モード関数と呼ばれる成分に分解する、経験的モード分解[3]や変分的モード分解[4]による手法がある。変分的モード分解は、経験的モード分解における、数学的理論に欠けることやモード混合が発生するという問題点から提案されたものである。変分的モード分解による感情認識精度は、経験的モード分解より優れていることが明らかにされた[5]。しかし、変分的モード分解にも問題点が存在し、事前に信号を分解する数を指定する必要がある。

そのため、本研究では、脳波感情認識において、脳波信号の分解数を適応的に決めることのできる、適応型変分的モード分解を提案する。

## 提案手法

### データセット

本研究では、一般に公開されている DEAP データセット[6]を用いて感情認識の実験を行った。DEAP データセットでは、男女 16 人ずつで構成された被験者の脳波と周辺の生理学的信号が、40 個の音楽ビデオを視聴している間に記録された。それぞれの音楽ビデオは、被験者によって感情価、覚醒度、好き嫌い、支配感、馴染みのレベルで評価されている。本研究では、脳波信号のみを用い、感情価と覚醒度の 2 つをラベルとして用いる。脳波信号は、サンプリング周波数 128 Hz にダウンサンプリング、4 Hz から 45 Hz のバンドパスフィルタがかけられている。使用した電極は国際 10-20 法に基づいた Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, T7, T8 を選択した。

### 適応型変分的モード分解

変分的モード分解は、複数の成分から構成された信号を、指定された個数の異なる中心周波数と帯域幅を有する固有モード関数に分解する時間周波数分析方法である。固有モード関数の帯域幅の合計は、すべてのモードの合計が元の信号に等しくなるように最小化さ

れている。

信号ごとに適切な分解数を決定するため、本研究では、信号のシータ、アルファ、ベータ、ガンマ波の脳波帯域に着目する。変分的モード分解後のモードの脳波帯域分布と元の信号の脳波帯域割合の平均二乗誤差を最小とすることで分解数を決める。元の信号の脳波帯域割合は、フーリエ変換を適用して得られた脳波帯域ごとの振幅により算出する。脳波帯域分布の平均二乗誤差  $MSE$  は以下のように定義される。

$$MSE_K = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (f_K(i) - \hat{f}(i))^2 \quad (1)$$

ここで、 $f_K(i)$ は変分的モード分解後のモードの脳波帯域分布、 $\hat{f}(i)$ は元の信号の脳波帯域割合、 $M$ はシータ、アルファ、ベータ、ガンマ波の脳波帯域、 $K$ は信号の分解数を示す。

適応型変分的モード分解では、分解数を増加させながら計算を行う。本研究では、最小平均二乗誤差を探索する範囲を、分解数 6 から 15 の間に設定した。これは、分解数が 5 以下や 16 以上は一般的ではないことによる。しかし、計算の初期では、分解数が小さすぎることが多く、元の信号と再構築信号の間に大きな差が生じる特徴がある[7]。そのため、エネルギー損失係数という指標を用い、閾値の 0.01 を下回るまで分解数を増やす。エネルギー損失係数  $ELC$  は以下のように定義される。

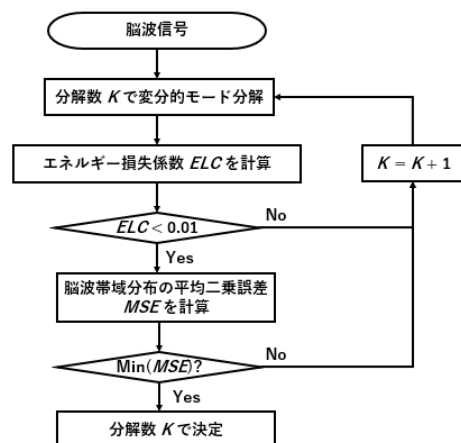


図 1 適応型変分的モード分解のフローチャート

表 1 Valence と Arousal における感情認識精度

手法	Valence				Arousal			
	正解率	適合率	再現率	F 値	正解率	適合率	再現率	F 値
経験的モード分解	75.92%	75.99%	82.54%	79.13%	75.92%	75.84%	85.38%	80.32%
変分的モード分解	81.04%	81.78%	84.57%	83.14%	81.26%	80.44%	89.13%	84.56%
提案手法	<b>84.60%</b>	<b>84.90%</b>	<b>87.78%</b>	<b>86.31%</b>	<b>84.02%</b>	<b>83.18%</b>	<b>90.55%</b>	<b>86.71%</b>

$$ELC = \frac{\sum_{t=1}^N (x(t) - \hat{x}(t))^2}{\sum_{t=1}^N x(t)^2} \quad (2)$$

ここで、 $x(t)$ は元の信号、 $\hat{x}(t)$ 再構築信号、 $N$  はサンプル数を示す。適応型変分的モード分解のフローチャートは図 1 に示す。

#### 特徴量抽出と機械学習

特徴量抽出では、まず脳波信号を適応型変分的モード分解により適切な数の固有モード関数に分解した。分解数は信号ごとに異なり、抽出する特徴量の数が一定ではない。特徴量の数を一定にし、機械学習を行うため、本研究では、高い周波数の脳波帯域が感情認識に有効[8]であることから、得られたモードの中から中心周波数の高い上位 6 つを選択した。次に、選ばれた 6 つのモードを、それぞれ 4 秒と 50%のオーバーラップを有するセグメントに分割し、特徴量抽出に活用した。それぞれのセグメントから、特徴量として差分エントロピーと正規化エネルギーを計算した。

本研究では、機械学習手法として SVM(Support Vector Machine)を採用した。SVM では、非線形カーネルを利用することで、より複雑なデータセットにも対応できる。そこで、非線形カーネルとして、RBF(Radial Basis Function)カーネルを用いた。抽出された特徴量は、SVM を使って、5-fold 交差検証により学習を行い評価した。

#### 実験と実験結果

本研究では、適応型変分的モード分解による脳波感情認識の精度比較のため、同様にして経験的モード分解と変分的モード分解による感情認識を行った。変分的モード分解では、分解数を 9 に設定して信号を分解した。これは、データセットの脳波信号すべての脳波帯域分布の平均二乗誤差を、平均した数値の最小が分解数 9 のときであったためである。感情認識精度を評価するため、指標として正解率、適合率、再現率、F 値を用いた。実験結果は、表 1 に示されている。

実験結果からわかるように、変分的モード分解による感情認識結果は、覚醒度の Arousal 軸において 81.26%と高い正解率を得られた。また、その他の評価指標である適合率、再現率、F 値においても高い精度を得られ、経験的モード分解よりも高いことがわかる。この変分的モード分解による認識精度が、経験的モード分解より高いという結果は、[5]による結果と一致する。そして、本研究で提案された脳波帯域分布の最小平均二乗誤差に基づく適応型変分的モード分解では、感情価の Valence 軸と覚醒度の Arousal 軸において、それぞれ正解率 84.60%、84.02%の高い認識精度を得られた。この認識精度は、経験的モード分解と変分的モード分解によるものよりも高いことがわかる。また、正解率以外の評価指標においても同様に、他 2 つの手法を上回ったことが読み取れる。

#### 考察と今後の展望

本研究で提案された脳波帯域分布の最小平均二乗誤差に基づく適応型変分的モード分解は、経験的モード分解と変分的モード分解より高い認識精度を得られることがわかった。これは、信号ごとに適切な分解数を決定し、感情認識に重要な情報を有する固有モード関数を、欠損することなく得られたことが要因と考えられる。しかしながら、適応型変分的モード分解では、最適な分解数を探索するため、変分的モード分解を複数回適用する。そのため、経験的モード分解や変分的モード分解と比べ、処理に時間がかかってしまったことが問題点として挙げられる。

今後の展望として、適応型変分的モード分解の処理時間を削減する方法について検討していく。また、機械学習手法として、SVM 以外の手法を用い、さらなる感情認識精度の向上を図りたい。

#### 文 献

- [1] M. Murugappan and S. Murugappan, "Human emotion recognition through short time Electroencephalogram (EEG) signals using Fast Fourier Transform (FFT)," 2013 IEEE 9th International Colloquium on Signal Processing and its Applications, Kuala Lumpur, Malaysia, 2013, pp. 289-294.
- [2] Z. Mohammadi, J. Frounchi, and M. Amiri, "Wavelet-based emotion recognition system using EEG signal," in Neural Computing and Applications, vol. 28, no. 8, pp. 1985-1990, 2017.
- [3] N. E. Huang et al., "The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for non-linear and non-stationary time series analysis," Proc. R. Soc. Lond. A, Math. Phys. Sci., 454, no. 1971, pp. 903-995, Mar. 1998.
- [4] K. Dragomiretskiy and D. Zosso, "Variational Mode Decomposition," in IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 62, no. 3, pp. 531-544, Feb. 1, 2014.
- [5] P. Pandey and K. R. Seeja, "Subject independent emotion recognition from EEG using VMD and deep learning," J. King Saud Univ. Comput. Inf. Sci., vol. 34, no. 5, pp. 1730-1738, 2022.
- [6] S. Koelstra, C. Muhl, M. Soleymani, J. S. Lee, A. Yazdani, T. Ebrahimi, T. Pun, A. Hujholt and I. Patras, "DEAP: A Database for Emotion Analysis ; Using Physiological Signals," in IEEE Trans. on Affective Computing, vol. 3, no. 1, pp. 18-31, Jan.-March 2012.
- [7] J. Lian, Z. Liu, H. Wang, and X. Dong, "Adaptive variational mode decomposition method for signal processing based on mode characteristic," Mech. Syst. Signal Process., vol. 107, pp. 53-77, Jul. 2018.
- [8] W. -L. Zheng and B. -L. Lu, "Investigating Critical Frequency Bands and Channels for EEG-Based Emotion Recognition with Deep Neural Networks," in IEEE Trans. on Autonomous Mental Development, vol. 7, no. 3, pp. 162-175, Sept. 2015.

# パーソナルテンポに基づく話速の制御手法と理解度への影響評価

宇治川遥祐<sup>1</sup> 高汐一紀<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 慶應義塾大学 環境情報学部 〒252-0882 神奈川県藤沢市遠藤 5322

## 概要

人間は、パーソナルテンポと呼ばれる自分独自のテンポの中で生活をしている。対話の場面においてもテンポの重要性は高く、会話相手とテンポを揃えることができれば、スムーズかつ理解度がより高いコミュニケーションにつながると思われる。本稿では、システムとの対話においてもユーザとのテンポを合わせる事で円滑なコミュニケーションを実現できると仮説を立てる。パーソナルテンポをモーラ数を発話時間で割った値である話速として定義し、ユーザとシステムの話速を合わせる条件とそうでない条件で比較実験を行い、発話の理解度とシステムの印象への影響を分析することで対話への有用性を検証した。結果、システムの発話やインタラクションに関する印象評価にて有意な差を得た。

**キーワード:** パーソナルテンポ, 発話速度(話速), 対話コミュニケーション, 発話システム, 自動応答システム

## 1. はじめに

近年、音声対話システムは生活の中に浸透しはじめており、活用される場面は幅広い。中でも、エンターテイメントやカウンセリングなどの分野を始め、ユーザがより話したくなる、より話しやすいシステムが求められている。その実現の為に、人間が固有に持つパーソナルテンポに注目する。

人間は日常生活の中で、パーソナルテンポと呼ばれる自分独自のテンポを維持し、ときに他人とテンポを同調させることで生活している。インタラクションの場面においても、よりストレスの感じない会話の実現などでテンポの重要性は注目されている[1]。テンポを同調させることは、まさに「息があった会話」を実現することに必要不可欠であることが示唆されている。会話相手のシステムと会話のテンポを揃えることができれば、よりスムーズかつ理解度がより高い会話につながるだろう。

そこで本稿では、ユーザのパーソナルテンポと音声対話システムの話速との関係に着目し、対話の理解度に対する影響を調査する。

## 2. 研究動向

### 2.1. パーソナルテンポについて

パーソナルテンポとは、個人に固有の生体リズムのことであり、話す、歩くといった日常の生活行動において、特に制約のない自由な行動場面で自然に表出される個人特有の速さのことである[3]。精神テンポなどとも呼ばれる事があり、「歩くテンポ」や「話すテンポ」といった行動に表出される。精神状態との相互作用によってテンポ速度が変動し、変動したテンポも変動要因が除去されると時間の経過とともに元の状態へと戻る恒常性を持つことも認められている[4]。

### 2.2. パーソナルテンポとコミュニケーション

人と人工物の間に円滑なコミュニケーションを構築するために、パーソナルテンポに注目した研究が多く行われてきた。渡辺他[5]は、うなずきや、まばたきなどの身体的な反応を適切なタイミングで表出するロボットを開発し、多くのユーザがロボットの反応に同調した行動を表出し、自然なインタラクションを実現した。また、小松他[6]は、話速に注目し、システムのテンポに人が相互的に同調していく現象

を検証し、この「引き込み現象」を起こすことで、円滑なコミュニケーションを構築した。しかし、このような研究は、円滑なコミュニケーションの実現において、システムのテンポに人が引き込まれる現象に注目している一方、システムのテンポをユーザに合わせる手法については検証していない。

そこで、本研究ではユーザのパーソナルテンポに合わせてシステムのテンポを変化させる事で、円滑なコミュニケーションを実現する。尚、パーソナルテンポは話速で定義するものとし、システムの話す内容の理解度やシステムとのインタラクションの印象によってコミュニケーションの円滑さを評価する。

## 4. 実験

本稿では、音声対話システムがユーザの話速に合わせる事で、理解度やシステムへの印象に影響を与えるという仮説を検証する。この仮説に基づき、計測されたユーザの話速に応じてシステムの話速を調節することで実験を行った。本実験において、話速はモーラ数を発話時間で割った値によって計測する。モーラ数とは語の長さの単位であり、詩や発話において等間隔に繰り返されるため「拍」とも呼ばれている[7]。

### 4.1. 実験手法

システムの話速をユーザの話速に対して、速い/同じ/遅いの3パターンで決定し、印象や理解度を比較する実験を行った。取り組む条件に関しては、順序効果を考慮しカウンターバランスを取った。

実験は、初めにユーザが文章を読み上げ話速の計測を行い、その後、システムの話聞いて内容の理解を確認する問題を各条件に対してそれぞれ異なる4問ずつ取り組む形で行なった。読み上げる文章と内容確認の問題は、難易度に差が生まれないよう日本語能力試験の問題を参考にした。各条件後の印象アンケートは、発話に関する質問を2問、システムとのインタラクションに関する質問を5問、自由記述欄を設定した。

### 4.2. 評価

実験の参加者は14名(男性8名、女性6名)であり、平均年齢は21.1歳(SD=1.49)であった。参加者には実験の説明をし、同意を得た上で実験を行った。評価方法は、話速の異なるシステムに対するそ

それぞれのアンケート評価による主観評価と、システムの話の内容を確認する問題の正答率による客観評価で定量的に評価し、効果を検証した。

## 5. 結果

条件1を「ユーザと同じ話速」、条件2を「ユーザより遅い話速」、条件3を「ユーザより速い話速」の発話システムとして、結果を以下の表に示す。本実験の検証では片側有意水準0.05を採用した。

各条件の内容の確認問題の正答率(表1)では、12問の問題に対し平均点が11.2点(SD=0.80)であった。各条件の印象アンケートの結果(表2)では、各条件のシステムの印象アンケートの結果を7段階の尺度をそれぞれ1点から7点に割り当て、条件1と条件2、条件1と条件3をそれぞれ対応のあるt検定により分析を行なった。印象アンケートの質問文(表3)は、Q1-2が発話に関する質問であり、Q3-7がシステムとのインタラクションに関する質問である。条件1と条件2の間では、Q2「話す速さは適切であったか」、Q5「このシステムはいい会話相手になりそうだ」の質問に対し有意に差が現れ、条件1と条件3の間では、Q2「話す速さは適切であったか」の質問に対し有意に差が現れた。また、自由記述式の印象アンケート結果より、実験参加者は明らかに、自身と同じ話速のシステムに人間らしさや聞き取りやすさを実感しており、条件による印象の差が生まれていることが伺える。

表1 各条件の内容の確認問題の正答率

	問題1	問題2	問題3	問題4
条件1	85.7%	92.9%	92.9%	92.9%
条件2	92.9%	100.0%	100.0%	100.0%
条件3	100.0%	85.7%	92.9%	85.7%

表2 各条件の印象アンケートの結果の平均値と標準偏差

	条件1		条件2		条件3	
	M	SD	M	SD	M	SD
Q1	2.36	1.01	2.86	1.23	2.71	1.14
Q2	2.14	0.95	3.14	1.88	3.14	1.41
Q3	3.93	1.07	4.71	1.33	4.00	1.18
Q4	4.64	0.93	4.64	1.45	4.36	1.82
Q5	3.50	1.29	4.00	1.52	3.79	1.93
Q6	5.14	0.66	5.43	0.94	4.57	1.87
Q7	3.71	1.59	4.50	1.61	4.07	1.90

表3 印象アンケートの質問文

Q1	話は聞き取りやすかったか
Q2	話す速さは適切であったか
Q3	このシステムは自分を理解してくれそうか
Q4	このシステムと趣味や芸術について話したい
Q5	このシステムはいい会話相手になりそうだ
Q6	このシステムを人間のよう扱いたい
Q7	他の人と話すことのできないような深刻なことについてこのシステムと話すことができる

## 6. 考察

評価実験の結果から、話速の違いによってシステ

ムとのインタラクションへの印象が影響を受けることが分かった。ユーザのパーソナルテンポに基づいてシステムの話速を合わせる事により、システムの話速やインタラクションの印象に良い影響を与える事が示唆された。また、話速を合わせる事により、システムに対して人間らしさや聞き取りやすさを感じる事が分かった。これは、話速を合わせた発話を行うことにより、ユーザが会話相手のテンポに引き込まれる過程を経ずに、会話のテンポが揃ったコミュニケーションが実現できたと考えられる。

しかし、内容の確認問題に関しては、参加者の平均点と標準偏差からも天井効果が見られたと考えられる。これによりシステムがユーザの話速に合わせる事による発話内容の理解度への影響は測定が歪められたと考えられる。

## 7. まとめと展望

本稿では、音声対話システムの話速をユーザに合わせることで、システムの話速やインタラクションの印象に影響を与える事を明らかにした。

今後の展望としては、対話中に動的にシステムの話速を変更する方法を議論する必要があると考えられる。現在、初めの発話にて計測した話速から実験を通してのシステムの話速を決定している。しかし、対話中にもユーザのパーソナルテンポが変化する事を考慮し、発話から対話中にシステムの話速を変える事でよりユーザのテンポに合わせる事の出来る発話システムの実装が可能となる。また、本実験においては、システムとのインタラクションにおいて読み上げと聞き取りという分けられた状態であった為、実際の対話コミュニケーションの状況の再現に至らなかった。今後、より実際の対話に近いインタラクションを実験の中で設計し、音声対話システムの話速をユーザに合わせる事による影響を分析する。

## 文 献

- [1] 足立幸祐, 延谷直哉, 仲谷善雄, パーソナルテンポを利用した会話円滑化支援の試み, ヒューマンインターフェースシンポジウム2011,
- [2] 川崎 真弘, 2人間の発話リズムがそろうと、脳波リズムもそろうことを発見, 理化学研究所2013
- [3] 金子もりの, 長谷川 千紘, 野崎 とも子, 日常生活における個人特有のテンポに関する一考察, 千葉大学教育学部研究紀要, 348-2084, 2017-03-01, 65, pp. 407-415
- [4] 足立幸祐, 延谷直哉, 仲谷善雄, パーソナルテンポを利用した2者間の会話円滑化支援の試み, 第74回全国大会講演論文集, 一般社団法人情報処理学会, 2012-03-06, 2012, pp. 223-224
- [5] 渡辺 富夫, 大久保 雅史, 小川 浩基, 発話音声に基づく身体的インタラクションロボットシステム, 日本機械学会論文集 C 編, 2000, 66 巻, 648 号, pp. 2721-2728
- [6] 小松 孝徳, 森川 幸治, 人間と人工物との対話コミュニケーションにおける発話速度の引き込み現象, 情報処理学会研究報告, 情報処理学会, 2004-10, 2004, pp. 71-78
- [7] 前野 飛鳥, 上岡 玲子, 発話リズムを共有し対話の創造性を高めるシステム「IN SYNC(インシンク)」の開発, 情報処理学会インタラクション2020, 20200309, 3B-55



# AR エージェントによる視線の“向ける/外す”が 観客効果に及ぼす影響の検証

有吉諒真<sup>1</sup> 高汐一紀<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 慶應義塾大学総合政策学部 〒252-0882 神奈川県藤沢市遠藤 5322

<sup>2</sup> 慶應義塾大学環境情報学部 〒252-0882 神奈川県藤沢市遠藤 5322

## 概要

他人の存在が作業効率を変化させる観客効果 (Audience Effect) には、社会的促進と社会的抑制があるが、実際の人間でも観客効果を与えることは可能である。そのため、拡張現実技術 (AR) を活用すれば現実のタスクを実際の人間なしでも効率的に進められる可能性がある。AR はその利用例や教育的価値についての研究が多くされてきたが、社会的相互作用にどのように影響するかを調査した研究は少なく、AR エージェントにおける観客効果の付与について、視線や表情などの非言語情報を比較し調査した研究はさらに少ない。そのため、本研究ではタスク支援システムの開発を目的に、AR エージェントによる視線の“向ける/外す”が観客効果にどのような影響を与えるか検証を行った。結果、被験者に視線を向けている場合において外している場合よりも、観客効果がより増幅されることを明らかにした。

キーワード： 観客効果 社会的促進 社会的抑制 AR エージェント 視線行動

## はじめに

現代の学生や社会人には、勉強や開発などの個人のタスクが多くある。また、他者からの視線を意識することにより、タスクへの集中度が高まることも我々は経験的に理解している。一方で、コストや環境が有限の中で、作業効率を上げるために常に人による見守りの状況を用意することは現実的ではない。以上の背景より、AR で仮想エージェントを現実空間に重畳することで人の存在を表現することを考えた。

## 観客効果

観客効果 (Audience Effect) とは他人から見られている状態によって引き起こされる作業効率の変化を指し、社会心理学で用いられる言葉である。観客効果には主に「社会的促進」と「社会的抑制」がある。

社会的促進とは、人が他人の前では単純なタスクを速くこなそうとする傾向のことを指す。1898 年に Triplett [1] が自転車の競争において時計を見るよりも競争相手を着用した場合の方が、走行時間が速くなったことを指摘したことから研究がされた。

社会的抑制は、他人の前では複雑なタスクをうまくこなすことができない傾向のことを指す。Pessin [2] の研究では、被験者が他人のいる状況の中で、無意味な音節を学習しようとするタスクにおいて音節を記憶するための試行回数が増え、その過程でより多くの誤りを犯していた。これは社会的促進とは逆の効果である。

以上の社会的促進と射氣的抑制の矛盾した効果に対して Zajonc の動因理論 [3] は単純な課題と複雑な課題を区別することによって、他者の存在下でのパフォーマンスの向上と低下の両方を説明することができるようにしたものである。それ以来、複数の研究がこれらの社会的促進・抑制の知見を裏付ける研究を行ってきた [4, 5, 6]。

## AR エージェントを用いた観客効果

社会的促進・抑制の研究は、現実の人間の物理的な存在に限定されない。Park と Catrambone [7] は難易度が二段階の異なる三つのタスクを被験者に与え、実人

間の存在下、エージェントの存在下、被験者単独の条件下で行わせた。その結果、実人間とエージェントの両方で社会的促進と社会的抑制を観測した。

また、Miller ら [8] は、AR エージェントが存在する環境で観客効果の実験を行った。結果、Park らと同じように観客効果を AR エージェントからでも受けることが示唆され、Zajonc の動因理論で説明される社会的促進・抑制の典型的なパターンを再現した。しかし、これらの研究では AR エージェントを被験者の視界に配置しただけでありエージェントの視線や表情などを操作し、観客効果にそれらの要素がどれほど影響するかを評価したものは少ない。

## 観客効果における視線

人の目の動きは、他者とのコミュニケーションにおいて相手の意図や感情を理解する上で重要な要素である。また、視線の方向は人が何に注意を向けているのかを示す手がかりとなる。言葉を使わずとも視線や瞬きは非言語コミュニケーションとして用いられることもあり、目を見ることは相手との社会的な結びつきを強化する要素となる。このように、人は相手の目の動きを無意識のうちに観察しているため、人に見ていると思わせる視線の動きは観客効果に強く影響を及ぼすと考えられる。

これらをもとに以下の二つの仮説を立てた。

- H1** 簡単なタスクの条件下では、視線を向けている状態は社会的促進がより増幅され、作業効率が向上する。
- H2** 難しいタスクの条件下では、視線を向けている状態は社会的抑制がより増幅され、作業効率が低下する。

## 検証実験

実験の被験者は11名 (男性7名、女性4名) であり、平均年齢は20.8歳 (SD = 1.17) であった。被験者には実験の説明をし、同意を得た上で実験を行った。

AR エージェントの視線を被験者に向ける場合と、外す場合を作るため Unity Asset の「Realistic Eye Movements」を使用し、AR エージェントを現実空間に重畳させるために HoloLens2 を使用した。被験者が HoloLens2 を通して見る視界を外部の PC から確認で

きるように実装した(図1)。



図1：実験環境の様子

被験者からエージェントは椅子に座っているように見えており、隣のモニターにアナグラムのタスクが表示され回答する。タスクに使用するモニターと椅子の配置は Miller らの研究を参考にし、被験者の装着する HoloLens2 の視野範囲からエージェントが消えないようにした。

実験は 2×2 デザインを採用し、視線の向きとタスク難易度を交差させた。被験者は 4 つの条件、24 あるタスクの順番のうちランダムに一つが割り当てられた。

アナグラムタスクに関しては簡単なタスク (Easy)、難しいタスク (Hard) どちらも 1 回のタスクで 16 個のアナグラムが並べられた画像をモニターに映す。アナグラムタスクは 1 分の制限時間の中で行い、なるべく多くの数の単語を答えてもらった。簡単なタスクでは 4 文字、難しいタスクでは 5 文字のアナグラムを用意した (例：「けうやゆ」→「ゆうやけ」、「んまうろて」→「まてんろう」)。

初めに被験者には実験前アンケートを行い、その後アナグラムタスクについて説明を行った。次に HoloLens2 を装着し AR エージェントを確認、その存在を認識してもらった。そして、アナグラムタスクに取り組んでもらった。この時、実験者は部屋外から実験指示を音声で行い、視線の制御も外から行った。実験終了後には事後アンケートに答えてもらい、実験を終了する。

## 結果

被験者が AR エージェントから視線を向けられているか、外されているかによるタスクの正答数の差を比較した。タスク 1 回の単語数 16 を最高とし評価を行った。また、誤答に関しては数には含まず、正答数でのみ評価を行った。実験の結果を表 1、図 2 にまとめた。t 検定を行い、簡単なタスクについては有意差が見られた。複雑なタスクでは有意差は観測されなかった。

表 1：実験結果

Task Difficulty	Eye gaze			
	on		off	
	M	SD	M	SD
Easy	10.64	3.07	8.45	2.66
Hard	1.64	0.92	2.09	1.70

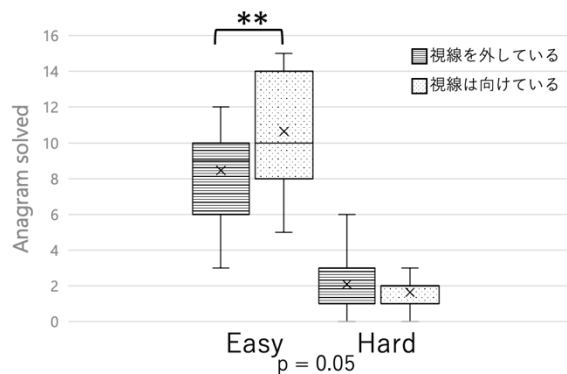


図 2：実験結果

## 考察

簡単なタスクにおいて視線が向けられている方がタスクの正答数が多く、H1 を支持する結果となった。また、有意差は見られなかったが複雑なタスクにおいても視線を向けられている方が外されている条件時よりもタスクの結果が低いことから、社会的抑制が働き、全体として観客効果の増幅がされたと考えられる。複雑なタスクにおいて有意差が出なかった原因として、タスク難易度が高く正答数が低い数値に偏ったため、フロア効果が見られたと考え条件間の結果の差に影響を与えたと考えられる。また実験後の感想で、複雑なタスクを行っているときは簡単なタスクよりも AR エージェントをチラチラと見たという人がおり、タスクに詰まり圧迫感や焦燥感を感じた可能性がある。

## まとめ

今回は AR エージェントが視線を向けているか、外しているかの条件で比較を行った。視線を相手に向けることで観客効果の増幅が観測されたため、視線の向きは観客効果に影響を及ぼしていると言える。

次に、視線を向けられる、外されるという視線の動きの変化を与えた時に被験者が受ける影響を分析する。また、視線操作前後でのタスク効率の差を調べるために回答の速さも計測する必要がある。

## 文献

- [1] Triplett N. The dynamogenic factors in pacemaking and competition. *Am J Psychol*, pp.507-533, 1898.
- [2] Pessin J. The comparative effects of social and mechanical stimulation on memorizing. *The Am J Psychol*, pp.263-270, 1933.
- [3] Zajonc RB. Social facilitation. *Science*(80-), 1965.
- [4] Douthitt EA Aiello JR. Social facilitation from Triplett to electronic performance monitoring. *Gr Dyn*, pp.163-180, 2001.
- [5] Danny L Moore Glenn S Sanders, Robert Steven Baron. Distraction and social comparison as mediators of social facilitation effects. *Journal of Experimented Social Psychology*. Vol.14, pp.190-199, 1930.
- [6] Dashiell JF. An experimental analysis of some group effects. *J Abnorm Soc Psychol*, No. 190-199, 1930.
- [7] Catrambone R, Park S. Social facilitation effects of virtual humans. *Hum Factors*, pp. 1054-1060, 2007.
- [8] Mark Roman Miller, Hanseul Jun, Fernanda Herrera, Jacob Yu Villaa, Greg Welch, and Jeremy N. Bailenson. Social interaction in augmented reality. *PLOS ONE*, 5 2019.

# 生体情報を用いた精神障害者が働きやすい執務空間に関する研究 —その2 開放度合いの異なる 5つのソロワークスペースでのストレス比較—

武智韻葉<sup>1</sup> 高橋未樹子<sup>1</sup> 小倉玄<sup>2</sup> 駒澤真人<sup>3</sup>

<sup>1</sup> コマニー株式会社 〒923-8502 石川県小松市工業団地 1-105-2

<sup>2</sup> 株式会社スタートライン 〒181-0012 東京都三鷹市上連雀 1-12-17 三鷹ビジネスパーク 1 号館 3 階

<sup>3</sup> WIN フロンティア株式会社 〒158-0097 東京都世田谷区用賀 3-11-15 C・I ビル 2F-A

## 概要

本研究は精神障害者が働きやすい執務空間を明らかにすることを目的とし、精神障害者を対象に執務空間の開放度合いによるストレスや作業効率の違いを、生体情報などを用いて比較する。

本報では、オープン、1面衝立、3面衝立、半個室、個室の開放度合いの異なる5つのソロワークスペースで検証を行った。その結果、作業効率は、オープンと3面衝立、半個室が高い傾向が見られた。被験者全体のRMSSDの平均では、オープンが最もストレスから解放されていたが、被験者により大きく傾向が異なっていた。5つのソロワークスペースの有意差を見るために、ストレスからの解放が最も小さかった個室と各スペースでt検定を行ったところ、1面衝立が有意差ありとなった。

キーワード：精神障害 オフィス ソロワークスペース 生体情報 心拍変動 RMSSD ストレス 二次元気分尺度

## 1. 研究の背景と目的

2018年の障害者雇用促進法改正もあり、精神障害者（発達障害含む）の雇用は増えている。しかし、目に見えない障害のため、理解や配慮が不足しがちで、就労上の課題が多い。また、精神障害者の中には、視覚過敏などの障害特性がある人もおり、働きやすい執務空間を望む声も多いが、精神障害者が働きやすい執務空間はまだ明らかになっていない。そこで、精神障害者が働きやすい執務空間を明らかにすることを目的に、ソロワークスペースの開放度合いによるストレスや作業効率の違いを、生体情報などを用いて比較する。

先行研究<sup>2)</sup>ではオープンと個室を比較し、生体情報から個室の方が作業後、よりストレスから解放される傾向を示唆した。しかし、被験者数が5名と少なかったため、本研究では被験者を12名に増やし、さらにオープン、個室に加えて、1面衝立、3面衝立、半個室の開放度合いの異なる5つのソロワークスペースにおいて検証実験を行う。

## 2. 検証実験の概要

検証実験は、2022年6月20～24日、7月25日～29日に、社会福祉法人釧路のぞみ協会自立センター（以下、釧路のぞみ協会）の執務空間に、表1に示すソロワークスペースを設置して実施した。1面衝立は前方に衝立、3面衝立は前方と左右に衝立、半個室は前後左右に衝立があるスペースである。

表1. 検証空間



### 2-1. 被験者

被験者は、先行研究同様、釧路のぞみ協会就労移行支援事業で一般就労を目指す、精神に障害のある満20歳以上の男女を対象とし、同意の得られた12名を選定した。被験者特性を表2に示す。

### 2-2. 検証手順と評価方法

検証手順を表3に示す。先行研究同様、ストレスや

作業効率の評価は、主観評価指標として二次元気分尺度<sup>3)</sup>を、客観評価指標としてパソコンでの文字入力数と正答率<sup>※1</sup>、心拍変動データを用いる。検証後には検証空間に関するアンケートやヒアリングも実施した。

心拍変動データは、文字入力前安静時と文字入力時、文字入力後安静時の副交感神経活動量（以下、RMSSD：連続した2つの心拍間隔の差の自乗平均平方根）を算出した。

表2. 被験者特性

被験者	性別	年齢	障害等級	診断名	特性
F	男	22	精神3級	広汎性発達障害	・音に敏感で普段はイヤホンをつけて作業 ※検証時は着用していない
G	女	25	精神3級	自閉症スペクトラム障害	・ストレスを受けやすく、疲れやすい ・一般就労経験あり
H	女	21	精神3級	自閉症スペクトラム障害 解離性障害	・急に体調が悪くなり眠ってしまう ・一般就労経験あり
I	女	27	手帳申請中	不明	・知的障害（レベル1） ・一般就労してから困難さに気が付いた
J	女	27	手帳なし	広汎性発達障害 適応障害	・音に敏感※イヤホンなどはつけていない ・一般就労経験あり
K	男	24	手帳なし	注意欠陥・多動性障害	・一般就労経験あり
L	男	37	精神3級	自閉症スペクトラム障害 全般性不安障害	・一般就労経験あり ※検証時、新しい就職先が決まっていた
M	男	20	精神3級	注意欠陥・多動性障害 広汎性発達障害	・一般就労経験あり
N	男	29	精神3級	広汎性発達障害	・一般就労経験あり ・集中力がない
O	女	30	精神3級	双極性障害 不安障害	・一般就労経験あり
P	男	41	手帳なし	境界型知能障害	・一般就労経験あり
Q	女	20	手帳なし	自閉症スペクトラム障害	・一般就労経験なし

表3. 検証手順

検証手順	時間
心拍センサの装着	5分
検証空間とは別の場所で安静（文字入力前安静）	10分
安静場所で二次元気分尺度の回答	2分
検証空間に移動し、パソコン文字入力	10分
検証空間内で二次元気分尺度の回答	2分
検証空間内で検証空間アンケートの回答	1分
検証空間内で安静	10分
ヒアリング	10分



## 3. 検証結果

二次元気分尺度においては、スペースによる特異な傾向が見られなかったため、作業効率、RMSSDの結果を報告する。

RMSSDはその日の体調による影響を抑えるため、文字入力前に安静時間を設けて文字入力という共通のストレスを与えた。そこで、RMSSDは文字入力時（以下、入力時）と文字入力後安静時（以下、入力後安静時）の相対比で比較をする。相対比が大きいくほど、作業後にストレスから解放されていることを示す。

### 3-1. 被験者ごとの比較

代表的な被験者 J、M の結果を報告する。

#### ①被験者 J

被験者 J の作業効率を図 1 に示す。文字入力数と正答率から作業効率は、個室が最も良い結果であった。

入力時と入力後安静時の RMSSD を表 4、その相対比を図 2 に示す。オープンの RMSSD は入力時が 17.6ms、入力後安静時が 39.0ms であった。入力時と入力後安静時の RMSSD の相対比で比較すると、オープンは 2.22 で、5 つのソロワークスペースのうち最もストレスから解放されていた。一方、作業効率が最も良かった個室は、ストレスからの解放度合いが最も小さく、入力後の安静時もストレスがかかり続けていた。

被験者 J にとっては、個室で集中したら一旦外に出て、オープンで休憩するといった、目的に合わせたスペースの使い分けが大事だと考える。

ヒアリングでは、1 面衝立を日常的に使いたいとのことだった。

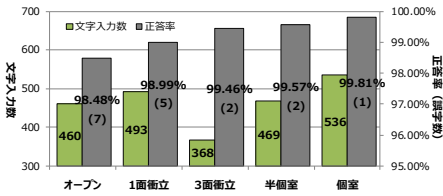


表4 入力時、入力後安静時のRMSSD

RMSSD(ms)	入力時	入力後安静時
オープン	17.6	39.0
1面衝立	24.5	35.6
3面衝立	30.9	35.6
半個室	23.1	41.3
個室	24.9	25.8

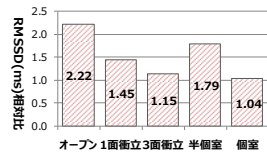


図2 RMSSDの相対比 (入力後安静時/入力時)

#### ②被験者 M

被験者 M の作業効率を図 3 に示す。文字入力数と正答率から作業効率は、個室と 3 面衝立が良い傾向が見られた。

入力時と入力後安静時の RMSSD を表 5、その相対比を図 4 に示す。入力時と入力後安静時の RMSSD の相対比で比較すると、個室、次いで 1 面衝立がストレスから解放されていた。

被験者 M においては、作業効率、RMSSD から総合的に判断し、個室が適していると考えられる。

ヒアリングでも、囲われている、1 人で作業ができるという理由から、日常的に使いたいスペースは個室とのことだった。

### 3-2. 被験者全体での比較

被験者全体の作業効率の平均を図 5 に示す。被験者 I、P、Q の 3 名は、被験者の知的レベルに影響したた

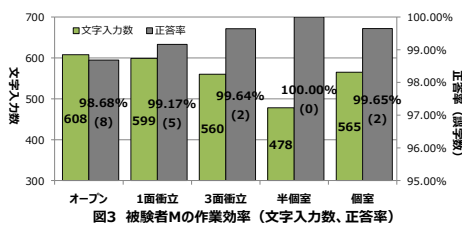


表5 入力時、入力後安静時のRMSSD

RMSSD(ms)	入力時	入力後安静時
オープン	79.3	95.7
1面衝立	61.5	79.8
3面衝立	122.9	130.8
半個室	123.4	130.0
個室	83.7	110.2

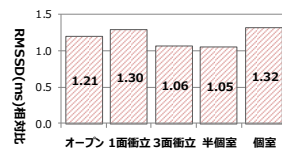


図4 RMSSDの相対比 (入力後安静時/入力時)

め、評価しない。文字入力数、正答率から作業効率はオープン、次いで 3 面衝立と半個室が良い結果であった。

被験者全体の入力時と入力後安静時の RMSSD の相対比を図 6 に示す。オープンが最もストレスから解放されていたが、被験者によるばらつきが大きかった。最もストレスからの解放度合いが小さかったのは、個室であった。

5 つのソロワークスペースの有意差を見るために、RMSSD の相対比を、ストレスからの解放度合いが最も小さい個室とその他のスペースとの間で、対応のある t 検定 (片側) を行った。その結果を表 6 に示す。その結果、1 面衝立が有意水準 5% で統計的に有意差ありとなった。

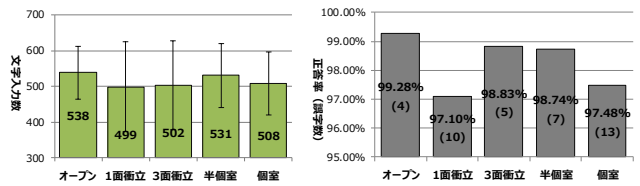


図5 被験者全体の作業効率の平均

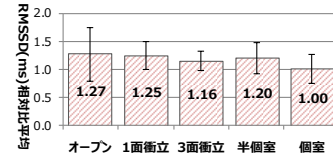


表6 p値

ワークスペース	p値
オープン	0.05738
1面衝立	0.03943
3面衝立	0.07877
半個室	0.09689

\*p<0.05=統計的に有意差あり

図6 RMSSDの相対比 (入力後安静時/入力時) 平均

### 4. まとめ

精神障害者を対象に、オープン、1 面衝立、3 面衝立、半個室、個室の開放度合いが異なる 5 つのソロワークスペースでの作業効率、ストレス状況を、生体情報などを用いて比較した。その結果、作業効率はオープンと 3 面衝立、半個室が良い傾向が見られた。

RMSSD は、平均ではオープンがストレスからの解放度合いが最も大きく、個室が最も小さかった。しかし、オープンは被験者によるばらつきが大きかった。

5 つのソロワークスペースの有意差を見るために、個室をベースに t 検定を行ったところ、1 面衝立が有意差ありだった。しかし、人によって作業効率とストレスの解放度合いが異なるので、その人に合わせてソロワークスペースをうまく使い分けことが重要だと考える。

今後は精神障害者だけでなく、健常者においても同様の検証を行い、結果を比較する。

最後に、検証にご協力いただいた被験者の皆様、釧路のぞみ協会の皆様に厚く御礼申し上げます。

### 文献

- [1] 目黒区: 目黒区障害者計画のためのアンケート調査結果、2017
- [2] 高橋未樹子他: 生体情報を用いた精神障害者が働きやすい執務空間に関する研究-その 1 個室空間、オープン空間でのストレス比較-、人間情報学会 第 43 回 人間情報学会講演集、P13-P14、2022
- [3] 坂入洋右他: 心理的覚醒度・快適度を測定する二次元気分尺度の開発、2003

### 脚注

※1 独立行政法人 高齢・障害・求職者雇用支援機構、障害者支援部門で開発したワークサンプルの文字入力を使用

## 第46回 人間情報学会講演集

---

2023年12月14日発行

発行所 人間情報学会

〒112-0012 東京都文京区大塚 2-20-1  
お茶の水女子大学 国際交流プラザ407

Tel. 03-6912-1361 Fax. 03-6912-1362

E-mail: [ahi-conf@npowin.org](mailto:ahi-conf@npowin.org)

URL: <http://www.ahi-soc.info>