

# 情報提示による共感促進：対話時の脳活動と性格傾向に基づいた分析

Empathy Enhancement by Information Presentation: Analysis Based on Brain Activity and Personality Tendencies during Dialogue

中央大学大学院 理工学研究科 ビジネスデータサイエンス専攻

博士課程前期課程 2年 22N710007H 小島太陽

## 1. はじめに

昨今、ビジネスに人工知能や知識共有システムが導入されていく一方、共同作業や接客サービスにおいて、複数の人々がグループとなって行うコミュニケーションは、目的達成のための意思決定や行動に欠かせないプロセスの一つである。RobersonとRyan [1]は、グループにおけるメンバーの性格・認識・文化背景・価値観などの個性の多様性が、メンバー間の情報共有・交換を促進し、グループ全体のパフォーマンスを向上させると報告している。しかしながら、コミュニケーション時の人間の心理状態は時間に応じて変化するだけでなく、その状態に応じて、多様な個性を持つメンバーそれぞれの協調的行動を促進する方法も異なる。本研究の最終的な目標は、複数の人々の心理状態を観察して働きかけるファシリテーションエージェントの仕組みの開発に取り組むことである。具体的には、本研究では、コミュニケーションが他者への理解を相互に促すという側面に注目し、コミュニケーション中の共感について観察を行う。

本研究の学術的貢献としては、現実社会に適用可能な計測機器・実験設定を用いて、社会性に関連する脳科学・心理学の知見を動機づけへと応用したことである。従来の研究では、社会的認知が動機づけに与える影響といった心理現象の応用可能性については十分に検証がなされていない。動機づけを行うにあたって、性格傾向の違いによって異なる社会的認知を脳科学の観点から観察する必要がある。

## 2. 情報提示による共感促進の観察

### 2.1. 実験目的 - 脳活動同時計測による共感の評価 -

Yun et al. [2]とGilboaとMoscovitch [3]によると、二者間の脳波を同時に計測した際に、メンタライジングネットワークに関連する内側前頭前皮質 (Medial Prefrontal Cortex ; MPFC) のシータ波の位相相関が増加することが報告されている。しかしながら、MPFCの活動計測には多くの電極を持った高価な計測機器が必要である。日常生活への知見の応用可能性を考慮して、MPFCの代わりに、その周辺部位に当たる比較的計測が容易である外側前頭前野 (Lateral Prefrontal Cortex ; LPFC) のシータ波について観察を行う。本研究の目的は、議論タスクにおいて二者間の意見の類似度スコアを提示することによって、認知的共感に相当するLPFCのシータ波の位相相関の増加を検証することである。

### 2.2. 実験方法 - 意見の類似度のフィードバック -

本実験のタスクには、グループのメンバーによってそれぞれ異なる意見について議論を行い、グループの意見を一つに

収束させることを目的とした「NASA Moon Survival」をより一般的な題材にした「Expel Three Out of Ten」を用いた。このタスクは、仮想的な議論を行うものであり、安全なシェルターの収容人数が7人に制限されているという前提に基づき、10人のキャラクターの中から3人の生存者を選び、それ以外をシェルターから追放しなければならない。

図1の右側にプロセスの詳細を示した。全ての実験参加者に対して、S-partとD-partの最初のプロセスにおいては90秒間安静するように指示 (Rest) を行い、S-partとD-partの最後のプロセスにおいては360秒間全てのキャラクターに対して生存者としての適切さの評価を求めた (Evaluation)。二名の実験参加者は、S1, S2, S3において、1人目, 2人目, 3人目の生存者について30秒ずつ交互に意見を述べた。S4では、それぞれの参加者はパートナーの選んだ生存者について60秒ずつ交互に意見を述べた。しかし、D1では、参加者はパートナーの意見について90秒間発言を行った。D2では、参加者は180秒間お互いに自由に意見交換を行い、最終的に3人の生存者についてペアとして一つの意味決定を行った。

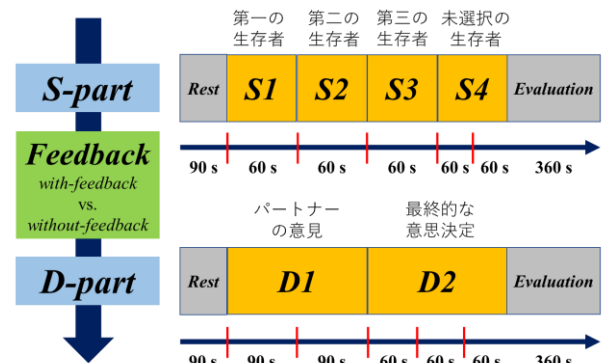


図1. コミュニケーションタスクについての実験的手続き (左側), および脳活動データのサンプリングポイント (右側, 矢印上の赤色線)

本実験では、議論タスク中における他者への認知的共感を高めるために、二人の実験参加者へ関連する情報の提示を行った。S-partとD-partの間において、Evaluationにおいて得た全てのキャラクターに対する生存者としての適切さの主観評価に基づいて、以下に示す式(1)によって標準化された距離を計算し、二者間の意思決定の類似度スコアである Similarity (0-100%) の提示を行った。なお、それぞれの参加者が適切なキャラクターと不適切なキャラクターの比較に関して十分な情報を反映するために、Similarityのスコアには

キャラクター10人全員の順位データを計算に用いた。

$$Similarity = 100 \cdot \left( 1 - \frac{1}{10} \sum_{k=1}^{10} \frac{|A_k - B_k|}{R} \right) \quad (1)$$

図1に基づいて、Similarityのスコアを表示する・表示しないを実験条件として、with-feedback, without-feedbackと割り当てた。反応因子は、左脳・右脳のシータ波の位相相関(AF7, AF8)とした。実験参加者の脳波は、ウェアラブルデバイス「Muse2」(Interaxon Inc.)と信号記録アプリケーション「Mind Monitor」を用いて測定した。電極は、LPFCの左右に位置するAF7・AF8を選択した。シータ波の周波数帯域を4-8 Hzとした。図1において赤色線で示したように、脳活動データのサンプリングポイントは、S1-S4およびD1の指示を開始した時点と、D2でペアの実験参加者が一人の生存者に対して意思決定を行ったと予想できる時点とした。Yun et al. [2]とGilboaとMoscovitch [3]の刺激に対するイベント範囲の定義に基づき、-1-4秒を解析範囲(エポック)、-1-0秒を基準範囲(ベースライン)とした。Burgess[4]に基づき、解析範囲において得られた、ペアとなる二名の実験参加者の間における瞬間位相のデータから円環相関を求めた。

Yun et al. [2]に基づいて、実際にペアでなかった二名の実験参加者の全ての組み合わせに対して、同様にして各サンプリングポイントにおいてシータ波の位相相関の計算を行った。with-feedbackから生成された疑似データを、追加の実験条件baselineとして割り当てた。左脳・右脳から得られたシータの位相相関(AF7, AF8)に関しては、S-part, D-partにおいて計算されたデータに対して、それぞれwith-feedback, without-feedback, baselineを実験条件とした。これに基づいて、分散同質の両側t検定を用いて、実験条件と反応因子の関係性の有意性の検証を行った。

### 2.3. 結果 — 共感を示す脳活動の同期反応の変化 —

本実験には、日本人大学生16名(男性16名; 21~22歳)が参加した。参加者全員の精神状態は良好であった。中央大学倫理委員会の規則を遵守するため、参加者から実験実施におけるインフォームド・コンセントを得た。二名の参加者からなる一つのペアを、順序効果を考慮しない形でそれぞれの実験条件に割り当てた。それによって、サンプルサイズは、with-feedbackとwithout-feedbackがそれぞれ4、その一方baselineが12であった。

図5に、シータ波の位相相関についての結果を示した。D-partにおける左脳の電極AF7についてのみ、without-feedbackおよびbaselineと比較して、with-feedbackのシータの位相相関が有意に大きかった。この結果は、意見の類似度のフィードバックによって、その後の議論タスク中における二者間の認知的共感が増加したことを示している。したがって、フィードバックシステムの介入は、二者間で行われる議論タスクにおいて、他者への認知的共感などの肯定的な感情状態の発生を促進する可能性が見出された。

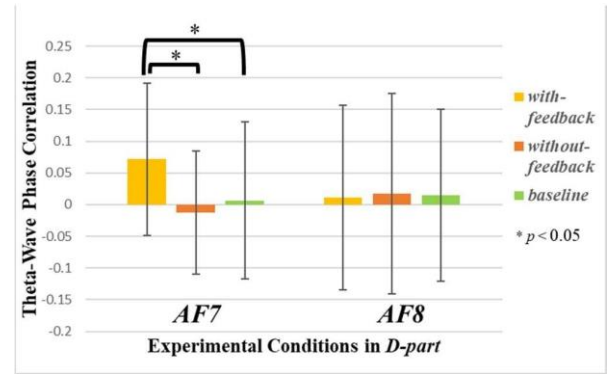


図5. D-partにおける実験条件with-feedback, without-feedback, baselineと反応因子であるシータ波の位相相関の関係性

## 2.4. 考察 — 働きかけによる共感の増加 —

フィードバックした情報は、10人のキャラクターに対するそれぞれの主観評価の違いを要約したものであった。コミュニケーション内容が統制された議論タスクにおいて、意見の類似性は他者の心理状態の理解および推測に役立つと考えられる。本実験の結果を踏まえると、自己と他者の心理状態を関連づける情報をフィードバックすることによって認知的共感を高めることができると考えられる。しかしながら、フィードバックした情報に対する人々の認知傾向については本実験では検討されていない。二者のコミュニケーション中の社会的相互作用は、他者に関する情報への社会的認知が影響している可能性がある。したがって、本実験にて提案された、情報提示による二者間への共感促進システムは、現実社会への技術応用に向けて、人々の社会的認知の違いによって脳活動の反応が異なるかどうかを詳細に検討する必要があると言える。次章では、社会的相互作用と関連した要因である社会的認知が共感に与える影響について実験を行った。

## 3. 性格傾向の比較を通じた共感の観察

### 3.1. 実験目的 — 自己理解傾向と社会性に関する脳活動 —

Kiuchi [5]は、社会的行動の傾向を定量的に評価するために、独立的・相互依存的自己理解傾向という心理尺度を定義した。これは、他者や文脈の影響の受けやすさであり、外的状況の評価および社会的行動に関与するとされている。自己理解傾向を評価することで、社会的認知に基づく他者への共感を予測することができる。本実験は、独立的・相互依存的自己理解傾向ごとに実験参加者の分類を行ったうえで、それぞれの感情反応の違いを脳活動計測を通じて比較・分析を行った。BalconiとFronda [6]は、参加者自身・他者への利益提供時を比較し、前頭前野の脳活動に有意差があることを報告した。特に、他者への利益提供時と比較して、参加者自身への利益提供時に左側DLPFCの活動の有意な増加を報告した。Li et al. [7]によると、独立的理解傾向の人々と比較して、相互依存的理解傾向の人々は、チーム内でアイデアを発想・比較する際に左右両方の前頭前野の活性化と関連することを明らかにした。しかしながら、アイデアと他者では社

会認知に基づく感情反応が異なる可能性がある。本実験では、DLPFCとその近傍の脳活動を区別して測定可能である、空間分解能が優れた機能的近赤外分光法 (functional near-infrared spectroscopy ; fNIRS) と、他者へ社会的行動を行うエージェントの様子を描画した映像刺激を用いた。社会的行動の観察による共感を、自己理解傾向と対応付けて脳活動の比較・分析を行った。

### 3.2. 実験方法 — 他者の援助・妨害行動への印象測定 —

Kiuchi [5] が作成した心理尺度を用いて実験参加者の性格傾向を評価し、独立的理解群Independent Construalと相互依存的理解群Interdependent Construalに割り当てた。図6に示したように、Surian et al. [17]のシンプルな映像刺激を用いて共感を発生させた。映像は、丘を登る他者をエージェントが援助・妨害するといった社会的行動の様子を描画したものであり、実験刺激をHelping・Disturbingとそれぞれ割り当てた。実験刺激と同じ色情報を持つ画素値がランダム化されたモザイク画像をシーケンスとした対照刺激Controlを作成した。なお、すべての映像刺激の長さは44秒であった。以上より、実験条件は、Helping・Disturbing・Controlを水準とする映像の種類、およびIndependent Construal・Interdependent Construalを水準とする性格傾向とした。

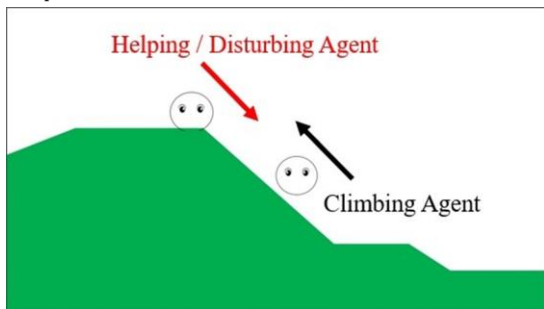


図6. 丘を登る他者を援助・妨害するエージェント (実験刺激)

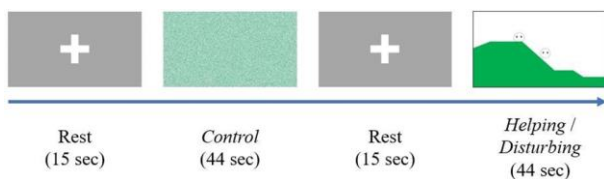


図8. 映像刺激を提示する手順

図8に示した手順に従って、実験参加者は映像刺激の視聴を行った。それぞれの映像刺激の前には安静画像Restを15秒提示した。Controlを提示した後に、Helping・Disturbingをランダムに選択して提示した。Helping・Disturbingはそれぞれ3回ずつ繰り返し提示し、総実験時間は708秒であった。

光トポグラフィ (ETG-4000, 日立製作所) を用いて、映像刺激視聴中の参加者のDLPFCとその近傍の脳活動を測定した。データの移動平均を計算し、実験刺激と対照刺激の中心を-5-59秒、ベースラインを-5-0秒とした。以上より、Helping・Disturbingを視聴しているときの脳活動の平均データを得た。各電極から得た脳活動の平均データを反応因子とし、映像の種類と性格傾向を実験条件に対して、それらの間における関係の

有意性の検証を行った。有意水準  $\alpha = 0.05$  として、対応ありのt検定を行った。

### 3.3. 結果 — 性格傾向と脳活動の関係性 —

本実験には、日本人大学生9名 (男性7名, 女性2名; 右利き9名; 21~22歳) が参加した。参加者全員の精神状態は良好であった。中央大学倫理委員会の規則を遵守するため、参加者から実験実施におけるインフォームド・コンセントを得た。Kiuchi [5]の心理尺度における質問項目の得点合計が40点未満の5名を独立的自己理解群Independent Construal, 40点以上の4名を相互依存的自己理解群Interdependent Construalとした。9名の参加者から得られた27個の脳活動データに対してt検定を行った結果、表2に示したように、映像の種類、性格傾向の実験条件のそれぞれの水準間において有意差が認められた。本実験では、参加者がHelpingを視聴すると、左側DLPFC, 左側領域, 右側ブローカ野で脳活動が有意に低下した。この結果は、これらの脳部位における活動低下と、他者援助行動に対する共感の発生との関連性を示している。また、Helping視聴中において、Independent Construalの参加者と比較して、Interdependent Construalの参加者は、左側領域の脳活動が有意に低下した。この結果から、他者援助行動に対する共感の発生は自己理解傾向によって異なり、左側領域の脳部位の活動低下と関連性があると言える。さらに、HelpingおよびDisturbingの視聴中において、Independent Construalの参加者と比較して、Interdependent Construalの参加者の脳活動は、中央領域で有意に増加した。この結果は、参加者の自己理解傾向によって、社会的行動に対する共感に関連する脳活動が異なることを示していた。

表2. 実験条件と有意な関係を持つ反応因子

実験条件の比較	電極番号	脳部位
Helping vs. Control	3, 12, 19, 23	左側DLPFC (-),
		左側領域 (-),
		右側ブローカ野 (-)
Disturbing vs. Control	None	
Helping vs. Disturbing	None	
Helping 視聴中において, Independent Construal vs. Interdependent Construal	6, 22	左側領域 (+)
		中央領域 (-)
Disturbing 視聴中において, Independent Construal vs. Interdependent Construal	37	中央領域 (-)

凡例: (+) 条件の前者が後者より大きい反応, (-) その逆

### 3.4. 考察 — 社会的行動に対する脳活動の反応 —

他者援助行動に対する共感の発生と関連する脳活動部位が発見された。実験の結果、左側DLPFCの活動は、援助行動を見ているときに有意に低下することが明らかになった。この結果と同様にして、BalconiとFronza [6]は、他者に利益を提供する条件において、右側DLPFCと比較して、左側DLPFCの相対的な活動低下を報告している。本実験の映像刺激は、他者への利益提供に関する社会的認知課題であると言える。したがって、他者援助行動に対する共感の発生は、左側DLPFCの活動変化によって計測できると考えられる。また、他者援助行動

の映像を視聴している間、参加者の左側領域と右側ブローカ野の活動が有意に低下することが明らかになった。脳部位の近接性より、左側DLPFCの活動が左側領域全体に影響を及ぼす可能性が考えられる。しかしながら、右側ブローカ野は左側領域には近接していない。BalconiとFronda [6]は、脳波測定による感情推定における脳活動の左右非対称性について指摘している。Oxy-Hb測定による右側ブローカ野の活動減少は、左側ブローカ野の相対的な脳活動増加を意味する可能性がある。以上より、左側領域および左側DLPFCの脳活動低下は、他者が行う道徳的に良い社会的行動への感情反応と関連している一方、ブローカ野のような特定の脳領域は社会的認知課題に応じて異なった活動が観察されると考えられる。本実験の結果から、自己理解傾向に応じて脳活動が異なることが発見された。Kiuchi [5]の定義に基づくと、相互依存的自己理解傾向のある人々は、他者の社会的行動を自身と結び付けることによって、他者に対する共感が発生しやすいと言える。他者援助行動の視聴時、相互依存的自己理解傾向のある人々に対して、左側領域の脳活動の有意な低下が観察された。この結果は、前述の議論と同様であり、道徳的に良い社会的行動に対する共感の発生は、左側DLPFC・左側領域の活動低下と関連性があることを示唆している。

#### 4. 総括

本研究は、議論タスクにおいて、二者間の意見類似度のフィードバックによって共感を促進するシステムを開発した。二者間のコミュニケーション中における共感に加えて、他者の社会的行動に対する共感についても、脳活動計測を通じた感情反応の評価を行った。第2章では、日常生活において計測が容易な脳活動の二者間同時計測（LPFCにおけるシータ波の位相相関の評価）を通じて、議論における意見の類似度のフィードバックが共感を促進することを明らかにした。本研究で提案したフィードバックシステムは、議論中における満足感や共感などの肯定的感情の発生促進に役立つと言える。第3章では、独立的・相互依存的自己理解傾向という社会的認知に関する性格傾向に注目し、脳活動計測（左側DLPFC・右側ブローカ野・中央領域の活動変化の評価）を通じて共感の個人差を明らかにした。相互依存的自己理解傾向のある人々は、他者援助行動に対する共感が発生しやすいことから、社会的相互作用中の脳活動評価に重要な要因であると言える。以上より、共感を促進するフィードバックシステムは、社会的認知の違いを考慮した上で脳活動評価を行う必要があると言え、それによってコミュニケーションの活性化に貢献できる。

本研究の貢献は、社会的相互作用・社会的認知に関する脳活動の知見をコミュニケーションの動機づけへと応用したことである。この結果を踏まえたコミュニケーション支援技術・ファシリテーションエージェントの実現は、共同作業や接客サービスなどにおける人々の意思決定や行動を協調させ、組織的な目標達成に役立つと予想される。また、本研究は、コミュニケーションにおける共感の促進を通じて、自分とは異なる他者の

多様な価値観や文化背景に気づきを与えるだけでなく、協力的な人間関係の構築を支援するといった将来性がある。今後の課題としては、共感促進に向けてフィードバックする情報の内容や種類についての要因の整理を行うとともに、性格傾向と対応付けた効果的なフィードバックの実証を行う必要がある。

#### 謝辞

日頃より温かいご指導を賜りました中央大学理工学部ビジネスデータサイエンス学科ヒューマンメディア工学研究室の加藤俊一教授に深謝いたします。本論をご精読頂きました中央大学理工学部ビジネスデータサイエンス学科の庄司裕子教授、難波英嗣教授に感謝いたします。研究遂行にあたり日頃より有益なご討論ご助言を戴いた、産業技術総合研究所の坂本隆氏、中田亨氏、日立製作所の牧敦氏に感謝いたします。

#### 参考文献

- [1] Q. Roberson and A. M. Ryan, "The evolution and future of diversity at work," *J., Appl. Psychol.*, vol. 102, no. 3, pp. 483–499, 2017.
- [2] K. Yun, K. Watanabe, and S. Shimojo, "Interpersonal body and neural synchronization as a marker of implicit social interaction," *Sci. Rep.*, vol. 2, 959, pp. 1–8, 2012.
- [3] A. Gilboa and M. Moscovitch, "Ventromedial prefrontal cortex generates pre-stimulus theta coherence desynchronization: A schema instantiation hypothesis," *Cortex*, vol. 87, pp. 16–30, 2017.
- [4] A. P. Burgess, "On the interpretation of synchronization in EEG hyperscanning studies: a cautionary note," *Front. Hum. Neurosci.*, vol. 7, pp. 1–17, 2013.
- [5] A. Kiuchi, "Construction of a scale for independent and interdependent construal of the self and its reliability and validity," *The Japanese Journal of Psychology*, vol. 66, no. 2, pp. 100–106, 1995.
- [6] M. Balconi and G. Fronda, "Morality and management: an oxymoron? fNIRS and neuromanagement perspective explain us why things are not like this," *Cognitive, affective, behavioral neuroscience*, vol. 20, no. 6, pp. 1336–1348, 2020.
- [7] X. Li, W. Tong, Y. Li, Y. Lyu, and W. Hu, "The effects of social comparison and self-construal on creative idea generation: An EEG study," *Behavioural brain research*, vol. 436, pp. 114084, 2023.