

# 呼吸の瞑想と慈悲の瞑想の脳波計測による比較研究

## A comparative study of compassion meditation and breathing meditation using EEG measurements

宮内 万彩<sup>†</sup>, 都地 裕樹<sup>‡</sup>, 嶋田 総太郎<sup>††</sup>

Maaya Miyauchi, Yuki Tsuji, Sotaro Shimada

<sup>†</sup>明治大学大学院 理工学研究科 <sup>‡</sup>明治大学 研究・知財戦略機構 <sup>††</sup>明治大学 理工学部

<sup>†</sup>Graduate School of Science and Technology, Meiji University,

<sup>‡</sup>Organization for the Strategic Coordination of Research and Intellectual Properties, Meiji University,

<sup>††</sup>School of Science and Technology, Meiji University

ce251042@meiji.ac.jp

### 概要

本研究では、マインドフルネス瞑想の手法である呼吸の瞑想と慈悲の瞑想が社会的意思決定に及ぼす影響の違いを明らかにするために、両瞑想法のトレーニング前後における最後通牒ゲーム遂行中の事象関連電位(P200)を比較した。その結果、正中前頭部におけるP200の振幅が慈悲の瞑想群でのみトレーニング後に減少していた。この結果は、瞑想の手法によって社会的意思決定に関する脳活動に異なる影響を与える可能性を示唆している。

キーワード: マインドフルネス瞑想、脳波、事象関連電位、最後通牒ゲーム

### 1. 背景

現代社会では、労働者の多くがストレスを抱えている。近年では、日常的に感じるストレスの軽減法としてマインドフルネス瞑想が注目を集めている。マインドフルネスとは「今この瞬間に意識を向け、価値判断せず、ありのままに自分の心を受け入れる状態」(Kabat-Zinn, 1994)を指し、これを促進する方法としてマインドフルネス瞑想が広く実践されている。

マインドフルネス瞑想の手法として呼吸の瞑想と慈悲の瞑想は広く知られている。呼吸の瞑想は、持続的な注意の鋭敏さと安定性を養うことを目指し、呼吸に注意を向け、心が他の思考にとらわれたことに気づいたとき、呼吸に再び意識を戻す瞑想法である(Lutz et al., 2009)。一方、慈悲の瞑想は無条件の親切な態度を育むことを目指し、「あなたが幸せでありますように」といったフレーズを繰り返す手法である(Zeng et al., 2015)。どちらの瞑想も社会的意思決定や感情調整に影響を与えることが報告されている(Sun et al., 2015; Hutcherson et al., 2008)。しかし、両者の効果を直接比較した研究、特に脳波を用いた比較検討は十分に行われていない。

本研究では、呼吸の瞑想と慈悲の瞑想が社会的意思決定に与える影響を比較するため、社会的意思決定に

おける公平性や罰行動を測定する手法として知られている最後通牒ゲーム(Frith & Singer, 2008)遂行中の脳波を計測し、両瞑想法が脳波と罰行動に与える効果を比較検討した。

### 2. 実験

#### 2.1 被験者

本研究には瞑想初心者である健康な成人42名が参加し、呼吸の瞑想群(呼吸群: n=21, 女性14名, 21.7 ± 1.0歳)と慈悲の瞑想群(慈悲群: n=21, 女性8名, 22.0 ± 0.95歳)にランダムに割り当てられた。各群は4週間の瞑想トレーニングを実施した。

#### 2.2 実験刺激

本研究では、最後通牒ゲーム遂行中の事象関連電位(Event-related potential: ERP)を計測した先行研究(Wang et al., 2022)を参考にし、同様の最後通牒ゲームを行った。被験者は応答者の役割を担い、提案者が提示する100円の分配案に対して受け入れまたは拒否の判断を行った。分配案は、公平な提案(40:60, 50:50)および不公平な提案(10:90, 20:80)をそれぞれ36試行、さらに提案の多様性を確保する目的で加えられた30:70の提案を18試行、合計162試行で構成された。被験者には、提案者は実在の人物であり、別室にて分配案を選択していると伝えられたが、実際にはランダムな順序で分配案を提示した。実験は3つのブロックに分かれており、各ブロックには54試行が含まれていた。実施前には、タスクに慣れるための練習試行を行った。

各試行では、最初に黒画面が提示された。提示時間は、提案者が別室にて分配案を決定しているかのように感じさせるために、1000~4000ms間のランダムな時間であった。その後、分配案が1500ms間提示された。次に、受け入れ可否の選択画面に切り替わり、被験

者はキーボードの「1」または「0」のキーを押して提案の受け入れの可否について回答した。その後、選択に対するフィードバック（提案者および被験者に分配される金額）が 1000 ms 間提示された。最後に 800 ms 間の固視十字が提示された（図 1）。

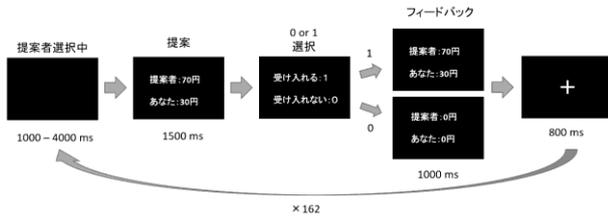


図 1. 試行の流れ

### 2.3 脳波測定及び解析

脳波計測には、生体アンプ（LiveAmp, Brain Products GmbH, Gilching, Germany）を使用し、拡張国際 10/20 法に従い頭皮上の 32 ヶ所（Fp1, Fz, F3, F7, FT9, FC5, FC1, C3, T7, TP9, CP5, CP1, Pz, P3, P7, O1, Oz, O2, P4, P8, TP10, CP6, CP2, Cz, C4, T8, FT10, FC6, FC2, F4, F8, Fp2）に電極を設置した。脳波は、瞑想トレーニングの前後で安静時と最後通牒ゲーム遂行中にサンプリング周波数 500 Hz で記録した。

脳波データは、1・30 Hz のバンドパスフィルタをかけた。その後、アーティファクトを除去するために独立成分分析を用いて眼電成分、筋電成分、体動成分、電極アーティファクト等のノイズ成分を推定し、脳波データから除外した。

脳波データは提案提示の開始 200 ms 前から 800 ms 後までのエポックに分割され、最初の 200 ms の平均値をベースラインとして使用した。

Fz での P200 振幅が不公平な提案に対して減少することが報告されており、社会的状況や公正性に対する認知的な反応を反映している可能性が示唆されている（Fan et al., 2024）ことから、本研究では Fz チャンネルにおける P200 の平均振幅に着目した。

各被験者に対して瞑想トレーニングの前後、計 2 回の脳波測定を行ったが、計測不良や上述のアーティファクト除去によって有効なエポック数が全体の 7 割を下回るデータ、トレーニング終了から 2 回目の測定までに 1 週間以上が経過した被験者のデータが、いずれかの測定回において見られた被験者は解析から除外した。よって、本実験では呼吸の瞑想群 15 名（女性 10 名、 $21.7 \pm 0.94$  歳）、慈悲の瞑想群 14 名（女性 5 名、 $21.9 \pm 0.46$  歳）から得られたデータを解析対象とした。

### 2.4 瞑想トレーニングプログラム

4 週間の瞑想トレーニングプログラムは、毎日 1 回の音声ガイダンスに沿った瞑想実践と週 1 回のオンラインミーティングで構成された。音声ガイダンスは各瞑想法によって異なった。心理尺度として被験者のマインドフルネスの程度を測る日本語版 Five Facet Mindfulness Questionnaire (FFMQ) と、慈悲の程度を図る Compassionate Love Scale (CLS) を回答させた。被験者は FFMQ と CLS をトレーニングの開始時と、開始から 1 週毎の合計 5 回、回答した。

## 3. 実験結果

### 3.1 最後通牒ゲーム

最後通牒ゲームにおける受け入れ率と提案を表示した際の脳波 P200 の平均振幅について、グループ（呼吸群、慈悲群）を被験者間要因、セッション（Pre, Post）と条件（Fair, Unfair）を被験者内要因として Aligned Rank Transform (ART) を用いた三元配置混合計画分散分析を実施した。

#### 3.1.1 受け入れ率

呼吸群、慈悲群それぞれの Pre、Post における Fair、Unfair の受け入れ率の平均を計算した。分散分析の結果、有意な主効果および交互作用がみられた（セッション:  $F(1, 27) = 16.5, p < 0.001, \eta^2 = 0.380$ , 条件:  $F(1, 27) = 213, p < 0.001, \eta^2 = 0.890$ , セッション × 条件:  $F(1, 27) = 8.65, p < 0.01, \eta^2 = 0.24$ ）。交互作用の効果を調べるためにウィルコクソン符号付順位検定を行ったところ、Post では Unfair に対する受け入れ率が有意に上昇した ( $V = 26.5, p < 0.001, r = 4.92$ , 図 2)。

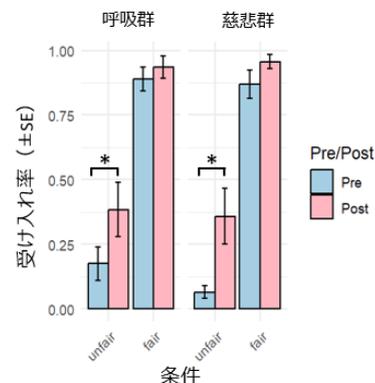


図 2. 最後通牒ゲームの受け入れ率：

エラーバーは標準偏差を示す。\* \* :  $p < 0.01$ ,

3.1.2 脳波

Fzにおいて、200 ms あたりに陽性の電位変化がみられ、これを P200 (140-220 ms) とした (図 3)。P200 の平均振幅に対して分散分析を行ったところ、グループ × セッション間に有意な交互作用がみられた ( $F(1,27) = 4.49, p < 0.05, \eta^2 = 0.142$ )。

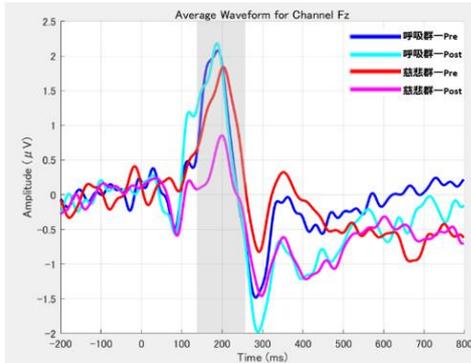


図 3. Fz における平均波形：  
網掛け部分は P200 の解析区間を示す。

交互作用の効果を調べるためにウィルコクソン符号付順位検定を行ったところ、慈悲群においてのみ P200 の平均振幅は Pre に比べて Post で有意に低下した ( $V = 294, p < 0.05, r = 0.427$ )。さらに Post の P200 振幅は呼吸群より慈悲群で有意に低かった ( $V = 599, p < 0.01, r = 0.414$ , 図 4)。

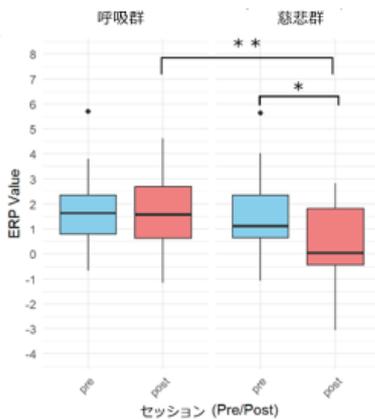


図 4. P200 振幅の Group と Session の比較：

エラーバーはデータの範囲、箱は上四分位数・中央値・下四分位数、・は外れ値を示す。\* :  $p < 0.05$ ,  
\*\* :  $p < 0.01$

FFMQ および CLS の結果について、グループ (呼吸群, 慈悲群) を被験者間要因、Week (baseline: week0, トレーニング開始から 1, 2, 3, 4 週間後 (week1 - week4)) を被験者内要因として、ART を用いた二元配

置混合計画分散分析を行った。FFMQ では、Week の有意な主効果がみられた ( $F(1, 132) = 7.71, p < 0.001$ )。多重比較の結果、week 0 に比べ、全ての週で FFMQ のスコアが有意に上昇した (図 5)。

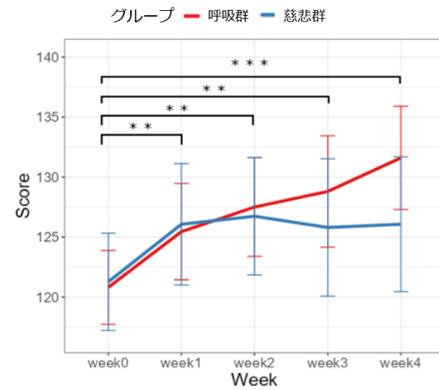


図 5. FFMQ (total) :

エラーバーは標準誤差を示す。\* :  $p < 0.05$ ,  
\*\* :  $p < 0.01$ , \*\*\* :  $p < 0.001$

CLS においてはグループ ( $F(1,33) = 1.00, p = 0.324, \eta^2 = 0.030$ ) と Week ( $F(1,132) = 1.42, p = 0.232, \eta^2 = 0.041$ ) の主効果、および交互作用 ( $F(4, 132) = 1.27, p = 0.285, \eta^2 = 0.037$ ) はいずれも有意ではなかった (図 6)。

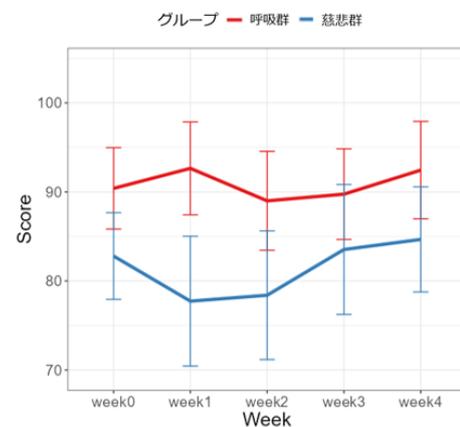


図 6. CLS のスコア変化：

エラーバーは標準誤差を示す。

4. 考察

本研究は、4 週間の呼吸の瞑想と慈悲の瞑想が社会的意思決定に与える影響を検討するため、最後通牒ゲームにおける受け入れ率および遂行中の ERP (P200) を比較した。

受け入れ率は、瞑想トレーニング前に比べて後の

方が両群の不公平な提案に対する受け入れ率が有意に上昇した。この結果には少なくとも二つの可能性が考えられる。一つは、マインドフルネス瞑想が社会的意思決定に影響を与えたという解釈であり、先行研究と一致する知見といえる (Kirk et al., 2011)。もう一つは、マインドフルネス瞑想とは関係なく、同一課題を複数回実施したことによる慣れや学習効果が受け入れ率に影響した可能性である。

一方、ERP については、Fz における P200 の振幅は慈悲の瞑想群でのみトレーニング後に有意に減少しており、マインドフルネス瞑想トレーニングの影響が認められた。P200 は感情刺激に対する初期の神経反応を反映し、特にネガティブな刺激に対して強く反応することが報告されている (Carretié et al., 2001)。このことから、慈悲の瞑想により提案に対するネガティブな感情反応が抑制された可能性が示唆される。以上より、行動指標における変化が瞑想特有の効果であるかは断定することは難しいが、少なくとも最後通牒ゲーム中の情動処理には慈悲の瞑想が影響を与えたと考えられる。

また、心理尺度の結果から、両瞑想法ともにマインドフルネスの向上 (FFMQ 上昇) が確認された。これは先行研究 (Frewen et al., 2011; Petrovic et al., 2024) と一致する結果であり、4 週間の呼吸の瞑想、慈悲の瞑想ともにマインドフルネストレーニングとしての効果がみられたことが示唆された。

以上の結果を踏まえると、社会的意思決定時に見られた行動の変化が瞑想トレーニングの効果に起因するか否かは明確ではないものの、少なくとも慈悲の瞑想は、社会的意思決定過程における情動処理に特異的な変化をもたらしたと考えられる。このことから、瞑想の種類によって社会的意思決定に関与する神経メカニズムが変容することが明らかになった。

最後に、本研究のいくつかの重要な限界を示す。第一に、参加者数が比較的少数であり、かつ瞑想トレーニングの期間も 4 週間と短期であったため、結果の一般化には慎重な解釈が求められる。第二に、受け入れ率の上昇が瞑想の効果によるものか、あるいは課題の繰り返しによる慣れの影響かを明確に区別することができなかった。今後は、統制群を導入し、瞑想の効果と他の要因を厳密に分離する研究を進める必要がある。

## 文献

- Carretié, L., Mercado, F., Tapia, M., & Hinojosa, J. A. (2001). Emotion, attention, and the 'negativity bias', studied through event-related potentials. *International journal of psychophysiology*, 41(1), 75-85.
- Fan, C., Liu, D., Wang, H., & He, W. (2024). The interplay between the proposer's role model and moral behavior modulates proposal processing in the Ultimatum Game: An ERP study. *International Journal of Psychophysiology*, 204, 112424.
- Frewen, P., Lundberg, E., MacKinley, J., & Wrath, A. (2011). Assessment of response to mindfulness meditation: Meditation breath attention scores in association with subjective measures of state and trait mindfulness and difficulty letting go of depressive cognition. *Mindfulness*, 2, 254-269.
- Frith, C. D., & Singer, T. (2008). The role of social cognition in decision making. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1511), 3875-3886.
- Hutcherson, C. A., Seppala, E. M., & Gross, J. J. (2008). Loving-kindness meditation increases social connectedness. *Emotion*, 8(5), 720.
- Kabat-Zinn, J. (1994). *Wherever you go, there you are: Mindfulness meditation in everyday life*. New York: Hyperion
- Kirk, U., Downar, J., & Montague, P. R. (2011). Interoception drives increased rational decision-making in meditators playing the ultimatum game. *Frontiers in neuroscience*, 5, 49.
- Lutz, A., Slagter, H. A., Rawlings, N. B., Francis, A. D., Greischar, L. L., & Davidson, R. J. (2009). Mental training enhances attentional stability: neural and behavioral evidence. *Journal of Neuroscience*, 29(42), 13418-13427.
- Petrovic, J., Mettler, J., Cho, S., & Heath, N. L. (2024). The effects of loving-kindness interventions on positive and negative mental health outcomes: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Psychology Review*, 102433.
- Sun, S., Yao, Z., Wei, J., & Yu, R. (2015). Calm and smart? A selective review of meditation effects on decision making. *Frontiers in psychology*, 6, 1059.
- Wang, A., Zhu, L., Lyu, D., Cai, D., Ma, Q., & Jin, J. (2022). You are excusable! Neural correlates of economic neediness on empathic concern and fairness perception. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 22(1), 99-111.
- Zeng, X., Chiu, C. P., Wang, R., Oei, T. P., & Leung, F. Y. (2015). The effect of loving-kindness meditation on positive emotions: A meta-analytic review. *Frontiers in psychology*, 6, 1693.