



マルチモーダル瞑想世界への誘い

Invitation to the Multimodal Meditation World

松本朋己¹⁾

Tomoki MATSUMOTO

1) 広島市立大学 情報科学部 (〒731-3194 広島市安佐南区大塚東 3-4-1, g20189@e.hiroshima-cu.ac.jp)

概要: 瞑想は、複数の宗教で長い間様々な形態で存在しており、実際にリラクゼーション効果や感情の制御、集中力の向上などの効果が報告されている。しかし、瞑想状態を維持することは初心者には難しく、正しく行えているかの判断も困難である。本企画では、体験者の心拍数、呼吸、脳波などの生体情報をリアルタイムでモニタリングし、視覚、聴覚、体性感覚、嗅覚のマルチモーダル感覚呈示を動的に変化させることで、感覚が研ぎ澄まされていく体験を提示する。また、瞑想状態の判別結果を集中の促進に役立つ形で提示することで、瞑想体験の入口となることを目指す。

キーワード: 瞑想, バーチャルリアリティ, バイオフィードバック, マルチモーダル感覚呈示

1. はじめに

1.1 背景

瞑想は、古くから多くの宗教の中で心の制御や祈りなど修行の一部として行われてきており、意識を向ける対象の違いや方法によって様々な存在する。特に、東洋の宗教文化におけるマインドフルネス瞑想は広く知られている。そして瞑想は、ストレス軽減、幸福感の促進、感情の調整、注意力の制御、認知能力に対する肯定的な効果があるため、近年実践者の数が大幅に増加している[1][2]。代表的な瞑想研究の対象では、マインドフルネス瞑想または MBSR (マインドフルネスストレス低減法) がある。現在においても、多くの企業や医療機関で活用されており、不安低減やストレス低減効果が証明されている[3]。

多くの瞑想方法において呼吸法は深く関わっていると一般に認められており、瞑想でのゆっくりとした呼吸法は生理学的、心理的に有益なテクニックである[4]。1 分あたり 10 回未満のゆっくりとした呼吸法は、自律神経系において心拍変動 (HRV) と呼吸性洞性不整脈 (RSA) の増加が見られ、中枢神経系の活動、そして心理状態に影響を与える。心理的には、快適さ、リラックス感、活力、注意力が向上し、不安、抑うつ、怒り、混乱の症状が減少することが報告されている[5]。また、ゆっくりとした呼吸を行うことで最終的に自律神経バランスを副交感神経優位にシフトさせることが報告されている[6]。

瞑想時の脳波として、前頭部における α 波出現による高振幅徐波化および θ 波の出現が報告されている[7]。瞑想メカニズムは 4 段階に分類され、第 1 段階に α 波の出

現、第 2 段階に α 波振幅の増加、第 3 段階に α 波周波数の徐波化、第 4 段階に θ 波の出現が報告されている[8]。また、瞑想時の脳波は、睡眠などの他の意識状態とは異なることも一貫して観察されている。アルファ帯域は、リラクゼーションと記憶の強化に関連しており、シータ帯域は、集中した注意、認知処理、創造性、記憶だけでなく、眠気とも関連している。また、何かに没頭している状態を示す、フロー状態も瞑想状態と似た脳波の特徴を示す[9]。

また、生体情報はインタラクティブ要素として良い側面を持つと考える。インタラクティブであることは一般に双方向性、相互作用性の意味として使用され、一方ではないことを意味する。松永伸司はインタラクティブな芸術の定義について、「受容者が、自覚的に、作者によって意図された形で、作品の美的構造を変化させることができる」と「インタラクティブな事物が与える反応の種類は、コントロール可能なものと、たんにランダムなものとのあいだにある」という定義を提案している[10]。

1.2 目的

瞑想には多くのリラクゼーション効果や感情の制御、集中力の向上などの効果がある。一方、瞑想状態を維持することは初心者には難しく、正しく行えているかの判断も困難である。本企画では、体験者の心拍数、呼吸、脳波などの生体情報をリアルタイムでモニタリングし、それに基づいて視覚、聴覚、体性感覚、嗅覚のマルチモーダル感覚呈示を動的に変化させることで、感覚が研ぎ澄まされていく体験を提示する。また、瞑想状態の判別を

集中の促進に役立つ形で提示することで、瞑想体験の入口となることを目指す。また、生体情報は自在に操作できることではないが、自身または外部からの影響によって変化、または変化してしまう要素であり、自身の生理的・心理的状況がマルチモーダル感覚によってインタラクティブに VR 空間が変容していく体験ができることを期待する。

2. VR と瞑想

2.1 関連研究

IVRC2013 における作品の「茶道における精神世界観の集中状態の再現～五感の視野拡張バーチャルリアリティ～」では、視覚、聴覚、嗅覚、触覚を刺激することにより、感覚が広がる茶道独特の集中状態を茶筌の動きなど、茶道の所作を再現することで表現している[11]。インタラクティブ 2017 の「Oculus による別世界坐禅への案内」[12]、他にも VR で瞑想や坐禅体験を促すアプリケーションは多く存在する。マインドフルネス瞑想を促す目的で設計された、体験者が吊るされた状態で暗い音響空間内で呼吸によって音楽が変化するインタラクティブアートがある[13]。呼吸誘導バイオフィードバックや暗闇による知覚の錯覚、浮遊感覚によって、瞑想初心者に対するマインドフルネス瞑想を促進させる。また、2種類の触覚呈示を使用し、呼吸のバイオフィードバックを行うことで理想的な呼吸へと同期させ、閉鎖的な VR 空間の呈示によってリラックス効果を高めるデバイスが検討されている[14]。

2.2 本企画との違い

VR と瞑想に関する研究・作品の多くは、視覚、聴覚、または触覚などの単一の感覚に焦点を当てたものが多い。本企画では、マルチモーダル感覚呈示を行うとともに被験者の状況に応じて動的に感覚呈示を変化させる。また、被験者には瞑想熟練者を対象とした研究が多いが、本企画では初心者を対象とし、瞑想を促進させる。

3. システム構成

システム概略図を図 1 に示す。ヘッドバンド型脳波計測デバイスで脳波、脈波を PC に取得。Unreal Engine 5 を使用して HMD で表示する視覚聴覚表現を生成し、また感覚呈示装置を制御するマイコンボードの Raspberry Pi 4 の制御も行う。

3.1 生体情報

脳波と脈波を取得できるヘッドバンド型脳波計「Muse 2」から PC 上にデータを取得する。脈波から、体験者の呼吸状態判別のために呼吸間隔、副交感神経の優位さを判別するために LF/HF を算出する。

3.2 Unreal Engine 5

Unreal Engine 5 は、Epic Games が開発した高度なリアルタイム 3D 作成ツールである。ゲーム開発者、映画製作者、建築家、トレーニングシミュレーター、そしてその他のクリエイティブなプロフェッショナルに向けて設計されており、よりリアルで没入感のあるコンテンツを作成するた

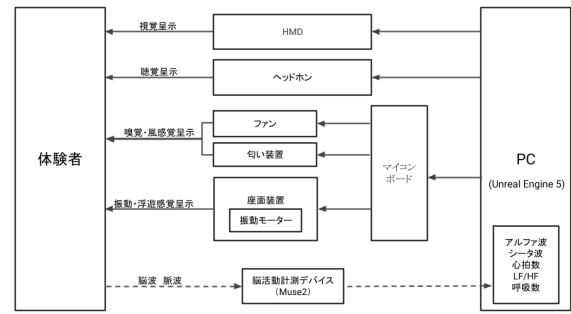


図 1: システム概略図

めの機能が豊富に含まれている。バーチャル空間や生体情報の処理、マイコンの制御には、Windows PC 上で Unreal Engine 5 を使用する。CG だけでなくサウンド呈示や Raspberry Pi 4 との通信についても、Unreal Engine 5 標準の機能やブループリントを使用する。また、瞑想状態の判別、感覚呈示の制御については、C++または python でプログラムを作成し、Unreal Engine 5 上に実装する。

3.3 視覚呈示

視覚呈示には、HMD (Head Mount Display) の Meta Quest 3 を使用する。開眼・閉眼は脳波信号に大きく影響を及ぼすので、体験者が目を閉じないよう VR 空間上の蠟燭を見るように指示する。生体情報により、蠟燭の火の揺らぎや大きさが変化する。過度な視覚情報は瞑想状態を阻害する可能性があるため、視覚呈示は実験を行い調整する必要がある。

3.4 聴覚呈示

聴覚呈示には、ヘッドホンを使用する。瞑想開始時にはホワイトノイズを使用し、第 2 段階ではピンクノイズに変化させる。瞑想状態ではアルファ波が増加し、1/f ゆらぎの音を聞いている時にもアルファ波が増加することからピンクノイズを呈示することでリラックス効果を高める。

3.5 嗅覚・風感覚呈示

呼吸による鼻腔内の機械受容器が全体的な皮質活動を調整する役割を持つことが知られている[5]ため、嗅覚呈示により瞑想体験を強化できると考える。

嗅覚・風感覚呈示には噴霧モジュール、アロマオイル、ファンを使用する(図 2)。噴霧モジュールで発生させた自然(木またはいぐさ)の匂いをファンの風で体験者に送り、嗅覚・風感覚を呈示する。空気中に香りが残存する可能性は考えられるが、風量と噴霧モジュールの動作で香りのある程度の強度を制御する。

3.6 振動・浮遊感覚呈示

振動・浮遊感覚呈示には座面、モーター、振動モーターで座面装置を制作し使用する。椅子に着座した状態での浮遊感覚呈示手法では、足の接地・非接地制御によって浮遊感覚を呈示するものが提案されている[15]。本体験では胡座の状態での浮遊感覚を呈示するため、腰部分を僅かに傾けることができる座面装置によって、下肢部分

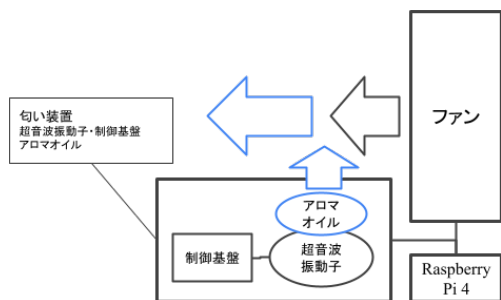


図2：嗅覚・風感覚呈示装置



図4：VR世界の遷移イメージ

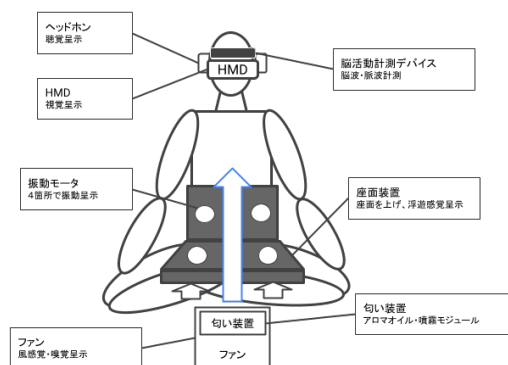


図3：体験イメージ

の地面への接地感覚を制限し、浮遊感覚を呈示できると考える。体験者に、瞑想、脳波または呼吸が一定時間設定した基準になったら作動させることを想定している。また、座面装置に振動モーターを取り付け、呼吸に連動して振動がフィードバックされる。

3.7 瞑想状態の判別方法

瞑想状態の判別には、脳波、脈波、呼吸数を使用する。脳波は瞑想状態が進むことで徐波化していくので、アルファ波とシータ波のパワーによって瞑想状態を判断する。脈波は LF/HF から副交感神経が優位であるかを判別する。呼吸数は1分あたり10回未満を基準にし、10秒間隔の呼吸に誘導できるようにフィードバックを行う。

瞑想の熟練度が低い場合や継続時間が短い場合には、安静時と比較して脳波に大きな差が出ない場合がある[16]。そこで、脳波だけではなく脈波、呼吸の間隔も瞑想状態判別の一つとし、バイオフィードバックの要素として使用する。多くの瞑想の研究では脳波に着目しているものが多いが、本企画においては複数の生体情報を考慮することでいずれかの生体情報に変化が見られない場合に動作性を高める。

本企画では、瞑想体験を数値化するために、独自の瞑想スコアを算出する。呼吸数、LF/HF、アルファ波パワー、シータ波パワーの4つの数値を使用し、各要素のスコアを合計して算出する。ただし、今後実験を行い各要素の比率や点数基準を調整する必要がある。

4. 瞑想体験の流れ

4.1 体験の概要

本企画における、体験イメージを図3に示す。体験者は、HMDとヘッドバンド型脳波計、ヘッドホンを装着し、浮遊感覚呈示用の座面装置の上に胡座または半跏趺坐で座る。体験時間は2分から3分を想定している。

本企画では、瞑想体験を以下の3段階で提示する。3分程度の短時間だと体験者の脳波が変化しないことが考えられるが、体験者の生体情報により、それぞれの段階の時間は体験者によって変化する。つまり、早い時間で瞑想状態になる体験者は次の段階に移り、瞑想状態にならない体験者は設定した時間で段階を変化させる。また、それぞれの段階は体験者の意識がそれないように、環境の変容が大きくなるようにシームレスに変化させる。

第1段階：体験者を瞑想状態へ誘導

第2段階：感覚呈示による瞑想状態の促進

第3段階：感覚が研ぎ澄される体験

4.2 第1段階

第1段階では、体験の説明と瞑想状態へ誘導する目的がある。図4左側のようにお寺で座禅をしている情景を提示する。体験者はVR上に表示された指示に従って体験を開始する。第1段階では体験者の呼吸を理想的な呼吸（1分あたり10回未満）に誘導するために、視覚、振動で呼吸誘導を行う。また、ヘッドホンからホワイトノイズを呈示し、ホワイトノイズによるサウンドマスキング効果で周囲の騒音の影響を減らし体験に集中できる状態を作る。

4.3 第2段階

第2段階では、アルファ波の出現を目的とし、複数の感覚呈示によって瞑想状態へと遷移している体験を擬似的または生体情報に基づき呈示する。図4中央のように視覚情報を制限し、暗い空間内でバイオフィードバックのみを行う。バイオフィードバックの表現方法は様々考えられるが、人に馴染みのある水の特徴を元にした視覚聴覚表現を検討している。第2段階で視覚以外の感覚を主として体験者に呈示する。座面の振動モーター、嗅覚、風感覚、視覚、聴覚で感覚呈示する。生体情報によって呈示の程度を調節する。

4.4 第3段階

第3段階では、第2段階から感覚呈示を減らし、アルファ波の徐波化を目的とし、瞑想状態を促進させる。図4右側のように宇宙空間のような暗い空間に体験者が存在している。第2段階で感覚呈示を増やし、第3段階で急激に減らすことで、感覚が研ぎ澄まされる体験ができると考える。また、体験終了時には独自の瞑想スコアを作成し、体験者が確認できるようにする。

5. まとめ

本体験では、マルチモーダル感覚呈示をリアルタイムな生体情報により動的に変化させることで、瞑想体験を促進させる。また、瞑想により感覚が研ぎ澄まされる状態を呈示することで、初心者が瞑想の感覚を得ることを期待する。

参考文献

- [1] Tang, Y., Hölzel, B. K., & Posner, M. I. (2015). The neuroscience of mindfulness meditation. *Nature Reviews Neuroscience*, 16(4), 213-225. doi:10.1038/nrn3916
- [2] Khoury, B., Knäuper, B., Schlosser, M., Carrière, K., & Chiesa, A. (2017). Effectiveness of traditional meditation retreats: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Psychosomatic Research*, 92, 16-25. doi:10.1016/j.jpsychores.2016.11.006
- [3] Kabat-Zinn, J., Massion, A. O., Kristeller, J., Peterson, L. G., Fletcher, K. E., Pbert, L., Lenderking, W. R., & Santorelli, S. F. (1992). Effectiveness of a meditation-based stress reduction program in the treatment of anxiety disorders. *The American journal of psychiatry*, 149(7), 936-943.
- [4] Fincham, G. W., Strauss, C., Montero-Marin, J., & Cavanagh, K. (2023). Effect of breathwork on stress and mental health: A meta-analysis of randomised-controlled trials. *Scientific Reports*, 13(1), 432. doi:10.1038/s41598-022-27247-y
- [5] Zaccaro Andrea, Piarulli Andrea, Laurino Marco, Garbella Erika, Menicucci Danilo, Neri Bruno, Gemignani Angelo. (2018). How breath-control can change your life: A systematic review on psycho-physiological correlates of slow breathing. *Frontiers in Human Neuroscience*, 12 doi:10.3389/fnhum.2018.00353
- [6] Jerath, R., Edry, J. W., Barnes, V. A., & Jerath, V. (2006). Physiology of long pranayamic breathing: Neural respiratory elements may provide a mechanism that explains how slow deep breathing shifts the autonomic nervous system. *Medical Hypotheses*, 67(3), 566-571. doi:10.1016/j.mehy.2006.02.042
- [7] Lagopoulos, J., Xu, J., Rasmussen, I., Vik, A., Malhi, G. S., Eliassen, C. F., ... Ellingsen, Ø. (2009). Increased theta and alpha EEG activity during nondirective meditation. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 15(11), 1187-1192. doi:10.1089/acm.2009.0113
- [8] Banquet, J.P.(1973). Spectral analysis of the EEG in meditation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 35(2), 143-151. doi:10.1016/0013-4694(73)90170-3
- [9] Katahira, K., Yamazaki, Y., Yamaoka, C., Ozaki, H., Nakagawa, S., & Nagata, N. (2018). EEG correlates of the flow state: A combination of increased frontal theta and moderate frontocentral alpha rhythm in the mental arithmetic task. *Frontiers in Psychology*, 9.
- [10] 松永伸司. ビデオゲームの美学. 慶應義塾大学出版会, pp. 87-92. 2018.
- [11] 茶 禅 空 (2013) | IVRC History Archive. <https://ivrc.net/archive/茶禅空/>, (参照 2024-05-27) .
- [12] 小室 千晶, 清水 愛恵, 串山 久美子, & 岩田 裕里子. (2017). Oculus による別世界坐禅への案内. *インタラクティブシジョン 2017*, 546-548.
- [13] Vidyarthi, J., & Riecke, B. E. (2014). Interactively mediating experiences of mindfulness meditation. *International Journal of Human-Computer Studies*, 72(8), 674-688. doi:10.1016/j.ijhcs.2014.01.006
- [14] 岩下直人, 倉掛正治, & 上岡玲子. (2020). リラックス状態への誘導システム「Healing VR」の製作と誘導効果の研究. *情報処理学会インタラクティブシジョン 2020*, 2B-42.
- [15] 伴祐樹, 吉田健人, & 宇治土公雄介. (2022). 足底の接地・非接地制御による着座状態での vr 飛行体験の臨場感向上. *第 27 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集*, 27.
- [16] 光一郎, 佐藤, & 卓, 工藤. (2020). 瞑想時脳波の特徴抽出と集中との関係性. *日本知能情報ファジィ学会ファジィシステムシンポジウム講演論文集*, 36(0), 233-236. doi:10.14864/fss.36.0_233