



低呼吸状態における視聴覚情報の動的提示による瞑想状態への誘導

Inducing Meditation through Dynamic Presentation of
Visual and Auditory Stimuli under a Slow Breathing

永田廉¹⁾, 郭凱¹⁾, 伴祐樹¹⁾, 割澤伸一¹⁾

Ren NAGATA, Kai GUO, Yuki BAN, and Shin'ichi WARISAWA

1) 東京大学 新領域創成科学研究科 (〒 277-8563 千葉県柏市柏の葉 5-1-5, nagata-ren@s.h.k.u-tokyo.ac.jp, guo.kai@s.h.k.u-tokyo.ac.jp, ban@edu.k.u-tokyo.ac.jp, warisawa@edu.k.u-tokyo.ac.jp)

概要: 現代において、心身の安定や集中力の向上を目的とした瞑想に注目が集まっている。一方で、初心者にとっては瞑想状態の感覚がつかみにくく、習得までに時間を要する点が課題となっている。本研究では、瞑想中に見られる低呼吸状態に着目し、徐々にその状態に移行する視聴覚情報を VR 空間内で提示する手法を構築した。これにより、深い瞑想状態への導入を簡易化する方法を示し、瞑想初心者の実践支援につながる知見を得た。

キーワード: 瞑想, 視聴覚減衰, 低呼吸

1. はじめに

現代社会では情報過多やタスクの複雑化により、ストレスや注意集中の困難が深刻化している。これらに対処する手段として、近年では瞑想が注目されている。

瞑想には、特定の対象に注意を向け続ける Focused Attention(FA) と、対象を定めず体験全体に意識を開く Open Monitoring(OM) の 2 種類がある [1]。FA は対象への意図的な注意操作を通じて集中を高めるものであり、OM は判断を加えず、移りゆく内的体験に広く意識を向け続ける実践である。中でも OM は、自己認識や情動制御、認知柔軟性の向上など幅広い効果が報告され、注目されている一方で、その抽象性ゆえに、初心者が導入段階でつまづくことが多い。

本研究では、Lutz らの研究 [1] をもとに OM 導入の困難さを 2 つの要因に分けて捉える。1 つ目は「技術的困難」である。OM では呼吸や心拍、感覚、思考などの内的状態に対して非判断的な注意を向け続ける必要があるが、初心者は内受容的認識が未熟であり、内的変化に気づき続けること自体が困難である。2 つ目は「感覚同定の困難」である。OM 特有の身体感覚や知覚状態は、明確な外的指標を持たないため、初心者は「何を目標せよいか」が曖昧なまま取り組むことになる。このような 2 種類の困難が、OM の定着を妨げていると考えられる。

こうした課題に対して、近年は VR を用いた瞑想支援が注目されている。これまでの研究では、視覚的自然風景や呼吸誘導といった FA 的構成を通じて、初心者の集中向上やストレス軽減が報告されている [2]。しかし、それらは特定対象への注意を促すものであり、対象を定めない OM への導

入支援は十分に検討されていない。音声ガイドによる OM 支援も存在するが [3]、言語的情報に依存しており、OM 特有の知覚的・身体的感覚への直接的な支援には至っていない。

本研究では、OM 中に自然に生じる生理的状態、すなわち副交感神経優位による「低呼吸状態」に着目する。この状態では、視覚のぼやけや明度低下、聴覚の感度変化といった知覚変容が生じることが報告されている [4][5]。本研究では、これらの変化を段階的に再現する視聴覚提示手法を VR 空間内に実装し、OM への没入を支援することを試みる。この手法は、外的刺激を抑えて内的注意を促す(技術的困難への対応)とともに、OM 特有の知覚体験を疑似的に体感させることで感覚同定の補助を目指す。

2. 提案手法

本研究では VR 空間にて、時間経過によって視聴覚情報が減衰していく提示を行った。以下に詳細な説明を示していく。

2.1 実装方針

OM の導入支援として、視野と音響の性質を変化させる実装を行った。視覚にはぼやけと明度低下、聴覚には音量低下を適用した。彩度低下は覚醒度の過度な低下を招く可能性があり、特に瞑想初心者は眠気を感じやすいことが知られているため、本研究では使用を避けた。視界のぼやけには、Unity でのカメラにフィルタをかけ、Gaussian blur を適用したシェーダーを用いた。図 1 は実際に使用した Unity 画面での、提示前後での視覚情報の具体的な変化を示したものである。

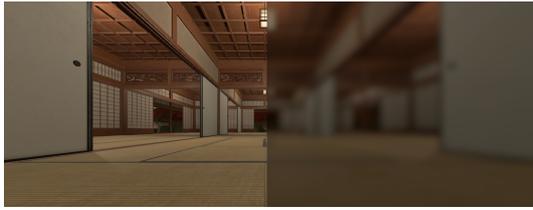


図 1: 実際に使用した Unity の視覚提示（明度低下・ぼやけ）前後を比較した画面。左半分は提示前の画面、右半分は提示後の画面を表す。

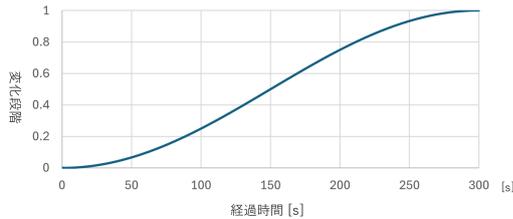


図 2: 経過時間における減衰段階のイメージ図。横軸は経過時間 [s]、縦軸は変化段階を表す

2.2 パラメータ設計

視聴覚減衰は「減衰関数」「変化量」「変化時間」の 3 要素で構成。以下に各パラメータの意図と実装を示す。

2.2.1 減衰関数

OM に伴う視聴覚変化を違和感なく提示するため、Sine Ease-in-out 関数を使用して設計した。時間経過を t 、提示段階を x としたとき、関数は以下のように表せる。

$$x = -\frac{1}{2} \cos\left(\frac{t}{300}\pi\right) + \frac{1}{2} \quad (1)$$

なお、ここにおける x は、提示前の状態を 0、提示後の状態を 1 としたときの、時間経過中における相対的な位置を示す。また、この関数から図 2 のようなグラフが得られる。この関数は、変化の始まりと終わりが緩やかで中間に変化速度が高まる特性を持ち、瞑想中の脳波変化の傾向にも一致する。急激な変化は OM への没入を妨げる可能性があるため、緩やかな提示が有効であると判断した。

2.2.2 変化量

本研究では、すべての実験参加者に対して同一の初期視聴覚環境を提示した。Unity 上の情景から環境に適した生活音を想定し、音源には虫や鳥の鳴き声、車の走行音などを含む 1 分周期の環境音を用いた。音量の設定に関しては、予備検証で違和感が無い音量に調整した。また、視覚や聴覚における変化は OM 中も感覚処理が継続しているとされるため、完全な無音化や画面の暗転といった極端な減衰は避け、提示後は提示前と比較して、明度は 40%、音量は 10% となるよう設計した。これにより、OM に特有の微細な感覚変化を妨げることなく、自然な範囲での減衰提示を実現することを意図した。

2.2.3 時間設計

実験は、5 分間の FA とそれに続く 10 分間の OM から構成され、総提示時間は 15 分間であった。OM 期間における

提示手法として、提案手法に基づき、最初の 5 分間で視聴覚刺激を減衰させ、残りの 5 分間は静的な状態を維持した。このように設計した理由としては「長時間提示による疲労・眠気の抑制」「導入準備としての FA フェーズの必要性 [6]」「OM フェーズ中の段階的提示と安定提示の分離による評価の明瞭化 [7]」の 3 点である。

3. 実験

3.1 評価指標

本研究では、視聴覚減衰による OM 導入支援効果を、「主観的变化」「理解プロセスの可視化」の 2 側面から評価した。これらは、初心者には特有の技術的困難・感覚同定の困難に対する支援効果を検証する枠組みである。評価はすべてリッカート 7 段階尺度に基づき、1 を『全くそう思わない』、7 を『非常にそう思う』として回答を求めた。なお実際に使用した設問は、4.2 節にて分析結果と共に明記する。

3.1.1 主観的变化

既存の OM 評価尺度 (MEDEQ, NADA-s 等) は設問数が多く抽象的で、瞑想初心者には回答が困難である。本研究では先行研究 [1, 8, 9, 10] をもとに、導入支援に焦点を当て、初心者でも直感的に回答しやすい、表 1 に示すような、簡易な 9 項目を独自に設計した。

3.1.2 理解プロセスの可視化

OM 導入を困難にする要因として、本研究では「技術的困難」と「感覚同定の困難」の 2 点を仮説的に設定した。視聴覚減衰がこれらの困難の解消に寄与するかを確認することを目的として設問を構成した。

3.1.3 事前アンケート

また、本研究では VR 経験、瞑想経験、睡眠時間・体調、VR 機器の不快感といった項目の事前アンケートを実施し、主観変化への影響を補足的に確認した。

3.2 実験環境

実験環境は室温 26 °C 前後を基準とし、エアコンの風が直接当たらないよう座席を調整した。集中に影響を与える温熱不快を避けるため、開始前に希望を確認し室温を調整した。HMD は Meta Quest 3 を用い、遮光アクセサリで光漏れを防止した。音響は BOSE QuietComfort Ultra Earbuds を使用し、ノイズキャンセリングで外部音を遮断した。

3.3 実験プロトコル

本実験では、感覚理解の支援効果を検証するため、視聴覚情報を段階的に減衰させる「提示条件」と、減衰を行わない「非提示条件」の 2 条件を設定した。順序効果を最小限に抑えるため、各実験参加者には両条件をランダム順で体験してもらう。各条件終了後に主観的变化を測定し、感覚理解の向上を評価する。以下に詳細な実験手順を示す。

3.3.1 タスク説明と導入

実験参加者は瞑想という抽象的なタスクを実施するため、タスク理解の個人差が実験結果に与える影響を最小限に抑える必要がある。そこで、事前にタスクの趣旨と目的について丁寧な説明を行い、参考資料として事後アンケートの

設問を提示した。これにより、単なる注意の向け方だけでなく、実際にどのような感覚や状態を体験するのかをあらかじめ共有し、実験参加者間の認識のばらつきを抑制した。これは、OMにおける感覚的理解が実体験を通じて形成される傾向があることを踏まえたものである。

3.3.2 事前フェーズ

タスク説明の後、実験参加者は以下の順序で事前フェーズを実施した。

- (1) 事前アンケートへの回答
- (2) 静座安静状態 (3分間)
- (3) FA および OM タスクの練習 (各 1分間)

これにより、感覚的な理解の補助と、順序による影響の低減を図った。

3.3.3 本実験

各実験参加者は、「提示条件」「非提示条件」の2条件を経験した。条件の順序は実験参加者間でラテン方格法を基に設定し、順序効果を統制した。

- **非提示条件**：視聴覚減衰を行わず、15分間同一の環境下でタスクを実施した (FA → OM)。
- **提示条件**：前半5分間はFAタスクを実施した(視聴覚情報は変化なし)。OMタスクに移行するタイミングから、5分間かけて視聴覚情報を段階的に減衰を行った。減衰が完了した状態で、さらに5分間OMタスクを継続した。

各条件において、実験開始、OM移行、終了の3点で音声による案内を挿入した。これは、OM実施中の時間感覚の変容が評価項目の一つであるため、視覚的カウントではなく音声での時間提示がより適切であると判断したためである。また、タスクが抽象的かつ複雑であることから、音声によるリアルタイムの補助は実験参加者の認識を安定させる役割も担う。

3.3.4 アンケート

各条件の終了後に、事後アンケートを実施し、両条件の実施後に、全体を通じた最終アンケートを実施した。また、体験自体の感想を自由に尋ねるインタビューも実施した。

4. 実験結果

4.1 分析手法

主観的指標はすべてリッカート7段階尺度による評価であり、尺度の性質上ノンパラメトリックな扱いが妥当であるため、提示条件間の差を検定する際にはウィルコクソンの符号順位検定を用いた。また、提示条件をまたぐ項目ごとの変化傾向については、必要に応じて効果量の算出や傾向分析も行った。

4.2 分析結果

実験参加者アンケートの集計結果を図3に示す。主観的指標について、提示条件と非提示条件の間で統計的に有意差は確認されなかった(全指標で $p > .05$)。

表 1: 実験で使用された主観評価質問票 (13項目)、各項目は1~7段階のリッカート尺度に基づき、1を『全くそう思わない』、7を『非常にそう思う』として回答を求めた。

No.	カテゴリ	質問文
Q1	非反応的モニタリング	頭に浮かんだことが他人事のように感じられましたか?
Q2	内受容的情報への気づき	呼吸や鼓動など、体の中の動きに注意が向きましたか?
Q3	注意移行の自然さ	意識が一つの対象に留まらず、移っていくような感覚がありましたか?
Q4	情動の安定性	嫌な気持ちが出てきても、穏やかな気分でしたらありましたか?
Q5	注意の広がりや意識の非焦点化	意識や注意が一点に集中していないように感じましたか?
Q6	非二元的体験	自分の存在感が減ったように感じましたか?
Q7	身体境界の曖昧化	肌が鈍感になったように感じましたか?
Q8	時間感覚の変容 (早さ)	時間が早かったように感じましたか?
Q9	時間感覚の変容 (流れ)	時間の流れへの意識が薄まりましたか?
Q10	技術的困難の緩和	注意が移った際、そのことにすぐ気づいていましたか?
Q11	技術的困難の緩和	呼吸や身体感覚、気分など内的変化への注意の動きにも気づいていましたか?
Q12	感覚同定の確認	この感覚が正しいかどうかは別として、自分なりに「こういうことかもしれない」と感じられましたか?
Q13	感覚同定の確認	体験前には分かりにくかった説明内容が、体験後には納得できるようになりましたか?

本実験では、実験参加者の主観的变化を把握するため、終了後に自由記述およびインタビューも実施した。以下に、主要な傾向を示す。

7名中6名の実験参加者が、いずれかの条件で眠気を感じたと回答した。特に提示条件下では、視覚や聴覚の変化に伴い「目を閉じた瞬間に眠りに落ちそうになった」「興味のない授業で眠くなる感覚に近かった」といった、寝落ちに類似した所感が複数確認された。

一方で、「評価しないという意識を持ったことで眠気に抗わなかった」「ぼんやりしている自分を他人事のように感じた」といったコメントも見られ、OMの脱同一化や判断停止と眠気との関係が示唆された。

また、「画面の解像度や揺れが気になって意識を保てた」など、提示内容以外のVR環境の不具合が覚醒の維持に寄与した可能性も指摘された。

一方で、提示条件・非提示条件を通じて明確な眠気を感じなかった実験参加者もいた。「視野の外縁に残像のような薄緑の像が内側に向かって消えていく」「緑の枠組みが約60Hzで点滅していた」といった視覚的印象、「提示音の途切れで集中が途切れたが、2回程度しか気づかなかった」といった聴覚的变化、「呼吸への意識がほぼなくなっていた」「呼吸が浅くなったようにも見えた」とする呼吸への注意の低下、「外的刺激への意識が少なかった」といった全般的な注意の変

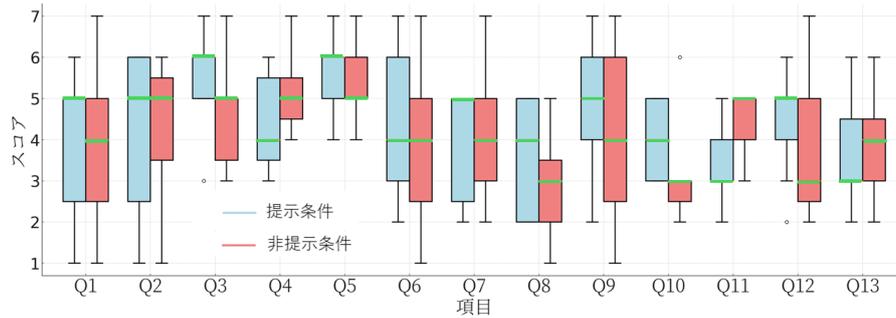


図 3: アンケート結果に基づく箱ひげ図。横軸: 上記した評価指標に基づくアンケート項目, 縦軸: リッカート尺度により測定したスコア

化が発言として確認された。

4.3 考察

有意差は得られなかったものの、一部の主観的項目では提示条件下で OM 的没入感や身体感覚の変容を報告する実験参加者が見られた。特に「注意移行」「時間感覚変容」に関しては、統計的有意には至らなかったものの、提示条件においてスコアが高まる傾向が確認されており、OM 導入が進んだ可能性が示唆される。

これらの結果は、視聴覚提示が一部の参加者において OM 感覚の理解を補助したことを示唆している。ただし、全体としては明確な効果とは言えず、個人差や外的要因の影響も考慮する必要がある。実際、実験後のインタビューでは「眠気を感じた」との回答が多く、提示内容が入眠状態に近い印象を与えたことや、実験参加者の睡眠状態などが集中維持を妨げた可能性も否定できない。

注目すべきは、提示→非提示の順で実施され、かつ眠気を感じなかったある実験参加者において、非提示条件中にも提示時と類似した OM の主観体験が報告された点である。これは、提示条件で一度 OM の感覚を掴んだことにより、非提示環境下でもその体験が再現された可能性を示している。すなわち、本手法は一過的な誘導手段としてだけでなく、OM の理解や感覚同定を促す定着支援としても機能しうる可能性があると考えられる。

今後は、視聴覚提示が感覚の定着支援としての効果を検証する必要がある。そのためには、実験参加者の状態（睡眠・疲労）を厳密に統制することや、眠気を催さない刺激設計の工夫が必要である。

5. 終わりに

本研究には三点の課題が残る。第一に、提示された感覚が実際に OM の熟練者の体験と一致しているかについての検証が不十分であり、今後は熟練者による主観評価や生理指標との照合による妥当性確認が求められる点。第二に、実験参加者が OM 特有の注意操作や半眼維持といったタスクを正しく実施していたかの確認が困難であり、とくに初心者においてはタスクの逸脱が集中の妨げとなる可能性がある点。第三に、低呼吸状態の再現により一部の実験参加者に眠気が誘発される傾向がみられたことから、入眠と区別されるような刺激設計が必要である点。

今後の展望として、本手法は生理状態や熟練度に応じた提示制御による最適化や、雑音の種類・空間配置の調整による聴覚構成の改善が考えられる。さらに、触覚などを加えたマルチモーダルな提示により、内受容的感覚の支援が期待される。これらを通じて、本手法は教育・メンタルヘルス・ウェルビーイング領域におけるマインドフルネス導入支援としての応用可能性を広げることが期待される。

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 (JP25K03163J, P24H00892)、JST さきがけ (JPMJPR24IB) の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Antoine Lutz, et al : Attention regulation and monitoring in meditation
- [2] Minkyung Jo, et al : Virtual reality vs. imagery: comparing approaches in guided meditation
- [3] Yanli Lin, et al : On Variation in Mindfulness Training: A Multimodal Study of Brief Open Monitoring Meditation on Error Monitoring
- [4] Jared R. Lindahl, et al : The varieties of contemplative experience: A mixed-methods study of meditation-related challenges in Western Buddhists
- [5] Britta Biedermann, et al : Meditation and auditory attention: An ERP study of meditators and non-meditators
- [6] Daniel Zielasko, et al : Do Not Immerse and Drive? Prolonged Effects of Cybersickness on Physiological Stress Markers and Cognitive Performance
- [7] Haruyuki Ishikawa, et al : The individual and sequential effect of focused attention and open monitoring meditation on mindfulness skills
- [8] Ruben E. Laukkonen and Heleen A. Slagter : From many to (n)one: Meditation and the plasticity of the predictive mind
- [9] Salvatore Gaetano Chiarella, et al : Mindfulness Affects the Boundaries of Bodily Self-Representation: The Effect of Focused-Attention Meditation in Fading the Boundary of Peripersonal Space
- [10] Carlton Moeller : Time Perception Changes During Open Monitoring but not Focused Attention Meditation: A Result of Attentional Scope Dilation