

マインドフルネス研究の未来を切り開く新たな方法論¹⁾国里愛彦¹・山本哲也²¹専修大学²徳島大学

Advancing Future Research: A New Methodology for Mindfulness

Yoshihiko KUNISATO¹ and Tetsuya YAMAMOTO²¹Senshu University²Tokushima University

Existing literature has confirmed the effectiveness of mindfulness in treating various mental and physical problems. However, research has highlighted methodological issues in these studies. We discussed the following topics to advance mindfulness research: (1) empirical approaches for establishing the efficacy of mindfulness, (2) formal theoretical approaches to examine the mechanisms underlying mindfulness, and (3) digital mindfulness. For this reason, examining mindfulness-related research is necessary by using (1) a more rigorous and reproducible research design to outline its benefits and harm and (2) a stage model to determine the use of mindfulness in public. Moreover, formulating a formal theoretical framework that highlights the mechanisms underlying mindfulness is essential to generate simulations and empirical predictions. Employing computational psychiatric approaches, based on the free energy principle, and psychological network approaches is accordingly useful to build this theory. Finally, investigating the effectiveness and safety of digital mindfulness is imperative.

Key words: mindfulness, reproducibility, formal theory, free energy principle, psychological network, digital mindfulness

キーワード：マインドフルネス、再現性、形式理論、自由エネルギー原理、心理ネットワーク、デジタルマインドフルネス

マインドフルネスに基づく介入は、マインドフルネスストレス低減法 (Kabat-Zinn, 1982) から始まり、長らく効果検証が行われてきた。精神障害に対するマインドフルネスの適用の契機になったのは、Teasdale et al. (2000) の反復性うつ病に対するマインドフルネス認知療法のランダム化比較試験になる。Teasdale らのランダム化比較試験は、大きなサンプルサイズで厳密なデザインを用いて、うつ病に対するマインドフルネスの有効性を調べた初めての試みであった。この試験では、寛解した反復性うつ病患者 145 名を通常治療群と通常治療にグループ形式のマインドフルネス認知療法を追加した群に無作為割付し、再発リスクを検討した (Teasdale et al., 2000)。その結果、マ

インドフルネス認知療法は、3 回以上再発を繰り返している反復性うつ病患者の 60 週間後の再発リスクを低下させることを示した (Teasdale et al., 2000)。Teasdale らの結果は、反復性うつ病に対する介入法としてマインドフルネスへの注目を高め、その後の第 3 世代認知行動療法のムーブメントへとつながるものだった。Teasdale ら以降もマインドフルネスの効果検証はなされており、Kuyken et al. (2016) は、うつ病への再発予防効果を調べたマインドフルネス認知療法に関するランダム化比較試験のメタ分析を行った。文献検索とスクリーニングから 10 の研究に絞られ、個別データを得ることができた 9 つのランダム化比較試験 (1258 名) についてメタ分析が行われた。その結果、マインドフルネス認知療法は、15 ヶ月後のフォローアップにおいて通常治療群よりも再発リスクが低いことが示された。

1) 本論文の執筆にあたり、第 1 著者と第 2 著者は筆頭著者として同等の貢献をした。

マインドフルネス認知療法以外のマインドフルネスに基づいた介入の効果も検証されてきている。これまでに多数の臨床試験とメタ分析が報告されており、マインドフルネスに基づいた介入に関するエビデンスの全体像は見えにくくなっている。そこで、Goldberg, Riordan et al. (2021) は、過去に実施されたマインドフルネスに基づく介入に関するランダム化比較試験のメタ分析論文を収集し、メタ分析のレビューを行った。2010年から2019年に発表された44件のメタ分析論文が対象となり、336件の一次研究と30483人の参加者が含まれた。様々な問題に対してマインドフルネスが適用されているので、それぞれの問題ごとにメタ分析結果が整理された。その結果、不安、摂食障害、うつ、精神疾患、精神病性障害、疼痛、がんにおいて、待機群と比べた治療直後の効果におけるマインドフルネスの優位性が示された (Goldberg, Riordan et al., 2021)。Goldbergらのメタ分析のレビューから、マインドフルネスは多様な問題に対して有効性が示されている。

マインドフルネスは、多様な心身の不調に対し効果を示しているだけでなく、個人の機能をより高めるための方略としても用いられてきている。マインドフルネスは、他の臨床心理学的介入技法と比べても、実にその射程が幅広い。その一方で、マインドフルネスの有効性に対する批判的な検討もなされてきている (Bishop, 2002; Goldberg et al., 2017; Van Dam et al., 2018)。また、マインドフルネスに基づいた介入の効果を高めるためには、現状のマインドフルネスの作用メカニズムについて理論的な検討を加えることやマインドフルネスの研究や実践におけるデジタルデバイスの活用なども課題となると思われる。本論文では、今後のマインドフルネス研究の発展に向けて、(1) マインドフルネスの効果検証研究の批判的吟味を通じたマインドフルネスのエビデンス構築に向けたアプローチ、(2) マインドフルネスの作用メカニズムに対する形式理論アプローチ、(3) マインドフルネスの実践を支援する情報通信技術を活用したアプローチ (デジタルマインドフルネス) について論じる。

1. マインドフルネスのエビデンス構築に向けたアプローチ

2010年代は心理学における再現性の危機が指摘されてきたが (国里・土屋, 印刷中)、マインドフルネスにおいても再現性の議論がなされてきている。これまで、心理療法の効果検証研究における研究報告ガイドライン遵守の低さ (Grant et al., 2013)、うつ病の心理療法の介入研究でのポジティブな結果に偏った報告 (Flint et al., 2015) などの指摘がなされてきている。同様の議論が、マインドフルネスの効果検証研究でもなされてきている。

1.1 マインドフルネスの効果検証研究における方法論上の問題

Bishop (2002) は、マインドフルネスの効果検証研究は、アクティブコントロールの使用が少ないこと、ランダム化比較試験が少ないこと、不適切な統計の使用があることなどを指摘している。例えば、Teasdale et al. (2000) は厳密な検討を行ったランダム化比較試験であるが、全く問題がないわけではない。そもそも、この試験の目的は、通常治療群とマインドフルネス認知療法群での再発予防効果の比較である。解析の結果、3回以上再発を繰り返している患者と2回の患者で介入の効果が違うので、両者を分けた上で、3回以上再発を繰り返している患者で比較した結果が主要な結果として報告されている。もちろん割付時に再発の回数を収集していると記載されているので、そのような解析が事前に意図されていたのかもしれないが、2回と3回以上の区分は恣意的にも見えるので、事後的なサブグループ解析結果が主要な結果として報告されているようにも見える。臨床試験における研究報告の質や再現可能性という観点からは、疑問がある点かと思われる。

Bishop (2002) がマインドフルネスの効果検証研究における方法論上の問題点を指摘してからも、多くの臨床試験が行われてきたが、その改善は芳しくない。Goldberg et al. (2017) は、マインドフルネスの効果検証研究における方法論上の改善点として、アクティブな統制条件の用意、大きなサンプルサイズ、長期的なフォローアップ、治療の忠実性 (fidelity) の記載、治療者の訓練歴の

記載、Intention-to-treat 分析の使用の6点について経年変化を検討した。その結果の前に、これら6つの改善点について簡単に整理する。まず、マインドフルネスを用いた介入では治療者が共感的に関わるなどの非特異的な要因の影響があるため、マインドフルネス以外の介入を行うアクティブな統制条件を設定する必要がある。メタ分析のレビューでは、アクティブな統制条件との比較では、マインドフルネスの有効性が低下することが示されている (Goldberg, Riordan et al., 2021)。効果の推定にあたってはサンプルサイズが大きいほうが望ましく、再発予防が目的の場合は長期的なフォローアップが必要となる。治療がマインドフルネスの治療として適切に実施されたのか忠実性を評価することや治療者がマインドフルネスに関するトレーニングを受けているかも重要になる。忠実性の評価は、治療が意図されたとおりに行われているか専門家が面接のビデオや音声をチェックする。最後に、Intention-to-treat 分析は、治療の割付が行われれば途中で脱落したとしても解析に含めるという分析方法になる。治療中に有害事象があったり、合わないと感じたために脱落した患者も解析に組み込むことで、治療効果の過大評価を避けることができる。Goldbergらは、患者を対象としたランダム化比較試験に限定して包括的検索を行い、2000年から2016年の間に発表された171本の論文を用いて各指標の時間的変化について検討した。その結果、6つの方法論上の改善点に関して、2000年以降の16年で統計学的に有意な改善は認められなかった (Goldberg et al., 2017)。その後も、アクティブな統制条件を用意する必要があること、効果の差を検出できるように介入強度の調整や介入が適切になされているかについて検討する必要があることなどが引き続き指摘されている (Rosenkranz, Dunne, & Davidson, 2019)。

マインドフルネスの効果検証論文における方法論上の問題だけでなく、マインドフルネス研究ではポジティブな報告に偏っているとの指摘がある (Coronado-Montoya et al., 2016)。Coronado-Montoya et al. (2016) は、マインドフルネスに基づく介入の効果を検証したランダム化比較試験を系統的レビューし、88%の論文がマインドフルネスの有効性を結論付けていることを示した。しかし、それは心理療法の効果として期待される効果量にお

いて、報告されることが期待できるポジティブな結果よりも1.6倍多かった。つまり、ポジティブな結果に偏って報告がなされている。さらに、臨床試験登録サイトを調べて、62%の研究が試験終了から30ヶ月後でも未刊行になっていることも示した。方法論上の問題だけでなく、出版バイアスも留意する必要がある。2010年から2019年に発表された44件のメタ分析のレビューにおいて、7割の研究で出版バイアスに関する統計学的仮説検定を実施していなかった (Goldberg, Riordan et al., 2021)。出版バイアスを検討した論文では、ポジティブな結果に偏っているという強い証拠は示されなかったが (Goldberg, Riordan et al., 2021)、メタ分析の際には出版バイアスも検討する必要がある。

マインドフルネスの射程は広く、精神障害患者に限定されず健康な者にも広まってきているが、その効果は一般が期待しているものではないかもしれない (Van Dam et al., 2018)。National Institutes of Health (NIH) は、行動的介入開発のステージモデルを用意している (Onken et al., 2014)。ステージ0は介入の基礎研究、ステージ1は新しい介入と改良 (ステージ1A) とパイロットテスト (ステージ1B)、ステージ2は大学や研究病院などでの有効性の検討、ステージ3は地域の病院などで忠実に実施した治療の有効性の検討、ステージ4は地域の病院などで地域の治療提供者が実施した治療の有効性の検討、ステージ5は地域で実施し普及するための方略の検討である。ステージモデルに基づいてマインドフルネスの臨床試験の実施状況を確認すると、ステージ0が25%、ステージ1が45%、待機群と比較をするステージ2が20%、アクティブな対照群と比較するステージ2が9%であり (Dimidjian & Segal, 2015)、ほとんどの臨床試験がステージ2までである。残りは、地域のクリニックでの効果検証するステージ3が1%以下、研究の文脈以外で検証するステージ4が1%、普及に関するステージ5が1%未満である (Dimidjian & Segal, 2015)。ステージ2の研究機関での介入効果は示されていても、それ以降の検証が進んでいないことが伺われる。保守的な考え方をするのであれば、現状において、一般に広く使用する段階にはないのかもしれない。

最後に、マインドフルネスの有効性を指摘する

研究は多いが、有害性の報告は少ないという問題がある。マインドフルネスに限らず心理療法の害についての報告は少ないが、イギリスの心理療法を受けた14587名を対象とした調査では、5.2%が心理療法の悪影響があると回答している (Crawford et al., 2016)。治療によって生じる有害事象が明らかになれば治療の改善に取り組むこともできるので、マインドフルネスでも有害事象の調査をする必要があるとの指摘がある (Baer et al., 2019)。マインドフルネスに関するメタ分析のレビューにおいて、睡眠の質の悪化や筋肉痛などの副作用を報告しているメタ分析もあるが、25%のメタ分析では一次研究における有害事象の報告が不足しているとの指摘をしている (Goldberg, Lam et al., 2021)。また、米国の瞑想経験者434名が回答した調査では、10.6%が瞑想によってなんらかの機能的な問題を経験しており、1.2%はそれが1ヶ月以上続いたと報告している (Goldberg, Lam et al., 2021)。どのような患者に症状の悪化が生じるのか、どのような患者に元々の問題とは異なる問題が発生するのか明らかにできるように、臨床試験において有害事象を検討する必要がある (Baer et al., 2019; Van Dam et al., 2018)。

1.2 マインドフルネス研究の方法の質改善に向けて

マインドフルネスの効果検証において、方法論的な問題があること、ポジティブな結果に偏った出版バイアスがある可能性、既に一般に利用されているにもかかわらず効果検証が研究機関実施レベルのものが多いこと、有害事象の検証が不十分であることを指摘した。Lee et al. (2021) は、トピックモデルを活用し、1916年から2019年までのマインドフルネス研究を3期に分けた。まず、第1期 (1916年から1999年) では、マインドフルネスについての理論的・概念的検討がなされ、第2期 (2000年から2009年) では急激にマインドフルネス研究が増え、エビデンスの蓄積が進んだ (Lee et al., 2021)。そして、第3期 (2010年から2019年) は、マインドフルネスのエビデンスの頑健性を高めたり、提供者の専門性への注目が高まった (Lee et al., 2021)。この第3期の問題は現在継続中であると考えられ、心理学の再現可能性への注目と合わせて、マインドフルネスの頑健な

エビデンスの蓄積が重要になってきている。それらを踏まえ、マインドフルネスの効果検証をすすめる上で、必要なポイントを整理する。まず、方法論的な問題点については、ランダム化比較試験の研究報告ガイドラインに従って、バイアスリスクが小さくなるような研究計画を作ることが求められる。その際には、社会・心理的介入方法に関する CONSORT-SPI (consolidated standards of reporting trials 2010 statement for social and psychological interventions) 声明が参考になる (Grant et al., 2018)。CONSORT-SPIに沿って研究計画を立てると、方法論上の問題は改善する。アクティブな統制条件については、効果量を適切に見積もった上で、マインドフルネスの優越性を検証する優越性試験にするか、それとも標準治療と比べて劣勢ではないことを検証する非劣勢試験を検討する必要があると考えられる。

次に、ポジティブな結果に偏った出版は、事前審査付き報告が広がっていくことで減らすことができるかもしれない。事前審査付き報告では、データ収集前に査読を受けて、その査読が通ったのであれば、その後の結果がネガティブなものであっても掲載される。事前審査付き報告が一般的になれば、出版バイアスも小さくなる可能性がある。また、これまでは大学や研究機関を中心とした効果評価が多かったが、地域の中で実施した際の効果も検証していく必要がある。研究機関のもつリソースを地域でも使えるとは限らず、そのような状況での効果を明らかにする必要がある。

最後に、CONSORT-SPIでも推奨されているように、アウトカムは効果だけでなく害も含めてアセスメントすることが望ましい。アウトカムについては、これまで自己報告式尺度による評価が多く、それが盲検化を難しくしている (Goldberg, Lam et al., 2021)。マインドフルネスを測定する尺度の場合、マインドフルネス実践をする前と後では尺度への応答に違いが生じることがあり、得点の解釈が難しくなるという問題もある (Van Dam et al., 2018)。現状では、行動指標については結果の一貫性が低いという報告もあるが (Van Dam et al., 2018)、自己報告式以外にもマインドフルネスを測定する方法の開発が必要であろう。最後に、CONSORT-SPIでも推奨されているが、臨床試験データの公開も重要である。臨床試験データが公

開されていれば、Kuyken et al. (2016) が行ったようにランダム化比較試験の個別データレベルでメタ分析も行える。また、実際に臨床試験で使ったマテリアルの詳細も公開していくことが、再現可能なマインドフルネス研究につながると期待される。

2. マインドフルネスの作用メカニズムに対する形式理論アプローチ

厳密な効果検証を進めてマインドフルネスのエビデンスを蓄積するだけでなく、さらに効果を高めるために、マインドフルネスの作用メカニズムを明らかにすることが重要になる。マインドフルネスの作用メカニズムを検討するにあたって、マインドフルネスを含む心理療法の開発過程を整理する。Cristea, Vecchi, and Cuijpers (2021) によると、心理療法の開発には、トップダウン型とボトムアップ型がある。トップダウン型アプローチでは、心理療法の創始者の臨床経験、関連する心理学理論や他分野の知識から心理療法の理論が作られ、それに基づいた介入マニュアルが作られる(例、認知療法)。一方、ボトムアップ型アプローチは、心理学理論から症状の原因や維持にかかわる要因を抽出し、それを行動課題として測定し、直接的にその要因に修正を加える(例えば、注意バイアス修正訓練)。他の多くの心理療法と同様に、マインドフルネスに基づく介入は、トップダウン型アプローチで作られている。

トップダウン型アプローチは、臨床経験から形成されているので、臨床実践上における複雑な現象を捉えることができる面があるが、介入標的や介入戦略の選択などが主観的であり、治療内に含まれるコンポーネントが多いと作用メカニズムが不明確になったりする。現状においてマインドフルネスの作用メカニズムの検討もなされてきているが、その方法上の問題もある。例えば、再発性うつ病へのマインドフルネス認知療法の作用メカニズムを検討した臨床試験を対象にした系統的レビューでは(van der Velden et al., 2015)、マインドフルネス・スキル、反芻と心配、セルフコンパッション、脱中心化・メタ認知が症状改善と関連したり、介入とアウトカムを媒介したと報告している。これらのメカニズムに関する変数は、創

始者などが介入標的や効果を媒介するものと仮定して項目を作成した質問紙で測定されることが多い(Cristea et al., 2021)。しかし、創始者や治療者が存在を仮定した作用メカニズムを自ら作成した尺度で検討するような循環したメカニズム検討は、作用メカニズムの探索において、創始者のトップダウン的なアプローチの外にできなくなることができなくなる。上記のマインドフルネス認知療法の作用メカニズム研究は、創始者の作成した尺度に限定されるものではないが、これらの結果だけをもとに作用メカニズムについて本質的な議論を進めるのは難しいかもしれない。

トップダウン型アプローチで作られたマインドフルネスの作用メカニズムを検討するには、計算論的精神医学などの計算論的アプローチを用いて形式理論として定式化することが有効と考える。トップダウン型アプローチにおいては、理論や戦略の組み合わせが主観的になされていることがあり、改めて形式理論として定式化することで定量的な検討を行うことが有効かもしれない(Cristea et al., 2021; Van Dam et al., 2018)。ここでの形式理論とは、心理現象の理解のために数式を用いて記述された理論のことを指している。以下では、形式理論を用いて精神障害の研究に取り組む計算論的精神医学について解説し、その中でもマインドフルネス研究への適用が期待できるベイズ推論モデル、さらにデータと連動して形式理論を形成・発展できる心理ネットワークモデルについて論じる。

2.1 計算論的精神医学とベイズ推論モデル

2010年代は再現性の危機だけでなく、精神障害研究に計算論的アプローチを用いる計算論的精神医学が研究領域としてまとまってきた時期でもあった。計算論的アプローチとは、刺激と反応との間にある脳の情報処理過程を明示的に数理モデル化することで、脳や心の動作原理を理解する研究手法である(国里ら, 2019)。計算論的精神医学では、Marrの3つの水準(Marr, 1982)である、計算理論、表現とアルゴリズム、インプリメンテーションの3つの水準から研究を行う。計算理論では、生物が解くべき問題と制約条件を決める。その計算理論をうけて、生物が用いてると考えられる表現とアルゴリズムを数理モデルでモデル化す

る。最後のインプリメンテーションでは、表現とアルゴリズムを実現する神経機構を明らかにする。計算論的精神医学では、Marrの3つの水準を意識しつつ、刺激入力から反応の生成過程を数理解モデル化した生成モデルを明らかにすることを目的とする。代表的な生成モデルとしては、単一の神経細胞の発火を扱う生物物理学的モデル、神経細胞集団の活動やネットワークを扱うニューラルネットワークモデル、生物が環境と相互作用を通して行動を学習する過程を扱う強化学習モデル、ベイズの定理から事前の情報を用いた推論過程を扱うベイズ推論モデルの4つがある(国里ら, 2019)。

マインドフルネスはその実践方法から、知覚の観点から理解される現象と思われ、知覚も扱うことができるベイズ推論モデルが作用メカニズムの検討に有用と考えられる。ベイズの定理を認知過程に用いるモデルは多くあるが、ここでは自由エネルギー原理に基づくベイズ推論モデルを扱う(Friston, 2010)。ベイズ推論モデルでは、私達が世界(身体などの内部環境も含む)を観測する際に、世界にはなんらかの原因(もしくは状態)から私達が観測する感覚入力を生成する生成過程(generative process)があり、脳は感覚入力から生成モデル(generative model)を用いて原因を推測すると考える。つまり、脳は感覚入力そのものを理解しているわけではなく、感覚入力の原因となった世界の状態を推論しており、それが知覚になる(乾・阪口, 2020)。ベイズ推論モデルでは、その世界の状態についての信念は確率分布として表現される。分布の平均などの期待値も信念の分布を理解する上で重要であるが、分布の分散の逆数である精度も重要とされる。事後分布は事前分布と尤度(データの分布)を掛け合わせて求めるが、期待値は同じでも精度によって事後分布は変わる。例えば、事前分布の精度が高い(分布の分散が小さく尖った分布になる)場合は、精度が低い場合に比べて事後分布が事前分布の影響を強く受ける。

ベイズの定理を用いて感覚信号から原因の事後分布を推測する際に、サプライズ(surprisal)と呼ばれる感覚信号の得られる確率を求める。サプライズは、その確率が小さいほど高くなり、生成モデルの下での感覚入力に対する驚きに対応す

る。サプライズが小さいほど、生成モデルが適切に予期できている状態といえる。自由エネルギー原理では、変化する環境に適応する生物は、自身が環境に対処できていないことを示す指標であるサプライズを最小化してなくてはならない。しかし、サプライズは可能性のある全ての状態の下での感覚信号の得られる確率であり、膨大な計算を必要とするため、脳はそのような計算は行っていない可能性がある。そこで、サプライズを直接計算せずに、サプライズの上限を提供する変分自由エネルギーを計算し、その最小化を通して、結果としてサプライズの最小化を目指す。変分自由エネルギーは、事後分布の近似において、世界の状態についての事前信念と事後信念のKullback-Leibler距離と事前信念の予測と観測の誤差(予測誤差)の小ささの2つから計算することができる(Smith, Friston, & Whyte, 2022)。なお、Kullback-Leibler距離は2つの確率分布の類似度を表す非負の量である。自由エネルギー原理では、サプライズの最小化をするために、変分自由エネルギーを最小化する。そして、変分自由エネルギーを最小化することは、予測誤差の最小化を行うことになる(Hohwy, 2013)。

自由エネルギー原理の下で、生物が自由エネルギーもしくは予測誤差を最小化するための方略としては、予測誤差が生じた際に世界についての事前信念を更新する知覚推論(perceptual inference)と事前信念と感覚入力一致するように世界に働きかけて世界を変化させる行為推論(active inference)の2種類がある。知覚推論の一種として予測符号化(Friston, 2005; Rao & Ballard, 1999)がある。予測符号化の生成モデルは階層構造をもっており、より上位階層からの予測が下位の階層に送られる(Friston, 2005)。そして、その予測と感覚入力に不一致があり、予測誤差が生じると、下位から上位に予測誤差が遡り、必要に応じて信念の更新がなされる。一方、行為推論(Friston et al., 2010; Friston et al., 2015)は、これからとる行動について選択なので、現在の自由エネルギーの測度である変分自由エネルギーではなく、未来の自由エネルギーの測度である期待自由エネルギーを用いる。期待自由エネルギーは、予期されるコストから行動によって期待される情報獲得を引いたものである(Smith et al., 2022)。つまり、期待自

由エネルギーの最小化は、行動によるコストを小さく、情報獲得が大きな行動の選択につながる。まとめると、知覚推論は現在の変分自由エネルギーを最小化するために信念の更新を行い、行為推論は未来の期待自由エネルギーを最小化するために行動する。

計算論的アプローチから精神障害のメカニズム解明を目指した研究が多くなされているが²⁾、心理療法の作用メカニズムについて検討した研究は多くない。しかし、自由エネルギー原理の下で知覚も行動も扱うことができるようになるに従って、徐々に計算論的アプローチから心理療法について扱う研究が出版されるようになってきている。Moutoussis et al. (2018) は、計算論的アプローチから認知行動療法の検討を行っており、実証的に検証可能な仮説も提案している。例えば、認知行動療法における介入ターゲットとして挙げられる非機能的な認知スタイルは、計算論的な表現をすれば、世界についてのモデルの事前信念として考えることができる (Moutoussis et al., 2018)。ベイズ推論モデルでは、私達の信念や思考を確率分布として表現できるので、心理療法であつかう構成概念の計算論的な表現も可能になる。また、認知行動療法の説明だけでなく、心理療法の統合のために計算論的アプローチを用いる提案もなされている (Krupnik, 2019)。Krupnik は、自由エネルギー原理を最上位の理論において、複数の心理療法がネストした階層型の心理療法の統合モデルを提案している。そのモデル内では、精神分析では防衛、認知行動療法では中核的信念、行動分析では不適応的な行動パターンとして特定されるような患者の問題は全く異なる現象を扱っているわけではなく、事前信念の観点から整理することができるとされる。さらに、Krupnik は事前信念の変容のために、心理的介入において高い精度の予測誤差を導入することを提案している。このように計算論的アプローチから心理療法を捉えることで、これまでとは違った観点から心理療法の検討ができる。

2) 計算論的精神医学研究の現状は、計算論的精神医学研究を症状と生成モデルの組み合わせなどでマッピングするデータベースの CPSYMAP (Kato et al., 2020) を参照されたい。

2.2 マインドフルネスと自由エネルギー原理

自由エネルギー原理の観点から、心理療法の作用メカニズムについて検討されてきているのと同様に、マインドフルネスの検討もなされてきている (Farb et al., 2015; Lutz, Mattout, & Pagnoni, 2019; Manjaly & Iglesias, 2020)。マインドフルネスに基づく介入は、能動的な行為を伴うことは少なく、外からみると行為をしてないようにも見える。マインドフルネスに基づく介入で生じている内的なプロセスについては、自由エネルギー原理に基づいた検討が有用である。Farb らは、自由エネルギー原理の観点から瞑想について検討した。気づらしなどの情動制御方略は「すること」(doing) モードであり、これは事前信念に合わせて調整をする行為推論に対応する。そして、マインドフルネスに基づく介入は「あること」(being) モードであり、感覚の期待値の精度を低くすることで予測誤差を解消しているため知覚推論に対応する。実際、瞑想経験が豊富な者とそうでない者とで、報酬予期時の脳活動を比較した研究では、瞑想経験が豊富な者は、報酬予測誤差に伴う活動が低いことが示されている (Kirk & Montague, 2015)。マインドフルネスは、行為推論をしそうな状況において知覚推論を促し、高次階層のリソースを解放し、脱中心化を促進しているのかもしれない (Farb et al., 2015)。また、Lutz らは、自由エネルギー原理の観点から、フォーカス・アテンション瞑想について検討した。自由エネルギー原理では、注意を向けるということは、トップダウン的に予測誤差に高い精度を配置することである。Lutz らによると、フォーカス・アテンション瞑想において、最初は呼吸などの特定の対象に注意が向けられるとすぐに予測誤差が減少するが、徐々に気を散らすようなマインドワンダリングに注意が向けられ、精度の重みが呼吸から精神的事象に移行する。このようになると、元々のフォーカス・アテンション瞑想の目的と現状との誤差が大きくなるので、自覚が生じ、高い精度の配置を精神的事象から呼吸に戻すことになる。このように、自由エネルギー原理の観点から、マインドフルネスで行われていることを説明することができる。

Manjaly and Iglesias (2020) は、自由エネルギー原理の観点から、マインドフルネス認知療法の

「あること」モード、脱中心化、認知的反応性について形式化し、実証研究で検討可能な予測を立てた。まず、Manjaly と Iglesias は、感覚入力に対して判断したり制御しようとせずに受け入れる「あること」モードは、知覚推論によって事前信念によるトップダウンの影響が小さくなり、感覚入力への精度が高くなった状態と仮説を立てた。これにより、感覚入力の影響を大きく受けて事後信念が更新されるとされる。そして、感覚入力に高い精度を付与することは注意を配分することであるので、マインドフルネス認知療法の前後で注意による感覚精度の変化を検証することを提案している。次に、Manjaly と Iglesias は、思考から距離をとる脱中心化は、「あること」モードによる予測誤差の増大と事後信念の変化が引き金となって、自己の主体性や制御に関する高次のメタ認知的信念の精度が下がることと仮説を立てた。そして、マインドフルネス認知療法によって、メタ認知に関連する脳領域からのトップダウンの機能的結合が変化するのかを脳画像研究で検証することを提案している。最後に、Manjaly と Iglesias は、入ってきた刺激に過剰に反応してしまう認知的反応性は、予測誤差に対して事前の信念を実現しようとする行為推論であると考え、マインドフルネスによって事前信念が平坦化することで弱まるとの仮説を立てた。これに対し、変化に備えることでホメオスタシスを維持するアロスタシスに関係する帯状回皮質と低レベルの内受容感覚領域との機能的結合を脳画像研究で検証することを提案している。Manjaly と Iglesias の仮説は、マインドフルネス認知療法の要素を説明するものであり、今後の研究の指針となるものである。しかし、マインドフルネスの作用メカニズムとして事前分布の精度の低下を挙げているが、事前分布の精度が低くても尤度の精度が高いのであれば事後分布の精度は高くなり、次の事前分布には事後分布が使われることから、事前分布の精度も徐々に高くなるのではとの批判もある (Verdonk & Trousselard, 2021)。Verdonk と Trousselard は、マインドフルネスは、事前信念を現在の経験の文脈に合わせて最適に調整することに寄与しており、それが予測誤差の最小化に貢献しているとする文脈更新理論を提案している。このように、形式理論によるマインドフルネスの理解は、始まったばかりであり、自由エ

ネルギー原理に基づいた理論の精緻化とそれに基づいた予測と実証的な検証の両輪で進んでいくことが期待される。

自由エネルギー原理に基づいて動作するエージェントを作り、それをもとに心理療法の作用メカニズムを探る研究も始まっており、そこでもマインドフルネスが議論されている。Smith, Moutoussis, and Bilek (2021) は、能動的推論モデルからクモ恐怖に対する認知行動療法の作用メカニズムを検討した。このシミュレーションでは、患者が語るができる思考を顕在信念、信念と行動と結果（覚醒や感情）の間の関係を潜在信念とし、クモへの接近・回避行動や感情に対して認知再構成とエクスポージャーがどのように作用するのか検討した。その際に、認知-感情-行動の相互作用の強さを変化させること、エクスポージャーの前に認知再構成を実施してクモの危険性の信念を中程度や低い（つまり、安全）に変化させて検討した。まず、認知再構成を実施してクモに対して安全という信念を獲得してからエクスポージャーすると、顕在信念では安全と判断しているが、クモへの接近・相互作用とポジティブ感情との関連についての潜在信念には変化がなかった (Smith et al., 2021)。顕在レベルではクモへの危険性は低下しているが、潜在レベルではクモとの相互作用に重大な危険があるとの信念が残っており、後に再発の可能性がある。次に、クモの危険性の信念が強くも弱くもない状態でエクスポージャーをすると、認知-感情-行動の相互作用が弱い場合、顕在信念は不確実なままだが、クモへの接近・相互作用とポジティブ感情との関連に関する潜在信念の更新が生じた (Smith et al., 2021)。クモの危険性の信念が不確実な状況は、1つの思考ではなく複数の思考をもつことで、顕在信念の精度が低下したような状況といえる。これらの結果から、クモの安全性についての確実な顕在信念を引き出すよりも、不確実性を含んだ顕在信念を引き出すほうが潜在信念の変容を促す可能性を示唆している (Smith et al., 2021)。これは、患者の考えから距離を取るような方略と近いものであり、マインドフルネスなどのメタ認知的な介入によって自動思考の影響が弱まっている方がエクスポージャーの効果が高まる可能性を示唆している (Smith et al., 2021)。Smith らは、マインドフルネ

スの作用メカニズムを明らかにすることを目的としていないが、能動的推論モデルを用いたシミュレーションにマインドフルネスを組み込む可能性を示唆している。自由エネルギー原理に基づいた説明だけでは分かったような気になるだけであることがあるので、そこからデータによる検証可能な仮説を生成したり、シミュレーションを行うことが重要と言える。

2.3 心理ネットワークモデルとマインドフルネス

自由エネルギー原理の観点からのマインドフルネス研究は、知覚推論・行為推論を動作原理とするトップダウン型のアプローチだが、マインドフルネス研究を行ううえで実証データや臨床観察と連動しつつ形式理論を形成するアプローチも必要と考えられる。そのような方法論として、心理ネットワークモデルに基づいた形式理論アプローチについて論じる。心理ネットワークモデルは、既存の操作的診断基準への批判として、精神障害の理解において個々の症状間の因果的なネットワークを検討するものである (Borsboom, 2008)。心理ネットワークモデルは、精神症状に限定されるものではなく、様々な心理変数の個別項目同士が相互に影響しあう関係性をネットワークとして

可視化するものである (檜原・伊藤, 印刷中)。図1に示すように、心理ネットワークの可視化にあたり、心理変数の項目をノード、項目間の統計的關係をエッジで表す (Epskamp, Borsboom, & Fried, 2018)。項目間の統計的關係を推定する際には、多変量正規分布を用いた Gaussian Graphical Model がよく用いられる。心理ネットワークのエッジが推定できれば、ネットワークをプロットして項目間の関係を可視化したり、各項目のネットワーク全体への影響性などの中心性指標からネットワークの特性を検討することもできる。図1はアンヘドニアを測定する Snaith-Hamilton Pleasure Scale の各項目のネットワークを示している。図1から、テレビ・ラジオ番組を楽しむことについての項目1は他の項目のネットワークから遠くにあることが分かる。項目1については、中心性の指標を検討しても他の項目への影響性が低い (Kunisato, 2021)。また、項目7, 13, 14などの対人関係に關係する項目間で固まっていることも確認できる。心理ネットワークモデルによって、心理変数や症状の項目間の複雑な相互作用をネットワークとして視覚化し、その機能を明らかにできる。心理ネットワークモデルによって、経験サンプリングデータを用いたケースフォーミュレー

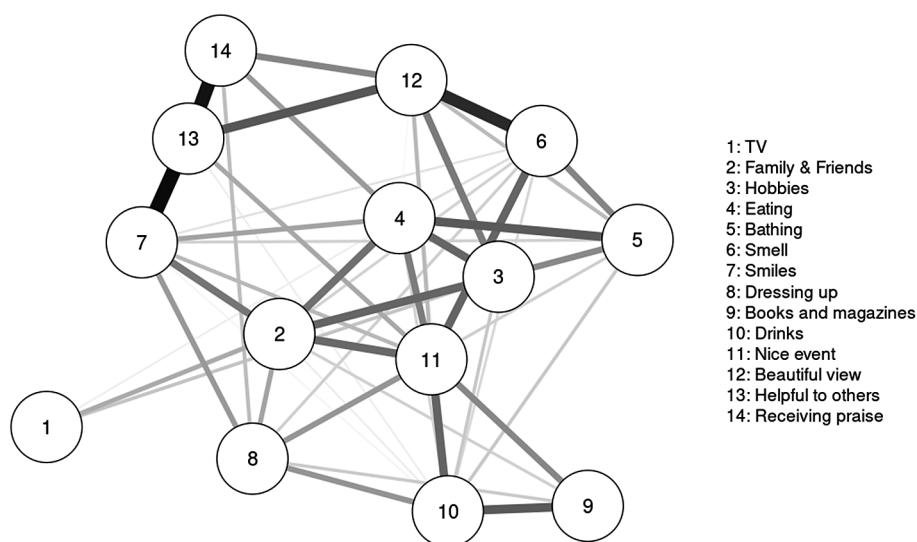


図1 心理ネットワークモデルの例

杣取・国里 (2019) のオープンデータより、アンヘドニアを測定する Snaith-Hamilton Pleasure Scale の項目レベルのデータを選択し、GGMでネットワークを推定しプロットした。データとコードは、Kunisato (2021) にアップロードされている。

ションの精緻化をしたり、媒介変数を投入することで治療作用メカニズムの検討を行うこともできる(梶原・伊藤, 印刷中)。

心理ネットワークを用いたマインドフルネス研究も行われるようになってきている(Aizik-Reebs et al., 2021; Barcaccia et al., 2020; Medvedev et al., 2021; Roca et al., 2019)。例えば, Medvedevらは, 400名の一般参加者からマインドフルネス, コンパッション, ポジティブ・ネガティブ感情, うつ, 不安, ストレスに関する回答を収集し, 心理ネットワークモデルを適用した。その結果, コンパッションとマインドフルネスの「描写」・「観察」はポジティブ感情と正の関連があり, ポジティブ感情はうつと強く負の関連があった。マインドフルネスの「判断しない」は不安とうつと負の関連があった。マインドフルネスの直接的な不安とうつへの影響だけでなく, ポジティブ感情を介したうつへの影響という経路も重要かもしれない。また, Barcacciaらは, 1660名の思春期の参加者からマインドフルネス, 不安, うつ, アタッチメント, 自己への態度に関する回答を収集し, 心理ネットワークモデルを適用した。その結果, マインドフルネスは不安・うつと負の関係があること, 自己肯定感は不安とは負の関係, 怒りとは正の関係があること, 自己嫌悪は抑うつと正の関係があった。アタッチメントは, うつ・不安・怒りと直接的な強い関連はないが, ネットワーク内では中心的な変数であった。アタッチメントはネットワーク全体への影響性が強いので, マインドフルネスだけでなく, アタッチメントも考慮した介入も検討する必要があるかもしれない。

心理ネットワークモデルのマインドフルネス研究への適用では, 介入前後のネットワークを可視化することで, その作用メカニズムを検討するというものもある。例えば, Roca et al. (2019)は, マインドフルネスストレス低減法に参加した182名の健康な参加者を対象に, プログラム前後の心理ネットワークを検討した。心理ネットワークには, マインドフルネス, コンパッション, 心理学的ウェルビーイング, 抑うつ, 不安, 情動制御, 認知コントロールが含まれていた。マインドフルネスとウェルビーイングがネットワーク内で中心的なノードであり, 注意コントロール, コンパッション, うつ, 思考抑制はプログラムの前後で

ネットワーク内の配置が変化した。認知再評価は, プログラム前は反芻と関連していたが, プログラム後はマインドフルネスやウェルビーイングと関連していた。心理ネットワークモデルにより, 認知再評価の機能変化を検討できている。また, Aizik-Reebs et al. (2021)は, マインドフルネス訓練(3週間, 6セッション)に参加した82名の参加者を対象に, 訓練前後に経験サンプリングを実施し, 心理ネットワークモデルを適用した。経験サンプリングは, 1日2回, マインドフルネス, 脱中心化, うつ, 不安などの10項目を収集した。その結果, トレーニングによって, 感情や思考を進んで体験する傾向やポジティブ感情がネットワーク内で影響を強めたり, ネガティブ感情や不安・うつなどのネットワーク内での影響が弱まることが確認された。介入の前後でのネットワーク構造の変化を可視化できている。平均値の変化だけでなく, 心理ネットワークモデルによって変数間の機能的関係から効果を検討できることを示している。

心理ネットワークは, 関心のある変数や項目間の関係を可視化できるので, これを形式理論に反映させることも考えられる。しかし, 心理ネットワークモデルは, データを適切に表現・整理するデータモデルであり, そのままでは形式理論にはならない(Haslbeck et al., 2021)。形式理論には様々な種類があるが, 心理ネットワークモデルは変数間の関係の時間的変化を扱うことが多いので, それを微分方程式もしくは差分方程式を用いて記述するモデルが有用と考えられる。Burger et al. (2020)は, 仮想のパニック症患者を例に挙げて, ケースフォーミュレーションを行って, それを元に, 微分方程式によるモデル化を行っている。そして, そのモデルを用いて, 患者のパニック発作, 回避行動などの時間的変化を検討し, 認知再構成やエクスポージャーを行った場合の変化について検討している(Burger et al., 2020)。形式理論を作ることができるシミュレーションデータを生成することができる。形式理論がある程度整ってきたら, シミュレーションデータをデータモデルで整理したものと実際のデータをデータモデルで整理したものを比較して, 形式理論の修正をして, 理論の精緻化ができる(Haslbeck et al., 2021)。このような心理ネットワークモデルに基

づいた形式理論の形成方法は、現在研究が進んでいる状況になる。また、マインドフルネス研究への心理ネットワークモデルに基づく形式理論アプローチの適用は進んでないが、すでにマインドフルネスに関する実際のデータに対する心理ネットワークモデルの適用は行われてきている。今後は、マインドフルネスと関連する変数間の関係の時間的変化について扱う形式理論の提案と実データでの検証が期待される。

3. デジタルマインドフルネス

テクノロジーの発展による情報通信機器の普及にともなって、利便性の向上と共に、私たちの心がさまよいやすくなる状況が生じている。たとえば、休暇中に家族と過ごしている時間においても、メールの着信音を契機に仕事について思いをめぐらし始め、「心ここにあらず」な状態になってしまうなど、テクノロジーは私たちの心を「今、ここ」の状況から容易に離してしまう。

一方で、私たちの注意をそらしてしまうと考えられてきたこうしたテクノロジーを、マインドフルネスの実践支援に活用することへの期待が高まっている。こうした方向性は、従来のマインドフルネスが有していた課題の解決や、実践方法の拡張に寄与する可能性を秘めており、新たなアプローチの一つとなりうると考えられる。本論文では、コンピュータ、インターネット、スマートフォンやタブレット端末などのモバイルデバイス、モバイルソフトウェアアプリケーション（以下、モバイルアプリ）といった情報通信機器・技術を総称して「デジタル」と定義し、デジタルを活用したマインドフルネスの実践支援に関わるアプローチを「デジタルマインドフルネス」と定義する。そして、デジタルマインドフルネスの現状や特徴を概観し、アセスメントと介入方法の実際を紹介する。

近年、デジタルなアプローチを活用した心理学的支援方法が注目を集めている（Fairburn & Patel, 2017；横光・高階・山本、印刷中）。心理状態のアセスメントや直接的・間接的な介入を目的として、オンラインやモバイルアプリ、様々なデバイスが用いられており、マインドフルネスはこうしたアプローチに非常に適応してきたといえる。た

とえば、ヘルスケアに関するモバイルアプリは2018年の時点で318,000を超え、毎日200以上が新たに追加されている状況にあるが（State, 2018）、マインドフルネス瞑想のアプリは、メンタルヘルスとウェルビーイングのカテゴリの中で最も一般的なものとなっている（Coulon, Monroe, & West, 2016；Pospos et al., 2018）。マインドフルネスに関連するアプリは増加の一途をたどっており、2018年10月の段階において、(1) マインドフルネスのための十分なコンテンツとコンセプトを備えており、(2) 英語またはドイツ語で提供されている、といった適格基準を満たすアプリだけでも、192個のアプリが報告されている（Schultchen et al., 2020）。アプリの使用者数も増加しており、広く知られているマインドフルネスアプリである「Headspace」（Headspace Inc.）は、有料会員数が200万人を超え（Karcz, 2020）、2021年7月の時点で7,000万回以上ダウンロードされている（Headspace Inc., 2021）。

他にも、オンラインを活用したマインドフルネスプログラム（Krusche et al., 2012；Stjernsward & Hansson, 2017a）、心拍や身体の動きなどを検出してマインドフルな生活を支援するデバイス（Feltham & Loke, 2012；Vidarthi & Riecke, 2013）、仮想空間を利用した介入方法など（Chandrasiri et al., 2020；Navarro-Haro et al., 2017）、多岐にわたるデジタルマインドフルネスが提案されている。このようなデジタルマインドフルネスの急激な増加は、世界中の人々にマインドフルネスの実践を支援するという、これまでにない機会をもたらしている。

3.1 デジタルマインドフルネスの特長

デジタルな心理学的支援方法が有する一般的な特長として、(1) 医療機関にアクセスしづらかった対象への心理支援の拡大、(2) 心理支援のためのアプローチ方法の拡張、(3) マルチメディア形式による学習・動機づけの促進、(4) 利用者の負担（医療費や交通費、移動時間など）の減少といった事柄をはじめとして、様々なものが挙げられてきた（山本・竹林, 2020；横光ら、印刷中）。これらのうち、特にデジタルマインドフルネスには、(1) 高いアクセス容易性と柔軟性、(2) 標準化された介入内容の提供、(3) 介入の個別化などの

利点が考えられる。

まず、デジタルマインドフルネスでは、利用者は自らの生活に合わせて、様々な場所・時間・条件下で、柔軟にトレーニングを受けることが可能である。こうしたデジタルマインドフルネスのアクセス容易性と柔軟性の高さは、利用者の動機づけの向上に貢献するなど、その有用性が示唆されている (Stjernswärd & Hansson, 2017a)。このことは、デジタルなアプローチがマインドフルネストレーニングを妨げる制約を解決し、多くの利用者に対して実施を支援することに寄与するものだと見える。

また、デジタルなアプローチを用いることで、トレーニングのプログラムや構成内容を統一することができる。そのため、すべての利用者が一定の質の高さが保証されたプログラムに参加することができる。マインドフルネストレーニングの指導に際しては、特に指導者自身がマインドフルネス瞑想を実践し、熟練していることの重要性が指摘されているが (Segal, Williams, & Teasdale, 2002)、熟練者の指導の元に介入内容を統一することができるデジタルマインドフルネスでは、こうした留意点の解決にも寄与すると考えられる。

さらに、デジタルマインドフルネスでは、利用者の状態や関心にあわせて介入内容を提供することができる。たとえば、従来の集団クラスでの対面式プログラムでは困難であった個人に合わせたフィードバックも、オンラインコースでは即座に提供することができる (Puzziferro & Shelton, 2008)。こうした個人化されたアプローチは、オンラインコースへのエンゲージメントを高め (Dixson, 2010)、学習達成度の向上や誤認識の改善につながることを示されている (Wang, 2014)。後述する利用者の多様性への配慮にもつながることから、個別化可能なコンテンツの提供は支援の拡大に有用であると考えられる。

3.2 デジタルマインドフルネスの留意点

デジタルな心理学的介入方法の活用の際には、(1) ドロップアウト率の高さ、(2) 援助者によるサポートの有無の影響 (利用者の心的負荷や援助者の負担が生じないかなど)、(3) 利用者の選好性の影響 (対面式とオンラインのどちらの支援形態を望むかなど)、(4) 用いるアプローチの安全

性 (科学的根拠に基づいているかなど) といった点について、一般的に留意すべきである (山本・竹林, 2020)。特にデジタルマインドフルネスでは、(1) 利用者のアドヒアランスの維持、(2) 利用者へのサポート提供、(3) 利用者の多様性といった点について、十分に配慮する必要があると考えられる。

まず、マルチメディアを活用するデジタルアプローチでは、一般的にアクセスの容易さや動機づけの向上につながる一方で、プログラムへの継続的な参加 (利用者のアドヒアランス) をいかに維持するか、という点については課題が残っている。対面式と比べて、介入内容に明確な違いがないデジタルマインドフルネスであっても、介入プログラムの脱落率には大きな幅があることが報告されている (7.7% ~ 52.3%) (Boettcher et al., 2014; Cavanagh et al., 2013; Fish, Brimson, & Lynch, 2016)。そのため、利用の継続を妨げる要因を同定し、アドヒアランスの向上につながる工夫に努めることが重要だと言える。

また、マインドフルネス瞑想への参加者からは、参加すること自体への不安・緊張や、練習の実施と概念理解の困難さ (Moss, Waugh, & Barnes, 2008) に加えて、集中の持続の難しさ、自己批判的な気持ち、マインドフルネスの有効性への疑問などが報告されている (Banerjee, Cavanagh, & Strauss, 2017)。利用者はこれらの思考や感情を指導者らと議論したいと考えていることや (Stjernswärd & Hansson, 2017b)、こうした課題が未解決であるとエンゲージメントが低下することが指摘されている (Banerjee et al., 2017; Stjernswärd & Hansson, 2017b)。そのため、一般的に援助者との接触が限られているデジタルマインドフルネスにおいては、利用者の疑問や困難に共に取り組み、効果的な学習を促すためのサポートが重要であると考えられる。

他にも、利用者が有する信念、文化的価値観、宗教的信条などは様々であり、これらがデジタルマインドフルネスの取り組みに影響を及ぼす可能性が考えられる。たとえば、利用者が自らのマインドフルネス特性は変わらないと考える固定観念を持っていた場合には、取り組み意欲の低下につながる可能性がある (Mrazek et al., 2019)。他にも、特定の宗教観を強く重要視しているクライエ

ントにとっては、東洋のスピリチュアルな側面を含むマインドフルネスの実践に対して、矛盾や抵抗を感じる可能性がある (Sobczak & West, 2013)。そのため、多様な背景を有する人々にも受け入れられるようなプログラム内容の準備・配慮が望まれると考えられる。

3.3 デジタルマインドフルネスが提供するアセスメント法

個人内で刻々と変化するマインドフルネス状態や、個人間で異なるマインドフルネス特性を測定する方法として、従来は主に質問紙調査法が多く用いられてきた。たとえば、Five Facet Mindfulness Questionnaire (FFMQ) や、Mindfulness Attention and Awareness Scale (MAAS) は、マインドフルネス特性を測定するために用いられる代表的な質問紙尺度であり、他にも 10 以上の質問紙が開発されている (da Silva Gherardi-Donato et al., 2020 ; Sauer et al., 2013)。こうした質問紙調査法に加えて、近年ではデジタルなアプローチによる測定方法も開発されている。

3.3.1 デジタルデバイスと経験サンプリング法の活用 上記の質問紙を用いた手法では、一般的には回顧的な方法にならざるを得ず、想起バイアスの影響を受けるといった限界が生じる。そこで、ポケットベルやスマートフォンなどのモバイルデバイスと、経験サンプリング法 (1 日のうちの様々なタイミング・回数で、質問への回答を求める手法) を組み合わせた測定手法が開発されている。たとえば、(1) 現在、どれくらい幸せか、(2) 現在、何を行なっているか、(3) 現在行なっていることと別の何かについて考えているか、といった質問に対し、スマートフォンと web アプリを用いて複数回の回答を求めることで、日常生活におけるマインドワンダリング (心がさまよう状態であり、マインドフルネス状態とは逆の状態と位置づけられる) の測定が行われている (Killingsworth & Gilbert, 2010)。この研究では、83 カ国における 18 歳から 88 歳の約 5000 名の参加者からデータを収集し、マインドワンダリングと幸福感が密接に関係していることを見出している。こうした手法はマインドフルネスの測定に限らず、抑うつや幸福感、頭痛といった、検討したい課題に対して柔軟に適用可能であり (Yamamoto

et al., in press)、さらなる発展が期待される。

3.3.2 生理指標計測デバイスの活用 マインドフルネス瞑想やヨガをはじめ、瞑想体験時には特異的な脳波が検出されることが報告されている (Deolindo et al., 2020 ; Fingelkurts, Fingelkurts, & Kallio-Tamminen, 2015)。方法論が標準化されていないことに起因して、精緻なメタ分析と結論の一般化が困難ではあるものの、マインドフルネス瞑想時は目を閉じた安静時と比較して、一般的には α および θ パワーの増強と関連していた (Lomas, Ivrtzan, & Fu, 2015)。こうした定量化された脳波指標に基づいて、瞑想状態を評価するアプローチが開発されている。たとえば、簡易型脳波計デバイスである「Muse」(InterXon Inc.) では、専用アプリと連動させることで、瞑想時にあらわれることが想定される特定の脳波指標を検出し、利用者の瞑想状態の程度を可視化することができる³⁾。

また、瞑想による副作用 (不安やパニック、意欲の低下など) を抑えながら、瞑想の効果を最大化することを目的として、事前に測定された脳波指標を活用し、個人に合わせた瞑想プログラムを検討するという提案もなされている (Fingelkurts et al., 2015)。これは、介入方略を決定するためのアセスメント方法として、脳波指標を活用するという方向性であると言える。他にも、fMRI を活用した実験室研究から、マインドフルネス瞑想によって脳構造と脳機能が変化することも指摘されており (山本, 2016)、神経生理学的な観点からマインドフルネス瞑想の状態やその影響を理解するための試みが続けられている。

3.3.3 デジタルマインドフルネスにおける測定手法の課題 上記のように、マインドフルネス特性の測定には、質問紙尺度に基づく自己報告式の回答が現在最も広く用いられている。一方で、用いられている質問項目が本来の仏教概念に基づくマインドフルネスをどれほど測定できているのか、といった妥当性や方法論に関する多くの懸念が提起されている (Grossman, 2011)。こうした主張の中には、(1) 現在の自己報告による測定の試みは、心理学研究におけるマインドフルな気づきの意味を歪曲させるものであり、(2) マインドフ

3) なお、後続機の Muse2 以降では、脳波以外にも、心拍、呼吸、体動を検出し、瞑想支援のためのバイオフィードバックを行うことが可能である。

ルネスに基づく介入の発展に悪影響を及ぼす可能性がある、といった強い批判もなされており (Grossman, 2011)、デジタルなアプローチを用いる際においても、こうした指摘を十分に留意しておく必要があると考えられる。加えて、生理指標についても、瞑想時の状態効果に加え、瞑想の熟練による特性効果など、様々な要因による影響が混在している。そのため、生理指標がどの程度まで個人の瞑想状態を実際に反映しているかは不明確な点が多く (Davidson & Kaszniak, 2015)、生理指標のみから瞑想状態を評価すること (いわゆる逆推論) には、注意が必要であると言える。

3.4 デジタルマインドフルネスが提供する新たな介入法

3.4.1 オンラインでの介入 情報通信技術の急速な発展にともない、マインドフルネスの実践機会はインターネットを通じて提供されることが増えている。たとえば、マインドフルネスストレス低減法とマインドフルネス認知療法の介入内容によって構成された、約6週間のマインドフルネス瞑想のオンラインプログラムが実施されている (Krusche et al., 2012)。このオンラインプログラムでは、利用者の自覚的なストレスを有意に減少させ、その効果はフォローアップ時にも持続していた。この効果の大きさは対面式のマインドフルネスプログラムと同等であり、同様にランダム化比較試験においても、個別式のオンラインプログラムは対面式の介入と同等の効果が報告されている (Compen et al., 2018)。また、メタ分析の結果でも、オンラインによるマインドフルネス介入は、抑うつ、不安、幸福感、マインドフルネス特性に対して一定の有意な影響をもたらしており ($g=0.22\sim.47$)、ストレスに対して最も大きな効果が見られていた ($g=0.51\sim.70$) (Jayawardene et al., 2017; Spijkerman, Pots, & Bohlmeijer, 2016)。

さらに、米国の成人500名に対するマインドフルネス瞑想の実施形態の嗜好性を調査した研究においては、インターネット形式での実施に興味を有する者(356名)は、グループ形式(245名)に比べて多く、さらにインターネット形式は最も多くの人々(212名)が最初に選択する実施形態であった (Wahbeh, Svalina, & Oken, 2014)。また、オンラインでのトレーニングセッションは家庭

での練習量を増大させることが報告されており (Wahbeh & Oken, 2016)、これらの結果は、オンラインでのデジタルマインドフルネスが、新たな実践方法の一つとなりうることを示唆している。

3.4.2 モバイルアプリでの介入 デジタルマインドフルネスに関連するモバイルアプリのうち、介入支援を目的としたものとして、(1)心理教育やエクササイズガイド機能による実践支援、(2)デバイスとの連動による付加的な実践、(3)訓練状況を共有するなどのソーシャル・ネットワーク機能が伴う実践、といったものが挙げられる。

たとえば、瞑想アプリである「Headspace」(Headspace Inc.)では、様々な種類・長さの瞑想セッションを、音声ガイドなどと共に実践することができる。また、上記した「Muse」(InterXon Inc.)の専用アプリは、簡易脳波計と連動しながら脳波を収集し、アプリ上で聴覚的フィードバックをリアルタイムに行うことで、瞑想実践を補助する(瞑想状態の継続にともなって雨の音が静かになっていく、など)。他にも、呼吸パターンを検出するストラップと、ハンモックのような器具によって形成される音環境によって深い身体的経験を促す「Sonic Cradle」(Vidarthi & Riecke, 2013)や、圧力を感知できる床と聴覚的フィードバックによって身体の動きへの気づきを促す「Slow Floor」(Feltham & Loke, 2012)、食事時間を計測する電子フォークを用いてマインドフルな食事体験に寄与する「HAPIfork」(HAPILABS Ltd.)をはじめ、様々なデバイスとアプリの活用によって、マインドフルネス体験を補助する試みがなされている。

ランダム化比較試験の結果から、モバイルアプリを用いたマインドフルネス介入は、電話を用いてセラピストが指導するマインドフルネス介入群と同様に、抑うつや不安の低減効果を示し、疾患に関する情報を提供する教育プログラム群よりも全般的に優れていることが示されている (Cox et al., 2019)。メタ分析の結果においても、分析に含められた研究数の少なさから留意すべき点はあるものの、アプリを活用したデジタルマインドフルネスは、自覚的ストレス、不安、抑うつ、心理的ウェルビーイングにおいて有意な効果が見られている ($g=0.28\sim.46$) (Gál, Ștefan, & Cristea, 2021)。

こうしたモバイルアプリによる介入は、特に利便性の高いスマートフォンを用いて実施することで、(1) 介入を日常生活にまで広げ (Bakker et al., 2016), (2) 自然な環境でリアルタイムに症状をモニターできる (Heron & Smyth, 2010) などのメリットがあると考えられる。

3.4.3 バーチャルリアリティを活用した介入 近年では、バーチャルリアリティ (以下, VR) もマインドフルネスの実践を支援する手法として提案されている (Damen & van der Spek, 2018)。VR とは、ディスプレイ付きのヘッドセットを使用し、インタラクティブな 360 度の視聴覚的な仮想環境をユーザーに提供する技術である。仮想環境自体は、コンピュータ画面のような他の媒体を介して提示することもできるが、VR システムはさらに大きな没入感を有しており、多感覚を刺激することによって、シミュレートされた環境の中であたかもその場にいるような感覚を作り出すことができる。こうした VR 技術は、仮想環境で学習したスキルの日常生活への般化を介して治療効果に貢献する可能性があり (Swan, Carper, & Kendall, 2016)、治療に対する患者の受容性も高めることが指摘されている (Botella et al., 2015; Garcia-Palacios et al., 2007)。そのため、VR 技術によって、マインドフルネス瞑想を日常生活でよりよく実践するための補助的アプローチとして活用できる可能性がある。

VR を活用した例として、32 名の成人を対象にし、マインドフルネストレーニングのオーディオトラックのみで瞑想をおこなった対照群と、オーディオトラックに加えてビーチの 360°VR 環境の中で瞑想を行った VR 実験群による研究が報告されている (Chandrasiri et al., 2020)。この研究では、対照群と比べて VR 実験群では、マインドフルネスの構成要素である脱中心化が有意に増加したことが示されている。他にも、44 名の成人を対象とした研究においては、仮想環境内で川を穏やかに下りながら、弁証法的行動療法のスキル訓練の音声を聞くという VR 体験を提供している (Navarro-Haro et al., 2017)。この研究では、VR 体験はマインドフルネス状態とリラクセス状態を増大させ、悲しみや不安を減少させたことが報告されている。他にも、VR 空間におけるセルフカウンセリングによって、悩みの苦痛度の低減や、悩

みとの付き合い方の変化が示されており (山下・山本, 印刷中)、今後も VR によるデジタルマインドフルネスの広がりが想定される。

3.4.4 デジタルマインドフルネスにおける介入手法の課題 介入手法としてのデジタルマインドフルネスの有用性を支持する研究もある一方で (Mrazek et al., 2019)、サンプル数が限られたものが多く、上述のような解決すべき課題 (アドヒアランスの維持, サポート提供, 多様性への配慮) が存在している。さらに、現在最も普及しており、実施が比較的容易なモバイルアプリに基づくアプローチについては、エビデンスの質について特に留意すべきであると考えられる。メタ分析やシステムティックレビューにおいて、アプリの効果研究にはバイアスのリスクが低い研究が少なく (18%), 観察されたアプリの効果はデジタルプラセボで説明される可能性が高いことや (Linardon, 2020)、低品質なアプリが数多く存在し、プライバシー保護やセキュリティの面でも問題があるため、潜在的なリスクを抱えているという指摘がなされている (Schultchen et al., 2020)。そのため、特に有効性や安全性に関する検証が必要であるといえる。他にも、西洋以外の文化におけるモバイルアプリの有効性について、実証的な研究が少ないことが指摘されており (Choo & Burton, 2018)、文化的差異が適用にもたらす影響の検討と、様々な文化における研究知見の蓄積も今後必要となるだろう。

本論文では、今後のマインドフルネス研究の発展に向けて、(1) マインドフルネスの効果検証研究の批判的吟味を通じた堅実なマインドフルネスのエビデンス構築に向けたアプローチ、(2) マインドフルネスの作用メカニズムに対する形式理論アプローチ、(3) デジタルマインドフルネスについて論じた。まず、これまで進められてきたマインドフルネスの有効性についてのエビデンスをより厳密な研究デザインを用いて検討すること、マインドフルネスの一般での活用の広まりを考慮して参加者、実施環境、デザインを検討する必要がある。次に、マインドフルネスの作用メカニズムについて、形式理論の形成を行うことで、シミュレーションや実証可能な検証方法の提案を進めることが必要になる。その際に、理論駆動型の自由エネルギー原理に基づく計算論的精神医学アプ

ローチとデータと連動しつつ形式理論の形成・発展を行う心理ネットワークアプローチの両方を考慮することが有用である。最後に、デジタル技術の目覚ましい発展と広がりを見れば、デジタルマインドフルネスの有効性と安全性を注視しながら、研究知見を蓄積していくことが重要になるといえる。これら3つのアプローチは、今後のマインドフルネス研究と実践に寄与すると考えられ、本論文がこれからマインドフルネス研究をさらに広げていく研究者の刺激となることを期待している。

謝 辞

本研究はJSPS科研費(JP20K20870, JP20H00625, 21H00949)の助成を受けたものです。

文 献

- Aizik-Reebs, A., Shoham, A., Hadash, Y., & Bernstein, A. (2021). A Network Modeling Approach to Mindfulness Mechanisms: a Proof-of-Concept Investigation. *Mindfulness*, *12*, 1115–1126.
- Baer, R., Crane, C., Miller, E., & Kuyken, W. (2019). Doing no harm in mindfulness-based programs: Conceptual issues and empirical findings. *Clinical Psychology Review*, *71*, 101–114.
- Bakker, D., Kazantzis, N., Rickwood, D., & Rickard, N. (2016). Mental Health Smartphone Apps: Review and Evidence-Based Recommendations for Future Developments. *JMIR Mental Health*, *3*, e7.
- Banerjee, M., Cavanagh, K., & Strauss, C. (2017). A Qualitative Study with Healthcare Staff Exploring the Facilitators and Barriers to Engaging in a Self-Help Mindfulness-Based Intervention. *Mindfulness*, *8*, 1653–1664.
- Barcaccia, B., Cervin, M., Pozza, A., Medvedev, O. N., Baiocco, R., & Pallini, S. (2020). Mindfulness, Self-Compassion and Attachment: a Network Analysis of Psychopathology Symptoms in Adolescents. *Mindfulness*, *11*, 2531–2541.
- Bishop, S. R. (2002). What do we really know about Mindfulness-Based Stress Reduction? *Psychosomatic Medicine*, *64*, 71–83.
- Boettcher, J., Aström, V., Pählsson, D., Schenström, O., Andersson, G., & Carlbring, P. (2014). Internet-based mindfulness treatment for anxiety disorders: a randomized controlled trial. *Behavior Therapy*, *45*, 241–253.
- Borsboom, D. (2008). Psychometric perspectives on diagnostic systems. *Journal of Clinical Psychology*, *64*, 1089–1108.
- Botella, C., Serrano, B., Baños, R. M., & Garcia-Palacios, A. (2015). Virtual reality exposure-based therapy for the treatment of post-traumatic stress disorder: a review of its efficacy, the adequacy of the treatment protocol, and its acceptability. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, *11*, 2533–2545.
- Burger, J., van der Veen, D. C., Robinaugh, D. J., Quax, R., Riese, H., Schoevers, R. A., & Epskamp, S. (2020). Bridging the gap between complexity science and clinical practice by formalizing idiographic theories: a computational model of functional analysis. *BMC Medicine*, *18*, 99.
- Cavanagh, K., Strauss, C., Cicconi, F., Griffiths, N., Wyper, A., & Jones, F. (2013). A randomised controlled trial of a brief online mindfulness-based intervention. *Behaviour Research and Therapy*, *51*, 573–578.
- Chandrasiri, A., Collett, J., Fassbender, E., & De Foe, A. (2020). A virtual reality approach to mindfulness skills training. *Virtual Reality*, *24*, 143–149.
- Choo, C. C., & Burton, A. A. (2018). Smartphone Apps for Mindfulness Interventions for Suicidality in Asian Youths: Literature Review. *JMIR mHealth and uHealth*, *6*, e139.
- Compen, F., Bisseling, E., Schellekens, M., Donders, R., Carlson, L., van der Lee, M., & Speckens, A. (2018). Face-to-Face and Internet-Based Mindfulness-Based Cognitive Therapy Compared With Treatment as Usual in Reducing Psychological Distress in Patients With Cancer: A Multicenter Randomized Controlled Trial. *Journal of Clinical Oncology*, *36*, 2413–2421.
- Coronado-Montoya, S., Levis, A. W., Kwakkenbos, L., Steele, R. J., Turner, E. H., & Thombs, B. D. (2016). Reporting of Positive Results in Randomized Controlled Trials of Mindfulness-Based Mental Health Interventions. *PLoS One*, *11*, e0153220.
- Coulon, S. M., Monroe, C. M., & West, D. S. (2016). A systematic, multi-domain review of mobile smartphone apps for evidence-based stress management. *American Journal of Preventive Medicine*, *51*, 95–105.
- Cox, C. E., Hough, C. L., Jones, D. M., Ungar, A., Reagan, W., Key, M. D., ... Porter, L. S. (2019). Effects of mindfulness training programmes delivered by a self-directed mobile app and by telephone compared with an education programme for survivors of critical illness: a pilot randomised clinical trial. *Thorax*, *74*, 33–42.
- Crawford, M. J., Thana, L., Farquharson, L., Palmer, L., Hancock, E., Bassett, P., ... Parry, G. D. (2016). Patient experience of negative effects of psychological treatment: results of a national survey. *British Journal of Psychiatry*, *208*, 260–265.
- Cristea, I. A., Vecchi, T., & Cuijpers, P. (2021). Top-down and Bottom-up Pathways to Developing Psychological Interventions. *JAMA Psychiatry*, *78*, 593–594.

- Damen, K. H. B., & van der Spek, E. D. (2018). Virtual Reality as e-Mental Health to Support Starting with Mindfulness-Based Cognitive Therapy. In E. Clua, L. Roque, A. Lugmayr, & P. Tuomi (Eds.), *17th International Conference on Entertainment Computing (ICEC)* (Vol. LNCS-11112, pp. 241–247). New York, NY: Springer International Publishing.
- da Silva Gherardi-Donato, E. C., de Moraes, V. S., Esper, L. H., Guidorizzi Zanetti, A. C., & de Fátima Fernandes, M. N. (2020). Mindfulness Measurement Instruments: A Systematic Review. *International Journal of Psychiatry Research, 3*, 1–12.
- Davidson, R. J., & Kaszniak, A. W. (2015). Conceptual and methodological issues in research on mindfulness and meditation. *The American Psychologist, 70*, 581–592.
- Deolindo, C. S., Ribeiro, M. W., Aratanha, M. A., Afonso, R. F., Irrmischer, M., & Kozasa, E. H. (2020). A Critical Analysis on Characterizing the Meditation Experience Through the Electroencephalogram. *Frontiers in Systems Neuroscience, 14*, 53.
- Dimidjian, S., & Segal, Z. V. (2015). Prospects for a clinical science of mindfulness-based intervention. *American Psychologist, 70*, 593–620.
- Dixon, M. D. (2010). Creating effective student engagement in online courses: What do students find engaging? *Journal of the Scholarship of Teaching & Learning, 10*, 1–13.
- Epskamp, S., Borsboom, D., & Fried, E. I. (2018). Estimating psychological networks and their accuracy: A tutorial paper. *Behavior Research Methods, 50*, 195–212.
- Fairburn, C. G., & Patel, V. (2017). The impact of digital technology on psychological treatments and their dissemination. *Behaviour Research and Therapy, 88*, 19–25.
- Farb, N., Daubenmier, J., Price, C. J., Gard, T., Kerr, C., Dunn, B. D., ... Mehling, W. E. (2015). Interoception, contemplative practice, and health. *Frontiers in Psychology, 6*, 763.
- Feltham, F., & Loke, L. (2012). The Slow Floor: towards an awareness of bodily movement through interactive walking surfaces. *Proceedings of the 2nd International Workshop: The Body in Design*, 26–30.
- Fingelkurts, A. A., Fingelkurts, A. A., & Kallio-Tamminen, T. (2015). EEG-guided meditation: A personalized approach. *Journal of Physiology-Paris, 109*, 180–190.
- Fish, J., Brimson, J., & Lynch, S. (2016). Mindfulness Interventions Delivered by Technology Without Facilitator Involvement: What Research Exists and What Are the Clinical Outcomes? *Mindfulness, 7*, 1011–1023.
- Flint, J., Cuijpers, P., Horder, J., Koole, S. L., & Munafò, M. R. (2015). Is there an excess of significant findings in published studies of psychotherapy for depression? *Psychological Medicine, 45*, 439–446.
- Friston, K. J. (2005). A theory of cortical responses. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 360*, 815–836.
- Friston, K. J. (2010). The free-energy principle: a unified brain theory? *Nature Reviews Neuroscience, 11*, 127–138.
- Friston, K. J., Daunizeau, J., Kilner, J., & Kiebel, S. J. (2010). Action and behavior: a free-energy formulation. *Biological Cybernetics, 102*, 227–260.
- Friston, K. J., Rigoli, F., Ognibene, D., Mathys, C., Fitzgerald, T., & Pezzulo, G. (2015). Active inference and epistemic value. *Cognitive Neuroscience, 6*, 187–214.
- Gál, É., Ștefan, S., & Cristea, I. A. (2021). The efficacy of mindfulness meditation apps in enhancing users' well-being and mental health related outcomes: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Affective Disorders, 279*, 131–142.
- Garcia-Palacios, A., Botella, C., Hoffman, H., & Fabregat, S. (2007). Comparing acceptance and refusal rates of virtual reality exposure vs. in vivo exposure by patients with specific phobias. *Cyberpsychology & Behavior, 10*, 722–724.
- Goldberg, S. B., Lam, S. U., Britton, W. B., & Davidson, R. J. (2021). Prevalence of meditation-related adverse effects in a population-based sample in the United States. *Psychotherapy Research, 1*–15.
- Goldberg, S. B., Riordan, K. M., Sun, S., & Davidson, R. J. (2021). The Empirical Status of Mindfulness-Based Interventions: A Systematic Review of 44 Meta-Analyses of Randomized Controlled Trials. *Perspectives on Psychological Science, 17*, 108–130.
- Goldberg, S. B., Tucker, R. P., Greene, P. A., Simpson, T. L., Kearney, D. J., & Davidson, R. J. (2017). Is mindfulness research methodology improving over time? A systematic review. *PLoS One, 12*, e0187298.
- Grant, S. P., Mayo-Wilson, E., Melendez-Torres, G. J., & Montgomery, P. (2013). Reporting Quality of Social and Psychological Intervention Trials: A Systematic Review of Reporting Guidelines and Trial Publications. *PLoS One, 8*, e65442.
- Grant, S., Mayo-Wilson, E., Montgomery, P., Macdonald, G., Michie, S., Hopewell, S., ... on behalf of the CONSORT-SPI Group. (2018). CONSORT-SPI 2018 Explanation and Elaboration: guidance for reporting social and psychological intervention trials. *Trials, 19*, 406.
- Grossman, P. (2011). Defining mindfulness by how poorly I think I pay attention during everyday awareness and other intractable problems for psychology's (re)invention of mindfulness: comment on Brown et al. (2011). *Psychological Assessment, 23*, 1034–1036.

- Haslbeck, J. M. B., Ryan, O., Robinaugh, D. J., Waldorp, L. J., & Borsboom, D. (2021). Modeling psychopathology: From data models to formal theories. *Psychological Methods*. <https://doi.org/10.1037/met0000303>
- Headspace Inc. (2021). <https://www.headspace.com> (2021年8月4日アクセス)
- Heron, K. E., & Smyth, J. M. (2010). Ecological momentary interventions: incorporating mobile technology into psychosocial and health behaviour treatments. *British Journal of Health Psychology*, *15*, 1–39.
- Hohwy, J. (2013). *The Predictive Mind*. Oxford, UK: Oxford University Press 佐藤亮司 (監訳), 太田 陽・次田 瞬・林 禪之・三品由紀子 (訳) (2021) 予測する心 勁草書房.
- 乾 敏郎・阪口 豊 (2020) 脳の大統一理論：自由エネルギー原理とはなにか 岩波書店.
- Jayawardene, W. P., Lohrmann, D. K., Erbe, R. G., & Torabi, M. R. (2017). Effects of preventive online mindfulness interventions on stress and mindfulness: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Preventive Medicine Reports*, *5*, 150–159.
- Kabat-Zinn, J. (1982). An outpatient program in behavioral medicine for chronic pain patients based on the practice of mindfulness meditation: theoretical considerations and preliminary results. *General Hospital Psychiatry*, *4*, 33–47.
- Karcz, A. (2020). 有料会員 200 万人の「瞑想アプリ」が米国失業者に無料コース提供 Forbes JAPAN (2021年8月4日アクセス).
- 榎原 潤・伊藤正哉 (印刷中) 心理ネットワークアプローチがもたらす「臨床革命」—認知行動療法の文脈に基づく展望— 認知行動療法研究.
- Kato, A., Kunisato, Y., Katahira, K., Okimura, T., & Yamashita, Y. (2020). Computational Psychiatry Research Map (CPSYMAP): A New Database for Visualizing Research Papers. *Frontiers in Psychiatry*, *11*, 578706.
- Killingsworth, M. A., & Gilbert, D. T. (2010). A wandering mind is an unhappy mind. *Science*, *330*, 932.
- Kirk, U., & Montague, P. R. (2015). Mindfulness meditation modulates reward prediction errors in a passive conditioning task. *Frontiers in Psychology*, *6*, 90.
- Krupnik, V. (2019). Bayesian Approach to Psychotherapy Integration: Strategic Modification of Priors. *Frontiers in Psychology*, *10*, 356.
- Krusche, A., Cyhlarova, E., King, S., & Williams, J. M. G. (2012). Mindfulness online: A preliminary evaluation of the feasibility of a web-based mindfulness course and the impact on stress. *BMJ Open*, *2*, e000803.
- Kunisato, Y. (2021). A example of psychological network of anhedonia (version 1.1.0). DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.5524196>.
- 国里愛彦・片平健太郎・沖村 幸・山下祐一 (2019) 計算論的精神医学：情報処理過程から読み解く精神障害 勁草書房.
- 国里愛彦・土屋政雄 (印刷中) 認知行動療法における研究の再現可能性を高める 認知行動療法研究.
- Kuyken, W., Warren, F. C., Taylor, R. S., Whalley, B., Crane, C., Bondolfi, G., ... Dalgleish, T. (2016). Efficacy of Mindfulness-Based Cognitive Therapy in Prevention of Depressive Relapse: An Individual Patient Data Meta-analysis From Randomized Trials. *JAMA Psychiatry*, *73*, 565–574.
- Lee, J., Kim, K. H., Webster, C. S., & Henning, M. A. (2021). The Evolution of Mindfulness from 1916 to 2019. *Mindfulness*, *12*, 1849–1859.
- Linardon, J. (2020). Can Acceptance, Mindfulness, and Self-Compassion Be Learned by Smartphone Apps? A Systematic and Meta-Analytic Review of Randomized Controlled Trials. *Behavior Therapy*, *51*, 646–658.
- Lomas, T., Ivtzan, I., & Fu, C. H. Y. (2015). A systematic review of the neurophysiology of mindfulness on EEG oscillations. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *57*, 401–410.
- Lutz, A., Mattout, J., & Pagnoni, G. (2019). The epistemic and pragmatic value of non-action: a predictive coding perspective on meditation. *Current Opinion in Psychology*, *28*, 166–171.
- Manjaly, Z.-M., & Iglesias, S. (2020). A Computational Theory of Mindfulness Based Cognitive Therapy from the “Bayesian Brain” Perspective. *Frontiers in Psychiatry*, *11*, 404.
- Marr, D. (1982). *Vision: A Computational Investigation Into the Human Representation and Processing of Visual Information*. New York, NY: Henry Holt. 乾 敏郎・安藤広志 (訳) (1987) ビジョン—視覚の計算理論と脳内表現 産業図書.
- Medvedev, O. N., Cervin, M., Barcaccia, B., Siegert, R. J., Roemer, A., & Krägeloh, C. U. (2021). Network Analysis of Mindfulness Facets, Affect, Compassion, and Distress. *Mindfulness*, *12*, 911–922.
- Moss, D., Waugh, M., & Barnes, R. (2008). A tool for life? Mindfulness as self-help or safe uncertainty. *International Journal of Qualitative Studies on Health and Well-Being*, *3*, 132–142.
- Moutoussis, M., Shahar, N., Hauser, T. U., & Dolan, R. J. (2018). Computation in Psychotherapy, or How Computational Psychiatry Can Aid Learning-Based Psychological Therapies. *Computational Psychiatry*, *2*, 50–73.
- Mrazek, A. J., Mrazek, M. D., Cherolini, C. M., Cloughesy, J. N., Cynman, D. J., Gougis, L. J., ... Schooler, J. W. (2019). The future of mindfulness training is digital, and the future is now. *Current Opinion in Psychology*, *28*, 81–86.

- Navarro-Haro, M. V., López-del-Hoyo, Y., Campos, D., Linehan, M. M., Hoffman, H. G., García-Palacios, A., ... García-Campayo, J. (2017). Meditation experts try Virtual Reality Mindfulness: A pilot study evaluation of the feasibility and acceptability of Virtual Reality to facilitate mindfulness practice in people attending a Mindfulness conference. *PLoS One*, *12*, e0187777.
- Onken, L. S., Carroll, K. M., Shoham, V., Cuthbert, B. N., & Riddle, M. (2014). Reenvisioning Clinical Science: Unifying the Discipline to Improve the Public Health. *Clinical Psychological Science*, *2*, 22–34.
- Pospos, S., Young, I. T., Downs, N., Iglewicz, A., Depp, C., Chen, J. Y., ... Zisook, S. (2018). Web-Based Tools and Mobile Applications To Mitigate Burnout, Depression, and Suicidality Among Healthcare Students and Professionals: a Systematic Review. *Academic Psychiatry*, *42*, 109–120.
- Puzziferro, M. J., & Shelton, K. (2008). A Model for Developing High-Quality Online Courses: Integrating a Systems Approach with Learning Theory. *Online Learning*, *12*, 119–136.
- Rao, R. P., & Ballard, D. H. (1999). Predictive coding in the visual cortex: a functional interpretation of some extra-classical receptive-field effects. *Nature Neuroscience*, *2*, 79–87.
- Roca, P., Diez, G. G., Castellanos, N., & Vazquez, C. (2019). Does mindfulness change the mind? A novel psychoneurotome perspective based on Network Analysis. *PLoS One*, *14*, e0219793.
- Rosenkranz, M. A., Dunne, J. D., & Davidson, R. J. (2019). The next generation of mindfulness-based intervention research: what have we learned and where are we headed? *Current Opinion in Psychology*, *28*, 179–183.
- Sauer, S., Walach, H., Schmidt, S., Hinterberger, T., Lynch, S., Büssing, A., & Kohls, N. (2013). Assessment of Mindfulness: Review on State of the Art. *Mindfulness*, *4*, 3–17.
- Schultchen, D., Terhorst, Y., Holderied, T., Stach, M., Messner, E. M., Baumeister, H., & Sander, L. B. (2020). Stay Present with Your Phone: A Systematic Review and Standardized Rating of Mindfulness Apps in European App Stores. *International Journal of Behavioral Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s12529-020-09944-y>
- Segal, Z. V., Williams, J. M. G., & Teasdale, J. D. (2002). *Mindfulness-based cognitive therapy for depression: A new approach to preventing relapse*. New York, NY: Guilford Press.
- Smith, R., Friston, K. J., & Whyte, C. J. (2022). A step-by-step tutorial on active inference and its application to empirical data. *Journal of Mathematical Psychology*, *107*, 102632.
- Smith, R., Moutoussis, M., & Bilek, E. (2021). Simulating the computational mechanisms of cognitive and behavioral psychotherapeutic interventions: insights from active inference. *Scientific Reports*, *11*, 10128.
- Sobczak, L. R., & West, L. M. (2013). Clinical Considerations in Using Mindfulness- and Acceptance-Based Approaches With Diverse Populations: Addressing Challenges in Service Delivery in Diverse Community Settings. *Cognitive and Behavioral Practice*, *20*, 13–22.
- 杣取恵太・国里愛彦 (2019) アンヘドニア (anhedonia) と遅延割引: Lempert & Pizzagalli (2010) の追試心理学評論, *62*, 231–243.
- Spijkerman, M. P. J., Pots, W. T. M., & Bohlmeijer, E. T. (2016). Effectiveness of online mindfulness-based interventions in improving mental health: A review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Clinical Psychology Review*, *45*, 102–114.
- State, L. (2018). 4 Digital Health App Trends to Consider for 2018. In Liquid State. <https://liquid-state.com/digital-health-app-trends-2018/>
- Stjernswärd, S., & Hansson, L. (2017a). User value and usability of a web-based mindfulness intervention for families living with mental health problems. *Health & Social Care in the Community*, *25*, 700–709.
- Stjernswärd, S., & Hansson, L. (2017b). Outcome of a web-based mindfulness intervention for families living with mental illness - A feasibility study. *Informatics for Health & Social Care*, *42*, 97–108.
- Swan, A. J., Carper, M. M., & Kendall, P. C. (2016). In Pursuit of Generalization: An Updated Review. *Behavior Therapy*, *47*, 733–746.
- Teasdale, J. D., Segal, Z. V., Williams, J. M., Ridgeway, V. A., Soulsby, J. M., & Lau, M. A. (2000). Prevention of relapse/recurrence in major depression by mindfulness-based cognitive therapy. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *68*, 615–623.
- Van Dam, N. T., van Vugt, M. K., Vago, D. R., Schmalzl, L., Saron, C. D., Olendzki, A., ... Meyer, D. E. (2018). Mind the Hype: A Critical Evaluation and Prescriptive Agenda for Research on Mindfulness and Meditation. *Perspectives on Psychological Science*, *13*, 36–61.
- van der Velden, A. M., Kuyken, W., Wattar, U., Crane, C., Pallesen, K. J., Dahlgaard, J., ... Piet, J. (2015). A systematic review of mechanisms of change in mindfulness-based cognitive therapy in the treatment of recurrent major depressive disorder. *Clinical Psychology Review*, *37*, 26–39.
- Verdonk, C., & Trousselard, M. (2021). Commentary: A Computational Theory of Mindfulness Based Cognitive Therapy from the “Bayesian Brain”. *Frontiers in Psychiatry*, *12*, 575150.
- Vidarthi, J., & Riecke, B. E. (2013). Mediated Meditation: Cultivating Mindfulness with Sonic Cradle. *Conference*

- on Human Factors in Computing Systems-Proceedings*, 2305–2314.
- Wahbeh, H., & Oken, B. S. (2016). Internet Mindfulness Meditation Intervention for the General Public: Pilot Randomized Controlled Trial. *JMIR Mental Health*, 3, e37.
- Wahbeh, H., Svalina, M. N., & Oken, B. S. (2014). Group, One-on-One, or Internet? Preferences for Mindfulness Meditation Delivery Format and their Predictors. *Open Medicine*, 1, 66–74.
- Wang, T. H. (2014). Developing an assessment-centered e-Learning system for improving student learning effectiveness. *Computers and Education*, 73, 189–203.
- 山本哲也 (2016) マインドフルネスとストレス脆弱性 貝谷久宣・熊野宏昭・越川房子 (編) マインドフルネス—基礎と実践 (pp. 51–63) 日本評論社.
- 山本哲也・竹林由武 (2020) ウェブベースドな支援 竹林由武・前田正治 (編) 遠隔心理支援—物理的距離を超えてケアを継続するヒント (pp. 126–145) 誠信書房.
- Yamamoto, T., Yoshimoto, J., Alcaraz-Silva, J., Murillo-Rodríguez, E., Imperatori, C., Machado, S., & Budde, H. (in press). Clinical Psychoinformatics: A Novel Approach to Behavioral States and Mental Health Care Driven by Machine Learning. In *Methodological Approaches for Sleep and Vigilance Research*.
- 山下裕子・山本哲也 (印刷中) 親密他者の視点取得を活用したVRセルフカウンセリングの効果 日本心理学会第85回大会発表論文集.
- 横光健吾・高階光梨・山本哲也 (印刷中) 遠隔心理支援における認知行動療法の基礎と課題 認知行動療法研究.

— 2021. 9. 25 受理 —