学位請求論文審査の要旨

報告番号 甲 第　　号
氏名　品川和志 君

論文題名　「自発思考の変動性に影響する要因および脳動態の解明」

[審査担当者]
主査：　慶應義塾大学文学部教授・社会学研究科委員　　博士（心理学）　梅田　聡
副査：　慶應義塾大学文学部准教授　　博士（心理学）　寺澤悠理
副査：　国立精神・神経医療研究センター 神経研究所疾病研究第七部室長
博士（医学）　山下祐一

Ⅰ 本論文の構成と概要

本論文は，心理学の主要なテーマのひとつである「思考」に焦点を当てた研究論文である。これまで研究対象とすることが困難であるとされてきた「自発思考」の変動性に焦点を当て，4 つの研究を通して，思考遷移に影響を及ぼす関連要因を特定し，そのメカニズムを包括的に捉え直すような枠組みを提案することを目的としている。本論文の構成は以下のとおりである。

【目次】
第 1 章 序論
1-1. 自発思考研究の歴史
1-2. 自発思考研究の概要
1-3. 自発思考研究に残されている課題
1-4. 思考遷移の背景メカニズムについて
1-5. 短期的な思考遷移傾向に関する研究
1-6. 思考の変動性を対象とした研究
1-7. 自発思考の研究手法の問題点
1-8. 本論文の目的

第 2 章 【研究 1】行動を駆動するホメオスタシスの思考ダイナミクスへの拡張によるマインドワンダリングの包括的説明
2-1. 目的
2-2. 方法
2-2-1. シミュレーションで使用する注意持続課題

2-2-2. ホメオスタシス強化学習
2-2-3. 持続的注意課題に適用する際のホメオスタシス強化学習
2-2-3. 各シミュレーションにおけるパラメータ設定
2-2-3-1. シミュレーション 1
2-2-3-2. シミュレーション 2
2-2-3-3. シミュレーション 3
2-2-3-4. シミュレーション 4
2-3. 結果
2-4. 中間考察
2-5. 考察

第 3 章 【研究 2】思考遷移時点における行動・生理・脳活動の変化
3-1. 目的
3-2. 方法
3-3. 結果
3-4. 考察

第 4 章 【研究 3】思考の共存を考慮したプローブ法とその時間特性の抽出
4-1. 目的
4-2. 方法
4-3. 結果
4-4. 考察

第 5 章 【研究 4】個人内の主観的な状態と個人間の特性の思考遷移傾向への影響
5-1. 目的
5-2. 方法
5-3. 結果
5-4. 考察

第 6 章 総合考察
6-1. 研究 1～4 のまとめ
6-2. 短期的な思考遷移と長期的な構造の関係
6-3. 自発思考やその変動性の神経基盤
6-4. そのほかの思考遷移についての仮説との接続
6-4. 本論文の限界と今後の展望

自発思考は，各思考内容や，ある心的状態から別の心的状態への遷移に強い制約がないために，比較的自由に生じる心的内容の状態，あるいは一連の変遷と定義される。特に，マインドワンダリング（MW）と呼ばれる，現在の課題や状況とは関係のない内的思考への遷移を中心に研究が進められている領域である。MW 研究では，特定の思考に取り組んでいる最中の評価を中心に進められてきた。そのため，自発思考の重要な側面である，思考の切り替わりや，個人ごとの切り替わりやすさなど，思考の時間的性質に関しては十分な検討が進められていない。具体的には，これまでの研究動向の中でも特に重要な問題として，課題中の思考遷移を包括的に扱うことのできるモデルがないこと，個別の思考間，および課題中の思考の時間的特性を評価する手法がないことが挙げられる。本研究では，新しい研究手法を提案しながら，思考遷移を包括的に扱うための基盤構造の提案，およびその構造に対して影響するような心理，生理，神経活動などの多様な要因の解明を試みている。

研究 1 では，行動を駆動する要因の一つとして認識される，生理状態を一定に保つメカニズムであるホメオスタシスが，思考遷移の背景メカニズムとしても応用される可能性を提案した。この仮定に基づき，ホメオスタシスに基づく行動選択を行うエージェントを作成し，一般的な MW 研究で使用される持続的注意課題中の行動選択をシミュレートした。結果として，課題や MW へのモチベーション，および課題難易度についての先行研究の結果を再現させた。このエージェントの行動選択を解析すると，課題中の MW は，主課題への過剰な従事により飽和した状態を解放すること，およびモチベーションの高い MW 内容への従事によって，報酬信号を得ることによって駆動されていることが示された。さらに，このモデルでは，行動に対するモチベーションを増加させると，その行動の従事開始確率の増加，それ以外の行動の持続時間の減少により，行動への総従事時間を増加させることが示された。

研究 2 では，個別の思考間で思考が切り替わる点を扱うために，自身の MW に気づく際の思考遷移を対象とした。特に，先行研究や研究 1 で指摘されるような思考状態の遷移を駆動するような心的負荷が発生するのか，またそれに付随するような身体状態の変化やその知覚が遷移を駆動するのかについて，生理状態や脳活動の観点から検討した。結果として，MW から気づきに移行する区間は，α 波と β 波の減少，および身体からの求心性信号を反映するとされる心拍誘発電位（HEP）の増加により特徴づけられた。α 波は内的思考，β 波は心的負荷との関連が指摘されていることから，MW の終了や付随する心的負荷からの解放が発生している可能性が示唆された。さらにこれらの変化を HEP 信号を介して知覚することが，気づきを導く可能性があることを示唆した。

研究 3 および研究 4 では，特定の思考間の切り替えではなく，課題全体を通しての思考の遷移傾向がどのような要因により操作されるのかを検討した。研究 1 による予測では，行動選択のモチベーション操作は，操作した行動の選択頻度の増加，およびそれ以外の行動選択肢の連続的従事の減少を導く。これらの関係が，実際の課題中の思考遷移傾向にも見られるかを検討するために，課題中に得られる自己報告に対して，隠れマルコフモデルを使用

し，課題や MW に集中した状態ごとの時間的な活動特性を調べた。この目的のために，研究 3 において，まず思考を取得するために必要な質問項目の検討を行った。これまでの研究において，思考を取得するための方法が複数提案されている一方で，様々な思考種類が同時に発生することを許容するような形式での方法は提案されていなかった。この観点から，多くの研究で用いられてきた，課題関連性，外的刺激関連性の有無による思考識別法に加えて，これらの思考状態の共存を認めるような質問項目を作成した。結果として，思考の共存は，単独の時よりも一般的な状態であることが示された。さらに，課題と MW への集中度合いは，行動指標に対して交互作用を持つことが示され，思考を単一の思考状態としてラベル付けし，単独の効果を考えることは，潜在的に別の思考種類への没入時のノイズを含むことが示された。

研究 3 の結果に基づき作成された思考の質問項目を使用し，研究 4 において課題中の思考遷移傾向に与える影響を，個人の状態的な傾向と特性的な傾向の観点から解明した。結果として，MW の頻度への影響が考えられているほかの状態要因を統制した場合であっても，課題へのモチベーションは，課題集中状態の発生頻度のみを増加させ，さらに MW の連続的な従事のみを減少させることが示された。個人の特性要因からも，内的思考へのモチベーションが増加した状態と考えられるうつ病傾向が，課題集中状態の持続時間を低下させることが示された。これらの関係は，研究 1 で想定したようなモチベーションと行動選択の微細構造の関係と一致するものである。また，従来の研究では，作動記憶容量が MW を減少させるという実験結果について，作動記憶容量によって MW の生起が阻止されることで従事時間が減少することが想定されてきた。しかし，思考状態の時間的な活動特性を解析したところ，作動記憶容量は MW の持続時間を減少させ，課題集中状態の頻繁な発生開始を促進することによって，課題中の MW 頻度に影響を与えていることが明らかになった。

研究 1～4 を通して，本論文では，課題中に発生する自発思考が個人内で保存されていると考えられる長期的な思考状態への従事傾向と，モチベーションなどの状態的なパラメータを組み合わせた値によって構成される，各思考状態への従事量を維持するように選択される可能性が提案された。個別の思考間での遷移は，従事している思考状態への認知的な負荷が蓄積することにより，身体内部状態の信号が手がかりとなり発生する可能性が示唆された。さらに，変動性を研究対象とすることによって，従来の解析手法以上に詳細な思考と関連する要因を描出できることが明らかになった。

Ⅱ 評価

2025 年 1 月 17 日(金)に，慶應義塾大学三田キャンパスにおいて，公開審査会が実施された。論文の概要に関する発表に引き続き，主査・副査，および参加者からの質疑応答が行われた。

思考に関する研究の歴史は，決して短いものではないが，なかでも思考の内容に関する研究は，外部からの観察や測定が困難なために，これまでに研究の飛躍的な進歩は実現されて

いない。しかしながら，なぜ課題遂行中に集中せずに別のことを考えてしまうのか，なぜ考えたくないことを考えてしまうのか，といった思考に関する疑問は，日常生活における重要な問いであるにとどまらず，うつ病やADHDをはじめとする精神疾患や発達障害などの状態把握という臨床的観点からも極めて重要な意味を持つ。この研究を遂行するために，本論文では「自発思考の変動性」というフレームを設定した上で，MWという側面から，思考の遷移状態に着目した研究を実施している。方法論的にも，従来の行動観察的な手法を発展させるだけでなく，モデルを用いたシミュレーション研究や，脳波を通した中枢神経活動および心拍や呼吸といった自律神経活動を測定する方法論を採用しており，多角的な観点から思考遷移のメカニズムに切り込んでいる。

序論では，MW に焦点を当てた複数のアプローチによる数多くの研究を概観し，これまでの研究で明らかにされてきた成果や，まだ明らかにされていない点，およびその理由などを包括的に概説し，取り組むべき問題点を徐々に浮き彫りにしている。前述のとおり，本研究では複数の方法論を採用しているため，レビューすべき論文数も膨大であるが，本研究では主要な研究を十分に網羅的に取り上げられており，この部分だけで概説論文としても論文化できるポテンシャルがある。序論全体の構成については，思考遷移のステージに基づくフレームの提案とそれに基づく理論的検討ができた可能性は指摘できるものの，それ以外の大きな問題点に関する審査者からの指摘はなかった。それに続く具体的な研究の導入部については，短期的・長期的な思考の変動性という区分の妥当性について，もう少しわかりやすい説明があるとよかったという指摘がなされた。

具体的な研究結果および解釈と考察については，以下のような質疑応答が行われた。まず研究 1 のシミュレーション研究については，ホメオスタシス強化学習のモデルに基づき，MW 発生のメカニズムを探るために複数のシミュレーションが実施され，その結果が示された。このアプローチは意欲的な試みであり，興味深い結果が得られている反面，以下のような問題点も指摘された。主要な質疑の内容は，1）この現象を説明するためのモデルとしてホメオスタシス強化学習のモデルが最適であるか，そもそも思考遷移を学習としてモデル化すること自体が妥当なのか，2）このシミュレーション結果から，どのように反応時間のばらつきを説明できるのか，そもそも集中やMWという思考状態を状態量と捉えることは妥当であるか，MW から集中へと状態量が切り替わっていくプロセスを学習としてモデル化することの妥当性についてはどう考えるのか，3）ホメオスタシスに焦点を当てたモデルに立脚したシミュレーションを実施する際には，脳の状態を状態量とする方が適切なのではないか，また，研究 2〜4 で取り上げているような脳反応や身体反応，および内受容感覚などの主観的指標の価値，複数の思考状態の同時性を要因としてモデルに組み込むべきであったのではないか，変動のダイナミクスを考えると，むしろアロスタシスをベースとしたモデルのほうが適切なのではないか，という指摘であった。それぞれの点について，適切に回答できた部分もある一方で，妥当性などについては，さらなるデータを組み込むことにより実証すべきであり，今後の検証に委ねる必要があるとの回答がなされた。

次に，実験を通した実測値に基づく解析を行った研究 2～4 について，まず研究 2 は，心拍や呼吸を指標とし，思考遷移が生じる際の生理状態が明らかになった点については，高く評価された。一方，隠れマルコフモデルを採用することの妥当性，焦点を当てている思考の遷移ステージが研究 1 と異なっており整合性がない点，脳波成分の結果に関する考察が不十分であるなどの意見が表明された。研究 3 については，思考の遷移確率データに関する説明や，行動と思考の対応関係に関する説明が不足している点，身体情報に基づく手がかりの捉え方が研究 2 と 3 で一致していない点，複数の思考状態の同時性，設定する時間枠の問題であり，その点に関する考察が必要であったのではないかとの指摘がなされた。また，研究 4 については，他の研究結果との比較検討ができるように遷移確率を求められるとよかったという点，作動記憶容量と MW の関係性について，先行研究の結果と不整合であることに対する説明が十分でない点などが指摘された。各指摘に対しては，適切に回答できたものもある一方で，得られたデータに関する緻密な解釈や深い考察が不十分であった点については本人も認めた上で，今後の研究につなげたいという回答がなされた。最後の総合考察については，全体を通して，ゴールと設定した包括的な理論的提案の骨格ができた点は評価されたものの，研究 1 で提案したモデルの妥当性がその後の研究で十分に検証されていない点が課題であるという指摘がなされ，今後，より精緻なモデルの提案ができるよう，努力を継続する旨の回答がなされた。

Ⅲ 審査結果

以上のように，今後，改善すべき問題点は複数あるものの，ゴールに向けた斬新な取り組み，および多角的観点からの科学的実証データの提供という点では，高く評価できる。本研究の成果が，当該分野の研究の発展に及ぼす影響は非常に大きい上に，さまざまな分野への応用可能性も有しており，今後の展開の伸び代もある発展的な研究成果と位置づけられる。審査者一同は，本論文を博士（心理学）の学位を授与するに相応しいものと判断する。