

重心動揺研究とワーキングメモリ

—副次タスクとしての乱数生成課題の応用可能性について—

企画： 板垣文彦 国立病院機構東京医療センター
司会・指定討論者： 須永範明 日本大学文理学部
話題提供者 1： 和田万紀 日本大学法学部
話題提供者 2： 鹿内菜穂 亜細亜大学経営学部
話題提供者 3： 板垣文彦 University of Bristol・School of Psychological Science

キーワード：ワーキングメモリ，乱数生成，ドーパミン

【企画趣旨】近年、重心動揺に関する研究は国際的にも活発に展開されており、2020 年以降、年間 1,000 件以上の学術論文が発表されていると推定される。日本においても、年間 150 件以上の研究が公刊されており、研究領域は以下のように多岐にわたる：①高齢者の転倒予防、②パーキンソン病など神経疾患の評価、③スポーツ科学における運動制御、④発達期の子どもの姿勢・認知機能の関連、⑤姿勢制御と認知課題の拮抗的相互作用、など。本ワークショップでは、これらの領域横断的な重心動揺研究の実践を共有し、研究視野を拡張するとともに、とりわけ⑤の「認知課題と姿勢制御の相互干渉」^[1]に焦点を当て、認知課題としての乱数生成課題 (Random Number Generation: RNG) の応用可能性について議論する。本日の司会および指定討論は登壇者の研究背景に精通する須永範明氏が担当し、まず和田万紀氏より「不安と身体動揺の関連性」について、続いて鹿内菜穂氏から「スポーツ心理学の立場からみたヨガ実践と姿勢制御」についての話題提供が行われる。企画者である板垣は、ワーキングメモリの中央実行系課題としての RNG 課題に長年取り組み、Baddeley の多成分モデルに基づく分析手法「軸構造モデル」^[2]を作成した。本ワークショップでは、以下に述べる三点を中心に、RNG 課題を重心動揺計測研究の副次課題として応用する意義と可能性について検討したい。

(1) ランダム性と人間運動反応：創造性の評価との接点

日本において村上正克^[3]は、RNG 課題が現在のように実行機能の妨害課題として用いられる以前に、その「創造的思考」を反映する課題としての意義を指摘し「乱数発生テスト法」を提唱している。その着想には、すでに脳機能を読み解こうとする視点があり、彼の分析手法は、臺式簡易精神機能評価指標 (UBOM 研究会^[4]) の 1 つに組み込まれている。

RNG 課題は「どの数を言っても間違いではない」という非定型課題の典型であり、生成テンポを一定に統制しない場合は、生成系列の長さ(量)とランダム性(質)のバランスを評価できる点で、創造性の課題と呼ぶにふさわしい。この側面はロールシャッハ・テストにおける創造性指標である「人間運動反応 (M)」の関連からも支持された^[5]。M 反応はインク図版に人間の行為と姿勢が報告された場合にスコアされる。RNG 課題を重心動揺計測時の副次課題として利用した場合、それが現実の姿勢制御のための注意資源を取り合うのか、あるいはその姿勢制御を表象空間の側から補正、支援するのかという関係性の解明が期待される。

(2) RNG 課題はワーキングメモリ全体の負荷課題である

RNG 課題が中央実行系機能を反映する直接の原因は生成の対象としている 1 から 9 までの 9 つの数がワーキングメモリの容量限界 (4±1) を超えており、自然数チャンクの中から絶えず新しい数表象を更新し続ける必要があるためである。そ

して、実行系の操作の対象となる中心的生成方略としては、新しい数を効率良く発見するための Counting 方略 (自然数順に数を生成し、その音韻情報を音韻ループに保持する) と、それらのいくつかを自然数チャンクから切り離し単独数表象として心的数直線上に配置するための Hopping 方略 (視空間スケッチパッドを利用) が深く関与している。これらの方略の連続使用は数系列内に特有の「ステレオタイプ」の痕跡を残すが、中央実行系は方略循環 (Switching) によってステレオタイプ化を防止し、それぞれ音韻特性を有する数と視空間特性を有する数を結合 (バインディング) した数対を生産し、エピソード・バッファ容量を拡張する。

このように RNG 課題は個人のワーキングメモリ特性を構造的に分析できることから、その個人に生じている重心動揺の原因や、重心動揺を引き起こす器具の特性がワーキングメモリ成分のどのモジュールと関係するかを示すことができる。

(3) 自己意識と姿勢制御を統合するドーパミン研究

現在、ドーパミン濃度が RNG 課題で評価する研究を遂行中であるが、これは McNamara^[6]がパーキンソン病の精神病理を基礎として提唱する「主体的自己 (agentic self)」の概念がワーキングメモリに類似していることがきっかけであった。ドーパミンが前頭葉における実行系機能と、基底核における運動制御の両方に関与していることを踏まえれば、それぞれの「思考のゆらぎ」と「身体の揺らぎ」を反映する RNG 課題と重心動揺計測は、そこにドーパミン研究を仲介させることで、心身の総合的な研究となること期待できる。

【まとめ】以上、RNG 課題を重心動揺研究の副次タスクに利用する場合の理論的可能性を提案した。最初に話題提供された研究に戻り、その実践的応用について議論を進めたい。

【謝辞・利益相反】本研究は JSPS 科研費 23K02563, 20K19608 の助成を受けた。利益相反はない。

【引用文献】

- [1] Salihu, A. T. et al. (2022). Effect of cognitive task complexity on dual task postural stability: a systematic review and meta-analysis. *Exp. Brain Res.*, 240(3), 703-731.
 - [2] 板垣文彦 (2005). 乱数生成課題とワーキングメモリー軸モデル, *Focus of Attention と Episodic Buffer の統合—電子情報通信学会技術研究報告, TL2004-36*, 1-6.
 - [3] 村上公克. (1969) 乱数発生テスト法, *DNIA*, 30, 1, 1-7.
 - [4] <https://ubom.net>
 - [5] 板垣文彦 (1991) 乱数生成における思考過程—注意, 拡散的思考, 創造性の関連について—, *日本大学人文科学研究所研究紀要*, 41, 167-179, 1991.
 - [6] McNamara, P. (2011). *The cognitive neuropsychiatry of Parkinson's disease*. MIT Press.
- (いたがきふみこ, すがのりあき, わだまき, しかない, なお)