論文の内容の要旨

日常生活における気分状態と
ワーキングメモリ課題に伴う前頭前野活動の関係

青　木　隆　太

1. 背景と目的

気分状態は認知機能の様々な側面に影響を与えている．気分状態が認知課題のパフォーマンスとどのように関係するかについては古くから多くの心理実験で調べられてきたが，近年では脳機能イメージング技術を用いて，こうした気分と認知の相互作用の基盤となる脳内のプロセスについても研究されるようになってきた．これまでの研究では，前頭前野と呼ばれる脳領域が気分と認知の相互作用において重要な役割を担うことが示されている．前頭前野はワーキングメモリ（WM）機能をはじめとする高次認知機能を司る領域であるとともに，感情や情動の制御にも関与することが知られている．

気分と認知の相互作用に関わる脳活動を調べた過去の研究の多くは，実験的な手法により被験者の気分状態を操作するパラダイムを用いている．しかし，このような手法で誘導された気分状態が，我々が日常生活において自然に感じている気分状態と同一視できるとは限らない．また，実験的に誘導された気分と日常生活のなかで自然に生じる気分では，認知機能との相互作用の仕方や脳活動との関係が異なる可能性もある．

以上の点をふまえ，本研究では日常生活における気分状態が認知課題に伴う前頭前野の活動とどのような関係を持つかについて調べた．実験的手法による気分状態の操作は実施せず，被験者が日常的生活で感じている気分を主観報告に基づき調査した．前頭前野活動の計測には自然な環境下での脳活動計測が可能な光トポグラフィを使用した．また，従来の研究では十分に検討されてこなかった気分“状態”とパーソナリティ“特性”の脳活動との関係性の違いを明らかにすることも目的とした．

2. 方法

近赤外分光法を利用した脳機能イメージング装置である“光トポグラフィ”を用いて，WM 課題に伴う前頭前野活動を計測した．WM 課題にはひらがなの音韻を記憶する“言語性 WM 課題”と図形の位置を記憶する“空間性 WM 課題”の 2 種類を用いた（図 1）．また，被験者の気分状態やパーソナリティ特性は，自己記入式の質問紙を用いて評価した．WM 課題に伴う前頭前野活動と気分状態・パーソナリティの関係は，WM 課題中の光トポグラフィ信号（酸素化ヘモグロビン信号 : Oxy-Hb 信号）変化の大きさと各種質問紙スコアの間の相関解析（性別・年齢，課題成績などを統制した偏相関解析）によって求めた．

3. 結果および考察

【研究 1 : 気分状態と前頭前野活動の関係】

健常成人 29 名を対象として光トポグラフィ計測を実施した．また，“POMS（Profile of Mood States）質問紙”を用いて被験者の最近 1 週間の気分を評価した．

全被験者の平均の脳活動については, 言語性 WM 課題と空間性 WM 課題の両方において背外側前頭前野を中心とした賦活が観察され, 2 つの課題の間で有意な差はみられなかった. 一方，個人差に注目した解析では，言語性 WM 課題に伴う前頭前野活動の大きさと POMS 質問紙のネガティブ気分スコアの間に有意な負の相関がみられたのに対して，空間性 WM 課題においてはこのような相関は認められなかった．この結果は，日常生活におけるネガティブ気分の高さが言語性 WM 機能と関係していることを示唆する．また，言語性 WM 課題と空間性 WM 課題の間でみられた POMS スコアと脳活動の相関の仕方の違いは, 気分状態と認知機能の相互作用が認知機能の種類によっても異なる可能性を示唆している.

【研究 2 : 前頭前野活動に対するパーソナリティの寄与】

研究 1 とは別の被験者ら（健常成人 40 名）を対象として光トポグラフィ計測を実施した．研究 2 では，言語性・空間性 WM 課題のそれぞれで WM 負荷を 2 段階（2 アイテム条件／4 アイテム条件）設定した．また，POMS 質問紙に加え，被験者のパーソナリティ特性を調べる質問紙“BIS/BAS（Behavioral Inhibition/Activation Systems）尺度”を用いた．

全被験者の平均の脳活動については, 4 条件全てで背外側前頭前野における有意な賦活がみられた（図 2）．個人差に注目した解析では，言語性 WM 課題（4 アイテム条件）に伴う前頭前野活動の大きさが POMS ネガティブ気分スコアと負に相関し，研究 1 の結果が再現された．また，言語性 WM 課題（2 アイテム条件）に伴う前頭前野活動の大きさは被験者の BAS スコアの高さと正に相関し，報酬に関連するパーソナリティ特性である BAS 特性が前頭前野活動の個人差と関係していることがわかった（図 3）．さらに，前頭前野のなかでも前頭極（ブロードマン 10 野）と呼ばれる領域では，言語性 WM 課題に伴う脳活動とネガティブ気分の高さの負の相関が，パーソナリティの個人差を統制したあとでも有意で

あった．したがって，ネガティブ気分と言語性 WM 課題に伴う前頭前野活動の関係性は，単に被験者間でのパーソナリティの個人差を間接的に反映したものとはいえないことが示された．

【研究 3：研究 1 および研究 2 のデータを統合した解析】

研究 1 と研究 2 では光トポグラフィ装置の設定（計測プローブの配置）が異なるが，解剖学的情報に基づき関心領域（ROI）を設定することで，2 つの研究に由来するデータを比較・統合することができる．この手法を用いて，個々の研究でみられた前頭極領域におけるネガティブ気分と言語性 WM 課題に伴う脳活動の間の負の相関を比較したところ，研究 1 と研究 2 では相関の強さは統計的に同等であることが示された．さらに，2 つのデータセットを統合した計 69 名分の脳活動データを解析したところ，言語性 WM 課題に伴う前頭前野活動は，ネガティブ気分のなかでも特に抑うつ気分や疲労気分と強い負の相関を示すことがわかった．この研究で用いた手法は，複数の光トポグラフィ実験で得たデータを集積・統合して解析するための方法として広く使用できるものと期待される．

【研究 4：個人内での気分状態の変動と前頭前野活動の関係】

研究 1 から研究 3 が“被験者間”でのネガティブ気分と前頭前野活動の相関関係に注目していたのに対し，研究 4 では“被験者内”での気分状態の変動が WM 課題に伴う前頭前野活動とどのような関係にあるかを調べた．個人内での気分状態および脳活動の時間変動を追うために，17 名の健常成人に対して研究 2 と同一の実験を 2 週間の間隔をおいて 3 セッションおこなった．その結果，同一被験者内での 3 回のセッションの脳活動を比較したとき，言語性 WM 課題（4 アイテム条件）に伴う前頭極の活動は，抑うつ気分が低かったセッションほど大きく，抑うつ気分が高かったセッションほど小さいことがわかった．これにより個人内での抑うつ気分の変動に同調して言語性 WM 課題に伴う前頭極の活動が変化することが示された．

4. 結論

以上の研究結果は，健常者の日常生活におけるネガティブ気分が，言語性 WM 課題に伴う前頭前野（特に前頭極）の活動と負に相関することを示している．また，ネガティブ気分の中でも抑うつ気分については，“個人間”での比較でも“個人内”での比較でも同様の関係性が一貫してみられた．また研究 2 と研究 4 の結果は，上記の気分“状態”と脳活動の関係が，パーソナリティ“特性”の影響を統制したうえでもみられることを明らかにした．本研究は全体として，主観的な気分状態と言語性 WM 課題に伴う前頭前野活動の間にはパーソナリティとは区別される独自の関係性があることを示唆している．また前頭極が内省やメタ認知の機能に関与していることから，脳内で主観的なネガティブ気分が形成される過程には，言語的な内省が関わっている可能性が考えられる．

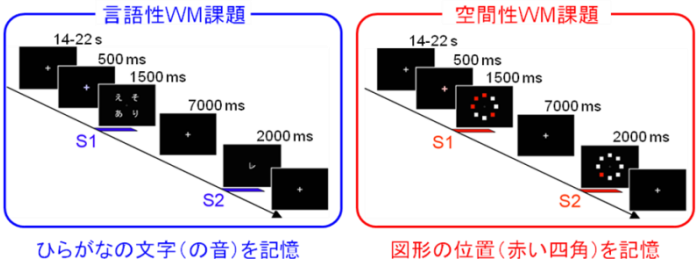

図 1　言語性および空間性 WM 課題

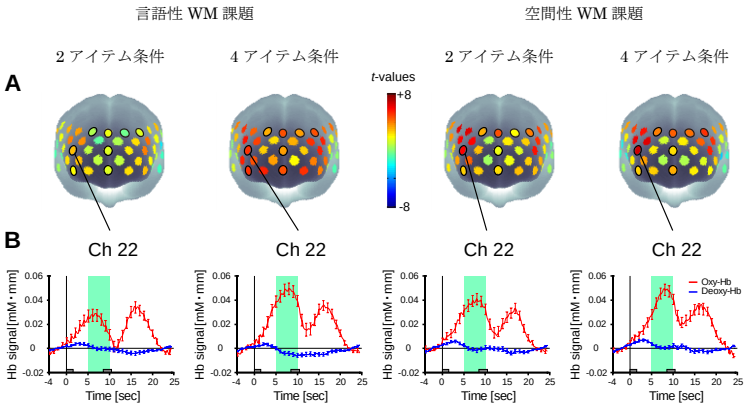

図 2　WM 課題に伴う前頭前野の賦活

A) いずれの課題条件においても，背外側前頭前野を中心として有意な Oxy-Hb 信号の増加が観察された．

B) 代表的な計測部位（チャネル [Ch] 22）における光トポグラフィ信号の時間変化．

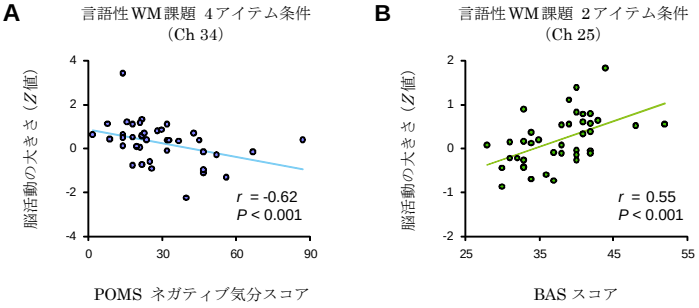

図 3　前頭前野活動と質問紙スコアの相関

A) POMS ネガティブ気分スコアと言語性 WM 課題（4 アイテム条件）における前頭前野活動の相関を示したプロット．

B) BAS スコアと言語性 WM 課題（2 アイテム条件）に伴う前頭前野活動の相関を示したプロット．