

# 論文の内容の要旨

論文題目 脊髄小脳変性症における視覚探索課題・視覚記憶課題  
を用いた視線解析に関する研究

氏名 松田俊一

## 本研究の目的

小脳障害により運動失調、眼球運動障害が生じることが知られている。一方、近年小脳疾患患者の認知機能障害が注目され、思考の失調という概念も提唱されている。特に臨床的には視力が正常な小脳疾患患者で視覚機能異常を認めることが知られている。その原因として、小脳と大脳の機能連絡の障害や、小脳疾患に伴う眼球運動障害が原因と考えられているが、一致した結論は出ていない。さらに、小脳疾患患者における視覚認知課題時の視線については未知の部分が多い。本研究は小脳疾患患者の視覚認知課題時の視線異常を解明することを目的とした。

我々は目の前に複数の視覚刺激がある場合、目立った視覚刺激に対しては、自動的に注意がひきつけられ、無意識に受動的に、視覚処理するボトムアップ型の視覚注意機序を用い、複数の特徴が組み合わさっていたり、周囲と似通った特徴をもっていたりする視覚刺激に対しては、意識的に、能動的に視覚処理するトップダウン型の視覚注意機序を用いることが知られている。前者では視線を対象にあまり近づけなくても認識できるため、視線を動かさなくても、同時並行的に視覚的情報を集めることができる。それに対し後者では解像度の高い中心視野で対象を捉える必要がある為、できるだけ視線を対象に十分に近づける必要があり、視線を動かしながら視覚情報処理を場所ごとに逐次的に行わなければならない。これらをふまえて視覚認知課題として、要する視線の動きが異なるように視覚探索課題 (Part I)、視覚記憶課題 (Part II) を作成した。本研究では視線解析装置 (ビデオ式アイトラッキングシステム) を用い、課題施行中の眼球運動、視線の位置を詳細に記録解析した。被験者は、小脳機能を検討する為に純粋小脳失調症を呈する脊髄小脳変性症 6 型、31 型 (SCA6、SCA31) 患者を対象とした。

## Part I 視覚探索課題を用いた脊髄小脳変性症における視線解析

対象は脊髄小脳変性症 18 名 (SCA6 : 11 名、SCA31 : 7 名)、年齢を調整した健常人 18 名である。視覚探索課題 (serial 探索課題、pop out 探索課題) 施行時の視線解析を行った。serial 探索課題は切れ目が下向きの複数のランドルト (L) 環の中から 1 つだけ切れ目が上向きの L 環 (ターゲット) を見つけたらボタンを押す課題である。また pop-out 探索課題は切れ目が下向きの複数の黒色の L 環から同形の赤色の L 環を探索する課題である。合計呈示刺激がそれぞれ 4 個と 48 個の 2 種類の画面を用いた。さらに眼球運動を要さないコントロール課題として、画面中央に呈示された 1 つの L 環の切れ目方向または色を識別する課題を行った。運動反応自体の速さをみるため画像呈示に対して単純にボタンを押す課題 (反応時間課題) も行った。視覚探索の際の視線を記録し、ターゲットを見つけるのに要した時間 (探索時間)、正答率、眼球運動のパラメータを解析し、SCA 群、健常群で比較した。

serial 探索課題では呈示刺激数が増加すると探索時間は大きく増加したが、pop-out 探索課題では大きく変化しなかった。つまり、serial 探索課題は各視覚刺激を逐次的に処理するトップダウン型の視覚注意過程で処理されるのに対し、pop-out 探索課題では多くの視覚刺激が同時並行的にボトムアップ型の視覚注意過程を用いて処理されていると考えられた。SCA 群では serial 探索課題の探索時間が延長、正答率も低下し、呈示刺激数が多くなるほど探索時間が増加したが、pop-out 探索課題の探索時間、正答率は保たれていた。また眼球運動を要さない 1 個の L 環の切れ目方向、色の識別課題ではボタン押しの反応時間を差し引くと両群で反応時間、正答率も有意差を認めなかった。即ち、serial 探索課題における呈示刺激の視覚処理は、眼球運動を伴わなければ、反応時間、精度とも保たれるのに対し、眼球運動を伴うと双方の低下を認め、その障害に眼球運動が影響を与えていると考えられた。横軸に呈示刺激数、縦軸に探索時間をプロットし、線形近似した直線の勾配は、一個あたりの視覚刺激の処理にかかる時間に相当し、視覚探索の効率を表わす。他方、切片は提示刺激が 0 個のときの基本的な処理の時間に相当する。SCA 群では serial 探索課題の勾配と切片、特に勾配が健常群に比較し有意に大きくなっていたが、pop-out 探索課題では勾配は 0 に近く、勾配・切片とも健常群と有意差を認めなかった。このことから、SCA 群では複数の対象に対して眼球運動を介して逐次的に処理するトップダウン型の視覚探索の効率が特に障害されていることが示された。

SCA 群における課題施行中に認めた視線異常は主にサッカード測定障害 (視線が視標位置に対して行きすぎたり、行かなすぎたりすること) による視線の精度の低下と固視障害 (視線の位置を十分に固定できないこと) であった。固視障害は主に眼振緩徐相により生じると考えられた。

呈示刺激のどの程度近くまで注視すると課題に正答できるかを検討すると、pop-out 探索課題では呈示刺激に対して視線を動かさなくても識別可能であるが、serial 探索課題では呈示刺激近傍まで視線を近づけないと識別できないことが示された。serial 探索課題にお

いて SCA 群では軽度の注視時間の増加と、サッカード回数の大幅な増加を認めた。探索時間はほぼ注視時間とサッカード回数の積として求められるが、主として後者の増加により探索時間が増加したと考えられた。サッカード回数の増加の原因は、サッカード測定障害によって呈示刺激を認識できる範囲の外に多くの注視をしてしまうことであると考えられた。また serial 探索課題の正答率は呈示刺激の注視回数の比率と相関を認め、サッカード測定障害により呈示刺激を注視できないことで正答率が低下していると考えられた。SCA 群では 1 度見た呈示刺激をもう一度見るという繰り返し注視と、眼振、Square-wave jerk が認められたが、これらの探索時間の増加への相対的寄与は小さかった。

以上より SCA 群で視覚探索課題時に認めた視線異常は主にサッカード測定異常による視線の精度低下と、固視障害で、特に視線を多く動かす必要のある serial 探索課題で、探索時間の延長や、正答率の低下と関連していた。視線異常とは関連が小さいと考えられる、繰り返し注視の増加、呈示図形の軽度の識別障害なども見られたが、視覚探索障害への影響は小さかった。

## Part II 視覚記憶課題を用いた脊髄小脳変性症における視線解析

対象は脊髄小脳変性症 19 名 (SCA6 : 12 名、SCA31 : 7 名)、年齢を調整した健常人 19 名。視覚記憶課題 (様々な複雑さを有する図形を一定時間提示し記憶させ、後で再生させる) を行わせた。図形呈示の際の視線を記録し、視覚記憶課題の成績、眼球運動のパラメータを解析し、SCA 群、健常群の比較を行った。

構成要素の少ない単純な図形に対しては、両群とも同様の部位を、視線をあまり動かさずに注視していた。これに対して構成要素の多い複雑な図形を見る際には、両群とも視線を頻繁に動かしながら図形を記憶していた。視覚探索課題時と同様に、SCA 群で主にサッカード測定障害による視線の精度の低下、眼振の緩徐相による固視障害からなる視線異常を認めた。またサッカード測定過大により呈示図形に対する注視の分布が拡大し、各構成要素への注視時間の合計が減少していた。また、SCA 群では全ての呈示図形の視覚記憶成績の低下を認めた。さらに多数の構成要素からなる複雑な図形では、各部分に向けられた合計の注視時間とその要素の視覚記憶成績の間に相関を認めた。複雑な図形では視線を正確に向けないと各部分を認識・記憶できないため、SCA 群でサッカード測定障害による図形要素への注視精度低下がその要素の視覚記憶障害と関連していると考えられた。一方、視線異常との関連が小さいと考えられる単純な図形の記憶再生でも、SCA 群で図形の方向、重なり方、立体構成の間違いなどが認められ、視覚記憶障害、視空間障害の関与もあると考えられた。

## 結論

SCA 群において視覚探索課題で認めた視線異常は主にサッカード測定障害による視線の精度の低下と眼振緩徐相による固視障害であった。視線を呈示刺激に近づけて眼球運動を行い、視覚刺激を一部分ずつ探索、処理する serial 探索課題が特に障害され、探索時間の延長、正答率の低下は、主にサッカード測定障害の為に、注視位置が呈示刺激にうまく近づけないためと考えられた。また固視を維持できないことで視覚認知が障害されていた。

SCA 群において視覚記憶課題でも同様に、主にサッカード測定障害による視線の精度の低下と眼振緩徐相による固視障害からなる視線異常を認めた。サッカード測定過大により各呈示図形に対する注視の分布が拡大し、呈示図形の各部分への注視時間の合計が減少していた。SCA 群では視線を多く動かさない単純な図形でも、視線を多く動かす複雑な図形でも記憶障害がみられた。構成要素の多い複雑な図形では、各要素の注視時間と記憶再生の成績が相関しており、サッカード測定障害による図形要素への注視精度低下がその要素の視覚記憶障害と関連していることが分かった。

即ち視覚探索課題・視覚記憶課題いずれでも、SCA 群では主にサッカード測定障害による視線の精度の低下と眼振緩徐相による固視障害からなる視線異常が生じていることが分かった。SCA 群では視線を多く動かさない課題よりも、視線を多く動かす課題の障害が目立ち、この障害が主にサッカード測定障害による視線の精度の低下と関連があることが分かった。一方、視覚探索課題での繰り返し注視の増加、呈示図形の軽度の識別障害、単純な図形の視覚記憶課題での再生の間違いなど、視線異常と関連の小さい障害も一部あることが分かった。