

## <研究課題> アクセル・ブレーキ踏み間違い防止策提案に向けた、サブリミナル反応抑制機構の運転場面への応用

代表研究者 東京大学医学部附属病院 検査部 講師 代田 悠一郎  
共同研究者 東京大学医学部附属病院 脳神経内科 講師 濱田 雅

### 【まとめ】

一度生じた運動を抑制する能力がアクセルとブレーキの踏み間違い防止策提案に有用との観点から、神経科学の知見を活かして運動解析・反応抑制の解析を行った。要素的な反復運動はパーキンソン病患者で遅延していた。反応抑制課題では、運転に関する質問紙から相対的に攻撃性の高さが疑われる参加者でサブリミナル反応抑制が低下している可能性が示唆された。本研究成果は、今後科学的な運転ミス防止策開発等に有用と考えられる。

### 1. 研究の目的

自動車事故においては、昨今アクセルとブレーキの踏み間違いに起因するものが多く報告されている。これは神経科学見地から、二者択一反応において不適切な反応が抑制できない結果生じる現象と説明しうる。運転技能のように複雑な二者択一反応を制御する神経機構として、申請者はサブリミナルな反応抑制が踏み間違いに関与していると考えた。これは、それまでの行動を抑制するべきか否か明示的に示されない状況での正しい反応抑制・誘導を司る神経機構である。本研究では、高齢者と神経疾患患者において運転特性と運動抑制との関連を明らかにすることを目的とした。

### 2. 研究方法と経過

#### 2-1 研究参加者

健常成人は満60歳以上の25名(女性13名, 平均年齢 ± 標準偏差: 67.5 ± 4.7 歳)を対象とした (healthy control, HC)。この25名は、要素的な運動解析と反応抑制課題の両方に参加した。

要素的な運動解析はパーキンソン病 (PD) 患者においても実施した。PD 患者 27 名 (女性 12 名, 平均年齢 ± 標準偏差: 69.1 ± 8.1 歳) を対象とした。

#### 2-2 運転性向に関する質問紙

\*本項目は、患者群での実施ができなかった。藤本・東による報告 (交通心理学研究 12 卷

1号 (1996)) に基づき、83項目からなる質問紙調査を行った。各項目は、「全くあてはまらない (1)」から「常に当てはまる (5)」の5段階評価で、5つの逆転項目を含む。

結果は前掲文献に従い、運転における攻撃性尺度 (「攻撃性」)、取締りや交通ルールに対する否定的態度尺度 (「ルール否定」)、享乐的運転志向尺度 (「享乐的」)、シートベルト着用に対する否定的態度尺度 (「シートベルト否定」)、「駐車禁止」の無視尺度 (「駐車禁止無視」)、自己顕示・衝動的傾向尺度 (「自己顕示」)、取締りの効果と交通ルール遵守の態度尺度 (「ルール遵守」)、几帳面さ尺度 (「几帳面」)、運転における不安と集中欠如尺度 (「不安」) の9項目に分類した。逆転項目については点数を逆転させたうえで各分類の平均値を算出し、各研究参加者における各分類の値とした。

これら各分類の値につき、2-4 に述べる運動課題との関連を探索した。

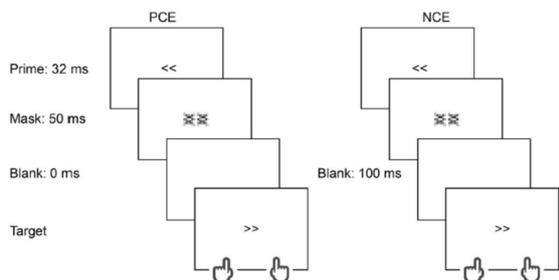
#### 2-3 要素的な運動の解析

上肢の反復動作として指タッピング (finger tapping, FT) を記録した。参加者は椅子に座り、無理のない姿勢でテーブル上に両手を置く姿勢をとった。母指と示指をタップする動作を15秒間行った。動作は赤外線による光学式3Dモーションキャプチャーシステム (Oqus300® Qualisys, Sweden) により記録した。母指と示指の爪部中央, 第2中手指節関節の撓側側面に直径12mmの反射マーカーを設置し、母指と示指のマーカー距離を主な計測項目に設定した。振幅・速度・coefficient of variation (CV) などを計算し、健常参加者とPD患者の比較を行った。PD患者においては、薬剤の効果が切れた off 状態と薬効の保たれている on 状態についても比較検討を行った。

#### 2-4 反応抑制課題

\*本項目は、患者群での実施ができなかった。反応抑制課題として、positive compatibility effect (PCE)、negative CE (NCE)、stop-signal reaction time (SSRT) を計測した。研究参加者は液晶モニタの前に座り、画面に提示される視

覚刺激にボタン押しで反応した。PsychoPy (<https://www.psychopy.org/index.html>) を用いて課題を作成し、Cedrus 社 RB-740 反応パッドにより数ミリ秒単位での反応時間を計測した。PCE・NCE 課題は既報告 (Eimer M, Schlaghecken F. J Exp Psychol Hum Percept Perform 1998) や我々の先行研究 (Shirota et al. Brain Stimul 2019) に基づき実施した。研究参加者は右か左かをボタン押しにより反応し、その反応時間を解析した (下図: 前記先行研究より引用)。右か左かを示すターゲットが出る前に "Prime" が提示されるが、直後に "Mask" が提示されるため Prime は研究参加者には自覚されない。Mask 後の空白時間 (Blank) の長さに応じて、Prime ≠ Target の場合に比べて Prime = Target の時に反応時間が早くなる PCE と遅くなる NCE に分かれることが報告されている。



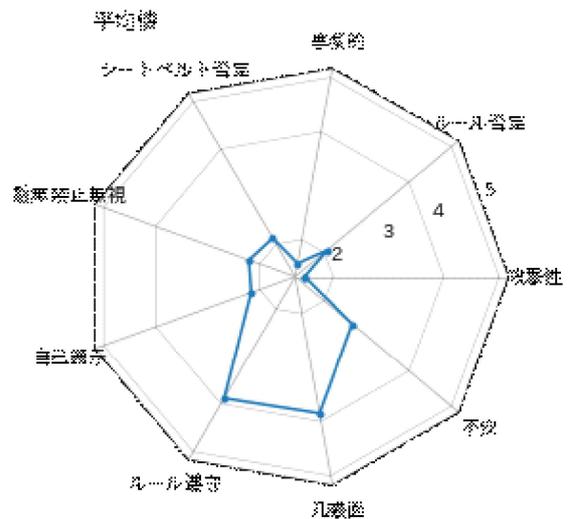
一方の SSRT 課題においては、研究参加者は灰色の背景に白い三角形が現れたらできるだけ早くボタンを押すように指示された。同時に、一定の確率で白い三角形が赤く変化するため、赤く変化した場合はボタン押しを差し控えるようにも指示された。初回の白から赤への変化は 200 ms 後に設定し、研究参加者が抑制に成功した場合次の抑制試行では 33.3 ms 間隔が長くなり、失敗した場合は 33.3 ms 短くなるように設定した (白から赤に早く切り替わった方が抑制しやすい)。全 100 試行のうち 30 試行を抑制課題にあて、残りの 70 試行は Go 試行として正答率・単純反応時間を計測した。

SSRT の算出に当たっては既報告を参照し、抑制試行での誤答率・Go 試行での反応時間分布・最後の抑制試行での白から赤への変化時間の三つの情報から SSRT を求めた (Logan and Cowan. Psychol Rev 1984)。

### 3. 研究の成果

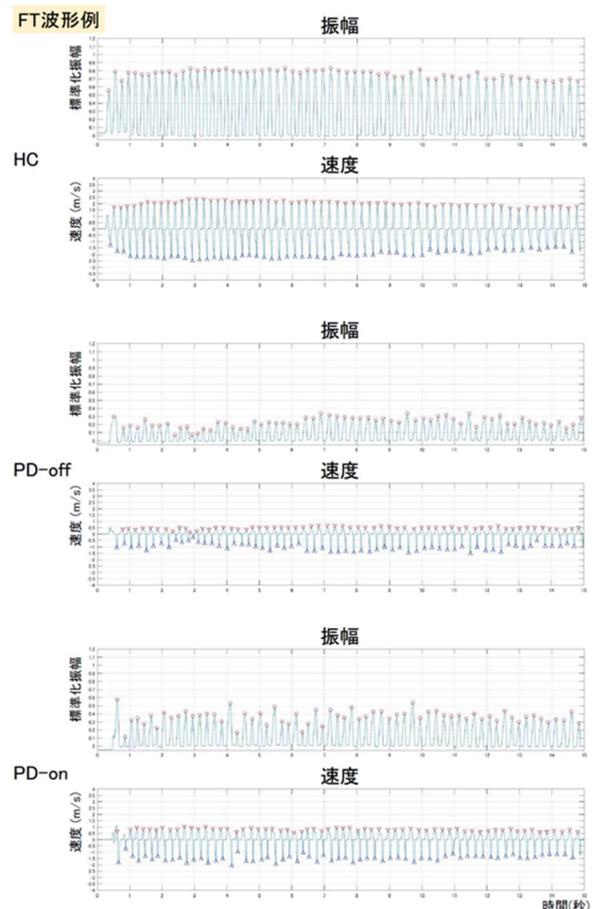
#### 3-1 運転性向の調査

今回の健常参加者は、概してルール遵守意識や几帳面さが高い反面、攻撃性や享乐的運転傾向は低かった。以下に、参加者全員の分類別平均値を示す。



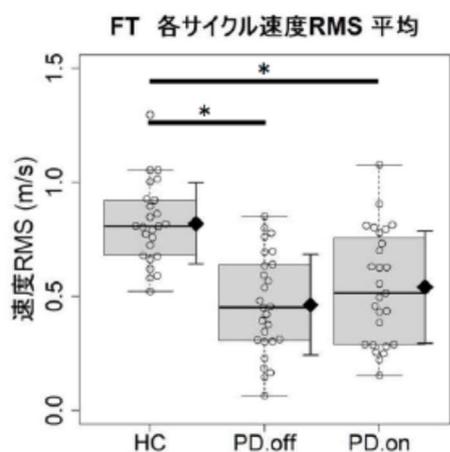
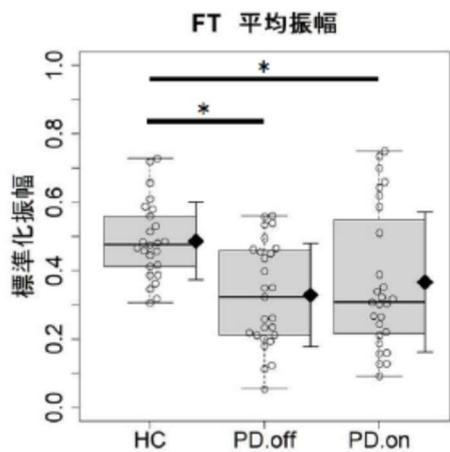
#### 3-2 要素的な運動解析

健常者 (HC)、PD-off、PD-on における代表的な振幅・速度の様子を示す。



HC においては振幅が大きく保たれ速度もおおむね一貫しているのに対し、PD-off では振幅・速度とも低下していた。PD-on では off にくらべやや改善していた。一般に PD 患者では速度が次第に低下する減衰現象がみられるとされるが、生データの視察上はあまり明瞭でない印象であった。

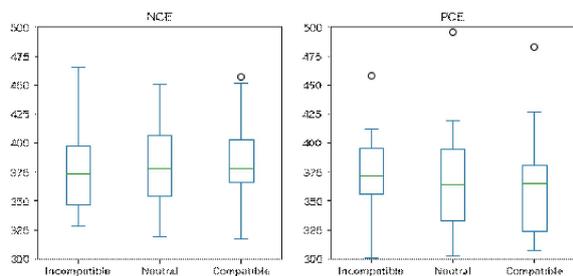
FT の振幅及び root mean square (RMS) 値で表した速度の群監査を以下に示す。



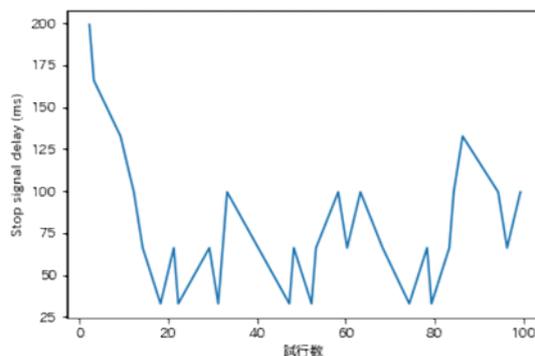
振幅・速度ともに健常者は PD-off・PD-on よりも大きな値で合った。PD-off と PD-on の差異は明瞭でなかった。

### 3-3 反応抑制課題

NCE・PCEの結果を以下に示す。NCEでは incompatible で compatible より、PCEでは compatible で incompatible より反応時間 (ms; y 軸) が早くなるとされるが、今回の結果ではその効果はごくわずかであった。



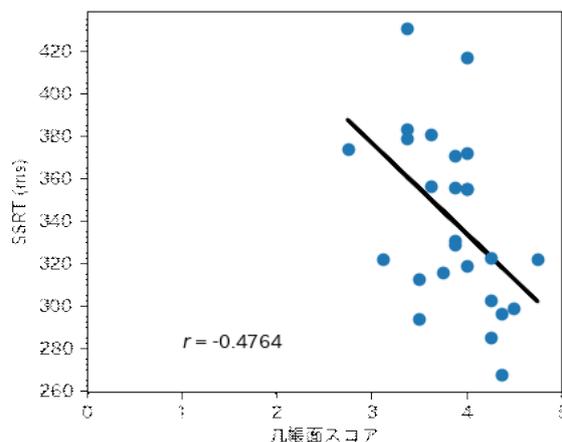
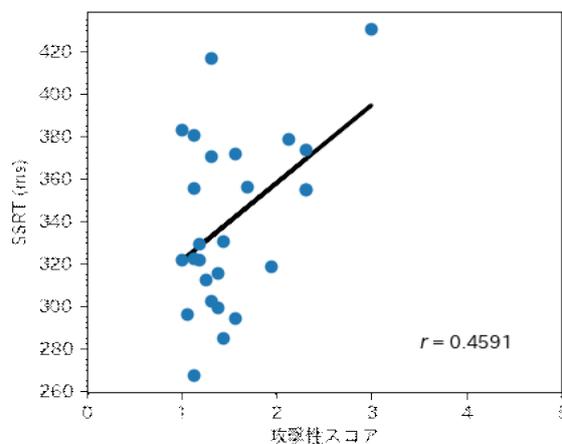
SSRT 課題における白から赤への変化時間 (stop signal delay; SSD) の推移を次に示す。この研究参加者においては、当初抑制に失敗したために SSD が 200 ms から減少してゆき、第 20 試行前後から失敗と成功を繰り返すようになり最終の SSD が約 100 ms であった。このような解析を全例で行った。



参加者全体の SSRT 平均値は 339.6 ms (標準偏差 41.5 ms) であった。

### 3-4 反応抑制と運転特性との関連

NCE・PCE・SSRT と前記 9 項目の運転特性スコアの関連を探索したところ、SSRT と攻撃性スコアとの間に正の相関 ( $r = 0.4591, p = 0.018$ )、几帳面スコアとの間に負の相関 ( $r = -0.4764, p = 0.014$ ) が見られた。SSRT はいったん開始した反応を抑制するために要する時間と解釈されるため、攻撃性スコアが高く几帳面さの低い研究参加者では抑制に要する時間が長い、すなわち抑制が効きにくいことを示唆している可能性があり興味深い結果と考える。



#### 4. 今後の課題

今回、量的に十分な検討ができなかった部分があり、この点が第一の課題である。まず、患者を対象とした研究においては、時間的制約から運転に関する質問紙調査ならびに反応抑制課題が実施できなかった。この点を補完する必要がある。さらに新型コロナウイルス感染症の影響もあり研究参加者を募っての研究が遅延したため、当初予定した内容を完結することができなかった。特に、当初予定していた非侵襲的脳刺激法を用いた検討に着手できなかったため、今後の課題としたい。

内容面では、NCE や PCE において当初想定したほどの反応時間差が出なかった (compatible と incompatible の差が小さかった) 点が挙げられる。既報告に基づき実験パラメータを設定しているものの、実験条件についてさらなる検討が必要な可能性がある。一方の SSRT においては、一部の運転性向との関連が示唆されたものの、意義づけについての考察はいまだ不十分である。

全体としては、質問紙による運転性向・要素的な運動解析・反応抑制課題すべてを統一的に解釈できるモデルを提唱するに至っていない点を今後クリアしてゆきたい。特に、要素的な運動と反応抑制の関係については、現時点で一定の傾向を見いだせていない。健常者と患者で差があるか、課題設定が適切か(前段落も参照)、などにつき検討したい。そのうえで運転特性との間に何らかの関連があるかなど検討する必要がある。

以上、本研究においては運転における攻撃性尺度や几帳面さ尺度が神経科学的に測定可能なパラメータである SSRT と相関する可能性が示されたものの、その意義づけや実際の運転場面への応用などにつきさらなる研究が必要と考えられた。

#### 5. 研究成果の公表方法

1. 佐藤 和也, 濱田 雅, 代田 悠一郎, 小玉 聡, 杉山 雄亮, 宇川 義一, 戸田 達史. 3D モーションキャプチャーを用いたパーキンソン病運動症状の定量的評価 第 61 回日本神経学会総会 (ポスター発表) 2020 年 9 月 岡山
2. 佐藤 和也, 濱田 雅, 代田 悠一郎, 小玉 聡, 戸田 達史. パーキンソン病の上肢反復運動における減衰の客観的計測 第 15 回パーキンソン病・運動障害疾患コンgres 2021 年 7 月 仙台

より全体的な成果については、和文・英文論文での公表を準備中である。