

# イップス罹患者の脳皮質運動野は過剰しているか？

渡邊 龍憲

広島大学大学院医系科学研究科 感覚運動神経科学

## 1. はじめに

イップスは、無意識的な運動による熟練したスポーツ動作の遂行障害と定義され、その発症によって運動選手は以前まで当たり前できていた動作が突然できなくなる。例えば、野球選手は投球コントロールを失い、ゴルフ選手はショットがあらぬ方向に飛んでしまう。近年、トップ・プロスポーツ選手によるイップス症状の告白により、その認知度は急速に高まり、野球やゴルフのみならず、テニスやアーチェリーなど幅広い競技においても同様の症状が報告されている。また、症状が重篤な場合、プロスポーツ選手においては失職の直接的な原因となり、一般競技者においても競技継続が困難となる場合が多い。

イップス発現時には、発揮している力が無意識的に過剰となったり、意図しない力が生じたりすることで、意図する動作が妨げられる。通常、この現象はスポーツ課題特異的に生じるが、単純な運動課題においても観察される場合がある。例えば、イップスを発症したゴルフ選手は、ゴルフ動作のみならず、モニター画面に呈示される視覚刺激にボタンスイッチ反応する課題においても、過剰な筋活動を示すことが報告されている。しかし、この過剰な活動の要因は明らかとなっていない。

そこで、本研究では、運動指令を送る脳皮質一次運動野の活動はイップス罹患者において過剰に興奮しているという仮説を運動開始時に生じる事象関連脱同期を指標として検証することを目的とした。

## 2. 研究方法

### 2.1 研究対象

対象は、イップスを有するスポーツ選手9名と競技歴と年齢が対応するイップス症状のない健全なスポーツ選手9名であった（表1）。本研究は、名古屋大学大学院医学系研究科倫理委員会の承認を得た上で実施した。また、被験者には、事前に本研究の目的や計測方法について説明を行い、実験参加の同意を得た。

表 1. 被験者の年齢、競技、競技歴

Control				Yips			
subject number	age	sport	years of experience	subject number	age	sport	years of experience
1	23	baseball	14	1	24	baseball	12
2	19	baseball	9	2	20	baseball	11
3	34	baseball	10	3	35	baseball	28
4	31	baseball	25	4	33	baseball	9
5	26	baseball	20	5	30	baseball	10
6	26	baseball	17	6	30	baseball	8
7	25	baseball	19	7	25	baseball	12
8	20	baseball	10	8	21	baseball	16
9	21	badminton	10	9	21	badminton	10
mean ± SD	25.0 ± 5.0		14.9 ± 5.7	mean ± SD	26.6 ± 5.6		12.9 ± 6.1

## 2.2 測定方法

被験者は、座位で力センサー（テック技販社製）を側面把持した（図 1a）。最大把持力（maximum voluntary contraction force: MVC）を測定後、被験者は、PC 画面に呈示される視覚刺激に反応して把持する力（発揮筋力）を調整する課題を実施した。PC 画面の上方に、緑色の横方向の二重線と赤色の横方向の二重線を交互に呈示した（図 1b）。被験者による発揮筋力は青色の横方向の一本線として呈示し、発揮筋力の増大により一本線が上方に動くようにプログラムした。被験者には、二重線が緑色に変化したら、できるだけ早く青色の一本線を動かして（発揮筋力を増大して）二重線の上に正確に合わせ、二重線が赤色に変化したらできるだけ早く脱力するように指示した。二重線が緑色の時間は 3 秒で赤色の時間は 5 秒であった。また、ターゲット（二重線の中心）の把持強度は 15%MVC となるように設定した。

各被験者は、難易度の異なる 2 種類の課題を行った。課題の難易度は、視覚フィードバックの大きさ（発揮筋力に対して青色の一本線が上下に動く大きさ）を変えることで調整した（図 2）。視覚フィードバックが大きい場合には、課題の難易度が高くなり、視覚フィードバックが小さい場合には、課題の難易度が低くなる。各被験者は、2 種類それぞれの視覚フィードバックで、21 試行（1 試行 8 秒）を 3 ブロック実施した（合計 6 ブロック）。課題実施中には、脳波計測用生体アンプ（TEAC 社製）を用いて国際 10-20 法の C3（左感覚運動野）のより脳波を計測した。

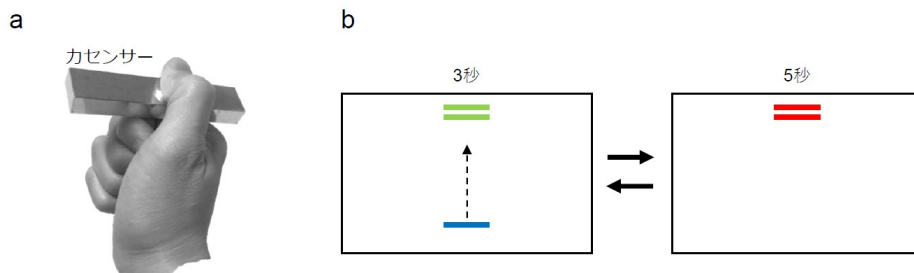


図 1. 側面把持 (a) と視覚刺激 (b)

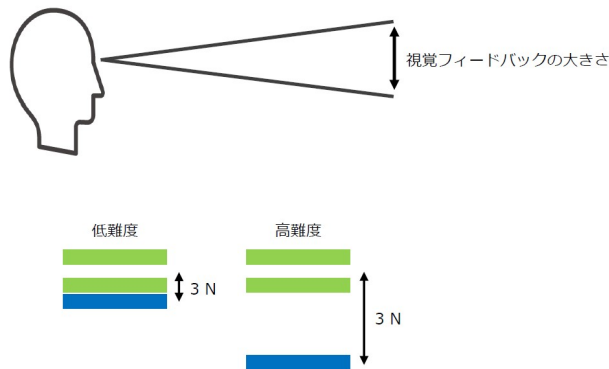


図 2. 視覚フィードバックの大きさの調整

同じ発揮筋力であっても、低難度と高難度で青色の一本線の動く量が異なる。

### 2.3 解析方法

解析には、各ブロックの最初の 1 試行を抜いた 20 試行（各課題 60 試行）を用いた。発揮筋力のデータには、15Hz の高域遮断フィルタを通した。そして、二重線が赤色から緑色に変わってから力を発揮するまでの時間（筋力発揮開始時間）、二重線が緑色から赤色に変わってから脱力するまでの時間（筋力発揮終了時間）、3 秒間の発揮筋力調整時間の後半 1 秒における発揮筋力の精確性（変動係数及び発揮筋力とターゲットの差の平均値（力のずれ））を算出した。

脳波データは、1–45Hz 帯域通過フィルタを通し、筋力発揮開始時間を基準に-2000 ミリ秒から 6000 ミリ秒のエポックに分割した。そして、ノイズの大きいエポックを除外した後に、8 秒間の時間周波数解析を行った。-1000 から-500 ミリ秒をベースラインとして、その平均振幅で除した値を算出した。 $\alpha$  帯域（8–15Hz）の平均値を各経過時間において算出することで、事象関連脱同期の経時変化を定量化した。

### 2.4 統計解析

筋力発揮開始時間、筋力発揮終了時間、変動係数、力のずれについては、グループ（イップス群とコントロール群）と課題難易度（低難度と高難度）を要因とした二元配置分散分析を行った。

$\alpha$  帯の事象関連脱同期については、-1000 ms から 4000 ms の間で 500ms ごとに平均値を算出し、合計 10 区間（-1000 ms から-500 ms まで、-500 ms から 0 ms まで、0 ms から 500ms まで、500 ms から 1000 ms まで、1000 ms から 1500 ms まで、1500 ms から 2000 ms まで、2000 ms から 2500 ms まで、2500 ms から 3000 ms まで、3000 ms から 3500 ms まで、3500 ms から 4000 ms まで）で、グループと課題難易度を要因とした二元配置分散分析を行った。

## 3. 結果

図 3 に筋力発揮開始時間、筋力発揮終了時間、変動係数、力のずれの結果を示す。筋力発揮開始時間については、主効果や交互作用がなかった。筋力発揮終了時間については、グループと課題難易度の主効果があった（グループ： $p = 0.015$ 、課題難易度： $p < 0.001$ ）。変動係数に関しては、課題難易度の主効果があった（ $p = 0.015$ ）。また、力のずれについても、課題難易度の主効果があった（ $p < 0.001$ ）。

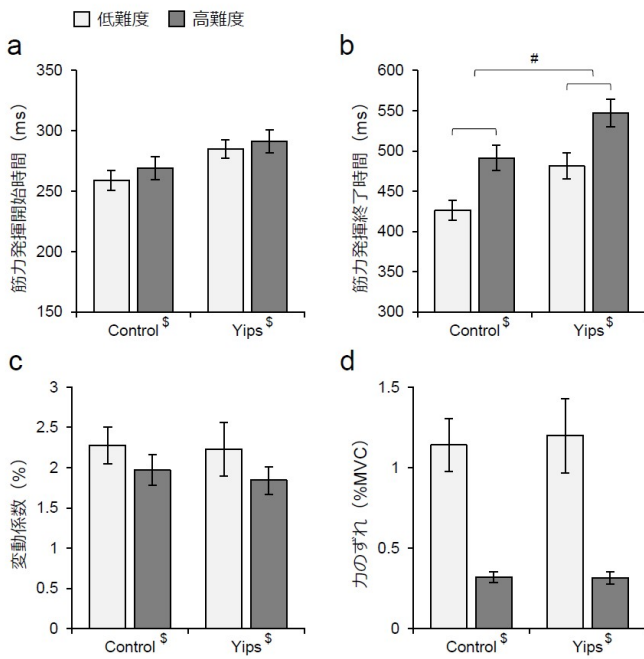


図3. 筋力発揮開始時間、筋力発揮終了時間、変動係数、力のずれの結果  
#はグループの主効果を、\$は課題難易度の主効果を示す。

$\alpha$ 帯の事象関連脱同期の経時変化を図4に示す。統計学的結果については表2に示す。

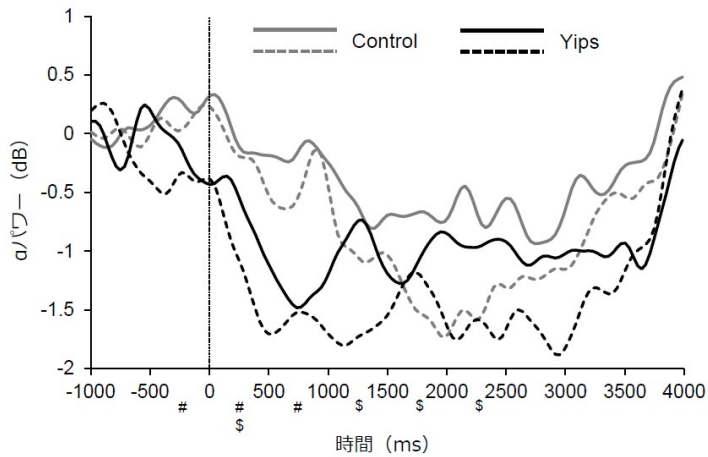


図4. 事象関連脱同期の経時変化

実線は低難易課題を、点線は高難易課題を示す。

#はグループの主効果を、\$は課題難易度の主効果を示す。

表 2. 事象関連脱同期の統計学的結果

	from -1000 to -500	from -500 to 0	from 0 to 500	from 500 to 1000	from 1000 to 1500
<b>group</b>	ns	$p = 0.009$	$p = 0.006$	$p = 0.021$	ns
<b>task</b>	ns	ns	$p = 0.006$	ns	$p = 0.030$
<b>group × task</b>	ns	ns	ns	ns	ns
	from 1500 to 2000	from 2000 to 2500	from 2500 to 3000	from 3000 to 3500	from 3500 to 4000
<b>group</b>	ns	ns	ns	ns	ns
<b>task</b>	$p = 0.020$	$p < 0.001$	ns	ns	ns
<b>group × task</b>	ns	ns	ns	ns	ns

#### 4. 考察

本研究では、力を調整する動作を繰り返す課題実施時に生じる事象関連脱同期について、トップスを有するスポーツ選手（以下トップス群）とトップス症状のない健常なスポーツ選手（以下コントロール群）を比較した。その結果、トップス群では、コントロール群と比較して、運動開始前及び運動開始後早期の時間帯において、事象関連脱同期の程度が大きいことが明らかとなった。また、力を調整する動作を行った後に脱力するまでの時間（筋力発揮終了時間）が、トップス群では、コントロール群と比較して、課題の難易度にかかわらず、遅れていることが明らかとなった。

運動準備時や運動開始時には、大脳皮質感覚運動野において $\alpha$ 帯の同期性活動が減少する（事象関連脱同期）。そして、この減少の程度は脳の活動性を反映すると考えられている。本研究では、トップス群の事象関連脱同期が、運動開始の500 ms前から運動開始後1000 msまで、コントロール群と比較して大きくなっていった。この要因としては、過剰な運動準備が考えられる。トップス発現の要因の一つとして、プレッシャー下での運動で生じるチョーキングが考えられており、チョーキングによるパフォーマンスの低下の原因としては、2つのセオリーが提案されている。一つ目は、ディストラクション・セオリーと呼ばれ、実施している運動課題から注意がそれることによってパフォーマンスが低下すると考えられている。二つ目は、セルフ・フォーカス・セオリーと呼ばれ、必要以上に動作を意識的にモニタリングすることで、これまで自動的に行っていた動作が阻害されると考えられている。したがって、本研究の結果は、トップス群は、自動的に行ってきた動作でなくとも、自身が行っている動作に強く注目し運動開始前に運動準備を過剰に行っていると考えられる。また、一方で、トップスを経験することで、運動準備を必要以上に行うことを動作戦略として学習した可能性も考えられる。すなわち、トップス症状によって低下したパフォーマンスを修正するために自身の動作を意識的にモニタリングするようになり、その結果、過剰に運動準備をするように脳が可塑的に変化したことが考えられる。

事象関連脱同期に加えて、筋力発揮終了時間についても、トップス群の方が、コントロール群と比較して遅くなっていた。この現象は「力を抜くことができない」というトップスを有するスポーツ選手の主観的な感覚と一致する。また、チョーキング以外のトップスの要因として考えられている局所性ジストニアが影響している可能性がある。局所性ジストニアは、字を書く際に手がこわばってしまう書痙や音楽家が演奏する際に手がこわばってしまう音楽家ジストニアが有名であるが、その原因は解明されておらず、感覚運動野や視床、大脳基底核の異常によると推測されている。本研究のトップス群の筋力発揮終了時間が遅延した要因は、ジストニアによる過剰な

筋収縮が原因なのかもしれない。他方、事象関連脱同期の結果で示された過剰な運動準備や自身の動作の過度なモニタリングが要因の可能性も考えられる。すなわち、運動準備や動作中のモニタリングを過剰に行った結果、力を抜く合図が出た際の反応が遅れたことが考えられる。

## 5. まとめ

本研究により、イップス症状を有するスポーツ選手の脳活動は、イップス症状のないスポーツ選手と比較して、運転開始前や運動開始早期に増強していることが示された。また、イップス症状を有するスポーツ選手は、力を発揮後、脱力するまでにより時間がかかることが示された。

## 謝辞

本研究に対し多大な助成を受け賜りました財団法人ミズノスポーツ振興財団に深く感謝申し上げます。

## 参考文献（文末一括）

1. Adler CH, Crews D, Hentz JG, Smith AM & Caviness JN. (2005). Abnormal co-contraction in yips-affected but not unaffected golfers: evidence for focal dystonia. *Neurology* **64**, 1813-1814.
2. Hill DM, Hanton S, Fleming S & Matthews N. (2009). A re-examination of choking in sport. *European journal of sport science* **9**, 203-212.
3. Le Floch A, Vidailhet M, Flamand-Rouviere C, Grabli D, Mayer JM, Gonce M, Broussolle E & Roze E. (2010). Table tennis dystonia. *Movement disorders: official journal of the Movement Disorder Society* **25**, 394-397.
4. McDaniel KD, Cummings JL & Shain S. (1989). The "yips": a focal dystonia of golfers. *Neurology* **39**, 192-195.
5. Rosenkranz K, Butler K, Williamon A, Cordivari C, Lees AJ & Rothwell JC. (2008). Sensorimotor reorganization by proprioceptive training in musician's dystonia and writer's cramp. *Neurology* **70**, 304-315.
6. Smith AM, Malo SA, Laskowski ER, Sabick M, Cooney WP, 3rd, Finnie SB, Crews DJ, Eischen JJ, Hay ID, Detling NJ & Kaufman K. (2000). A multidisciplinary study of the 'yips' phenomenon in golf: An exploratory analysis. *Sports medicine (Auckland, NZ)* **30**, 423-437.
7. Stinear CM, Coxon JP, Fleming MK, Lim VK, Prapavessis H & Byblow WD. (2006). The yips in golf: multimodal evidence for two subtypes. *Medicine and science in sports and exercise* **38**, 1980-1989.