

研究報告

剣道の駆け引きから打突で生じる同期現象

川部 宰也¹⁾・村上 宏樹¹⁾・山田 憲正²⁾

Synchronization Phenomenon Occurs in Strike from Tactics in Kendo

Saiya KAWABE, Hiroki MURAKAMI, Norimasa YAMADA

1. 緒言

多くの対人競技では、勝負を仕掛けるタイミングを探る駆け引きが常に行われており、この一瞬のタイミングをいかに逃さず仕掛ける事ができるかが勝敗を大きく左右すると考えられる。

これまで対人競技、特に一對一の駆け引き局面で観察される特徴に関する研究は数多く行われており、いかに勝負における駆け引きが重要視されているかが分かる。しかしながら、一對一の駆け引きを定量化することは困難であり、その解決策の一つとして、二者の動きを相対位相を用いて表す分析手法がある。例えば、Paul & Zanone (2005) は、テニスのラリー中における両選手の移動軌跡から位置の相対位相を求め、同方向への移動を同位相、逆方向への移動を逆位相と定義した時、同位相と逆位相で安定すること、また方向を切り替えるときに位相も切り替わる事を報告した。また、Kijima et al. (2012) は、向き合った二者の腰にタグを付け取り合うという、武道でみられるような二者間の営みを題材とし、動きを検討した。その結果、タグを取り合う二者の速度の相対位相から、逆位相で安定しながら試技を行う傾向を示した。本研究が着目する剣道においても、Okumura et al. (2012) は、両選手が最も頻繁に位置する間合いの距離

を特定し、さらにその間合いの距離がわずか0.1mずれることによって相手に近づく、もしくは離れる時の速度の位相に転移が生じることを報告している。しかし、これらは二者が駆け引きの中でとる安定な位相のパターン、つまりお互いに攻撃されない安全な局面の特徴を明らかにしたものであり、対人競技にとって最も重要と言える決着がつく瞬間そのものが分析から外されている。

そこで本研究では、両者の速度の相対位相に着目して、剣道競技における打突する瞬間までの駆け引きを定量的に明らかにすることを目的とする。

2. 方法

2-1. 対象者と取得データ

対象者は、男子大学生5名（年齢：20.2 ± 0.4歳、身長：167.7 ± 4.7cm）をとした。また実験では剣道の試合における駆け引き局面が発生しやすいように、一定以上の能力を有したものを選定（競技歴12年以上）した。尚、本実験は、中京大学大学院体育学研究科倫理委員会の承認を得て行った。

測定は16台のモーションキャプチャシステム（MAC3D System Motion Analysis社、200Hz）を用いて、対象者の頭部（面）は両側頭部と後頭

¹⁾中京大学大学院体育学研究科

²⁾中京大学スポーツ科学部

部、腰部は両大転子とその中点、そして竹刀は剣先、鐔元、中心の計9か所に貼付した反射マーカーから、三次元位置座標データを取得した。

2-2. 実験方法

図1に実験構成図を示す。実験試技は、対象者5名の総当りの計100試技を計画した。しかし身長差が際立つとその影響が打突に出る可能性があるため、10cm以上の身長差がある対象者が対戦する組と、最終試技前の対象者1名が疲労を申告してきた組を除いて80試技を行った。実験課題は、以下の2つの制約を設け、その下で実際の試合と同様に一本を取り合ってもらった。そしてこの時、どちらか一方が打突をした時点で終了とし、これを1組10試技実施した。また、一方が打突するまでの実験のため、相打ちが発生した場合は試技数には含めなかった。

1) 打突可能部位

剣道の駆け引きから打突までを定量化した研究は行われていないので、まず、打突までの基本的なパターンを見るために、打突可能部位を「面」のみとし、実験試技を単純化した。

2) 動きの方向

剣道の動きはとても複雑であり、動きを単純化し相対位相を抽出しやすくするために前後方向のみとした。

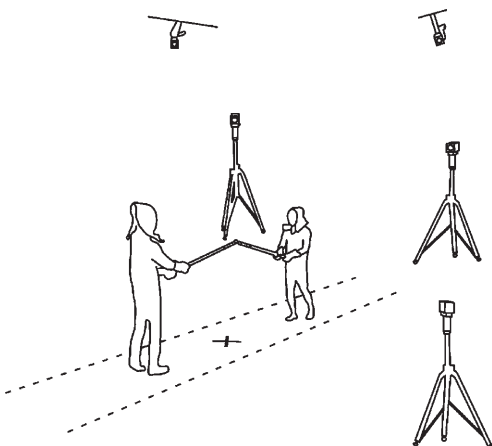


図1 実験構成図

3. 分析方法

3-1. ヒルベルト変換について

図2にヒルベルト変換による相対位相差の求め方を示す。まず、二者の腰部の座標データを数値微分をして速度を算出し、カットオフ周波数5Hzで平滑化した。図2-①の2つの波形は二者それぞれの速度を表しこれを元データとした。次に、この2つの元データにそれぞれヒルベルト変換を用いてデータを変換した。ヒルベルト変換をすることにより瞬間位相が $\pi/2$ ずれた波形がそれぞれ算出できる(図2-②)。そして、元データとヒルベルト変換したデータから同じ瞬間のデータを抜き出し、極座標系に表すことで2つのベクトルとそのなす角を求めた(図2-③)。このように、二者の腰部の速度データと、ヒルベルト変換により変換したデータを、データ1つずつ極座標系に表すことで、時々刻々瞬間位相差を求めた(図2-④)。

3-2. 打突直前の相対位相について

打突直前5秒間を分析対象とし、相対位相を1秒間ごとに分割をした。さらに最後の1秒間は5-1秒の区間と比べると、打突を含むため激しく動く、よってより細かく相対位相を分析するために0.5秒に分割した。

3-3. 同位相・逆位相について

1. 本研究における同位相・逆位相の定義以下に示す方法から、同位相・逆位相・非同期を定義した。

同位相：1秒間もしくは0.5秒間における、 $\pi/6$ 以下の相対位相の発生率が統計閾値(20%)を超えた場合とした。

逆位相：1秒間もしくは0.5秒間における、 $5\pi/6$ 以上の相対位相の発生率が統計閾値(20%)を超えた場合とした。

非同期：1秒間もしくは0.5秒間における、 $\pi/6$ 以下、および $5\pi/6$ 以上の相対位相の発生率が統計閾値(20%)を超えた場合とした。

統計閾値は Varlet&Richardson (2015) の分析

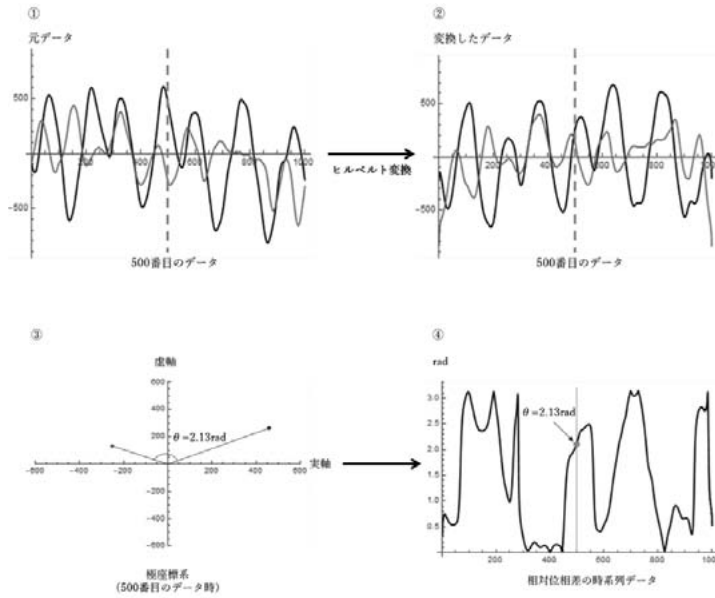


図2 ヒルベルト変換による相対位相差の求め方(データ500番目の時の例)

方法を参考にして決定した。

2. 本研究における同位相・逆位相の両者の動き
 本研究では図3に示すように、方向を決めて分析を行った。二者がお互いに正の方向もしくは負の方向に移動(一方が前進、もう一方は後退)したときを同位相、そして一方が正の方向、もう一方が負の方向に移動(お互いに前進、もしくは後退)したときを逆位相と定義した。

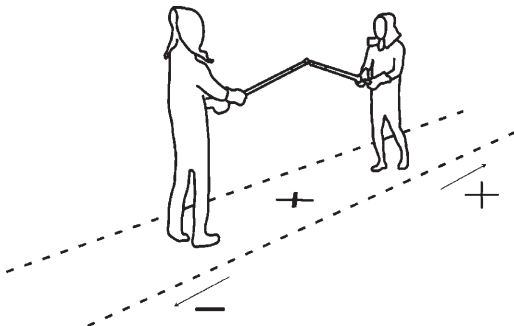


図3 同位相・逆位相の二者の動き

4. 結果・考察

図4、及び図5は打突直前5秒間の相対位相の変化パターンを示す。まず、図4、及び図5か

ら、0.5秒-打の区間において、 $0-\pi/6$ の領域の割合が20%を超えていることが分かる。つまりこれらは同位相であり、80試技中53試技で示された。さらに0.5秒-打の区間が同位相である53試技の中には、図4のように打突直前の3-2秒で $5\pi/6-\pi$ の領域の割合が20%を超えること、もしくは図5のように打突直前の2-1秒で $5\pi/6-\pi$ の領域の割合が20%を超えることから分かるように、逆位相となっていることが確認できた。つまり打突直前に逆位相となり最終的に同位相で打突という相対位相の変化パターンが53試技中39試技で示された。本研究で実施した80試技中39試技がこの結果を示した。剣道では絶えず前後方向に大きく、あるいは小さく動きを繰り返すため、試合中に位相が同位相や逆位相、またはどちらもない非同期がランダムに発生する中で、打突直前に一定の位相の切り替わりの特徴が生じることはとても重要な意味を持つと考えられる。しかし、本研究で示した相対位相の変化パターンは、上述したようにランダムに発生することを考えると、駆け引き中にも生じる可能性がある。そのため、今後の課題は、打突直前5秒よりもさらに前の相対位相の変化パターンにも着目し、打突直前に示

す相対位相の変化パターンと同様のパターンを抽出し、なぜ打突をしないのかを検討していくことである。検討するに当たり、さらに対人距離の指標を加え、打突をする時のパターンを明確にしていく。尚、図4、図5はそれぞれの相対位相の変化パターンを示す。

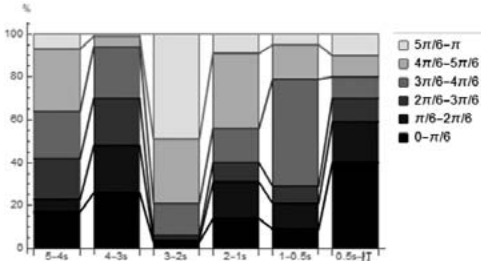


図4 3-2秒で逆位相となる試技の相対位相の変化パターン

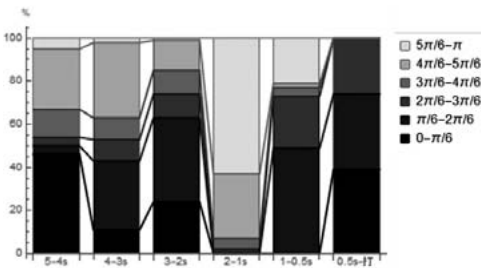


図5 2-1秒で逆位相となる試技の相対位相の変化パターン

結論

本研究では、駆け引きから打突までの二者の動きとして、全体の約半数を占める1つのパ

ターンを発見した。それは打突直前3-2秒もしくは2-1秒時に、二者が逆向きに動く逆位相となり、打突時は二者が同じ向きに動く同位相となることであった。

謝辞

本研究は、中京大学特定研究助成、2020年度中京大学研究所の共同研究費を得て行われた。

文献

Kijima, A., Kadota, K., Yokoyama, K., Okumura, M., Suzuki, H., Schmidt, C. R., & Yamamoto, Y. (2012). Switching Dynamics in an Interpersonal Competition Brings about “Deadlock” Synchronization of Players. *PLOS ONE* 7(11): e47911.

Okumura, M., Kijima, A., Kadota, K., Yokoyama, K., Suzuki, H., & Yamamoto, Y. (2012). A Critical Interpersonal Distance Switches between Two Coordination Modes in Kendo Matches. *PLOS ONE* 7(12):e51877.

Varlet, M., & Richardson, M. J. (2015). What would be usain bolt’s 100-meter sprint world record without tyson gay? unintentional interpersonal synchronization between the two sprinters. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 41, 36-41.

Yannick, P., & Pier, G. Zanone. (2005). A dynamical analysis of tennis: Concepts and data, *Journal of Sports Sciences*, 23(10):1021-1032.