

女子大学空手選手の逆突きおよび刻み突き動作における  
反応時間に関する研究  
—床反力及び動作分析からの検討—

Reaction Times of The Gyaku- and Kizami- tsuki in  
female collegiate karate athletes  
—Analysis from ground reaction forces and kinematics—

亀山 歩\*, 田中 理沙\*, 王 善賜\*\*, 古田 なつみ\*\*\*, 木内 聖\*\*\*  
尹 鉉喆\*\*\*, 藤戸 靖則\*\*\*, 平野 智也\*\*\*, 船渡 和男\*\*\*

Ayumi KAMEYAMA\*, Risa TANAKA\*, Zenshi OU\*\*  
Natsumi FURUTA\*\*\*, Akira KIUCHI\*\*\*, Hyunchul YOON\*\*\*  
Yasunori FUJITO\*\*\*, Tomoya HIRANO\*\*\* and Kazuo FUNATO\*\*\*

Abstract

The purpose of this study was to analyze the kinematics and kinetics of how karate players respond to LED light stimuli and opponents when performing kizami- and gyaku-tsuki. The effects of the distance between the attacker and the opponent, and the differences in event types and levels on the reaction time were also examined. Thirteen female university student karate athletes (kumite international level : n=2, kumite college level : n=6, kata : n=5) participated in this study. Fourteen motion capture cameras and three force plates were used to record kizami-tsuki and gyaku-tsuki movements to LED light stimuli and the opponent. Kinetics and kinematics analysis showed no difference in reaction time to LED light stimuli among kumite, kata, and competition levels, but international level kumite athletes tended to have the shorter reaction time to opponent's movements. In conclusion, our results suggest that international-level kumite players have an excellent ability to predict and judge the movements of their opponents.

*Key words; Reaction times, karate, Kizami- tsuki, Gyaku-tsuki*

\* 国士館大学体育学部 武道学科 (Faculty of Physical Education Department of Martial Arts, Kokushikan University)

\*\* 国士館大学体育研究所 (The Institute of Physical Education, Kokushikan University)

\*\*\* 国士館大学大学院スポーツ・システム研究科 (Graduate School of Sport System, Kokushikan University)

## I. 緒言

空手道の種目は、「形」と「組手」の2つに分類される。中学校体育実践指導全集－武道－<sup>1)</sup>によると、組手の基本動作は、構えから始まり、上半身を用いる攻撃の「突き、打ち」、下半身を用いる攻撃の「蹴り」、防御の「受け・払い」がある。空手道の組手で繰り出される技は、刻み突きと逆突きが組手において主に用いられる<sup>2)</sup>。刻み突きは、構えの姿勢における前脚側の手で素早く相手に突く動作であり、逆突きは後脚側の手で素早く相手に突く動作である<sup>1)</sup>。空手の技においては「身長」「手・足」の長さが大きな要素となるのは間違いないが、スピード、タイミング、間合いの感覚、戦う気持ちの在りどころが肝要となることも述べられている。空手道における組手において限られた時間的・空間的制約の中で相手の動きを予測するスキルやそれに対する正確な判断を下して反応するスキルも重要になる要素であると考えられる<sup>3)</sup>。したがって、本研究は空手道の組手における反応時間を中心に論じるものとする。

一般的に、反応時間は「生体に与えられた刺激に対して反応が起きるまでの時間」<sup>4)</sup>であり、感覚器が刺激を受容し、感覚神経を通して脊椎、大脳に伝達されて情報を処理し、運動神経を通して筋肉に興奮が伝わって反応が起こる。つまり、神経の伝導速度や動作への対応を考える情報処理速度などが複雑に関連する指標の一つである。Moriら<sup>5)</sup>は、男子空手選手と空手未経験者の間の光刺激に対する反応時間と、空手の技を繰り出す映像に反応する時間を比較し、単純な光刺激に反応した時間は、230msから250ms程度であり、統計的に違いはなかったが、選択的に反応する時間が未経験者の約650msよりも100ms程度短いことを報告した。ゆえに、空手選手は、競技における特異的な刺激に対して予測を行い、早めに反応できることが可能である。一方、空手道における反応時間は、部分的な反応（刺激に対してボタンを押すような動作）ではなく、全身による反応

時間として定義される<sup>3)</sup>と考えられるが、実際の組手における相手の動きに対して、各身体部位がどのタイミングで反応し、動き始めて攻撃を開始しているのか調べたバイオメカニクスの研究は見当たらない。

そこで、本研究の目的は、空手選手における、組手という空手の特異的な刺激を用いて、相手の動きに対する空手選手の反応時間を明らかにすることである。加えて、国際レベルと学生レベルの選手を比較して、国際レベルの選手の特徴について検討する。

## II. 方法

### 1. 被験者

被験者は、K大学空手部に所属する女性13名（身長  $160.6 \pm 6.4$  cm、体重  $58.8 \pm 5.0$  kg、年齢  $19.6 \pm 0.7$  歳、競技歴  $13.3 \pm 2.7$  年）を対象とした。被験者の内訳は、世界選手権での入賞経験を持つ国際レベルの組手選手2名（被験者AおよびB）、大学生レベルの組手選手6名（被験者C～H）、形選手5名（被験者I～M）であった。

各参加者には、事前に研究の目的及び測定方法の安全性について十分説明をし、任意による実験参加の同意を得た。また、本研究は、国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科研究論評評価委員会の承認（受付番号：21025）を得た後に実施した。

### 2. 測定機器

測定は光学式3次元動作解析システム（以下VICON、Oxford Metrics Limited社製）および14台の専用高速度カメラ（フレームレート250Hz）を用い、組手動作を撮影した。また、同期された600mm×900mmフォースプレート2台（Type9287C、Kistler社製）、400mm×600mmのフォースプレート1台（Type9287B、Kistler社製）を用いサンプリング周波数1000Hzにて床反力（Ground Reaction Force、以下GRF）の測定を行った。

### 3. 測定試技

被検者はウォーミングアップを十分に行った後、刻み突きと逆突きの練習を行った。刻み突きと逆突きの練習終了後、休息を挟み、被験者の疲労感がないことを確認した。

なお、各試技は全て1対1の対人で行い、それぞれの被検者を相手側の選手（以下、Opponent）と攻撃側の選手（以下、Attacker）と定義した。Opponentは全ての参加者において同一人物が担った。対人間の距離は、Attackerの上腕長（短い間合い）および上腕長1.5倍（長い間合い）で予め規定した。試技は全てOpponentがプレート3に両足を乗せ、Attackerの刻み突きを行う手側の脚をプレート2、反対側の脚をプレート1に乗せるよう指示し、以下の4試技を5本ずつ順番に行わせた。なお、腕長による試技の違いは、1種の試技における腕長1.0倍を5本行った後に腕長1.5倍の試技も行った。各試技を実施するごとに対象者の疲労感を確認し、休憩をはさみながら測定を行うことで、疲労による影響を最小限にするよう努めた。

実験試技は以下の四種類である。

#### ①LED光刺激に対する刻み突き

OpponentはLEDランプを持ち、Attackerはランダムなタイミングで光るLED光刺激に対して、できるだけ早くOpponentに向かって刻み突きを行った。

#### ②LED光刺激に対する逆突き

OpponentはLEDランプを持ち、Attackerはランダムなタイミングで光るLED光刺激に対して、できるだけ早くOpponentに向かって突きを行った。

#### ③Opponentの動作に対する刻み突き

Opponentの動作（前進）に対して、Attackerはできるだけ早くOpponentに向かって刻み突きを行った。

#### ④Opponentの動作に対する逆突き

Opponentの動作（刻み突き）に対して、Attackerはできるだけ早くOpponentに向かって逆突きを

行った。

### 4. データ分析

各試技5本のうち、以下の反応時間（Reaction time、以下RT）が最も早い試技と最も遅い試技を除いた3試技を分析対象とした。また、突きをする手をThrust side（以下、TS）、反対側の手をNon thrust side（以下、NS）と定義して分析を行った。力発揮に関する変数は以下の様に定義した。Attackerの前脚の力発揮時間は、LED光刺激（0秒）からAttackerの前脚の床反力が静止時平均値-3%以下変化する時刻までとした。後脚の力発揮時間は、LED光刺激（0秒）からAttackerの後脚の床反力が静止時平均値+3%以上変化する時刻までとした。それぞれ前脚側の時刻をForce production time in forefoot（以下、FF）、後脚側の時刻をForce production time in rearfoot（以下、RF）とした。各脚のGRF変数およびGRF発生時刻の定義は、以下のような時点とした。また、それぞれLED光刺激（0秒）から各時点までの時間を求めた。前脚のGRFは、FF以降後ろ荷重にするため徐々に減少し、最下点（ForeFoot off、以下FFoff）に達する。反対に、後脚のGRFはFFoff前後で一気に増加し、最高点（RearFoot peak、以下RFpeak）に達した後徐々に減少し、最下点（Rearfoot off、以下RFoff）に至る。なお、前脚はFFoff後に離地するため、約0.2秒間反力がなくなりOpponentに攻撃が届く前に再びGRFが現れる時刻（FFon）も定義した。両足より早い側の時刻をForce production time（以下、FPT）とした。各試技における反応に関する変数は、箱ひげ図で示した。ひげの右端は最小値、左端は最大値を示す。箱の右端は第一四分位数、箱の左端は第三四分位数を示す。箱の中央線は、第二四分位数、箱の×は平均値を示す。

### Ⅲ. 結果と考察

#### A. 国際級組手選手と大学生レベル組手および形選手における Opponent に対する各身体部位の動作開始時間の比較 (図 1)

Opponent に対する短い間合いの上段刻み突き動作の Attacker の各身体部位の動作開始時間を箱ひげ図 (青色) で示した。短い間合いの上段刻み突き動作において、Opponent の頭や TS 肩、TS 腰、TS 膝の動きが LED 光刺激に対する反応時間の値に近い値を示した。この結果は、空手選手が上半身の動きを手がかりに反応すると報告している先行研究と同様の傾向であった<sup>6,7)</sup>。一方、国際級の A および B 選手は、頭を手がかりに反応する傾向がみられたが、A 選手は TS 腰、B 選手は TS 膝が LED 光刺激に対する反応時間の値に最も近い値を示した。このことから、国際級の選手は、短い間合いの刻み突きにおいて、頭を反応の手がかりとしながら、最終的な反応は体幹や下半身の動きをきっかけにして最終的に反応することが推察される。特に B 選手は、LED 光刺激に対する GRF 反応時間と比較して、Opponent に対する各身体部位の動作開始時間が早い傾向であった。組手で行う反応動作は、単純反応動作である LED 光刺激とは異なり、Opponent の動きに応じての反応動作であるため、実際の試合で勝つためには Opponent の動きを素早く予測し、反撃することが求められる。このことから、短い間合いの上段刻み突きにおいて、B 選手は予測・判断に優れた選手であると推察される。

Opponent に対する短い間合いの中段逆突きの各身体部位の動作開始時間を箱ひげ図 (オレンジ色) で示した。短い間合いの中段逆突き動作において、Opponent の TS 肘、TS 腰の動きが LED 光刺激に対する反応時間の値に近い値を示した。Opponent の動きに対する反応は、短い間合いの刻み突きと比較して、上半身の体幹周りの動きを手がかりに反応する傾向がみられた。一方、国際級の A および B 選手は、頭の動きが LED 光刺激

に対する反応時間の値に最も近い値を示した。また、2 選手ともに LED 光刺激に対する反応時間と比較して、Opponent に対する各身体部位の動作開始時間が早い傾向であった。このことから、短い間合いの中段逆突きにおいて、A および B 選手は予測・判断に優れた選手であると推察される。

Opponent に対する長い間合いの上段刻み突きの各身体部位の動作開始時間を箱ひげ図 (灰色) で示した。長い間合いの上段刻み突き動作において、Opponent の頭、TS 肩、TS 肘、TS 拳、TS 腰、TS 膝の動きが LED 光刺激に対する反応時間の値に近い値を示した。短い間合いの上段刻み突きと比較して、長い間合いの上段刻み突きでは、TS 拳の動きを手がかりに反応する傾向がみられた。これは、間合いの距離を変えたためであると推察される。短い間合いの場合、Opponent の TS 拳を手がかりに反応すると、反撃をする前に相手の攻撃を受ける。そのため、短い間合いの刻み突きでは、TS 拳よりも、頭や TS 肩の動きを手がかりに反応していることが考えられる。一方、長い間合いの上段刻み突きでは、Opponent との距離があるため、TS 拳の動きを見てから選手が反応すると考えられる。また、B 選手は短い間合いにおいて、LED 光刺激に対する反応時間と比較して、Opponent に対する各身体部位の動作開始時間が早い傾向であったが、長い間合いでは Opponent の動きを予測するのではなく、各身体部位の動きを見極めてから反応する傾向がみられた。A 選手は、短い間合いの中段逆突きと同様に、LED 光刺激に対する反応時間と比較して、Opponent に対する各身体部位の動作開始時間が早く、Opponent の頭の動きを手がかりに反応している傾向が示された。このことから、長い間合いの上段刻み突きにおいて、A 選手は予測・判断に優れた選手であると推察される。

#### B. LED 光刺激に対する Attacker の反応 (図 2)

LED 光刺激に対する各事象平均値の順序は、FF、RF、FFoff、RFpeak、FFon の順に生じた。

- 短い間合いの上段刻み突き \*p<0.05
- 短い間合いの中段逆突き \*\*p<0.01
- 長い間合いの上段刻み突き \*\*\*p<0.001
- A 国際レベルA選手
- B 国際レベルB選手

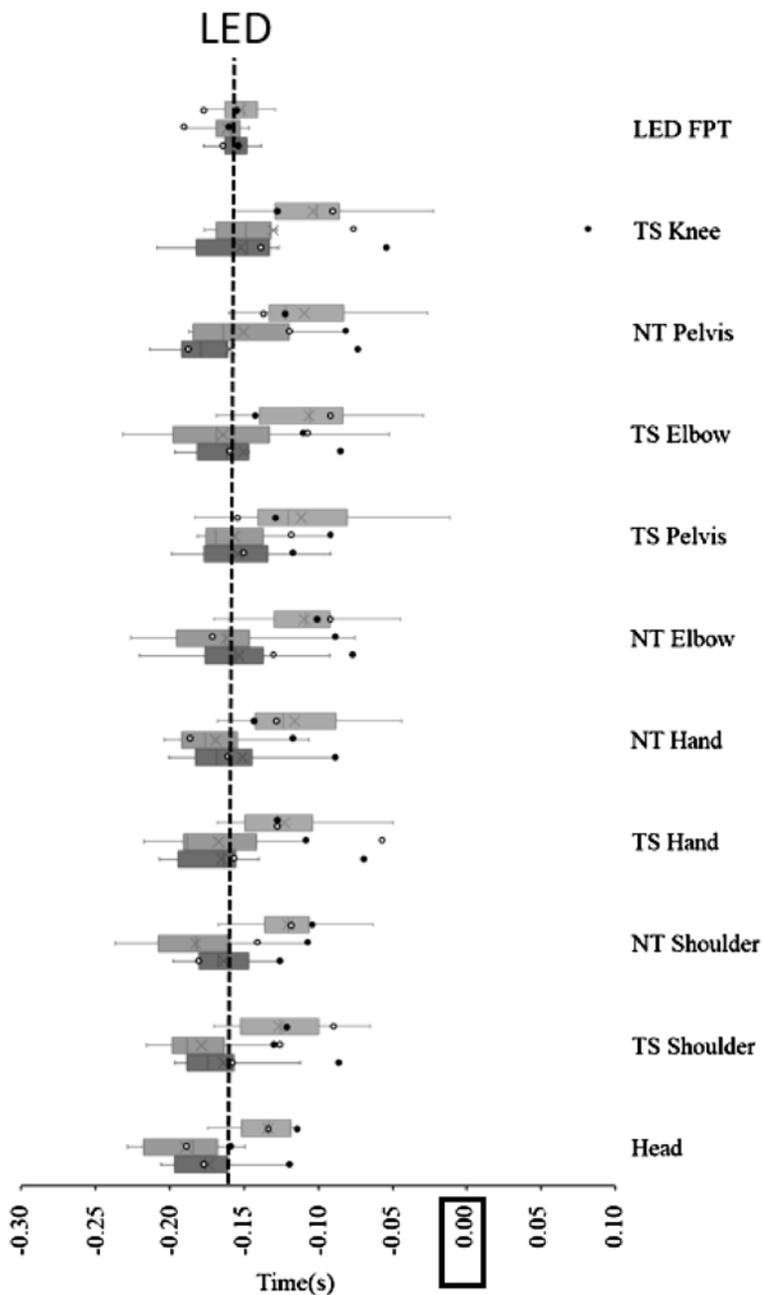


図1 対人試技におけるAttackerの反応に関する変数

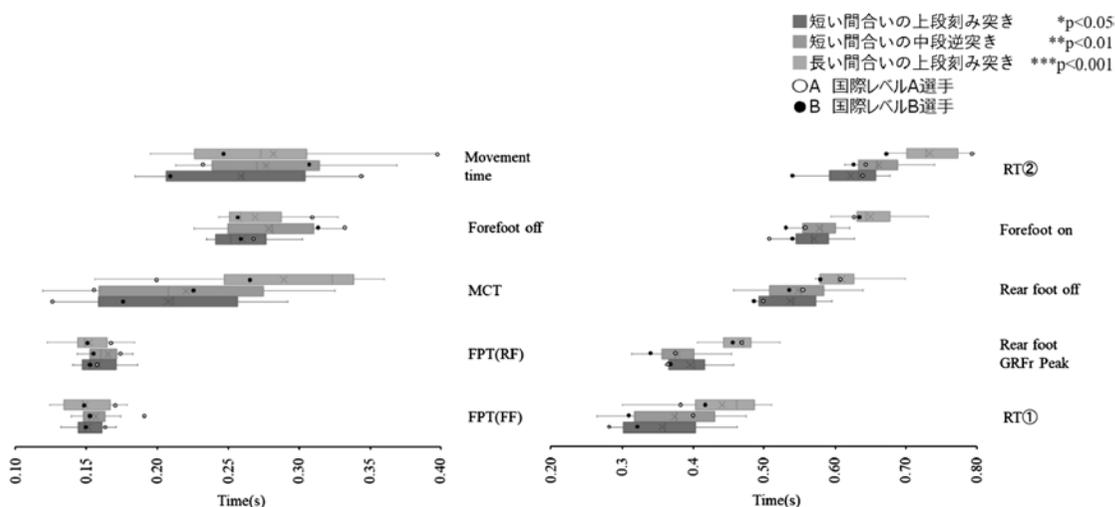


図2 LED試技におけるAttackerの反応に関する変数

また、それぞれの変数の最小値には、種目や競技レベルでの特徴が観察されなかった。しかし、RFpeakは短い間合いよりも長い間合いの方が大きくなる傾向がみられた。これは、短い間合いで大きな力発揮が必要でないことを示していると考えられる。LED光刺激に対する逆突きにおいては、刻み突きと比較して、全身を前方に飛ぶ必要がないため、FFoff、RFpeakおよびFFonの出現時間が遅かった。したがって、逆突きで素早く反応するためには、上肢でのより速い動作が必要になると考えられる。

#### IV. ま と め

本研究は、様々な空手選手を対象に、LED光刺激およびOpponent刺激を用いて、上段刻み突きと中段逆突き動作におけるAttackerの反応時間を調査した。その結果、以下の知見が得られた。

- ① LED光刺激に対する上段刻み突きおよび中段逆突きにおけるAttackerの反応時間には、種目および競技レベルの違いが示されなかった。
- ② Opponentの動作に対する上段刻み突きにおいて、AttackerはOpponentの頭、突き側の拳、

肩および骨盤、非突き側の肩、骨盤および肘の動作をもとに反応していることが推定された。

- ③ Opponentの動作に対する中段逆突きにおけるAttackerはOpponentの頭、突き側の肩、拳および肘、非突き側の肩、拳および肘の動作をもとに反応していることが推定された。
- ④ 国際レベルのAとB選手は、Opponentの動作に対して短い時間で反応していることが示された。

以上の知見より、競技レベルの高い空手選手は、相手の動作を予測・判断する能力に優れていることが示唆された。

#### 参考文献

- 1) 杉山重利, 武道, 日本教育図書センター, 1992.
- 2) Alinaghipour Mahdi Zareian Ehsan, Pooraghaei Ardakani Zahra: The Scoring Techniques in the Final Competitions of the Karate World Championships 2016, Annals of Applied Sport Science, 8: 0-0, 2020.
- 3) 竹澤勇祐 筒井清次郎: 空手のカウンター状況における予測動作の熟練差の検討, スポーツ心理学研究, 42: 2014-1306, 2015.
- 4) 猪飼道男: 全身反応時間の研究とその応用, Olympia, 7: 210-219, 1961.

- 5) Mori Shuji Ohtani Yoshio, Imanaka Kuniyasu : Reaction times and anticipatory skills of karate athletes, Human movement science, 21 : 213-230, 2002.
- 6) Williams A Mark Elliott David : Anxiety, expertise, and visual search strategy in karate, Journal of Sport and Exercise Psychology, Journal of Sport and Exercise Psychology, 21 : 362-375, 1999.
- 7) 坂部崇政 高井秀明 : 空間的遮蔽法による画像刺激を用いた選択反応課題時における空手道選手の情報処理能力について, 武道学研究, 53 : 73-83, 2020.