

## 大学生空手道選手における身体的及び体力的特性 — 組手選手と形選手の比較 —

### Physical and Fitness Profiles of Collegiate Karate athletes — Comparison of Kumite and Kata athletes —

熊川 大介\*, 亀山 歩\*, 田中 理沙\*, 横沢 翔平\*\*

Daisuke KUMAGAWA\*, Ayumi KAMEYAMA\*  
Risa TANAKA\* and Syohei YOKOZAWA\*\*

#### プロジェクト研究の概要:

アスリートの競技力向上には各種目の運動強度を捉えるとともに個々の体力レベルに応じたトレーニング強度の示唆が不可欠となる。各競技種目の運動強度やアスリートの至適トレーニング強度はフィットネス測定等を実施して得られる体力的特徴や生理学的指標を用いることで評価が可能である。

本プロジェクト研究では、アスリートを対象として、各競技種目における身体的特性及び体力レベルを生理学的指標を用いて定量化するとともに、それを用いたトレーニングによる身体的適応を評価することを目的とする。本年度は空手道選手における、体力的特性について、男女・競技種目別に検討した。

#### 1. 緒 言

空手道競技における国際競技力は、世界ランキング上位32位（プレミアリーグに出場できる順位）を一つの目安としてとらえることができる。2023年1月現在の日本の組手種目は男女各5階級

のうち最大3名がランクインしており、男子8名、女子10名である。一方、形種目には階級はなく、男子9名、女子6名がランクインしており、組手種目に比べ形種目の方が、国際的な競技力は高い傾向にあるといえる。

空手道競技における組手種目は、突き・蹴り・打ちなどの技を対峙する相手に直接当てることでポイントを取り合う種目であり、審判員が選手の個々の「動きかた」の有効・無効の判定を行うことによって競技が行われる判定スポーツ的な要素を持つ。一方、形種目は、直接相手と対峙することはなく、四方八方にいる架空の相手との攻防を表現する種目である。正確な立ち方、力強くスピードのある技、流れるような動きなどが必要とされ、演武した形を得点化し、競う採点系の種目である。このように、同一の空手道競技でありながら、組手と形では競技パフォーマンスの決定方法が異なることから、求められる体力要素にも相違が生じることが予想できる。組手種目に求められる体力要素は、対峙する相手の動きに対する反応速度、反応してから素早く技を出す、または相手の技を回避する能力、そして高い緊張状態で約3

\* 国士舘大学体育学部 (Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

\*\* 国士舘大学体育学部附属体育研究所

(Institute of Health, Physical Education and Sports Science, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

分間の試合を戦い切る持久的運動能力等が挙げられる。一方、形種目は単独で行う個人形、3名で同時に演武する団体形の2種目があり、動作スピード、パワー、運動制御能力が求められ、演武する形によって試合時間は異なるが、2分～5分の演武を最後まで戦いきる持久的運動能力等は要求されると考える。

これまでの先行研究では、空手選手あるいは空手愛好家の体力特性を明らかにした研究は多く行われている<sup>1)</sup>が、組手選手と形選手の異なる強度のパワー発揮能力を比較した報告は見受けられない。空手道選手のパワー発揮能力を男女別・種目別に明らかにすることで、専門種目に応じた体力レベルを整理できることに加え、客観的な指標に基づいたトレーニング計画立案のための重要な資料となり得る。

そこで本研究では、男女空手道選手における身体組成及び異なる強度でのパワー発揮能力における種目差及びそれらの関連性について検討することを目的とした。

## 2. 方 法

### 1) 被検者

被検者は、大学空手道部に所属する男子選手52名、女子29名の計81名を対象とした。全被検者は、年間を通じて「形」と「組手」のいずれかのトレーニングを継続的に行っていた。

本研究では、各被検者が専門としている種目を紙上により調査し形と組手の選手に分類した。各群における被検者数及び身体的特性は平均値と標準偏差値でTable 1に示した。なお、体脂肪率及び徐脂肪量 (FFM) については、体組成測定器 (TANITA社製) を用いてインピーダンス法により測定した。

全ての被検者には、研究の目的及び内容等について十分説明し、本研究への任意による参加の同意を得た。また本研究は、所属機関の倫理審査委員会の承認を得て行われた。

### 2) 超最大運動能力の測定

#### a) 跳躍能力

本研究では、動作制限なし (VJ)、腕振り無し (CMJ)、腕振り反動無し (SJ) の3条件の垂直跳びを実施した<sup>12)</sup>。CMJは、手を腰に当てた状態で反動を使用した跳躍、SJは跳躍開始時の姿勢を膝関節角度90度と規定し膝関節と股関節の屈曲運動も制限した跳躍を行った。すべての跳躍試技は、センサー入りのマットの上で行い離地から接地までの滞空時間から各跳躍試技における跳躍高を算出した。いずれも最大努力で2回ずつ実施し、最高値を個人値として採用した。

#### b) 最大パワー発揮能力

最大パワー発揮能力の測定には、空気抵抗とマグネット抵抗を併用した自転車エルゴメーター

Table 1. 種目別の被験者数及び身体的特性

	Events	n	Height (cm)	Weight (kg)	Fat (%)	FFM (kg)
Male	Kata	19	168.3 ± 4.2	68.6 ± 4.3	12.1 ± 3.1	59.4 ± 3.5
	Kumite	33	172.7 ± 5.8 *	71.4 ± 7.4 *	13.9 ± 3.6 *	62.1 ± 5.1 *
Female	Kata	11	156.1 ± 4.9	53.1 ± 4.3	23.0 ± 4.1	40.8 ± 2.7
	Kumite	18	162.6 ± 5.5 *	57.9 ± 4.9 *	23.4 ± 3.9	44.5 ± 3.0 *

FFM: Fat free mass

Values are expressed as mean ± SD

\* indicates significant difference between Kata and Kumite.

Wattbike pro (Wattbike社製) を使用して6秒ピークパワーテストを実施した。本測定機器は、ロードセルによりペダリング中にクランクを通してチェーンに加える力が直接的に計測され、発揮されるパワーの絶対値が表示される。被験者は十分なウォーミングアップの後に最大努力による自転車ペダリング運動を6秒間行った。得られた測定値のうち、最も高いパワー値をピークパワー (PP) として採用し、さらにPPを体重で除した値 (PP/BW) を算出した。

### c) 全身反応時間

全身反応時間は、全身反応測定器 (アプライド オフィス社製) を用いて測定した。全身反応時間はランプが点灯してから両脚が離れるまでの最短時間を測定した。

### d) 最大運動能力の測定

最大運動能力の測定は、Wattbike pro (Wattbike社製) を使用してマックス・ランプテストを実施し、運動継続時間及び最終到達パワー (All-out power : AOP) によって評価した。被験者は、モニターで発揮パワーを確認しながら1分ごとに段階的にパワーを漸増させ、オールアウト (設定されたパワー発揮を維持できなくなった時点) までペダリング運動を行った。男子は1ステージ目の50wから1分毎に25wずつ、女子は40wから20wずつパワーを増加させた。また、マックス・ランプテストにおける負荷調整は、マグネット抵抗は1に設定した状態ですべてのステージにおいて空気抵抗を変化させる空気調整レバーで調整した。1ステージ目の空気調整レバーは「1」にセットし、男子は1分ごとに0.5ずつ、女子は2ステージ以降0.5あるいは0.3ずつ増加させ、いずれのステージも回転数が80-90rpmで設定されたパワー発揮が行えるように調整した。なお、本研究ではオールアウトに至ったステージは30秒以上運動を継続できたステージを採用した。即ち、最終ステージの運動時間が30秒以内の場合は、前ステージ

終了時をオールアウトとみなした。

## 3) 統計処理

本研究における全ての測定値を平均値±標準偏差 (SD) によって示した。各専門種目間の有意差検定は、対応無しのt検定により行った。また、各項目間の相関関係はピアソンの相関分析によって有意性の検定を行った。統計処理の有意性は危険率5%未満で判定した。

## 3. 結果と論議

Table.1は、身長、体重、体脂肪率、徐脂肪量を男女別、種目別に示したものである。身長、体重及びFFMは男女ともに組手選手が有意に高い値を示した。また、男子の体脂肪率は、形選手 ( $12.1 \pm 3.1\%$ ) が組手選手 ( $13.9 \pm 3.6\%$ ) に比べて有意に低い値を示した。女子の体脂肪率は  $23.0 \pm 4.1\%$  (形) と  $23.4 \pm 3.9\%$  (組手) であり両種目間に有意な差は認められなかった。本研究における男子選手の体脂肪率は、先行研究<sup>6) 7)</sup>で報告されている日本人シニアエリート選手の平均値 ( $7.5 \pm 1.6\%$ <sup>6)</sup>,  $10.7 \pm 2.0\%$ <sup>7)</sup>) と比較すると、形、組手選手ともにやや高い値であった。しかし、これまでの先行研究で得られた国内外の男子空手選手の体脂肪率の分布をみると、おおよそ7.5% (日本)<sup>6)</sup> から16.8% (ポーランド)<sup>11)</sup> の範囲である<sup>2)</sup>。それぞれ評価に用いた機器や測定プロトコルは異なるが、本研究の男子選手における体脂肪率は国内シニア選手の中では高く、海外選手との比較では標準の範囲内と判断することができる。いずれにしても本研究の結果から組手と形の選手の体組成を評価する場合、男女ともに組手選手の方が身体サイズが大きく、しかも骨格筋量及び脂肪量も多いことが明らかになった。

Table.2は、跳躍能力及び全身反応時間を男女別、種目別に示したものである。本研究で実施した3種類の跳躍高は、男女ともに組手と形の選手間に有意な差は認められなかった。一方、男

Table 2. 跳躍能力及び全身反応時間の比較

	Events	VJ (cm)	CMJ (cm)	SJ (cm)	RT (sec)
Male	Kata	52.1 ± 5.6	45.4 ± 5.2	41.2 ± 5.7	0.332 ± 0.030 *
	Kumite	51.2 ± 6.5	45.5 ± 5.4	41.5 ± 5.5	0.352 ± 0.035
Female	Kata	37.4 ± 4.1	32.5 ± 5.1	31.2 ± 5.3	0.359 ± 0.028
	Kumite	37.2 ± 4.6	33.0 ± 4.3	30.4 ± 4.1	0.358 ± 0.046

VJ: Vertical Jump,  
CMJ: Counter movement jump,  
SJ: Squat jump,  
RT: Reaction time

Values are expressed as mean ± SD

\* indicates significant difference between Kata and Kumite.

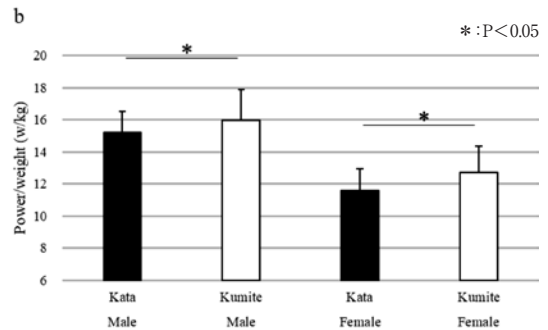
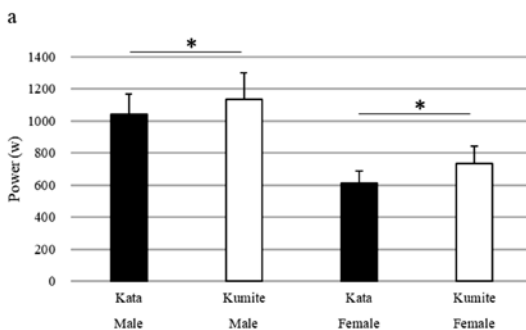


Fig.1. 6秒全力ペダリング中のピークパワー (a) 体重当たりのピークパワー (b) の比較

子の全身反応時間においては、形選手 (0.332 ± 0.030sec) が、組手選手 (0.352 ± 0.035sec) に比べて有意に短い値を示した。反応動作は、状況変化や刺激を脳で認識し、脳から筋への収縮命令が出され、筋が収縮して関節が運動することによって起こる<sup>9)</sup>。これには、刺激に対して速やかに反応することに加え、身体の姿勢や位置の変換を素早く行う能力も含まれており、筋のパワー発揮や動作の巧緻性にも関係する指標とされている<sup>9)</sup>。空手道選手における全身反応時間に関する先行研究では、競技レベルによって反応時間が短くなる報告<sup>4)</sup>と、有意差がみられない報告<sup>8) 12) 10)</sup>が存在する。Fontani et al<sup>4)</sup>の報告では、3段と4段の段位を有する空手道選手は、1段と2段の選手に比べて反応時間が速いことを示している。一方、Layton<sup>8)</sup>、Williams and Elliott<sup>12)</sup>及びMori et

al<sup>10)</sup>の報告では、異なる競技レベルの空手道選手間で有意差が認められていない。従って、長期間における空手道に関するトレーニングにより全身反応時間は著しく向上する体力要素ではないか、ある程度の空手経験を有する者であれば競技レベルの高低に関わらずほぼ同程度の数値を示す可能性が考えられる。本研究においても、対峙する相手がいない競技形式である形選手のほうが組手選手よりも反応時間が短いことから、空手道選手は競技形式に関わらず身体の姿勢や位置の変換能力に優れるのではないかと考えられる。

Fig.1は、6秒間全力ペダリングテストにおけるPP及びPP/BWを種目間で比較したものである。PP及びPP/BWは、男女ともに組手選手が形選手に比べて有意に高い値を示した。この結果は、短時間におけるパワー発揮能力は、男女とも身体

サイズに関係なく組手選手の方が優れることを意味している。この結果の要因としては、組手種目と形種目の運動-休息の競技構成が異なることが挙げられる。組手における運動時間と休息時間について調査したBeneke et al<sup>1)</sup>の報告によれば、運動:休息の比率は2:1であることが示されており、その運動時間中には高強度なアクションが1~3秒程度継続することを示唆している。また、Iide et al.<sup>5)</sup>の先行研究では、空手の3分間のスパarring中に攻撃および防御テクニックを行った平均累積時間は約19.4秒であることを報告している。これらの先行研究から、組手は極めて短時間の高強度の運動が、回復時間を挟んで断続的に行われる構成であることが予想できる。このような短時間-高強度のパワー発揮の繰り返しは、エネルギー供給機構の面から考えるとATP-PCr系に依存した単位時間当たりのエネルギー生産速度の最大値が関係しており、必然的に組手選手に求められる体力的要素としては爆発的パワー発揮能力が挙げられる。

Fig.2は、マックス・ランプテストにおけるAOP及びAOP/BWを男女別、種目別に示したものである。AOPは男女とも種目間に有意な差は認められなかったが、男子のAOP/BWにおいては形選手が組手選手よりも有意に高い値を示した。有酸素性作業能力は、空手のトレーニング中、試合中の疲労を抑制し、さらに連続した試合間におけるエネルギーの回復プロセスを改善する指標

にもなるため、組手、形を問わず空手道選手が持ち合わせるべき基本的な体力要素といえる。有酸素性作業能力の指標であるVO2maxに関するこれまでの先行研究では、国内外の空手道選手のVO2maxは、男子が47.8±4.4から61.4±2.6ml/kg/min、女子は32.8±4.1から42.9±1.6ml/kg/minの範囲であることが報告されている<sup>6)</sup>。また、エリート組手選手と形選手で比較したDoria et al<sup>3)</sup>の報告では、男子組手選手が48.5±6.0ml/kg/min、形選手が47.8±4.4ml/kg/min、女子組手選手が42.9±1.6ml/kg/min、形選手が42.4±1.0ml/kg/minであり、ともに種目間に有意な差は認められていない。本研究におけるAOPについても、種目間に有意な差が認められなかった結果を考えると、空手の場合、組手と形の競技形式の違いによって有酸素性作業能力はそれほど強く影響を受けるものではなく、むしろ競技以外のトレーニング刺激に寄与するところが大きいのではないかと考えられる。

さらに本研究では、動作制限なしの跳躍高(VJ)、6秒全力ペダリングにおけるピークパワー(PP)、マックス・ランプテストにおける最終到達パワー(AOP)の相関関係を調べることで、組手と形選手における各強度のパワー発揮能力の関連性について検討した。Table 3は、VJ、PP、AOPの相関係数を男女別種目別に示したものである。男女ともに組手選手はPPとAOPの間に有意な相関関係が認められた(p<0.05)が、形選

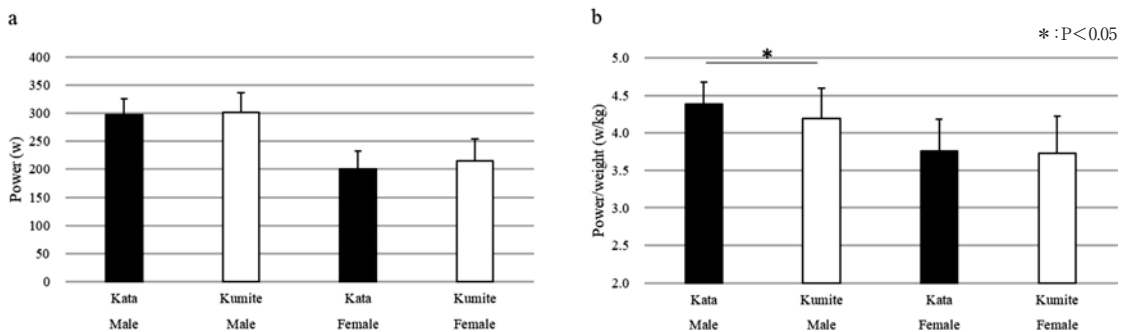


Fig.2. 最終到達パワー (a) 及び体重当たりの最終到達パワー (b) の比較



Table 3. ピークパワー (PP) と最終到達パワー (AOP) 及び垂直跳び (VJ) の相関係数

	Events	PP vs AOP	VJ vs PP
Male	Kata	0.348	0.481 *
	Kumite	0.575 *	0.153
Female	Kata	0.327	0.770 *
	Kumite	0.741 *	0.255

\* indicates significant correlation coefficient ( $p < 0.05$ ).

手は両者の関係に有意性は認められなかった。一方、形選手は男女ともにVJとPPの間に有意な相関関係が認められた ( $p < 0.05$ ) が組手選手は両項目間の有意性は認められなかった。これらの結果は、単発の動作で瞬間的に発揮されるパワー、動作の連続性が高く爆発的に発揮されるパワー、最大運動時に発揮されるパワーの関係性が種目によって異なることを意味している。これは両種目における年間体力トレーニングの進行状況によって左右される関係性であるため、一概に組手と形の特徴と結論付けることはできないが、少なくとも本測定を実施した5月-6月期における大学生選手に限っては、形選手はより短時間高強度のパワー発揮能力の関係 (VJ vs PP) が強く、組手選手は持久的運動能力と爆発的パワー発揮能力の関係が強い時期であることが明らかになった。

#### 4. 要 約

本研究では、男女空手道選手における身体組成及び異なる強度でのパワー発揮能力における種目差及びそれらの関連性について検討した。

その結果、以下の知見が得られた。

- 1) 男女ともに組手選手の身体サイズが大きく、しかも骨格筋量及び脂肪量も多いことが明らかになった。

- 2) 跳躍高は男女ともに組手と形の選手間に有意な差は認められなかったが、男子の全身反応時間においては、形の選手が、組手選手に比べて有意に短いことが明らかになった。
- 3) 6秒間全力ペダリングテストにおけるピークパワー及び体重当たりのピークパワーは、男女ともに組手選手が形選手に比べて有意に高いことが明らかになった。
- 4) マックス・ランプテストにおける最終到達パワーは両種目とも同程度であったが、男子のAOP/BWにおいては形選手が組手選手よりも有意に高い値が認められた。
- 5) 男女ともに組手選手はピークパワーと最終到達パワーの間には有意な相関関係が認められ、形選手は最大跳躍高とピークパワーの間に有意な相関関係が認められた。

本研究は、国士舘大学体育学部附属体育学研究所の2022年度研究助成によって実施した。

#### 参考文献

- 1) Beneke R, Beyer T, Jachner C, Erasmus J, Hütler M. Energetics of karate kumite. Eur J Appl Physiol, 92 : 518-23, 2004
- 2) Chaabène H, Hachana Y, Franchini E, Mkaouer B, Chamari K. Physical and Physiological Profile of Elite Karate Athletes. Sports Medicine, 42, 829-843, 2012

- 3) Doria C, Veicsteinas A, Limonta E, Maggioni MA, Aschieri P, Eusebi F, Fanò G, Pietrangelo T. Energetics of karate (kata and kumite techniques) in top-level athletes. *Eur J Appl Physiol*, 107 : 603-10, 2009
- 4) Fontani G, Lodi L, Felici A, Migliorini S, Corradeschi F. Attention in athletes of high and low experienced engaged in different open skill sport. *Percept Motor skill*, 102 : 791-805, 2006
- 5) Iide K, Imamura H, Yoshimura Y, Yamashita A, Miyahara K, Miyamoto N, Moriwaki C. Physiological responses of simulated karate sparring matches in young men and boys. *J Strength Cond Res*, 22 (3) : 839-44, 2008
- 6) Imamura H, Yoshimura Y, Uchida K, Tanaka A, Nishimura S, Nakazawa A T. Heart rate, blood lactate responses and rating of perceived exertion to 1,000 punches and 1,000 kicks in collegiate karate practitioners. *Appl Hum Science*, 16 (1) : 9-13, 1997
- 7) Imamura H, Yoshimura Y, Uchida K, Nishimura S, Nakazawa A T. Maximal oxygen uptake, body composition and strength of highly competitive and novice karate practitioners. *Appl Human Science*, 17 (5) : 215-8, 1998
- 8) Layton C. Reaction+movement-time and sidedness in Shotokan karate students. *Percept Motor Skill*, 76 : 765-6, 1993
- 9) 松林武生. フィットネスチェックハンドブック : 体力測定に基づいたアスリートへの科学的支援. 大修館書店, 2020
- 10) Mori S, Ohtani Y, Imanaka K. Reaction time and anticipatory skills of karate athletes. *Hum Mov Science*, 21 (2) : 213-30, 2002
- 11) Sterkowicz-Przybycien KL. Body composition and somatotype of the top Polish male karate contestants. *Biol Sport*, 27 : 195-201, 2010
- 12) Williams AM, Elliott D. Anxiety, expertise and visual search strategy in karate. *J Sport Exerc Psycho*, 21 : 362-75, 1999