

学位論文の要旨

論文題目 柔道大外刈に関するバイオメカニクス的研究
A biomechanics analysis of the judo osoto-gari technique

広島大学大学院総合科学研究科

総合科学専攻

学生番号 D192599

氏名 劉凌駿

背景と目的

柔道の投技である大外刈は、試合や練習でも頻繁に施技される足技の一つである。柔道の総本山である講道館では、初心者の習得が容易な「第一教」から高度な技である「第五教」まで40本の投技を示している。そのうち、大外刈は施技動作が比較的に簡単であることから、「第一教」に位置付けられている(Kano, 1994; 松本, 1975)。大外刈はその名のとおり「相手の両足外から大きく片足を振り上げて刈る」ということを意味し、実際に施技する時、足で刈るだけでなく、両手と上半身で働いた押す力と刈足で働いた刈る力を同時に作用させて、相手の体を後方に大きく回転させて押し倒すとされている(Daigo, 2005; Imamura & Johnson, 2003; Kano, 1994; Yamashita, 1992)。

これまでの大外刈に関する先行研究は非常に少なく、動作のメカニズムに不明な点が多いのが現状である。また、既存の指導書では各著者の経験則での記述が殆どであり、明確な数字などを用いた解説は見られず、具体性が乏しく、柔道経験が浅い学習者にとってはやや難解な技になるのではないかと考えられる。さらに近年、学校体育における大外刈動作による頭部・頸部損傷等の受傷事故が頻繁に発生したことから、深刻な社会問題として議論されるようになってきている。研究者らは大外刈施技動作に関する分析ではなく、頭部が受ける衝撃など、事故防止の方策に重点を置いた研究が顕著に出現している(Hashimoto et al., 2015; Ishikawa et al., 2020; Koshida et al., 2016, 2017; Murayama et al., 2013, 2020; Nakanishi et al., 2021)。従って、筆者は大外刈のパフォーマンス向上や技術向上の要因を探るには、全身のメカニズムに着目してバイオメカニクスの手法から研究することが必要であると考え、本研究に着手した。

本博士論文では、運動学・動力的な観点から、バイオメカニクスの手法を用いて大外刈を計測・分析し、パフォーマンス向上の技術要因の解明や、初心者指導における科学的アプローチに貢献することを目的とした。

本博士論文の構成

本博士論文は、5つの章から構成される。第1章では、柔道大外刈をバイオメカニクスの研究することの意義を述べ、本博士論文の研究目的を提示した。第2章では、柔道大外刈をバイオメカニクスの研究した先行研究をレビューし、これまでに得られている知見とこれから研究すべき課題を整理することで、具体的な研究テーマと作業仮説を提示した。第3章では、黒帯選手と白帯選手を対象に、柔道大外刈の動作に関する運動学的研究を行い、大外刈における上半身と刈足の連動の重要性を明らかにした。第4章では、運動学的解析に加えて、動力学的解析を行い、刈足の最大刈り速度に関連する力学的パラメータを明らかにした。第5章では、先行研究の知見や、第3、4章で得られた知見を総合的に考察し、大外刈の全身動作メカニズムを明らかにした。

第3章： 柔道大外刈に関する運動学的研究 - 黒帯選手と白帯選手を比較して -

第3章では、黒帯選手と白帯選手との比較を通じて、柔道の大外刈における上半身動作のメカニズムを明らかにし、上半身と刈足の連動性を調べることを目的とした。研究の趣旨に同意した黒帯を有する大学柔道部員（以下「黒帯選手」と示す、 $n=12$ ）および柔道の経験の有する大学生（以下「白帯選手」と示す、 $n=10$ ）を取（投げる側）の被験者とした。また、受（投げられる側）のみを行う者として、黒帯二段を有する大学生1名に依頼した。光学式三次元モーションキャプチャーシステム（カメラ14台）およびフォースプレート（4枚）を用いて動作解析を行った。測定の際、取は全力で大外刈を行い、受は抵抗せずに投げられるよう教示した。

受の胴体と刈られた足の角運動量（倒れた方向）の最大値は、黒帯選手（ 11.86 ± 2.50 ; $30.93 \pm 3.16 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$ ）において、白帯選手（ 5.36 ± 0.68 ; $22.79 \pm 6.73 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$ ）と比較して両項目ともに有意に大きかった。これは、黒帯選手が白帯選手より、受の体を力強く回転したことを示している。

スイング局面において、両手および捻転の角速度の最大値は、黒帯選手（ -1.98 ± 0.63 ; $-4.08 \pm 0.97 \text{ rad/s}$ ）において、白帯選手（ -1.47 ± 0.42 ; $-2.52 \pm 0.62 \text{ rad/s}$ ）と比較して有意に大きかった。刈足の大腿と下腿の角速度の最大値の出現タイミング（規格化時間）は、黒帯選手（ 80.33 ± 5.40 ; $90.00 \pm 4.41 \text{ \%Time}$ ）において、白帯選手（ 68.00 ± 7.21 ; $81.40 \pm 5.68 \text{ \%Time}$ ）を比較して有意に遅かった。黒帯選手は、技に入る前に、受の体を強く引き付けながら、刈足の振り上げを遅らせることによって、力をためこんでいることが考えられる。スローイング局面において、黒帯選手の上半身の角速度の最大値は、両手（ $12.17 \pm$

5.66 rad/s), 上腕(8.04±4.11 rad/s), 捻転(7.78±3.07 rad/s)の三項目において, 白帯選手(3.98±1.04; 3.10±0.72; 4.37±1.05 rad/s)と比較して有意に大きかった. 上腕と捻転の角速度の最大値の出現タイミングと下腿の角速度の最大値の出現タイミングの時間差(規格化時間)は, 黒帯選手(-8.42±15.29; -13.42±19.41 %Time)において, 白帯選手(-26.30±11.01; -38.70±25.32 %Time)と比較して有意に短かった. これは, 黒帯選手の動作には, 刈り動作のみを意識するのではなく, 刈足と上半身を連動させて全身の力で投げるといった特徴があることを示しており, 大外刈における全身の連動性の重要性を示唆している.

第4章： 柔道大外刈に関する動力学的研究 - 刈足の最大速度との関係に着目して -

第4章では, 黒帯選手(n=15)を対象に, 大外刈動作における刈足と軸足のダイナミクスを明らかにし, それらの力学変量と刈足の最大速度との関係性を調査した. 測定方法, および被験者への教示は, 前章(第3章)と同様であった.

スイング局面において, 取の刈足に作用する前方方向($r=-0.535$, $p=0.040$)と垂直方向($r=-0.579$, $p=0.024$)への最大地面反力, 足関節の最大底屈モーメント($r=0.548$, $p=0.034$)および足関節の正の最大パワー($r=-0.788$, $p<0.001$)は, コンタクト時における刈足の最大速度と有意な相関が見られた. 大外刈は, 取からすると前方方向に投げる技なので, 予備段階において, 刈足が地面を強く蹴ることによって, 全身を投げ方向に加速させるための地面反力を発揮しなければならない. それによって得られた身体の運動量を末端部に伝えていき, 刈足の刈り速度の増加に繋がるものと考えられる. スローイング局面において, 取の軸足に作用する地面反力による重心周りの最大モーメント($r=-0.604$, $p=0.017$), 軸足の膝関節の最大伸展モーメント($r=0.602$, $p=0.018$), 股関節の最大屈曲モーメント($r=-0.589$, $p=0.021$)および膝関節の正の最大パワー($r=-0.745$, $p=0.001$)において, それぞれ刈足の最大速度と有意な相関関係が見られた. 軸足の膝関節の伸展筋群の活動により, より大きいモーメントを獲得できる. それによって, 体幹部を勢いよく前傾し, 全身を機能的に連動させて, 刈足を速く刈ることが可能となる.

総合考察

第3,4章の結果から, 柔道大外刈の全身動作メカニズムが客観的に示された. 柔道用語である「崩し」・「作り」と呼ばれる動作の予備段階において, 下半身においては, 刈足の足関節の底屈の活動によって全身を投げ方向へ加速させ, それと同時に, 上半身を投げ方

向の反対方向に回転し、受の体を引き付けていた。刈足を後方に刈るという「掛け」の段階では、軸足の膝関節を強く伸ばし、重心周りのモーメントをできるだけ大きく発揮することと同時に、上半身の動作を連動させることで、効果的に大外刈を施すことが可能となると考えられる。

これらの成果は、特に初心者に対する大外刈の動作のメカニズムへの理解を高め、技術のパフォーマンス向上に寄与する有益の知見であり、柔道指導現場において科学的知見に基づいた指導法を確立するための重要な資料となることが期待される。

参考文献

- Daigo, T. (2005). *Kodokan judo throwing techniques* (pp. 163–166). Kodansha.
- Hashimoto, T., Ishii, T., Okada, N., & Itoh, M. (2015). Impulsive force on the head during performance of typical ukemi techniques following different judo throws. *Journal of Sports Sciences*, 33(13), 1356–1365.
- Imamura, R., & Johnson, B. (2003). Judo: A kinematic analysis of a judo leg sweep: Major outer leg reap - osoto-gari. *Sports Biomechanics*, 2(2), 191–201.
- Ishikawa, Y., Anata, K., Hayashi, H., Uchimura, N., & Okada, S. (2020). Influence of fatigue on head angular acceleration in judo high-intensity exercise. *Archives of Budo*, 16, 99–106.
- Kano, J. (1994). *Kodokan judo: The essential guide to judo by its founder Jigoro Kano* (pp. 64). Kodansha International.
- Koshida, S., Ishii, T., Matsuda, T., & Hashimoto, T. (2016). Kinematics of judo breakfall for osoto-gari: Considerations for head injury prevention. *Journal of Sports Sciences*, 35(11), 1059–1065.
- Koshida, S., Ishii, T., Matsuda, T., & Hashimoto, T. (2017). Biomechanics of judo backward breakfall for different throwing techniques in novice judokas. *European Journal of Sport Science*, 17(4), 417–424.

Murayama, H., Hitosugi, M., Motozawa, Y., Ogino, M., & Koyama, K. (2013). Simple strategy to prevent severe head Trauma in Judo-biomechanical analysis. *Neurologia Medico-Chirurgica*, 53 (9), 580–584.

Murayama, H., Hitosugi, M., Motozawa, Y., Ogino, M., & Koyama, K. (2020). Ukemi technique prevents the elevation of head acceleration of a person thrown by the judo technique ‘osoto-gari’. *Neurologia Medico-Chirurgica*, 60(6), 307–312.

松本芳三. (1975). 柔道のコーチング (pp. 100-110). 大修館書店.

Nakanishi, T., Hitosugi, M., Murayama, H., Takeda, A., Motozawa, Y., Ogino, M., & Koyama, K. (2021). Biomechanical analysis of serious neck injuries resulting from judo. *Healthcare*, 9(2), 214.

Yamashita, Y. (1992). *Osoto-gari: Judo masterless techniques*. Ippon Books.