

2013 年度 公益財団法人ミズノスポーツ振興財団 研究助成報告書

「柔道投技における受の頭部変化の検証とプロテクターの開発」

石川美久, 内山了治, 長坂明彦

長野工業高等専門学校

Abstract

The purpose of this study is to verify translational acceleration and rotational acceleration of the head in the difference of Nage-waza in Judo, and to examine the effect of prototype protector used SMA for the reduction of head strain. Candidates for the techniques of experimentation are Tai-otoshi, Seoi-nage, Osoto-gari and Ochi-gari. 8 people were Uke as examinee, and 1 person is Tori. The experiment was conducted by using sensor of acceleration and angular velocity to measure translational acceleration and rotational acceleration.

In the peak resultant translational acceleration and resultant rotational acceleration in the difference of Nage-waza, Osoto-gari showed the biggest value. It was significantly higher than Seoi-nage by Osoto-gari of the peak resultant translational acceleration and it was higher than Seoi-nage by Osoto-gari of the peak resultant rotational acceleration were observed.

It was observed that Osoto-gari of X axis peak rotational acceleration was higher than Seoi-nage, and tended to be higher than Tai-otoshi, and Ochi-gari of X axis peak rotational acceleration was significantly higher than Seoi-nage. And also, it was observed that Tai-otoshi of Y axis peak rotational acceleration was higher than Seoi-nage, and Osoto-gari of Y axis peak rotational acceleration was significantly higher than Tai-otoshi, Seoi-nage and Ochi-gari.

Existence or non-existence of SMA protector, it was observed that Tai-otoshi of the peak resultant acceleration and Osoto-gari of X axis peak rotational acceleration are significantly high with SMA protector. Furthermore, in Osoto-gari of Y axis peak rotational acceleration and Seoi-nage of Z axis peak rotational acceleration, downward tendency was observed in those with SMA protector, a strain to the head was reduced by SMA protector and effect was obtained.

From the above results, it was suggested that Osoto-gari is with a higher risk compared to other techniques and everyone must be careful in the instruction spot. In addition, it was suggested that the burden to the head was reduced in the front and back direction of Osoto-gari by wearing SMA protector and it is effective for beginner and unskilled person as an assistive device.

1. はじめに

学校管理下における柔道の死亡事故は 1983～2011 年で 118 件発生し、その多くは中学 1 年生および高校 1 年生の初心者に見受けられる(内田, 2013). 柔道における死亡事故の主な要因は、脳表と硬膜間の架橋静脈が断裂して発生する急性硬膜下血腫であると報告されており(Nagahiro et al., 2011), それは頭部にかかる回転加速度によって、脳が前後方向に揺すぶられること(以下、回転加速度損傷)で起こるとされている(全日本柔道連盟, 2011). Gennarelli et al. (1982) は、

動物実験において非衝突の回転衝撃で意識障害を発生させ、びまん性軸索損傷（注1）が起きたと指摘している。さらに自動車の衝突安全や脳神経外科学では、びまん性軸索損傷は頭部へ回転衝撃が負荷されることにより生じると考えられている（西本ら, 1996）。他にも脳損傷は、回転加速度による衝撃に発生しやすいと指摘されている（Ommaya & Gennarelli, 1974 ; Untereharnscheidt & Higgins, 1969 ; 河野ら, 1979）。これらのことから頭部の回転加速度を低減させることが脳への負担を減らし、事故防止の要因の一つと考えられる。

これまでに柔道の安全対策に関する報告は、藤田ら（2013）が頭部の打撲防止について安全な後ろ受身動作には胸鎖乳突筋の高い筋活動が重要であると指摘している。

また、三戸（2008）は、頭部の安全対策として後ろ受身の方法を検討した。後ろ受身においては、両手および片手で畳をたたく場合、倒れるスピードがあがるとどちらも頭を打つ件数が増加すると指摘している。

さらに、Murayama et al. (2013) は、自動車衝撃実験に用いるダミー人形を用いて、畳の下にアンダーマットを敷いて投げた時の並進加速度を基準とした頭部傷害基準値（以下、HIC）を検討している。大外刈と大内刈では、アンダーマットを敷いた方がHICの値が減少することが明らかになり、頭部外傷予防策として示している。

このように安全対策の研究は進められてきているが事故をなくすためには十分とはいえない状況であり、今後の指導法を検討するためには投技における頭部への影響を示すデータの蓄積が必要である。

そこで、本研究は投技の違いによって頭部の並進加速度および回転加速度がどのように変化するのかを検証し、安全対策のための基礎資料を作成することを目的とする。また、投技における頭部の加速度の軽減を目指して形状記憶合金を用いたプロテクターを製作し、その有用性を実験的に検討することを目的とした。

2. 研究方法

本研究では投技の違いにおける頭部への影響を得るために、投げられる人（以下、「受」）の頭部の並進および回転加速度を検証し、さらに頭部への負担軽減を目的としたプロテクターを作製してその効果を実験的に検討した。

2.1 被験者

被験者は「受」として、N 高専柔道部員 8 名（年齢 17.5 ± 1.5 歳）、身長 173.5 ± 7.5 cm、体重 75.0 ± 15.0 kg）とした。「受」を投げる人（以下、「取」）は、N 高専柔道部員 1 名（年齢 20 歳、身長 165.0cm、体重 70.0kg）とした。

「受」および「取」の選定には、柔道指導歴 12 年、全日本柔道連盟公認指導者「A」資格を有する五段の者が事前に適切な受身および投技であるかを判断し、実験協力の依頼をした。被験者には本研究の目的や方法などを説明し、本人および保護者の承諾が得られた場合に実験を行なった。

2.2 測定試技

対象とした試技は「受」が前方に回転する体落、背負投、後方に倒れる大内刈および大外刈とし、各技 3 回行なった。投技終了後には、「受」「取」に対して受身および投技の内省を確認し、十分でない場合は繰り返し行なった。

2.3 測定方法

頭部の並進および回転加速度測定するためのセンサには、3軸加速度および角速度センサ（MA3-50AD-RDB-SS, MVP-RF8-GC, Micro Stone 社製, 以下, センサとする）を使用した。身体の運動面は、矢状面の左右方向を X 軸, 前額面の前後方向を Y 軸, 水平面の垂直方向を Z 軸とした。センサはヘッドギア（以下, d3o）の頭頂部に両面テープで貼り付けた後, センサ下部にあるベルト穴にひもを通して d3o とつないで固定した。さらにセンサの上から養生テープを貼り付けて固定した。投技の違いの検証では, 「取」が d3o を装着した「受」に対して投技を施した時の頭部の 3 軸加速度, 角速度を測定した。さらに後述するプロテクターを装着した状態において投技を施し, 測定を行った。

2.4 プロテクターの製作

プロテクターの製作には, 形状記憶合金ワイヤ（Ni-Ti-Co 合金, Ni 量 : 54.60%, ワイヤ直径 1.8mm, 以下, SMA とする）を用いた（ワイヤには Co を添付することにより, 形状回復温度を常温以下にすることができるため, 常温での超弾性が可能となる）。SMA はマッフル炉 FP310（ヤマト科学社）において, 450°Cの熱処理を 1 時間行い, そのあと冷却処理として水冷を 1 時間行った（熱処理とは, 形状加工と同様に素材の完成度を高める方法であり, 金属などを加熱・冷却して硬度や性質を変化させることである）。熱処理を行った SMA に治具取り付けけたものを写真 1 に示す。治具は V 字の溝を掘り, ねじで固定することにより, SMA を U 字状になるように熱処理を行った。その SMA は安全のためシリコンチューブにいれ, それぞれ約 20 mm ずつ短くし U 字状に組み合わせ, これらをゴムシートで固定した（写真 2）。さらに摩擦などによる皮膚を保護するために綿で包み上からデニム素材で覆い, 2 セット製作した。この SMA, d3o およびコルセットを組み合わせたものを SMA プロテクターとした。



写真 1 SMA 治具固定時



写真 2 SMA 組み合わせ

2.5 SMA プロテクターの装着

「受」が d3o を装着し, 後頭部から頸にかけて正中面を中心に SMA を 2 セット密着させ, その上にコルセットを巻いて頭部が後屈した時にそれを保持するように固定した（写真 3）。この状態において先述した被験者, 測定試技, 測定方法による SMA プロテクターの効果を実験的に検証した。



写真3 SMAプロテクター

2.6 データ処理

投技の違いの検証と SMA プロテクター装着前後の比較には、測定した3回のデータから上下に突出した値の影響を受けにくいようにするため中央値を採用した。分析項目は頭部の並進加速度および回転加速度の3軸を合成化した最大合成並進加速度、最大合成回転加速度と X・Y・Z 軸の回転加速度とした。統計処理には、投技の違いの検証においては分散分析を行い、有意な差が認められた場合、Bonferroni 法による多重比較を行なった。SMA プロテクターの装着前後の比較では対応のある t 検定を行った。いずれも有意水準は5%未満とし、10%未満は傾向とみなした。

2.7 研究の限界

本研究の実験は約束練習（以下、投込）であるため、実践での練習ではない。そのため「受」は投込時には事前に技名を把握しているため不意に技をかけられることはなく、準備が可能である。投技による頭部の打撲および脳損傷は、疲労の蓄積による筋活動の低下、不意に技をかけられた時に受身の準備ができないことなどが考えられるが、本実験ではこのことは考慮していない。

3. 結果および考察

3.1 投技の違いによる頭部の並進および回転加速度の検証

投技は「受」の崩す方向、投げる方向、力の入れ方など個々に「崩し」「作り」「掛け」の構造が異なる。したがって、投技の違いによって頭部の加速度がどのように変化が生じるのかを検証していく。

投技における頭部の最大合成並進加速度および回転加速度の分散分析の結果を表1に示した。先述したように脳の損傷には回転加速度が影響しているという指摘がある (Ommaya & Gennarelli, 1974 ; Untereharnscheidt & Higgins, 1969)ことから、本研究では X・Y・Z 軸の回転加速度を加えた。

最大合成並進加速度は $F(3, 21) = 8.59, p < 0.01$, 最大合成回転加速度では $F(3, 21) = 11.07, p < 0.01$, X 軸最大回転加速度は $F(3, 21) = 6.71, p < 0.01$, Y 軸最大回転加速度は, $F(3, 21) = 16.40, p < 0.01$ となり差が認められた。

表1 投技における「受」の頭部最大合成並進加速度および回転加速度

項目		体落	背負投	大外刈	大内刈	F値
並進加速度(G)	合成	9.4±2.5	7.3±2.1	12.8±3.4	9.9±2.6	8.59**
	合成	562.5±142.7	445.0±94.7	862.3±92.8	725.2±244.2	11.07**
回転加速度 (rad/s ²)	X軸	442.5±103.7	332.5±83.1	570.4±110.7	578.1±246.0	6.71**
	Y軸	368.3±127.6	276.2±87.5	693.2±167.5	401.6±164.4	16.40**
	Z軸	306.9±121.8	273.7±109.3	337.6±61.9	306.9±146.3	0.6

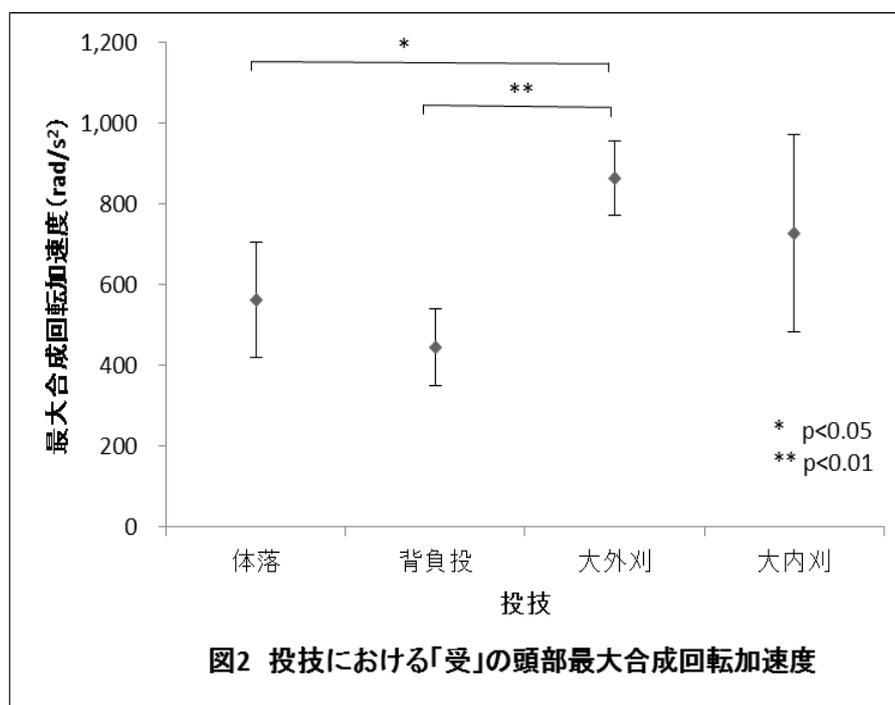
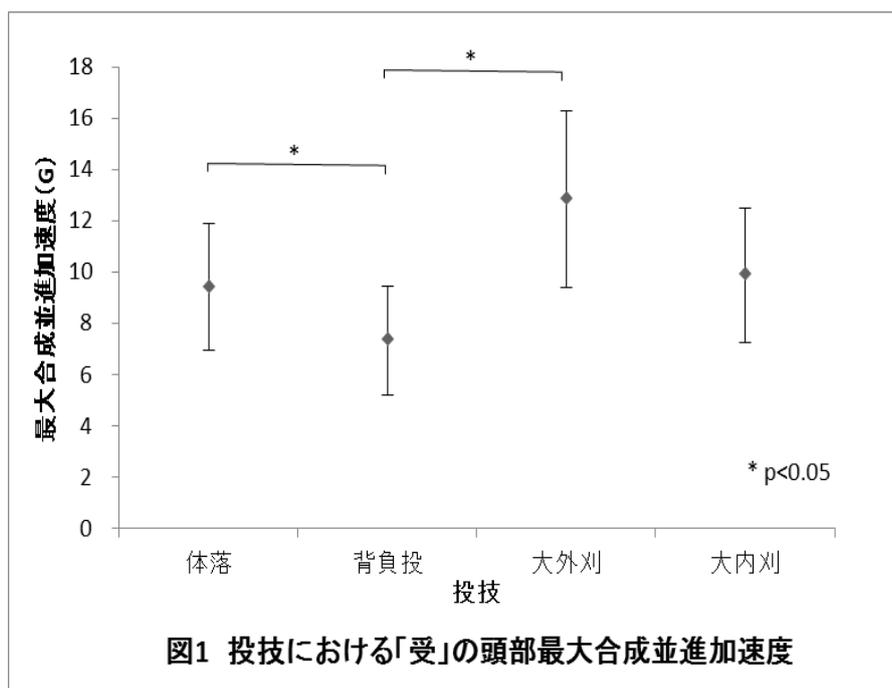
**p<0.01 *p<0.05

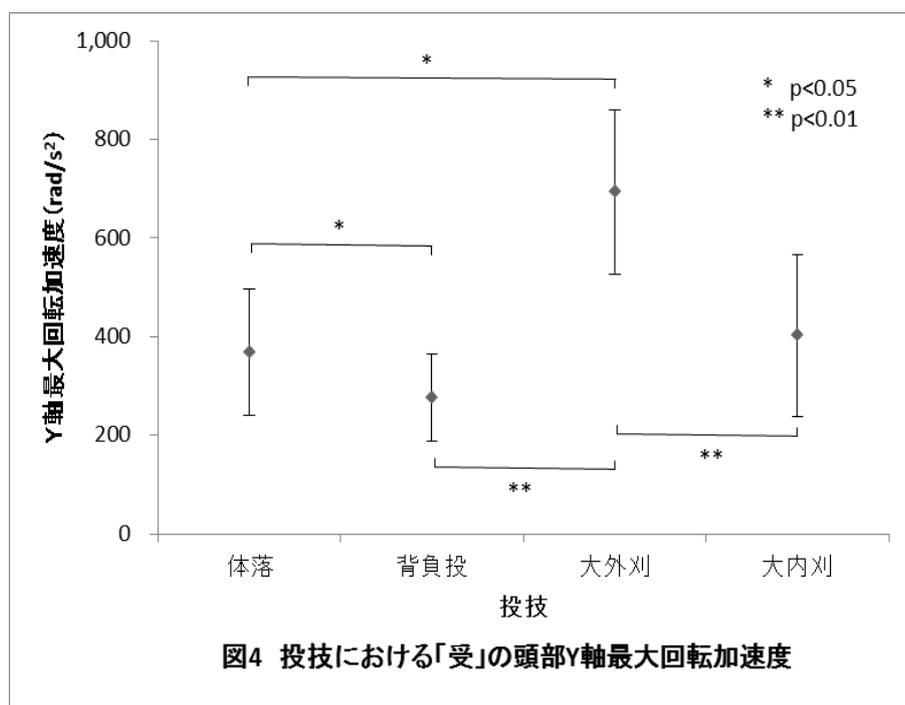
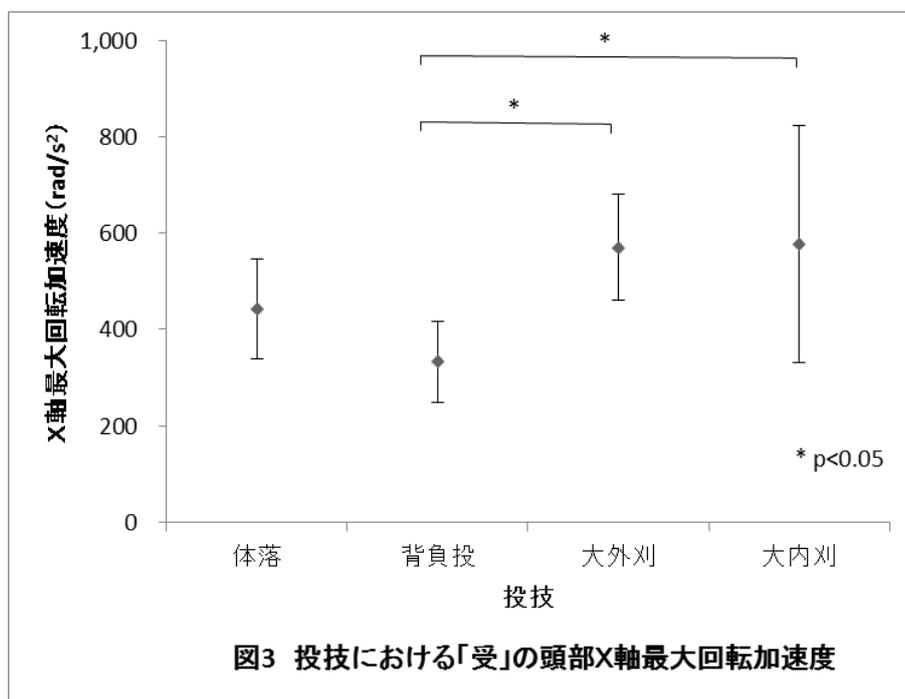
Bonferroni 法による多重比較検定の結果を図 1～4 に示した。最大合成並進加速度は、体落 (9.4±2.5G) は背負投 (7.3±2.1G) よりも有意に高く (p<0.05)、大外刈 (12.8±3.4G) は背負投よりも有意に高く (p<0.05)、体落よりも有意に高い傾向 (p<0.1) が認められた (図 1)。

最大合成回転加速度については大外刈 (862.3±92.8 rad/s²) は、体落 (562.5±142.7 rad/s²)、背負投 (445.0±94.7 rad/s²) よりも有意に高く (p<0.05, 0.01)、大内刈 (725.2±244.2 rad/s²) は背負投よりも有意に高い傾向 (p<0.1) が認められた (図 2)。

X軸最大回転加速度は、大外刈 (570.4±110.7 rad/s²) は背負投 (332.5±83.1 rad/s²) より有意に高く (p<0.05)、体落 (442.5±103.7rad/s²) より高い傾向 (p<0.1) が、大内刈 (578.1±246.0rad/s²) は背負投よりも有意に高いことが認められた (図 3)。

Y軸最大回転加速度は、体落 (368.3±127.6rad/s²) は背負投 (276.2±87.5rad/s²) よりも高く (p<0.05)、大外刈 (693.2±167.5rad/s²) は体落、背負投、大内刈 (401.6±164.4rad/s²) よりも有意に高い (p<0.05, p<0.01, p<0.01) ことが認められた (図 4)。





3.1.1 並進加速度

本研究では体落、背負投、大外刈、大内刈の検討を行い、最大合成加速度では体落と背負投、大外刈と体落・背負投に差異が認められた。

体落は「受」を前隅に崩し、「取」が体を開いて引き落として投げる技、背負投は「取」が「受」

を背後に背負い上げ肩越しに投げる技（醍醐, 1999b), 大外刈は、「取」が「受」を真後ろまたは後ろ隅へ崩し, 体重がのっている脚を刈り上げて後方へ倒す技, 大内刈は「取」が「受」の脚を内側から刈って後方に仰向けに倒す技である（醍醐, 1999a). 体落と背負投は前方に回転しながら倒れる技（以下, 回転系), 大外刈と大内刈は, 脚を刈られて後方に倒れる技（以下, 刈技系）と分けられ, これらは構造的な様相が異なり, 受身のタイミングや「受」の身体が畳に接地する箇所などにも差異がみられる.

投込時の受身は, 回転系は腰や脚などの下半身, 刈技系は肩や胸などの上半身が比較的先に畳に接地しやすいと思われる. 射手矢 (2012) は投技における後ろ受身では脚は着地しない場合があると指摘しているように, 大外刈の受身は上半身のみで接地しやすいと考えられる. したがって, 本研究の大外刈では, 回転系よりも上半身での衝撃を受けることから頭部への影響が他の技よりも強くあらわれ, 加速度の増加につながったと考えられる.

Murayama et al. (2014) の研究では, 大外刈の最大合成並進加速度において 64.3~87.2G, 大内刈では 120.2~149.4G であり, 大外刈よりも大内刈の方が有意に高いことが示されている. 大外刈と大内刈は「受」が後方に倒れる技であり, 「取」の刈る脚が外側と内側, 後ろと横の違いである. 本研究の最大合成並進加速度は, 大外刈 ($12.8 \pm 3.4G$) と大内刈 ($9.9 \pm 2.6 G$) では有意な差が認められず, 上述した Murayama et al (2014) とは異なる結果となった. 本研究の大外刈と大内刈の差異が認められなかった要因として, 大内刈では「受」が投げられる際に刈られていないもう一方の片足が畳に着地しており, Murayama et al (2014) が実験に使用したダミー人形はこの動作ができないことから頭部への負担の違いがみられたと考えられる.

3.1.2 回転加速度

本研究では, 最大合成回転加速度は体落が $562.5 \pm 142.7 \text{ rad/s}^2$, 背負投が $445.0 \pm 94.7 \text{ rad/s}^2$, 大外刈が $862.3 \pm 92.8 \text{ rad/s}^2$, 大内刈が $725.2 \pm 244.2 \text{ rad/s}^2$ となり, 石井ら (2013) の研究と同様に大外刈が最も高い値を示した. さらに, 大外刈は体落, 背負投よりも有意に高く, 並進加速度と同様に回転加速度においても高い値であることが明らかとなった. 醍醐 (1999a) は, 大外刈は上体・両手の押しと脚の刈り上げの力が反対方向に働き, それらが等しく平行で同時に作用したときに「偶力」となり, 「受」の体は回転して強く後方へ倒れると解説し, この作用が効果的に働くと「受」は後頭部を強打すると指摘している. このことから, 本研究の大外刈は「偶力」の影響を受けたことにより, 回転加速度が回転系よりも高い値を示したと推察される.

Murayama et al. (2014) の研究では, 最大合成回転加速度の大外刈は $4282.2 \sim 5525.9 \text{ rad/s}^2$, 大内刈では $1708.0 \sim 2104.1 \text{ rad/s}^2$ と報告されている. 並進加速度と同様に回転加速度においても本研究と大きく異なる結果となった. これらの違いは, 頭部打撲を防止する筋活動, 衝撃を軽減させる受身の有無が影響していることにより, 上述した Murayama et al. (2014) とは異なる結果となったと考えられる.

本研究の X 軸最大回転加速度では, 背負投と大外刈, 大内刈に差異が認められた. 背負投は背後に担ぎ上げられて肩越しに回転していくため, 刈技系よりも横方向の動きが少ないことが要因の一つと考えられる.

続いて Y 軸について検討すると大外刈では, 背負投の 2 倍以上の回転加速度を示し, 体落, 大内刈よりも突出している. 背負投と大外刈において差が見られた要因としては, 「取」が「受」を投げおよび崩す方向, 力の入れ方の違いなどが考えられる. さらに先述したように大外刈は「偶

力」の回転運動によって強く後方へ倒れる（醍醐，1999a）ため，高い値が示されたと推察される。

以上のように投技の種類によって頭部に与える並進および回転加速度に違いがみられ，特に大外刈は回転系よりも危険性が高いことが示唆された。

3.2 SMAプロテクターによる並進および回転加速度の検証

投技の違いにおける最大合成並進および回転加速度では，大外刈が最も高い値を示し，その危険性の高さが示唆された。大外刈は「偶力」により後頭部を打ちやすいと指摘されているように（醍醐，1999a），事故例をみても大外刈による件数は少なくない（全日本柔道連盟，2011；内田，2013）。本研究のSMAプロテクターは大外刈に焦点をあて，後頭部が後屈しないようにSMAを密着させて製作し，並進および回転加速度の効果を検証した。

SMAプロテクター有無における最大合成並進および回転加速度のt検定の結果を表2～5に示した。最大合成並進加速度の体落（ $t(7) = -2.4, p < 0.05$ ），X軸最大回転加速度の大外刈（ $t(7) = -2.4, p < 0.05$ ）においてSMAプロテクター有の方が有意に高いことが認められた（表2・3）。Y軸最大回転加速度の大外刈（ $t(7) = 2.1, p < 0.1$ ），Z軸最大回転加速度の背負投（ $t(7) = 2.2, p < 0.1$ ）においてSMAプロテクター有に減少傾向が認められ，一定の効果が得られた（表4・5）。

表2 SMAプロテクター有無における「受」の頭部最大合成並進加速度

投技	d3o(G)	SMA(G)	t	p
体落	9.4±2.5	10.5±2.9	-2.4	*
背負投	7.3±2.1	7.9±1.9	-1.6	
大外刈	12.8±3.4	15.5±4.7	-1.5	
大内刈	9.9±2.6	12.0±4.8	-1.8	

* p<0.05

表3 SMAプロテクター有無における「受」の頭部X軸最大回転加速度

投技	d3o(rad/s ²)	SMA(rad/s ²)	t	p
体落	442.5±103.7	401.6±100.8	1	
背負投	332.5±83.1	314.6±40.8	0.6	
大外刈	570.4±110.7	828.7±238.1	-2.4	*
大内刈	578.1±246.0	682.9±276.5	-1	

* p<0.05

表4 SMAプロテクター有無における「受」の頭部Y軸最大回転加速度

投技	d3o(rad/s ²)	SMA(rad/s ²)	t	p
体落	368.3±127.6	386.2±189.0	-0.6	
背負投	276.2±87.5	253.2±64.7	1.8	
大外刈	693.2±167.5	583.2±193.2	2.1	†
大内刈	401.6±164.4	416.9±164.0	-0.5	

† p<0.1

表5 SMAプロテクター有無における「受」の頭部Z軸最大回転加速度

投技	d3o(rad/s ²)	SMA(rad/s ²)	t	p
体落	306.9±121.8	258.3±108.2	1.3	
背負投	273.7±109.3	225.1±84.7	2.2	†
大外刈	337.6±61.9	332.5±82.4	0.2	
大内刈	306.9±146.3	245.6±99.0	1.6	

† p<0.1

3.2.1 並進加速度の効果

SMA プロテクターの装着によって体落における頭部の最大合成並進加速度 ($p<0.05$) が増加した。さらに最大合成並進加速度では全ての技において平均値の上昇がみられた。

SMA プロテクターは頭部の後屈による打撲防止、加速度の低減を目指しており、被験者の「受け身が取りにくい」「体落、背負投の回転系はプロテクターがないほうがよいが、後ろに倒れる大外刈、大内刈はあったほうがよい」「頭が支えられている」「大内刈はあったほうがよい」「体落、背負投の回転系は受け身が取りやすい」といった感想から頭部へのサポートが可能となったと思われる。村山ら (2013) は、頭部が畳に打撲する際に並進加速度は最大を示し、最も重要な事故防止策は畳への頭部打撲を回避することであると指摘しており、本研究で製作した SMA プロテクターは被験者の肯定的な意見から頭部打撲へのサポートにつながっていると考えられる。しかし、固定していない時に比べ投技による頭部への力がプロテクターによって止められたため、並進加速度は増加したと考えられる。

このことから SMA プロテクターは、頭部の打撲防止へのサポートに効果があると思われるが、並進加速度からみると頭頸部の固定は望ましくないことが示唆された。

3.2.2 回転加速度の効果

SMA プロテクター装着時における最大回転加速度では大外刈の Y 軸、背負投の Z 軸に対して減少傾向が得られ、プロテクターの効果が認められた。大外刈では、SMA プロテクターが頭部の後屈する力を抑えることによって、Y 軸の回転加速度が減少されたと考えられる。大外刈の Y 軸は「偶力」により X・Z 軸に比べて頭部への負担が大きいと推察される。したがって、前後方

向が減少したことは、SMA プロテクターの装着により頭部の負担が軽減され、その効果が認められたと考えられる。

さらに、有意な差は認められなかったが、最大合成回転加速度は回転系、Z 軸最大回転加速度では全ての技において平均値が減少しており、固定方法、SMA の形状および強度などの検討次第ではより効果が期待される。

一方、大外刈の X 軸最大回転加速度は増加を示した。大外刈は横受身で臨機応変に対応できる（射手矢，2012）ことを考えると X 軸方向に対する対策を今後検討していかなければならない。

SMA プロテクターの被験者に対する感想は先述したように「頭部が支えられている、回転系は受身が取りやすい」などの肯定的な意見がみられたが、その一方で「重い」「プロテクターを付けたときに違和感がある」など個人差がみられた。

以上のように、SMA プロテクターの改善点は、固定方法、付け心地（違和感防止、軽量化）および回転加速度における各軸の増減をなくすことの3点があげられる。これらを改良することによって初心者や非熟練者への効果がさらに期待される。

4. まとめ

本研究は、N 高専柔道部員 8 名を対象に柔道の投技の違いにおける「受」の頭部並進および回転加速度の変化を検証した。さらに投技における頭部の加速度の軽減を目指して SMA を用いたプロテクターを製作し、その効果を検討した。その結果、以下の知見が得られた。

1. 投技の違いにおける頭部の最大合成並進および回転加速度では、大外刈が最も大きい値を示した。大外刈は、最大合成並進加速度では背負投よりも高く、最大合成回転加速度では体落、背負投よりも高いことが認められた。
2. SMA プロテクターの有無では、最大合成並進加速度の体落、X 軸最大回転加速度の大外刈においてプロテクター有の方が高いことが認められた。さらに最大回転加速度では、SMA プロテクターの装着によって大外刈の Y 軸方向、背負投の Z 軸方向が軽減し、その効果が認められた。

以上の結果から、大外刈は他の技よりも危険性が高いことが示唆された。また本研究で製作した SMA プロテクターは、大外刈の前後方向において頭部への負担が軽減され、初心者や非熟練者の補助器具として有効であることが示唆された。

注

注 1) びまん性軸索損傷とは、頭部に回転加速度が生じるような外力が加わることにより、脳の神経繊維（軸索）が断裂して機能を失うこと。

文献

醍醐敏郎（1999a）投技中-足技. p78-88, 本の友社.

- 醍醐敏郎 (1999b) 投技上-手技・腰技. p27-37, 本の友の社.
- Gennarelli, T.A. et al. (1982) Diffuse Axonal Injury and Traumatic Coma in the Primate, *Annals of Neurology*, 12(6), 564-574.
- 藤田英二他 (2013) 後ろ受け身動作における頸部屈筋群の筋活動様式と頭部に加わる加速度との関係. *武道学研究*, 46 (1), 21-29.
- 石井孝法他 (2013) 柔道固有の動作における熟練者と初心者の頭部角加速度—頭部外傷予防について—. *武道学研究*第 46 巻別冊, 109,
- 射手矢 岬 (2013) 後ろ受け身の研究について. *柔道科学研究* 17 : 16-17.
- 河野 宏他 (1979) 並進加速度衝撃による霊長類の衝撃体制に関する実験的研究. *Neurol Med Chir*19 : 781-791.
- 村山晴夫他 (2013) 柔道の投技における並進および回転頭部加速度の測定. *武道学研究*第 46 巻別冊, 110.
- Murayama, H. et al. (2013) Simple Strategy to Prevent Severe Head Trauma in Judo —Biomechanical Analysis—. *Neurol Med Chir(Tokyo)*, 53: 580-584.
- Murayama, H. et al. (2014) Rotational Acceleration during Head Impact Resulting from Different Judo Throwing Techniques. *Neurologia medico-chirurgica Advance Publication*, January 28.
- Nagahiro, S. et al. (2011) Severe Head Injury during Judo Practice. *No Shinkeigeka* 39:1139-1147.
- 西本哲也他 (1996) 回転衝撃下における脳の応力分布 (びまん性軸索損傷の有限要素解析). *日本機械学会 (A 編)* 62 : 601, 147-153.
- Ommaya, A. K. and Gennarelli, T. A. (1974) Cerebral concussion and traumatic unconsciousness: Correlation of experimental and clinical observations on blunt head injuries *Brain* 97: 633-654.
- 三戸範之, 飯田哲也 (2008) 柔道後ろ受け身の方法 : 頭部と腕の安全のために, *秋田大学教育文化学部研究紀要*, 教育科学部門, 63, 71-78.
- 内田 良 (2013) 柔道事故. *河出書房新社*, 31-41.
- Untereharnscheidt, F. and Higgins, L. S. (1969) Traumatic lesions of brain and Spinal cord due to nondeforming angular acceleration of the head . *Tex Rep Boil Med* 27: 127-166.
- 全日本柔道連盟 (2011) 柔道の安全指導～事故をこうして防ごう～ [2011 年第三版]. 財団法人全日本柔道連盟.