

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：34504

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23500709

研究課題名(和文) 武道必修化に向けた科学的エビデンスに基づく新資料の提供 - 柔道の衝撃負荷定量化 -

研究課題名(英文) Impact load quantification of JUDO ukemi techniques

研究代表者

河鱈 一彦 (KAWABATA, Kazuhiko)

関西学院大学・人間福祉学部・教授

研究者番号：00258104

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は柔道の衝撃負荷定量化をし科学的エビデンスに基づく安全に柔道を学習するための新資料の提供を目的とした。本研究は柔道初習者が最初に学ぶ受け身に焦点を当てた。なぜなら受け身は学習者が受ける衝撃負荷を全身運動をもとに緩衝する技術であり事故防止には重要な学習項目である。研究を進める中で以下の点があきらかになった。柔道熟練者はどの方向に投げられても採用する受け身は「横(側方)受け身」であった。「横(側方)受け身」は「後ろ(後方)受け身」と比較して大外刈りを施された際の頭部動揺が小さい傾向があった。「横(側方)受け身」の頭部動揺が小さい理由は「横(側方)受け身」頭頸部筋力の有効活用があった。

研究成果の概要(英文)：In 2012, the martial arts were made a compulsory subject in a junior high school in Japan. However, an article to point out the risk of the judo was introduced by the news. The serious accident incidence in the judo is very surely higher than other athletic contest. It is that serious injury is caused by high impact load to occur in a judo event. Quantification of the impact load to occur during judo so that the student of the junior high school performs judo safely is necessary. The experiment was comprised of two phases. The purpose of the first phase was to analyze the last posture of ukemi. Result of analysis, Information Entropy of TSF was the lowest. The purpose of the second phase was to analyze ukemi by the movement analytical method using the Three-dimensional video system. It was revealed that a technique of Yoko-ukemi lowered head displacement in comparison with other ukemi techniques.

研究分野：運動生理学 生体力学

キーワード：運動生理学 生体力学 身体教育学 武道学 骨形成 柔道

1. 研究開始当初の背景

「柔道事故被害者の会」というサイトをネット上において検索することができる。柔道事故の重大さに鑑み、柔道の安全を願って設立されたサイトである。柔道中の事故は他の競技と比較して突出して重大事故発生率が高いという資料がある。この事実が一部研究者からメディアを通して発表され柔道が教材と不適切であるとの見解が流布された。確かに柔道はその競技特性からあらゆる指標において危険性を伴うのは事実である。しかし、その反面柔道の多岐にわたる有用性が認められることも厳然とした事実である。特に柔道をおこなっている青少年にとって事故の危険と効用は表裏一体である。本研究は、これまで以上により多くの青少年が柔道に接する機会が訪れる「平成24年度武道完全必修化」に向けて、バイオメカニクスの手法をもちい柔道中に収集された衝撃負荷に関する資料を収集・解析し、新たな視点からの「武道論」確立の一助として新資料の提供する必要があることから計画された。ここで歴史的に柔道の安全管理を俯瞰する。現代の我が国では柔道整復師と称される医療従事者の国家資格がある。明治期の動乱期に柔道の祖、嘉納治五郎が新たな時代に対応することができずにいた武芸者、特に柔術家の糊口を凌ぐことを目的とし西洋医学と我が国に伝わる接骨（骨接ぎ：ホネツギ）の技術を融合し創出した外科系医療従事者である。ほねつぎ＝柔術家と考えられるように柔道（柔術）と整形外科的疾患は古今を通して分かたことのできない事象である。この点を嘉納治五郎は常に認識し柔道の効用を説く際、特に安全に留意したという知見を多くの学術的報告書に見ることができる。一例として柔術は両襟を持って立ち技を施していた。その際「受」は、反射的に投げられる方向の手ならびに腕を畳につけて技を防ごうとする。結果、肘関節等の脱臼・骨折が発生してしまうとい

うことが多かったといわれている（上記機序によつての受傷を治療するために接骨の技術が向上したといわれる）。この襟を持つ技術の証拠に明治期までの柔術・柔道に使われる道着は短袖であったことがあげられる。両襟を持って技を施すような状況の中、嘉納治五郎は柔道における組み手の基本は袖口と反対側の襟とし、上肢の傷害防止に役立つ技術革新をおこなったことは柔道修行者が良く耳にする学説である。嘉納治五郎ならびに柔道が整形外科的疾患に対して技術的優位性を捨ててまで対策を施したという事象は非常に興味深い知見であり研究者が留意すべき点である。その後、嘉納治五郎ならびにその門弟の努力により柔道は我が国のみの文化ではなく、世界中の人々が愛好する共通文化となったことはよく知られている。いまでは、オリンピック種目となり半世紀近くが過ぎようとしているが、嘉納治五郎の時代と変わらないのは柔道の修行中におこる整形外科的疾患発生数の多さとこれら傷害に対する対策の恒常的な履行および改善である。この視点は武道必修化された現在柔道を研究するものたちが常に意識しておくべき事項であると考えられる。更に学術的背景を以下に記す。これまで述べてきた柔道における、整形外科的疾患の多さは衝撃負荷の高さによるところが主因と考えることができる。衝撃負荷とは近年、骨形成に関する研究をおこなう研究者から提唱された概念である。ヒトが身体運動をおこなう際に強度で表される従来までの負荷は活動量を基準にした負荷であった。歩くよりも走る方が、歩くよりも泳ぐ方が、坂道を登る時が坂道を下る時よりも活動の多寡を示す負荷は大きいとされている。このような活動の指標となる負荷は活動負荷とよばれている。更に詳述すれば、筋活動の上昇を支えるための各人体組織・器官の活動の上昇や下降を示す心拍数、換気量、呼吸数、体温等であらわされる指標であると

もいえる。この活動負荷に対して、衝撃負荷は活動負荷のように筋活動等から誘発される人体の内発的負荷というよりは活動負荷によって生じた外力が接地面や対人に接触する際に、その反力として人体に衝撃を与える指標といえる。英語圏では、活動負荷の active load に対して impact load と表記されるものである。衝撃負荷は活動負荷と相関関係にあるわけではなく、水泳のように活動負荷は高いが衝撃負荷は水の粘性抵抗の特性上低値となるような運動形態がみられる。このような高活動負荷、低衝撃負荷下の環境に曝された水泳競技者はその高い活動負荷にかかわらず、一般人より低値な骨密度が報告されている。水泳競技者の結果とは逆に活動負荷は低いが衝撃負荷が高いと考えられるウエイトリフティング競技者は平均的に骨密度が高いという報告がある。ウエイトリフティング選手の競技中にみられる心拍数、呼吸数等は100mを全力疾走したときにみられるような活動負荷的指標の高値はみられない。しかし、自分の体重の何倍もの重量を瞬時に頭上まで上げることで高く、強い衝撃負荷に曝されることになる。活動負荷が高く同時に衝撃負荷も高い柔道の選手は骨に関する指標が高くなると考えられる。実際、高い骨密度や骨強度を柔道選手が持つという報告は多くみられ、柔道競技者の高骨密度は研究者間において共通した知見となっている。このような知見は同じく高活動負荷、高衝撃負荷に曝されると考えられる、相撲、ラグビー、ハンドボール選手にも適用できる。結果的に骨形成にとって重要なことは身体に対する衝撃負荷を如何に強く作用させるかに依存しているといえる。そして、そのツールとして身体運動が最も適しているということになる。この2点は骨を研究対象とする国内外の研究者の共通認識である。これまで学術的背景で述べてきたように柔道場面に見られる大きい衝撃負荷が結果とし

て柔道修行者の高い骨密度や骨量を獲得する為に有効であるとする学術成果を多く見いだすことができる。しかし、この高い衝撃負荷が柔道事故の重篤さを導くことも重要である。特に頭部に対する衝撃負荷の作用により回転損傷が起こり結果、急性硬膜外血腫が発生する機序が近年多くの研究成果から指摘されている。頭部の回転損傷を防ぐには柔道の投げ技を施された「受」が畳に着地する際に受ける衝撃負荷を如何に効率よく緩衝するかに依存することはあきらかである。柔道において衝撃負荷を緩衝する技術が「受け身」であり、この「受け身」を完全に習得すれば回転損傷は防げるということになる。しかし、「受け身」技術に関しては経験則やこれを基にした学術研究が主流である。このような背景を受けて「受け身」を安全・完全におこなうために科学的エビデンスから導かれる新資料提供が本研究の主目的となる。

2. 研究の目的

これまで、武道論は人文科学、社会科学的手法を用いて展開されてきた。これら形而上的研究成果から得られた結果は重要な知見を我々武道に携わるものへ示してくれた。この研究の方向性は今後とも変わることはないであろう。この主流に加え、研究代表者のような科学的手法をもちいた研究成果を柔道の行く末に警鐘を鳴らしてくれる各種個人・団体に対して明示することができれば、現代社会における柔道の存在は揺るぎないものになると考えられる。具体的には、柔道の有効性の基準とこれ以上柔道を通しての衝撃負荷等を青少年に課すことは危険であると示すことのできる臨界点を明らかにすることである。これまで、論じてきたように柔道に現れる衝撃負荷が骨形成という視点からは非常に有意であることがわかる。しかし、同時に「柔道事故被害者の会」が指摘する通り、整形外科的疾患が頻発し重篤な傷害が他の競技にはみられないほど多発している事

実がある。加えて頭部外傷の危険性を指摘されてきている。この事実の原因は、柔道にみられる高く、強い衝撃負荷であるといえる。そこで、本研究課題では、まず柔道現場にみられる衝撃負荷が実際にはどの程度であるかを測定、数値化していく。その際、単一の軸からなる指標ではなく時間軸を伴った指標とする。研究方法に詳述するがビデオ分析法をもちいた動作解析から得られる間接的衝撃負荷とフォースプレートをもちいた直接的な衝撃負荷測定を同時並行的におこなう。そのために、まず(1)柔道練習中や授業中にみられる動作を類型化し、いくつかの代表的動作パターンを決定する。(2)各動作の衝撃負荷を同定する。特に柔道中の人体に負荷される衝撃負荷を緩衝する技術である受け身動作に焦点を当てた。

3. 研究の方法

(1)柔道練習中や授業中にみられる動作を類型化し、いくつかの代表的動作パターンを決定するという目的に関しては以下の方法を採用した。(方法)分析の対象は、実業団所属選手と大学に所属する学生選手とした。2012年度中に行われたいくつかの合同合宿の乱取り中に施された「投技」を2ヶ所に設置されたビデオテープに記録した。ビデオテープに記録された「投技」は講道館の分類にしたがった。「受身最終姿勢」の分類は、「横受身」、「後受身」と「腕・手動作あり」、「腕・手動作なし」の組み合わせ4種類と「前受身」の計5種類とした。「受」に施された「投技」の方向は以下の基準に従い分類した。「受」の解剖学的肢位を基準とする。「正中面」と直交する「前額面」のうち身体の重量を等分割する面を規定する。2で規定した面より「受」が前に投げられた場合「前に投げる技」とした。2で規定した面より「受」が後ろに投げられた場合「後ろに投げる技」とした。2で規定した面上にほぼ投げられた場合「横に投げる技」とした。なお、

「投技」の方向は誤差を含むことを前提としている。本研究では、「投技」に対する受身(5種類)の発生頻度の多様性を評価するため、情報エントロピーを用いた。情報エントロピーは、確率空間に対して定義され、その空間での事象の発生の仕方の多様性を示すものである。特定の事象しか起こらない場合、最も小さく、その値はゼロとなり、全ての事象が等確率で起こる場合に最大となる。本研究においては、3方向への投技に対する受身(5種類)発生頻度が情報エントロピーをもちいて評価された。ある方向への投げ技が施された場合に表出する受身の発生頻度が特定の場合に収束すれば情報エントロピー値は小さくなり、多様な受身が等確率で出現する場合は情報エントロピーの値が大きくなるという立場を本研究では採用した。

情報エントロピーについて

確率空間Aに対して、情報エントロピー $H(A)$ を以下で定義する。

情報エントロピーは確率空間Aの事象(1,...,n)の不確かさを表す。

$$H(A) = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2 \frac{1}{P_i} \quad \text{但し、} P_i = \frac{f(i)}{\sum_{j=1}^n f(j)}$$

$f(i)$ 、 $f(j)$ はそれぞれ i と j の頻度を表す。

また、 $\log_2 \frac{1}{0} = 0$ とする。

(2)各動作の衝撃負荷を同定する。特に柔道中の人体に負荷される衝撃負荷を緩衝する技術である受け身動作に焦点を当てた。

(2)-

被験者は「受」身長 170.9cm 体重 90.5kg、「取」身長 181.5cm 体重 83.0kg であった。両名とも右組、年齢は 22 歳、柔道経験は 10 年以上、段位は 3 段、全日本学生優勝大会レベルのレギュラー選手として出場しているものであった。実験条件のうち採用された技は「大外刈」とした。「受」に対して、技を施されたのち「後受身」をしてください。「横受身」をしてください。の 2 条件の指示を出した。更に「受身をする際に頭部の固定を充分

行う」という指示も加えた。「取」にはできるだけ自然な形で施技を行うこと。そして、各試行の施技に差が出ないように指示した。指示にしたがった動きができると験者が判断した後、動作の撮影を行った。動作解析のシステムは株式会社ディケイエイチ社製 Frame-DIAS であった。カメラは4台用いられ60frame/secで撮影が行われた。今回の測定では「阿江の身体モデル」が採用された。DLT法により3次元座標が決定され各条件の「受身」動作がデジタイズされた。本報告で特に注目したのは頭頂点と左右耳珠点を結んだ三角形と左右肩峰点を結んだラインがつくる変位に注目し、この変位から頭部の速度を算出した。

(2)- 「受」が大外刈りを施された際、後ろ受け身に比較して横受け身の方が高い頭部固定能を有することが(2)-の実験からあきらかになった。その際の各受け身形態を映像から分析すると横受け身の場合は顎を回旋屈曲し受け身をとる上肢側の肩部に固定されていることがあきらかになった。そこで(2)-では自動車工業で利用される頭部損傷指標を両受け身の力学的特性を評価することが方法となる。研究資料は

(2)-と同じ方法で測定した。

4. 研究成果

(1) 研究目的、方法に関する研究成果は以下のとおりである。

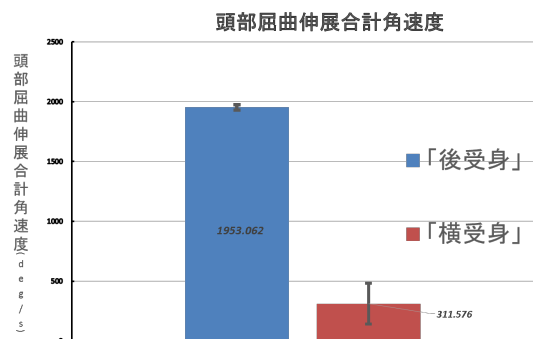
(結果および考察) 5種類の受身のうち発生頻度が全体として一番大きかったのが「横受け身、腕・手動作なし」であった。「腕・手動作」「ある」と「なし」の発生頻度を比較すると「腕・手動作なし」の発生頻度が圧倒的に大きくなった。「前に投げる技」の情報エントロピーが最小となり、技を施された「受」が選択した「受身最終姿勢」は収束する傾向が見られた。

情報エントロピーを用いた分析の結果

- 0 ≤ 「受を横に投げる技」1.01 <
- 「受を前に投げる技」1.11 <
- 「受を後ろに投げる技」≤ 2.32

(2)-

(結果および考察) 実験条件として「取」は指示された「大外刈」の施技を確実に行ったことが映像から確認できた。また、「受」は「後受け身」と「横受け身」を無意識でなく意識的に行っていたことが内省と映像から確認された。「大外刈」を施され「受け身」をした際の頭部の速度は「後受け身」の場合、畳に接地直後、最大値 3198deg/sec が計測された。その後、反対方向に 2676deg/sec の値が得られた。「横受け身」の場合は接地直後 1977deg/sec となり、その後反対方向に 2140deg/sec が得られた。「大外刈」により後方に投げられた場合、「横受け身」が「後受け身」より頭部の変位、速度が小さいことがあきらかになった。



(2)- 詳細の分析を現在継続中である。

側方受け身の高い頭部固定能は頸部筋力の有効活用の結果であることが示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 3件)

(1) 柔道受け身時の頭頸部変位と頭部傷害基準との関係: 発表者 河鱸一彦 田村篤敬
佐藤博信 濱田初幸 日本武道学会第48回大会 日本体育大学 2015年9/9-9/10.
 演題受理

(2) 柔道受身直後の頭部の動きについて :
発表者河鱈一彦 佐藤博信 田中 力 中
西英敏 濱田初幸 日本武道学会第 47 回大
会 福山大学 2014 年 9/10-9/11 .

(3) The final posture of ukemi(the falling
method) analyzed by Information Entropy:
Kazuhiko KAWABATA¹, Hironobu SATOU,
Tikara TANAKA, Hidetoshi NAKANISHI,
Hatuyuki HAMADA 2013 International
Budo Conference Tukuba University
September 10-12.2013.(情報エントロピー-か
らみた受身最終姿勢の分析: 発表者河鱈一
彦、佐藤博信、田中力、中西英敏、濱田初
幸、日本武道学会第 46 回大会 合同学会 筑
波大学)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年月日 :
国内外の別 :

取得状況(計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年月日 :
取得年月日 :
国内外の別 :

〔その他〕

ホームページ等
<http://www.oct.zaq.ne.jp/afbrx405>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河鱈 一彦 (KAWABTA Kazuhiko)
関西学院大学人間福祉学部人間福祉学研
究科 教授
研究者番号 : 00258104

(2) 研究分担者
()

研究者番号 :

(3) 連携研究者
()

研究者番号 :