

令和 2 年 6 月 17 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01752

研究課題名(和文) ひずみゲージと加速度計による新手法を用いた衝突時の頭部作用の解明

研究課題名(英文) Effects of head during collisions in American football using new technique with strain gauge and accelerometer

研究代表者

福田 崇 (FUKUDA, TAKASHI)

筑波大学・体育系・准教授

研究者番号：30375472

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：アメリカンフットボールにおける脳振盪は大きな社会的問題であり、脳振盪を予防することが重要である。本研究結果より、本邦の選手では体格や身体能力で劣る米国大学選手と同等の頭部加速度を衝突時に受けていることが明らかとなった。さらに頸部筋力が強いと頭部加速度を減衰できる可能性が示唆された。頭部加速度は衝突部位や加速度の方向などによって影響され、実際にはヘルメットに緩衝された力が頭部に作用する。今後は複数の測定機器によって得られるデータから頭部衝突作用を検討することで、より精度の高い頭部危険閾値の推定が期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

アメリカンフットボールにおける脳振盪は大きな社会的問題であり、脳振盪を予防することが重要である。本研究結果より、本邦の選手では体格や身体能力で劣る米国大学選手と同等の頭部加速度を衝突時に受けていることが明らかとなった。さらに頸部筋力が強いと頭部加速度を減衰できる可能性が示唆された。頭部加速度は衝突部位や加速度の方向などによって影響され、実際にはヘルメットに緩衝された力が頭部に作用する。今後は複数の測定機器によって得られるデータから頭部衝突作用を検討することで、より精度の高い頭部危険閾値の推定が期待される。

研究成果の概要(英文)：Concussion in American football has been a major social problem and thus, it is important to prevent a concussion. From the results of this research, it was clarified that Japanese football players who were inferior in physique and physical ability received the same amount of head kinematics at the time of a collision as the counterparts in the USA. Furthermore, it was suggested that the head kinematics could be attenuated if the neck strength was strong. The head acceleration is affected by the collision site, the direction of the acceleration, etc., and the force buffered by the helmet actually acts on the head. In the future, it is expected that more accurate estimation of the head injury threshold value will be possible by examining the action of head collisions from the data obtained by multiple measuring instruments.

研究分野：スポーツ医学

キーワード：アメリカンフットボール 加速度計 頭部加速度 衝突回数 ひずみゲージ 脳振盪 頭部損傷閾値

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

- (1) これまでのアメリカンフットボール(AF)における国内の傷害調査から、脳振盪は全傷害のうち約 9%で発生している。しかし、その予防策については、未だ十分なエビデンスをとまなっていない。
- (2) 加速度計を用いた AF における衝突時の頭部キネマティクスを国内では、我々が最初に報告した。しかし、解析項目はデータ数の不足から少なく縦断的に検討を行う必要がある。
- (3) 我々は、1箇所のひずみゲージによる信号からデジタルフィルタを構築して頭部作用力を推定する手法で、頭部自体にかかる作用を算出することを可能としている。しかし、複数のひずみゲージによる接触位置の推定を行うことで、より精度の高いデジタルフィルタを構築する必要がある。

2. 研究の目的

- (1) 加速度計による頭部衝突作用（衝突時の頭部キネマティクス、累積度数、場所、大きさ）を縦断的に収集し多角的に分析する。
- (2) ヘルメット外殻を模した平面の亚克力板に貼付した複数個所のひずみゲージから得られる入力信号より、ヘルメット外殻への衝突作用力を推定するデジタルフィルタを構築する測定方法を検討する。
- (3) 頭部キネマティクスと頸部筋力の関連を確認する。

3. 研究の方法

- (1) 練習時と試合時の衝突時における頭部キネマティクスを縦断的に収集した。方法として、AF 選手は加速度計とジャイロセンサを配置したマウスガード(i1 Biometrics Inc)を口腔内に装着し、通常通り練習や試合を行った。マウスガードが衝突による衝撃を感知すると、アンテナを通してコンピュータに衝突時の各種測定値がリアルタイムで送信される。測定項目は衝突時の頭部直線加速度、頭部角加速度、頭部損傷閾値、衝突部位、衝突数とした。
- (2) 基盤上の線を引いた亚克力板の表と裏にひずみゲージを貼付してテーブル上に設置した(図 1)。衝突位置を特定できるようにあらかじめ亚克力板には基盤上の線を引いた。ロードセル(LUR-A-SA1、株式会社共和電業)を手動にて亚克力板に衝突させた(図 1)。同時に、ひずみゲージの出力を DC タイプの動ひずみアンプを用いて測定した。なお、各信号のサンプリング周波数は、10kHz とした。

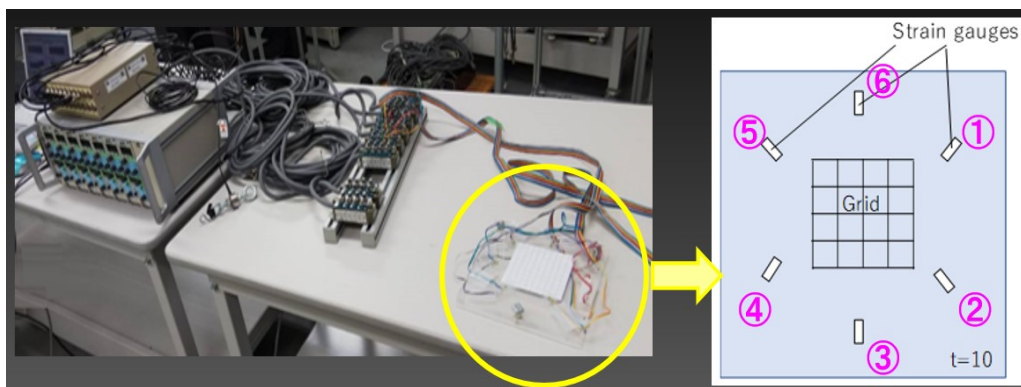


図 1. 衝突装置

- (3) 頸部筋力の測定に、ハンドヘルドダイナモメーターMicro FET (株式会社日本メディックス) (図 2)を使用した。測定は等尺性収縮にて、頸部ニュートラルポジションにおける 4 方向(屈曲；背臥位、伸展：腹臥位、左右側屈；側臥位) で各 3 回ずつ測定を行い (図 2)、その平均値を算出した。頭部キネマティクスは(1)の手法を用いて、秋季レギュラーシーズン 7 試合で測定した。



図 2. 頸部筋力の測定風景

4. 研究成果

- (1) 3 年間にわたる頭部キネマティクスの測定から、9536 回/32 試合と 37426 回/411 練の頭部衝突が確認された。衝突部位ではサイドでの衝突(42.2%)が最も多く、次いでフロント(26.9%)であった。頭部キネマティクスでは、試合時の平均最大直線加速度(LA)22.2 G、平均最大角加速度(AA)1692.1 rad/sec²、頭部損傷閾値(HIC)23.7 であり、練習時の LA20.6 G、AA1672.6 rad/sec²、HIC 18.9 であった。つまり日本の大学選手は体格や身体能力で劣る米国大学選手と同等の頭部キネマティクスを衝突時に受けていることを明らかにした。測定期間中、脳振盪は 6 件確認され、そのうち、データ収集ができたものは試合時の 1 件のみであった。その頭部キネマティクスは、LA72.5 G、AA4380.9 rad/s²、HIC 213.4 であり、これら値は試合時における LA の上位 1%、AA の上位 2%に相当しており、脳振盪は高い頭部キネマティクスで発生する可能性が示唆された。さらに、日本の大学選手の頭部衝突時における LA と AA の間に正の相関が認められ、頭部に強い直線加速度が作用すると、頭部が大きく回転することが明らかとなった。つまり、日本の大学選手では、衝突時に頭部を十分に固定できていないことが明らかとなった。今後は、これら頭部加速度データから得られる指標と認知機能や筋力などの関連を調査することで、脳振盪予防の基礎資料を得ることが期待された。
- (2) 各フィルタ係数およびひずみ信号電圧から、アクリル板への衝突作用力の信号出力値、および推定値を算出した例を図 3 に示す。同図から、衝突作用力は衝突後約 0.001s に最大値に達している。その後 0.01s までほぼ横ばい状態を示した。なお、各フィルタ係数は頭部作用力に合うように算出されたものであるため、計測値と推定値とはほぼ一致している。ロードセルによるアクリル板への衝突は剛な衝撃であり、衝突作用力とひずみ応答の時間の遅れがない。そのために、実際に複数部位から得られたひずみゲージからの入力信号では、フィルタ係数が不適切となり、各々の値が発散してしまった。さらに、手動でアクリル板

に衝突させた際のロードセルの慣性力が作用力の計測値に混入してしまうことが問題となる。入力点が既知であり、校正を行った際には、衝突作用力を算出できることから、校正点を増やして、入力点を校正点に含む必要がある。したがって、硬質ヘルメットにおいても今回と同様の結果が予想され、手法の変更、あるいはより感度の高いひずみゲージを要することが明らかとなった。

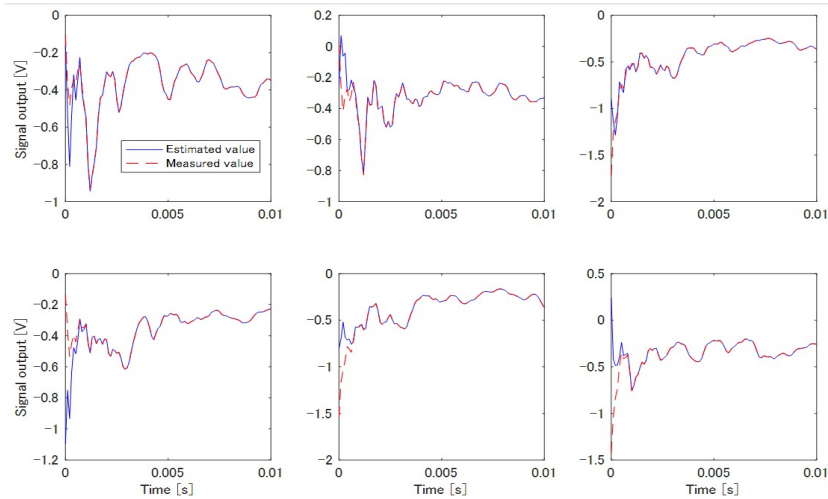


図 3. Estimated signal outputs of loadcell which emulates impact force inputs.

(3) 衝突部位が **Back** であった衝突の **LA** と頸部伸展筋力の間に関係はほとんどないが、有意な負の相関を認めた ($r=-0.141$, $p<0.05$) (図 4)。衝突部位が **Front** であった衝突の **AA** と頸部屈曲筋力の間に関係はほとんどないが、有意な負の相関 ($r=-0.123$, $p<0.05$) を、衝突部位が **Side** であった衝突の **AA** と頸部側屈筋力の間に関係を認めた ($r=0.235$, $p<0.05$)。以上より、強い頸部筋力は衝突時の頭部キネマティクスを減衰する可能性が示唆された。

Game (n=7)	Neck strength				
	Location (times)	ALL (1979)	back (241)	front (531)	side (1207)
LA		0.024	-0.141*	-0.004	0.055
AA		0.126*	-0.101	-0.123*	0.235*
Neck strength	

* $p<0.05$

図 4. 頭部衝突部位における最大直線加速度と最大角加速度の相関

<引用文献>

1. Rowson S, Beckwith JG, Chu JJ, Leonard DS, Greenwald RM and Duma SM. 2011. A six degree of freedom head acceleration measurement device for use in football. J Appl Biomech 27(1): 8-14.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Takashi Fukuda, Sekiya Koike, Shumpei Miyakawa, Hiroto Fujiya and Yuki Yamamoto	4. 巻 8
2. 論文標題 Magnitude and frequency of head impact among university American football players	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J Phys Fitness Sports Med	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.7600/jpfsm.8.1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 福田崇, 小池関也, 宮川俊平, 藤谷博人	4. 巻 18
2. 論文標題 ひずみゲージによる衝突時の異なる接触位置における頭部作用の解析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス2018講演論文集	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takashi Fukuda, Sekiya Koike, Syumpei Miyakawa, Hiroto Fujiya, Yuki Yamamoto	4. 巻 6
2. 論文標題 Impact on the head during collisions between university American football players - focusing on the number of head impacts and linear head acceleration -	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of physical fitness and sports medicine	6. 最初と最後の頁 241-249
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.7600/jpfsm.6.241	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 福田崇	4. 巻 -
2. 論文標題 大学アメリカンフットボール選手における 頭部衝突の分析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 令和元年度筑波大学博士論文	6. 最初と最後の頁 1-104
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 福田 崇, 小池 関也, 宮川 俊平, 藤谷 博人
2. 発表標題 ひずみゲージによる衝突時の異なる接触位置における頭部作用の解析
3. 学会等名 日本機械学会 シンポジウム：スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福田 崇, 小池 関也, 宮川 俊平, 藤谷 博人, 山元 勇樹
2. 発表標題 高校アメリカンフットボール選手の衝突時における頭部作用力の測定
3. 学会等名 第29回日本臨床スポーツ医学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福田 崇, 小池 関也, 松元 剛, 宮川 俊平, 山元 勇樹
2. 発表標題 大学アメリカンフットボール選手の衝突部位による頭部作用
3. 学会等名 第72回日本体力医学会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----