

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350813

研究課題名(和文) アメリカンフットボールにおける衝突時の頭部へ及ぼす作用の解明

研究課題名(英文) Analysis of the effect on head during a collision in American football

研究代表者

福田 崇 (FUKUDA, Takashi)

筑波大学・体育系・助教

研究者番号：30375472

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：加速度計による頭部作用力の測定から、頭部衝突数において、1名の大学アメリカンフットボール選手で1回あたりの練習時と試合時の衝突数はそれぞれ14.3回と18.1回であった。また頭部衝突時の平均最大直線加速度は、練習時 $19.04 \pm 10.1G$ 、試合時 $20.82 \pm 12.1G$ であり、試合時は練習時よりも有意に高い頭部作用であることを本邦で初めて報告した。しかし、実際に脳振盪に至ったデータは収集できておらず、より多くのデータから衝突時の頭部作用を検討する必要がある。  
ひずみゲージを用いて衝突時の複数部位における頭部作用力を推定する手法を確立するにはヘルメットと模擬頭部の間の密着性を高めることが必要である。

研究成果の概要(英文)：From the measurement of head impacts by accelerometers, the average numbers of impacts per player during a game and a practice were 18.1 and 14.3, respectively. Also it was the first time to report in Japan that the average peak LA values during the practice sessions and games were  $19.04 \pm 10.1 g$  and  $20.82 \pm 12.1 g$ , respectively. Another common factor is that the impact of head collision during a game is significantly higher than that during a practice. However, data on Japanese university players are limited, and further data including concussion should be collected before obtaining an accurate estimate of the practical concussion risk threshold. It is necessary to increase the adhesion between the helmet and the simulated head in order to establish a method to estimate the head impact in multiple areas in helmet at the time of collision using strain gauges.

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 頭部作用 ひずみゲージ 加速度計 脳振盪

## 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における国内外の傷害調査から、脳振盪は全傷害のうち約 7-12%で発生している。脳震盪は一過性の神経機能障害ではあるが、その後も繰り返す傾向が高く、その結果、不可逆的な神経損傷を患い、認知・記憶障害、うつ病などの症状を認める慢性外傷性脳症となる恐れがある。

(2) 脳振盪の評価に関しては多くの報告がなされているが、脳震盪発生機序に関するバイオメカニクスの研究は未だ限定的である。米国では、加速度計を用いて、衝突時におけるアメリカンフットボール用ヘルメット（以下、ヘルメット）への衝突の頻度、場所、大きさをリアルタイムに計測を行う報告がいくつかみられる。しかし、この手法では頭部自体にどの程度の作用が働いているかは明らかになっていない。

(3) 我々は、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、実際の衝突時にはヘルメット間の接触位置が毎回異なることが予想されるため、複数のひずみゲージによる接触位置の推定を同時に行う必要がある。

## 2. 研究の目的

(1) 衝突時に頭部に作用する力を詳細に調査する。

(2) 複数のひずみゲージをヘルメットに装着して接触位置と作用力の推定を行う。

(3) 圧力計、加速度計、ひずみゲージをヘルメットに装着して、実際の衝突時に頭部とヘルメットにかかる作用力の大きさと方向を確認する。

## 3. 研究の方法

(1) この衝突実験を行うにあたって、再現性の高い衝突装置を事前に作成した(図 1)。

(2) ヘルメットを被せた角材をフォースプレート上に設置し、角材の周囲にスポンジを覆うことにより、ヘルメットと角材ができるだけ密着できるようにした(図 1)。もう一つの落下させるヘルメットにも同様の処理を施した。衝突力測定用ヘルメット外殻には、4つのひずみゲージを貼付して、それらひずみゲージに囲まれた範囲内で衝突させた。落下用ヘルメットを、衝突力測定用ヘルメットの複数箇所（前方・側方・後方・頭頂）に落下させ、衝突させた。解析は衝突時のヘルメット作用力を地面反力計により測定し、同時に、ひずみゲージの出力を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、1kHzとした。

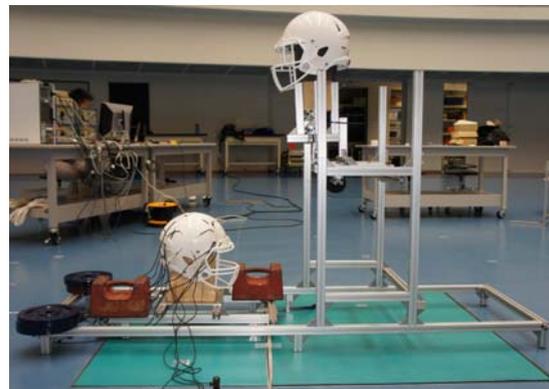


図 1. 衝突装置

(3) 加速度計による実際の衝突時における頭部作用力を確認した。方法として、アメリカンフットボール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(図 2)。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、脳振盪

閾値、衝突部位、衝突数とした。



図 2. 測定用マウスガードと測定風景

#### 4. 研究成果

(1) 複数回の実験を重ねたが、衝突時の複数部位における頭部作用力を推定する手法を確立することはできなかった。この理由として、木で作成した模擬頭部では、ヘルメットと模擬頭部の間の密着が十分でなく、衝突時のひずみゲージによる入力データが安定しなかった。この課題達成には 3D による模擬頭部を作成して、ヘルメットと模擬頭部の間の密着性を高めることが望まれる。また、当初に見込んでいたひずみゲージの無線化が間に合わず、対人での頭部衝突作用を確認することは達成できなかった。

#### (2) 頭部衝突回数

マウスガードによる測定期間中の頭部衝突総数は、試合時 1085 回、練習時 7231 回であった。1 名の選手で 1 回あたりの練習時と試合時の衝突数はそれぞれ 14.3 回と 18.1 回であった。これは米国大学選手の練習時における頭部衝突数と比べて非常に多い(図 3)。次にポジション別で分類すると、試合時では Backs 441 回、Linemen 644 回であり、練習時では Backs 3232 回、Linemen 3999 回であった(表 1)。ポジションの人数が異なるた

めに人数で補正すると、Backs と Linemen の衝突数の比率は 1:2 であった。米国大学選手の同比率は 1:3 であり、日本の Backs は多くの衝突を繰り返していることが分かった。

| Group   | Category            | Participants | Number of impact |        |                     |        |             |              |              |
|---------|---------------------|--------------|------------------|--------|---------------------|--------|-------------|--------------|--------------|
|         |                     |              | 10 G ≤           | < 10 G | times/game/personal | Median | Minimum-Max | 25% quartile | 75% quartile |
| ALL     | Game (3 games)      | n=20         | 1085             | 96     | 18.08               | 405    | 11-128      | 24.75        | 87.5         |
|         | Practice (22 times) | n=23         | 7231             | 710    | 14.29               | 282    | 11-775      | 143          | 447          |
| Backs   | Game (3 games)      | n=12         | 441              | 40     | 12.25               | 38     | 11-93       | 24           | 42           |
|         | Practice (22 times) | n=14         | 3232             | 284    | 10.49               | 196.5  | 11-498      | 128.25       | 316.5        |
| Linemen | Game (3 games)      | n=8          | 644              | 56     | 28.63               | 103.5  | 13-128      | 39           | 115          |
|         | Practice (22 times) | n=9          | 3999             | 426    | 20.20               | 424    | 63-775      | 258          | 661          |

表 1. 練習時と試合時の頭部衝突数

#### (3) 頭部作用力～最大直線加速度～

図 3 に試合時の最大直線加速度の度数分布を、図 4 に練習時の最大直線加速度の度数分布をそれぞれ示した。試合時、練習時ともに  $10\text{ G} < X \leq 15\text{ G}$  の範囲での分布が最も多く、低値方向に大きく歪んだ分布を示した ( $p < 0.05$ )。試合時の中央値 (50 パーセンタイル値) は 16.77 G であり、95 パーセンタイル値は 43.18 G であった。練習時の中央値 (50 パーセンタイル値) は 15.87 G であり、95 パーセンタイル値は 37.68 G であった。頭部衝突時の平均最大直線加速度は、練習時  $19.04 \pm 10.1\text{ G}$ 、試合時  $20.82 \pm 12.1\text{ G}$  であることを国内では我々がはじめて報告した。また試合時は練習時よりも有意に高い頭部作用を受けていることが明らかとなった。

#### (4) 頭部作用力～最大角加速度・脳振盪閾値～

表 2 に試合時および練習時の最大直線加速度の平均値、最大角加速度の平均値、HIC の平均値をそれぞれ示した。すべての数値において試合時の値は、練習時の値よりも有意に

高値を示した ( $p<0.05$ )。また、ポジション別の比較においても、試合時の値は練習時の値よりも有意に高値を示した ( $p<0.05$ )。本研究においては脳振盪に至った衝突を確認できなかった。したがって、HICの数値に実質的な意味はなく、今後、脳振盪を含む膨大なデータ収集が必要である。

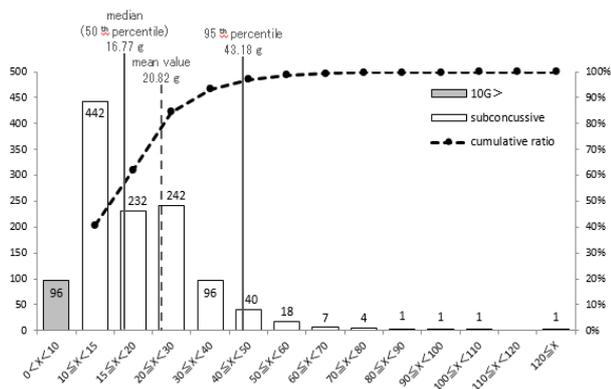


図3. 試合時の最大直線加速速度の分布

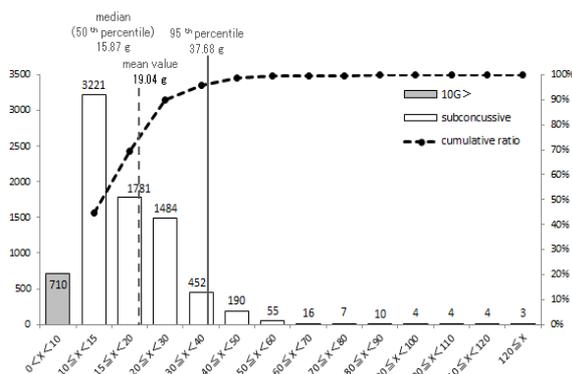


図4. 練習時の最大直線加速速度の分布

| Group   | Category            | Participants (No. of impact) | Average of Peak Linear Acceleration         | Average of Peak Rotational Acceleration   | Average of Head Injury Criterion        |
|---------|---------------------|------------------------------|---|---|---|
| ALL     | Game (3 games)      | n=20 (1085)                  | 20.82 ± 12.10 G*<br>(95% CI: 20.10-21.54 G) | 1233.26 ± 664.06 rad/s <sup>2</sup> *<br>(95% CI: 1181.79-1284.73 rad/s <sup>2</sup> )  | 18.95 ± 32.05*<br>(95% CI: 17.04-20.86) |
|         | Training (22 times) | n=23 (7231)                  | 19.04 ± 10.10 G<br>(95% CI: 18.80-19.27 G)  | 1070.11 ± 698.91 rad/s <sup>2</sup><br>(95% CI: 1054.00-1086.22 rad/s <sup>2</sup> )    | 13.96 ± 21.44<br>(95% CI: 13.47-14.45)  |
| Backs   | Game (3 games)      | n=12 (441)                   | 23.26 ± 14.82 G*<br>(95% CI: 21.89-24.63 G) | 1368.60 ± 1006.08 rad/s <sup>2</sup> *<br>(95% CI: 1274.44-1462.76 rad/s <sup>2</sup> ) | 24.85 ± 44.24*<br>(95% CI: 20.71-28.99) |
|         | Training (22 times) | n=14 (3232)                  | 20.49 ± 11.61 G<br>(95% CI: 20.09-20.89 G)  | 1101.49 ± 755.68 rad/s <sup>2</sup><br>(95% CI: 1075.43-1127.55 rad/s <sup>2</sup> )    | 15.60 ± 21.92<br>(95% CI: 14.84-16.35)  |
| Linemen | Game (3 games)      | n=8 (644)                    | 19.15 ± 9.69 G*<br>(95% CI: 18.40-19.90 G)  | 1140.58 ± 738.14 rad/s <sup>2</sup> *<br>(95% CI: 1063.46-1197.69 rad/s <sup>2</sup> )  | 14.90 ± 18.77*<br>(95% CI: 13.45-16.36) |
|         | Training (22 times) | n=9 (3999)                   | 17.86 ± 8.51 G<br>(95% CI: 17.60-18.12 G)   | 1044.74 ± 648.40 rad/s <sup>2</sup><br>(95% CI: 1024.64-1064.85 rad/s <sup>2</sup> )    | 12.64 ± 20.96<br>(95% CI: 11.99-13.29)  |

\* vs. Training ( $p<0.05$ )

表2. 頭部作用力

<引用文献>

1. Duma SM, Manoogian SJ, Bussone WR, Broinson PG, Goforth MW, Donnenwerth JJ, Greenwald RM, Chu JJ and Crisco JJ. 2005. Analysis of real-time head accelerations in collegiate football players. Clin J Sport Med 15(1): 3-8.

2. 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

[学会発表] (計2件)

① Fukuda T, Koike S, Miyakawa S, Fujiya H, Yamamoto Y: Measurement of Head Impact with a Real-time Six Degrees of Freedom Device in University American Football Players. 7<sup>th</sup> Asia Conference on Kinesiology, 2016, Incheon, KOREA, 2016.11.12

② 福田 崇, 小池関也, 松元 剛, 宮川俊平, 山元勇樹: 大学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. 第71回日本体力医学会, いわて県民情報交流センター(岩手県盛岡市), 2016.9.23

6. 研究組織

(1)研究代表者

福田 崇 (FUKUDA, Takashi)

筑波大学・体育系・助教

研究者番号: 30375472

(2)連携研究者

宮川 俊平(MIYAKAWA, Shumpei)

筑波大学・体育系・教授

研究者番号: 10200130

小池 関也 (KOIKE, Sekiya)

筑波大学・体育系・准教授

研究者番号：50272670

藤谷 博人 (FUJIYA, Hiroto)

聖マリアンナ医科大学・医学部・教授

研究者番号：50278008

山元 勇樹 (YAMAMOTO, Yuki)

筑波大学・スポーツ R&D コア・研究員

研究者番号：90612466