

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：31302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K11416

研究課題名(和文)「コンタクトスポーツ難聴」の提唱と次世代型サポーターの開発

研究課題名(英文) A proposal of the contact sports hearing loss and development of an impact reduction protector

研究代表者

濱西 伸治 (HAMANISHI, Shinji)

東北学院大学・工学部・准教授

研究者番号：00374968

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：頭部に繰り返し激しい衝撃が加わるコンタクトスポーツにおいて、多数の難聴患者が報告されている。私たちはこれらを「コンタクトスポーツ難聴」として提唱し、多くの愛好者がより安全に競技を楽しむため、難聴や脳震盪を予防・低減し、さらに過大な衝撃を検知・警告する機能を付加した次世代型サポーターの開発を目指す。

アメフトのヘルメット、剣道の面防具に装着するサポーターを3Dプリンタにより試作して打撃実験を行ったところ、頭部での衝撃をそれぞれ60.8%、51.7%低減できた。また、サポーターに力センサとBluetoothデバイスを接続させることで、過大な衝撃を検知しPCやスマホに送信することに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

特にアメリカンフットボールでは、激しいタックルで脳震盪を繰り返すことによって慢性外傷性脳症(CTE)を発症・進行させ、認知障害や抑うつ状態となり、中には自ら命を絶ってしまうスタープレイヤーが頻発している。伝統という名目の下で、ほとんど対策がなされてこなかった頭部への過大な衝撃を低減・予防することが喫緊の課題である。

愛好者がより安全に競技を楽しむため、本研究で提案するようなサポーターを使用することで、単に衝撃力を和らげるだけでなく、能動的に過大な衝撃を知覚し危険を判断できる「インテリジェント・サポーター」としてスポーツ界へのインパクトは非常に大きく、近い将来、広く普及することが期待される。

研究成果の概要(英文)：Many cases of hearing loss due to contact sports have been reported. We have proposed these cases as "contact sports hearing loss". In this study, we aim to develop impact reduction protectors that prevent and reduce hearing loss and concussion, and also have functions to warn of excessive impact.

We have developed a prototype protector for American football and a kendo using a 3D printer. Impact tests showed that newly developed protectors could reduce 60.8%, 51.7% of impact, respectively. In addition, a protector with a force sensor and bluetooth device was successfully detected and transmitted to PC or smartphone.

研究分野：バイオメカニクス

キーワード：コンタクトスポーツ 剣道 アメリカンフットボール サポーター 衝撃低減 難聴 3Dプリンタ

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

剣道・ボクシング・アメリカンフットボールなど、頭部に繰り返し激しい衝撃が加わるコンタクトスポーツにおいて、多数の難聴患者が報告されている。これまでの私たちの取り組みにより、その原因は長年にわたり頭蓋骨に過大な骨導が伝わることにより発症する可能性が非常に高まってきた。私たちはこのような難聴を「コンタクトスポーツ難聴」として新たに定義・提唱する。コンタクトスポーツの多くの愛好者がより安全に競技を楽しむため、伝統という名目の下で、ほとんど対策がなされてなかった頭部への衝撃に伴う脳震盪や難聴を低減・予防することが喫緊の課題である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、コンタクトスポーツ難聴や脳震盪を予防・低減するサポーターを開発することである。また、開発した衝撃低減サポーターに過大な骨導を検知・警告する機能を付加し、練習や試合時にヘルメット等に装着することで脳震盪を未然に予防する次世代型の高機能サポーターを開発することである。

3. 研究の方法

(1) 衝撃低減サポーターの検討・製作

コンタクトスポーツとして剣道とアメフトを取り上げ、それぞれ面防具、ヘルメットに装着することで、高い衝撃低減性能を発揮するサポーターの形状を検討した。

剣道用のサポーターについては我々のこれまでの研究成果から、より高い衝撃低減性能が認められた面防具の「外側」に装着することを想定して試作した。形状は「蜘蛛の巣状」とし、厚さについては外観の点から極力薄くしつつ、衝撃低減性能を維持できる最低限の厚さである 15mm のサポーターと、より衝撃低減性能を高めることを目的とした 1 層 10mm の蜘蛛の巣形状を 2 層に重ねた 20mm の 2 種類を試作した。また、サポーターを面防具に固定するための装着具を縫製した。400 mm×12 mm の袋状にした帆布の中央部にサポーターを挿入し、左右端を面防具の紐で挟み込み固定する形とした。

打撃実験装置を図 1 に示す。石膏製のヒト頭部模型の頭頂部に加速度センサ (ONOSOKKI, CN-3211) を、耳部に小型マイク (ONO SOKKI, MB-2200M10) を埋め込んだのち、サポーターを装着した面防具を頭部模型に取り付けた。打撃実験はバネのついた小型竹刀を 90° の角度から振りおろして衝撃を与えた際の頭部の加速度と外耳道内部の音圧の値を音響振動解析システム (ONO SOKKI, DS-5100) により各 5 回ずつ計測した。

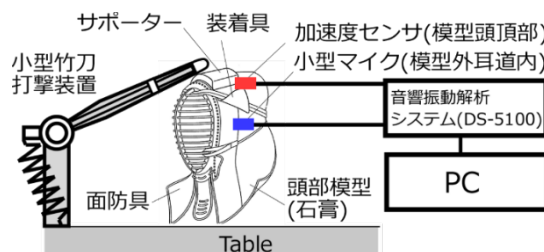


図 1 剣道競技用サポーターを用いた打撃実験装置

アメフト用のサポーターについてはハニカム形状とし、我々のこれまでの研究成果から 1 層を 15mm として 3 層に重ねたポリウレタン樹脂のサポーターを頭部の形状に合わせるように湾曲させた。打撃実験は試作したサポーターをヘルメット内部に装着した上で頭部模型に取り付け、剣道の打撃実験で用いた小型竹刀をハンマーに取り換えて同様の方法で行った。

(2) サポーターの競技者への試装

剣道競技については、実際にサポーターを試装してもらいアンケートも行った。回答項目は「サポーターの着脱のしやすさ」「打突時の衝撃吸収効果」「サポーターを装着した相手に打突した際の感触の違い」「サポーターのデザイン」「試装した競技者自身の見た目」など 8 項目である。試装者 7 名で実施し、項目ごとに集計した。

(3) 過大な骨導を検知・警告する機能の検討・試作

衝撃による難聴や脳震盪の予防のため、衝撃低減サポーターに加わる過大な衝撃を検知しスマートフォン等のタブレット端末に警告を送る「衝撃検知・警告システム」の開発を行う。第一段階として、アメフト用のサポーターの内部に超薄型触覚センサーを取り付け、さらに Bluetooth デバイスを接続させることでサポーターに加わった衝撃をリアルタイムで検知するシステムを検討した。

センサー応答の確認のため、上述のヒト頭部模型の頭頂部にセンサーを内蔵したアメフト用サポーターを取り付けた。ハンマーでサポーターを直接打撃し、センサーが検知した力情報が Bluetooth 接続したスマートフォンに送信されるかの確認を行った。

4. 研究成果

(1) 衝撃低減サポーターの検討・製作

打撃実験の結果、面防具、アメフト用ヘルメットのみに打撃を与えた場合に比べ、剣道用サポーターを使用した場合は38.1%(10mm×2層)、51.7%(15mm)、アメフト用サポーターを使用した場合は60.8%、それぞれ頭頂部での衝撃を低減することができ、高い衝撃低減性能を有することが分かった。

剣道用サポーターについて、厚さを大きくしたにもかかわらず衝撃低減性能が低下した原因について調べるため、図2のように我々が独自に開発した面防具とサポーターの有限要素法モデルを用いてシミュレーションを行ったところ、厚さ15mmのサポーターではサポーター全体が変形して衝撃を吸収する一方で、10mm×2層のサポーターではサポーター中央部のみが大きく変形して衝撃を吸収することが分かり、形状・厚さの違いによって衝撃吸収の過程が異なることが明らかとなった。

サポーターによる外耳道内の音圧低減効果は認められなかった。我々の以前の研究により、耳部を覆う部分を開放させることで音圧を低減できることを確認しており、今後は音圧の低減に特化した面防具・ヘルメットの構造上の検討が必要であると示唆された。

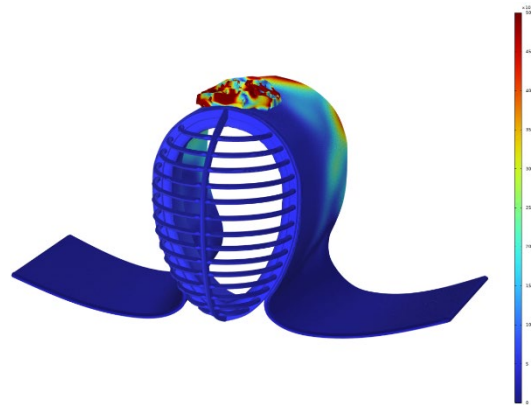


図2 面防具とサポーターの有限要素法モデルを用いた打撃シミュレーション。サポーターの厚さは15mm。

(2) サポーターの競技者への試装

剣道競技用に開発したサポーターを競技者に試装したアンケート結果では、叩かれた体感の衝撃吸収効果と叩いた時の感触の項目で、厚さ15mmと10mm×2層のサポーターとの間にほぼ差はなく、打撃実験における衝撃低減効果と異なる傾向となった。要因として厚さ15mmのサポーターではシミュレーションの結果からサポーターの構造全体が変形するため、衝撃がサポーターを通して面防具全体に伝播しているためと考えられる。サポーターのデザイン、装着した時の見た目の評価は、厚さ15mmのサポーターの方が良好であった。これはサポーターの厚さが薄いことによる外観の差によるところが大きい。

(3) 過大な骨導を検知・警告する機能の検討・試作
ハンマーの角度が極端に小さい場合は、衝撃力そのものが小さく、サポーターに内蔵したセンサーが検知した衝撃力の波形には多くのノイズ信号が含まれていたものの、ハンマーの角度を増加させた場合はセンサーが検知した衝撃力も増加し、本研究により試作したセンサーは、脳震盪が起きるような過大な衝撃を正常に検知できる可能性が示唆された。

センサーで検知した衝撃力の情報をBluetooth接続して遠隔で送信したところ、図3に示すようにPCやスマートフォンでリアルタイムに送信することに成功した。

PCやスマホ側で、脳震盪を引き起こすような過大な衝撃の閾値を設定し、閾値を上回った場合に画面に警告表示できる機能を付加することで、脳震盪やコンタクトスポーツ難聴を未然に予防する次世代型の高機能サポーターを構築できる可能性が示された。



図3 Bluetoothを通じてPCにリアルタイムで表示された頭部模型での衝撃

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 濱西伸治
2. 発表標題 剣道難聴予防のための高機能サポーターの提案
3. 学会等名 第55回 日本武道学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 濱西伸治
2. 発表標題 ゆりかごからグランド・ジェネレーションまで - 聴覚のメカニクスを医療・福祉・スポーツへ -
3. 学会等名 東北学院大学 工学総合研究所 2022年度第1回研究会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三浦 拳也, 浦須内祐二, 青木良浩, 村越道生, 萩山竜馬, 濱西伸治
2. 発表標題 アメリカンフットボール用衝撃低減サポーターの提案
3. 学会等名 日本機械学会 第35回バイオエンジニアリング講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 濱西伸治
2. 発表標題 新生児から高齢者まで快聴LIFEを - 福祉・医療・スポーツへの応用 -
3. 学会等名 日本音響学会聴覚研究会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 浅野陸, 濱西伸治, 中瀬博之
2. 発表標題 ワイヤレス筋電センサーを用いたゴルフスイングの筋肉動作解析
3. 学会等名 第22回日本電気生理運動学会・第10回計測自動制御学会電気生理研究会
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 緩衝構造体及びそれを備えるサポーター	発明者 濱西伸治, 石川夏希, 原叶大	権利者 学校法人東北学院
産業財産権の種類、番号 特許、特願2023-215194	出願年 2023年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

先端を駆ける研究者たち「バイオメカニクス研究室」(東北学院大学 大学院工学研究科) https://www.tohoku-gakuin.ac.jp/grad-eng/forefront-2024/ff2024-01/ 東北学院大学 工学部 バイオメカニクス研究室 https://www.facebook.com/T.G.hamanishi

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
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
韓国	Incheon National University		