

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号：31302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K01775

研究課題名(和文)コンタクトスポーツ骨導シミュレーションによるHead&Earプロテクターの開発

研究課題名(英文)Development of a Head& Ear Protector for Contact Sports by the Bone Conduction Simulation

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) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：我々は、頭部への打撃実験やシミュレーションにより、頭部に激しい衝撃を伴うコンタクトスポーツの愛好者に見られる難聴が、打撃によって頭蓋骨を伝わる振動である「骨導」が大きな要因となっているのではないかという仮説に至った。そこで3Dプリンタの技術を用いて衝撃を吸収できるサポーターを面防具に装着すれば、打撃による骨導が低減できるのではないかと考え、本課題ではサポーターによる面防具への打撃・音圧低減効果を評価するため、人頭模型を用いた打撃実験を行った。その結果、サポーターを面防具に装着した場合、約30%衝撃を低減しており、サポーターの使用により打撃低減効果が認められた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

頭部に激しい衝撃が繰り返し加わるコンタクトスポーツの愛好者に難聴患者が多く見られる事実から「コンタクトスポーツ難聴」の可能性を初めて明らかにし、衝撃・騒音を防ぐための「Head&Earプロテクター」の開発を試みた。近い将来、コンタクトスポーツに活用されることが予想される。また、日常的に過度な振動や騒音にさらされるような工場や工事現場などの環境では「職業性難聴」への懸念が以前から警告されている。Head&Earプロテクターの開発によって職場環境や労働者の健康に及ぼす、社会的意義は非常に大きい。

研究成果の概要(英文)：Our hypothesis based on experiments and simulation using a skull bone model is that the cause of hearing loss by contact sports may possibly be related to accumulation of small concussions in the human head by the excessive impact-induced bone conduction. We evaluated this hypothesis by an impact experiments.

Impact experiments were performed using a dummy head and kendo helmet model. An accelerometer and an ultraminiature microphone were attached on impact area and ear canal of head model, respectively. Time history responses of acceleration and sound pressure to impact by a bamboo sword were measured. In order to reduce head trauma, we proposed an impact absorption structure made by additive manufacturing technique. This honeycomb structure have high shock absorbability and breathability, which are essential for kendo players. Impact experiments found that the newly developed kendo helmet with the absorbing structure reduced damage to head model.

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 難聴 骨導 3Dプリンタ 剣道

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

コンタクトスポーツとは、ボクシングや格闘技など、プレーヤーへの打撃・衝撃を伴うスポーツの総称である。長年にわたり打撃や衝撃を受け続けた結果、選手の中には引退後も脳障害などの後遺症に悩まされている。

特にアメリカンフットボールでは、激しいタックルによって脳震盪を繰り返すことによって進行する慢性外傷性脳症(Chronic Traumatic Encephalopathy: CTE)が頻発しており、今後、コンタクトスポーツによる頭部ダメージへの関心が一層高まるとともに、ダメージを低減する対策の検討がさらに加速すると予想される。

これまで、剣道経験者を被験者として聴覚に関わる脳波計測、申請者が世界で初めて構築した剣道の面防具モデルを用いたシミュレーション(科研費 19700530)、頭蓋骨のモデルを用いた「骨導マップ」を作成することでメカニズムを探ってきた(科研費 26350826)。その結果、剣道難聴は、掛け声などの過大な「音」ではなく、竹刀による頭部への打撃が過大な「骨導」となって、聴覚器官の感覚細胞や脳にダメージを与え、それらが蓄積された結果、引き起こされているのではないか、という着想に至った。

2. 研究の目的

過大な骨導に起因する脳震盪・難聴を保護するための新しい「Head & Ear プロテクター」の提案を試みる。我々は、3Dプリンタの技術を用いて衝撃を吸収できるサポーターを提案し、衝撃低減効果を確認した。そこで、提案したサポーターを面防具に装着すれば、打撃による骨導が低減できるのではないかと考え、本研究ではサポーターによる面防具への打撃・音圧低減効果を評価するため、人頭模型を用いた打撃実験を行った。

3. 研究の方法

提案するサポーターの構造を図1に示す。複雑な形状も成形できる3Dプリンタの特性を生かし、衝撃吸収能力の高いハニカム構造とし、サポーターの素材には優れた弾力性と大きな歪み耐性を特長とするフィラメント (Polymaker, PolyFlex TPU95)を使用した。打撃実験の全体図を図2に示す。石膏で作製した人頭模型を用い、人頭模型の外耳道内部に設置した小型マイク(ONO SOKKI, MB-2200M10)と頭頂部に埋め込んだ加速度センサ(ONO SOKKI, NP-3211)により、打突部に一定の打撃力を打突部に与えた際の衝撃音圧と加速度を、FFTアナライザ(ONO SOKKI CF-7200)によりそれぞれ記録した。打撃実験は、人頭模型のみ、面防具を着用した模型、サポーターと面防具を着用した模型、の3パターンで実施した。

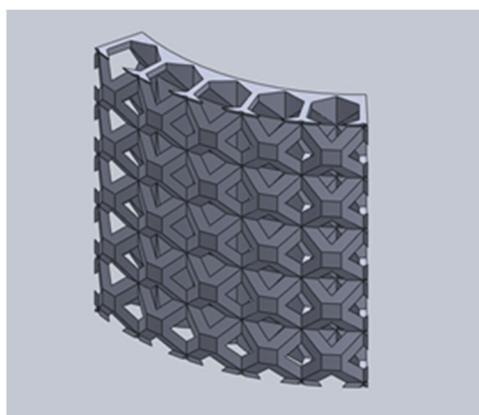


Fig.1. A newly proposed impact absorption structure made by additive manufacturing technique. This honeycomb structure has high shock absorbability and breathability, which are essential for kendo players.

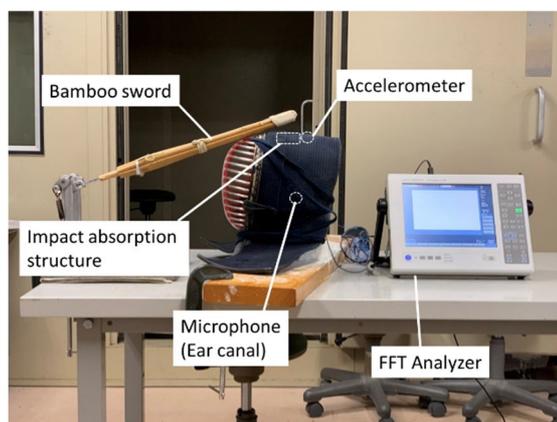


Fig. 2. Experimental set up for impact experiments using a dummy head and kendo helmet model. An accelerometer and ultraminiature microphone were attached on impact area and ear canal of head model, respectively.

4. 研究成果

打撃実験により得られた加速度と音圧の波形振幅の最大値を図 3 にそれぞれ示す。面防具を着用した人頭模型を打撃した際の頭頂部の加速度は、模型を直接打撃した場合と顕著な差が見られず、面防具のみでは打撃による頭部への衝撃を低減できないことが示唆された。サポーターを面防具に装着した場合、約 30% 衝撃を低減しており、サポーターの使用により打撃低減効果が認められた。今回使用したサポーターは頭頂部のみに使用したため、面防具と頭部が接触する部分全体に使用することで、より高い衝撃低減効果を期待できる。

一方で、外耳道内に伝わる音圧は、人頭模型を直接打撃した時に生じる音圧よりも、面防具の装着時の方が高くなった。これは面防具を装着することで、外耳道を面防具が閉塞し、音がこもってしまうためと考えられる。サポーターを装着した場合には、面防具のみよりもある程度の音圧低減効果が認められたが、面防具着用に伴う外耳道閉塞の影響は非常に大きく、今後、剣道難聴を予防するための新機能防具の開発に当たっては頭部の衝撃低減だけでなく、外耳道の閉塞を防ぐ工夫が必要であることが示唆された。

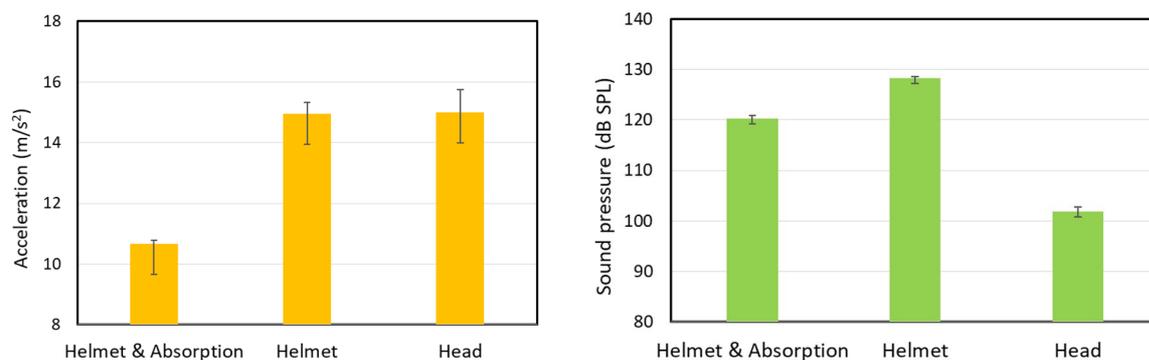


Fig. 3. Effects of impact absorption structure on impact reduction. (a) Acceleration at impact area. Although impact experiments showed that effects of kendo helmet on impact reduction was significantly small, the newly developed kendo helmet with the absorbing structure reduced damage to head model. (b) Sound pressure in the ear canal. Impact caused high sound pressure of more than 100 dB SPL with regardless of the helmet and impact absorption structure.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Nattikan KANKA, Michio MURAKOSHI, Shinji HAMANISHI, Risako KAKUTA, Sachiko MATSUTANI, Toshimitsu KOBAYASHI, Hiroshi WADA	4. 巻 134
2. 論文標題 Longitudinal changes in dynamic characteristics of neonatal external and middle ears	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology	6. 最初と最後の頁 Article 110061
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.ijporl.2020.110061	査読の有無 有
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 該当する

1. 著者名 Yuya ONO, Tomohiro OTANI, Masahiko OKUMURA, Shinji HAMANISHI, Yasuhiro SAITO, Yohsuke MATSUSHITA, Hideyuki AOKI	4. 巻 99
2. 論文標題 Analysis for Packing State of the Packed Bed of Hydrogen Storage Alloy Using Discrete Element Method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Japan Institute of Energy	6. 最初と最後の頁 41-51
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3775/jie.99.41	査読の有無 有
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 Hamanishi S, Kim N, Mo S	4. 巻 Supplement
2. 論文標題 Impact-induced bone conduction simulation to determine the cause of hearing loss in kendo players	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2017 international Budo Conference	6. 最初と最後の頁 48-49
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計19件（うち招待講演 1件／うち国際学会 7件）

1. 発表者名 カンカー ナッティカーン, 村越 道生, 濱西 伸治, 和田 仁
2. 発表標題 ティンパノメトリーとSFI 技術を用いる新型診断装置イアドック(EarDoc)の開発
3. 学会等名 日本機械学会 第30回バイオフィロントニア講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 濱西伸治
2. 発表標題 3Dプリンタを用いた新しい面防具衝撃低減サポーターの提案
3. 学会等名 第52回 日本武道学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 濱西伸治, 青木良浩, 渡邊隆
2. 発表標題 3Dプリンタを用いたサポーターによる剣道面防具の打撃低減効果
3. 学会等名 第32回バイオエンジニアリング講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菊池大輝, 國井厚嘉, 熊谷進, 濱西伸治
2. 発表標題 大径円板状刃物の摩擦熱による刃先振れシミュレーション
3. 学会等名 日本機械学会東北学生会 第50回卒業研究発表講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤光司, 高橋学, 濱西伸治
2. 発表標題 超音波を用いた空間温度測定法の評価
3. 学会等名 日本機械学会東北学生会 第50回卒業研究発表講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shinji HAMANISHI, Namkeun KIM, Seongho MO, Takashi WATANABE, Yoshihiro AOKI
2. 発表標題 Effects of Excessive Impact on Bone Conduction in Contact Sports
3. 学会等名 Summer Biomechanics, Bioengineering, and Biotransport Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nattikan KANKA, Michio MURAKOSHI, Shinji HAMANISHI, Hiroshi WADA
2. 発表標題 Investigation of Chronological Changes in Dynamic Characteristics of Neonatal Ears Using Sweep Frequency Impedance (SFI) Technique
3. 学会等名 Association for Research in Otolaryngology 43rd AnnualMidWinter Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shinji HAMANISHI, Jongwoo LIM, Namkeun KIM
2. 発表標題 Experimental and Computational Approaches for Studying Excessive Impact-Induced Hearing Damage in Contact Sports
3. 学会等名 Association for Research in Otolaryngology 43rd AnnualMidWinter Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 濱西伸治
2. 発表標題 防具モデル用いた面打撃シミュレーション
3. 学会等名 第51回 日本武道学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 濱西伸治, 村越道生, 和田仁
2. 発表標題 有限要素モデルによる中耳・内耳病変診断装置用プローブの検討
3. 学会等名 日本機械学会 第31回バイオエンジニアリング講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 秋元将吾, 濱西伸治, 霜田靖
2. 発表標題 聴覚過敏関連遺伝子欠損マウスを用いた聴覚機能の解析
3. 学会等名 第24回高専シンポジウムin Oyama
4. 発表年 2019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 第72回 電気通信大学 脳科学ライフサポート研究センター(BLSC)セミナー(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 作田和輝, 渡邊隆, 濱西伸治
2. 発表標題 眼電図(EOG)を用いたALS患者におけるコミュニケーションツールの開発
3. 学会等名 日本機械学会 東北学生会 第49回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 南條真友子, 濱西伸治, 和田仁
2. 発表標題 中耳腔が中耳動特性に与える影響
3. 学会等名 日本機械学会 東北学生会 第49 回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菊地航平, 濱西伸治
2. 発表標題 剣道打撃時の骨導に及ぼす頭部軟組織の影響
3. 学会等名 日本機械学会 東北学生会 第48 回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Murakoshi M, Hamanishi S, Aithal V, Joseph K, Wada H
2. 発表標題 Difference in the Dynamic Behavior of the Hearing Apparatus Between Neonates and Adults: The Effects on Tympanometry
3. 学会等名 XVI Congress of the International Society of Biomechanics (ISB2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hamanishi S, Murakoshi M, Wada H
2. 発表標題 Dynamic Characteristics of Neonatal Ear up to 6kHz using a Finite Element Modeling Approach
3. 学会等名 XXVI Congress of the International Society of Biomechanics (ISB2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hamanishi S, Kim N, Mo S
2. 発表標題 Impact-induced Bone Conduction Simulation to Determine the Cause of Hearing Loss in Kendo Players
3. 学会等名 2017 International Budo conference, Japanese Academy of Budo 50th Anniversary Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Wako K, Sekido M, Hamanishi S, Okumura M, Takeda J, Ishi H, Miyazaki Y, Hongo S, Sakuraba H, Yamada H, Yairi S, Yagyu H, Matsubara M, Suzuki K, Tanaka Y, Oshima M
2. 発表標題 Improvement of Skills in Interactive Teaching Through Objective and Quantitative Evaluation by Students and Teachers
3. 学会等名 11th International Symposium on Advances in Technology Education (ISATE2017), Ngee Ann Polytechnic (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

東北学院大学 工学部 機械知能工学科 濱西伸治研究室 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			