

衝撃緩和帽子の開発

田村智弘*・藤井謙治*・本田晃浩*・中村大二郎*²・山本啓輔*²

Development of a Shock Absorbing Head Cap

Tomohiro Tamura, Kenji Fujii, Akihiro Honda, Daijirou Nakamura and Keisuke Yamamoto

山口県産業技術センターでは、アイデアや構想段階の製品開発テーマを県内企業から公募し、企業と共同で製品企画から設計・試作までを行うことで、より魅力ある製品づくりを目指す「共同開発」の取組を実施している。本取組の中で、幼稚園や保育園等で活動する子どもの頭部の受傷を和らげるための衝撃緩和帽子の開発を行った。企画段階では、類似製品や機能・性能の評価方法、子どもの受傷部位等の各種調査、試作品の製作、試作品を用いたユーザー調査や各種実験を行い、それらの結果から製品のコンセプトを定めた。このコンセプトに基づき、企業が主体となり製品化に向けた取組を行い、目標とする衝撃吸収性能を有する衝撃緩和帽子が製品化された。

1. 緒言

山口県産業技術センター(以下、産技センター)では、アイデアや構想段階の製品開発テーマを県内企業から公募し、企業と共同で製品企画から設計・試作までを行うことで、より魅力ある製品づくりを目指す「共同開発」の取組を実施している。図1に本取組の概要を示す。本取組は、従来産技センターが行っていた受託研究等の具体的な技術課題に対して行う支援制度に対し、誰にどのような製品を提供するのかという製品コンセプトなどを定める製品企画を、企業と産技センターが共同で実施することを特徴とする。本取組を用いた製品開発を既に数件行っており、その中のいくつかのテーマについては製品化^{1,2)}をしている。

ここでは、本取組で実施した製品開発テーマの一つである衝撃緩和帽子の開発について報告する。

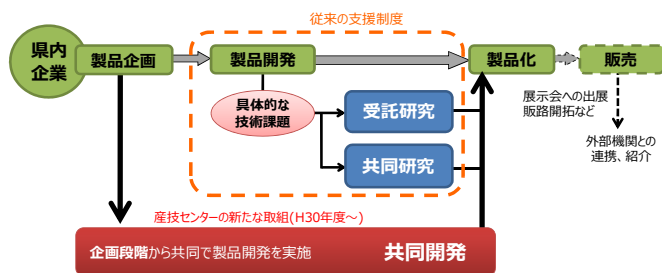


図1 共同開発の取組概要

2. 企業からの提案内容

産技センターに共同開発テーマを提案した企業(以下、共同開発企業)は、幼稚園や保育園等の園児用制服や靴、カラー帽子等を製造・販売している。その共同開発企業に対し、園児の園内外での活動において、園児同士や遊具等への衝突、遊具からの落下、転倒などにより頭部を受傷する問題が生じており、安全性を有したクッション材入りのカラー

帽子が欲しいと取引先の園から要望が出された。加えて、既に販売されていた他社製のクッション材入りカラー帽子は、比較的厚いクッション材が使用されているため衝撃吸収性は高いが、外観が通常のカラー帽子に比べ大きく異なる印象を与えるため、見た目の違和感の少ない形状かつ一定の衝撃吸収性を持つものが好ましいとのことであった。

以上のことから、幼稚園や保育園等の園児が、園内外での活動で安全に過ごせるよう、「安全性を有したクッション材入りのカラー帽子」の製品開発を行いたいと企業から提案がなされた。



図2 一般的なカラー帽子(たれ付き)

3. 製品企画

3・1 製品企画プロセス、及び実施体制

製品企画は、図3に示すプロセスで進めた。まず、開発する製品に関する各種調査を行った。次に、考案した衝撃緩和帽子に対し、ユーザーの意見を聞き取りし、基本的な性能を確認するための試作品を製作した。この試作品を用いた調査や実験を行い、これらの結果を基にコンセプトを定め、製品企画書にまとめた。

製品企画の実施体制については、製品企画プロセスで定めた実施項目について、共同開発企業と産技センターで分担を定め、協力しながら進めた。産技センターについては、本共同開発の取組を主体的に行うためにデザイン系及び機械系研究員から構成された「製品開発チーム」が実施した。

* 企業支援部デザイングループ

*2 中村被服株式会社

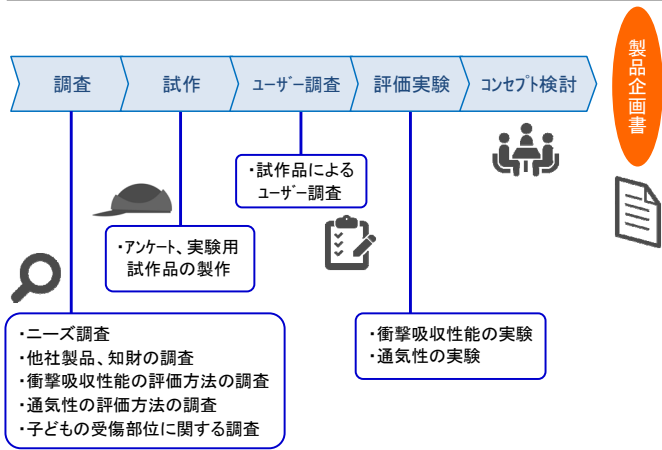


図3 製品企画プロセス

3・2 調査

3・2・1 ニーズ調査

カラー帽子を使用する現場である幼稚園や保育園で求められているカラー帽子について、共同開発企業の取引先の園より情報を収集した。その結果、以下に示すニーズが得られた。

(1) 衝撃吸収性能

園活動で生じる頭部の受傷に対し、それを和らげる衝撃吸収性能が欲しい。また、保護者の理解を得やすいよう、衝撃吸収性能を分かりやすく定量的に表すようにして欲しい。

(2) 蒸れにくい構造

幼児は特に汗をかきやすいため、帽子内が蒸れやすい。蒸れると不快になり脱帽する。脱帽すると衝撃吸収効果が無くなるので問題となる。

(3) 審美性

通常のカラー帽子と比べ、大きな違いを感じない外観にして欲しい。いかにもクッション材が入っていると分かる形状よりは、目立たない方が好ましい。

上記のニーズを参考に、開発する衝撃緩和帽子の必要とする機能や要件、評価方法について調査、検討することとした。

3・2・2 他社製品、及び知財の調査

既に販売されている他社製品に関し、価格、サイズ、クッション材の厚さ・材質、衝撃吸収性能の評価方法等について調査した。その際、ヘッドギアタイプやヘルメットタイプなど、保護に特化した製品は、開発する製品と異なるため除外した。

また、特許や意匠等の知的財産に該当する類似製品については、主に J-PlatPat(特許情報プラットフォーム)を用いて調査した。

3・2・3 衝撃吸収性能の評価方法に関する調査

頭部用の保護具に関し、前項で実施した既存製品の調査結果等を参考に、その衝撃吸収性能を定量的に評価する方法について調査した。独自の方法で、衝撃吸収性能を評価した例が見られたが、エビデンスに基づいた客観的な評価結果を得るためには、一般的な試験規格を用いる方法が適

表1 衝撃吸収性能の評価方法

評価規格		防災頭巾 (公財)日本防災協会)	ヘルメット(JIS)
参照規格		JIS T8131:2000 「産業用ヘルメット」	JIS T8133:2007 「乗車用ヘルメット」
人頭 模型	サイズ	1サイズ	5サイズ
	材質	鋼鉄等	金属、樹脂等
試験機の構造		人頭模型-固定、 ストライカー-移動	人頭模型-移動、 ストライカー(アンビル)-固定
ストラ イカー	サイズ	平面型、φ127mm	平面形(鋼製)-φ130mm、 半球形(鋼製)-φ50mm
	質量	5kg	人頭模型サイズによる
落下高さ		100mm	1.72m及び1.17m
評価	物理量	人頭模型に加わる衝撃力	人頭模型の加速度
	基準値	9.8kN以下 (金属製人頭模型)	※T8133:最大衝撃加速度 300G 以下、150G以上の継続時間4ms 以下(1種)

切と考えられる。参考となる評価方法を表1に示す。防災頭巾の規格³⁾は、JIS T8131「産業用ヘルメット⁴⁾」を元にしており、もう一方の「乗車用ヘルメット⁵⁾」のJIS規格に比べ、対象とする現象が開発案件と近いと、最も参考になると考えられた。設備的には、いずれの方法も専用の実験装置や測定設備が必要であり、試験を実施するには本試験を行う試験機関へ依頼することとなる。

3・2・4 通気性の評価方法に関する調査

服や帽子など繊維の生地については、通気性に関する試験方法はフラジール型通気性試験などJIS規格⁶⁾で存在するが、帽子や服等の衣類の通気性を定量的に評価する一般的な規格は見つけることができなかった。衣服に関しては、発汗マネキン^{7,8)}を用いた評価方法も提案されているが、既存の発汗マネキンは頭部の評価はできない上、非常に特殊な装置であるため、容易に試験を行うことは困難であった。そのため、一般的には、より簡易な方法として、被験者が評価対象を身に着け、着衣内の温度や湿度をセンサで測定⁹⁾し、熱画像計測装置(サーモグラフィ)で被験者の外表面や着衣の温度を測定する方法が用いられていた。これらの測定機の例を図4に示す。

温度・湿度センサを用いる方法は、帽子内の温湿度を直接測定でき、時間的な変化が分かりやすいが、センサのサイズが大きい場合、頭部と帽子との間に大きな空間が生じるため、実際の現象と異なる状態になる可能性がある。一方、サーモグラフィによる方法は、帽子内の温度測定はできないが、視覚的に分かりやすい特徴がある。



(a) 熱画像計測装置

(b) 温度・湿度センサ

図4 通気性を評価する装置例

3・2・5 子どもの受傷部位に関する調査

子どもの頭部に関し、受傷しやすい箇所を重点的に保護することで、より安全性を高めることが可能となる。そこで、子どもの受傷部位に関する文献等の調査を行った。

本項目に関し、様々な資料を確認でき、特に子どもに関係する製品の設計に役立つ受傷部位、身体寸法、発揮力等のデータをまとめた書籍¹⁰⁾が参考となった。本資料では、1歳から6歳までの幼児の頭部に関しては、図5に示すように、特に額(前頭部)と後頭部への受傷割合が高く、側頭部や頭頂部はそれよりも低いと示されていた。

また、子どもの受傷に関し総合的に調査・分析している資料¹¹⁾では、重篤な状態になる受傷として、頭部への受傷と示されており、頭部を保護する重要性を改めて確認することができた。

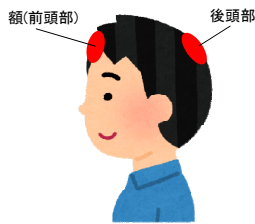


図5 子どもが受傷しやすい部位

3・3 試作

これまでの調査結果を基に、構造やクッション材の配置を検討し、試作を行った。

(1) 基本的な構造

既存のカラー帽子と異なる形状とした場合、新たな設計作業や製造設備の構築などが必要となり、高コストとなる。そこで、既存のカラー帽子をベースに衝撃吸収のためのクッション材を付加する構造とすることで、コストを抑えることとした。

(2) クッション材の配置(保護部位)

前項の調査より、額(前頭部)及び後頭部の受傷割合が高かった結果を受け、図6に示すように、その箇所を重点的に保護するようクッション材を配置することとした。頭頂部は、受傷頻度が前頭部及び後頭部に比べそれ程高くない点と、蒸れを抑える観点からクッション材は配置しない構造とした。

(3) クッション材の配置(取付位置)

帽子にクッション材を取り付ける場合、帽子の内側か外側に取り付けることが考えられる。内側は、クッション材が目立たないため、自然な外観であるが、頭部の近い位置にクッション材が配置されるため、熱が逃げにくく、通気性も悪いと考えられた。一方で、帽子の外側に配置する場合、クッション材と頭部の間に帽子の生地があるため、内側配置よりも比較的熱が逃げ易いと考えられる。加えて、帽子とクッション材の間にできた空間を空気が通り抜けることで、蒸れの防止に寄与できると考えられた。

以上のことから、クッション材は帽子の外側に取り付け、前頭部及び後頭部を重点的に保護し、蒸れ対策のため頭頂

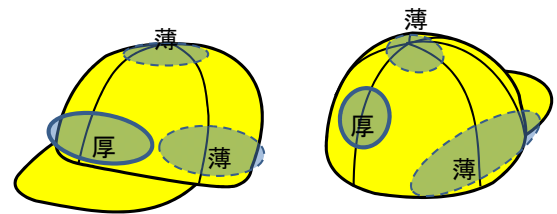


図6 子どもの受傷部位に関する資料に基づいたクッション材配置(保護部位)のイメージ



図7 製作した試作品

部を開口する構造とした。この考え方に基づいて衝撃緩和帽子の試作品を共同開発企業が製作した。製作した試作品を図7に示す。

3・4 ユーザー調査

試作した衝撃緩和帽子に対し、本製品を使用する幼児及びその保護者が、ユーザーの視点からどのような意見を持つのか調査した。対象は小学生未満の子どもとし、回答はその保護者とした。今回の調査は、秘密保持の観点から、共同開発企業及び当センターの関係者とした。方法は、試作品とアンケート用紙を渡し、試作品を子どもに着帽させた上で回答を記入してもらった。アンケートの内容としては、子どもの情報、着帽した際の子どもの反応、試作品の印象、価格等について回答をしてもらった。図8に試作品を着帽した子どもの様子を示す。

本報告では、具体的なアンケート結果を示さないが、試作品に関し以下の点についての要望が多く見られた。

- ① 衝撃吸収性の定量的な評価の提示
- ② 蒸れ難い帽子
- ③ 洗濯くずれし難い帽子



図8 試作品を着帽した子どもの様子

本調査から、商品として求められる要素に関する情報を得ることができた。

3・5 評価実験

衝撃緩和帽子の最も重要な機能となるクッション材の衝撃吸収性能と、使用時の快適性に影響を与える通気性(蒸れ)を評価するための実験を行った。

3・5・1 衝撃吸収性能に関する実験

(1) 実験概要

実験では、クッション材に錘を落下させ、クッション材を固定しているベース部に加わる荷重を測定した。クッション材の種類や厚さ、枚数を変えて実験を行った。実験装置の概略図を図9に示す。

本来であれば、2・3・2で示したように、衝撃吸収性能の評価規格に基づいた実験を行うべきであるが、設備的に実施が容易でないため、ここでは簡易的な設備を用いて予備的な実験を行った。そのため、衝撃エネルギーや、ストライカー形状は評価規格とは異なる。本実験は、クッション材の種類等の条件の違いに関し、相対的な評価を目的に行った。

(2) 実験装置及び方法

衝撃時の荷重は、ひずみゲージ式のロードセル(株式会社共和電業製 KMS-S-10kNSA2)で測定し、動ひずみ計(日本電機三栄株式会社製 6G01からの出力電圧をADコンバータ(Data Translaion社製 DT9804ECIBNC-8DI)でパソコンに収録した。落下試験は、同条件で3回を行い、最大荷重を平均した。

(3) 実験結果

図10に、2つの落下高さにおける3つの試験対象の

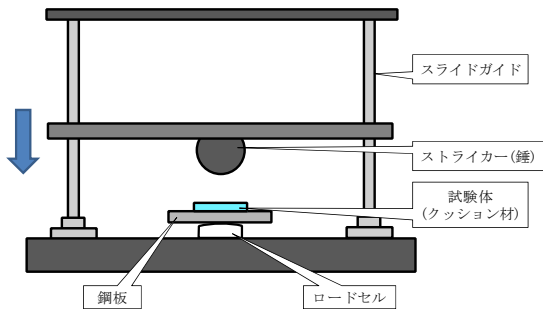


図9 衝撃吸収性能の評価に関する実験装置の概略図

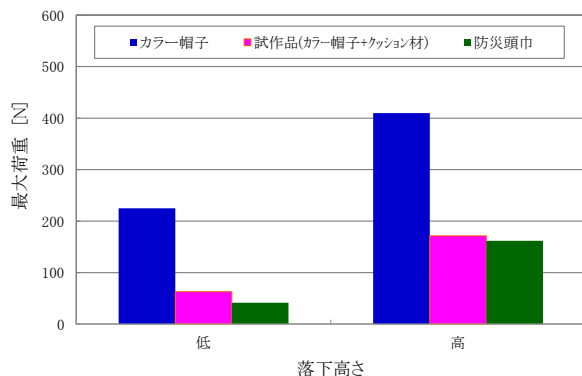


図10 衝撃吸収試験の結果

結果を示す。いずれの落下高さの条件においても、クッション材がある場合及び防災頭巾は最大荷重が低下している。本結果では、評価対象としたクッション材の衝撃吸収効果は、防災頭巾より若干低い、大きな差がないことを確認した。

3・5・2 通気性に関する実験

(1) 実験概要

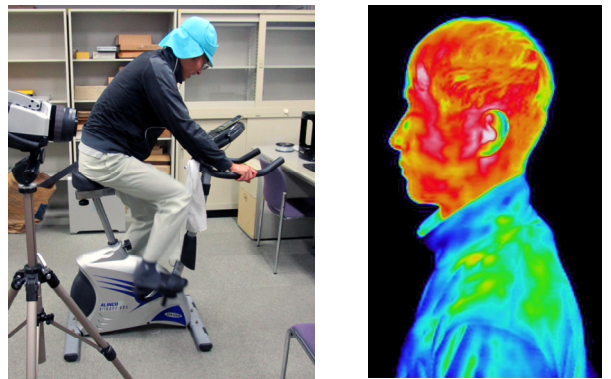
試作した衝撃緩和帽子の通気性を確認するため、帽子を装着した被験者が一定時間運動を行い、運動中の帽子内の温度及び運動前後の頭部熱画像を測定した。運動様子及び運動後の頭部熱画像を図11に示す。

(2) 実験装置及び方法

被験者は成人男性4名とし、評価対象は、試作品、カラー帽子(クッション材なし)とした。運動は、フィットネスバイクで15分間ペダリングを行うものとした。帽子内の温度は、温湿度データロガー(神栄株式会社製 HA3631(図4(b)))で測定し、運動前後の頭部熱画像は、赤外線熱画像装置(NEC Avio 赤外線テクノロジー株式会社製サーモレーサ TH9100MR(図4(a)))を用いて撮影した。帽子内温度は、運動開始時の温度が被験者により異なるため、運動開始時の温度からの変化量を評価した。

(3) 実験結果

図12に本実験の結果を示す。本図は、被験者4名の温度変化を平均化したものである。試作品は、クッション材の無いカラー帽子に比べ、頭部の一部に断熱性の高い発泡ポリエチレン製のクッション材を取り付けている



(a) 運動の様子 (b) 運動後の頭部熱画像

図11 通気性に関する実験

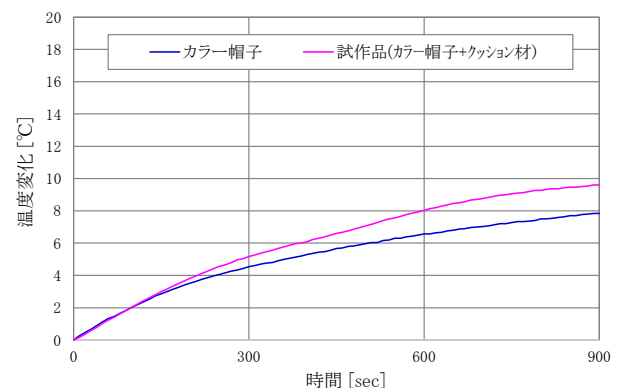


図12 通気性に関する実験の結果

ため、温度上昇は避けられないが、今回の実験条件においては、その差は 2℃程度であった。衣類内気候と快適性との関係を 5 段階の指標で表す評価方法¹⁴⁾において、湿度が 70%以下の範囲で、運動中の帽子内の温度を 32℃程度とした時、この温度差は 1 段階(「快適」から「やや不快」)以内の快適性の違いであり、不快感を強く感じるものではないと考えられる。

以上の実験により、クッション材の選定に関する基礎的な結果を得ることができた。

3・6 コンセプト検討

以上の調査及び実験結果を基に製品のコンセプト検討を行った。その結果、開発する製品のターゲットは、幼稚園や保育園等で活動する未就学児(1~6 歳児)とし、製品のコンセプトとしては、「頭部へのケガを和らげ、カラー帽子と大きく変わらない装着感・意匠・価格の園児用帽子」とした。

また、定めたコンセプトに基づき、開発方針の具体化を行った。その結果、製品としての要件や仕様について、表 2 のように定めた。

以上のようにして行った製品企画の内容を整理し、製品企画書としてまとめた。

表 2 製品の開発方針及び仕様

項目	開発方針、仕様
ベースとなる帽子	既存のカラー帽子
クッション材の取付位置	帽子の外側に取り付けることで、クッションと帽子の間に隙間が生じ、通気性を高める
保護部位	前頭部及び後頭部を重点的に保護
衝撃吸収性能	防災頭巾並み(規格値のクリアー)
クッション材	蒸れ対策を強化する場合、穴空きタイプとする

4. 製品開発

製品化に向けた製品開発工程は、製品企画書に基づいて共同開発企業が主体となって進めた。

その結果、完成した衝撃緩和帽子は、図 13 に示す第三者機関で行われた衝撃吸収性試験において、防災頭巾の規格をクリアーし、目標とする衝撃吸収性能を有していることを確認した。また、特許出願を経て、令和 2 年 4 月に幼児向けの衝撃緩和帽子として製品化(製品名「まもるくん」(図 14))された。

5. 結 言

県内企業から提案された製品開発テーマについて、企業と産技センターが共同で製品企画を実施し、製品コンセプトの決定、製品企画書の作成を行った。本企画書で定めた開発方針や仕様等に基づき、共同開発企業を主体として開発を進め、製品化を実現した。

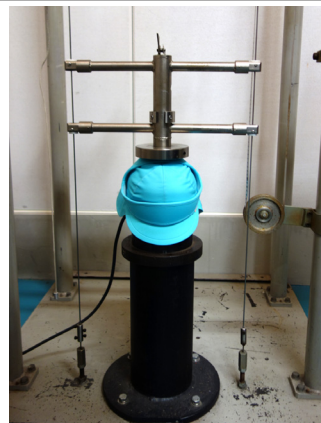


図 13 衝撃吸収性試験



図 14 製品化した製品外観

開発した製品は、子どもに関する優れた製品等の顕彰制度であるキッズデザイン賞(主催: NPO 法人キッズデザイン協議会, 後援: 経済産業省, 内閣府, 消費者庁)において、第 14 回キッズデザイン賞・奨励賞(キッズデザイン協議会会長賞)を受賞するなど、高い評価を得ることができた。

参考文献

- 1) 田村智弘, 藤井謙治, 松田晋幸, 本田晃浩, 種場理絵, 石野隆三: 電動式家庭用小型搾油機の開発, 山口県産業技術センター研究報告, **31**, p. 5-10(2019).
- 2) 本田晃浩, 藤井謙治, 原涼輔, 渡辺徹: ユーザーの持ち方の実態に即した歯ブラシハンドルの開発, 山口県産業技術センター研究報告, **31**, p. 11-15(2019).
- 3) 防災製品認定委員会: 防災製品性能試験基準, p. 6-7(2020).
- 4) 日本規格協会: JIS T8131:2015 産業用ヘルメット, (2015).
- 5) 日本規格協会: JIS T8133:2015 乗車用ヘルメット, (2015).
- 6) 日本規格協会: JIS L1096:2010 織物及び編物の生地試験方法, (2010).
- 7) 森下祿郎: 高性能発汗マネキンによる衣類評価—姿勢変化(座位, 寝位)での評価—, 繊維製品消費科学, **45**(1), p. 43-50(2004).
- 8) 野元ほか: 発汗サーマルマネキンを用いた部位別着衣蒸発熱抵抗の測定, 日本建築学会環境系論文集, **84**(761), p. 653-660(2019).
- 9) 上村巧ほか: チェーンソー防護服の通気性改善対策について, 森林利用学会誌, **27**(1), p. 25-29(2012).
- 10) (独)産業技術研究所デジタルヒューマン工学研究センターほか監修: 子どものからだ図鑑キッズデザイン実践のためのデータブック, ワークスコーポレーション, (2013).
- 13) 消費者庁: 平成 30 年度消費者白書, p. 94-117(2018).
- 14) 原田隆司: 温冷感・湿潤感と衣類素材, 繊維機械学会誌, **45**(4), p. 199-206(1992).