

救急隊員用ヘルメットの改良に関する検証

赤野 史典*, 細谷 昌右*, 高井 啓安**, 山口 至孝*, 千葉 博*

概 要

救急隊の用いる「現行型」ヘルメットと、軽量で通気性・フィット性に優れた「改良型」ヘルメットについて、救急隊員の身体に及ぼす生理的負担と使用感を測定・評価した。「現行型」と比較して「改良型」は、救急活動中の隊員の筋の負担が小さく、またヘルメット内の温湿度の上昇が抑制された。長時間着用時の快適性の経時的変化についても、「改良型」の方がより快適な水準で推移することが確認された。

1 はじめに

現在、救急現場で救急隊員の頭部を保護する目的で使用しているヘルメットには、消防隊が火災現場や救助現場で使用しているものと同じ仕様の型（保安帽。以下、「現行型」という）と、平成12年から救急資器材として車両に配置され、妨害行為防止用兼感染防止用として活用されている型の2種類がある。どちらのヘルメットも、保護帽（労働安全衛生法第42条）の規格を満たした強固な構造を持ち、頭部を保護する上で十分な強度を有している。一方で、強固な構造であるが故に重量が比較的重く、耐電性や貫通防止性を確保するために通気孔がなく、長時間や件数の多い救急活動において、使用感・快適性に優れているとは言い難い。

近年、他の用途として用いられる、保護帽の規格によらないヘルメットについては、軽量化や通気性の向上が図られている。中でも、登山用やサイクリング用などの用途のものは、発泡スチロールの内装体に、外殻として薄いポリカーボネートで覆う構造を持ち、強度を保持しつつ、軽量であり、通気性に優れている。

当庁の山岳救助隊には、既に登山用のヘルメットが導入されている。これは保護帽の規格でなく、欧州規格（European Standard, EN12492/登山用）により安全性を担保されたものである。保護帽の規格と欧州規格については、試験方法の詳細は異なるが、耐衝撃性能については概ね同程度である、と言える。

本検証では、軽量で通気性に優れたヘルメット（以下、「改良型」という。）を、欧州規格（登山用/EN12492）の基準を満たした市販品の中から選定し、これを現行型と比較することで、救急隊員の身体に及ぼす生理的負担と使用感を測定評価し、今後の救急隊員用ヘルメットの改良に寄与させることを目的とした。



図1 本検証で採用した改良型の外観

表 1

	重量(g)	素材(外殻)	通気孔	規格(用途)
現行型	550	FRP	なし	労働安全衛生法(保護帽)
改良型	235	ポリカーボネート	17か所	欧州規格(山岳用/EN12492)

2 検証

ヘルメット着用による、①救急活動中における頸部、肩部、腰部の筋活動量の変化、②ヘルメット内の温湿度の変化、③長時間着用による快適性の変化について、それぞれ「現行型」と「改良型」で比較した。なお、本検証に採用した改良型ヘルメット(メテオ3/ベツル社製)の外観については、図1に示す。また、それぞれのヘルメットの特徴については、表1に示すとおりである。

被験者は、検証(1)、(2)については救急標準課程以上の研修修了者の男性10名、検証(3)については消防職員6名とした。

(1) 筋活動量の測定方法(図2)

訓練用的人形(レコーディングレサシアン/レールダールメディカルジャパン社製)を用いて、ヘルメットを着用した被験者に2分間の胸骨圧迫心マッサージ(以下、「心マ」という)を実施させた。この時の被験者の頸部(僧帽筋上部繊維/第7頸椎棘突起から30mm上部、20mm外側)、肩部(僧帽筋中部繊維/肩峰と第7頸椎棘突起を結ぶ線の中点)、腰部(広背筋/第4腰椎棘突起の40mm上部、30mm外側)の筋活動量(筋の負担)を、双局誘導筋電図法(テレマイオG2/Noraxon社製)にて導出し、アナログ信号をサンプリング周期1000HzでA/D変換しパーソナルコンピュータに取り込み、解析ソフト(マイオリサーチXP/Noraxon社製)を用いて積分筋電図(IEMG)の値として求めた。誘導電極にはペースト付きの使い捨てのもの(ブルーセンサー/酒井医療社製)を用い、被験者の皮膚に十分な前処理を実施した後に貼付した。¹⁾



図2 筋活動量の測定の様子

心マの質を一定に保つために、被験者にはメトロノーム(クオーツメトロノームSQ-77/セイコー社製)によりテンポ(100回/分)を、訓練人形に接続されたパソコン画面(レールダールPCスキルレポートシステムVer2.2.1/レールダールメディカルジャパン社製)により心マの圧迫の深さ(38~50mm)を、それぞれ教示しながら実施した。

(2) ヘルメット内温湿度の測定方法(図3)

熱環境室内にて、ヘルメットを着用した被験者に35分間*座位を保持させ、ヘルメット内に設置した小型温湿度計(ハイグロクロン/KNラボラトリーズ社製)を用いて温度・湿度の変化を1分間毎に測定した。計測した測定値は、測定終了後にパーソナルコンピュータに取り込み、解析ソフト(RhManager ver1.09/KNラボラトリーズ社製)にて解析した。

併せて、VAS(Visual Analog Scale)検査法にて、ヘルメットの装着感に関する被験者の主観的評価を調査した。VAS検査には、質問用紙としてA4用紙に、質問項目毎に水平の10cmの直線を引いたものを用意した。被験者には、質問項目毎に10cmの直線の左端を、その質問内容の最良の状態、右端を最悪の状態とイメージさせ、調査時点で自覚している感覚の位置を10cmの直線上に「×」印でチェックさせた。各質問毎の、直線の左端から「×」印までの距離を計測し、VAS値とした。²⁾

なお、熱環境室内の温湿度の設定条件は、④通年条件(17℃、60%)と⑩夏季条件(30℃、70%)とした。

(※平成20年中の出場~病院到着までの平均35分34秒より)³⁾

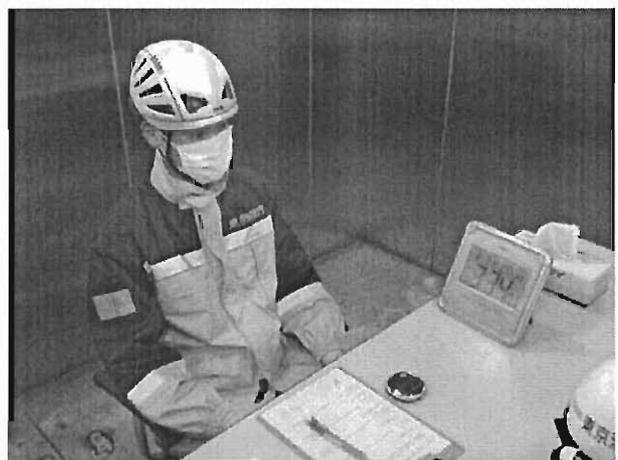


図3 ヘルメット内温湿度の測定の様子

(3) 長時間着用による快適性の測定方法

被験者に対して、ヘルメットを安静状態で3時間連続で着用させた。この時の、ヘルメットの快適性に関する被験者の主観的評価をVAS検査法にて測定した。測定のタイミングは、着用開始時を含む1時間毎とし、測定終了までの計4回調査した。被験者の安静状態を長時間保つため、被験者には身体的負荷の少ない、事務室内での通常事務を行わせた。(図4)



図4 長時間着用による快適性の測定の様子

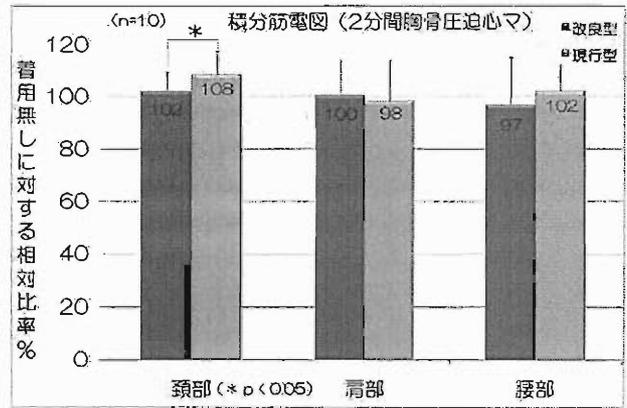


図5 筋活動量の測定結果

(2) ヘルメット内温湿度の測定結果

ヘルメット内温度は、「改良型」、「現行型」のいずれも、被験者がヘルメットの着用を開始した直後から上昇を始めた。着用開始から約15分経過した以降は、④通年条件、⑤夏季条件のいずれについても、「現行型」の方がより高い温度にて推移した。(図6、7)

35分経過後の温度は、④通年条件、⑤夏季条件のいずれについても、「現行型」(④26.1℃、⑤33.7℃)の方が「改良型」(④24.9℃、⑤33.1℃)より高く、両者には有意差が認められた。

(4) 統計方法

分析には積分筋電図(IEMG)値、温度、湿度、VAS値を用いた。IEMG値については、被験者毎にそれぞれの条件(「現行型」を着用、「改良型」を着用)について3回ずつ測定し、その平均値を被験者の値として用いた。また、被験者間のIEMG値を正規化するために、それぞれの被験者について着用無し条件についてもIEMG値を測定し、この値を100%としたときの、各条件における値の相対比率を算出し、比較した。

統計処理は、表計算ソフト(エクセル2007/マイクロソフト社製)を用いてt検定を行い、統計学的有意水準は5%以下とした。

3 結果

(1) 筋活動量の測定結果(図5)

心マを実施中の被験者の筋活動量は、着用無し条件を100%としたとき、頸部において、「改良型」が102%、「現行型」が108%となり、「改良型」の方が筋の負担が少なく、統計学的に有意差が認められた。その他の部位については、有意差は認められなかった。

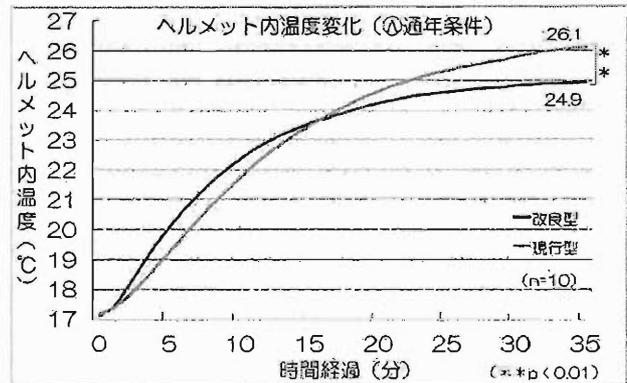


図6 ヘルメット内温度(④通年条件)の測定結果

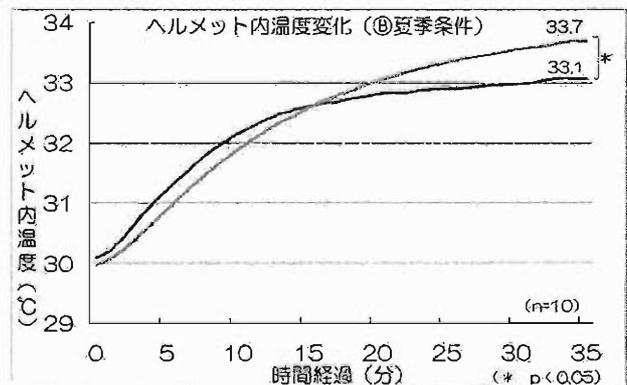


図7 ヘルメット内温度(⑤夏季条件)の測定結果

ヘルメット内湿度は、「改良型」、「現行型」のいずれも、被験者がヘルメットの着用を開始した直後から上昇を始めるが、その後、④通年条件では50%台への低下傾向を示し、⑥夏季条件では70%台の水準を推移した。(図8、9)

35分経過後の湿度は、④通年条件については、「現行型」(54.7%)の方が「改良型」(50.2%)より高く、両者には有意差が認められたが、⑥夏季条件については、両者(73.0%、72.0%)に顕著な差は認められなかった。

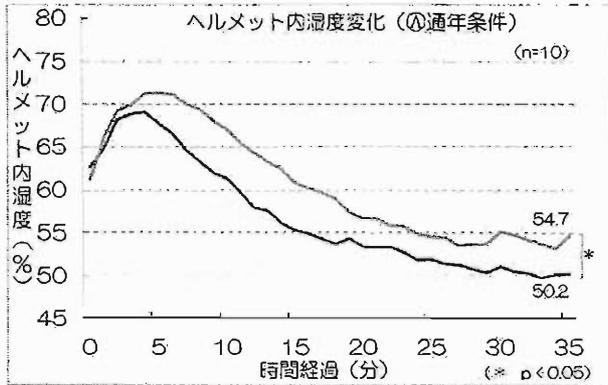


図8 ヘルメット内湿度 (④通年条件) の測定結果

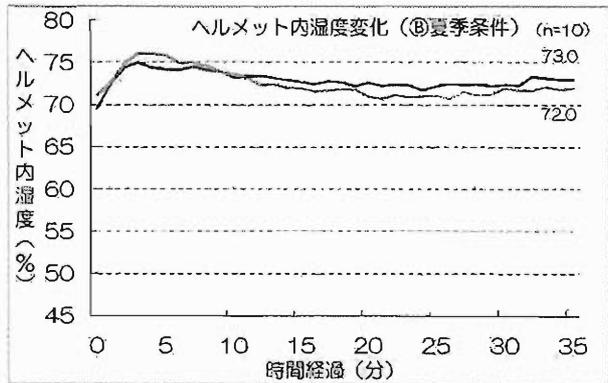


図9 ヘルメット内湿度 (⑥夏季条件) の測定結果

VAS 検査法による、ヘルメットの装着感に関する被験者の主観的評価は、④通年条件、⑥夏季条件のいずれについても、全ての質問項目で「改良型」の方が「現行型」より低値(最良の状態に近い)であった。統計学的な有意差は、「快適感、清涼感」、「頭重感」の質問項目で認められた。(図10、11)

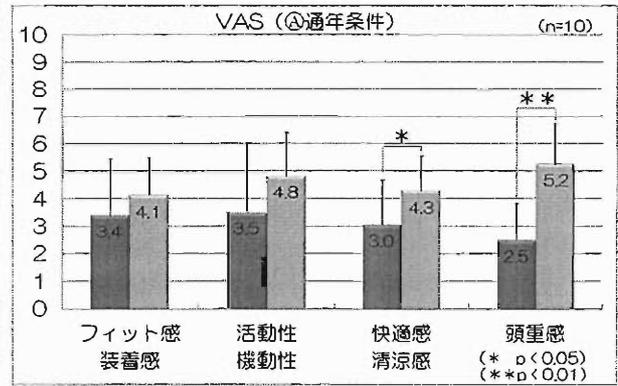


図10 ④通年条件における装着感 (VAS) の結果

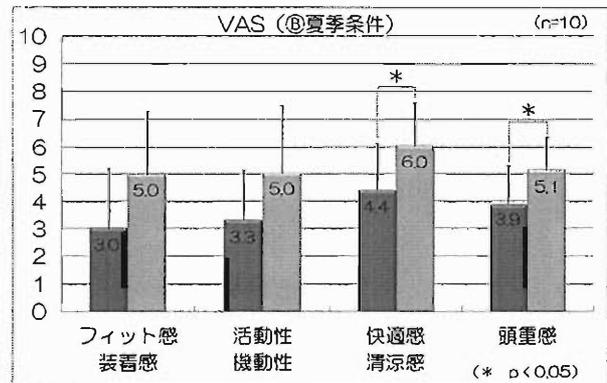


図11 ⑥夏季条件における装着感 (VAS) の結果

(3) 長時間着用による快適性の測定結果 (図12~16)

ヘルメットを3時間連続着用させた際の、VAS 検査法による、ヘルメットの快適性に関する被験者の主観的評価は、いずれの項目についても、時間経過とともに上昇(最悪な状態へ近づく)した。「改良型」と「現行型」を比較すると、「改良型」の評価が、いずれの項目についても低値(最良の状態に近い)であった。統計学的な有意差は、「暑さについて」で認められた。

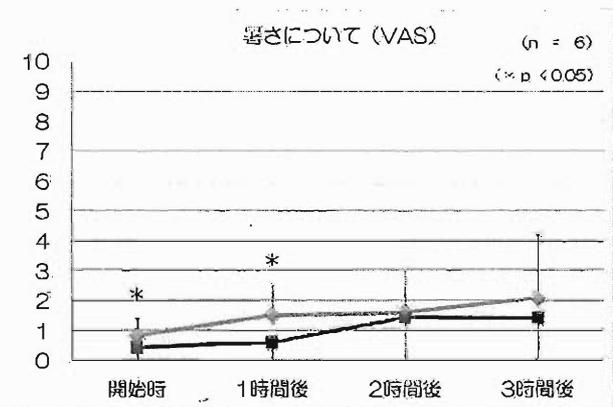


図12 暑さについて (VAS) の経時的変化

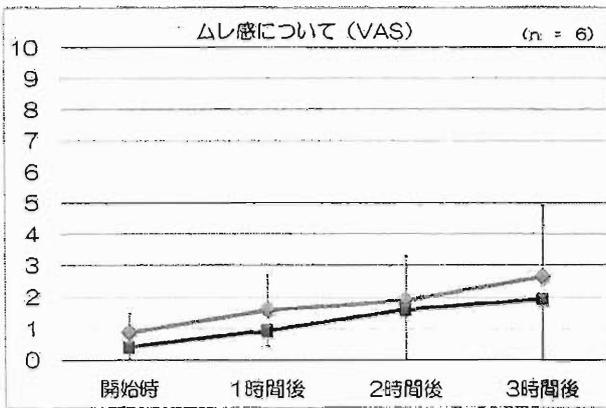


図 13 ムレ感について (VAS) の経時的変化

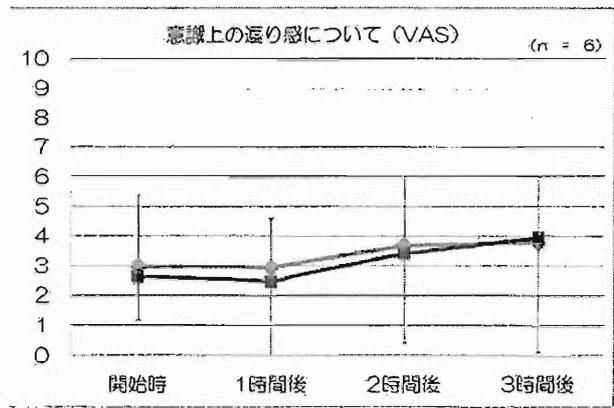


図 16 意識上の速り感について (VAS) の経時的変化

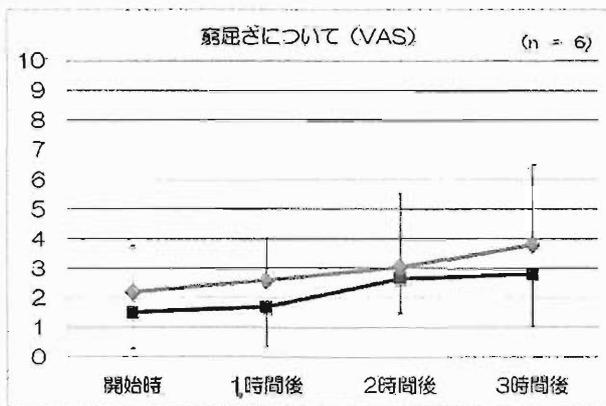


図 14 窮屈さについて (VAS) の経時的変化

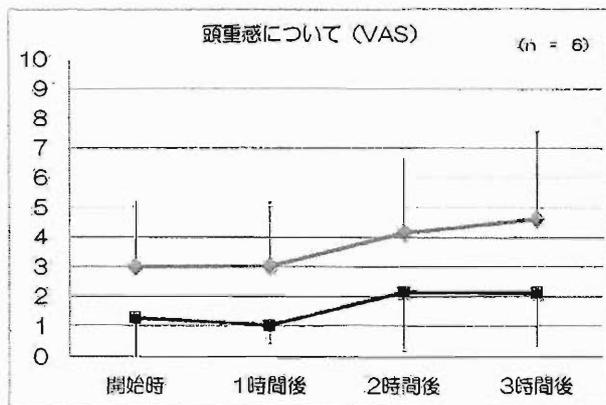


図 15 頭重感について (VAS) の経時的変化

4 考察

(1) 筋活動量について

ヘルメットの重量が救急隊員の筋活動量へ及ぼす影響が大きい動作として、本検証では心マを選択し被験者に実施させたところ、頸部の筋活動量 (=筋の負担) について、「改良型」の方が少ない、という結果を得た。これは、「改良型」と「現行型」のヘルメットの重量の差を反映した結果であると考えられる。筋活動量の差が6%だった点については、頭部の重量 (約5~6kg) に対するヘルメットの重量の差 (315g/約5~6%) と、ほぼ一致していた。

実際の救急活動については、ヘルメットの着用は本検証で設定 (2分間の心マを実施) した時間よりも長時間、高頻度であり、また活動内容も様々であることから、ヘルメットの軽量化は疲労軽減や筋骨格系に生ずる各種障害の予防に寄与するものと期待できる。

(2) ヘルメット内温湿度について

救急隊員が一般的にヘルメットを着用する時間として、出場~病院到着の平均35分間、被験者にヘルメットを着用させた際のヘルメット内温湿度を測定した結果、「現行型」と比較して「改良型」の方がヘルメット内温湿度の上昇が抑制される、という結果を得た。これは、ヘルメットの17か所に設置された通気孔による換気効果を反映した結果であると考えられる。本結果は、測定条件の均一を図るために、被験者を安静状態として測定した。実際の救急活動については安静状態ではないことから、本検証で得た結果よりも、頭部からの発熱・放熱・発汗がより高まり、通気孔による換気効果は更に期待できる。

併せて実施した、ヘルメットの装着感に関する被験者の主観的評価を測定した結果、「改良型」の方が、「快適感、清涼感」「頭重感」に対する評価が有意に高い、という結果を得た。これは先述の、客観的な測定手法を用いて得た、「筋活動量」や「ヘルメット内温湿度」に関する結果と一致した。つまり、「改良型」ヘルメットの軽量化と快適さの効果は、救急隊員の主観的感覚として、十分に認識できる水準にある、と言える。

(3) 長時間着用による快適性について

救急活動においては、病院選定等に長時間を要する事案もあることから、長時間ヘルメットを着用した際の、快適性に関する被験者の主観的評価を調査した。その結果、いずれの項目についても時間経過とともに不快さの程度は増すものの、「改良型」の方がより低い水準で推移することが明らかとなった。

以上のことから、「改良型」ヘルメットの着用により、救急隊員への身体的・精神的な負担を抑制し、より質の高い救急活動の実践に繋がることが期待できる。

一方で、被験者によっては「現行型」の方が快適であると評価する項目（意見）も確認された。直接身体と触れる部分の素材や形状、サイズの調整方法については、導入の際に慎重に検討する必要があると思われる。

5 おわりに

- (1) ヘルメットの軽量化により、頸部への負担を軽減することができる。
- (2) 通気孔により、ヘルメット内の温湿度の上昇を抑制することができる。
- (3) 上記(1)(2)の効果は救急隊員に認識でき、長時間の着用においても「改良型」の方が身体的・精神的な負担が少ない。

[参考文献]

- 1) 藤澤祐基、藤村昌彦、河村光俊、奈良 勲：ノート型パソコンの画面表示角度が生体に及ぼす影響、理学療法科学、16(4)、209-213、2001年
- 2) 日本疲労学会：抗疲労臨床評価ガイドライン、2008年2月
- 3) 東京消防庁救急部：救急活動の現況平成20年、2009年9月
- 4) 加藤 浩、ほか6名：随意収縮強度別（%MVC）による表面筋電図周波数特性、理学療法科学、25(7)、425-431、1998年

Study on the improved helmets for EMS crew

Fuminori AKANO*, Masasuke HOSOYA*, Hiroyasu TAKAI**, Yoshitaka YAMAGUCHI**,
Hiroshi CHIBA*

Abstract

The physical burden on the EMS crew's body and the usability were measured and evaluated for the "current type" helmet and the "improved type" helmet that is lighter, more breathable and designed with better fit. Compared with the "current type", the "improved type" showed lower stress on the crew's muscles during emergency medical services, and reduced the rise in temperature and humidity inside the helmet. Chronological changes in comfort during long wear also confirmed that the "improved type" remained at a more comfortable level.