

運動時の着帽効果に関する実験的研究 (続)

— 改良型防暑帽の効果について —

滋賀県立短期大学	寄 本	明
(共同研究者) 同	岡 本	進
同	玄 田	公 子
滋 賀 大 学	佐 藤	尚 武

Experimental Studies on the Effect of Headgear against the Solar Radiation during Exercise —On the Effect of Improved Heatproof Cap—

by

Akira Yorimoto, Susumu Okamoto, Kimiko Genta

Shiga Prefectural Junior College

Shobu Satoh

Shiga University

ABSTRACT

The improved heatproof cap was tentatively designed for the purpose of preventing heat storage and dampness. In order to investigate the effect of putting on the improved heatproof cap against the heat radiation, two experiments were carried out in summer.

The first experiment was a comparison of skin temperature of parietal region between putting on the improved heatproof cap and various kinds of headgears in resting condition on 13 subjects.

The second experiment was a comparison of the physiological responses between putting on the improved heatproof cap and the baseball cap during exercise. In this experiment, four healthy men were loaded by a bicycle ergometer at 450 kpm/min for 30 minutes under the vertical heat radiation of 1.3 cal/cm²/min in a room of 35°C with 60% relative humidity and 2.0 m/sec air flow.

The results are as follows:

1) The protection against the heat radiation in case of putting on fishing hat, improved heatproof cap, heatproof ventilating hat and helmet hat were better than that of the other headgears.

2) In average, the values of total sweat volume of back, rate of body weight loss and skin temperature rise of parietal region in case of putting on the improved heatproof cap and the baseball cap during exercise were significantly smaller than those of no headgear respectively.

3) During exercise, the temperature and humidity of inner air space in the improved heatproof cap were lower than those of the baseball cap. The value of skin temperature rise of parietal region of putting on the improved heatproof cap was smaller than that of the baseball cap.

緒 言

炎天下における身体活動時では、太陽の輻射熱から頭部を保護するため、帽子の着用は重要である。

帽子の防暑効果についての研究は、尾崎¹⁾や馬杉²⁾の屋外における安静実験の報告があるが、運動時の検討はほとんどみられない。

著者らは、前報³⁾において運動時の着帽効果を検討し、着帽が頭頂部皮膚温の上昇と発汗量の増加を抑制することを明らかにしてきた。

ところで、従来の運動帽は、太陽光の遮へいに役立ったとしても、頭頂部皮膚面からの発汗による蒸れを調節する働きに欠けている。しかしながら、ヘルメットのような二重構造の帽子では、蒸れや蓄熱を抑制し、高い防熱効果を示す報告^{4,5)}がある。また、大川⁶⁾や肝付⁷⁻⁹⁾は、帽子内の換気的重要性を考慮し、作業用の防暑通気帽を試作している。

今回は、これまでの防暑通気帽を参考に、換気能力をもち、防暑性にすぐれたスポーツ活動用の改良型防暑帽を試作し、安静時の2, 3の条件ならびに運動時における改良型防暑帽の効果につい

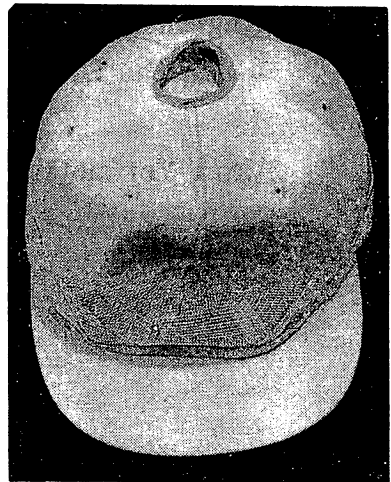


図1 改良型防暑帽

て検討した。

実 験 方 法

(1) 改良型防暑帽の構造

改良型防暑帽の外観は、図1のとおりである。この帽子は、デサント製、白の野球帽（ポリエステル）を改良している。その構造は図2に示すとおり、換気能力をもたせるために、帽体外被と帽体内被とを組み合わせる二重構造である。

帽体外被は、頭頂部に直径4cmの円型通気孔

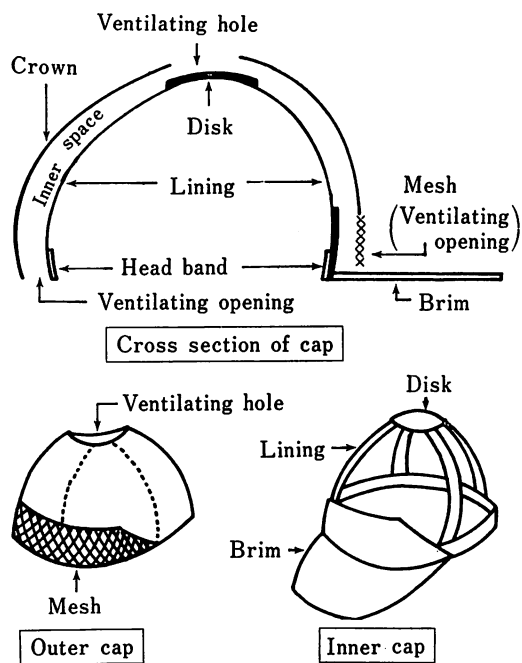


図2 改良型防暑帽の断面図と構造

をもうけ、帽体前面には、ひさしの上部にあたる部分に高さ 4cm の通気孔をつけ、メッシュでおおった。

帽体内被は、帽体外被の頭頂部円型通気孔および前面通気孔から太陽光の直射を防ぐのに十分な大きさの遮断布を取りつけた。

帽体外被と帽体内被との固定は、両者に 1cm 以上のすきまを周囲に沿って作り出すため、4 箇所にとどめ、この固定には輪状の布を用いた。

断面図にみられるように、通気孔を頭頂部、内被周囲およびひさし上部に設けているのは、煙突効果の原理による自然対流と運動による対流を利用し、換気能力を高めようとするためである。

(2) 安静状態における各種帽子の防暑効果に関する実験 (実験Ⅰ)

用いた帽子は、野球帽の 4 種類 (白、青、黒、黒で後部メッシュ)、テニス帽、登山帽、麦わら帽、釣用レジャーハット、熱帯用ヘルメット、防暑通気帽および改良型防暑帽の 11 種類である。

これらの帽子を女子学生 13 名に着帽させて、次の条件下で椅座位安静状態において 30 分間にわたり、帽子内気温と頭頂部皮膚温を毎分測定した。

3 種類の実験条件は、①気温 25°C、相対湿度 60%、頭上からの輻射熱 1.3cal/cm²/min の人工気象室内、②①の条件に加えられた 2m/sec の気流下、③夏季屋外炎天下 (気温 34°C、相対湿度 55%)、である。

(3) 運動時における着帽効果に関する実験 (実験Ⅱ)

被検者は健康な男子学生 4 名で、被検者の身長および体重の平均は、それぞれ 170.5±2.6cm および 61.1±4.9kg である。

被検者は、気温 35°C、相対湿度 60% に設定された人工気象室内で 15 分間の安静状態におかれた後、30 分間の自転車エルゴメータによるペタリング運動 (450kpm/min) が負荷された。

運動時には、2m/sec の気流が前方から流され、頭部には垂直上方の白熱灯から、太陽輻射よりやや多い 1.3cal/cm²/min の輻射熱が照射された。

実験は、①着帽なし、②白の野球帽の着用、③改良型防暑帽の着用、の 3 条件について、それぞれ日をかえて実施した。

測定項目は、酸素摂取量、心拍数、皮膚温 (頭頂部、前額部、胸部、大腿部および下腿部)、直腸温、組織温、局所発汗量 (背部) および体重減少量である。また、着帽時には、帽子表面温、帽子内面温、帽子内気温および帽子内湿度の測定を加えた。

実験結果

(1) 実験Ⅰ

図 3 は、11 種類の帽子を着帽した時の、有風下および無風下での輻射暴露における頭頂部皮膚温と炎天下における帽子内気温を、それぞれ 5 分間の平均値で示した。

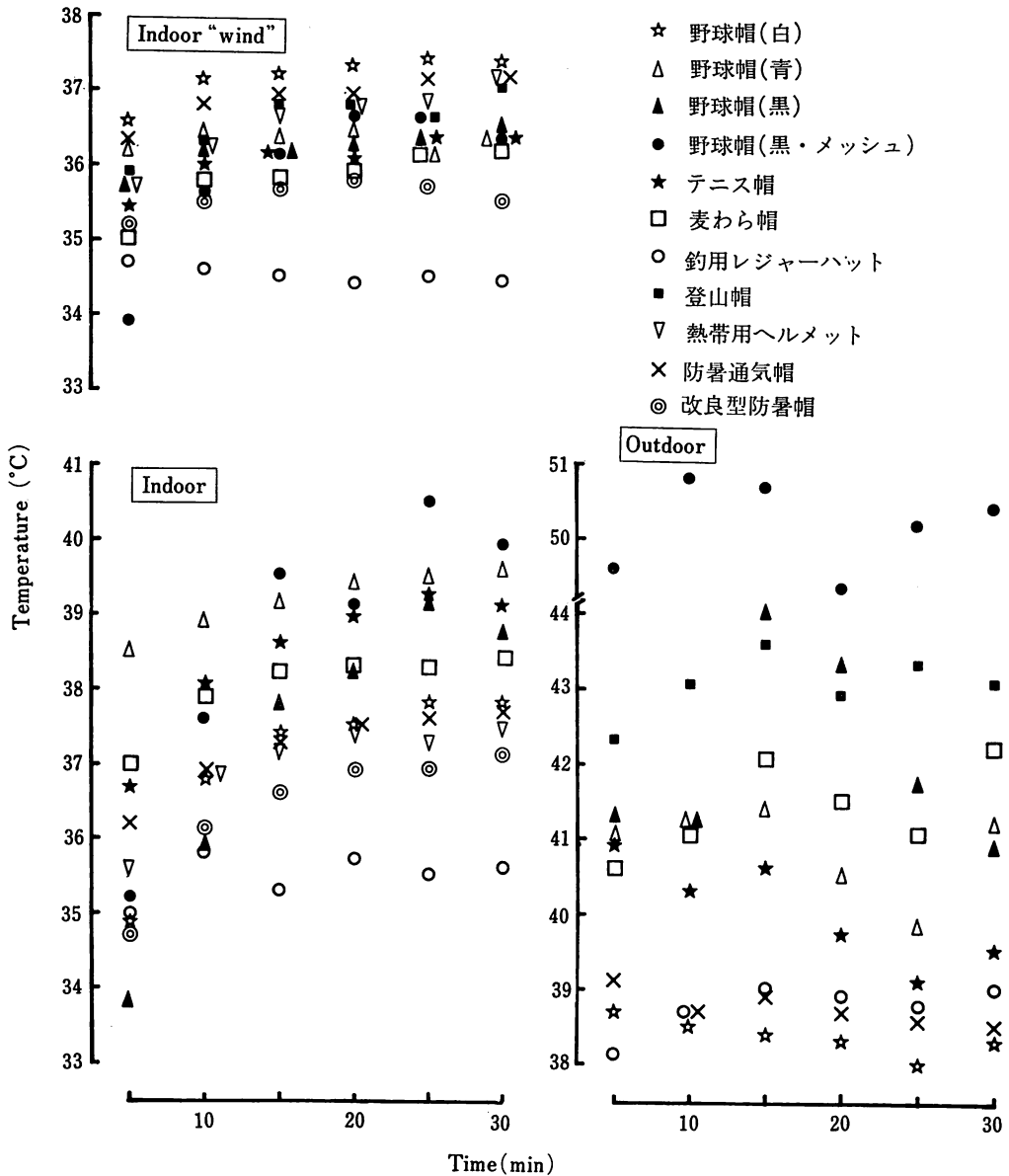


図3 各種帽子着用時の頭頂部皮膚温（屋内実験）および帽子内気温（屋外実験）の経時変化

無風下の白熱灯照射時の頭頂部皮膚温は、25～30分の平均値でみると、釣用レジャーハットでは、35.6°Cを示して最も低かった。以下、改良型防暑帽、熱帯用ヘルメット、防暑通気帽、白の野球帽の順に低かった。比較的高い頭頂部皮膚温を示した帽子は、黒メッシュの野球帽と青の野球帽であった。

有風下においては、頭頂部皮膚温の25～30分

の平均値は、釣用レジャーハットの着用時に34.4°Cと最も低く、次いで改良型防暑帽の着用時に低かった。その他の帽子の着用時には、36.2～37.3°Cの間にとどまっていた。

炎天下での実験は、帽子内気温を示しているのので、この時の温度は屋内実験の頭頂部皮膚温より全体的に高い値となっている。

この場合には、白の野球帽、防暑通気帽および

釣用レジャーハットの着用時に、いずれも 39°C 以下の低い温度を示しているのに対し、黒メッシュの野球帽の着用では、50°C をこえて最も高

く、黒の野球帽および登山帽の着用では、43°C 以上の高い値を示した。

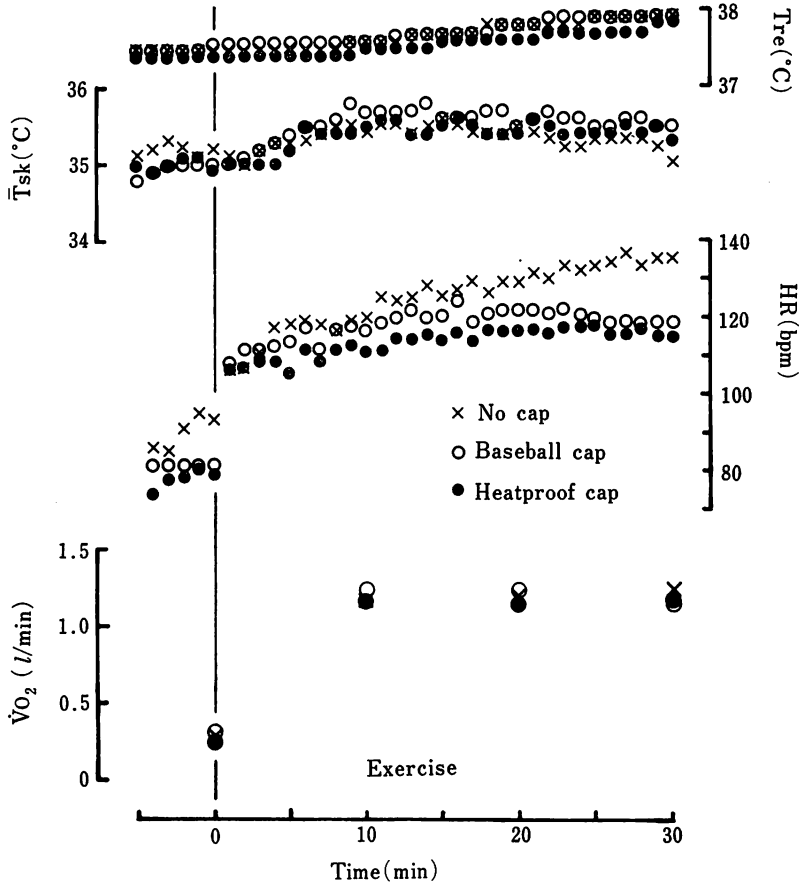


図4 直腸温 (Tre), 平均皮膚温 (Tsk), 心拍数 (HR) および酸素摂取量 ($\dot{V}O_2$) の変化

(2) 実験 II

安静時および運動時における直腸温, 平均皮膚温, 心拍数および酸素摂取量の経時変動を4名の平均値で図4に示した。

直腸温および平均皮膚温には, 着帽の有無, 帽子の種類による差はみられなかった。

また, 酸素摂取量にも差がみられなかった。

心拍数は, 着帽時には着帽しない時より運動終末で約15拍/分少なかったが, その差は有意でなかった。

背部発汗量の経時変動を, 4名の平均値で図5に示した。

運動後半では, 着帽時の発汗量は少なく, さらに改良型防曇帽着用時には, 野球帽着用時より発汗量が少ない傾向にあった。

運動前後の体重減少量の4人の平均値は, 着帽なしで 464.0 ± 20.6 g, 野球帽の着用で 408.8 ± 46.8 g, 改良型防曇帽の着用で 412.2 ± 54.8 g を示し, 着帽時には総発汗量の減少がみられた。

頭頂部皮膚温の経時変動を, 4人の平均値で図

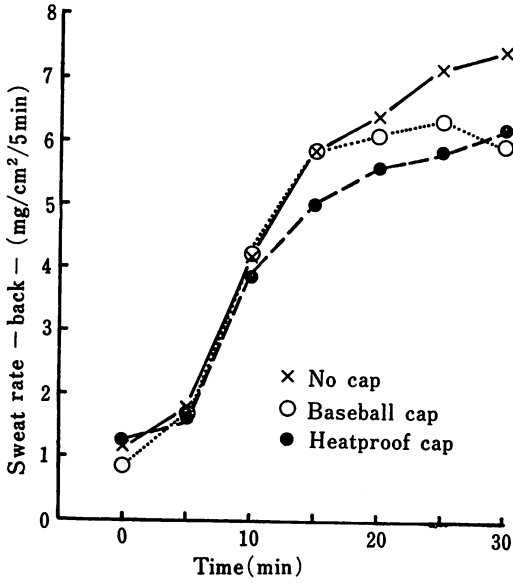


図5 背部発汗量の変化

6に示した。

運動の後半における着帽しない時の頭頂部皮膚温は、45~46°Cまで上昇を示したのに対し、野球帽着用時には約40°Cで、改良型防暑帽着用時には約38°Cであった。運動終末における頭頂部皮膚温では、いずれの着帽時とも着帽しない場合より有意に低かった ($p < 0.01$)。また、野球帽着用時と改良型防暑帽着用時の間にも有意な差 ($p < 0.05$) が認められた。

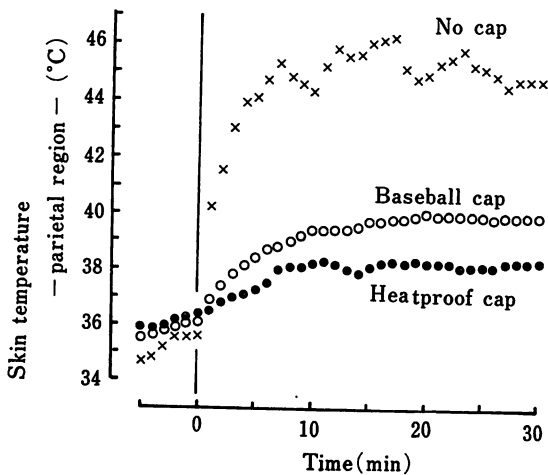


図6 頭頂部皮膚温の変化

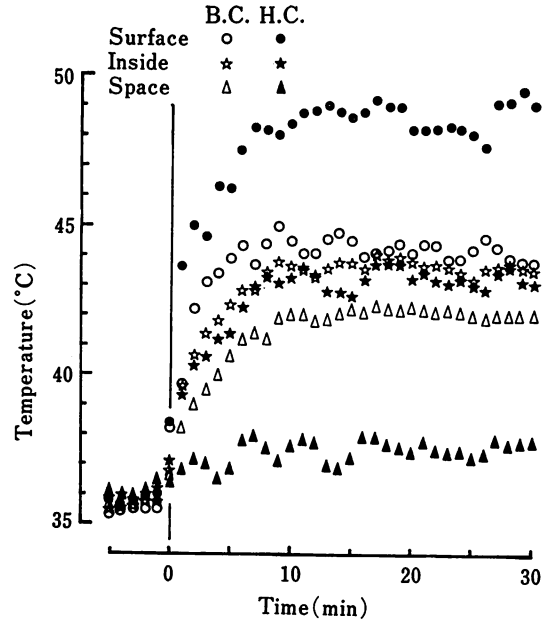


図7 野球帽(B.C.)と改良型防暑帽(H.C.)の帽子表面温、帽子内面温および帽子内気温の変化

図には示していないが、前額部組織温(皮下約10mm)は、運動の後半において改良型防暑帽着用時では、野球帽着用時より0.1~0.2°C低い値を示していた。

野球帽と改良型防暑帽の帽子表面温、帽子内面温および帽子内気温の経時変動を、4名の平均値で図7に示した。

帽子表面温は、改良型防暑帽で49°C前後を示し、運動終了時には野球帽より有意に高かった ($p < 0.01$)。

帽子内面温は、両者とも43~44°Cであった。帽子内気温は、改良型防暑帽が野球帽よりも約4°C低く、運動終了時には両者に有意な差 ($p < 0.05$) が認められた。

帽子内の鋭感湿度計で得られた相対湿度を絶対湿度に換算し、帽子内湿度の変化を、4名の平均値で図8に示した。

野球帽では、約10mmHg増加したのに対し、改良型防暑帽では、ほぼ同一水準を維持し、運動終了時には両者の間に有意な差 ($p < 0.01$) が認

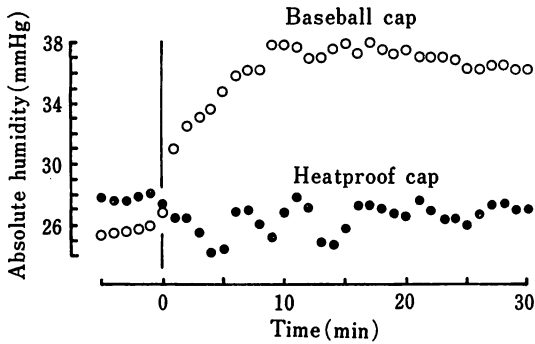


図8 野球帽と改良型防暑帽の帽子内湿度の変化

められた。

考 察

帽子着用の意義は、日光の直射をさけることにあるが、その効果は帽子の種類によって著しく異なるようである。

有風および無風にかかわらず 頭部放射において、本実験で用いた11種類の着帽では、小型の傘を頭にのせた菅笠のような釣用レジャーハット、我々が今回試作した改良型防暑帽、肝付考案の防暑通気帽、熱帯用ヘルメットでの頭頂部皮膚温の上昇が少なく(図3)、防暑性が比較的良好と考えられる。

これらの帽子に比べて、比較的愛好されている野球帽や登山帽では、かなりの温度上昇がみられた。

尾崎¹⁾は、各種帽子の帽子内の温度と湿度を比較検討し、ヘルメットの防暑性が、他の帽子に比べてかなりすぐれていることを報告している。ヘルメットについては、石崎ら⁴⁾や Winslow ら⁵⁾も防熱の有効性を示唆しており、頭部と帽体との空間による換気の重要性に注目している。

これらの報告をみると、二重構造の帽子は蓄熱と蒸れの影響を抑制することができ、防暑対策としては、二重構造で換気機能をもたせることが防暑帽の基本となろう。

今回の改良型防暑帽は、この点を考慮して試作

し、帽体と頭部間の対流が容易なように通気孔をもうけているのである(図2)。

運動時における着帽効果に関しては、夏季の日本南部における日射量を若干上回る輻射熱(1.3cal/cm²/min)を加えた高温環境下で調べたのであるが、今回の運動条件においては、心拍数、酸素摂取量、直腸温、皮膚温ではほとんど差はなかった。しかし、着帽時では、発汗量および頭頂部皮膚温をかなり抑制し、これらの成績は、前報⁹⁾とほぼ一致していた。

ところで、運動時の改良型防暑帽の有効性については、野球帽との比較において、運動中の帽子内気温(図7)、帽子内湿度(図8)、頭頂部皮膚温(図6)に明らかに差が認められた。すなわち、改良型防暑帽は、帽子内の温度と湿度の上昇を抑制するという大きな効果を示した。

帽子内部の空気は、熱放射で生じる自然対流により、帽子下部のすきまから頭頂部の通気孔へ流れ、さらに運動実施に伴う前面からの気流も加わって、頭頂部の通気孔へ流れが生じるわけである。この換気機能が帽子内の蓄熱をやわらげ、絶対湿度の上昇を抑制することになる。

換気が十分行われておれば、改良型防暑帽のように、帽子内の絶対湿度はほぼ同一水準を維持し、野球帽のように増加することはないと考えられる(図8)。

頭部放射暴露下における運動時の着帽は、頭頂部皮膚温の上昇を抑制し、生体への暑熱負荷を軽減するが、改良型防暑帽はこのことを一層顕著にし、従来の帽子以上の効果が期待できると考えられる。

体表面からの熱放散に対して頭部の占める割合は大きい¹⁰⁾という報告があり、暑熱環境下における頭部の温度上昇抑制は、日射病の予防と暑熱の生体負担の軽減につながる。この点からも、炎天下の身体活動時には、防暑対策として、改良型防暑帽のような通気性能にすぐれた帽子の着用が重

要であろう。

総 括

換気機能をもたせた改良型防暑帽を試作し、安静状態における 2, 3 の条件下で、各種帽子との比較実験および運動時の野球帽との比較実験を行い、その有効性について検討した。

1) 有風下および無風下の頭部輻射暴露安静状態における11種類の帽子のなかでは、改良型防暑帽を含め、二重構造になっている釣用レジャーハット、防暑通気帽、ヘルメットの防暑性がすぐれていた。

2) 運動時の帽子着用は、着用しない場合よりも、頭頂部皮膚温の上昇と発汗量の増加を抑制していた。

3) 運動時の改良型防暑帽の着用は、野球帽の着用より、帽子内温度や頭頂部皮膚温の上昇を抑制し、帽体内の蓄熱を軽減するとともに、帽子内湿度の上昇も抑え、換気機能が認められた。

稿を終るにあたり、改良型防暑帽の試作に有益な助言をいただいた労働科学研究所・労働衛生学研究部、肝付邦憲先生に心から感謝致します。

文 献

- 1) 尾崎修作；帽子の衛生学的研究，京府医大誌，**72**，385—398 (1956)
- 2) 馬杉一重；夏の帽子の防暑効果，衣服学会雑誌，**17**，19—26 (1973)
- 3) 寄本明，岡本進，玄田公子，佐藤尚武；運動時の着帽効果に関する実験的研究，デサントスポーツ科学，**3**，224—231 (1982)
- 4) 石崎龍雄他；ヘルメットの防熱効果について，防衛衛生，**19**，377—383 (1972)
- 5) Winslow, C.E.A. and L.P. Herrington; Temperature and human life, Princeton University Press, London (1949) (北博正，竹村望訳「温度と人間」，人間と技術社，1974, pp. 118—121)
- 6) 大川章，倉田しづか；防暑帽の衛生学的研究，衣生活，**23**，65—71 (1980)
- 7) 肝付邦憲；防暑通気帽の試作について，労研維持会資料，**763**，1—13 (1977)
- 8) 肝付邦憲；防暑通気帽を考える，労働の科学，**32**，34—41 (1977)
- 9) 肝付邦憲；日射に対する防暑通気帽の効果について，労働科学，**54**，19—33 (1978)
- 10) Froese, G. and Burton, A.C.; Heat losses from human head, *J. Appl. Physiol.*, **10**，235—241 (1957)