

帽子の素材・色・形状が暑熱環境下でのスポーツ実施中の 生理指標と帽子内温湿度に及ぼす影響

武蔵野美術大学 北 徹 朗
(共同研究者) 帝京科学大学 橋 口 剛 夫
東 洋 大 学 一 川 大 輔
星 槎 大 学 服 部 由 季 夫
高 千 穂 大 学 浅 井 泰 詞

The Effect of The Hat Material, Color, and Shape on Physiological Indicators as Well as Temperature and Humidity Inside The Hat During Sports Activities in A Hot Environment

by

Tetsuro Kita
Musashino Art University
Takeo Hashiguchi
Teikyo University of Science
Daisuke Ichikawa
Toyo University
Yukio Hattori
Seisa University
Taishi Asai
Takachiho University

ABSTRACT

The purpose of this study is to examine the hat-wearing effect, which was often verified in the laboratory, in actual exercise and sports situations in a hot environment,

and to present basic data for the development of hats that could be useful to combat heat stroke. In Test 1, 39 different colors and materials were examined to find what would keep the temperature inside the hat low. As a result, multi-colored cotton poly blend had the lowest temperature rise. In Test 2, two types of hat were made of cotton poly material. These hats were used to observe changes in the temperature and humidity inside the hat as well as the core body temperature of the participant during 4 kinds of sport activities. As a result, the wide vented hat had the lowest humidity rise. On the other hand, a hat with 1cm square small windows entirely was able to keep the increase rate of temperature inside the hat low by more than 15 points compared to the one with wide vent. The two types of hats were found to be superior to each other, suggesting that a sports cap with a combination of these would be highly useful.

要 旨

本研究では実験室内で検証されることが多かった帽子の着帽効果について、暑熱環境下における実際の運動・スポーツ場面において検討し、熱中症対策に有用な帽子開発の基礎資料を提示することを目的とした。実験1では、39種類の色と素材の帽子について、帽子内温度が低く抑えられるものは何かを検討した。その結果、綿ポリ製の複数の色で最も温度上昇が抑えられた。実験2では、綿ポリ製素材を用いて2種類の形状の帽子を試作した。この帽子を用いて、4種目のスポーツ実施中の帽子内温湿度と被験者の深部体温の変化について観察した。その結果、広い通気口のある帽子では、湿度の上昇が低く抑えられた。他方、帽子全体に1センチ四方の小窓を開けた帽子では、広い通気口を設けるより、帽子内温度上昇率を15ポイント以上低く抑えられた。2つのタイプの帽子はそれぞれに優れている点が認められ、これらを組み合わせたスポーツキャップがあれば有用性が高いのではないかと示唆された。

緒 言

日本の夏は高温多湿であり、熱中症の危険が懸

念される。暑熱環境によって生じる熱中症は、非外傷性のスポーツ障害として身近な問題である。熱中症予防の観点からは、暑熱環境下において屋外でのスポーツ大会等の実施は避けるべき¹⁾とされるが、1984年のロサンゼルス大会からオリンピックは夏期に開催されるようになり、暑さ対策が重要とされてきた。日本の夏の特徴からも、2020東京オリンピック・パラリンピックは史上最も暑い大会になるのではないかと危惧されている¹⁾。特に、「ゴルフ」「マラソン」「野球」「ソフトボール」等々、屋外で実施されなかつ競技時間の長い種目においては選手のみならずスタッフや観戦者の熱中症へのリスクも懸念される。

高温環境下におけるスポーツ活動時には、蒸散を妨げるような適切でないウェアの着用が熱中症の一因となることが指摘されている²⁾。また、産熱を放散する機能に優れたスポーツウェアが有用であり、蒸発や通気性ではポリエステル100%が理想的で、熱の伝導と吸収は綿100%が優れており³⁾、こうした特性を考慮した綿とポリエステルの混合素材を用いてスポーツウェアが作成される場合が多いという報告がある⁴⁾。他方、薄くゆったりした綿の衣類は、発汗率を高め皮膚への空気の流れを増大させることにより、蒸発と対流によ

る放熱を増大させるという報告⁵⁾も見られる。また、明るい色の綿の衣服を着ることが運動中の気流を増し蓄熱量を減らすことに役立つこと⁶⁾や、白い衣服は黒い衣服に比べて輻射熱の減少が大きいこと⁷⁾など、衣服のカラーの重要性についても指摘されている。

このように、スポーツ実施時のウェアに関する先行研究では、着衣の繊維や材質^{8,9)}、あるいは厚さや色¹⁰⁾などの要因が体温上昇を抑制し、運動強度の維持や疲労の軽減に役立つことが検討されているものの、様々な見解が見られ、今も不明な点が多い。ところで、これらの暑熱環境下における着衣と生体反応との関連性については、人工的に暑熱環境を再現した実験室内での検討が中心であった。例えば、気温30度の環境下で綿およびポリエステルウェアを着用しジョギングやウォーキングを実施した場合、直腸温、皮膚温、心拍数などには変化が見られなかった¹¹⁾ことや、着衣の素材を考慮したり¹²⁾、送風をすることによる相違などが検討されている¹³⁾。しかしながら、実験室以外の実際のフィールドで測定が行われ検証された研究はあまり見当たらない。

本研究が対象としようとしている帽子に関する研究については、屋外において安静時に着帽効果を検討したもの^{14,15)}などをはじめ古くから行われている。その後、寄本ら^{16,17)}によって、実験運動実施時の着帽効果についても検討されているが、これらの研究は実験室内での検証にとどまっている。最近の報告では、着帽と長距離走に関する研究¹⁸⁾などがあるが、素材や形状による検討までには至っていない。

これらの背景を踏まえ、北ら¹⁹⁾は暑熱環境下(2018年8月)において、埼玉県内のゴルフ場でゴルフラウンド中の帽子内温度変化を検証している。実際のスポーツ活動中には、移動したり、立ち止まったりすることが繰り返されるため、実験室のみで得られた知見とは異なる特性が見られた

¹⁹⁾。具体的には「グリーン上で帽子内温度が急上昇すること」や「帽子の形状を考慮するだけで約3度の冷却効果があること」¹⁹⁾等であったが、この研究では、通気性が良いと思われる形状のみを検証するにとどまっている。

そこで、本研究では2つの目的を設定した。まず、第1の目的は、屋外での実際の直射日光下に様々な色と素材の帽子を暴露し帽子内温度上昇を評価すること。第2の目的としては、第1実験の結果、成績のよかった色と素材について、通気性を考慮した形状の帽子を開発し、実際のスポーツ実施時の有用性を確認することである。

1. 方 法

1. 1 実験1：帽子の色および素材と帽子内温度上昇の違いの検討

2019年8月17日に東京都内の大学のグラウンドで、一般的に市販されることの多い、表1に示したような素材と色の帽子を準備し帽体内温度変化を調べた。帽子の形状は同一であった。なお「綿ポリ」素材とは、ポリエステル65%+綿35%の配合であった。地面から約70センチの高さの台の上に帽子を並べ、帽子内部に温湿度計(タニタ社製TANITA/TT-573)を設置した。帽子内温度データは30分おきに記録した。実験時(午前9時～10時の間)の外気温は38.9度、WBGT32.8であった。WBGTと気温の計測にはサトテック製MJ-WBGT(8758)を用いた。

表1 実験1における帽子の素材と色

No.	素材	カラー
1	綿ポリ	黒・赤・青・ピンク・黄・白・グレー
2	ポリエステル	黒・赤・青・ピンク・黄・白・グレー
3	ナイロン	黒・赤・青・ピンク・黄・白・グレー
4	綿	黒・赤・青・ピンク・黄・白・グレー
5	麻	黒・赤・青・ピンク・黄・白・グレー
6	レーヨン	黒・白
7	絹	黒・白

1. 2 実験2：各種スポーツ実施時の帽子内温湿度の違いの検討

通気性のよい形状の帽子を試作し、実際の運動・スポーツ活動中の効果を検討した。帽子の試作には、実験1で成績のよかった素材と色を用いた。被験者は、健康な成人男性4名（表2）であった。研究遂行にあたっては、研究代表者が所属する武蔵野美術大学が制定したガイドラインに従い、被験者のプライバシー保護などに十分な注意をもってあつた。被験者には口頭および書面により研究の主旨を十分に説明し賛同を得た上で実施した。

表2 被験者のプロフィール

イニシャル	性別	年齢	身長	体重	BMI
A. T.	男	38	167	56	20.0
H. Y.	男	53	170	77	26.6
H. T.	男	62	175	84	27.4
K. T.	男	43	170	83	28.7

各種運動・スポーツは、午前および午後の2回、使用する帽子を変更して実施した。ゴルフについては1回の測定が2時間15分、ウォーキングが60分、ジョギングが30分、野球が60分、テニスが20分で実施した。運動中の脱帽は不可とし、飲水は可

とした。

測定は年間を通して最も高温環境となる8月中旬に下記の運動・スポーツを実施し、データを収集した。測定日と場所、種目、実験開始時のWBGTと気温は表3の通りであった。WBGTと気温の計測には実験1と同様に、サトテック製MJ-WBGT (8758) を用いた。

帽子内温湿度の計測には、サーモレコーダー（エスベックミック社製、サーモレコーダー RS-14）を用いた。運動前後の生理指標のとして深部体温を計測した。これには、3Mベアーハガー深部温モニタリングシステムを使用した。実験に使用した帽子については、被験者にプロトタイプの使用感（フィット感など）を確認しながら、デザイン専門家と製造業者の間で調整し製品の試作を進めた。

2. 結 果

2. 1 実験1

実験1の結果を表4に示した。7つの素材において「グレー」や「ピンク」の帽子内温度が低かった。中でも、綿ポリ製ピンクは平均値が38.3度であり、最も高かったナイロン製ピンク（42.2度）

表3 実験2の概要

測定日	種目	場所	WBGT		気温	
			午前	午後	午前	午後
8月17日	ゴルフ	東京都八王子市内ゴルフ場	30.3	33.6	33.6	37.5
8月18日	ウォーキング	東京都小平市内大学グラウンド	32.1	30.7	35.1	36.3
8月19日	ジョギング	東京都小平市内大学グラウンド	32.9	29.0	36.5	33.7
8月20日	野球	東京都小平市内大学グラウンド	32.4	31.8	39.0	38.5
8月21日	テニス	東京都小平市内大学グラウンド	33.9	34.0	39.1	40.1

表4 1時間の直射日光暴露における帽子内温度の平均値

	綿	ポリエステル	麻	綿ポリ	ナイロン	レーヨン	絹	平均
黒	41.1	41.7	40.8	39.7	42.4	42.1	42.5	41.5
赤	42.3	42.0	42.2	40.6	43.6	—	—	42.1
青	42.0	41.5	42.9	41.7	43.9	—	—	42.4
ピンク	40.6	42.9	41.8	38.4	42.3	—	—	41.1
黄	41.6	41.5	42.8	40.2	42.3	—	—	41.7
白	41.4	41.0	42.8	40.3	42.5	41.4	41.1	41.5
グレー	41.0	39.9	42.4	39.2	42.4	—	—	41.0
平均	41.4**	41.5*	42.2	40.0*,**	42.8	41.8	41.8	

素材：*綿<麻、ナイロン、*ポリエステル<ナイロン、*綿ポリ<ポリエステル、**綿ポリ<綿、麻、ナイロン
色：*黒<赤、青、*グレー<赤、青、白、*白<青

*p<0.05
**p<0.01

より4度以上低かった。

1時間の直射日光の暴露において、「ナイロン」、「レーヨン」、「絹」、「ポリエステル」、「綿」の各素材は全てのカラーにおいて帽子内温度が40度を超えていた。また、「ポリエステル」製もグレー(39.9℃)を除いて全て40度を超えた。

7つの素材のうち「綿ポリ」製では3つのカラー(黒・ピンク・グレー)において30度台までの上昇に留まった。

この結果から、実験2では、「綿ポリ」製の帽子を試作することとした。カラーについては30度台で成績の良かった、「ピンク」、「グレー」、「黒」に加え、ウエアにおける先行研究⁷⁾において有用性が高いことが指摘されている「白」について採用することとした。

2. 2 実験2

対象者のうち、1名が「野球練習」の実験を完了できなかった。その理由は、測定当日における体調不良であった。同じく、1名のゴルフラウンド時のデータが収集できなかった。これについては、データ記録機器を繋ぐケーブルの不調のためであった。したがって、以下に示すデータのうち、ゴルフと野球については一部欠損している。

2. 3 実験用帽子の試作

被験者にプロトタイプの使用感(フィット感など)を確認し、デザインの修正を重ねながら進めた。その結果、下記の2つのタイプの帽子を試作した。

< Aタイプ > (図1)

帽子の正面、両サイド、後方に通気口がある帽子。空気の通りを良くするために2層構造となっている。類似タイプの帽子は一般市場でも入手可能となっている。

< Bタイプ > (図2)

帽子全体に1センチ程度の小窓(切り込み)を

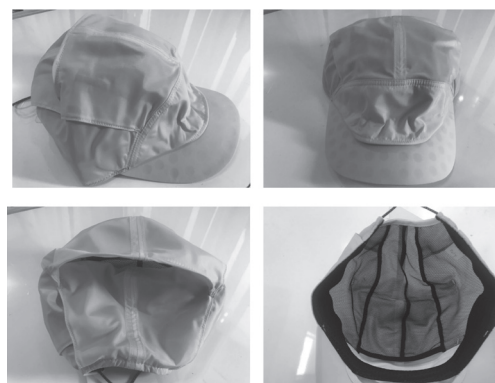


図1 Aタイプの帽子

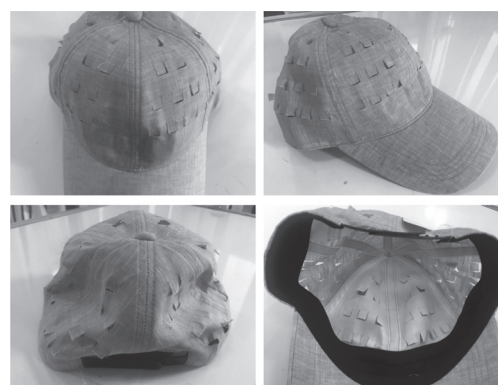


図2 Bタイプの帽子

入れた。帽子の頭部を覆う部分は6つのパーツで構成されるが、1つのパーツあたり、10個の小窓(切り込み)を入れた。

2. 4 実験前後の深部体温の変化

運動実施前後に深部体温を計測した。表5は運動実施前後の深部体温の変化を確認したものである。全体的に有意な上昇は見られなかったが、実験時間(プレー時間)の長いゴルフにおいてのみ、2名の被験者において実験後に1度以上の深部体温の上昇が見られた。

2. 5 形状別、カラー別における帽子内温湿度の変化

タイプ別のデータについて、図5(ゴルフ)、図6(ウォーキング)、図7(ジョギング)、図8(野

表5 各運動・スポーツ前後の深部体温

測定日	種目	被験者	実験前	実験後
8月17日	ゴルフ	A.T.	36.9	37.0
		H.Y.	36.5	37.3
		H.T.	35.2	37.1
		K.T.	36.1	37.1
8月18日	ウォーキング	A.T.	36.9	37.0
		H.Y.	36.5	37.1
		H.T.	36.0	35.8
		K.T.	36.6	36.5
8月19日	ジョギング	A.T.	37.0	37.1
		H.Y.	36.9	37.2
		H.T.	36.0	37.3
		K.T.	36.0	36.6
8月20日	野球	A.T.	36.8	37.5
		H.Y.	36.4	37.6
		H.T.	—	—
		K.T.	35.8	36.6
8月21日	テニス	A.T.	37.1	37.4
		H.Y.	36.5	37.3
		H.T.	35.9	37.6
		K.T.	36.5	36.7
			not significant	

球), 図9 (テニス) のような結果が得られた. 表6に具体的な結果を示す.

帽子内温度変化については, Aタイプではピンク色帽子では上昇率が2種目(ジョギングと野球)において最も低かった. Bタイプでは, 白の上昇率が3種目(ゴルフ, ウォーキング, ジョギング)において最も低かった. また, Aタイプでは上昇率の平均値が26.6%であったのに対し, Bタイプの平均は11.5%と有意に低く抑えられた($p<0.05$). Aタイプでは, 帽子内温度上昇率が60~70%を超えるものが複数見られたが, Bタイプでは, 最大上昇率は20%台であり, 1ケタ台の上昇率に抑えられている項目が多数あった.

逆に, 帽子内湿度変化については, Aタイプでは上昇率の平均値が18.4%であったのに対し, Bタイプでは39.2%と有意に高かった($p<0.001$). Aタイプでは, グレーの上昇率が最も低かったのが2種目(ゴルフ, ウォーキング)であった. Bタイプにおいてもグレーの上昇率が最も低かったものが3種目(ゴルフ, ウォーキング, 野球)見られた. また, Aタイプの黒においては, 全種目において



図3 ゴルフプレー時の実験の様子



図4 テニスプレー時の実験の様子

帽子内温度が最大値であった. 同様に, Bタイプにおいても3種目で最大値であった.

種目別上昇率をさらに具体的に見る(表7)と, 帽子内温度については両タイプともに, 種目間において統計学的有意差が認められた. 種目間比較の結果から, Aタイプの形状においては, ジョギングやテニスの活動の際に有意に温度上昇を抑えられる可能性が示唆された. また, Bタイプについては, テニスやジョギングでの活動時に, 上昇率が有意に低い傾向が認められた. 帽子内湿度については, 種目間での有意差は認められなかった.

3. 考 察

着帽における頭部の保温効果を調べた研究は50年以上前から見られる²⁰⁾. 頭部を保温すると体全体からの熱放散を減少させることができ, 四肢部においても温熱快適感を得ることができると

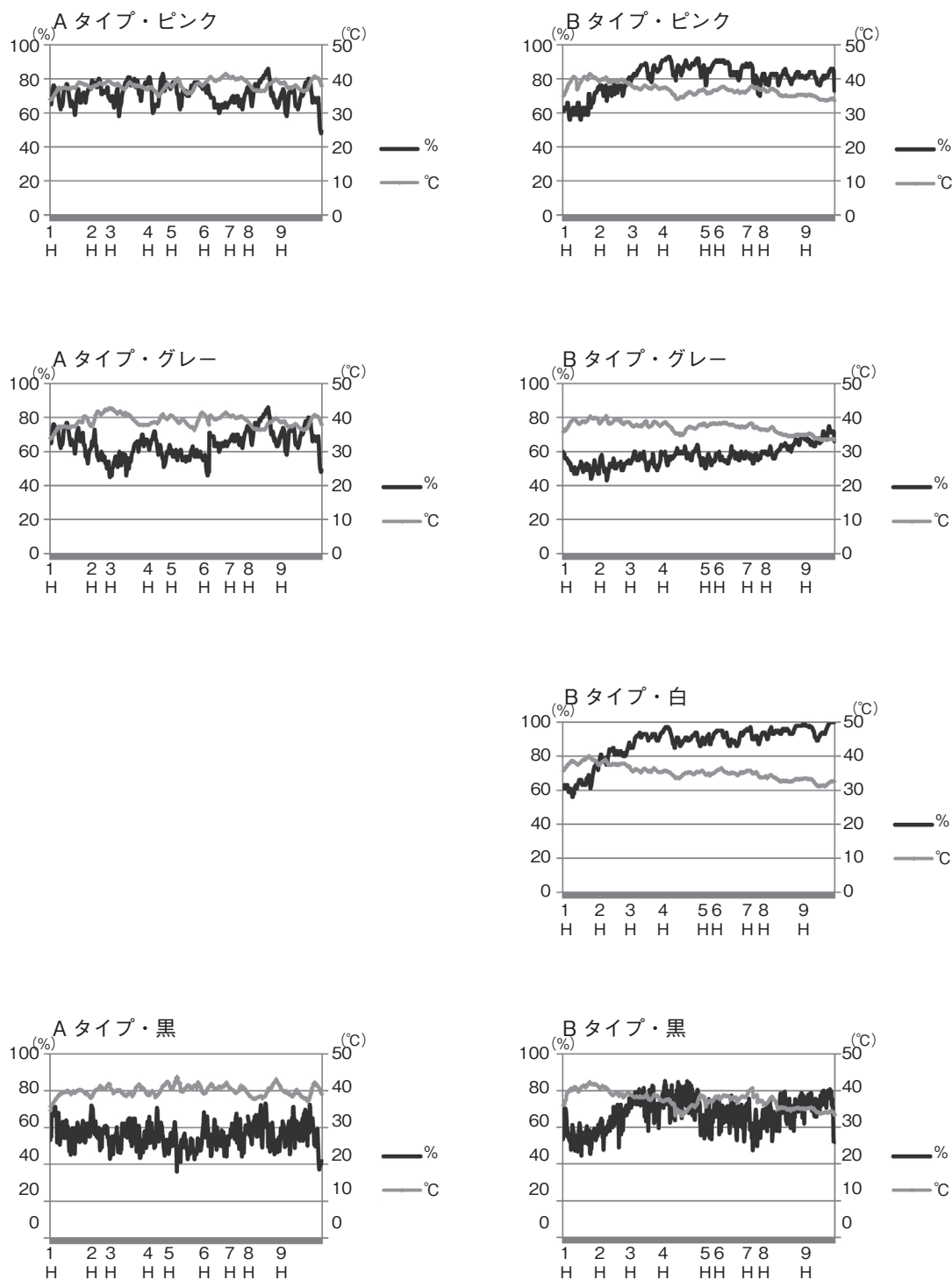


図5 ゴルフプレー中(9ホール)におけるAタイプ(左列)およびBタイプ(右列) 着帽時の温湿度変化

されている。すなわち、着帽によって、頭部以外の保温効率も増加させる可能性を示唆するものであるが、近年では夏期の気温が高くなり、例えば、

2019年5月には北海道で39.5℃の観測史上最高記録を更新する²¹⁾ など、これまで熱中症の懸念が想定されることの少なかった地域や季節でも注意

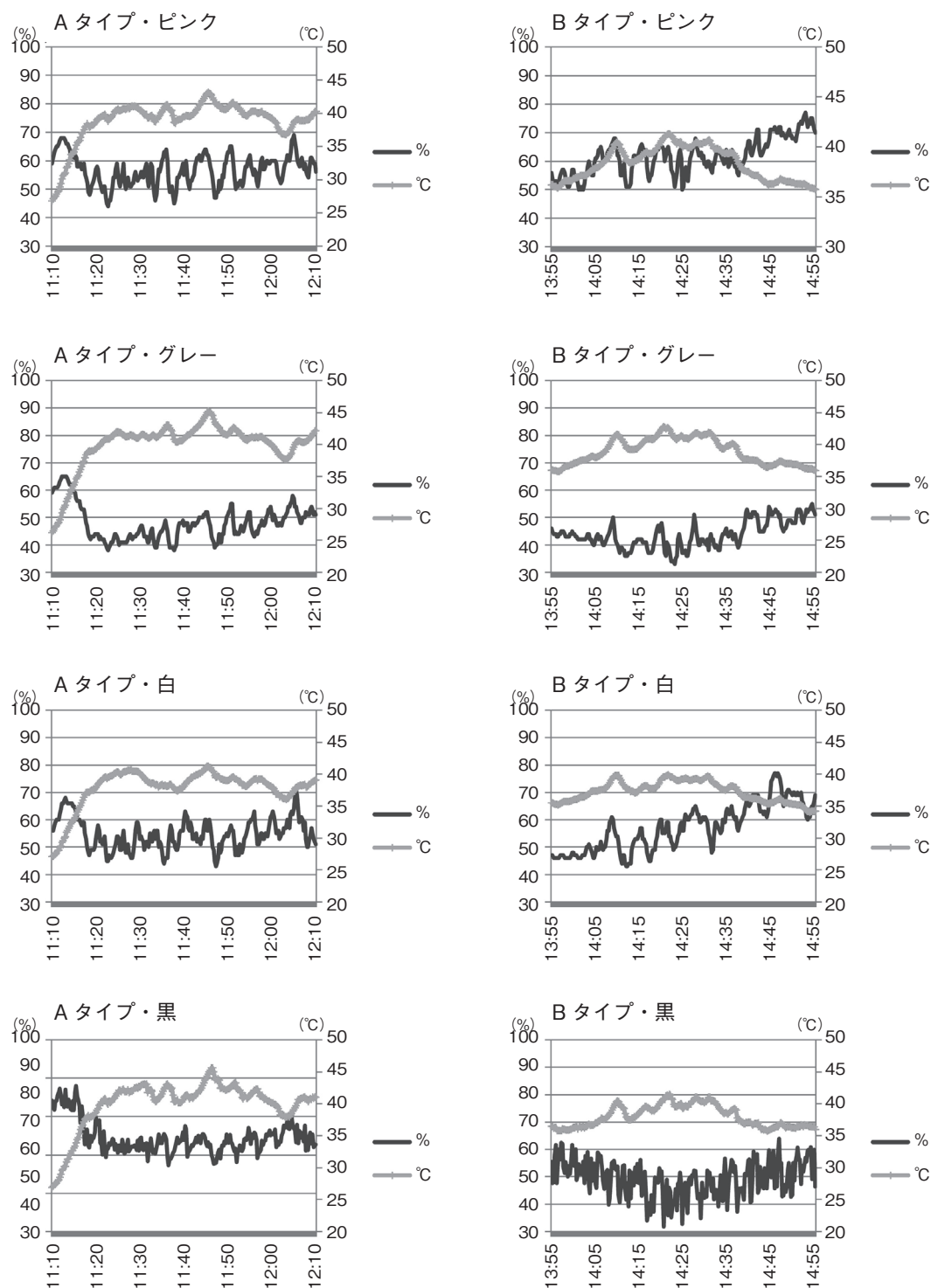


図6 ウォーキング中(60分)におけるAタイプ(左列)およびBタイプ(右列)着帽時の温湿度変化

が必要となっている。特に運動時には帽子内の温湿度を如何に放散させるかが重要な課題になって

いる。

本研究では、帽子内温度が上昇し難い素材と色

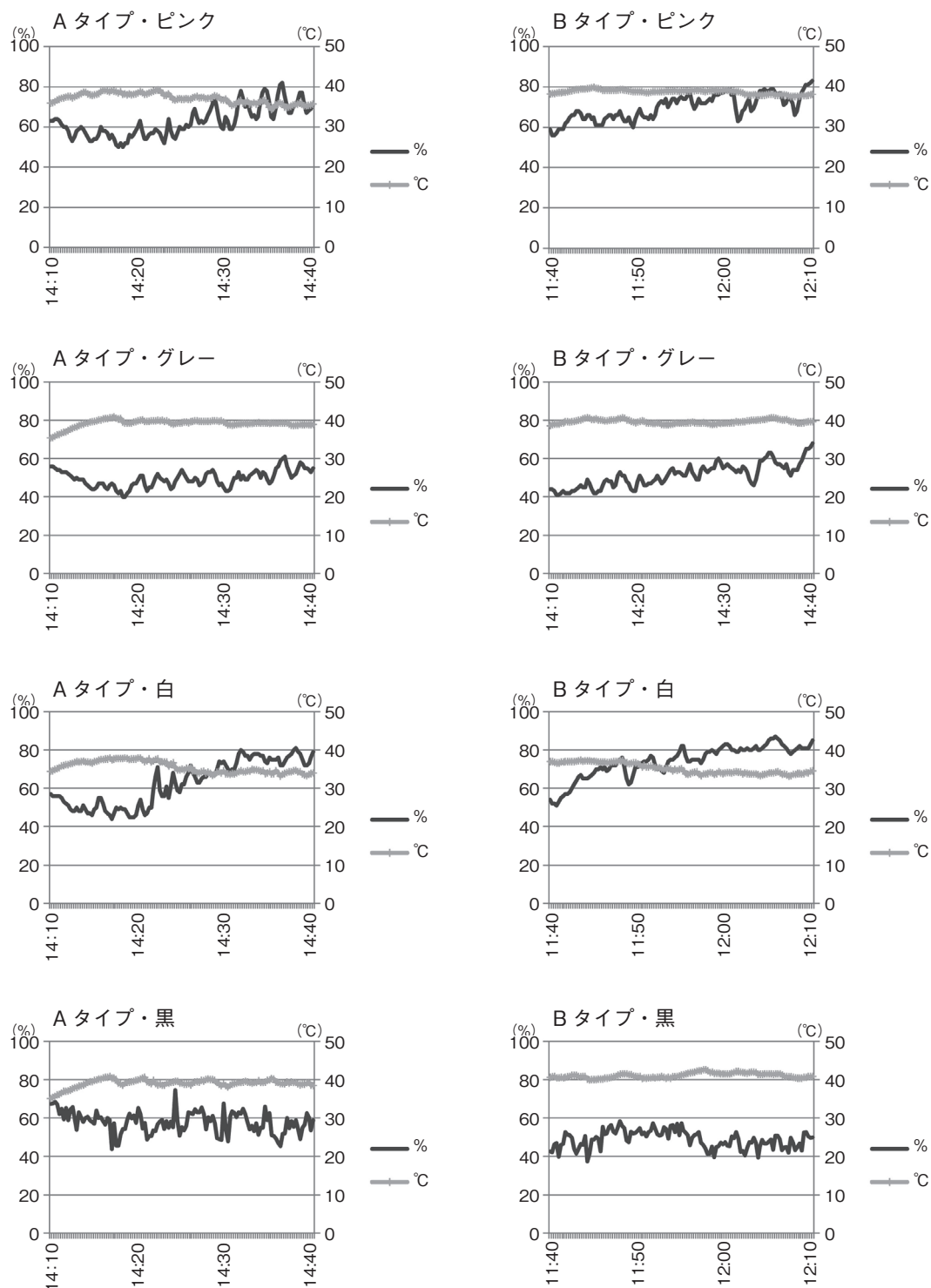


図7 ジョギング中(30分)におけるAタイプ(左列)およびBタイプ(右列) 着帽時の温湿度変化

を調べた上で実験用帽子を試作し、それらを用いたフィールドテストにおいて、運動・スポー

ツ実施中の帽子内温湿度変化を調べた。実験1において、39種類の色と素材の帽子を調べたところ

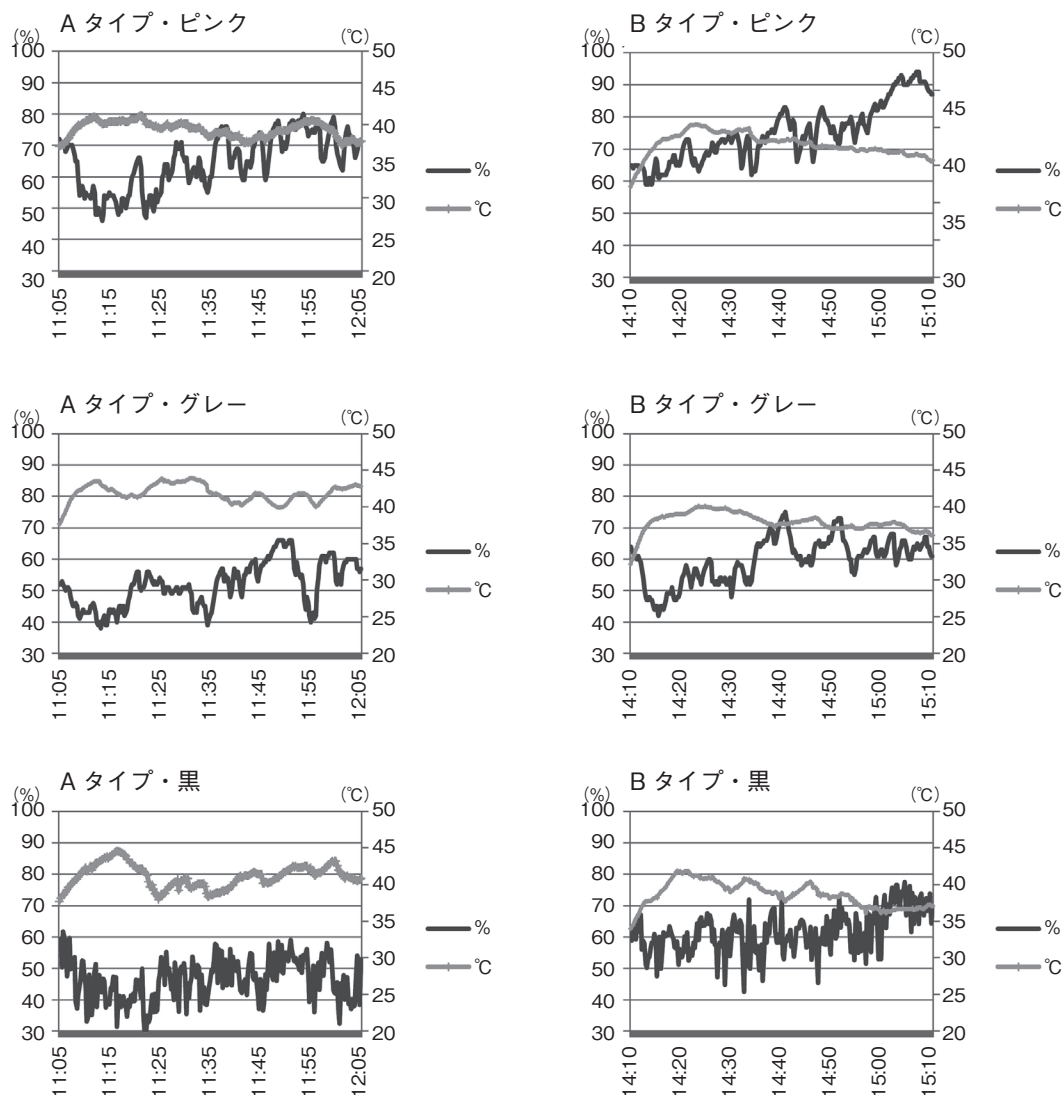


図8 野球練習中(60分)におけるAタイプ(左列)およびBタイプ(右列)着帽時の温湿度変化

ろ、綿ポリ製の帽子内温度が最も上昇し難いことを確認した。ピンク、グレー、黒、白の4つのカラーの綿ポリ製帽子の試作し、ゴルフ、ウォーキング、ジョギング、野球、テニスの4種目でのフィールドテストを実施した。ゴルフ実施中の先行研究¹⁹⁾では、立ち止まっている時間の長いグリーン上で帽子内温度が急上昇することなど、帽子内温度上昇には種目特性が見られることを示している。本研究で使用した、Aタイプのような広い通気口がある構造では、帽子内温度の上昇率の

平均値は、ジョギング(12.6%)が最も低かった。ウォーキング(63.3%)と比較すると、50ポイント以上低かった。これは、前方からの風が左右と後方から抜ける構造のため、ジョギングの様な一定速度を保ちながら前進し続ける運動時には適していると思われる。しかしながら、全体的に見るとAタイプの帽子は帽子内温度の上昇率の平均値(26.6%)が、Bタイプのそれ(11.5%)に比べて高かった。暑熱環境下において、帽子内温度上昇を抑制する、という観点からは、広い通気口があ

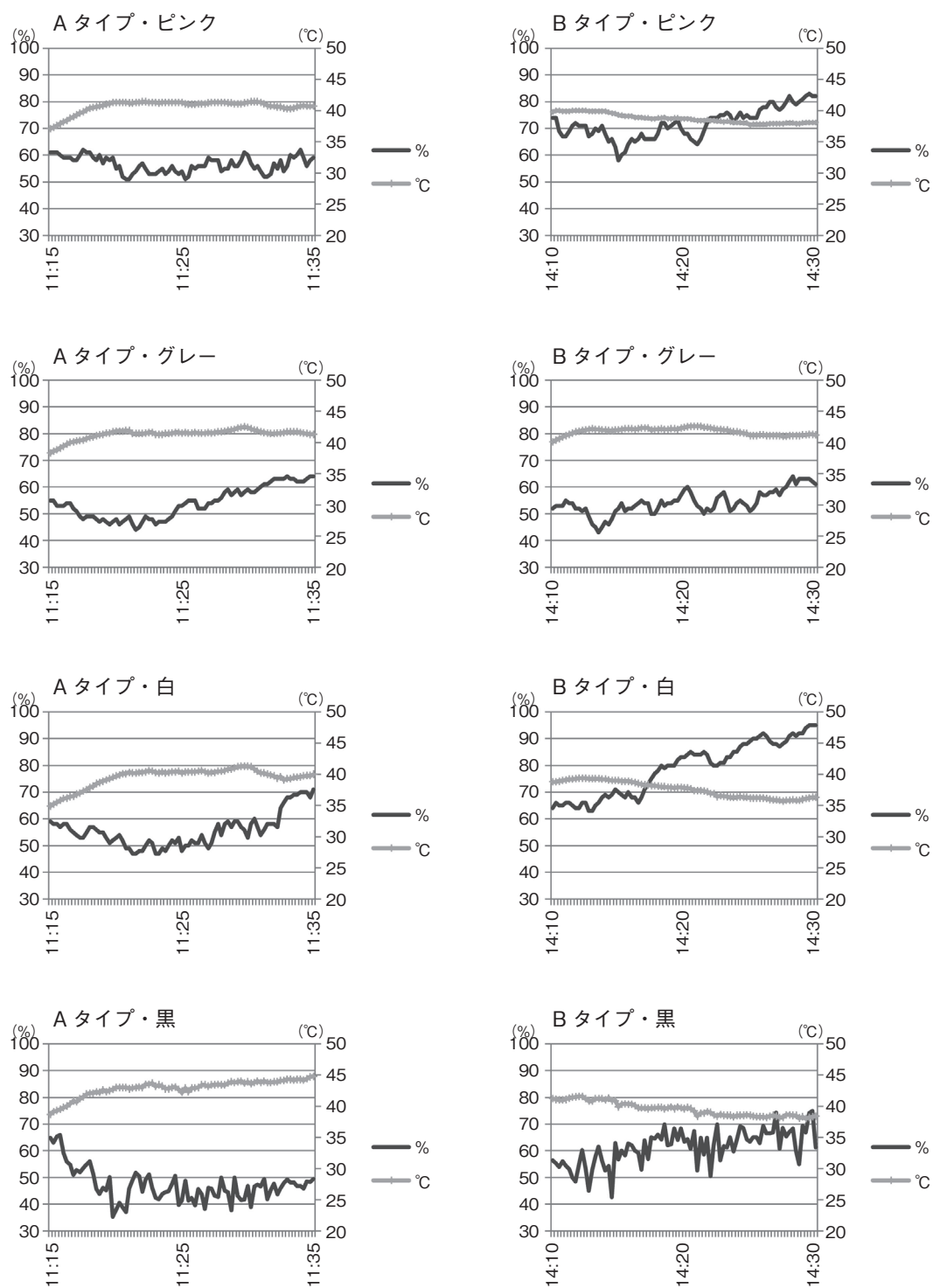


図9 テニス中 (20分) におけるAタイプ (左列) およびBタイプ (右列) 着帽時の温湿度変化

るよりも、穴を分散させて配置する方が有用性が高いことが考えられる。他方、湿度上昇率の平均

値を見ると、Aタイプでは18.4%であったのに対し、Bタイプでは39.2%であった。湿度を蒸散さ

表 6 帽子内温湿度

種目	測定日	WBGT		被験者 (帽子の色)	帽子Aタイプ						帽子Bタイプ					
		AM	PM		帽子内温度			帽子内湿度			帽子内温度			帽子内湿度		
					開始時	最大値	上昇率	平均値	開始時	最大値	上昇率	平均値	開始時	最大値	上昇率	平均値
サッカー	8月17日	30.3	33.6	AT(ピンク)	34.0℃	41.5℃	22.0%	38.1℃	65.0%	86.0%	36.9%	71.0%	34.9℃	41.4℃	18.6%	36.8℃
				HY(グリーン)	33.3℃	42.8℃	21.2%	38.9℃	64.0%	73.0%	14.0%	64.4%	35.7℃	40.5℃	13.4%	37.1℃
				HT(白)	—	—	—	—	—	—	—	—	35.7℃	40.0℃	12.0%	35.3℃
				KT(黒)	35.6℃	43.7℃	22.7%	39.9℃	53.1%	73.0%	37.4%	56.3%	36.0℃	42.2℃	17.2%	37.4℃
ウォーキング	8月18日	32.1	30.7	AT(ピンク)	26.7℃	43.1℃	61.4%	38.3℃	57.0%	69.0%	21.0%	56.0%	36.2℃	41.3℃	14.0%	36.5℃
				HY(グリーン)	26.5℃	45.2℃	70.5%	39.9℃	59.0%	65.0%	10.1%	48.0%	35.9℃	42.8℃	19.2%	37.0℃
				HT(白)	27.1℃	41.2℃	52.0%	37.9℃	59.0%	71.0%	20.3%	55.0%	35.6℃	39.9℃	12.0%	35.7℃
				KT(黒)	26.9℃	45.6℃	69.5%	40.0℃	63.5%	76.0%	19.6%	48.5%	36.2℃	41.5℃	14.6%	36.4℃
ジョギング	8月19日	32.9	29.0	AT(ピンク)	36.0℃	39.2℃	8.8%	37.1℃	63.0%	82.0%	30.1%	62.6%	38.3℃	39.9℃	4.1%	38.7℃
				HY(グリーン)	35.3℃	40.8℃	15.5%	39.1℃	56.0%	61.0%	8.9%	49.5%	38.6℃	40.7℃	5.4%	39.6℃
				HT(白)	34.4℃	37.9℃	10.1%	35.5℃	57%	81.0%	42.1%	62.5%	36.9℃	37.3℃	1.0%	35.1℃
				KT(黒)	35.1℃	40.8℃	16.2%	39.0℃	63.7%	68.6%	7.6%	57.8%	40.6℃	43.0℃	5.9%	41.0℃
野球練習	8月20日	32.4	31.8	AT(ピンク)	37.0℃	41.2℃	11.3%	39.2℃	72.0%	80.0%	11.1%	64.7%	32.1℃	40.4℃	25.8%	37.7℃
				HY(グリーン)	37.6℃	43.9℃	16.7%	41.8℃	52.0%	66.0%	26.9%	51.8%	32.2℃	40.1℃	24.5%	37.9℃
				HT(白)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
				KT(黒)	37.7℃	44.6℃	18.3%	41.1℃	55.9%	59.0%	5.5%	46.4%	34.0℃	41.9℃	23.2%	38.6℃
テニス	8月21日	33.9	34.0	AT(ピンク)	37.1℃	42.1℃	13.4%	40.6℃	61.0%	62.0%	1.6%	56.5%	39.8℃	40.0℃	0.5%	38.7℃
				HY(グリーン)	38.3℃	43.0℃	12.2%	41.3℃	55.0%	64.0%	16.3%	53.8%	41.0℃	42.6℃	3.9%	41.7℃
				HT(白)	34.9℃	41.3℃	18.3%	39.5℃	59.0%	71.0%	20.3%	55.6%	38.8℃	39.4℃	1.5%	37.5℃
				KT(黒)	38.7℃	46.2℃	19.3%	42.9℃	64.8%	65.9%	1.6%	47.1%	41.2℃	41.6℃	0.9%	39.5℃

表7 帽子内温湿度上昇率の平均

	帽子内温度		帽子内湿度	
	Aタイプ	Bタイプ	Aタイプ	Bタイプ
ゴルフ	21.9*	15.3*	29.4	48.4
ウォーキング	63.3	14.9*	17.7	38.0
ジョギング	12.6**	4.1*	22.1	47.6
野球	15.4*	24.5	14.5	29.7
テニス	15.8**	1.7*	9.9	29.0

Aタイプ: *ゴルフ, 野球<ウォーキング, *ジョギング, テニス<ゴルフ, **ジョギング, テニス<ウォーキング
Bタイプ: *ゴルフ, ウォーキング<野球, **テニス<野球, ウォーキング, ゴルフ, **ジョギング<ゴルフ, ウォーキング, 野球

*p<0.05
**p<0.01

せるといふ点では、小さな穴よりも、通気口が広いタイプの有用性が高いと推測される。

表8に帽子の色と形状による成績を簡易的に示した。「最も帽子内温度が低い形状」は全てBタイプであった。このことから、帽子内温度の上昇を抑えるためには、帽子全体的に通気穴があることが有用であると考えられる。しかしながら、「最も帽子内湿度が高い」のもBタイプの形状であった。Aタイプに5種目中3種目において「最も湿度が低い」ものが見られたことから、AとBを組み合わせたタイプ（広い通気口があり、なおかつ帽子全体的に通気穴があるタイプ）に温度・湿度両方を低減させる可能性があるかもしれない。しかしながら、AタイプとBタイプの比較において、温湿度上昇率に統計学的な有意差は認められなかった。また、帽子のカラーについては、白色が有用ではないかと思われる。白のBタイプの帽子は今回測定した全ての種目において最低値であった。逆に黒の帽子は全ての種目で最も温度が高くなっており、熱中症予防の観点からは、真夏の暑熱環境下で使用することは好ましくないだろう。

また、今回の研究の限界として、当初は健康な

大学生を対象とし被験者数も確保する予定だったが、新型コロナウイルス感染防止のための緊急事態宣言が出され、その後も現在に至るまで各大学で活動自粛が求められる状況下であり、被験者への暑熱順化などの対応が求めにくい状況となった。また、外出活動自粛下であり、実験協力を促すことも控えざるを得なかった。本研究では、4名の被験者において5種目を測定した。この点においても、色や素材の差によるもののなのか、個体差による結果なのか、断言するには不十分と言わざるを得ない。今後、本研究で得られた傾向をもとに研究がさらに発展される必要がある。日本の様な明瞭な四季がある地域では、毎年夏に向けて短期暑熱順化（季節順化）を経験するが、コロナ状況下において本研究期間内ではそれが十分に実現できなかった。一般的に、暑熱順化の7月に比べて6月には約3℃低い気温の場合でも熱中症が発生することが示されている²²⁾。こうした懸念からも、本研究の実験2では、自粛状況下においても、屋外で定期的に運動を実施している者を被験者とし研究を遂行した。本研究で得られた知見を今後さらに発展させて、熱中症予防に有用性の高い帽子が開発されることにより、トップアスリートはもちろん、幼小中高大などの教育現場や、一般のスポーツ場面、観戦者やスタッフ、日常生活活動時においても広く役立てられることが期待される。

4. 結 論

本研究の結果から、以下のことが明らかになった。

・実験1では、帽子の色・素材の違いが、帽子内

表8 帽子タイプ・種目別の帽子内温度・湿度

	ゴルフ		ウォーキング		ジョギング		野球	テニス	
	Aタイプ	Bタイプ	Aタイプ	Bタイプ	Aタイプ	Bタイプ	Bタイプ	Aタイプ	Bタイプ
ピンク				▲			▲	△	
グレー	△			△			○		
白	—	○▲		○▲		○▲	—		○▲
黒	●		●			△●		●	

○:最も温度が低い, △:最も湿度が低い, ●:最も温度が高い, ▲:最も湿度が高い, —:データなし

温度上昇に及ぼす影響について検討した。その結果、綿ポリ製帽子的の平均値が最も低く、綿ポリ製のピンク色が最も低い値であった。逆に、ナイロン製帽子は帽子内平均温度が最も高かった。

- ・実験2では、2種類の帽子を用いて5種目のスポーツ実施中の帽子内温湿度を検証した。
- ・帽子全体に1センチ四方形程度の通気穴があることで、広い通気口を設けるよりも、有意に帽子内温度上昇が抑制される。だが、帽子内湿度上昇を抑制するには、不十分である。
- ・暑熱環境下における、運動やスポーツ実施中の帽子内温度および帽子内湿度の両方の上昇を抑制するためには、広い通気口とともに帽子全体に1センチ四方形程度の通気穴があると有用性が高くなるのではないか。
- ・暑熱環境下における、運動やスポーツ実施中の帽子内温度抑制のためには白色の帽子が有効である。逆に黒色の帽子を8月の暑熱環境下で使用すると、40～45℃程度の高温になりやすく危険である。

謝 辞

本研究に対する助成を賜りました公益財団法人石本記念デサントスポーツ科学振興財団心から御礼申し上げます。また、本研究を遂行するにあたり、武蔵野美術大学工芸工業デザイン学科の所属スタッフおよび関係各位、聖マリアンナ医科大学研究員の吉原紳先生にご支援を頂きました。重ねて深く感謝申し上げます。

文 献

- 1) 川原貴. 暑さと熱中症対策—スポーツの安全とパフォーマンスのために—. 臨床スポーツ医学. 35. 7. 659 (2018)
- 2) Armstraong L.E., American College of Sports Medicine position stand. Exertional heat illness during training and composition., *Med. Sci. Sport*

Exerc., 39. 556-572 (2007)

- 3) 芳田哲也. スポーツウェアと温熱ストレス. 臨床スポーツ医学. 35. 7. 684-688 (2018)
- 4) Hassem M., Influence of sports fabric properties on the health and performance., *Fibers Text Eastern Europe*, 204. 82-88 (2012)
- 5) Gonzalez R., Biophysics of Heat Transfer and Clothing Considerations. Indianapolis, Benchmark Press, (1988)
- 6) Pascoe D., Clothing and exercise. II. Influence of clothing during exercise/work in environmental extremes., *Sports Med.*, 18. 94-108 (1994)
- 7) Nielsen B., Solar heat load :heat balance during exercise in clothed subjects., *Eur. J. Appl. Physiol.*, 60. 15-25 (1990)
- 8) Tortora P., Understanding Textiles . New York, NY: Macmillan Publishing Co. (1992)
- 9) Wickwire J., Bishop P.A., Physiological and comfort effects of commercial "wicking" clothing under a bulletproof vest., *Int. J. Ind. Ergon.*, 37. 643-651. (2007)
- 10) Gonzalez R., Biophysics of Heat Transfer and Clothing Considerations. Indianapolis, IN: Benchmark Press, (1988)
- 11) Gavin T.P., Clothing fabric does not affect thermoregulation during exercise in moderate heat., *Med. Sci. Sports Exerc.*, 33. 2124-2130. (2001)
- 12) 綿貫茂喜. 新素材を用いた夏用スポーツユニフォームの生理的着用効果. 日本生理人類学雑誌. 11. 585-592. (1992)
- 13) Tsuji M., Defferences in the heat stress associated with while sportswear and being semi-nude in exercise humans under conditions of radiant heat and wind at a WBGT of greater than 28℃. *Int. J. Biometeorology*, 58. 1393-1402 (2014)
- 14) 尾崎修作. 帽子の衛生学的効果. 京府医大誌. 72. 385-398. (1956)
- 15) 馬杉一重. 夏の帽子防暑効果. 衣服学会誌. 17. 19-26. (1973)
- 16) 寄本明. 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)
- 17) 寄本明. 運動時の着帽効果に関する実験的研究 (続) —改良型防暑帽効果について—. デサントスポーツ科学. 3. 280-287. (1983)
- 18) 吉塚一典. 帽子着用が暑熱環境下の長距離走に及ぼす影響. 陸上競技研究紀要. 12. 21-28 (2016)
- 19) Kita T., Changes in temperature inside a hat during

- the play of golf –Comparison of hats with different shapes—, *International Journal of Fitness, Health, Physical Education & Iron Games*, **6.2**.163-166 (2019)
- 20) Newburgh L., *Heat Regulation and the Science of Clothing*, Hafner Publishing Co., New York and London. 418-436 (1968)
- 21) 日本経済新聞電子版. 北海道・佐呂間町で39.5℃ 5月の記録更新 熱中症に注意. <https://www.nikkei.com/article/DGXMZO45289610W9A520C1CC1000/> (2020年10月25日確認)
- 22) 菅屋潤壹. 体温調節の限界—暑熱耐性に影響する要因について—. *発汗学*. **18**. 19-25. (2011)