

2008年12月25日

スポーツ科学研究科長 殿

## 中村 真由美氏 博士学位申請論文審査報告書

中村 真由美氏の学位申請論文を下記の審査委員会は、スポーツ科学研究科の委嘱をうけ審査をしてきましたが、2008年12月15日に審査を修了しましたので、ここにその結果をご報告します。

### 記

1. 申請者氏名 中村 真由美

2. 論文題名 **Regional differences in temperature sensation and thermal comfort in humans**  
(温度感覚、温熱的快適感の部位差)

### 3. 本文

温度に関係した感覚は「温度感覚」と、「温熱的快適感」に区別される。温度感覚は、皮膚に加わる温度刺激に対し“熱い、冷たい”と表現されるような温度を評価する感覚であり身体がおかれている温熱的条件にはほとんど左右されない。一方、温熱的快適感は、“暖かい、涼しい、暑い、寒い”等の言葉で表現されるもので、生体がおかれている温熱条件の「快適さ」を表す感覚である。また温熱的快適感は全身的にも局所的にも感じることができる。日常的な暑さ、寒さを軽減するため、またはスポーツ、看護などの現場において不快感の軽減や体温調節のために局所的な加温、冷却を行うが、申請者はこの局所的な加温、冷却を身体の中のどの部位に行えば効率よく不快感が軽減できるのかということに興味を持ちこの研究に取り組んだ。これまでヒトの皮膚表面における温度感覚の部位差を調べた研究は多数あるが、温熱的快適感の部位差を報告した研究は少ない。温熱的快適感の部位差を検討した研究として、暑熱環境における身体皮膚表面10部位の局所的な加温、冷却が全身的な温熱的快適感に及ぼす影響を検討した報告はある。しかし、これまでに刺激部位局所の温熱的快適感に関する部位差、また寒冷環境での温熱的快適感の部位差についての報告はない。そこで申請者はこの論文で、暑熱、寒冷環境における、全身的及び局所的温熱的快適感の部位差を実験的に明らかにしようとした。

学位申請論文の第2章を構成する研究課題「皮膚温、温度感覚、温熱的快適感の全身分布可視化システムの開発」は、J Physiol Sci 56: 459-464 (2006) に掲載された論文をまとめたものである。温熱的快適感の部位差を検討するにあたり、まず身体の中のどの部位に着目して研究を進めるかを決定するため、身体多部位の皮膚温、温度感覚、温熱的快適感の測定実験を行った。この実験を行うにあたり、被験者が多部位にわたる感覚を、変化を感じた際随時申告することができる“感覚申告用パネル”と、人体モデル上に皮膚温や感覚のデータを色の変化で表示する“データ可視化ソフト”を開発した。実験は健康な成人男性3名、女性3名を対象とし、環境温を23℃（寒冷環境）→28℃（中立）→33℃（暑熱環境）、あるいは33℃→28℃→23℃と変化させ行った。皮膚温を全身50部位において測定し、温度感覚と温熱的快適感それぞれについて、全身と局所25部位、計52の感覚を、感覚申告用パネルを用いて測定した。その結果、①頭部は熱さによる不快を感じやすい、②腹部は冷えによる不快を感じやすいという傾向が示された。しかし、この実験は環境温変化のみの実験であり、身体各部位の皮膚温が異なるため、以上のような頭部、腹部の特徴的な傾向を結論づけるためには、各部位の皮膚変化が同じになるようコントロールする実験が必要である。そこで、第3章では、局所的な加温、冷却実験が行われた。

第3章を構成する研究課題「頭部、胸部、腹部、大腿部における温度感覚、温熱的快適感の部位差」は、J Appl Physiol 105: 1897-1906 (2008) に掲載された論文をまとめたものである。第3章では健康な成人男性10名を対象に皮膚表面の局所的な加温、冷却を行い、全身および刺激部位局所の温度感覚、温熱的快適感を調べる実験を暑熱環境、寒冷環境において行った。刺激部位は第2章で特徴的な傾向が認められた頭部、腹部に加え、胸部、大腿部を選択した。頭部加温、冷却時の局所的な温熱的快適感は、暑熱環境では大きく変化したが、寒冷環境では変化が小さかった。一方体幹部、特に腹部においては、頭部と逆の特徴が示され、暑熱環境では加温、冷却による刺激部位局所の温熱的快適感の変化は小さく、寒冷環境では大きく変化した。以上のような局所的な温熱的快適感の部位差は、全身的な温熱的快適感に及ぼす影響に関してもほぼ同様の傾向を示した。これらの結果から、頭部には温度上昇を予防するために都合がよく「脳を熱による障害から守る」、体幹部、特に腹部には冷えを予防するために都合がよく「冷えによる内臓機能の失調を防ぐ」為に役立つような感覚の特徴があるということが示唆された。

第4章を構成する研究課題「頸部、腹部、手部、足底における温度感覚、温熱的快適感の部位差」では、第3章で検討していない末梢部位、また頭部と体幹部の間に位置する頸部の特徴に注目し、第3章と同様の方法で、頸部、腹部、手部、足底の局所的な加温、冷却実験が行われた。その結果、手の加温、冷却では、手の局所的な温熱的快適感は大変大きく変化しても、全身的な温熱的快適感の変化は小さいという結果が示された。手は頭部や体幹部と比べて日常的に温度変化が大きいので、もし手の温度変化が全身的な温熱的快適感に大きく影響するならば、私たちは頻繁

に全身的なストレスにさらされることになる。この手における温熱的快適感の特徴もまた、手の機能、特徴を考えると理にかなっていると言える。一方頸部においては、手のような特徴は認められず、局所的温熱的快適感が大きく変化した場合には全身的温熱的快適感も大きく変化した。頸部の冷却に関しては、暑熱環境では快適感が強く、寒冷環境では不快感が生じなかった。この冷却時の頸部の特徴は第3章で得られた頭部の特徴と似ており、腹部の特徴とは異なる。一方頸部の加温に対する快適感は、腹部加温時の快適感と同程度であり、暑熱環境でも寒冷環境でも、頸部と腹部に差は認められなかった。つまり加温に対する頸部の特徴は腹部と似ており、頭部とは異なる。以上の結果から、頸部には、腹部に認められた冷えを予防する為に都合のよい特徴や、頭部に認められた温度上昇を予防するために都合のよい特徴は、腹部や頭部と比べると弱いということが示唆された。これも頸部には内臓や脳がないことを考えると理にかなっていると言える。この研究からも、手や頸部において、部位の機能と関連した温熱的快適感の特徴があることが示唆された。

第5章では、第2章から第4章までで得られた研究成果をもとに、温熱的快適感の部位差が生じるメカニズムについて考察した。温熱的快適感の部位差は皮膚表面における温度受容器の分布や特性では説明できない。また各身体部位における温熱的快適感の特徴は、その部位の機能と関連させて考えることができることから温熱的快適感の部位差が生じるメカニズムには中枢神経系が関与しているのではないかと述べている。またこの章では本研究の限界を述べるとともに、将来的に解決すべき課題についても言及した。

本博士申請論文は、暑熱、寒冷環境両条件における、全身的及び局所的温熱的快適感の部位差についてはじめて報告したものであり、熱中症の予防やスポーツパフォーマンスの向上へと役立てていけるものと考えられ、博士（スポーツ科学）授与に十分値するものである。

#### 4. 中村 真由美氏 博士学位申請論文審査委員会

主任審査員 早稲田大学 教授 工学博士（大阪大学）、医学博士（大阪大学）

彼末 一之 印

審査員 早稲田大学 教授 博士（医学）（東京医科大学） 村岡 功

審査員 早稲田大学 教授 教育学博士（東京大学） 樋口 満

審査員 早稲田大学 教授 博士（医学）（京都府立大学） 永島 計

審査員 獨協大学 専任講師 医学博士（大阪大学） 依田 珠江