

## 【平成24年4月-12月授与分】博士學位論文内容の要旨及び審査の結果の要旨

<https://hdl.handle.net/2324/26199>

---

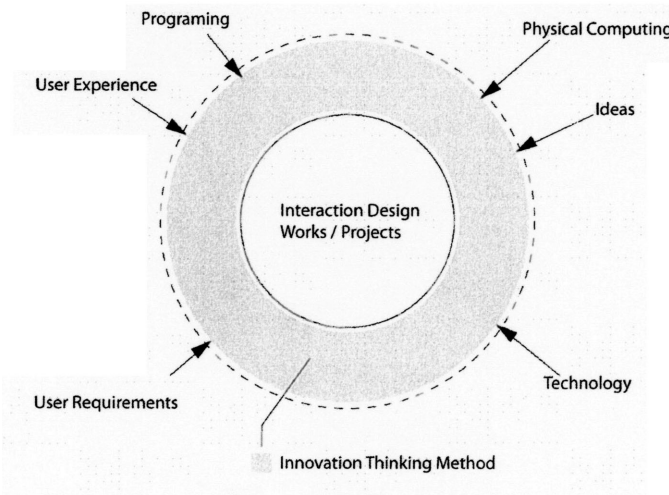
出版情報：2013-03-29. 九州大学  
バージョン：  
権利関係：

氏名・(本籍・国籍)	コウ シン イ 江 振 維 (中国 (台湾))
学位の種類	博士 (芸術工学)
学位記番号	芸博甲第134号
学位授与の日付	平成24年9月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 芸術工学府 デザインストラテジー専攻
学位論文題目	A Study of Interaction Design Prototyping Method - A Proposal of the Thinking Process Model of Innovative Ideation and Empirical Validation (インタラクシオンデザインのプロトタイピング方法に関する研究 革新的アイデア生成と経験的な評価の発想モデルの提案)
論文調査委員	(主査) 教授 富松 潔 (副査) 教授 竹田 仰 准教授 鶴野 玲 治

## 論文内容の要旨

近年、インタラクシオンデザインは様々な異なる分野に広がっている。異なる分野での共同作業や共同研究、開発なども非常に増加している。学術研究開発での応用もあり、芸術作品においてテクノロジーが応用されることもある。さらに商品化のためにインタラクシオンデザインを導入する例もある。インタラクシオンデザインの幅の広さは、もはや明白である。Designing Interactions (Bill Moggridge, 2007) に掲載されているインタラクシオンデザインに関する分野である。インタラクシオンデザインには様々な分野や知識などを含めることが可能であり、学術研究、ソフトウェアやハードウェアの開発設計、ユーザビリティ、インタフェースの研究などが行われている。

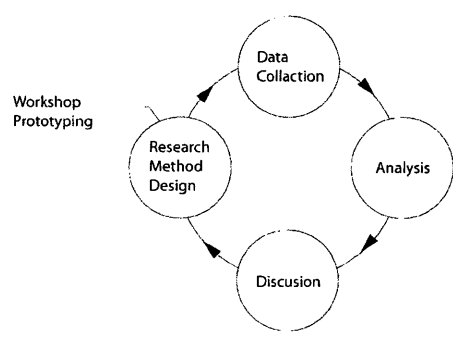
過去の経験によってインタラクシオンデザインを行なっていく際、様々な知識をもっているだけではなく、異なる分野の共同作業をする能力も必要である。しかしこのような能力を全て持っている人は少なく、インタラクシオンデザインのデザイナーは、自らの持っている能力や考え方に制限される可能性がある。このような問題を解決するために、本研究ではインタラクシオンデザインのプロセスを改良し、インタラクシオンデザインのデザイナーに対してインタラクシオンをデザインする過程で異なる分野の知識への考察もできるだけではなく、良いアイデアを生成することもできるようにする。これらのインタラクシオンデザインのために提案した発想モデルはインタラクシオンデザインのプロセスを進化させることができると期待している



図：1

本研究の研究方法は定性研究であり、研究結果の信頼度を考えて研究方法を設計した。研究ではまず始めに、文献資料を収集し、分析を行った後、インタラクションデザインのプロセスを考案した。次に考案したプロセスを確認するために三回のワークショップを実施した。さらに、このプロセスにおけるアイデアの生成方法を改良した。本研究で提案した発想モデルはインタラクションデザインにおけるアイデアの創造力を向上させることができる。異なる分野での共同作業を促進することもできる。

図1はインタラクションデザインのプロジェクトを中心とした図であるが、インタラクションデザインのデザインプロセスにおいては様々な異なる分野の専門知識を考えることもあるので、本研究はインタラクションデザインに対する発想モデルを提案するものである。この発想モデルは効率的に異なる分野の知識を利用することができ、良いアイデアを生成することもできる。



図：2

このインタラクションデザインの発想モデルを検証するために、二つの検証を行った。一つ目の検証法は、三回の個人インタラクションデザインのプロジェクトである。二つ目の検証法は、三回の四人以下のグループからなるプロジェクトである。プロジェクトを進行しながら、同時に資料も収集し、図2のフローを参考にしながらこの資料を分析し、繰り返し検証を行うことで、このインタラクションデザインのプロセスを修正し、改良した発想モデルを提案した。

インタラクシオンデザインを行う際、良いアイデアを生成することは簡単なことではないので、本研究の最後段階では、実際にプロジェクトやワークショップを行った経験に基づいて、良いアイデアを発想しやすいモデルを提案した。本研究で提案したインタラクシオンデザインのプロセスにおける発想モデルはインタラクシオンデザインプロジェクトを進行する際の難易度を下げることができる。また、異なる分野の知識を持っている人とのコラボレーションもしやすくなり、プロジェクトメンバーの専門分野を効率的に発展させることもできる。本研究の将来的な発展の可能性としては、更に多くの異なる分野との共同作業を行う方向に進んでいくことを想定している。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、インタラクシオンデザインプロセスにおける、プロトタイピングの方法に関する研究をまとめた論文である。複数の専門家のコラボレーションで進めるインタラクシオンデザイン開発であるが、学生を対象として実施した3回のワークショップを通して得られた知見をまとめ、発想プロセスに関する考察を行ったものである。得られた発想プロセスモデルを用い、筆者自身のメディアアート作品制作を通して、作品が社会的に高い評価を得るなど、提案するプロトタイピング方法の有効性を示した論文である。

研究の目的は、インタラクシオンデザインのプロセスにおいて、革新的なアイデアを生成し、ユーザの経験による評価を加えるような発想プロセスモデルの提案にある。この発想プロセスを用いれば、品質の高いデザイン提案ができるものと評価できた。

第1章では本研究の背景として筆者が制作し、Ars Electronicaで高い評価を得たメディアアート作品「Office Live」の紹介が行われ、アーティストとして筆者がどのように発想したかが分析され、発想プロセスのモデル化を行う本研究の動機が説明されている。

第2章では本論文で議論するインタラクシオンデザイン・プロトタイピングメソッドを導き出すための研究の方法が述べられている。これまでに開発されたプロダクトデザインのデザインメソッドの事例が紹介され、インタラクシオンデザインにおいては、新しいデザインメソッドが必要とされていることが述べられている。

第3章では関連研究の紹介と分析を行っている。インタラクシオンデザインは新しい分野であり、新しいデザインツールとして、プログラミングや電子デバイスの利用が欠かせない。また、ワークショップによりアイデアを発想する方法が有効であることが述べられている。

第4章は発想プロセスモデルを構築するのに必要な分析方法として、諸要素を抽出するために用いるワークショップの計画と実施について述べている。テクノロジー・ワークショップではデザインを学ぶ学生80名が参加し、結果としてフィジカルコンピューティングやウェアラブルコンピューティングに関する20の作品が提出された。ディフィニッション・ワークショップではコンピュータサイエンスとメディアデザインを学ぶ学生40名が参加し、結果として10のメディアアート表現作品が提出された。アイデア・ワークショップではコンピュータサイエンスとメディアデザインを学ぶ学生40名が参加し、結果として身体表現や自然界、植物を用いた表現など10のメディアアート表現作品が提出されたことが述べられている。

第5章ではインタラクシオンデザイン・ワークショップに用いる、アイデアの発想を支援するための方法としてシンキングプロセスモデルの提案と評価のためのワークショップについて述べられている。評価ではメディアデザインを学ぶ学生30名が参加し、結果としてフィジカルコ

ンピューティングやウェアラブルコンピューティングに関する 10 の作品が提出された。

第 6 章では開発した革新的なアイデアを生み出すシンキングプロセスモデルを用いた個別のプロジェクトが述べられ、このモデルの有効性が分析されている。プロジェクトは身体動作、AR や SNS などの要素を用いたシステムのデザインで、「Enmusic」、「AR-T-shirt」、「BirdsOn」などの作品制作プロセスに用いられた。

第 7 章では結論として、ランダムイズドメソッドの概要、デザインプロジェクトの特徴、この方法の適用について要約をまとめ、インタラクティブデザイン・プロトタイピングの方法として、革新的なアイデアを生成するようなランダムイズドシンキングプロセスモデルを立体図で説明し、有効性を述べている。

テクノロジーが飛躍的に進み、ヒューマンインタフェースの人間化が遅れている。新しい社会やコミュニケーションを形成するテクノロジーに対して、従来の発想を用いたシステム開発は不十分であり、どのように使いこなしたらいいかなどを洞察する人間のモチベーションや、複雑な操作をするために必要なユーザインタフェースの継続的な学習などに対する対応が求められている。このような次世代社会サービスシステムを開発する際に、コンピュータテクノロジーを表現に用いるメディアアート表現が注目されるようになって久しい。メディアアーティストは発想を思い切り飛躍させて、直感的にゴールを描いて作品制作を行う。結論はこのようなアーティストの発想法を、学生が参加するワークショップにおいても使えるような発想モデルとして提示し、実際にワークショップを行い、さらに改良を加えたものをモデル化して 3 次元の図で表現したものである。

氏名・(本籍・国籍)	こたに た ゆき 小谷 多幸 (熊本県)
学位の種類	博士 (芸術工学)
学位記番号	芸博甲第 135 号
学位授与の日付	平成 24 年 9 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 芸術工学府 芸術工学専攻
学位論文題目	地方自治体の文化政策の構造と公的支援に関する研究 —福岡市の事例を中心に—
論文調査委員	(主査) 教授 中村 滋 延 (副査) 准教授 矢向 正 人 准教授 尾本 章

## 論 文 内 容 の 要 旨

平成 23 年 2 月に閣議決定を経て策定された「文化芸術の振興に関する基本的な方針」は、芸術文化に対する公的支援の考え方の転換を打ち出すものであった。その考え方とは、芸術文化は、国家への威信、周辺ビジネスへの波及効果、将来世代のために継承すべき価値、コミュニティへの教育価値などの外部性を有するものであり、それらの効果を最大限に引き出すためにも戦略的に投資していくというものである。わが国では、この基本方針にのっとり、国や地方公共団体が芸術文化に対する支援を行い、これに加えて、企業や個人などの多様なセクターが芸術文化を支えている状況である。

九州の中核都市として、また、アジアの拠点都市を目指して発展してきた福岡市においても、国際交流、まちづくり、産業経済、情報化社会、観光などの政策分野に芸術文化を

取り込むなど、文化政策に総合政策としての色彩を持たせるようになっており、芸術文化の振興のための取り組みが行われている。福岡市では、2008年に「福岡市文化芸術振興ビジョン」が、2012年には、「福岡市拠点文化施設基本構想」が策定された。これらの流れを受けて、現在、新しい拠点文化施設の設置にむけて準備が進められているところでもある。

本研究は、福岡市の事例を中心にして、地方自治体の文化政策の構造と、芸術文化活動に対する公的支援の可能性について検討することを目的とするものである。芸術文化の振興のために、地方公共団体に求められる役割は何であるのか、その役割を果たすためには、どのような取り組みが実施されるべきなのか、その可能性として具体的にどのようなものが考えられるのかということ、福岡市の事例を中心に考察していく。

研究の内容は、福岡市の文化政策についてのものと、公共ホールの名称を冠する演奏団体についてのものと、大きく2つに分類される。

前者は、文化振興を目的とした市の政策目標と、平成23年度の文化関連予算に対する分析をもとに、文化振興を目的とする福岡市の支援行政の発現形態を分類した。福岡市の支援行政の発現形態は、「特定の芸術文化団体に対する補助金の交付」、「文化芸術関連各種事業の開催」、「芸術文化活動の奨励・援助」、「文化情報の提供」の5つに分類でき、本論では、このひとつひとつについて、福岡市、及び、財団法人福岡市文化芸術振興財団によって実施されている施策や事業内容と理念等について述べている。また、国の文化政策の構造は、「文化の頂点の伸長」を縦軸とし、「文化の裾野の拡大」を横軸とすると、およそピラミッド型に形成されるとした根木昭の論拠に基づき、これを福岡市の事例に応用させて、福岡市の文化政策について構造化を図った。さらに、条例と「福岡市拠点文化施設基本構想」を分析することによって、福岡市の設置者行政の現状の実態も明らかにしている。

後者は、福岡県における公共ホールの名称を冠する演奏団体である「あいれふ弦楽四重奏団」、「響ホール室内合奏団」、「アクロス弦楽合奏団」と、県外の2つの演奏団体「びわ湖ホール声楽アンサンブル」、「兵庫芸術文化センター管弦楽団」による音楽文化創成への取り組みに着眼するものである。ホールと楽団の間には、ホールの名を冠することに関わる特定の結びつきがあることが予測され、当然のことながら、演奏団体は公共ホールの公共的使命達成に関わる活動を行うために結成されたと考えられる。これらの各演奏団体について、楽団員やホール職員に対するインタビュー、事業報告書等の資料分析等を行い、その設立の背景や理念、楽団員の構成、活動状況や実績等に対する調査を行い、それぞれのホールとの関係について明らかにした。また、公共性の観点から、5つの事例の比較分析を行い、それをふまえて、公共ホールの自主事業のあり方や芸術文化活動への支援の可能性の一端について検討した。

以上の調査、分析で明らかになったことを総括し、地方自治体による公的支援の可能性の一端を示唆した。

## 論文審査の結果の要旨

本論文の目的は芸術文化振興のために地方自治体が行うべき公的支援の可能性について検討することである。議論を明確にするために芸術文化の範囲を芸術音楽に限定し、地方自治体としては福岡市を主な対象としている。公的支援の事例研究の対象としては、公共ホールとその名称を冠した演奏

団体との関係に絞っている。これらの限定は研究の視野狭窄を意味するのではなく、具体的な事例をより深く研究し、そのことでむしろ本質的な議論に導くためのものである。

第1章では芸術文化活動に対する公的支援の必要性を明らかにしている。執筆者はその必要性を法的根拠に求めている。その理由は、芸術文化活動の公的支援に関する法制が、歴史研究や諸外国の事例を踏まえ、かつ多くの識者の適正な意見を反映したものであり、まさに憲法で保証された国民の権利に基づくものと見なすことができるからである。執筆者は論文の中で様々な法令等を読み解き、分析し、「公共財としての芸術文化」の概念を軸に、地方公共団体のなすべき文化政策の領域・機能・構造について論じている。

第2章では前章を受ける形で福岡市の文化行政を具体的対象として論じ、その文化政策の特徴を明らかにしている。資料分析と、多くの関係者への聴き取り調査の結果、その文化政策は国際集客都市「福岡」を実現することに主眼が置かれ、公共財としての芸術文化を創造・発信することについてはかならずしも充分ではないという特徴を明らかにした。また、「文化の裾野の拡張」よりも「文化の頂点の伸張」により多くの予算が使われていることも明らかにし、またその「頂点の伸張」が「裾野の拡張」にかならずしもつながっていない点についても疑義を示している。

第3章は2012年に策定された「福岡市拠点文化施設基本構想」に反応する形で、急遽、論文の中に取り上げたものである。福岡市が、公共文化施設の建設管理だけでなく、芸術文化の創造・発信を視野に入れた設置者行政を始めようとしているからである。執筆者はその基本構想を読み解き、その構想を前向きに評価している。

第4章は、公共ホールとその名称を冠した演奏団体との関係について、福岡市を中心に福岡県内の3つの事例を詳細に検討したものである。これは前章の「福岡市拠点文化施設基本構想」に関連して、福岡市に今後期待される具体的活動への提言と問題提起となっている。3つの事例とは、「あいれふホール」と「あいれふ弦楽四重奏団」、「響ホール」と「響室内合奏団」、「アクロス福岡」と「アクロス弦楽合奏団」である。公共ホールの名称を冠した演奏団体は当該ホールとの密接な関係があると考えられ、その公共ホールの芸術文化活動の公的支援の根幹を成していると執筆者は予測した。結果としてはホールと演奏団体の関わりは様々であり、アクロスの例を除いて公的支援の根幹を成しているとは言えない。中でも支援が充分でなかった「あいれふ弦楽四重奏団」は、楽団員の努力にもかかわらず、設立後10年でその活動を終えた。響室内合奏団と響ホールとの関係には距離があり、基本的には外部団体の扱いである。定期演奏会も響ホールでの開催が不可能な場合もある。「アクロス弦楽合奏団」のみはホールの手厚い支援を受けている。ただ、楽団員の構成や年1回のみの定期演奏会だけでは、一般的な「買取り」公演との差別化は困難で、福岡における「芸術文化の創造・発信」として機能しているかについて執筆者は疑義を呈している。

結論として、例えば「福岡市拠点文化施設基本構想」に盛られたような芸術文化の創造・発信を可能にするためには、公共ホールによる演奏団体支援が非常に重要であることを明らかにしている。その具体的方法を策定するための基本となる考え方を、公的支援の必要性の法的根拠と、事例研究とによって明らかにしている。研究は多くの文献資料と丹念な聴き取り調査に基づくものであり、論述として価値があるだけでなく、具体的な提言になっている点についても高く評価できる。学位審査を厳正に実施した結果、本論文が博士（芸術工学）の学位授与に値するものと認める。

氏名・(本籍・国籍)	インドゥリ ハプサリ スシロワティ Indri Hapsari Susilowati (インドネシア)
学位の種類	博士(芸術工学)
学位記番号	芸博甲第136号
学位授与の日付	平成24年9月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 芸術工学府 芸術工学専攻
学位論文題目	The role of visual, cognitive, and physical motor skills as risk factors for elderly drivers (高齢者ドライバーのリスク要因としての視覚、認知、運動技能の関わりについて)
論文調査委員	(主査) 教授 安河内 朗 (副査) 教授 栃原 裕 教授 綿貫 茂喜

## 論文内容の要旨

The increasing number of life and healthy life expectancy was causing high number of elderly driver. Since driving is a complex task involving integration of visual, cognitive, and physical motor skills, elderly drivers are at a higher risk for road crashes because they have limitations in visual, cognitive, and physical motor skills. The safety road program in Fukuoka City is one of the ways to prevent accident related to visual, cognitive & judgment factors, and physical motor skill factors. Because of that, this research will analyze the correlation between visual, cognitive, and physical motor skill, include driver risk perception as risk factors to driver performance.

This research took 10 young drivers and 25 elderly drivers as subjects. The young subjects were 5 males and 5 females with aged 21 – 32 years old ( $\bar{x}= 23.3 \pm 3.33$ ). Elderly drivers were divided into 2 age groups: elderly 1 was consisting 11 persons (6 males and 5 females) with aged 60 – 65 years old ( $\bar{x}= 61.9 \pm 1.70$ ) and elderly 2 was consisting 14 persons (6 males and 8 females) with aged over 65 years old (66 – 76 years old,  $\bar{x}= 69.5 \pm 3.01$ ).

The visual factors were static and dynamic visual acuities, color test, and response to peripheral stimuli placed at useful field of view (UFOV). The cognitive factors were attention via the Trail Making Tests (TMT) A & B and the Traffic Sign Test. The Physical motor factors were grip strength assessed by a dynamometer and the tapping test evaluated by hand operation according to speed and accuracy. Besides that, because such incidents are affected by Driver's Risk Perception (DRP) which related to stress inventory during driving and how they gain the stress coping mechanisms, Driver Stress Inventory (DSI) and Driver Coping Questionnaire (DCQ) were measured.

Elderly drivers took a long time to recognize stimuli appearing peripherally. This delay not only led to prolonged peripheral response times but also led to increased misjudgment at fixed eyes' points because the increased recognition times for peripheral objects carried over to fixed eyes' judgments. Elderly drivers have lower attention thus needing longer time periods for TMT A and the tapping test but their accuracy and carefulness was better than those in young drivers, particularly in error of tapping test (out of circle) and no response in UFOV.



Elderly driver showed significant lower risk in fatigue proneness and thrill seeking of DSI than young driver because they have short distance and time for driving. However, the result of driver performance revealed that elderly driver performance was worse than young drivers. This was proved by significant differences between young and elderly drivers in almost all parameters of driver performance. It was confirmed that elderly would be higher risk drivers on the road even though they spend less time for driving and drive shorter distances than their younger counterparts.

As the result of multiple regression analysis, it was implied that all risk factors (visual, cognitive, and physical skill) include DRP which related to driving performance showed less predictors for driver performance. However, when error of UFOV in angle and distance, error of tapping test, and TMT A & B were employed as independent variables for multiple regression analysis, it was disclosed that errors of UFOV by angle were most risk factors to the driving performance among other parameters. In the case of young drivers, it was shown that recognition at the fixed eyes' point had more influence to their driving performance. The other hand, error in peripheral's view attention was more influenced factor to the driver performance for elderly driver 2.

#### 論文審査の結果の要旨

本申請論文は、超高齢社会を迎えた日本の高齢者ドライバーについて、可能な限り高齢まで安全に自動車運転ができるように、運転時のリスク要因を系統的に分析することで高齢者ドライバーの生理的・心理的及び運転技能の特徴を見いだすことでその対策の資料を得ようとしたものである。

第1章では、日本自動車工業会や福岡市交通安全プログラムなどの資料から高齢者ドライバーの交通事故に対するリスク要因として視機能、認知機能、運動技能が主たる要素であることを示し、これらとドライバーのリスク知覚 (DRP) 及びドライバーの心理的なストレス対応特性 (DSI) を併せて高齢者の運転時に影響するリスク要因の貢献度について検討することの重要性を示した。第2章では、若年者10名、前期及び後期高齢者25名(60-76歳)について、視機能として静的・動的視力、色覚、周辺視知覚能力を、認知機能としてトライアルマーキングテスト (TMT A & B) を、運動技能として握力、タッピングテストの測定を実施した。その結果、高齢者は特に視機能のうち周辺視の無反応が増え、また周辺視の認知に時間がより長くかかり、その分注視点における刺激の誤判断が増加することが判明した。周辺視のうち特に上半視野の△の刺激認知が劣り、運転中の路上の交通標識について、特に斜線で形成されたかたちへの認知に問題が生じる可能性が示唆された。また高齢者はTMT A とタッピングテストにより長い時間がかかる一方、正確さと注意深さは若年者より有意に優れていることが示された。第3章では、ドライビングシミュレーションを用いて運転技能を、車線維持、車線変更、信号停止、T字路の右折、ブレーキとアクセルの制動、運転時間のそれぞれについてスコア化し評価した。その結果、運転時間以外のいずれの技能も若年者より劣り、特に車線変更と右折については前期高齢者も若年者より有意に低いスコアとなった。第4章では、第3章における6つの運転技能のそれぞれを従属変数とし、同時計測された第2章の視機能、認知機能、運動技能、及びDRPとDSIのそれぞれの指標を独立変数として重回帰分析を実施した。その結果、いずれの指標も6つの運転技能について有効な予測因子となることはなかった。しかしながら、周辺視における注視点刺激誤反応、周辺視点刺激の誤反応と無反応、タッピングテストの誤動作、及びTMT A と B のそれぞれを独立変数として重回帰分析を実施した結果、運転技能に負の影響を及ぼすいくつかの有効

な予測因子が検出された。その結果、前期高齢者については周辺視を上半視野、水平線、下半視野に分けたとき、注視点刺激誤反応が車線変更と信号停止に、周辺視点刺激誤反応と無反応が信号停止に有意に影響した。また認知機能のうち TMT A が車線維持に対して有意な影響を及ぼした。これに対して後期高齢者の特徴は、周辺視点刺激誤反応と無反応のみが車線維持、車線変更、運転時間にそれぞれ有意に影響し、周辺視に対する知覚能力が重要なリスク要因になることが示唆された。この後期高齢者の特徴は周辺視を注視点からの距離（視野角）に分けた場合でも同様であった。

以上より、高齢者は視機能、認知機能、運転技能のそれぞれにおいて刺激への対応に時間がかかるが正確さにおいては若年者にそれほど劣ることはなく、むしろ優れる面がみられた。一方で運転時における事故リスク要因として視機能のうち周辺視における誤反応や無反応が、また認知機能を反映する TMT A が運転技能の重要な予測因子になることが示唆された。これらの結果に対して、自動車への事故防止機能や運転能力向上機能、及び交通インフラに対する技術支援の例がそれぞれ示され、価値ある成果として評価された。

氏名・(本籍・国籍)	ライ      ブン      パ 頼      文      波 (中国)
学位の種類	博士 (芸術工学)
学位記番号	芸博甲第138号
学位授与の日付	平成24年9月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 芸術工学府 デザインストラテジー専攻
学位論文題目	地下鉄出入口エリアにおける環境装置の配置計画に関する研究 —日本と中国の事例を通して—
論文調査委員	(主査) 教授 森田昌嗣 (副査) 教授 清須美匡 洋      教授 都甲康至

## 論文内容の要旨

本研究は、地下鉄出入口エリア(地下鉄駅の改札口から出入り口に至るまでの地下通路空間)における環境装置について、日中両国の商業・生活地区の環境特性に応じて適用するための配置計画の方法を導くことを目的としたものである。本論では、日本と中国の商業地区と生活地区の地下鉄駅の事例比較を通して、そこに設置されている環境装置の種類や利用実態について調査する。そして地下鉄出入口エリアの環境特性と環境装置との関係性の共通点と相違点を明らかにし、現状の課題を抽出し、その解決方法を探る解決方法を導くものである。環境装置の配置を進める際、日中両国の商業地区・生活地区における、共通対応と個別対応の項目を明らかにすることにより、本研究の目的である計画方法を導出することができる考えた。

本論の研究対象としては、日本と中国の姉妹都市内で両国の位置づけが類似している中核都市を代表する福岡市と広州市、そして商業の大都市を代表する大阪市と上海市の4つの都市を取り上げる。更に、各都市の新旧地下鉄2路線の中に商業地区と生活地区の駅から2駅を任意に抽出し、各都市4駅、合計16駅を選定する。そして、これらの商業地区と生活地区の16ヵ所調査対象に設置されている環境装置の種類や基数などに関する実態調査を行った。利用者を対象に地下鉄出入口エリア環境装置に関するアンケート

ート調査を実施し、その結果の分析と問題点の抽出から、各地下鉄の出入口エリアに設置されている環境装置の現状を探った。また、上述の16個の地下鉄出入口エリアに設置されていた環境装置に対する一連の調査結果の比較分析から、共通点と相違点を見出した。これらの分析の結果を基に、地下鉄出入口エリア環境装置における現状の課題を明らかにし、解決の方向性を導き出した。現状の課題には、『都市地下景観への影響』、『ユニバーサル環境への対策不足』、『分布の偏り』、『双方向情報システムへの配慮』、『情報の不足と連続性の分断』、『利用行動への対策不足』、『維持管理の不足』の7項目を導き、その解決の方向性として「環境特性の把握」、「分類特性の対応」、「配置の方法の充実」、「メンテナンスの計画」の4項目を抽出した。

次に、上述の調査及び分析結果から得られた知見を検証するため、事例検討を通して、16カ所から商業地区、生活地区それぞれの代表する福岡市地下鉄空港線天神駅と唐人町駅の出入口エリアを選定し、その歴史、人口・世帯、交通などの地域特性に関する調査をしたうえで、実態調査で得られた解決の方向性の検討を行い、天神駅と唐人町駅の出入口エリアにおける環境装置に関する配置を提案した。以上の研究結果に基づき、日中の商業地区と生活地区地下鉄出入口エリアでの環境装置の配置計画を進める際の共通対応と個別対応を整理した。

共通対応は「都市の地域特性の把握」、「地下鉄出入口エリアの環境特性の把握」、「地下鉄出入口エリアの環境装置の分布特性の対応」、「地下鉄出入口環境装置の配置方法の充実」、「地下鉄出入口環境装置の維持・更新するためのメンテナンスの計画」の5つの項目にまとめ、それぞれの項目別に対応すべき指針を導出した。例えば共通対応における「地下鉄出入口エリア環境特性の把握」では、地下鉄出入口エリア周辺施設特性の検討、地下鉄出入口エリア空間構成特性の検討をする必要がある。「地下鉄出入口環境装置の分布特性の対応」については、対象地下鉄出入口エリアの周辺施設特性から、分布の種類、環境装置の集約化による充実、対象地下鉄出入口エリア空間構成特性から設置場所の検討、双方向型分布の差別化、集中型分布の統合に配慮すべきである。「地下鉄出入口環境装置の配置方法の充実」では、高齢者や弱者達への配慮、人間行動の対応、交通手段の対応、ハードの多様化、装置の基準化、情報連続性への検討、国際化への対応、安全性への考えなど、配置計画を立てる上での指針を導いた。また、個別対応では、周辺の施設特性や地下鉄出入口エリアの空間構成特性などの「商業・生活環境特性の把握」と周辺施設への対応や地域・地区の個性を考慮した環境装置など「地下鉄出入口エリアの環境装置の分布特性」、乗換えや地域言語の対応した「地下鉄出入口エリアの環境装置の配置」に関する検討すべき指針を明らかにした。

以上、実態調査の結果と事例研究から地下鉄出入口エリアの環境装置の配置計画のコンセプト「都市の顔」、「使いやすい地下鉄」を見出し、「地域特性の把握」、「環境特性の把握」、「分布特性の対応」、「配置方法の充実」、「メンテナンスの計画」の5つの配置計画における段階的計画プロセスの提案に至る、地下鉄駅の環境特性と地下鉄出入口エリアの環境装置の配置特性との対応を考慮した配置計画方法を導くことができた。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、地下鉄周辺の地域特性や環境特性と地下鉄出入口を構成する環境装置の種類と配置の関係に着目し、日本と中国の商業地区（中心市街地）と生活地区（住宅地を中心とした郊外）の地下鉄駅の事例比較を通して、環境特性と環境装置との関係性の共通点と相違点、そして解決すべき課題を明らかにし、その解決方法を探ることから、日中両国の商業・生活地区の環境特性に適用しうる地下鉄出入口エリアの環境装置類の配置計画の方法を導くことを目的としたものである。

本研究の比較事例の対象は、日中間の姉妹都市の中から各国内での位置づけが類似し地下鉄が整備されている、商業の大都市である大阪市（日本）と上海市（中国）、そして中核都市の福岡市（日本）と広州市（中国）の4つの都市を取り上げている。さらに調査対象の地下鉄駅は、4都市の新旧の地下鉄2路線から商業地区と生活地区の駅、合計16カ所を選定している。これら16カ所の地下鉄出入口エリアの環境装置類の分布状況などの実態調査の比較分析から現状の課題を見だし解決の方向性を導き出している。現状の課題には、「都市地下景観への影響」、「ユニバーサル環境への対策不足」、「分布の偏り」、「情報の不足と連続性の分断」、「利用行動への対策不足」、「維持管理の不足」の7項目を導き、その解決の方向性として「環境特性の整理」、「分布特性の対応」、「配置の方法の充実」、「メンテナンスの整理」の4項目を提示している。

そして16カ所から商業地区、生活地区それぞれを代表する福岡市の天神駅と唐人駅の地域特性を踏まえた配置計画の提案を行い、実態調査で得られた解決の方向性の検証を行い、商業地区と生活地区での環境装置の配置計画を進める際の共通対応と個別対応を整理している。共通対応としては、「都市の地域特性の把握」、「地下鉄出入口エリアの環境特性の把握」、「地下鉄出入口エリアの環境装置の分布特性の把握」、「地下鉄出入口エリア環境装置の配置の検討」そして「地下鉄出入口環境装置の維持・更新するためのメンテナンス」の5項目に整理し、それぞれの項目別に対応すべき事項、例えば「地下鉄出入口エリア環境装置の配置の検討」においては、高齢者や弱者への配慮、人間行動の対応、交通手段の対応、ハードの多様化、装置の基準化、地域特性に応じた環境装置の提供、情報の連続性への検討、国際化への対応など、配置計画を立てる上での指針を導いている。個別対応では、周辺の施設特性や地下鉄出入口エリアの空間構成特性などの「商業もしくは生活環境特性の把握」と周辺施設への対応や地域・地区の個性を考慮した環境装置など「地下鉄出入口エリアの環境装置の分布特性」に関する検討すべき指針を明らかにしている。

以上、調査分析の結果と配置計画提案の検証から地下鉄出入口エリアの環境装置配置計画のコンセプト「都市の顔」と「使いやすい地下鉄」を提示し、配置計画の検討手順を整理している。共通対応で導いた5項目が配置計画手順の基本に据え、ステップ1：地域特性の把握、ステップ2：環境特性の把握、ステップ3：分布特性の把握、ステップ4：配置方法の整理、そしてステップ5：メンテナンスの計画への段階的計画プロセス提案に至る、都市の環境特性と地下鉄出入口エリアの環境装置類の配置特性との対応項目を総括して独自の配置計画方法の構築に結びつけている。

以上のように本論文は、既に国際会議等で採択された学術論文を含む研究成果に結実しており、地域性や環境装置の分布状況が異なる地下鉄出入口エリアの実践的な配置計画およびデ

ザイン研究に貴重な示唆を与える内容を提示したものである。また、今後より一層の日中間の多様な交流が予定されており、本研究成果が日中交流にも寄与するものと期待される。本研究は、着眼点の独自性と共に、得られた知見は芸術工学研究を含め社会に寄与するものと評価できる。したがって本審査委員会は、厳正なる学位審査の結果、本論文を博士（芸術工学）の学位に値するものと判断した。

氏名・(本籍・国籍)	たかはし なおき 高橋直樹 (茨城県)
学位の種類	博士 (工学)
学位記番号	芸博甲第137号
学位授与の日付	平成24年9月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 芸術工学府 芸術工学専攻
学位論文題目	原子力施設における防護服着用作業時の熱中症予防のためのリアルタイム遠隔監視に関する研究
論文調査委員	(主査) 教授 栃原 裕 (副査) 教授 安河内 朗 准教授 村木里志

## 論文内容の要旨

人体には、作業に伴う筋労作により核心温が上昇した場合、核心温を一定に保とうとする恒常性を有しており、核心温が上昇すると汗が分泌される。筋労作に伴う産熱の大半は、汗が気化する際に気化熱として体表面から奪われ、上昇した体温は下げられる。しかし、原子力施設での作業において着用される防護服は、通常の作業服（綿服）に比べて通気性・透湿性が悪いため、作業に伴う筋労作により発生した熱や汗は防護服内へと留まり、核心温を下げるために分泌された汗の蒸発は著しく妨げられる。その結果、汗は体表面を流れ落ち、核心温低下には寄与しない無効発汗となり、核心温は下がることなく上昇し続ける。更に、体内からは水分とミネラルが汗として、一方的に失われて行く。特に原子力施設では、防護服を着用して作業を行う場合、常時、呼吸保護具を着用しなければならないため、汗として失われた水分やミネラルを随時補給することは出来ない。故に、防護服の着用は作業員に対して大きな生理的負担を与える。(第1章)

原子力施設では、防護服を着用しての作業が定常的に実施されているにも関わらず、これまで防護服着用時における生理的負担等を定量的に評価した報告は極めて少ない。従来、作業員の熱中症の発症リスク管理は、作業員の自己申告（主観的な情報）と時間管理を併用することによって行われてきたが、本人の自己申告にのみ頼った作業管理では、作業員が暑熱環境から受ける負荷等に起因する体調の変化を見逃す恐れがあった。そこで、作業員の核心温や心拍数と言った生理的な情報（客観的な情報）をリアルタイムかつ遠隔で取得し、これまでの主観的な情報と組み合わせることによって、熱中症の発症に伴う兆候を早期に捉えることができれば、より安全に留意した作業管理が行えるのではないかと考え、リアルタイム暑熱負担遠隔モニタリング装置の開発を行った。なお、熱中症の発症リスクを管理する上での基準として、米国 ACGIH 等では、直腸温に基づく指針が示されている。しかし、実際の作業現場において直腸温を定常的に測定することは作業員に対して身体的・精神的な負担を伴うことから現実的な方法とは言えない。そこで、直腸温に代わる核心温として赤外線測定に基づく連続鼓膜温計により鼓膜温を測定することとした。(第2章)

上記にて開発した装置の性能及び実作業現場における適用性の可否について検証を行った結果、運動中における赤外線測定に基づく非接触式鼓膜温センサーによって測定される鼓膜温は、同時に実測した直腸温と比較して、①運動中における核心温を直腸温よりも高い温度として捉えることができ、②運動に伴う核心温の変化をレスポンス良く、③安定して測定することが可能であることが分かった。これまでも防護服の着用は作業員に対して大きな負担を伴うことは感覚的には分かっていたが、定量的な評価・報告は皆無であった。そこで、上述した装置を実作業現場へと持ち込み、作業に従事する作業員の生理情報等のモニタリングを行った結果、1時間の作業において鼓膜温は約39℃、心拍数は被験者の最大心拍数近くまでそれぞれ上昇するとともに、防護服内の温度は作業環境の温度よりも約5℃も高く、湿度については90%以上にも達し、作業員に対して大きな身体負担をもたらすことを定量的に評価することができた。(第3章)

鼓膜温は直腸温よりも高い値を示すため、鼓膜温に基づく作業管理を行った場合、これまで以上に安全サイドの管理が行えるものの、作業効率(実際には直腸温は基準値に達していないにも関わらず、鼓膜温の方がより高い値を示すため、作業を早々に中断しなければならない)と言った観点では、更なる検討が必要であった。そこで、実測された鼓膜温から直腸温を正確かつ精度良く予測することができれば、安全性と作業効率と言った相反する課題を両立できると考え、鼓膜温に基づく直腸温予測式の作成及び検証を行った。その結果、実測された鼓膜温から直腸温を(試験にて使用した直腸温測定センサーの測定誤差である $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ の誤差範囲で)予測可能であり、安全性と作業効率を両立させた作業管理方法を確立することができた。なお、予測式の作成に当たり直腸温に対して強い相関を有する鼓膜温及び心拍数を変数とした予測式についても検討したが、作業中にいずれかの機能が失われたとしても常に作業モニタリングを継続させるとの観点から、鼓膜温と心拍数については独立して管理することとした。(第4章)

第2～4章にて得られた知見を基に装置及び作業管理プログラムの改良等を行い、小型・軽量かつより作業管理がしやすいシステムへと改善を図った。今後は、防護服を着用して福島第一原子力発電所における懸命な事故の復旧や生活環境回復のための除染作業に従事している現場へと本装置を持ち込み、熱中症の発症リスク管理を行いたいと考えている。(第5章)

## 論文審査の結果の要旨

本論文では、作業員の核心温や心拍数と言った生理的な情報(客観的な情報)をリアルタイムかつ遠隔で取得し、従来の主観的な情報と組み合わせることによって、熱中症の発症の兆候を早期に捉え、適切なタイミングで休憩や退城指示等を与えることにより、より安全に留意した作業管理を行うための、リアルタイム暑熱負担遠隔モニタリング装置を開発することを目的とした。

原子力施設での作業で着用される防護服は、通常の作業服(綿服)に比べて通気性、透湿性が悪い上に、作業環境中に存在する人体に有害な放射性物質が防護服内へと侵入しないように袖口等すべての開口部が紙テープ等により固定される。その結果、汗は体表面を流れ落ち、核心温低下には寄与しない無効発汗となり、核心温は下がることなく上昇し続ける。また、原子力施設では必須の呼吸保護具を着用した場合、水分等を補給することは出来ない。さらに、原子力施設では、作業エリアからの退城に当たっては入念な汚染確認を行わなければならない、仮に身体的な不調を感じてから作業エリアからの退城行動を起こしても、基本的には防護服を直ぐに脱ぐことは出来ない。そのため、防護服を脱装し、作業エリアから退城した時には、既に熱中症が重篤化してしまう恐れが多分にあるので、よりの確な監視システムが必要である。

原子力施設では、従来、作業員の体調管理（熱中症の発症リスク管理）は、作業員の自己申告（主観的な情報）と時間管理を併用することによって行われてきたが、本人の自己申告にのみ頼った作業管理では、作業員が暑熱環境から受ける負荷等に起因する体調の変化を見逃す恐れがあった。そこで、作業員の核心温や心拍数と言った生理的な情報（客観的な情報）をリアルタイムかつ遠隔で取得し、従来の主観的な情報と組み合わせることによって、熱中症の発症の兆候を早期に捉え、適切なタイミングで休憩や退域指示等を与えることができれば、より安全に留意した作業管理が行えるのではないかと考え、リアルタイム暑熱負担遠隔モニタリング装置の開発を行った。一般に、暑熱環境における熱中症の発症リスクをモニタリングするため、直腸温に基づく指針が示されている。しかし、実際の作業現場において直腸温を定常的に測定することは極めて難しい。そこで、直腸温に代わる核心温として赤外線式の連続鼓膜温計により測定された鼓膜温を測定することとした。実測された鼓膜温から直腸温を正確かつ精度良く予測することができれば、安全性と作業効率を両立できると考え、鼓膜温に基づく直腸温予測式の作成及び検証を行った。その結果、実測された鼓膜温から直腸温を直腸温測定センサーの測定誤差である $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ の誤差範囲で直腸温を予測可能であることを明らかにした。そこで、鼓膜温から予測された直腸温を既存の直腸温に基づく指針に照らし合わせて管理を行うこととした。また、作業管理における安全性を確保するとの観点から心拍数についても独立して管理することとした。これにより、安全性と作業効率を両立させた熱中症発症リスクのリアルタイム遠隔モニタリング技術を構築することができた。

本研究成果については、製品化される見込みで、防護服を着用して福島第一原子力発電所における事故の復旧や生活環境の回復のための除染作業に従事している現場で使用し、熱中症の発症リスク管理に役立てたいとしている。

これらの結果は、原子力施設における防護服着用作業時の熱中症予防のための重要な具体的システムを構築しており、本論文が博士（工学）の学位を得るに値するものであると判断した。

氏名・(本籍・国籍)	おおい はじめ 大井 元 (神奈川県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	芸博甲第139号
学位授与の日付	平成24年9月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 芸術工学府 芸術工学専攻
学位論文題目	シートヒーターが冬季車室内の温熱快適性と暖房エネルギー消費に及ぼす効果
論文調査委員	(主査) 教授 栃原 裕 (副査) 教授 綿貫 茂喜 准教授 村木 里志

## 論文内容の要旨

電気自動車に代表される次世代自動車では、暖房エネルギーの削減や速暖性能の向上が求められている。これらの課題の解決策として、本研究では伝導により直接乗員を暖めることができるシートヒーターに着目した。シートヒーターの効果は、これまでに提案されている車室内温熱環境の評価手法で予測するには限界があり、被験者実験の事例も限られている。特に、シートヒーターが加温初期に快適感に及ぼす効果、シートヒーターの加温部位の違いが温冷感に及ぼす効果に関する研究はほとんど行われていない。また、近年関心が高まっている自動車暖房の省エネの視点からシ

ートヒーターの可能性を検討した研究はない。そこで本研究では、これらの課題について検討を行うことを目的とした。(第1章)

第2章では、シートヒーターが加温初期に温冷感・快適性に及ぼす効果、及び室温の違いが快適条件に及ぼす影響について、被験者実験により検討した。実験条件は、室温4水準(5・10・15・20℃)とシートヒーターのON/OFFの組み合わせ、計8条件(×8名)とした。

実験の結果、シートヒーターは寒冷環境(室温15℃以下)において、加温初期の温冷感・快適性を短時間で向上させる効果的な暖房装置であることが確認された。一方、室温20℃以上ではシートヒーターは快適感を悪化させるため効果がなかった。また、シートヒーターを使用することで、手背・足先の皮膚温が上昇(または低下が抑制)され、室温15、20℃では足の温冷感も上昇した。寒冷環境では、手・足が不快の要因となりやすいことから、このような手・足の皮膚温・温冷感の改善も快適性の向上につながったと考えられる。

シート接触部の至適温冷感は、室温が低いときほど高かった。それに伴い、シート接触部の至適皮膚温も室温が低いときほど高くなった。部位間の比較では、背面と座面とで至適温冷感には差が認められなかった一方、至適皮膚温は座面より背面のほうが高かった。実験により得られた背面/座面の至適皮膚温は、室温5・10・15・20℃において、それぞれ35.5/34.3・35.2/34.3・34.3/33.1・33.9/32.3℃であった。

第3章では、室温15℃の環境でシートヒーターを部位別に加温する実験を行い、シートヒーターの加温部位の違いが定常時の温冷感に及ぼす影響について検討した。実験条件は、加温無し、背面の加温、臀部の加温、大腿の加温、座面(臀部+大腿)の加温の計5条件(×8名)とした。

その結果、シート背面の加温に比べシート座面の加温のほうが全身温冷感の向上に効果的であることが示された。一般にシートでは座面のほうが背面に比べ人体との接触面積(加温面積)が大きく人体の加温効果が大きいことに加え、以下の2点もその要因と考えられた。1点目に、座面(臀部・大腿)のほうが背面(背)に比べ低い皮膚温でも暖かさを感じるためである。座面と背面を同じ温冷感とするためには、背面の皮膚温を座面に比べ約1℃高くする必要があることが明らかとなった。2点目に、背面の加温が背温冷感の向上にしか寄与しないのに対し、座面(臀部・大腿)の加温は直接加温した部位だけでなく非加温部位の温冷感も向上しうるためである。第2章において、シートヒーターを使用した際に手・足の皮膚温が向上したのも、主に座面の加温効果によるものと推測された。

第4章では、まずシートヒーター及び足元加温装置が定常時の温熱快適性に及ぼす影響について被験者実験により検証した。実験条件は、室温2水準、シートヒーターのON/OFF、足元加温装置の温度3水準の組み合わせ計12条件(×8名)とした。その結果、シートヒーター・足元加温装置とも、寒冷環境において被験者の皮膚温・温冷感・快適感を向上させる有効なデバイスであることが確認された。

次に、この実験結果からシートヒーター(シート表面温度37℃)及び足元加温装置(足元作用温度=室内作用温度+20℃)を使用した際に全身温冷感が中立となる室内作用温度を求めた。その結果、シートヒーターの使用により3℃、足元加温装置の使用により3℃、両装置の同時使用により6℃室内作用温度を下げても全身温冷感を中立に保てることが明らかとなった。

更に、この結果を用い自動車トータルでの必要暖房エネルギーを試算した。その結果、シートヒーター・足元加温装置の使用が自動車暖房エネルギーの削減に有効であることが確認された。試算を行った条件(外気温0℃・2名乗車・走行時)では、足元加温装置の使用で310W、シートヒータ



一の使用で 410W、両方の使用で 720W、自動車の暖房エネルギーを削減できることが分かった。これは、暖房使用時の電気自動車の航続距離（一充電での走行可能距離：ガソリン車の燃費に対応）にして、6.0%、8.0%、15.1%の増加に相当した。

本研究により、シートヒーターは寒冷環境において 温冷感・快適性を短時間で向上させる効果的な暖房装置であることが確認された。また、シートヒーターの使用は電気自動車等の課題となっている暖房エネルギーの削減にとっても有効な対策となることが明らかとなった。（第 5 章）

## 論文審査の結果の要旨

電気自動車に代表される次世代自動車では、暖房エネルギーの削減や速暖性能の向上が求められている。これらの課題の解決策として、本研究では伝導により直接乗員を暖めることができるシートヒーターに着目した。特に、シートヒーターが加温初期に快適感に及ぼす効果、シートヒーターの加温部位の違いが温冷感に及ぼす効果に関する研究を行った。

まず、シートヒーターが加温初期に温冷感・快適感に及ぼす効果、及び室温の違いが快適条件に及ぼす影響について検討した。実験条件は、室温 4 水準（5・10・15・20℃）とシートヒーターの ON/OFF の組み合わせ、計 8 条件（×8 名）であった。シートヒーターは寒冷環境（室温 15℃以下）において、加温初期の温冷感・快適性を短時間で向上させる効果的な暖房装置であることが示された。一方、室温 20℃以上ではシートヒーターは快適感を悪化させるため効果がなかった。シートヒーターを使用することで、手背・足先の皮膚温が上昇（または低下が抑制）され、室温 15、20℃では足の温冷感も上昇した。寒冷環境では、手・足が不快の要因となりやすいことから、このような手・足の皮膚温・温冷感の改善も快適性の向上につながったと考えられる。シート接触部の至適温冷感は、室温が低いときほど高かった。それに伴い、シート接触部の至適皮膚温も室温が低いときほど高くなった。部位間の比較では、背面と座面とで至適温冷感には差が認められなかった一方、至適皮膚温は座面より背面のほうが高かった。

さらに、室温 15℃の環境でシートヒーターを部位別に加温する実験を行い、シートヒーターの加温部位の違いが定常時の温冷感に及ぼす影響について検討した。実験条件は、加温無し、背面の加温、臀部の加温、大腿の加温、座面（臀部+大腿）の加温の計 5 条件（×8 名）とした。シート背面の加温に比べシート座面の加温のほうが全身温冷感の向上に効果的であることが示された。一般にシートでは座面のほうが背面に比べ人体との接触面積（加温面積）が大きく人体の加温効果が大きいことに加え、座面（臀部・大腿）のほうが背面（背）に比べ低い皮膚温でも暖かさを感じるためである。さらには、背面の加温が背温冷感の向上にしか寄与しないのに対し、座面（臀部・大腿）の加温は直接加温した部位だけでなく非加温部位の温冷感も向上しうるためである。

最後に、シートヒーター及び足元加温装置が定常時の温熱快適性に及ぼす影響について検証した。実験条件は、室温 2 水準、シートヒーターの ON/OFF、足元加温装置の温度 3 水準の組み合わせ計 12 条件（×8 名）とした。シートヒーター・足元加温装置とも、寒冷環境において被験者の皮膚温・温冷感・快適感を向上させる有効なデバイスであることが示された。次に、この実験結果からシートヒーター（シート表面温度 37℃）及び足元加温装置（足元作用温度＝室内作用温度＋20℃）を使用した際に全身温冷感が中立となる室内作用温度を求めた。シートヒーターの使用により 3℃、足元加温装置の使用により 3℃、両装置の同時使用により 6℃室内作用温度を下げても全身温冷感を中立に保

ることが明らかとなった。この結果を用い自動車トータルでの必要暖房エネルギーを試算した。その結果、シートヒーター・足元加温装置の使用が自動車暖房エネルギーの削減に有効であることが確認された。

本研究により、シートヒーターは寒冷環境において 温冷感・快適性を短時間で向上させる効果的な暖房装置であることが示された。また、シートヒーターの使用は電気自動車等の課題となっている暖房エネルギーの削減に有効な対策となることを明らかにした。よって、本論文が博士（工学）の学位を得るに値するものであると判断した。