

氏名(本籍)	榊原 清美 (愛知県)
専攻	知能機械システム工学専攻
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博甲第173号
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当者
学位授与の年月日	令和5年3月24日
学位論文題目	芳香成分のドライバ運転行動への効果分析に関する研究
論文審査委員	(主査) 鈴木 桂輔 (副査) 佐々木 大輔 (副査) 石原 秀則

論文内容の要旨

人が心身ともに健康に過ごせる“Well-being”を実現するための空間作りにおいて、匂い感覚は重要な要素の一つと考えられる。車の車室内空間では、高度運転支援装置が普及することにより、運転者の精神的負荷が軽減されつつあり、その有用性を最大限に活かすため、ドライバの快適性と運転能力維持を両立させることが可能な予防安全支援技術が求められている。匂い感覚は、快/不快といった感情に影響したり、リラックス(鎮静)やリフレッシュ(刺激・覚醒)といった心身状態に影響したりすると考えられている。匂い(芳香成分)による心身への影響(機能)を効果的に活用するための匂いの供給や空間設計を行うためには、匂いが心身に及ぼす作用を体系的に理解し、匂いが心理・生理・行動に及ぼす効果を予測できることが望ましい。しかしながら、視覚においてマンセル表色系に代表されるような、感覚を定量的に表現する体系は、嗅覚の匂い質においては未だ確立されていない。また、匂いに対する快/不快などの反応には、生育環境や文化的環境といった体験の影響や先入観の影響などによる個人差があることが知られている。したがって、芳香成分が心身に及ぼす作用を効果的に活用しうる供給や空間設計を実現するためには、芳香成分によって想起される心身の反応を、その時に感じられた匂い質との関連性や個人差を考慮しながら分析する必要がある。以上の状況を鑑み、本研究での取り組み課題は「芳香成分のドライバ運転行動への効果分析に関する研究」とした。

本目的を達成するための取り組みを、以下の様に設定した。

- (1) 芳香成分のドライバへの効果の定量化とその課題の整理 (第1章)
- (2) 主観評価に基づく匂い質の定量化と、感情との関連性の分析 (第2章)
- (3) 芳香成分の認知課題遂行への影響に関する多面的な評価と分析 (第3章)
- (4) 芳香成分がドライバの運転行動に及ぼす効果の検証 (第4章)
- (5) 以上の研究結果に基づく、芳香成分供給アルゴリズムの提案 (第5章)

本学位論文は、以下の章から構成される。

第1章 序論

第2章 匂い質と感情の関連性

第2章第2節 匂い知覚特性の解析と匂い質分類

第2章第3節 匂い質と感情の関連性の分析（主論文1）

第3章 芳香成分が認知課題遂行に及ぼす影響

第3章第2節 芳香成分が認知課題遂行に及ぼす影響の解析（主論文2）

第3章第3節 心理・生理・行動に及ぼす作用の統合的解析手法の提案（主論文3）

第4章 芳香成分がドライバの運転行動に及ぼす影響

第5章 芳香成分供給の最適化アルゴリズムの提案

第6章 結論

各章の詳細を以下に示す。

第1章 序論

空間設計における嗅覚の重要性と、匂い・香りの機能を活用する際の課題を述べ、快適性と運転能力維持を両立させる予防安全支援のための匂い感覚理解の必要性を論じている。匂い・香りの影響を心理・生理・行動により統合的に理解することが、芳香成分の効果を活用した予防安全支援技術の開発のために必要であることを述べ、さらに、匂い・香り影響の定量化の取り組みを研究論文などで分析し、その課題を整理した。

第2章 匂い質と感情の関連性

匂いの主観評価に基づいて匂い質を定量化し、匂いによって想起される感情と匂い質との関連性を解析する手法を提案している。個人差が予想されるデータに対し、各個人が感じた個人差を含む情報と、香料毎の特徴を表す情報とを区別して、かつ同時に検討する手法が有用であることを示した。

第3章 芳香成分が認知課題遂行に及ぼす影響

芳香成分が認知課題遂行に及ぼす影響について、心理（主観評価）、生理（自律神経活動：心拍、脳活動：脳波）および行動（認知課題成績）の各種指標を測定して統合的に解析する手法を提案している。

第4章 芳香成分がドライバの運転行動に及ぼす影響

第2章、第3章の分析に基づいて選定された芳香成分について、運転シミュレータを用いた実験により、運転行動および生理指標への影響を評価して芳香成分の事故低減効果を検証し、そのメカニズムについて論じている。

第5章 芳香成分供給の最適化アルゴリズムの提案

以上の研究結果を踏まえ、匂い感覚の個人差に適合し、状況・目的に応じた芳香成分供給の最適化アルゴリズムを構築し、提案している。実用化に向けた取り組みも紹介している。

第6章 結論

本研究で得た結果を総括し、今後の展望について述べている。

以上の構成からなる本学位論文の成果は、以下の様に集約される。

- 1) 匂いによって想起される感情と匂い質との関連性を明らかにする新たな手法を提案した。
- 2) 芳香成分が認知課題遂行に及ぼす影響について、心理、生理、行動への影響を統合的に解析する手法を提案し、芳香成分の効果を分析するとともに、そのメカニズムに関する知見を得た。
- 3) 芳香成分が運転行動に及ぼす影響を明らかにするとともに、生体反応との関連性から、事故低減効果のメカニズムに関する知見を得た。
- 4) 以上の研究に基づき、匂い感覚の個人差に適合し、状況・目的に応じた芳香成分供給の最適化アルゴリズムを提案した。

審査結果の要旨

人が心身ともに健康に過ごせる“Well-being”を実現するための空間作りにおいて、匂い感覚は重要な要素の一つと考えられる。車の車室内空間では、高度運転支援装置が普及することにより、運転者の精神的負荷が軽減されつつあり、その有用性を最大限に活かすため、ドライバの快適性と運転能力維持を両立させることが可能な予防安全支援技術が求められている。匂い感覚は、快/不快といった感情に影響したり、リラックス（鎮静）やリフレッシュ（刺激・覚醒）といった心身状態に影響したりすると考えられている。匂い（芳香成分）による心身への影響（機能）を効果的に活用するための匂いの供給や空間設計を行うためには、匂いが心身に及ぼす作用を体系的に理解し、匂いが心理・生理・行動に及ぼす効果を予測できることが望ましい。しかしながら、視覚においてマンセル表色系に代表されるような、感覚を定量的に表現する体系は、嗅覚の匂い質においては未だ確立されていない。また、匂いに対する快/不快などの反応には、生育環境や文化的環境といった体験の影響や先入観の影響などによる個人差があることが知られている。したがって、芳香成分が心身に及ぼす作用を効果的に活用しうる供給や空間設計を実現するためには、芳香成分によって想起される心身の反応を、その時に感じられた匂い質との関連性や個人差を考慮しながら分析する必要がある。以上の状況を鑑み、本研究での取り組み課題は「芳香成分のドライバ運転行動への効果分析に関する研究」とした。

本目的を達成するための取り組みを、以下の様に設定した。

- (1) 芳香成分のドライバへの効果の定量化とその課題の整理（第1章）
- (2) 主観評価に基づく匂い質の定量化と、感情との関連性の分析（第2章）
- (3) 芳香成分の認知課題遂行への影響に関する多面的な評価と分析（第3章）
- (4) 芳香成分がドライバの運転行動に及ぼす効果の検証（第4章）
- (5) 以上の研究結果に基づく、芳香成分供給アルゴリズムの提案（第5章）

本学位論文は、以下の章から構成される。

第1章 序論

第2章 匂い質と感情の関連性

第2章第2節 匂い知覚特性の解析と匂い質分類

第2章第3節 匂い質と感情の関連性の分析（主論文1）

第3章 芳香成分が認知課題遂行に及ぼす影響

第3章第2節 芳香成分が認知課題遂行に及ぼす影響の解析（主論文2）

第3章第3節 心理・生理・行動に及ぼす作用の統合的解析手法の提案（主論文3）

第4章 芳香成分がドライバの運転行動に及ぼす影響

第5章 芳香成分供給の最適化アルゴリズムの提案

第6章 結論

各章の詳細を以下に示す。

第1章 序論

空間設計における嗅覚の重要性と、匂い・香りの機能を活用する際の課題を述べ、快適性と運転能力維持を両立させる予防安全支援のための匂い感覚理解の必要性を論じている。匂い・香りの影響を心理・生理・行動により統合的に理解することが、芳香成分の効果を活用した予防安全支援技術の開発のために必要であることを述べ、さらに、匂い・香り影響の定量化の取り組みを研究論文などで分析し、その課題を整理した。

第2章 匂い質と感情の関連性

匂いの主観評価に基づいて匂い質を定量化し、匂いによって想起される感情と匂い質との関連性を解析する手法を提案している。個人差が予想されるデータに対し、各個人が感じた個人差を含む情報と、香料毎の特徴を表す情報とを区別して、かつ同時に検討する手法が有用であることを示した。

第3章 芳香成分が認知課題遂行に及ぼす影響

芳香成分が認知課題遂行に及ぼす影響について、心理（主観評価）、生理（自律神経活動：心拍、脳活動：脳波）および行動（認知課題成績）の各種指標を測定して統合的に解析する手法を提案している。

第4章 芳香成分がドライバの運転行動に及ぼす影響

第2章、第3章の分析に基づいて選定された芳香成分について、運転シミュレータを用いた実験により、運転行動および生理指標への影響を評価して芳香成分の事故低減効果を検証し、そのメカニズムについて論じている。

第5章 芳香成分供給の最適化アルゴリズムの提案

以上の研究結果を踏まえ、匂い感覚の個人差に適合し、状況・目的に応じた芳香成分供給の最適化アルゴリズムを構築し、提案している。実用化に向けた取り組みも紹介している。

第6章 結論

本研究で得た結果を総括し、今後の展望について述べている。

以上の構成からなる本学位論文の成果は、以下の様に集約される。

- 1) 匂いによって想起される感情と匂い質との関連性を明らかにする新たな手法を提案した。
- 2) 芳香成分が認知課題遂行に及ぼす影響について、心理、生理、行動への影響を統合的に解析する手法を提案し、芳香成分の効果を分析するとともに、そのメカニズムに関する知見を得た。
- 3) 芳香成分が運転行動に及ぼす影響を明らかにするとともに、生体反応との関連性から、事故低減効果のメカニズムに関する知見を得た。
- 4) 以上の研究に基づき、匂い感覚の個人差に適合し、状況・目的に応じた芳香成分供給の最適化アルゴリズムを提案した。

最終試験結果の要旨

令和5年2月15日に公聴会ならびに最終試験を実施した。公聴会では審査申請者に学位論文の内容に関する発表を課した(50分間)。その後、口述試験として学位論文の内容に関わる審査委員の質疑に対して的確に答えることを求め、学位論文に関連した分野の専門知識を確認した(50分間)。以上の結果、審査員の質疑に対して適切に回答がなされた。主たる質疑に対する回答を以下に示す。

- 1) 芳香成分の覚醒効果およびリラックス効果を、認知課題タスクおよび自動車の運転タスクにおいて検証している。人の特性や状態は多様であり、今回の研究で選定した α ピネンとリモネンは、多様な条件において効果的と判断できるのか？

【回答】今回の実験では、モノテルペンに分類される α ピネン、リモネンほかの芳香成分供給の効果を実験的に検証し、芳香成分供給時の人の生理特性の変化と行動の変化をデータベース化している。しかしながら、これらの結果は、特定の年齢層の実験参加者に限った知見であるため、今後はより多くの年齢層を対象とした効果検証を実施する必要があると考えている。なお、人の覚醒・鎮静の状態を推定し、その結果に応じた最適な芳香成分の供給方法については方法論の提案まで完了している。

- 2) 運転シミュレータ実験での効果検証の結果を実環境に適用できると判断できるか？

【回答】実環境での効果検証実験と比較して、運転シミュレータでの実験では、いわゆる、時間軸の加速実験となっている可能性はあるが、芳香成分供給時のドライバの生理学的な反応や運転行動の傾向は定性的には一致すると考えている。なお、今回実施した長時間走行時における覚醒水準の低下を抑制する観点での効果検証は、実環境では事故のリスクを伴うため、運転シミュレータを用いた実験が有効であると考えられる。

- 3) 芳香成分の効果について、プラセボ効果の影響は無いのか？

【回答】プラセボ効果を検証する詳細な実験は実施していないが、複数の芳香の供給、芳香を供給しない条件において、それがどのような効果があるかについては実験参加者に教

示していない。定性的な傾向として、今回得られた芳香成分の運転中の覚醒維持効果は妥当と判断する。

本審査委員会における審査は、学位論文の内容、研究方法について審査および確認するものである。本審査委員会は、提出された博士学位請求論文が博士（工学）の学位に値するものであり、審査申請者は専門領域に関する十分な学識と研究能力を有するものと判断した。以上より、本最終試験の評価を合格とする。