

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Quantitative Analysis of Biotic Olfaction and Multi-Perspective Solution based on Embodied Cognition
著者(和文)	ChewJouh Yeong
Author(English)	Jouh Yeong Chew
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9770号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:倉林 大輔,蜂屋 弘之,中島 求,塚越 秀行,田中 正行
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9770号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	CHEW Jouh Yeong	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	倉林 大輔	教授	田中 正行	准教授
	審査員	蜂屋 弘之	教授		
		中島 求	教授		
	塚越 秀行	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Quantitative Analysis of Biotic Olfaction and Multi-Perspective Solution Based on Embodied Cognition」(生物嗅覚機能に対する定量的解析と身体性認知による多面的解法に関する研究)と題し、全6章からなっている。

第1章「Introduction」では、本研究における目的が、空気中の化学物質を手掛かりにその発生源を探索する Chemical Plume Tracing (CPT) 問題の解決であること、そして CPT 解決能力を持つ自律型移動体実現のため、CPT 能力を普遍的に有する生物を規範とした多面的な解決手法の抽出および再構成を行うこと、であると述べている。

第2章「Literature Review」では、従来の CPT 解法研究を概観し、本研究における問題設定を述べている。すなわち、CPT 解決に対し音波や画像を用いる提案が見られるものの適用状況に限られるため、本論文では化学感覚による CPT に焦点を絞ること、また従前の化学感覚 CPT においては一定の風向きを有する環境において風向センサに依存した解法の提案がほとんどであり、乱れた風向環境においても有効なシステム構成が必要であること、を述べている。この上で、本論文ではカイコガ雄成虫の雌探索 CPT 行動に着目し、その CPT 動作の定量的解析を行うこと、身体性認知機能の CPT への貢献を分析すること、およびそれらの自律移動体への組込・再構成を達成すること、が具体的な目標であると述べている。

第3章「Quantitative Analysis of Biotic Olfaction」では、カイコガ雄成虫の CPT 行動を定量的に解析する手法およびその結果について述べている。生物の行動発現は定性的に説明するのは容易である反面、個体差や状況依存性による行動出力のバラツキのため、定量的評価は容易ではない。そこで、本章において逆 CPT モデルによる行動評価手法を新たに提案している。ここでは、化学刺激を与えたカイコガ雄成虫が出力する並進速度および回転角速度の時系列データから、逆に刺激入力パターンを推定する分類器をガウス混合分布モデルおよびエコーステートネットワークの応用により構成している。一定の抽象度を許す推定により、行動出力が同種の入力パターンを推定しうるものか否かによって行動出力の類似性を定量的に判断可能とし、異個体間および刺激経験の差異による行動変化について定量的に明らかにしている。

第4章「Embodied Cognition for Biotic CPT」では、生物の身体や応答特性に依拠した機能性について、モデルを検討し CPT への貢献評価を行っている。カイコガ雄成虫は飛行できないが、化学刺激受容時は常に翅をはばたかせており、化学刺激受容器である頭部触角への整流を行っていることが分かっている。また、生物の応答特性として、稀な刺激には鋭敏に反応するが、高頻度な刺激への応答は鈍くなることが挙げられる。これらの機能を抽象化し、前者については身体に対して相対的な吸気対象領域を限定し、後者については刺激受容頻度に行動出力速度・角速度が依存するモデルを構築した上で、現実の風洞における白煙の流れの画像に基づく化学物質動態のモデルに基づくシミュレーションにより評価を実施した。結果として、多様な条件において安定的な CPT を実現する上で、両者の寄与が大きいことを示している。

第5章「Realization of Embodiment Cognition」では、第3章および第4章において得られた知見を、具体的に小型自律移動ロボットへ実装し、実験により知見の CPT への寄与を検証している。はばたきの効果の再現にあたっては、ロボット上の吸気システムにおける設計要素をタグチメソッドにより整理・最適化し、新たな吸気システムを実現している。また、応答特性に対応するモデルをプログラムとしてロボットに実装している。実験環境として、従前の研究において頻出する風洞内だけでなく、特定の流路を持たない室内空間において、向き固定の送風ファンを設置、一定周期で巡回する送風ファンを設置、といった状況を設定し、CPT 成功率・CPT 所要時間等の評価指標に基づいて、第3章・第4章で見出した要素の評価を行った。結論として、多様な条件において安定的な CPT を実現する上で、これら知見に基づくシステム構成・アルゴリズムが貢献したことが示されている。

第6章「Conclusions」では、本研究の内容を総括している。

以上を要するに、本論文は生物が有する特性のうち、匂い源探索能力に寄与する主要な要素を明らかにし、人工物における再現手法を明らかにしたものであり、化学感覚による探索機能に寄与する自律型移動体の実現に貢献するものであることから、工学的・工業的に貢献するところ大である。よって博士(工学)の学位論文として十分な価値を有すると認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。