

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	ハエの動き視覚経路の情報表現の解明
Title(English)	Studies on Information Representation in Fly Motion Visual Pathways
著者(和文)	池田英彬
Author(English)	Hideaki Ikeda
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10871号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種類:課程博士, 審査員:青西 亨,中村 清彦,山村 雅幸,瀧ノ上 正浩,宮下 英三
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10871号, Conferred date:2018/3/26, 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	池田 英彬		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	青西 亨	准教授	審査員	瀧ノ上 正浩	准教授
	審査員	中村 清彦	教授			
		山村 雅幸	教授			
宮下 英三		准教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「ハエの動き視覚経路の情報表現の解明」と題し、和文全4章で構成されている。

第1章は「導入」と題している。最初に、視覚が脳の機能の中で主要な情報処理課題であることを述べている。次に、オプティカルフローとそれを検知するアルゴリズムである相関型動き検知器について述べている。次に、ショウジョウバエの初期視覚神経節とそこにある動き検知細胞 lobula plate tangential cells (LPTCs)を紹介している。その上で、ハエの視覚神経節内には2つの主要な動き視覚経路があることを述べ、これら経路の情報表現について対立する仮説が提案されていることを述べている。そして、これら対立する仮説に基づく相関型動き検知器のモデルを紹介している。その動き検知器のモデルとは、two-detector (2D) モデル、six-detector (6D) モデルおよび four-detector (4D) モデルである。以上の背景のもと、本研究の目的は、これらの対立する仮説の中でどの仮説がより妥当かを、第2章・第3章で示す2つの異なる手法で評価し、ハエの初期視覚系の情報処理方法の一端を明らかにすることだと述べている。最後に、本論文の構成と各章の概略を述べている。

第2章は「Lobula Plate Tangential Cell 膜電位応答データに基づくモデル選択」と題している。最初に、関連する先行研究を紹介した後、第2章の目的は、データに最も適合するモデルを選択することでハエの動き視覚経路の情報表現を明らかにすることだと述べている。手法において、比較するモデルの詳細、生理実験データの詳細、モデル評価手法であるパラメータ探索手法と汎化誤差導出方法を説明している。結果において、推定パラメータ、および推定パラメータを用いた場合の各モデルの応答例、そして、1個抜き交差検証法により得た汎化誤差を示している。加えて、各モデルの汎化誤差の大小関係を仮説検定し、2Dモデルの汎化誤差は他のモデルよりも有意に小さいことを示している。考察において、4Dモデルと6Dモデルの推定パラメータ値は機能的観点から不適切であることを指摘し、このことから、2Dモデルを支持する結果を得ると述べている。同時に、モデル中の direct connection 要素が汎化誤差に与える影響を考察している。最後に、推定パラメータ値と先行研究で推定されたパラメータ値の違いを考察している。

第3章は「白色正規ノイズによるモデル応答の性能解析」と題している。最初に、関連する先行研究を紹介した後、第3章の目的は各モデルの動き検知器としての性能を解析的に評価し、比較することだと述べている。手法において、第3章で比較するモデルである Hassenstein-Reichardt (HR) モデルと2Dモデルの数学的再定義を行っている。次に、性能解析に用いるキュムラント展開を説明し、半波整流器を通過した信号を表現するために必要な Rectified Gaussian distribution を導入している。結果において、各モデルの白色ノイズに対する定常応答の平均と分散の解析解と、シミュレーションで求めた定常応答の平均と分散を比較することにより、解析手法の妥当性を示している。次に、モデル性能の尺度として、信号のゆらぎに対する検出器の頑強さの指標である Signal-to-fluctuation-noise ratio (SFNR) を導入している。そして、白色ノイズに対する定常応答の平均と分散の解析解を用いて、各モデルの SFNR の理論式を導出している。数値実験において、SFNR の理論式の解とシミュレーション結果を比較し、両者が一致することを示している。そして、SFNR に基づき HR モデルと2Dモデルを比較した結果を示している。結論として、生理学的に妥当なパラメータでは2Dモデルの性能が一番高いことを示し、このことから、2Dモデルを支持する結果を得ると述べている。

第4章は「結論と今後の展望」と題している。第2章と第3章から得た結果を概略し、両研究を通して得た結論として、動き視覚経路は ON-ON 刺激と OFF-OFF 刺激に応答する機能だけを持つ可能性が高いと述べている。最後に、今後の展望において、本研究の問題点を指摘し、今後どのような研究をすべきかを議論している。

以上を要するに、本論文はハエの動き視覚経路の情報表現における対立した仮説に依拠したモデルを、データへの適合度と動き検知器としての性能の両面から比較し、妥当なモデルすなわち仮説を選択するものである。これはハエの初期視覚系の情報処理様式の一部を明らかにするものであり、工学上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分な価値があると認められる。

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。