

氏名(本籍)	みやもとひろし (北海道)		
学位の種類	博士(理学)		
学位記番号	博甲第4357号		
学位授与年月日	平成19年3月23日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	Physiological Studies on the Heart Photoresponses in Crustaceans (甲殻類における心臓光反応の生理学的研究)		
主査	筑波大学教授	理学博士	山岸 宏
副査	筑波大学助教授	医学博士	中谷 敬
副査	筑波大学助教授	理学博士	吉村 建二郎
副査	筑波大学助教授	博士(理学)	千葉 親文

論文の内容の要旨

循環系のポンプとして機能する動物心臓の拍動変化は、体の各器官や組織の代謝活動に重大な影響を及ぼす。そのため、生体は中枢神経系を介した神経性やホルモン性の心臓調節機構によって、生体内外からの様々な刺激に対応した適切な体液循環を維持している。そこで生体における感覚受容を、心電図による心臓拍動の変化を指標として解析する研究が、多くの無脊椎動物で行われてきた。外界の光条件の変化に対しても、視覚入力に対する中枢神経系を介した心臓反応が、甲殻類や昆虫において数多く報告されている。しかし著者は海岸に生息する甲殻類等脚目に属するフナムシ *Ligia exotica* において、体外に摘出した心臓が光に直接反応してその頻度が減少することを発見した。心臓が光受容性を有しているという明確な生理学的証拠は、未だ報告されていない。本論文はフナムシにおける心臓光反応の諸特性、心臓における光受容部位、および心臓光反応の個体発生における発現過程を明らかにし、さらに種々の甲殻類における心臓光反応の多様性についても研究を行ったものである。

フナムシの成体から摘出した心臓にメカノトランスデューサーを接続して得られた心臓拍動の機械曲線から、心臓が光刺激に反応してその拍動頻度が減少することを見出した。拍動頻度の減少率は刺激の光強度に依存して増大した。また弱い光に対する反応は持続的であったが、光強度を増加するに従って、はじめの一過性の反応成分とそれに続く持続性の反応成分からなる2相性になった。用いた白色光の最大強度 (6.0 mW cm^{-2}) に対して、一過性の成分の反応の大きさは(拍動頻度の減少率)は最大で約20%であった。光刺激の期間中、拍動頻度は低下したレベルを維持し、1時間以上の刺激に対しても反応は持続した。反応の分光感度は波長520nm付近で最大で、その分光感度曲線はフナムシ複眼の緑受容細胞で得られたもの類似しており、またA1レチナールの吸収曲線とよく一致することから、フナムシ心臓の光反応にロドプシンが関与していることが示唆された。波長530nmの単色光における反応の閾値は、 $7.26 \times 10^{12} \text{ quanta cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ で、この値は他の無脊椎動物の眼外光受容ニューロンから得られた値と同程度であった。フナムシ成体の心臓は心臓神経節をペースメーカーとする神経原性であるが、心臓神経節から派生した神経分子から記録した心臓神経節の自発活動に伴うインパルス群の頻度が光刺激によって減少し、それに伴って心臓拍動頻度が減少したことから、心臓の光反応は心臓神経節ニューロンの光感受性によるものであることが明らかとなった。また

様々な発生段階のフナムシにおいて心臓の光刺激に対する反応を調べた結果、心臓光反応は初期幼体の筋原性心臓では起こらず、幼体発生の段階で心臓ペースメーカーが心筋から心臓神経節に転移して、心臓が筋原性から神経原性に転換することに伴って、発現することが明らかになった。さらに数種の甲殻類において、摘出した心臓の光に対する反応を調べた結果、鰓脚類のアメリカカブトエビ *Triops longicaudatus* の筋原性心臓は、光反応を示さなかったが、貝虫類のウミホタル *Vargula hilgendorfi* と等脚類のワラジムシ *Porcellio scaber* の神経原性心臓は、光刺激に対して拍動頻度の増加を示した。しかし調べた他の種の神経原性心臓は光反応を示さず、甲殻類における心臓光反応の多様性が示唆された。

審査の結果の要旨

動物心臓の自動的な拍動は、中枢神経系から神経性およびホルモン性の調節機構によって制御されている。そのため動物の外界刺激に対する心臓の反応は、中枢神経系を介した調節機構によるものとして多くの研究がなされてきた。しかし著者はフナムシの心臓が光を直接感じて、その拍動頻度を変化させることを見出し、この心臓光反応の諸特性を解析すると同時に、それが心臓ペースメーカーである心臓神経節ニューロンの光感受性に起因する事を明らかにした。これらの結果は光受容性という心臓の新たな機能を初めて生理学的に実証したものであり、外界刺激に対する心臓反応は中枢神経系を介したものというこれまでの常識に修正を加えるものとして、論文が英国の著名な国際誌に掲載され、世界的に評価された。さらに心臓光反応の個体発生過程における変化について研究を進め、心臓光反応がフナムシの発生過程における、心臓ペースメーカーの心筋から心臓神経節への転移に伴って発現することを明らかにし、論文として国際誌に印刷中である。このように本論文は、新たな知見を含んだ独創的なものとして高く評価される。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。