

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 12887 号
------	---------------

氏 名 岡島 正太郎

論 文 題 目

Neuro-synergy Model Imitating Biological Control Principle and
Its Application for Neuro-rehabilitation
(生物の制御原理を模倣したニューロシナジーモデルの提案およびニューロリハビリテーションへの応用)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	長谷川 泰久
委員	名古屋大学	教授	秦 誠一
委員	名古屋大学	教授	大岡 昌博
委員	名古屋大学	客員教授	関山 浩介
委員	理化学研究所	エグゼクティブ	下田 真吾

論文審査の結果の要旨

岡島正太郎君提出の論文「Neuro-synergy Model Imitating Biological Control Principle and Its Application for Neuro-rehabilitation (生物の制御原理を模倣したニューロシナジーモデルの提案およびニューロリハビリテーションへの応用)」では、生物の情報処理構造の中でも特に、環境との相互作用下での適応的動作生成の機能に着目し、Neuro-synergy modelと呼ぶ運動生成構造を提案している。さらに、提案した運動生成構造を基に、従来の手法では実現が難しかった未知環境との相互作用下でのロボット動作生成およびロボットによる人の動作支援手法を提案している。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、従来のロボット制御の問題点である、ロボットによる人の動作支援における環境との相互作用下でのロボットの動作生成および人の動作支援技術の不足を指摘するとともに、人をはじめとする生物の情報処理構造に普遍的に備わる未知環境への適応能力をロボット制御に組み込むことが、それらの問題点を解決する一つの方法であることを述べている。さらに、生物の情報処理構造モデルを参考にした運動生成構造を提案し、提案した構造に基づくロボット動作生成およびロボットによる人の動作支援手法の開発を本論文の主題とすることを明確にした。

第2章では、未知環境への適応能力を実現可能な生物の情報処理構造モデルとして、Neuro-synergy modelを提案している。Neuro-synergy modelは、適応学習アルゴリズムであるTacit Learningを階層的に組み合わせることで環境情報の次元圧縮を行いながら環境に適応的動作生成を可能とするモデルであり、第3章以降ではこれをロボット制御およびロボットによる人の動作支援に用いることで、未知環境に適応可能な動作が生成可能であることを示すためのシミュレーションおよび実験を行っている。

第3章では、Neuro-synergy modelを模した制御構造を設計し、2自由度の倒立振りロボットの外乱に対するバランス制御および27自由度のヒューマノイドロボットの歩行制御に適用している。Tacit learning および機械的振動モードを用いてNeuro-synergy modelを模した制御器を設計することで、2自由度の倒立振りロボットの外乱に対するバランス制御において、各関節の動作調節では対応できない外乱に対し、次元圧縮された空間内の1つのパラメータ調節を加えることによって対応可能であることが示された。また、27自由度を持つヒューマノイドロボットの4種類の歩行動作を2つのパラメータ調節で達成している。これらの結果は、Neuro-synergy modelにおいて、機械的振動モードとTacit learningを組み合わせることにより、制御目標を明示的に変えることなく動作が生成可能であることを示唆している。これらの結果から、近年人の動作制御の原理として積極的に研究されている筋シナジによる動作制御と同等の性質が実現されたと考えられる。

第4章では、Neuro-synergy modelに基づいたロボット制御によって、人の動作支援において人の動作を誘発可能であることを示している。具体的には、脳卒中により上肢動作が麻痺した患者に対し、親指対立動作、他4指の把持動作、手首背屈動作を支援し、握り反射を誘発することで、麻痺肢への筋活動誘発に成功したことを、実験データを基に報告している。

第5章では、第4章で示した動作誘発を回復に結びつけるためのリハビリテーションロボット制御法について理論的・実験的に検討している。人とロボットをモデル化し、リハビリテーションに必要な支援力の生成が可能なアルゴリズムを考案するとともに、モデルから求めた安定条件のもとで実際の下肢外骨格ロボットを用いた健常者の歩行実験において支援力の生成が可能であることが示されている。

第6章では、第5章までの結果より、提案した運動生成構造に基づくロボット制御器が、ロボットの動作生成のみならず、ロボットにとって最も複雑な環境ともいえる人との相互作用下においても、人の動作に適応しながら動作支援ができる可能性が示されている。これは、提案したNeuro-synergy modelがロボット動作生成およびロボットによる人動作支援制御を行うために妥当であることを意味すると結論づけている。

以上のように本論文ではNeuro-synergy modelに基づくロボットの動作生成手法および人の動作支援手法の提案とその有効性の検証を行った。これらの手法から得られた結果は、効果的なニューロリハビリテーションへの応用を実現するために重要であり、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である岡島正太郎君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。