

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Development of a Swimming Humanoid Robot for Research of Human Swimming
著者(和文)	CHUNGCHANG HYUN
Author(English)	Changhyun Chung
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9331号, 授与年月日:2013年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:中島 求,木村 康治,宮崎 祐介,伊能 教夫,塚越 秀行,福島 E 文彦
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9331号, Conferred date:2013/9/25, 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

(博士課程)

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	Chung Changhyun		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	中島 求	准教授	審査員	塚越 秀行	准教授
	審査員	木村 康治	教授		福島 文彦	准教授
		宮崎 祐介	准教授			
伊能 教夫		教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Development of a Swimming Humanoid Robot for Research of Human Swimming」と題し、人間の水泳の研究のための水泳ヒューマノイドロボットの開発を目的としており、以下の全6章から構成されている。

第1章「Introduction」では、本研究の背景として、水泳の力学においては多くの点が未解明であると指摘し、特に人間の身体に作用する流体力を測定する方法としては、従来の研究で用いられてきた、被験者を用いる方法、数値流体力学による方法、物理模型を用いる方法のそれぞれについて、利点ならびに問題点について論じている。そして、これらの問題点を解決するものとして、全身が可動する水泳ヒューマノイドロボットを用いる方法を挙げ、本研究の目的は、水泳研究のための様々な実験におけるプラットフォームとして利用可能な水泳ヒューマノイドロボットの開発であると述べている。

第2章「Design of the Robot」では、ロボットの設計について述べている。まず設計コンセプトとして、防水性を備えていること、人間の身体形状を模擬していること、泳動作を実現できること、人間の1/2のサイズであることを挙げている。そして20個のアクチュエータの配置を決定し、ロボットに組み込むためのアクチュエータの再構築や防水手法、および電子回路構成について述べ、設計に基づいて製作したロボットを示している。

第3章「Methodology to Realize Swimming Motions」では、泳動作の実現方法について述べている。まず泳動作生成の流れとして、既存の水泳のシミュレーションモデルであるSWIMのデータを利用し、そのデータに対して逆運動学解析により関節角を求めると述べている。次に、クロールにおけるリカバリー動作をスムーズに実現するため、肩甲骨関節を新たに導入し、肩甲骨関節を利用した逆運動学解析手法について定式化している。この定式化においては、まずリカバリー動作に必要な肩甲骨関節の関節角を与え、その上で逆運動学解析を行っている。そして、逆運動学解析結果として、肩甲骨関節が無い場合には関節角変化が不連続となるが、有る場合には連続となることを示し、肩甲骨関節導入の有用性を示している。

第4章「Stroke Motion Experiment in Fixed State」では、ロボットを回流水槽に固定した状態でのストローク動作実験について述べている。まず回流水槽中にてロボットを強制動作させる駆動装置との連結方法について述べ、実験系および実験条件について述べている。そして、駆動装置によりロボットにロール動作を与えた上で、クロール動作をロボットに行わせる実験を行っている。その結果、ロボットに作用する流体力の測定結果については改良の余地を有するものの、ロボットは自然なクロール動作を実現でき、関節角も十分指令値通りとなったことを示しており、水泳研究のための新たな測定システムとしての有効性を確認している。

第5章「Free Swimming Experiment」では、自由遊泳実験について述べている。まず前章でのストローク動作実験の際に判明したロボットの問題に対する改良点について述べている。これらの改良点は主に、胸部構造の変更および上肢関節のモジュール化であり、これらの改良により、肩関節の出力トルクおよび防水性能が向上したと述べている。また自由遊泳のために追加した無線モジュール、およびそれに伴う電子回路系の変更について述べている。次に自由遊泳実験の前に行った、シミュレーションによる実現可能性の検討について述べている。本シミュレーションでは、まずロボットの身体形状、慣性特性、および関節運動をモデルに入力している。そしてシミュレーションの結果、通常モデルではリカバリー動作において上肢が十分水上に出ず、遊泳が達成できないことを明らかにしている。そのため、頭部を上げたモデルIと、重量と浮力の再配置を行ったモデルIIの2種類の修正モデルを提案し、これらのモデルであれば遊泳が実現可能であることをシミュレーションにより明らかにしている。次に遊泳実験の実験装置について述べ、シミュレーションによって明らかとなった、2種類の修正モデルのロボットでの実現方法について述べている。そして実験結果として、修正モデルIおよびモデルIIのどちらの場合でも自由遊泳が実現されたことを示している。また身体ロール角の測定結果は、シミュレーション結果と良く一致したことも示している。以上より、今後様々な自由遊泳実験が可能なプラットフォームとしての有効性を確認している。

第6章「Conclusion」では、本論文で得られた成果を総括している。

以上を要するに本論文は、水泳の力学的研究の実験プラットフォームとなり得る、スイマーの身体形状や動作自由度を詳細に再現した水泳ヒューマノイドロボットを初めて開発したもので、工学上貢献するところが大きく、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ものと認められる。