

論文 / 著書情報
Article / Book Information

| | |
|-------------------|---|
| 題目(和文) | 水分解 / 合成制御による自立型ソフトラバーアクチュエータ |
| Title(English) | |
| 著者(和文) | 和田晃 |
| Author(English) | Akira Wada |
| 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10466号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:鈴森 康一,遠藤 玄,松永 三郎,吉田 和弘,塚越 秀行 |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10466号, Conferred date:2017/3/26, 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 |

(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 | | 和田 晃 | |
|-------------|-----|------|---------|-----|------|-----|
| | | 氏名 | 職名 | | 氏名 | 職名 |
| 論文審査 審査員 | 主査 | 鈴木康一 | 教授 | 審査員 | 塚越秀行 | 准教授 |
| | 審査員 | 遠藤玄 | 准教授 | | | |
| | | 松永三郎 | 教授 | | | |
| | | 吉田和弘 | 教授 | | | |

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「水分解／合成制御による自立型ソフトラバーアクチュエータ」と題し、以下の6章よりなる。

第1章「緒言」では、まず近年のロボティクスにおけるソフトアクチュエータの重要性を述べこれまでの研究開発状況を概観した後、その中で最も発生エネルギー密度が高いガス圧駆動ソフトラバーアクチュエータに注目し、その実用化にむけた重要な技術課題が高効率の自立型ガス圧制御系の実現にあると指摘している。そしてソフトラバーアクチュエータ用の自立型ガス圧制御系に関する従来研究を調査した結果、大きさや質量、制御性、エネルギー効率、発生ガス容量の点で従来のものはいずれも大きな問題を有していると述べている。これらの問題を解決する新しい方法として本研究では、固体高分子形燃料電池 (PEFC) における水の電気分解／合成反応を利用した新たな自立型ガス圧制御系と、これを用いた自立型ソフトラバーアクチュエータの構成を提案し、その設計法および特性を明らかにすることが目的であると述べている。

第2章「水分解／合成による圧力制御」では、本論文で提案する PEFC における水の分解／合成反応を利用したガス圧制御系の動作原理と制御法を具体的に示した後、化学反応速度および熱力学的考察に基づいて理論動作特性を導出している。次に提案した動作原理と制御法に基づいてガス圧制御系を試作して実験を行い、提案通りシステムが動作してガス圧を外部電流で容易に制御できること、理論動作特性が実験結果とほぼ一致すること、および、ソフトラバーアクチュエータの駆動で一般に要求される 0~700 kPaG の広い圧力範囲にわたって問題なく動作することを示し、提案するガス圧制御系の有用性を示している。また、ガス圧制御系内部の気体と液体の割合、およびガス圧制御系の内容積変化に伴うガス圧制御系の特性パラメータ変動を理論と実験で定量的に比較して、理論の妥当性を示している。

第3章「エネルギー回生」では、水合成の過程で発生する電気エネルギーを回収することでエネルギー効率の高いガス圧制御系が構成できる点を指摘し、エネルギー回生プロセスを含んだガス圧制御アルゴリズムと理論回生率を示すとともに、それを実現する駆動回路を設計試作しエネルギー回生の効果を実証している。具体的には、ガス圧をステップ状に制御する場合を対象として、回生エネルギーを蓄積するコンデンサを、ガス吸収時には並列に接続してエネルギー回収を行い、ガス発生時にはこれらを直列に接続して電圧を上げて利用する手法と、ステップ動作2回につき1回の割合で回収エネルギーを利用するアルゴリズムを提案し、これらを併用することでシステムの効率が20%上昇することを実証するとともに、導いた理論特性の妥当性を示している。

第4章「柔軟電極の開発」では、柔軟な PEFC を実現するために、プロトン交換膜の表面電極に着目して、その構成および製法について実験的に検討を行っている。具体的には、Pt/Au 触媒とプロトン交換樹脂の配合および厚み、ならびに集電体形状を設計パラメータとして種々の電極を試作、評価し、柔軟でかつ水合成時も分解時にも一定以上の反応速度を実現できる PEFC を実現し、その製作条件を具体的に示している。また、この柔軟性を利用して円筒型 PEFC を試作し、代表的なソフトラバーアクチュエータである McKibben 型人工筋肉への提案するガス圧制御系の適用可能性を示している。

第5章「自立型ソフトラバーアクチュエータの実現」では、第2~4章で示した結果を基に、PEFC を組み込んだ各種のソフトラバーアクチュエータを試作し、その特性を実験で明らかにしている。具体的には、PEFC を内蔵したソフトラバーアクチュエータを電流によって駆動できること、エネルギー回生が行えること、サーボ系を構成することにより安定した位置制御が行えること、柔軟な PEFC を用いることで全体が変形可能なアクチュエータや円筒状の McKibben 型人工筋肉が実現できること、ならびに、電源や制御回路を内蔵した自立型ソフトロボットが実現できることを実証している。

第6章「結言」では、本研究で得られた結論を総括するとともに、今後の展望を述べている。

以上を要するに、本論文は、水分解／合成制御による自立型ソフトラバーアクチュエータの構成と制御法を提案し、理論と実験の両面からその特性と設計法を明らかにすることで、従来のガス圧駆動ソフトラバーアクチュエータの適用範囲を格段に広げるものであり、工学上、工業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ものと認められる。

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。