

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)	要約
Type(English)	Outline

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

東京工業大学 大学院理工学研究科 機械宇宙システム専攻

和田 晃

ソフトラバーアクチュエータを実用化する上での問題は、現状のガス圧制御系が大型・大重量であることである。この問題を解決するために、本研究では可逆反応を利用してガス圧制御系の小型・軽量化を実現した。利用した可逆反応の原理は、固体高分子形燃料電池 (Polymer electrolyte fuel cell, PEFC) を用いた水の電気分解／合成反応である。この PEFC を充電することでガスを発生させ内部圧力を上昇させることによりアクチュエータを駆動させることができ、その後、放電することでガスを水に戻し圧力減少させてアクチュエータを元の形状に戻す。この原理の利点は、これまでの先行研究と比較して、小型・軽量化、電流による制御、エネルギー回生機能が優れていることである。

本論文の第 2 章「水分解／合成によるガス圧制御」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た。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た。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た。

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た。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た。

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&C 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た。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た。

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た.