

論文 / 著書情報
Article / Book Information

| | |
|-------------------|---|
| 題目(和文) | 宇宙飛行士の船外作業能力拡張を目的とする 装着型マニピュレータシステムの研究 |
| Title(English) | Development and Analysis of a Wearable Manipulator System Enhancing Astronaut 's Extravehicular Working Capability |
| 著者(和文) | 武井悠人 |
| Author(English) | Yuto Takei |
| 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9776号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小田 光茂,大熊 政明,松永 三郎,鈴森 康一,野田 篤司,齋藤 滋規 |
| Citation(English) | Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9776号, Conferred date:2015/3/26, 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 | 武井 悠人 | |
|-------------|-----|-------|---------|-------|-------|
| | | 氏名 | 職名 | 氏名 | 職名 |
| 論文審査 審査員 | 主査 | 小田 光茂 | 教授 | 齊藤 滋規 | 准教授 |
| | 審査員 | 大熊 政明 | 教授 | 野田 篤司 | 連携准教授 |
| | | 鈴木 康一 | 教授 | | |
| | | 松永 三郎 | 連携教授 | | |

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は“Development and Analysis of a Wearable Manipulator System Enhancing Astronaut's Extra-Vehicular Capability” (宇宙飛行士の船外作業能力拡張を目的とする装着型マニピュレータシステムの研究)と題し、以下の7章から構成されている。

第1章(Introduction:序論)では、本論文の背景と本研究の目的について述べている。すなわち、近年の宇宙活動の拡大に伴い、船外作業要求が増加しているが、宇宙飛行士による作業は、宇宙服内外の気圧差により指先部分が膨らむため作業性は良くないこと、宇宙放射線のため船外作業時間は厳しく制限されている現状を紹介して、船外作業を支援・代替するロボットの開発が望まれていることを指摘し、その対策として、宇宙用マニピュレータの先端部を作業内容に応じて交換可能とすると共に、宇宙飛行士が同マニピュレータを宇宙服の上から装着可能とする装着型マニピュレータシステムを提案し、その有効性を示すことが本論文の目的であると述べている。

第2章(A Novel Wearable Manipulator System for EVA Support: 船外作業支援を目的とした装着型マニピュレータシステムの提案)では、最近の宇宙活動で求められている軌道上作業について分析評価すると共に、既存の宇宙ロボットの船外作業要求への対応能力の分析結果を踏まえ、宇宙飛行士の作業能力を拡張するために2点の新規技術要素「着脱可能な手首部インターフェース機構」、「宇宙服装着型マニピュレータシステム」を提案すると共に、これらの技術を利用した船外作業システムを提案している。また、これまでに NASA 等で開発されている各種の宇宙飛行士支援ロボットとの差別化を含む新しい宇宙飛行士支援ロボットのシステム概念の検討結果を示している。さらに、本研究で提案する装着型マニピュレータシステムの動力学解析に必要な力学モデルの仮定と運動方程式の定式化を行っている。

第3章(Development of Detachable Wrist Interface Mechanism (DWIM): 着脱可能手首部インターフェース機構(DWIM)の開発)では、前章での宇宙飛行士支援・代替ロボットに求められる機能性能要求の分析結果を踏まえ、既存の宇宙ロボットは専ら大質量ペイロードの把持、移動、取り付けを目的としたものが大半であるため、多様な軌道上作業に応えるにはマニピュレータ先端のエンドエフェクタ部(手首部)を交換可能とするのが現時点では最善であるとし、軌道上で容易に脱着交換可能

な手首部インターフェース機構(DWIM)を提案・試作し、同機構を用いて手首部をマニピュレータ先端に装着する際に許容されるミスアライメント等を評価し、同機構に要求される必要十分な機能性能を有しているとしている。

第4章(Development of a Wearable Manipulator Ground Prototype: 装着型マニピュレータ地上試験機の開発)では、提案する装着型マニピュレータの有効性を地上での装着動作実験で確認するために同マニピュレータの地上実験用モデルの試作結果を紹介している。すなわち、同マニピュレータは本来、軌道上で使用されるものであるため、マニピュレータに不具合があっても宇宙飛行士により、容易に交換修理できるように、同一の関節機構で構成されていることや、同マニピュレータは重力キャンセラ(カウンタウエイト等)で吊り下げた状態で動作させられるように構成されていることなどを示している。

第5章(Validation of the Proposed Concept through Operation Tests: 操作試験を通じた提案コンセプトの検証)では、提案する装着型マニピュレータシステムの有効性を確認・評価するために前章で試作した装着型マニピュレータの地上実験モデルを複数の被験者に順次装着させ、国際宇宙ステーションのモックアップの中で各種の作業実験を行った結果について述べている。すなわち、装着型マニピュレータは、宇宙飛行士にとって3本目の腕に相当するものであり、本来ならば安全監視、緊急時対応のためにもう一人の宇宙飛行士を待機させる必要がある場合でも、宇宙飛行士支援・代替ロボットで代替可能となることが予想され、結果として宇宙飛行士船外作業時間を減らす、あるいは、宇宙飛行士をより重要な作業に振り向けることが可能となり、宇宙飛行士の安全確保等に有益であると述べている。

第6章(Design Strategy toward a Practical Wearable Manipulator System: 実利用型装着マニピュレータの設計)では、前章における装着型マニピュレータの地上実験用モデルを用いた地上実験結果を踏まえ、提案する同マニピュレータシステムの軌道上モデルの動力学解析の結果が示されており、同マニピュレータシステムの実現へ向けた課題の抽出、及び同課題への対応策の検討がなされている。すなわち、宇宙飛行士が同マニピュレータを装着して作業を行う場合、宇宙服と装着型マニピュレータとの干渉の回避や、装着マニピュレータの操作指示方法等が課題として抽出され、対応策としては、宇宙飛行士と飛行士支援ロボットの動作空間の分離等が有効であると述べている。

第7章(Conclusions: 結論)では、本研究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、今後の宇宙活動の拡大の中で、宇宙飛行士が装着できる装着型マニピュレータシステムを具体的に提案・試作して、その有効性を示したものであり、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。

(2074字)

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。