

|         |   |
|---------|---|
| 氏名(本籍)  | 廣岡 栄子(兵庫県)  |
| 学位の種類   | 博士(工学)  |
| 学位記番号   | 甲第277号  |
| 学位授与年月日 | 平成27年3月20日  |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条第1項  |
| 研究科・専攻名 | 工学研究科・基盤工学専攻  |
| 学位論文題目  | 油圧、制御系と連成した機械システムの非線形動的シミュレーションに関する研究<br>Study on non-linear dynamic simulation of the mechanical system coupled with the hydraulic system and the control system |

|      |      |        |     |    |    |
|------|------|--------|-----|----|----|
| 論文審査 | (主査) | 高知工科大学 | 教授  | 井上 | 喜雄 |
|      |      | 高知工科大学 | 教授  | 岡  | 宏一 |
|      |      | 高知工科大学 | 准教授 | 芝田 | 京子 |
|      |      | 高知工科大学 | 教授  | 王  | 碩玉 |
|      |      | 高知工科大学 | 教授  | 甲斐 | 芳郎 |

## 審査結果の要旨

### 1.論文の評価

論文の大目的は

- (1)ロボットや建設機械などの弾性変形するリンク系における動作シミュレーションのためには、振動と運動の共存ができる柔軟マルチボディシステムのモデリングが必要であり、それが電気制御系、あるいは油圧制御系で駆動されるので、それらと柔軟マルチボディシステムが連成する系の解析手法を確立すること。また、クレーンのロープのように長さに変化する系にも対応できること。
- (2)機構系と油圧・電気制御系を別々のプログラムで計算する手法では計算時間が膨大になるので、それらを一つの等価なMCK系として統合した解析手法を確立するとともに、リアルタイムシミュレーションが必要なHILSに対応可能なように、数値解法として計算時間短縮のためのアルゴリズムを開発すること。
- (3)自動車のショックアブソーバのように、内部情報が公開されず、また、周波数や振幅に依存して動特性が変化する部品が含まれているシステムの時刻歴応答解析が可能なモデリング手法を提案することである。そのために前半では上記のねらいを達成するためのシミュレーション手法全体について先行研究の結果も引用して記述している。柔軟マルチボディについては、マルチボディ解析の分野で広く用いられている剛体マルチボディ解析の延長線上の方法や厳密ではあるが計算時間がかかるAbsolute Nodal Coordinate Formulationではなく、土木分野で用いられていた非線形有限要素法を拡張した解析手法について示し、油圧系についても、機構系における有限要素法の概念を拡張し、シリンダを両者が結合する部分としてモデル化し管路系も力のつり合いと連続条件を用いて定式化していることを示している。電気制御系については弾性リンクにモータを結合させ、制御系もMCK型にモデル化し、有限要素法的な感覚で簡単にデータインプットが可能なシステムに仕上げている。後半では、本論文の独創性の中核として位置づけ注力した以下の3項目を中心に詳細に記述している。

本研究では油圧系も有限要素法的な考え方を用いており、そのためにバルブは非線形減衰としてモデル化している。バルブが閉の状態では、減衰定数が大きくなり数値解析時に時間刻みが粗ければ細かい変動が生じるという問題が発生するので、数値積分(ニューマーク $\beta$ 法)としての固有値の歪に着目し、架空のマスが付加するという従来にはない手法を提案し、大幅な計算時間の短縮を可能にした。

ショックアブソーバの振幅依存性・周波数依存性については非線形 Maxwell model でのモデル化を試み、単体の周波数加振データをもとに多項式近似を導入することにより、周波数依存性および減衰の振幅依存性を物理モデルで表現することに成功し、ショックアブソーバが含まれる系の時刻歴応答計算を可能にした。

長さが変化するトラスのモデル化手法を提案するとともに、クレーンを用いた実験により提案法の妥当性を検証した。そのことにより、クレーンにおいて巻き上げられるロープを含む系の解析を可能にした。

審査委員会では、上記の研究成果は独創性が高くインパクトも大きいものであると評価し、全員一致で合格と判定した。

## 2.審査の経過と結果

- (1) 平成27年1月14日 博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定し、5名がその審査委員として指名された。
- (2) 平成27年2月12日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 平成27年2月18日 博士後期課程委員会で学位授与を可とし、教育研究審議会で承認された。