

氏名(本籍)	前川 智史 (日本)		
学位の種類	博士 (工学)		
学位記番号	甲第 383 号		
学位授与年月日	令和 3 年 9 月 22 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	Study on energy regeneration in hydraulic circuits applying principle of boost chopper (昇圧チョッパの原理を応用した油圧回路内でのエネルギー回生に関する研究)		
論文審査	(主査)	高知工科大学 教授	岡 宏一
		高知工科大学 准教授	園部 元康
		高知工科大学 名誉教授	井上 喜雄
		高知工科大学 教授	福本 昌弘
		高知工科大学 准教授	芝田 京子

審査結果の要旨

1. 論文の評価

建設機械における省エネルギー化を目指して、電気系のスイッチング制御の中で用いられる昇圧チョッパの原理を応用し、シリンダに直結した機構部を減速させる場合に、油圧内部でのエネルギー回生を実現するシステムについて提案している。具体的には、シリンダの出口側に切換バルブを 2 つ並列に配置し、一方を低圧側のタンクに、もう一方を高圧側のアキュムレータに接続し、2 つの切換バルブを高速に交互に切り換えることにより、油の慣性力を利用して高圧側に油を回生するシステムについて以下の 3 点の検討を行っている。

シリンダを含む系において、応答流量を平均流量と振動流量に分離し、振動流量はモード解析を用いた流量応答解析法を提案し、有限要素法を用いた計算との比較により提案手法の妥当性を検証を行い、バルブの切換周波数、質量、減衰、バルブのデューティ比がエネルギー回生効率に及ぼす影響を明らかにしている。

主な高調波の加振周波数が管路系の高次の反共振周波数となるように管路形状を設計し、管路の断面積が 3 段階で変化する 3 段モデルにおいて提案する概念の有効性を示し、管路の断面積が連続的に変化する連続モデルにおいてエネルギー回生効率が向上することを明らかにしている。

昇圧チョッパの原理を応用した油圧内部でのエネルギー回生の実験装置を試作し、高圧源へのエネルギー回生が可能であることを確認し、また、バルブ近傍に管路を挿入することや切換時間が長くなることは、平均的にはエネルギー回生効率を低下させることを明らかにしている。

以上のような一連の研究成果により、今回の提案手法が、従来では困難であった油圧シリンダから直接エネルギー回生が行えるシステムの可能性が確認され、今後の切換え弁の高速化などにより実用化も期待できる技術であることが、示された。これらの成果は、機械分野の学術誌のなかで高い評価を受けており、特に振動の分野では評価されている日本機械学会論文集に 3 編の論文として掲載され当該分野でも高い評価を受けている。また、本研究に関して数多くの特許も取得している。

以上のことから今回の論文が、博士論文としては十分高いレベルであると判定した。

2. 審査の経過と結果

- (1) 令和 3 年 6 月 30 日 5 名の審査委員のもと協議され、博士後期課程委員会で学位論文の受理を決定した。
- (2) 令和 3 年 8 月 20 日 公開論文審査発表会及び最終試験を実施した。
- (3) 令和 3 年 9 月 3 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。