別記様式第３号（課程博士）

平成３１年　２月２７日

豊橋技術科学大学長　殿

機械工学専攻
学位審査委員会
委　員　長　　福本　昌宏　印

論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて，学位審査会を実施し，下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	櫻庭　崇紘		学籍番号	第１２３１４４号
申請学位	博士（工学）	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 機械工学専攻	
博士学位論文名	ぜんまいによるブレーキ回生機構の設計と制御 (Design and control of a regenerative brake mechanism with a spiral spring)			
論文審査の期間	平成　３１年　１月１７日　～　平成　３１年　２月２７日			
公開審査会の日	平成３１年　２月　２７日		最終試験の実施日	平成３１年　２月　２７日
論文審査の結果※	合格		最終試験の結果※	合格

審査委員会（学位規程第6条）

学位申請者にかかる博士学位論文について，論文審査，公開審査会及び最終試験を行い，別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので，学位審査委員会に報告します。

委員長　　章　忠　印

委　員　　真下　智昭　印　　内山　直樹　印

印　　印

印　　印

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は，地球環境・資源エネルギ問題への貢献を目的とし，移動機械装置の省エネルギ化のための新たなブレーキ回生機構の設計と制御に関する研究をまとめたものである。電動機とバッテリによるブレーキ回生機構が輸送機械等に広く利用されているが，バッテリ製造廃棄時の環境負荷や比較的移動質量が小さい産業機械を対象とした場合には十分な回生率が得られないなどの課題を有する。環境負荷が小さい弾性金属材料を用いた機械式のブレーキ回生機構に関する研究が存在するが，エネルギ貯蔵量に応じて出力が変化し，対象となる移動機械装置において所望の加減速を実現することが難しい。以上の点から，本論文では，制御系設計の点で優位性が期待できる定トルクぜんまいを用いたブレーキ回生機構の設計法の提案，装置構築，実験検証を目的としており，全６章から構成される。第１章では，本研究の背景，関連研究，研究目的，構成を記している。第２章では，ぜんまいによるブレーキ回生機構の基本的構成が示され，特性解析を行っている。消費電力量，回生率等の予測式と共に，同機構を搭載した装置の最適速度軌道や制御系の設計法を示している。第３章では，ぜんまいとクラッチと用いた具体的なブレーキ回生機構を設計しており，装置構築後の実験検証結果をまとめている。ダブルクラッチおよびシングルクラッチを用いた２つの方式について検討を行っている。また，対象となる機械装置において所望の加減速を実現するための制御系設計法を提案しており，実験検証結果を示している。第４章では，一層の回生率向上のために，ぜんまいと歯車を用いた新たなブレーキ回生機構を提案している。磁力歯車と遊星歯車を用いた方式を示し，いずれも装置構築後に実験検証を行っている。第５章では，本研究で得られた成果をまとめると共に，今後の課題と展望を述べている。

審 査 結 果 の 要 旨

世界的な人口増加や工業化によりエネルギ需要が高まり，機械装置に有用な省エネルギ技術が望まれている。電動機とバッテリを用いたブレーキ回生機構では，輸送機械に比較して移動質量の小さい産業機械において十分な回生率が見込めず，また，バッテリ製造廃棄時の環境負荷とともに将来的な原料不足が懸念される。機械式のエネルギ回生機構としてはフライホイール式，油圧式などが存在するが，特にねじりバネ，ぜんまいなどの弾性材料を用いた方式は高い回生率が期待されている。しかしながら，これまでに提案されている方式では，エネルギ貯蔵量に応じて出力が変化し，対象となる移動機械装置において所望の加減速を実現することが難しい。以上より本論文では，電動車椅子，工場内で繰返し利用される無人搬送車，自動搬送機械等比較的移動質量が小さい装置への応用を想定し，定トルクぜんまいを用いたブレーキ回生機構の設計法を提案している。新たな機構の設計制御法の提案と特性解析を行っている点で学術的な新規性を有する。また，有効性を実験により示しており，工学的にも評価できる。本論文の主要な成果は以下のようにまとめられる。１）定トルクぜんまいを用いた新たなブレーキ回生機構を提案し，消費電力量，回生率を解析した。また，省エネルギ化のための同機構の最適速度軌道の検討と，滑らかな加減速を実現するための外乱オブザーバを用いた制御系を提案した。２）定トルクぜんまいとクラッチを用いたブレーキ回生機構の設計法を提案した。また，滑らかな加減速を実現するための制御系の実装法を示した。実験装置の構築と検証を行い，シングルクラッチを用いた方式では，約３０％の回生率を確認した。さらに，外乱オブザーバを用いることで，ＰＩＤ制御系に比較して約２８％の速度追従誤差の低減を達成した。３）クラッチ動作時の電力消費を避けるために，歯車を用いたブレーキ回生機構の設計法を提案した。遊星歯車を用いた方式では，実験において約４６％の回生率を達成するとともに，貯蔵エネルギの利用時から回生時への切り替えが速やかに行われることを示した。新たなブレーキ回生機構の設計制御法の提案と特性解析は学術的に独創性が高く，実験により有効性を示しており産業分野への寄与も大きい。以上より，本論文は博士（工学）の学位論文に相当するものと判定した。

（各要旨は１ページ以上可）