

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 13357 号
------	---------------

氏 名 嶋岡 雅浩

### 論 文 題 目

永久磁石同期モータ電流ベクトル制御系のためのモデル予測変調に関する研究

(Study on Model Predictive Modulation for Current Vector Control System of Permanent Magnet Synchronous Motor)

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	道木 慎二
委員	名古屋大学	教授	加藤 丈佳
委員	名古屋大学	教授	長谷川 浩
委員	千葉大学	准教授	残間 忠直

## 論文審査の結果の要旨

嶋岡雅浩君提出の論文「永久磁石同期モータ電流ベクトル制御系のためのモデル予測変調に関する研究」は、環境対応や省エネルギー化への要望から幅広い分野で動力の電動化が求められる中、その中心的役割を担う永久磁石同期モータ（permanent Magnet Synchronous Motor: PMSM）電流ベクトル制御系に従来の限界を超えた非線形領域での適用が期待されている点を背景に、計算機資源の低価格化・大容量化を受けて注目を集めているモデル予測制御（Model Predictive Control: MPC）を電流ベクトル制御系のカギである変調器に適用した新しい変調法、モデル予測変調（Model Predictive Modulation: MPM）を提案することで答えようとするものである。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、本論文の背景として、一般的なモデル予測制御の基本と適用例、モータ駆動システムと制御法の発展の歴史、MPC適用における他研究の動向について触れたのちに、本研究の目的を述べる。

第2章では、PMSM駆動システムの電流ベクトル制御に対するMPCの適用について述べるに先立ち、基本となる一般的なPMSM駆動システム、中でもPMSMのモデル、PI制御とパルス幅変調（Pulse Width Modulation: PWM）変調器に基づく電流制御系とその動作について説明する。

第3章では、まずこれまでに試みられたPMSM電流ベクトル制御系へのMPCの適用事例について、その動作を説明するとともに、その限界、すなわち一般的なPI制御とPWM変調に戻づく電流制御系に及ばない場合が生じることを明らかにし、シミュレーションにより確認する。

第4章では、電流ベクトル制御系へのMPCの適用が、PI制御器とPWM変調器を兼ねる新たな変調器の設計問題であることに着眼し、新たに、電圧ベクトルの探索問題として変調器を取り扱うMPMの定式化を行う。同時にPWMを用いたPI制御に基づく電流ベクトル制御系をはじめとする様々なモータ駆動法の電圧ベクトルと比較しながら、それらを包含する探索空間を定義するための設計パラメータとその設計法を提案する。更に、提案するMPMの探索空間でPMSM電流ベクトル制御を行う電圧ベクトルを探索する際の評価関数設定法を提案する。そして、PMSMの駆動において最も広大かつ詳細な探索空間が必要となる矩形波駆動を例に、提案する探索空間設定法の有効性をシミュレーションにより確認する。

第5章では、提案するMPMの問題点である計算量に対し、PMSM電流ベクトル制御の特徴を利用した計算量の削減つまりは探索空間制限法について提案する。PMSM逆モデルを用いることで最適解の存在領域を推定可能であること、それに基づいてMPMにおける探索空間が事前に分類可能であることを確認する。そして駆動状況に基づき動的に探索空間を制限する手法を提案する。そして、提案する動的探索空間制限法の有効性について、シミュレーション上で定常電流制御性能、過渡応答性能、計算時間の観点で確認する。

第6章では、実機実験により提案するMPMに基づく電流ベクトル制御系の有効性について確認する。まず実機実験にあたり、提案するMPCの実装法と実装する上での考慮点について説明し、第4章、第5章で提案した内容を評価する条件設定のもとで実験を行い提案法の有効性を確認する。PMSM電流ベクトル制御系における種々の駆動条件に対し提案法での性能を確認する。

第7章では、本研究のまとめおよび今後の課題について述べる。

以上のように本論文では、永久磁石同期モータ電流ベクトル制御系に対して非線形領域まで利用拡大が期待できるモデル予測制御を適用するためにMPMという新たな概念とその設計法を提案し、実機実験を通じて有効性を検証したものである。この成果は、モータによる動力電動化の流れを支える礎となることに疑いはなく、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。よって、本論文の提出者である嶋岡雅浩君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があると判断した。