

付随車発電制動を実現する 簡易励磁式非接触ディスクブレーキの提案

浮上式鉄道技術研究部 電磁気研究室

副主任研究員 浮田 啓悟

本日の発表

- ◆ 研究背景
- ◆ 非接触ディスクブレーキの提案
- ◆ 基本性能の概算
- ◆ まとめ

研究背景

ブレーキ時のエネルギー変換

電動車 回生ブレーキにより運動エネルギーを電力に変換し、省エネに貢献

付随車 機械ブレーキのため、運動エネルギーは熱になる

新規ブレーキ装置のコンセプト

付随車で消費されているエネルギーを回収し省エネを追求

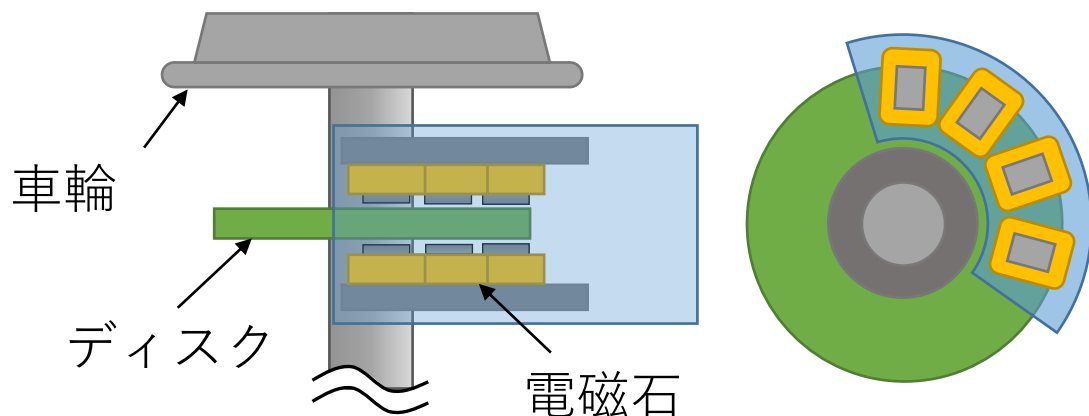
電気ブレーキであり発電・回生が可能， 構成が簡易で低価格， 停電時に使用可能

本日の発表

- ◆ 研究背景
- ◆ 非接触ディスクブレーキの提案
- ◆ 基本性能の概算
- ◆ まとめ

コンセプト実現のための要素技術

渦電流ブレーキ(Eddy Current Brake: ECB)



付随車におけるライニング摩耗抑制のため過去に新幹線で導入

電動機や歯車装置が不要な

○簡易な構成の電気ブレーキ

△発電・回生が不可

ディスクの発熱

交流励磁

解決策

誘導モータと構成が同様の渦電流ブレーキに適用することで

○発電・回生、ディスク発熱抑制、停電時動作

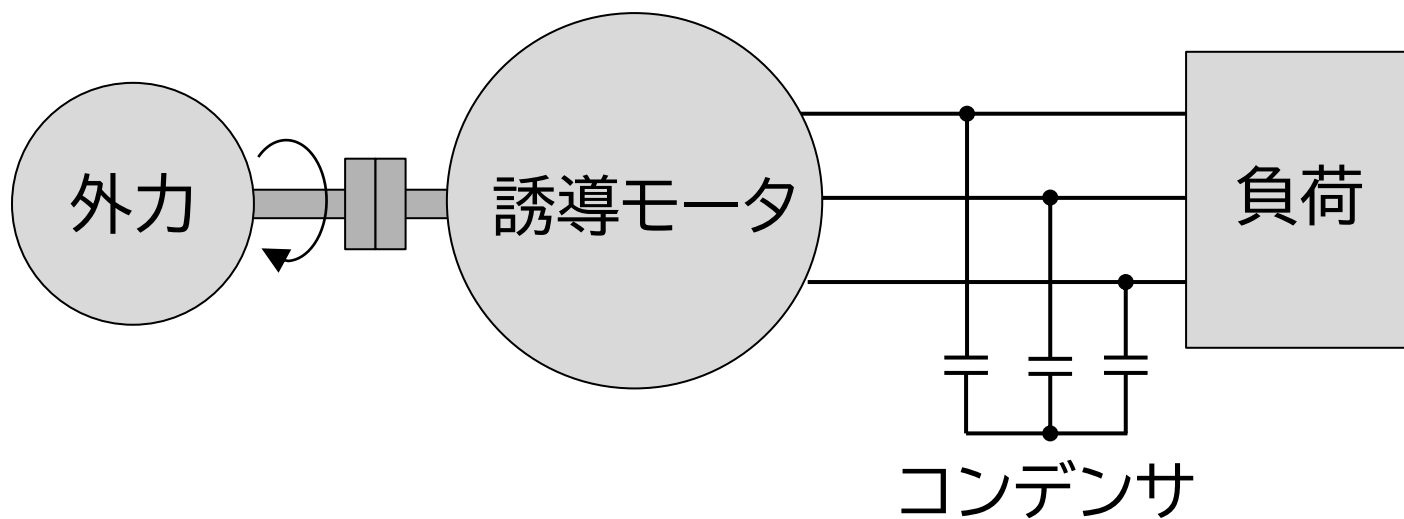
△変換器コスト

解決策…

コンセプト実現のための要素技術

→ コンデンサ自己励磁現象

回転する誘導モータにコンデンサを接続すると自己励磁する現象



誘導モータのコンデンサ自己励磁の例

インバータが不要
○低コスト励磁回路

ギャップが大きい場合
△応答速度

↓ 解決策

コンデンサの予充電

コンセプト実現のための要素技術

渦電流ブレーキ(ECB)

○簡易な構成の電気ブレーキ

△ディスク発熱

解決策 → **交流励磁**

○発電・回生、ディスク発熱抑制、停電時動作

△変換器コスト

解決策 → **コンデンサ自己励磁**

○低コスト励磁回路

△応答速度

解決策 → **コンデンサの予充電**

提案するブレーキ装置

要素技術

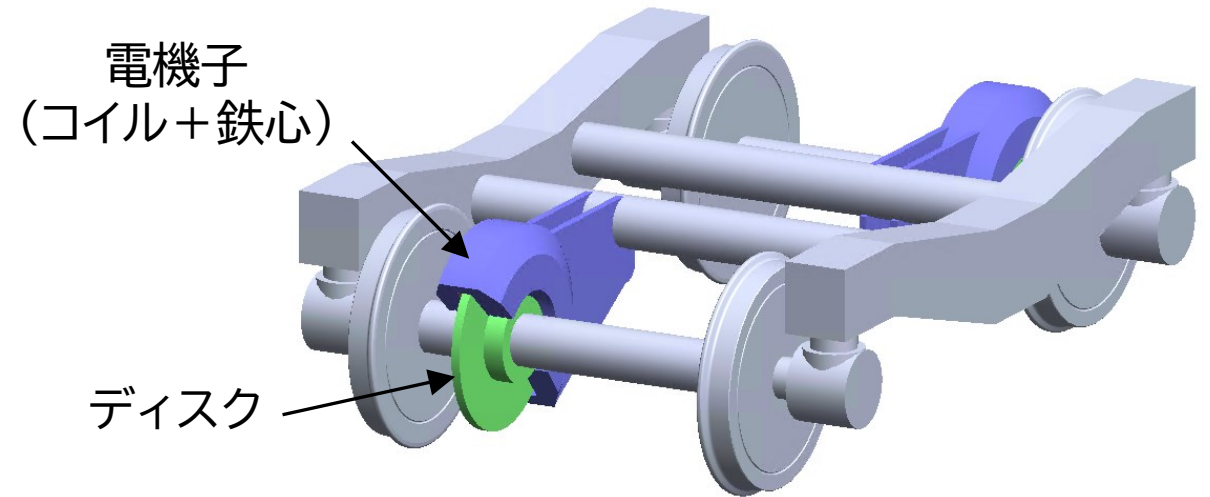
渦電流ブレーキ(ECB)

交流励磁

コンデンサ自己励磁

コンデンサの予充電

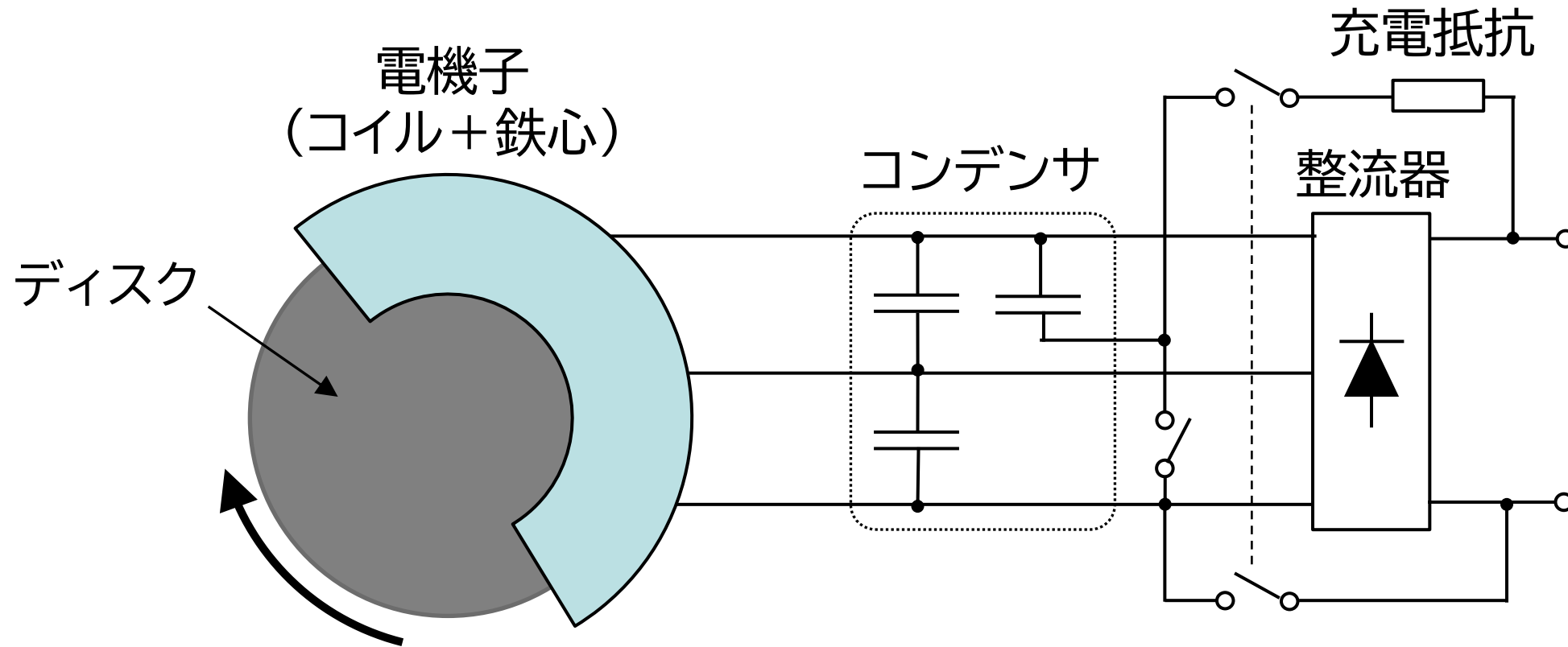
付随車用簡易励磁式
非接触ディスクブレーキ



特長 付随車で発電・回生 停電時動作
ディスク発熱抑制 低価格

摩耗レス 電磁騒音・EMCノイズ無

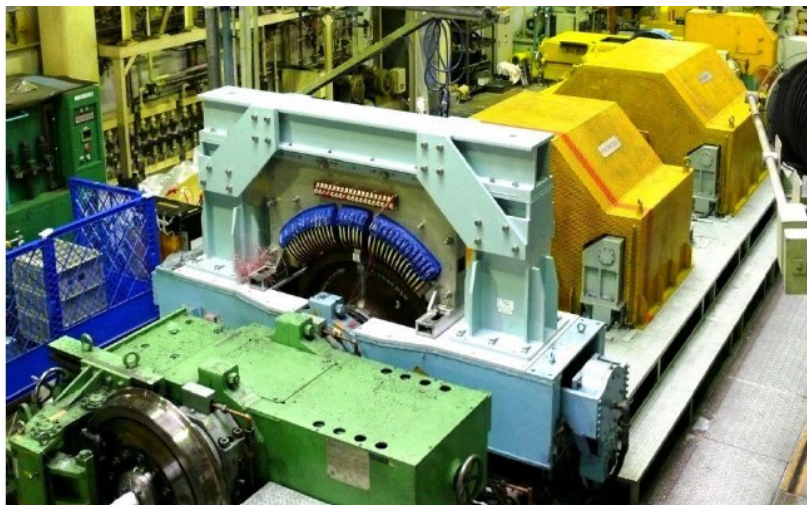
提案するブレーキ装置



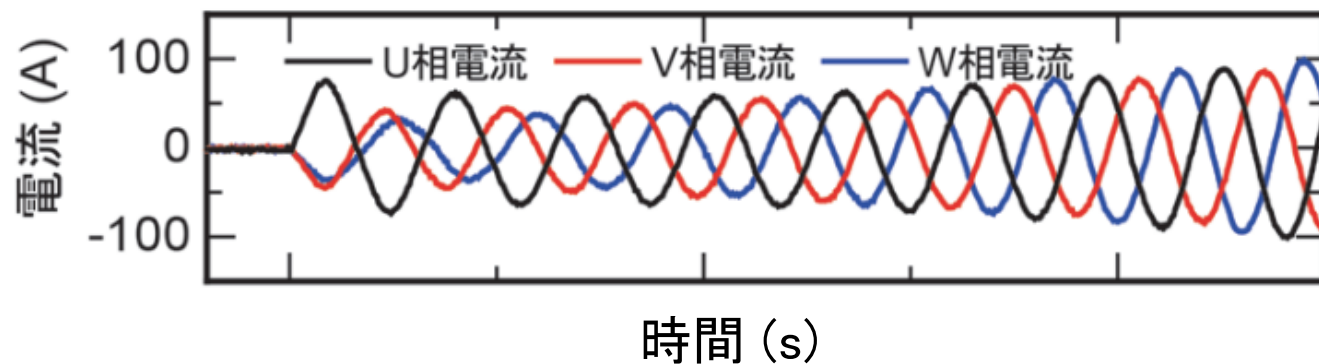
励磁回路の構成例

提案するブレーキ装置

～ECB+交流励磁+コンデンサ自己励磁+コンデンサ予充電の原理検証～



定置試験機(軌条輪試験機)



始動波形



防護カバー

軌条輪

試験用電機子

ECBと原理が同様のリニアレールブレーキ
で要素技術を合わせた動作を実証

本日の発表

- ◆ 研究背景
- ◆ 非接触ディスクブレーキの提案
- ◆ 基本性能の概算
- ◆ まとめ

基本性能の概算

非接触ディスクブレーキの設計

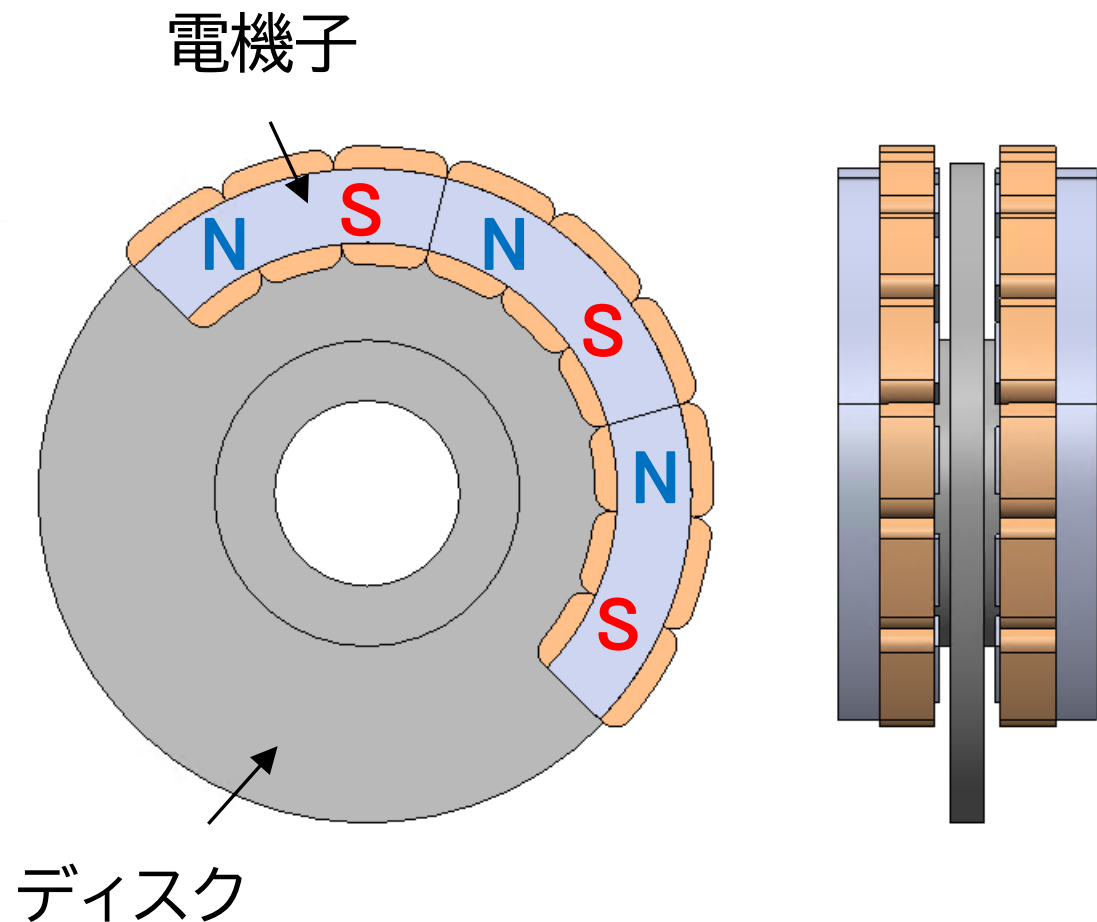
目標性能

- ブレーキ力: 1.0~1.6 kNm
(300 km/hにおける電動車ブレーキの半分~同程度)

基本仕様

- 電機子鉄心ーディスク間ギャップ: 12 mm
(一般的な回転機のギャップは数mm)
- ディスク直径: 約700 mm

現段階の設計案



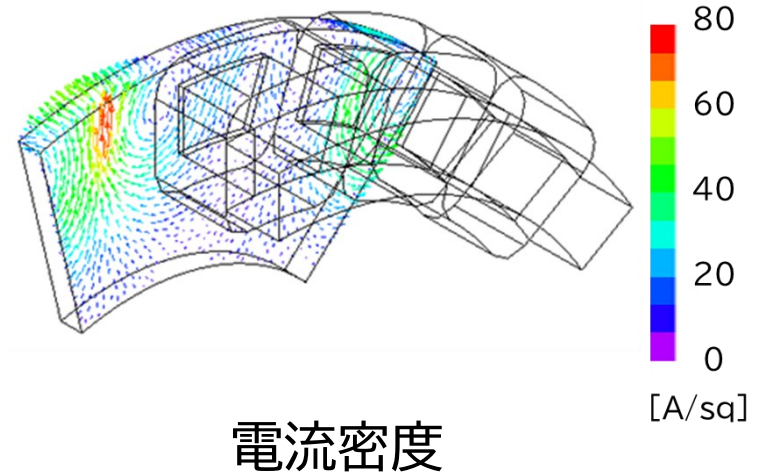
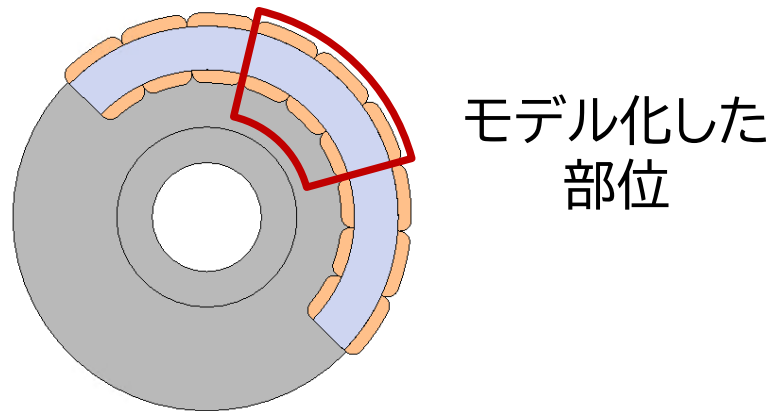
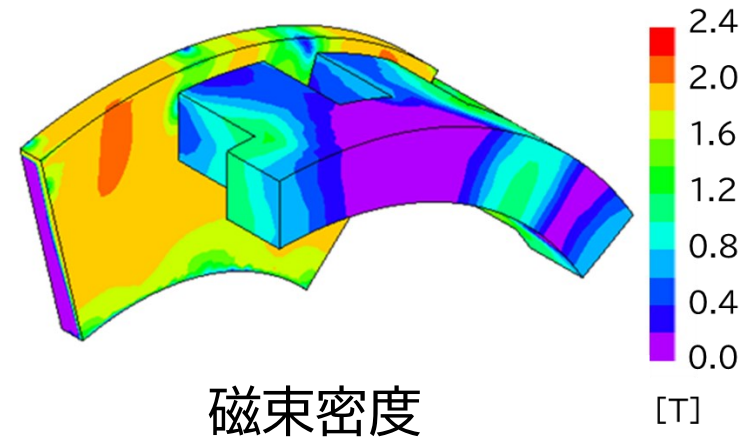
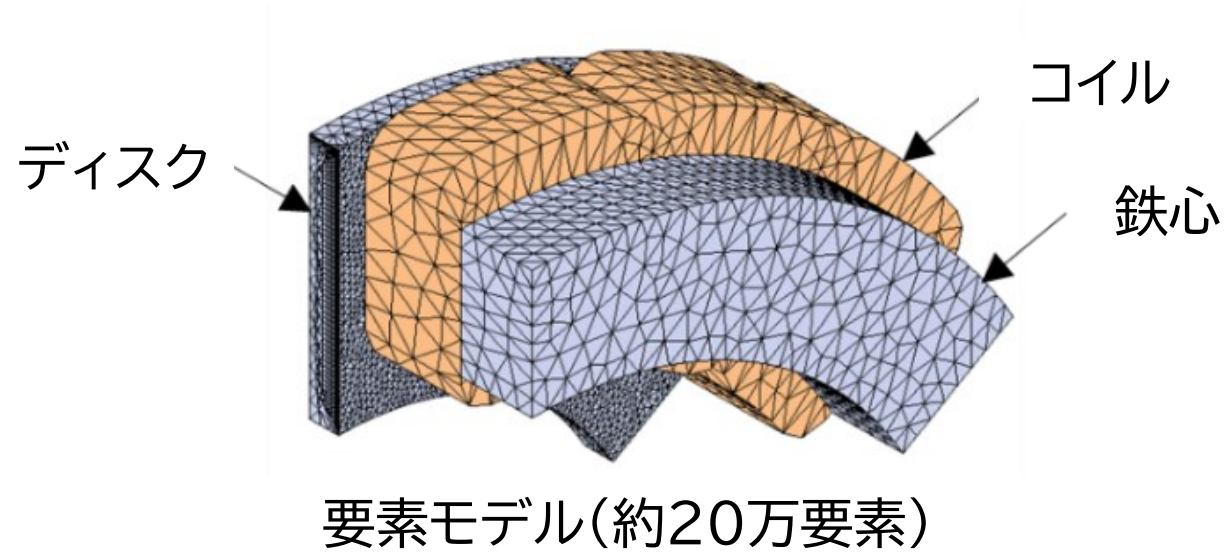
形状

ディスク外径	約700mm
ギャップ	12mm
磁極配置	3相6極
磁極ピッチ	約160mm
コイル巻数	40巻

材料

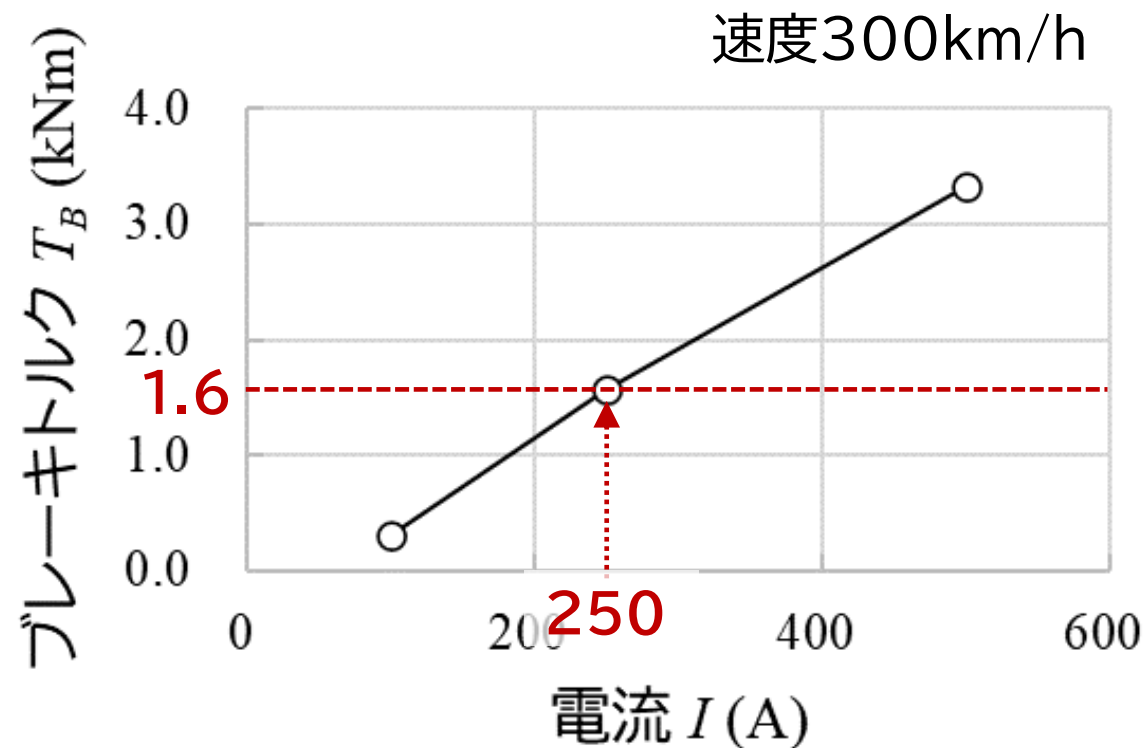
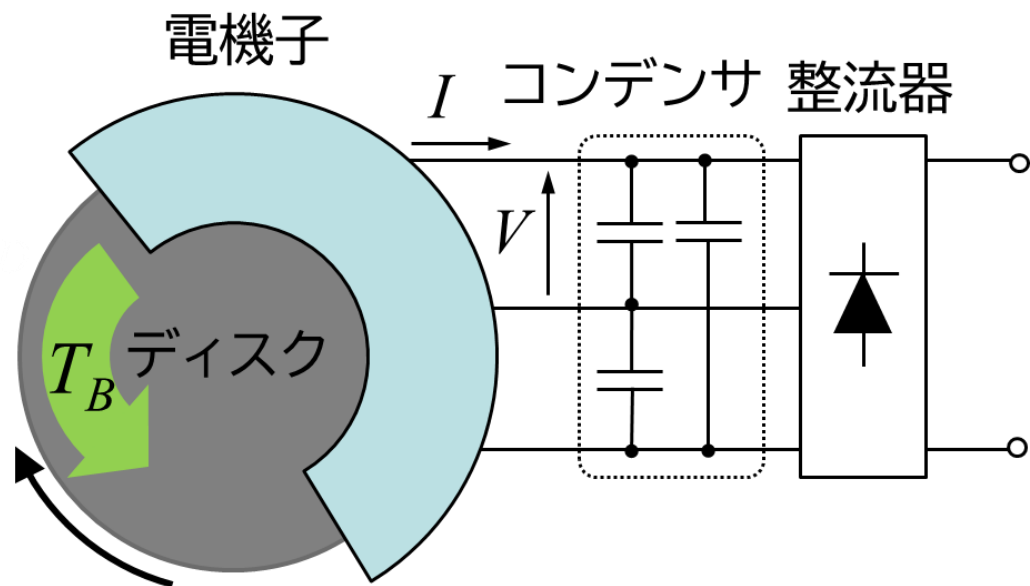
ディスク	S45C
鉄心	50A1000

電磁界解析



解析結果(電流特性)

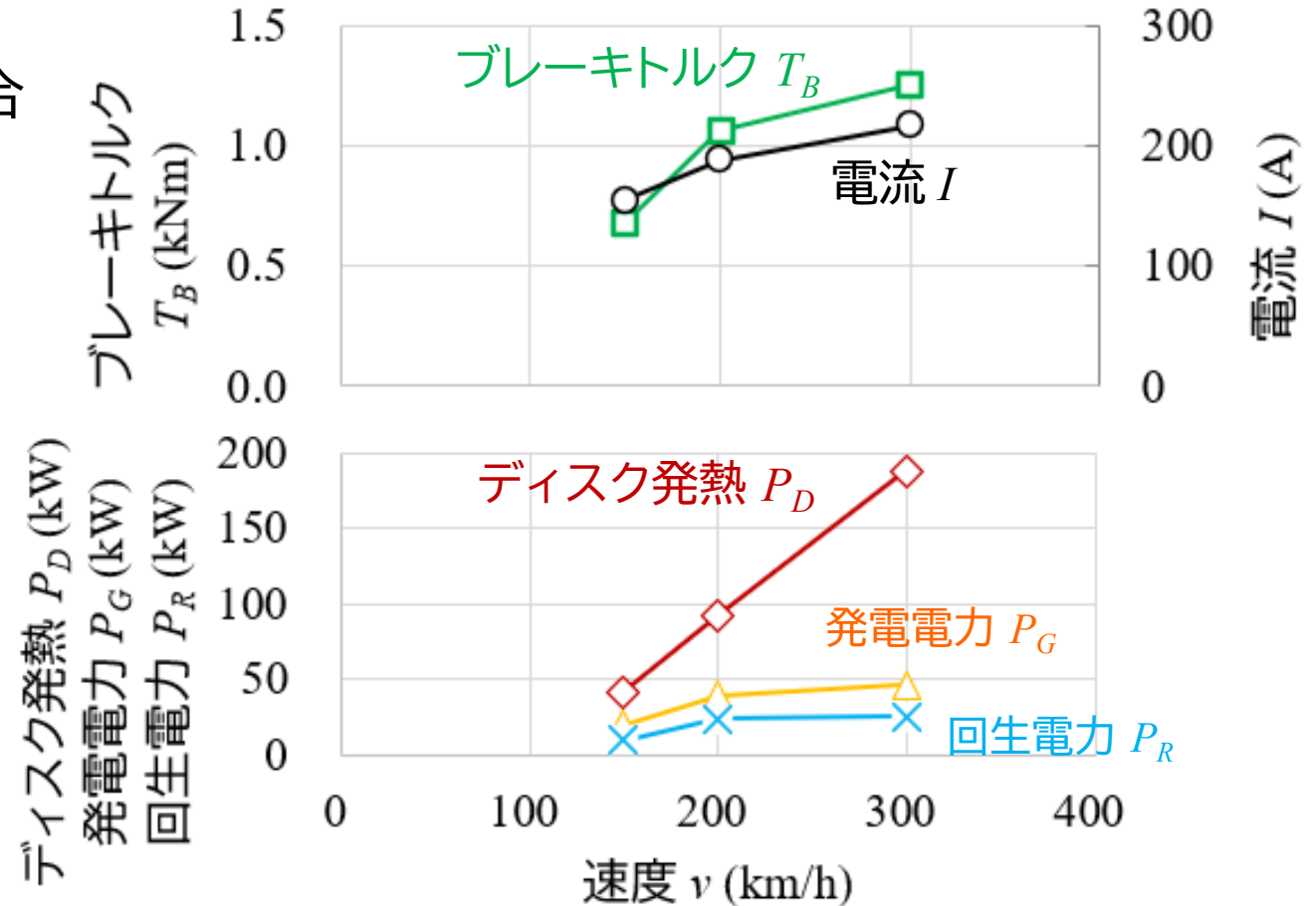
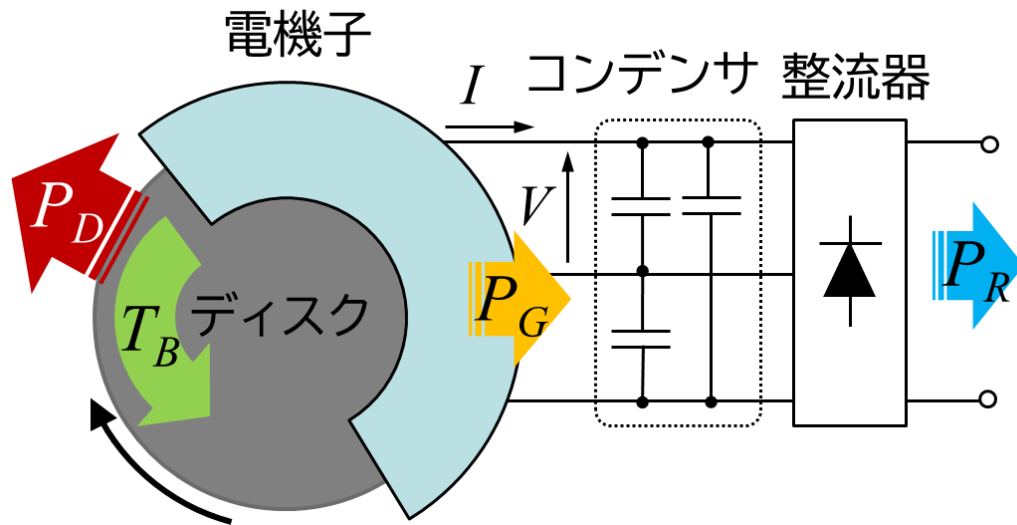
目標トルク(1.0~1.6kNm)を達成する
電流値を確認する



目標トルク1.6 kNmを
電流250 A(80 Hz)で達成

解析結果(速度特性の簡易予測)

回路に約1500 Vの直流電源が接続された場合の速度特性(300→150 km/h)を確認



300→150km/hの範囲でブレーキトルクと回生電力の発生を確認

設計適正化

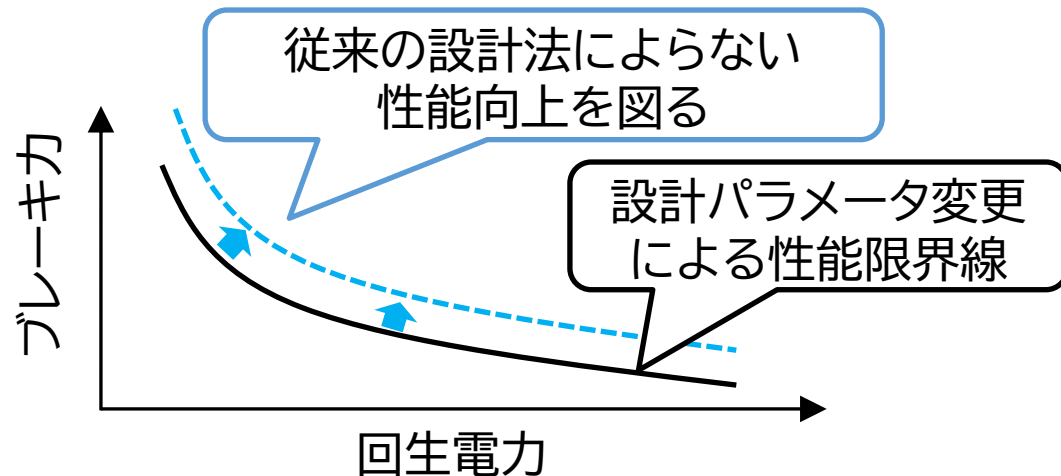
今後、性能向上(小型化・軽量化など)のため、設計適正化を行う

課題

ブレーキ力と回生電力のトレードオフ

一般の電動機と異なる特性

設計パラメータと性能の複雑な因果関係を考慮しつつ、相反する双方の性能を向上する必要



電機子とコンデンサ自己励磁回路を組み合わせた総合的な適正化

電機子と励磁回路の設計パラメータは相互に関連しているため、総合的な適正化が必要

電機子設計パラメータ

鉄心形状、コイル巻数など

回路設計パラメータ

相数、コンデンサ容量など

本日の発表

- ◆ 研究背景
- ◆ 非接触ディスクブレーキの提案
- ◆ 基本性能の概算
- ◆ まとめ

まとめ

- 渦電流ブレーキ(ECB)+コンデンサ自己励磁によって
付随車発電・回生を実現する簡易励磁式非接触ディスクブレーキを提案
- 基本性能を概算し、速度300 km/h、電流250 Aにおいて、
ブレーキトルクは電動車と同程度の1.6 kNmを確認し、
300→150km/hの範囲でブレーキトルクと**回生電力の発生**を確認
- 今後、設計適正化を行い、試作・試験を実施予定

成果の活用

今回得られた解析結果を、試作機の仕様検討のベースに使用

参考文献

坂本泰明, 浮田啓悟:リニアレールブレーキに向けたインバータレス
励磁方法の開発, 鉄道総研報告, Vol. 36, No. 6, pp. 5-11, 2022