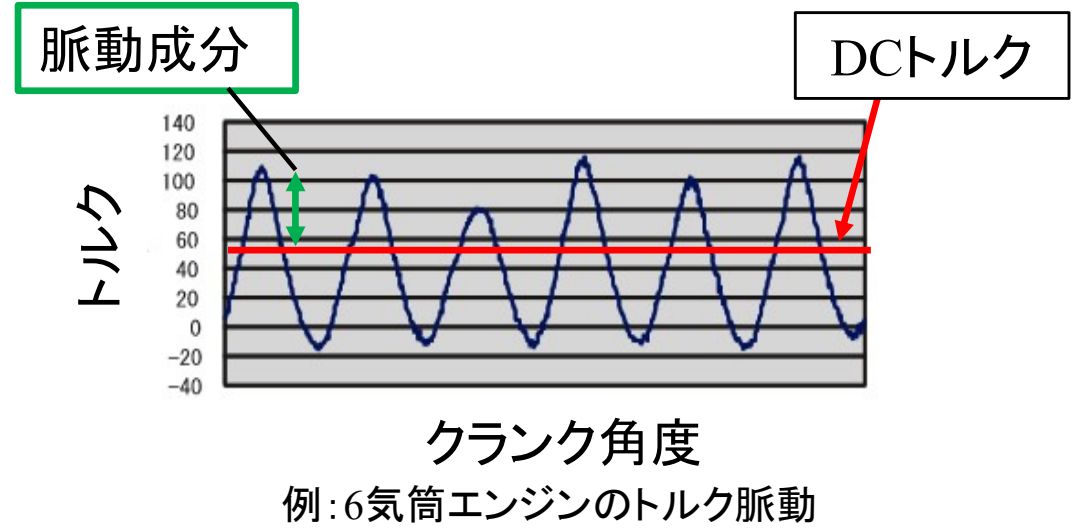
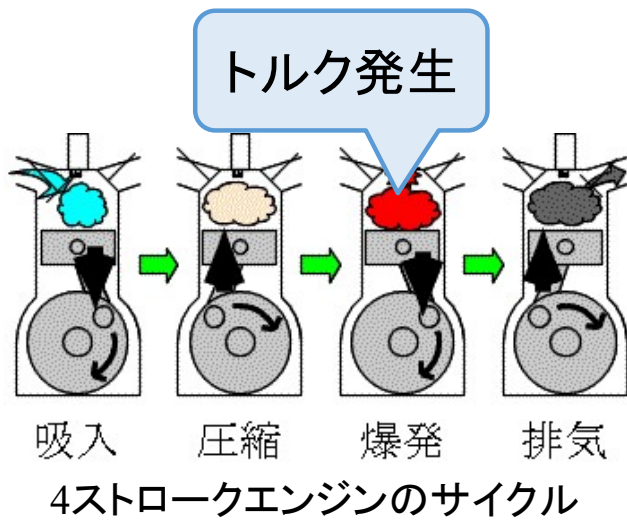
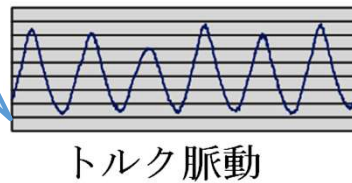


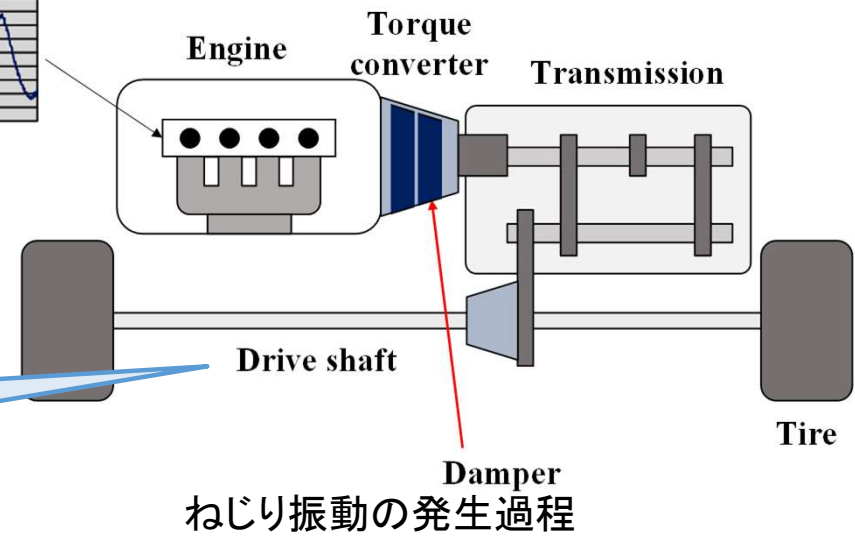
- 研究背景
- 先行研究
- VSDVA(可変剛性ダイナミックダンパ)の
基本構造・動作原理
- 研究目的
- 磁界解析結果
- まとめと今後の予定



エンジンの回転数に応じてトルク脈動の周波数が変化



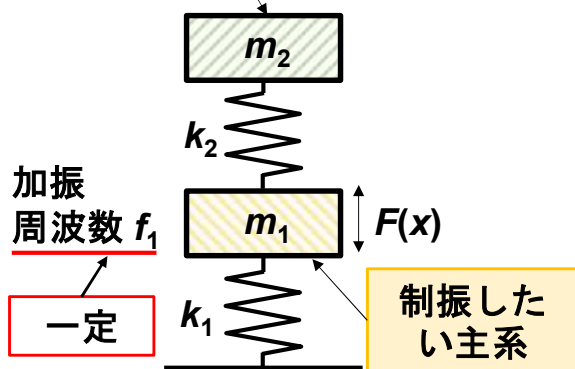
ねじり振動を誘発
→騒音・不快感



主系の振動を抑制するダイナミックダンパ

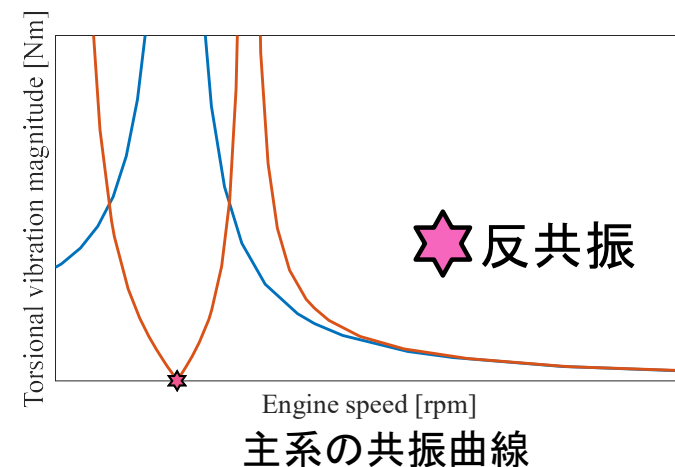
機械的なばねを有するダイナミックダンパ

ダイナミックダンパ

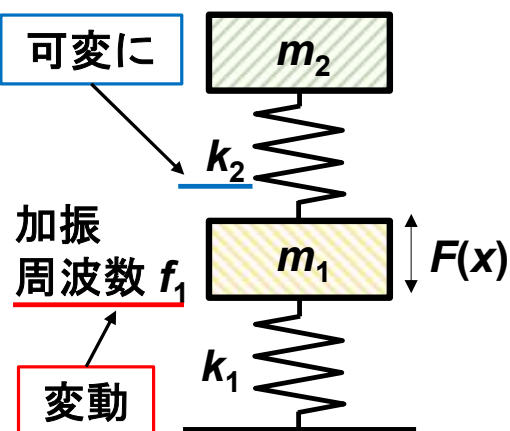


$$k_2 = m_2 * (2\pi f_1)^2 \dots (1)$$

ばね剛性 k_2 が式(1)を満たす場合、ある1つの周波数において制振効果を得られる



自動車を対象とした可変剛性ダイナミックダンパ



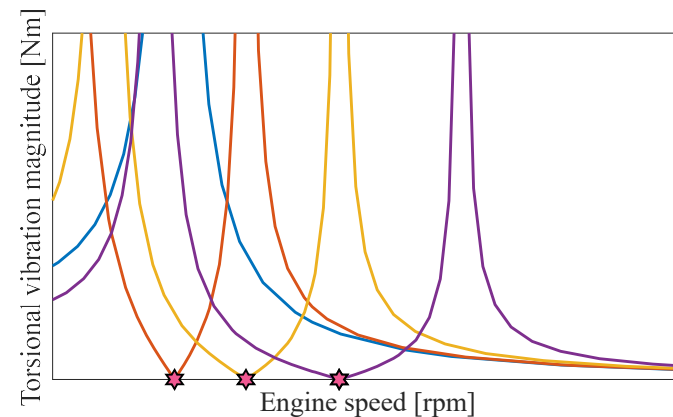
$$k_2 = m_2 * \left(2\pi * \frac{N}{2} * \frac{r_{eng}}{60} \right)^2 \dots (2)$$

f_1

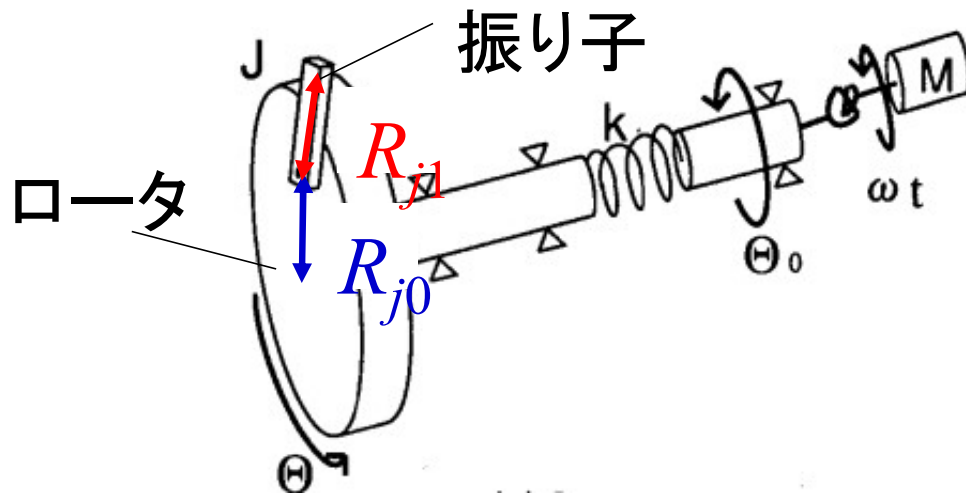
r_{eng} : エンジンの回転数

トルク脈動の周波数 f_1 が変動
→ k_2 を式(2)に従って可変に

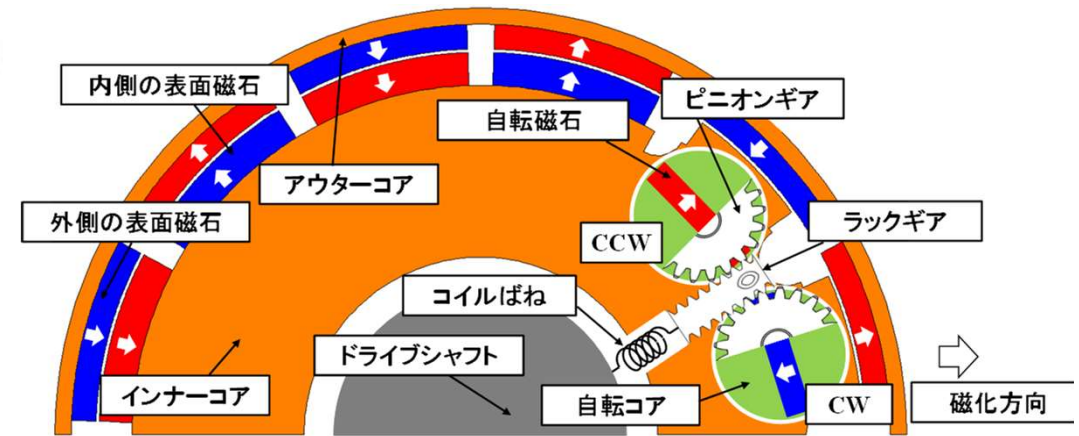
連続的に反共振をつくり
制振を可能に



ねじり振動低減に関する先行研究



遠心振り子式ダイナミックダンパ[1]



遠心力により磁石が自転する可変剛性ダイナミックダンパ[2]

振り子が共振することで振動を吸収

- 広い周波数域でねじり振動を低減
- × 振り子の遠心力に耐える材料強度が必要
- × 低気筒エンジンでは R_{j0}/R_{j1} の設計が困難

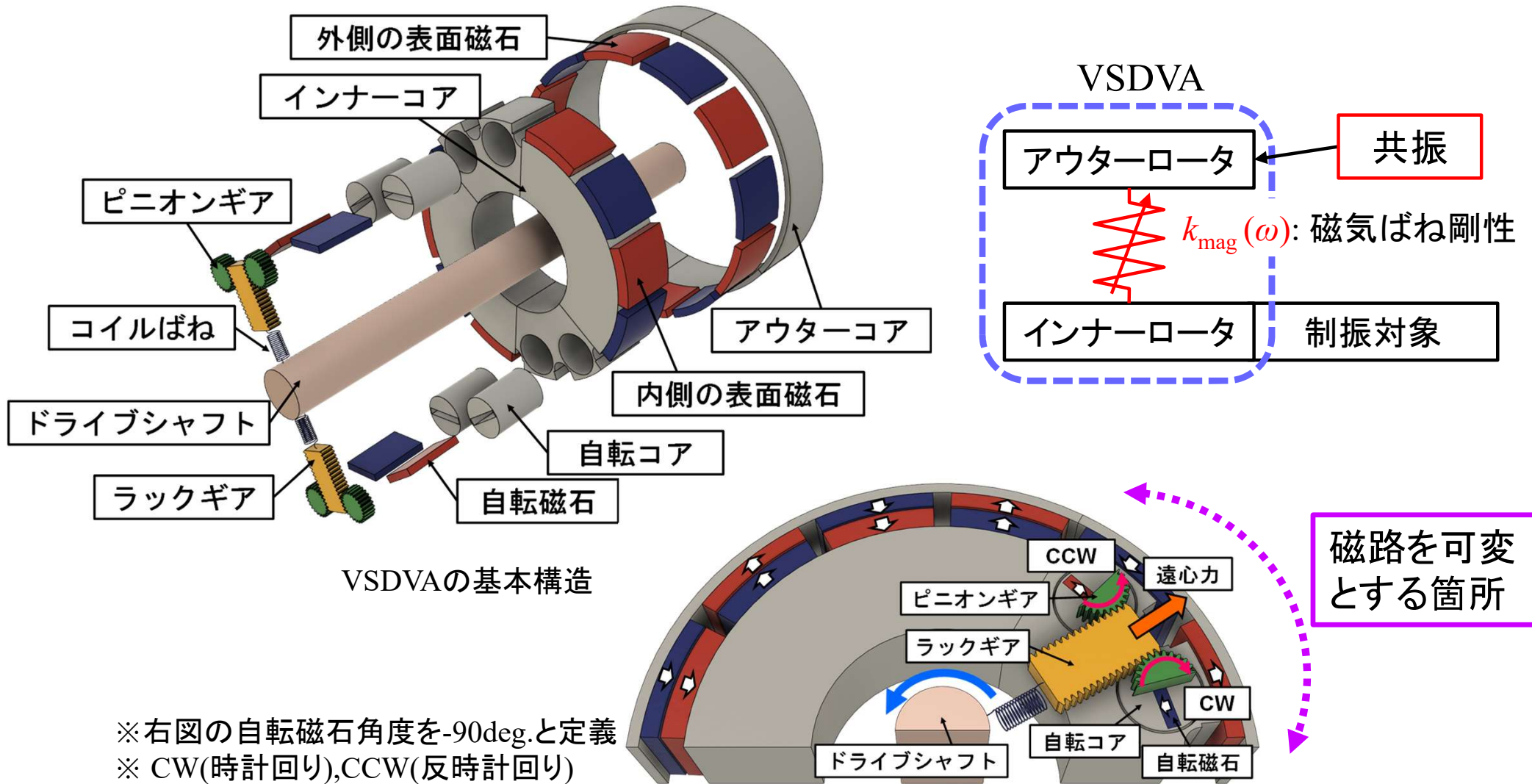
機械式ばねではなく磁気カップリングによる磁気式ばねを採用

- 遠心振り子式ダイナミックダンパと同様の効果を得られる可能性がある
- 低気筒エンジンでも設計が可能

[1]: 石田ら, 遠心振り子式動吸振器を取り付けた回転軸系の非線形振動解析とねじり振動の制振, 日本機械学会論文集(C編), 2005.

[2]: 加藤ら, 遠心力により自転する磁石を備えた可変剛性ダイナミックダンパ, 電気学会, 交通・鉄道リニアドライブ合同研究会, 2020.

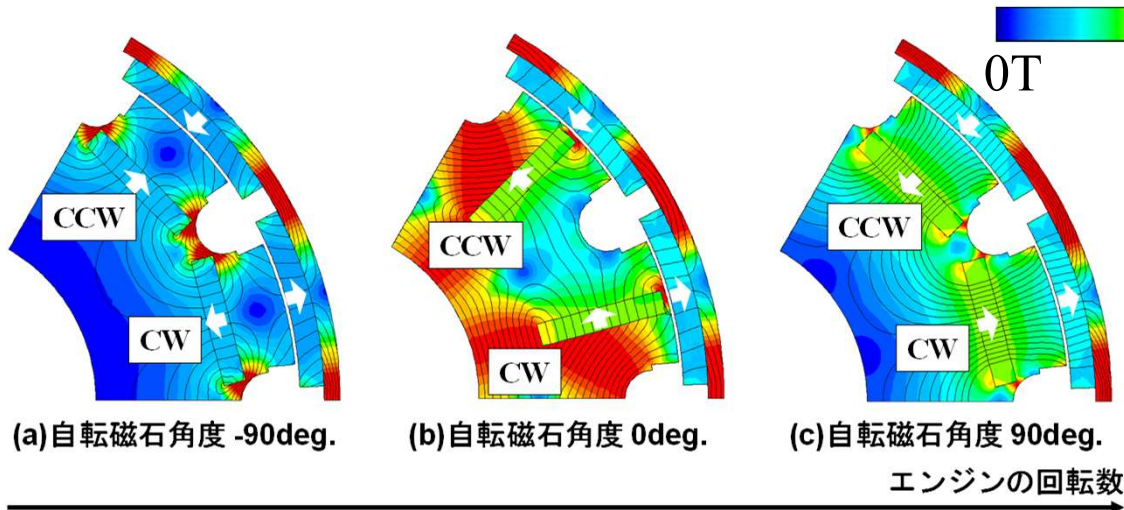
可変剛性ダイナミックダンパ(VSDVA)の基本構造



インナーロータ(インナーコア, 自転磁石, 自転コア): エンジン駆動軸に直結
アウターロータ(永久磁石, アウターコア): ダイナミックダンパとして自由に運動
アウターロータが共振することでインナーロータの振動を吸収
遠心力を回転運動に変換するためラック&ピニオン機構を採用

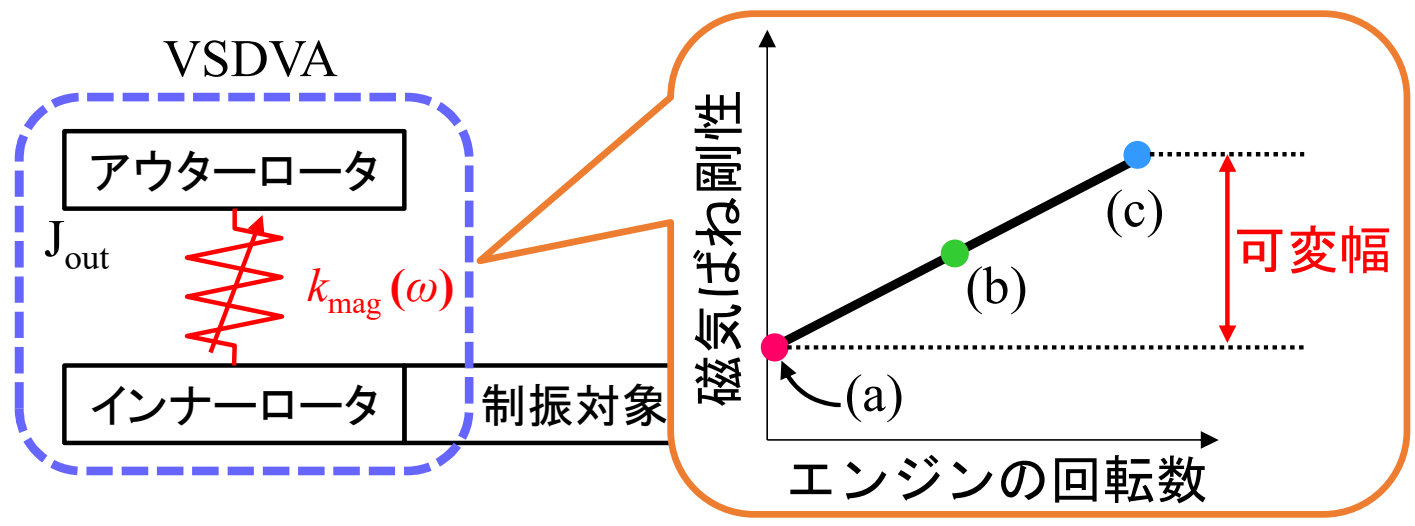
可変剛性ダイナミックダンパ(VSDVA)の動作原理

エンジンの回転数に応じて自転磁石角度が変化し、磁路が変化



- (a)ロータ同士が反発するトルク
磁気ばね剛性は**低くなる**
- (b)ロータ間でトルクは発生しない
磁気ばね剛性に**影響を与えない**
- (c)ロータ同士が吸引するトルク
磁気ばね剛性は**高くなる**

VSDVAの磁束線図および磁束密度コンター図



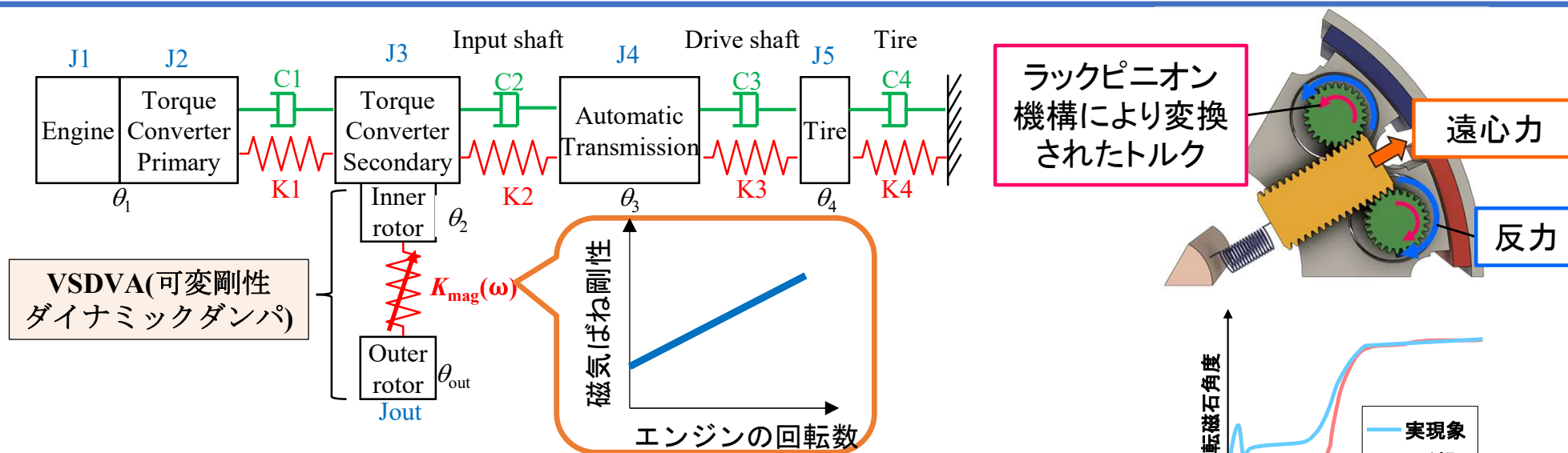
$$k_{mag}(\omega) = J_{out} * \left(2\pi * \frac{N}{2} * \frac{r_{eng}}{60} \right)^2$$

r_{eng} : エンジンの回転数

磁路が切り替わることで制振に適した磁気ばね剛性へ変化

エンジンの回転数に応じて磁路が変化するため磁気ばね剛性が可変となり、ねじり振動の低減が可能

研究目的



多慣性の自動車駆動系にVSDVAを付与した力学モデル

課題

自転磁石が磁気回路から受ける反力により、エンジンの回転数変化に応じた所望の自転磁石の角度変化が得られない
所望の自転磁石角度と制振したいトルク脈動の周波数は一意に対応しているため、ねじり振動の低減が困難

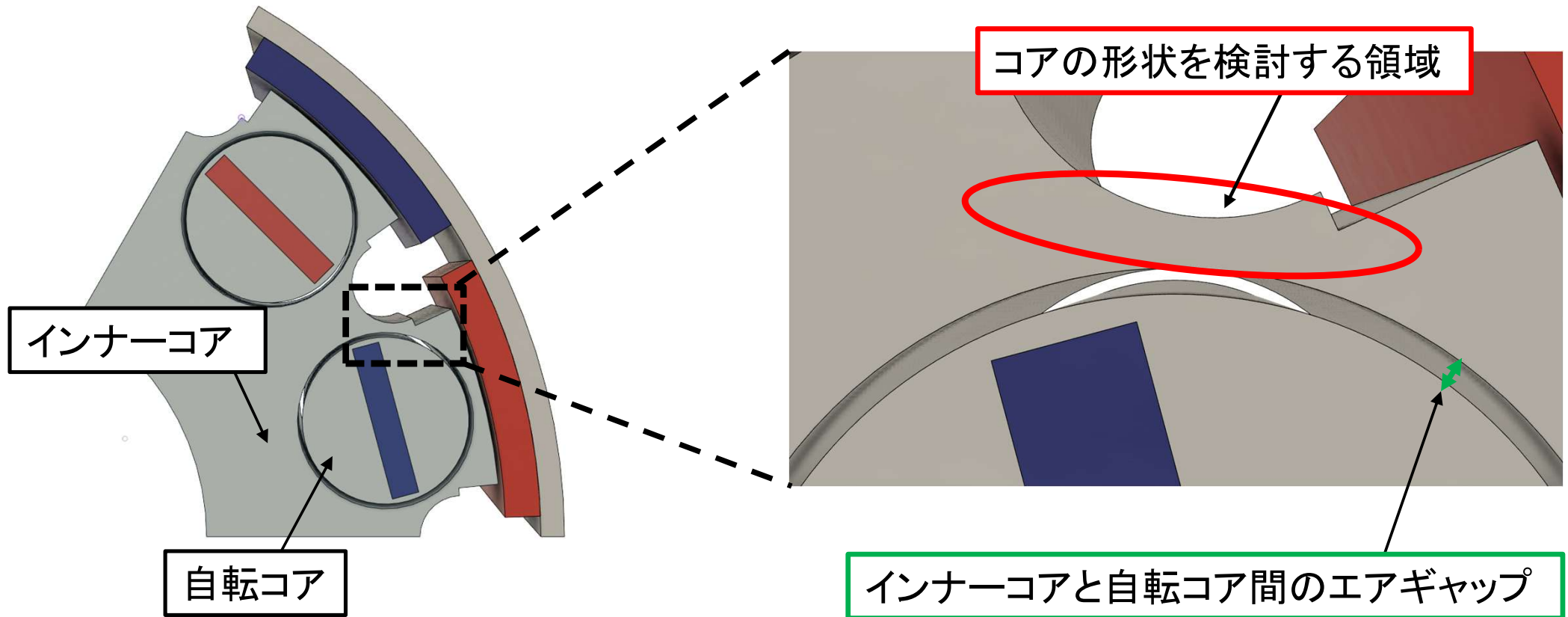
目的

自転磁石が受ける反力を低減させ、VSDVAの制振性能向上

方針

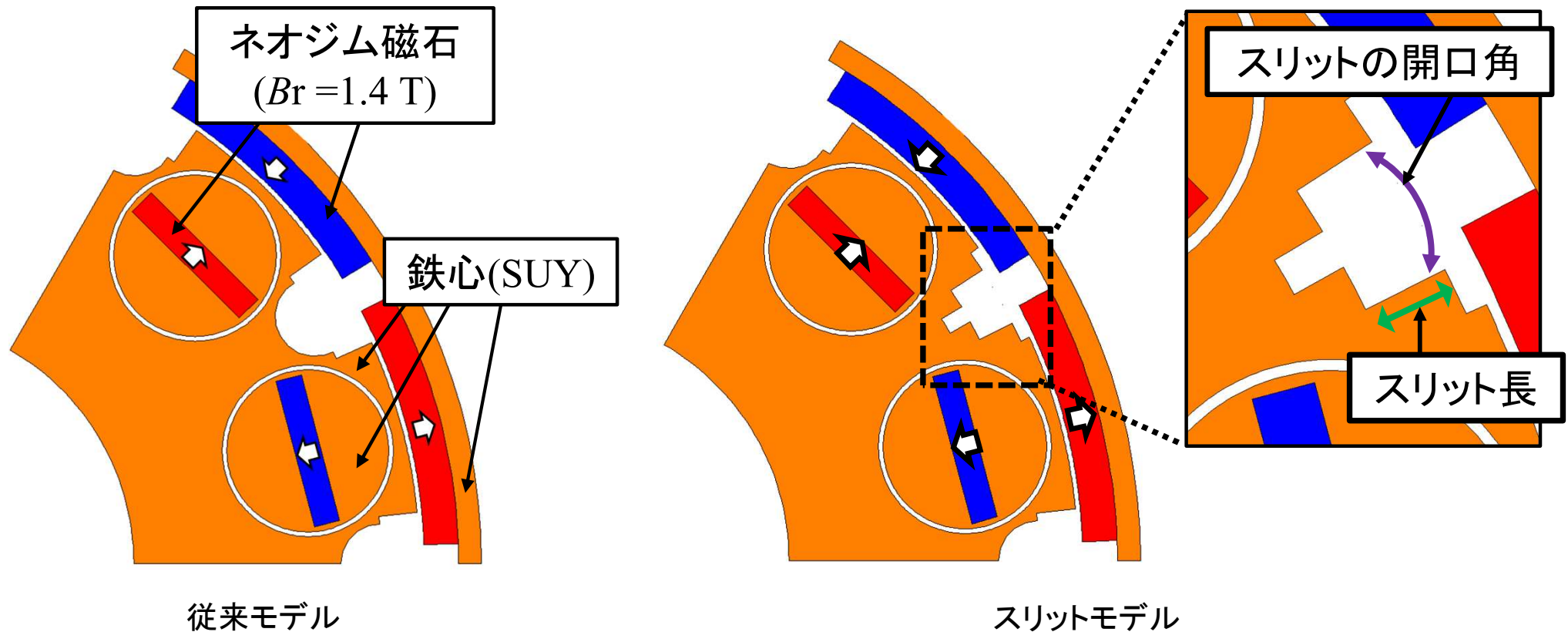
- 反力を低減させる磁気回路を提案
- 提案モデルにおける磁気ばね剛性および反力を有限要素法に基づく磁界解析で評価し、従来モデルと比較

磁気回路からの反力低減の方針



磁気回路からの反力はインナーコアと自転コア間(エアギャップ)の磁束密度に依存
→ 自転磁石角度 -60deg. , -30deg. において, コア中の磁路を検討

提案する磁気回路



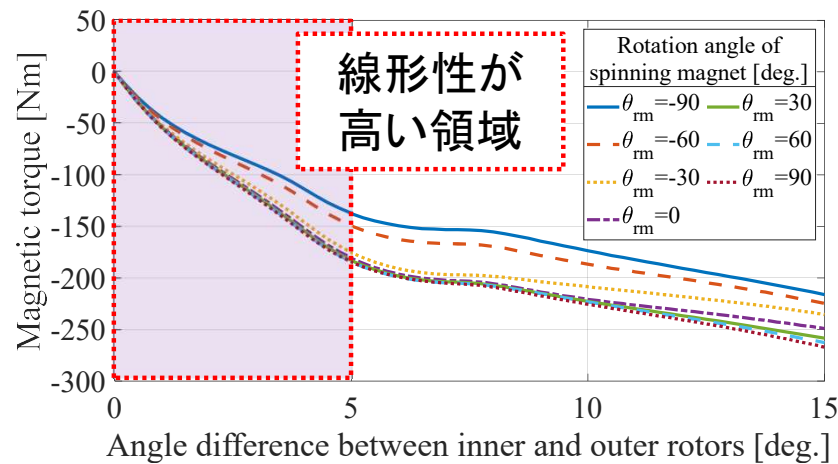
解析モデルのパラメータ

- スリット長: 8 mm
- スリットの開口角: 4.4deg. から 11deg. まで 2.2deg. 刻みで増加

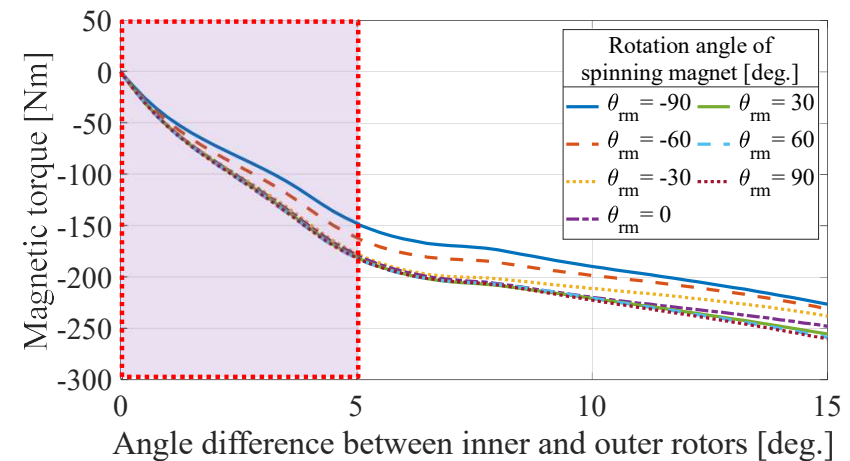
解析条件

磁気ばね剛性および反力は両ロータの相対角度に依存するため、本解析ではアウターロータを固定しインナーロータのみを回転

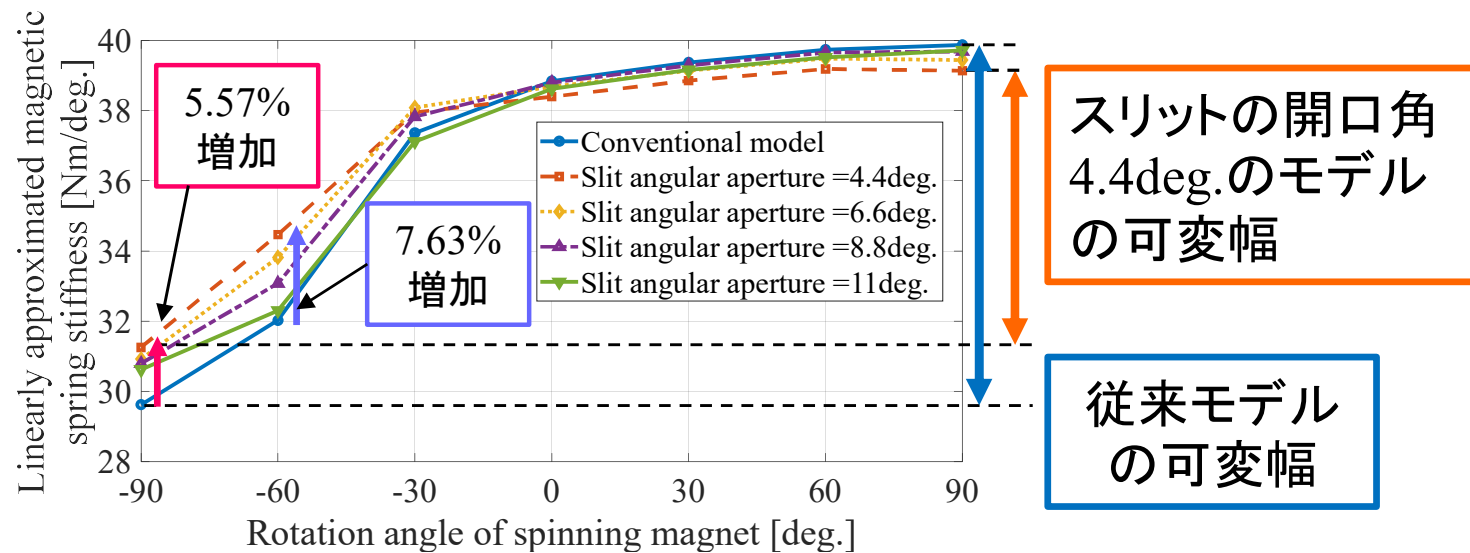
磁気ばね剛性の比較



従来モデルにおける磁気トルク



スリットの開口角4.4deg.のモデルにおける磁気トルク

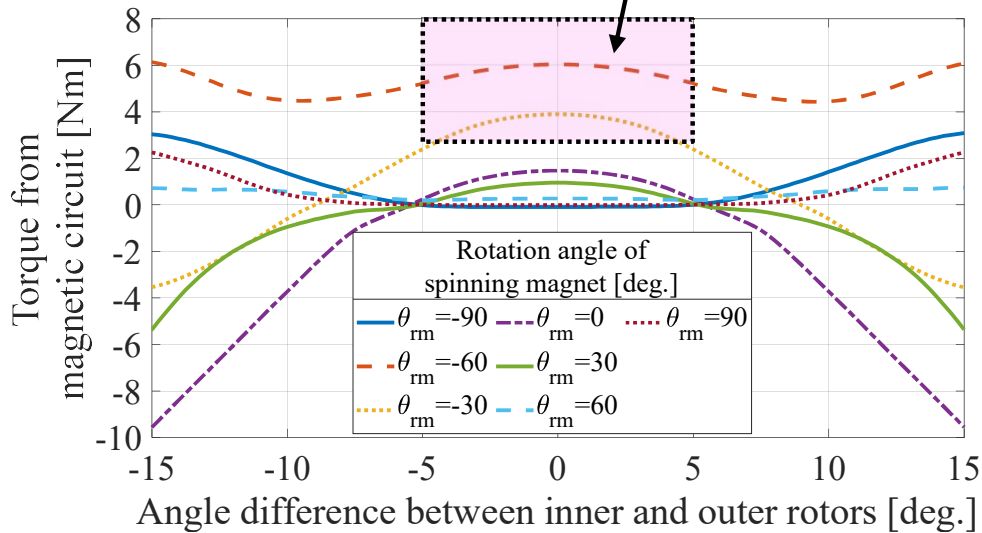


自転磁石角度と線形近似された磁気ばね剛性の関係

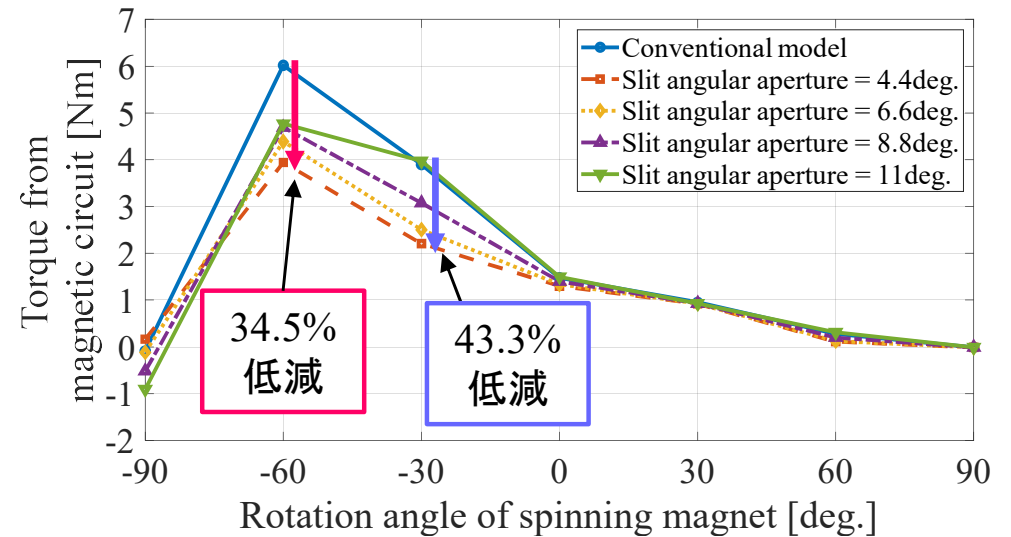
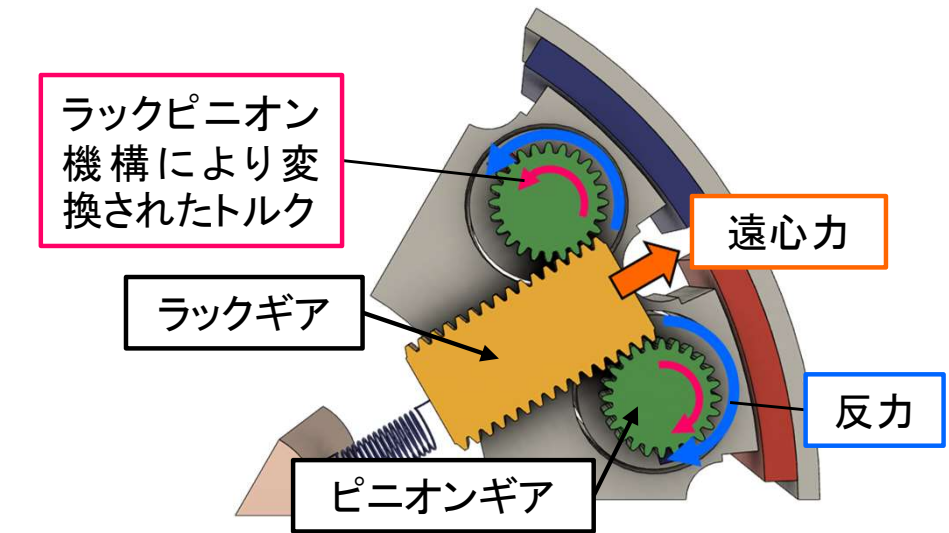
× -90deg., -60deg.において従来モデルより磁気ばね剛性は増加
→磁気ばね剛性の可変幅が減少

磁気回路からの反力の比較

反力をラックギアが受ける力に換算すると
300 N程度, 遠心力は**30 N**程度
 →エンジンの回転数に応じた自転磁石角度
 が得られない



従来モデルにおける磁気回路からの反力



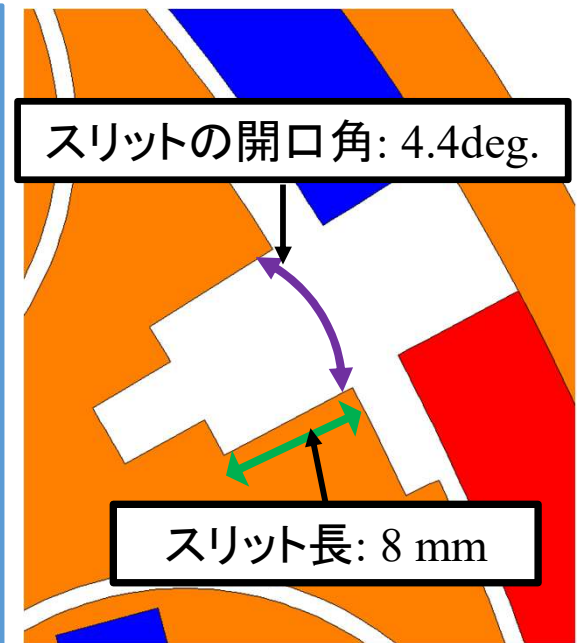
自転磁石角度とロータの相対角度0deg.
 における反力の関係

○スリットを設けることで自転磁石-60deg., -30deg.において反力を低減
 スリットの開口角が4.4deg.のとき反力を最も低減

まとめと今後の予定

まとめ

- 反力により所望の自転磁石角度が得られない
- 自転磁石が -60deg. , -30deg. のとき, 磁束がインナーコアと自転コア間のギャップに流れこむのを防ぐためスリットを設けた
- スリットを設け, 開口角を小さくすると
 - ✕ 磁気ばね剛性は増加
 - 磁気ばね剛性の可変幅は減少
 - 磁気回路からの反力は減少の傾向



反力を最も低減できたモデル

今後の予定

- 磁気ばね剛性の可変幅拡大または反力低減に寄与する構造の検討
- 選定した設計変数に対して最適化