

[B-16]

# NGnetを用いたトポロジー最適化による 機械式可変磁束モータの新奇構造探索

23NM638Y 齊藤 亘輝 (電磁アクチュエータ研究室)  
指導教員:加藤 雅之

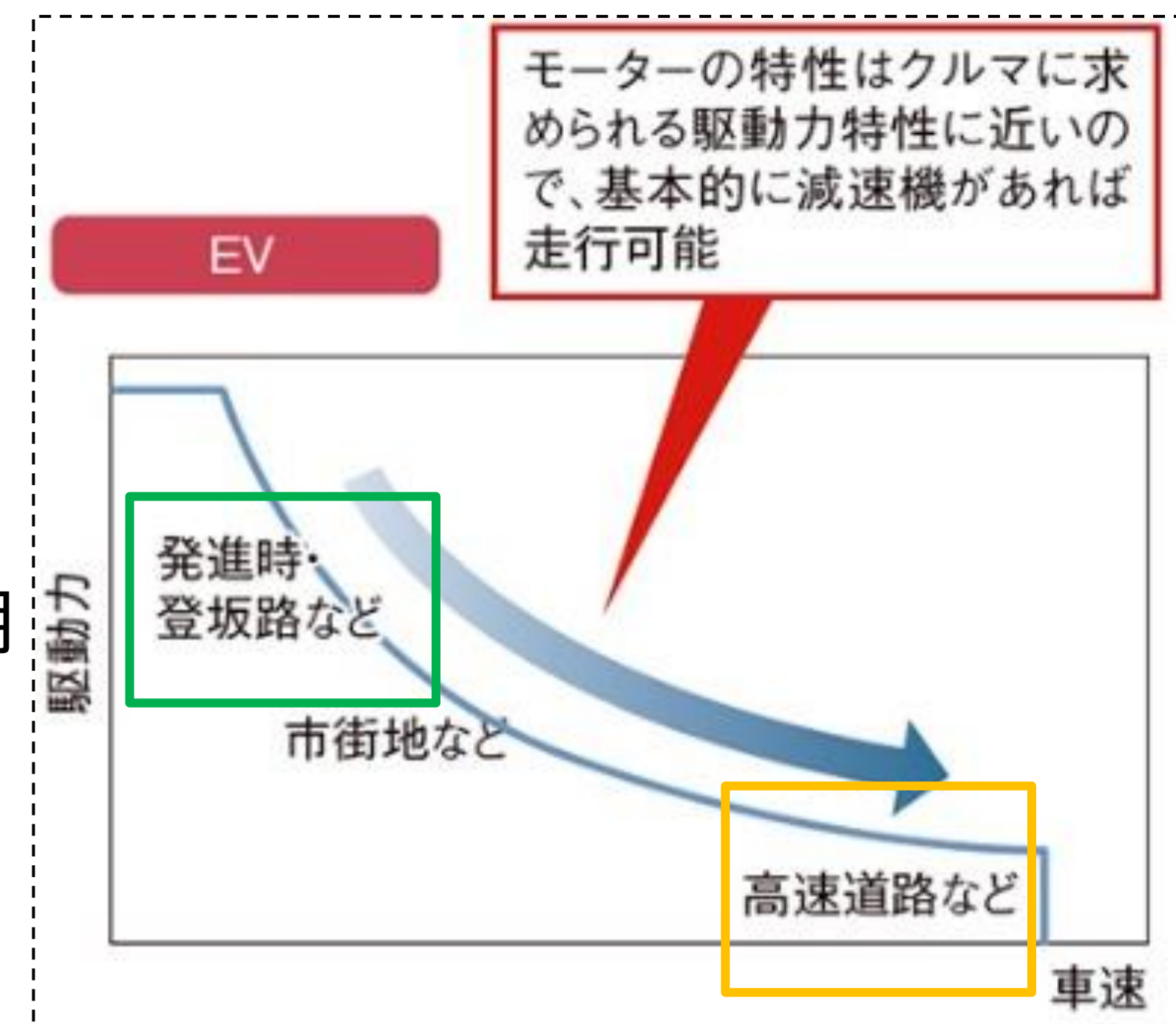
## 研究背景・目的

**[背景]** 電気自動車の走行用モータには幅広い運転領域での高効率駆動が要求される  
永久磁石同期モータ: 低速高トルクに適する  
誘導モータ: 高速低トルクに適する

コイルに鎖交する磁束量を増減可能な **可変磁束モータ** に着目

**[研究目的]** トポロジー最適化を用いて機械式可変磁束モータの新奇構造を探索  
回転速度に応じてロータの形状が変形し磁路が可動することでコイルに鎖交する磁束量が増減する機械的作用から可変磁束特性を得る

**[研究方針]** トポロジー最適化の適用  
設計空間や制約条件に基づき、不要な部分を削り必要な部分を残して最適な形状を導出する



## 正規化ガウス関数ネットワーク(NGnet)

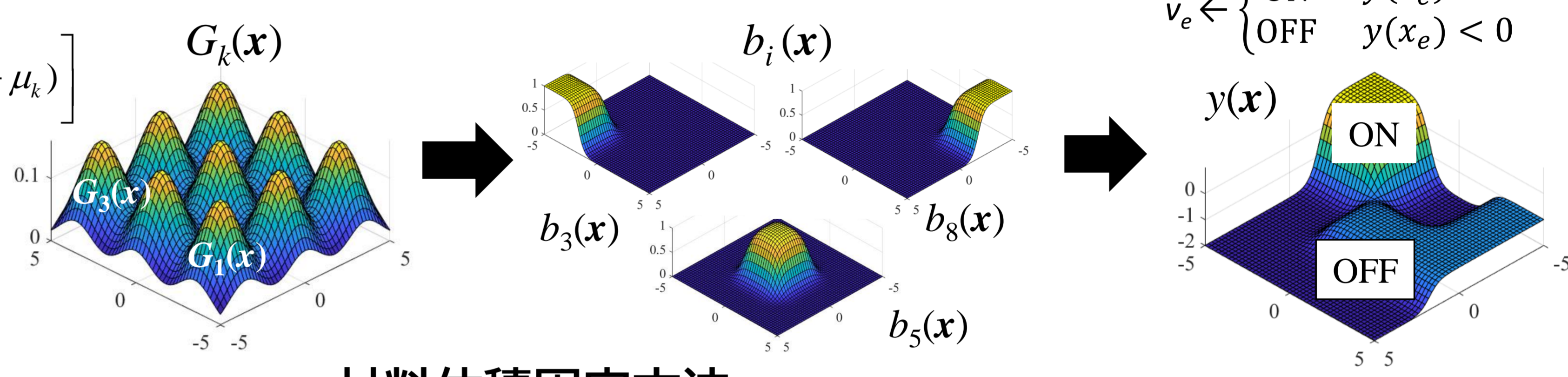
空間的に滑らかに変化するNGnetの出力に応じて材料情報を決定し形状を生成する

### NGnetの出力定義・形状表現法

$$y(x) = \sum_{i=1}^N w_i b_i$$

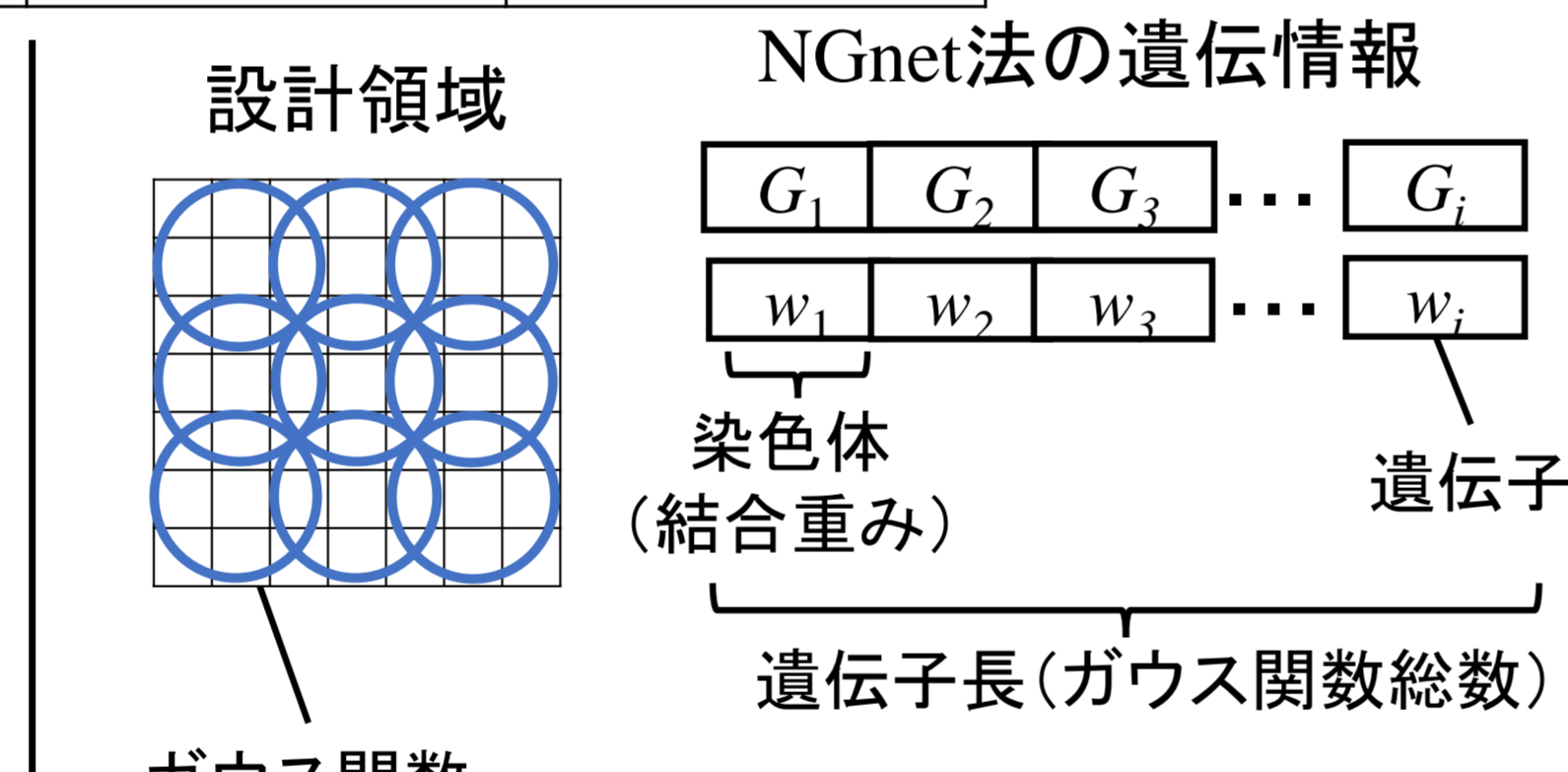
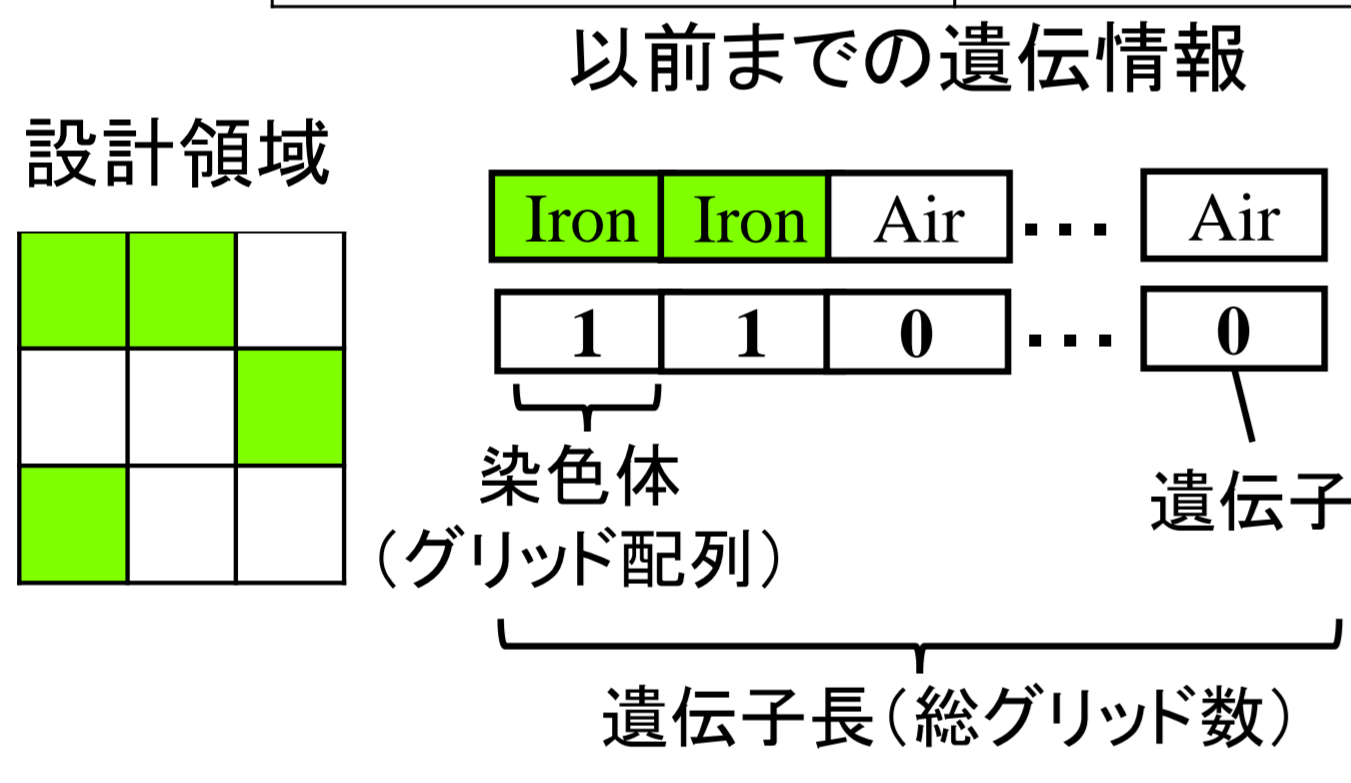
$$b_i = \frac{G_i(x)}{\sum_{k=1}^N G_k(x)} \quad G_k(x) = \frac{1}{(2\pi)^{D/2} |\Sigma_k|^{1/2}} \exp\left[-\frac{1}{2}(x - \mu_k)^T \Sigma_k^{-1} (x - \mu_k)\right]$$

$x$ : 入力ベクトル,  $y$ : 出力,  $N$ : ガウス関数の数,  $D$ : 入力ベクトル次元,  $w_i$ : 結合重み,  $\mu_k$ : ガウス関数の中心ベクトル,  $\Sigma_k$ : ガウス関数の共分散行列

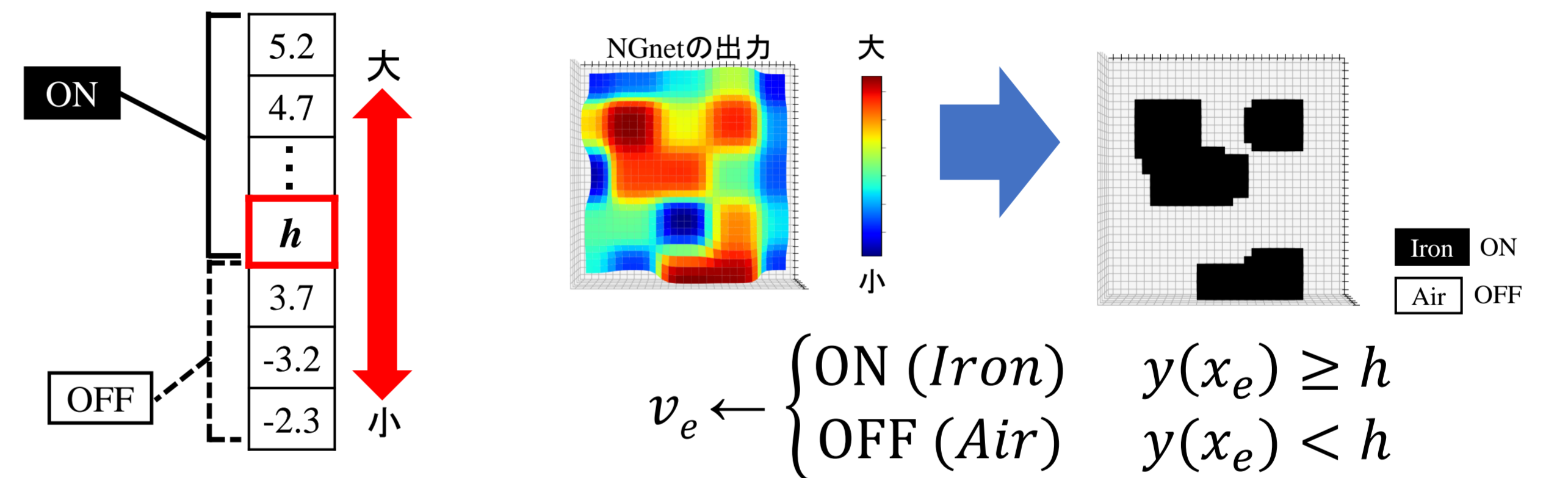


### NGnetと以前までの最適化手法との比較

	遺伝子	遺伝子数	計算時間
以前までの最適化手法	グリッド	グリッド総数	グリッド分割数が影響
NGnet法	結合重み $w_i$	ガウス関数総数	ガウス関数の数が影響



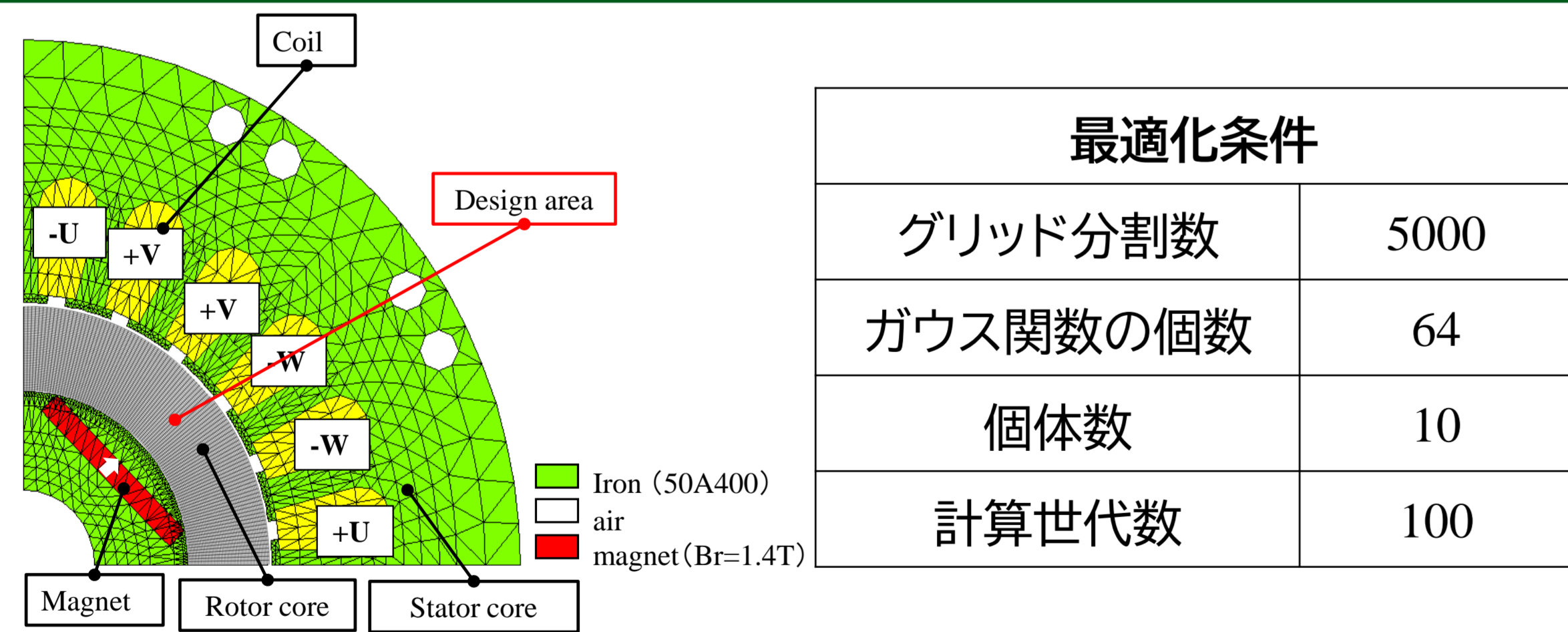
### 材料体積固定方法



結合重み  $w_i$  を変化させることで、NGnetの出力が変化  
材料が連続的に配置され、滑らかな形状を表現できる

NGnetの出力によって各個体で閾値が変動  
材料体積を固定したまま最適化を実行できる

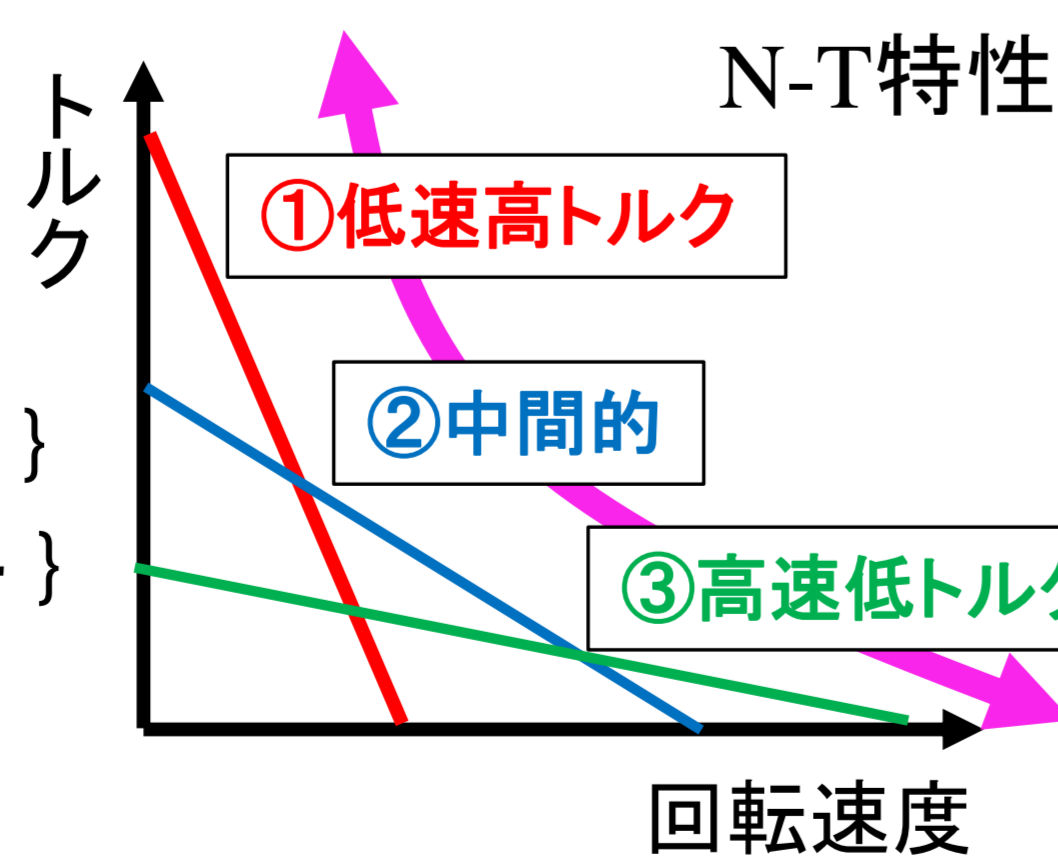
## 最適化問題設定



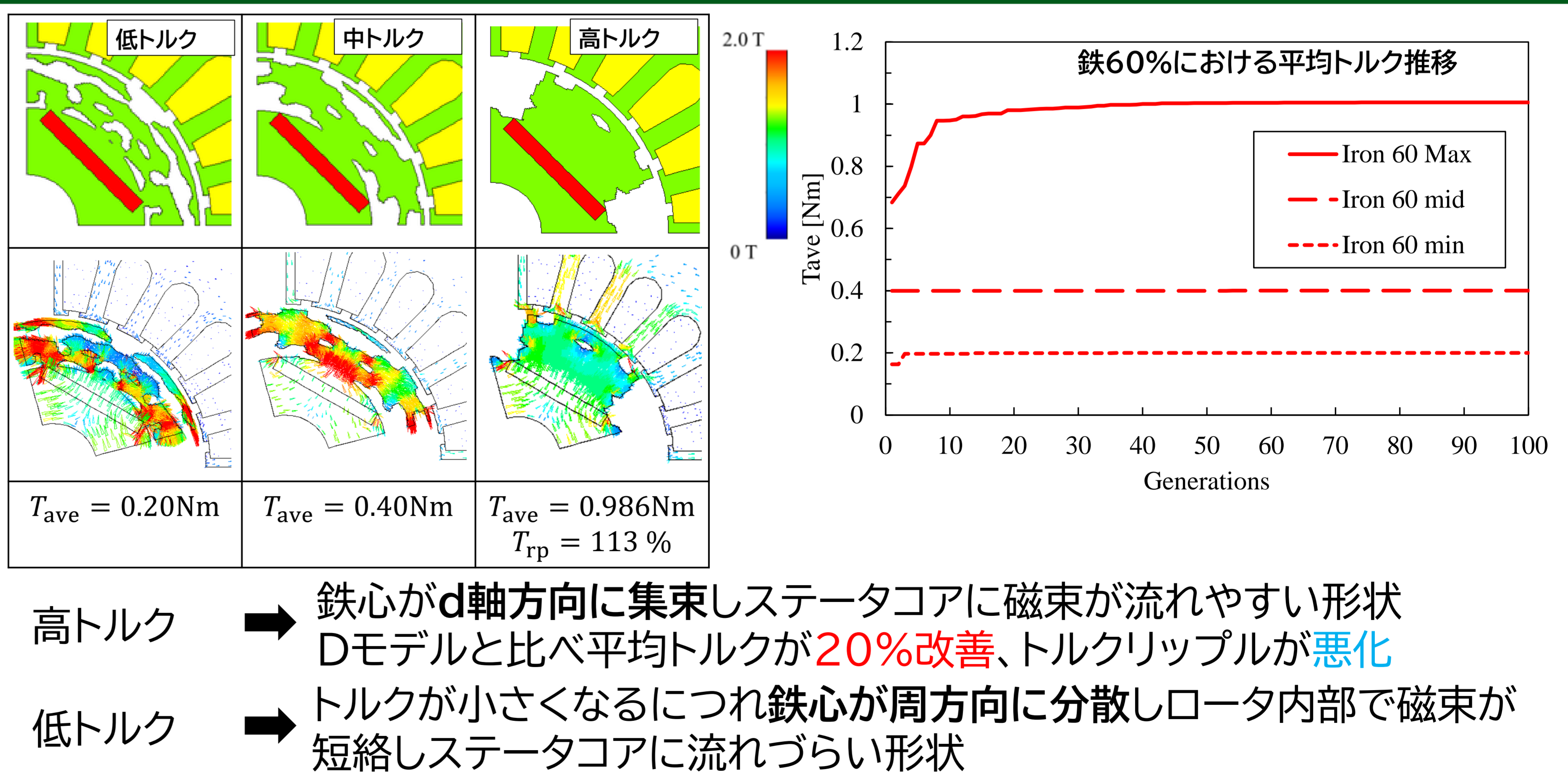
電気学会Dモデル  
(4極24スロットIPMモータ)  
 $T_{ave} = 0.822 \text{ Nm}$ ,  $T_{rp} = 39\%$

目的関数: 平均トルクの最大化

制約条件: 小トルク {  $T_{ave} \leq 0.2$  }  
中トルク {  $T_{ave} \leq 0.4$  }  
高トルク { なし }



## 最適化結果



## 結論と今後の展望

材料体積を固定としたNGnetを用いたトポロジー最適化による可動鉄心構造を持つ機械式可変磁束モータの構造を提案

- 高トルク時において平均トルクの改善、トルクリップルの悪化を確認
- 低・中・高トルク時において最適形状の導出をしたが、飛散した鉄片が多く製造困難
- 製造がより容易な形状を探索可能なアルゴリズムの構築

飛散する鉄片を減少させ、ばらつきが少なく連続的に鉄心が配置される形状の探索が可能