

なぜ風力発電システムなのか？

→総合工学的なモノであること

材料・機械・機構・回路・蓄電・制御・センシング・通信・環境



未来型 風力発電 システム技術の開発

～ サステイナブル工学分野における AI適用フレームワークの開発 ～

サステイナブル工学AI分科会 新海

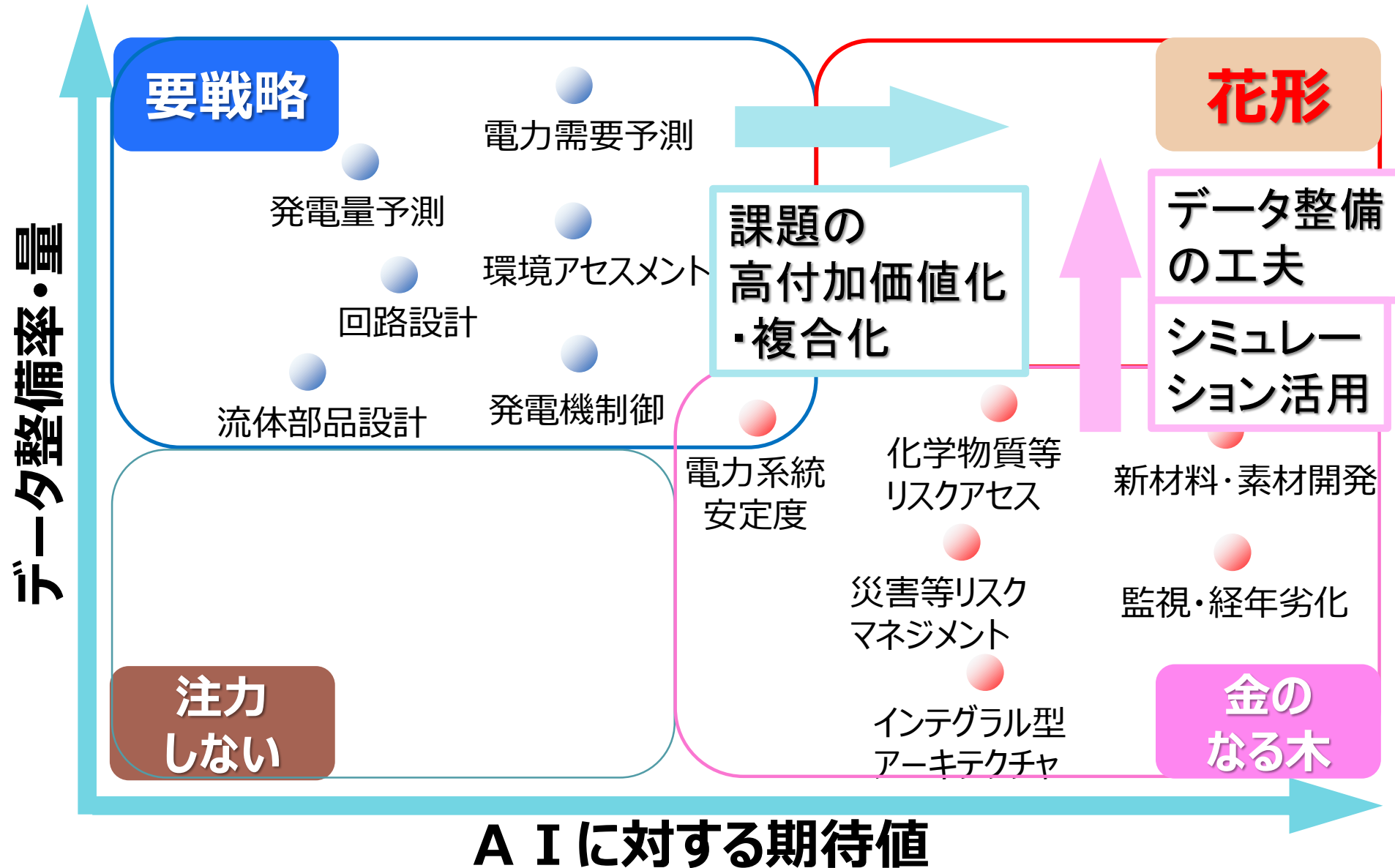
メンバー

応用科学科： 上野、山下、高橋、片桐、須磨岡、原、森本

機械工学科： 大久保

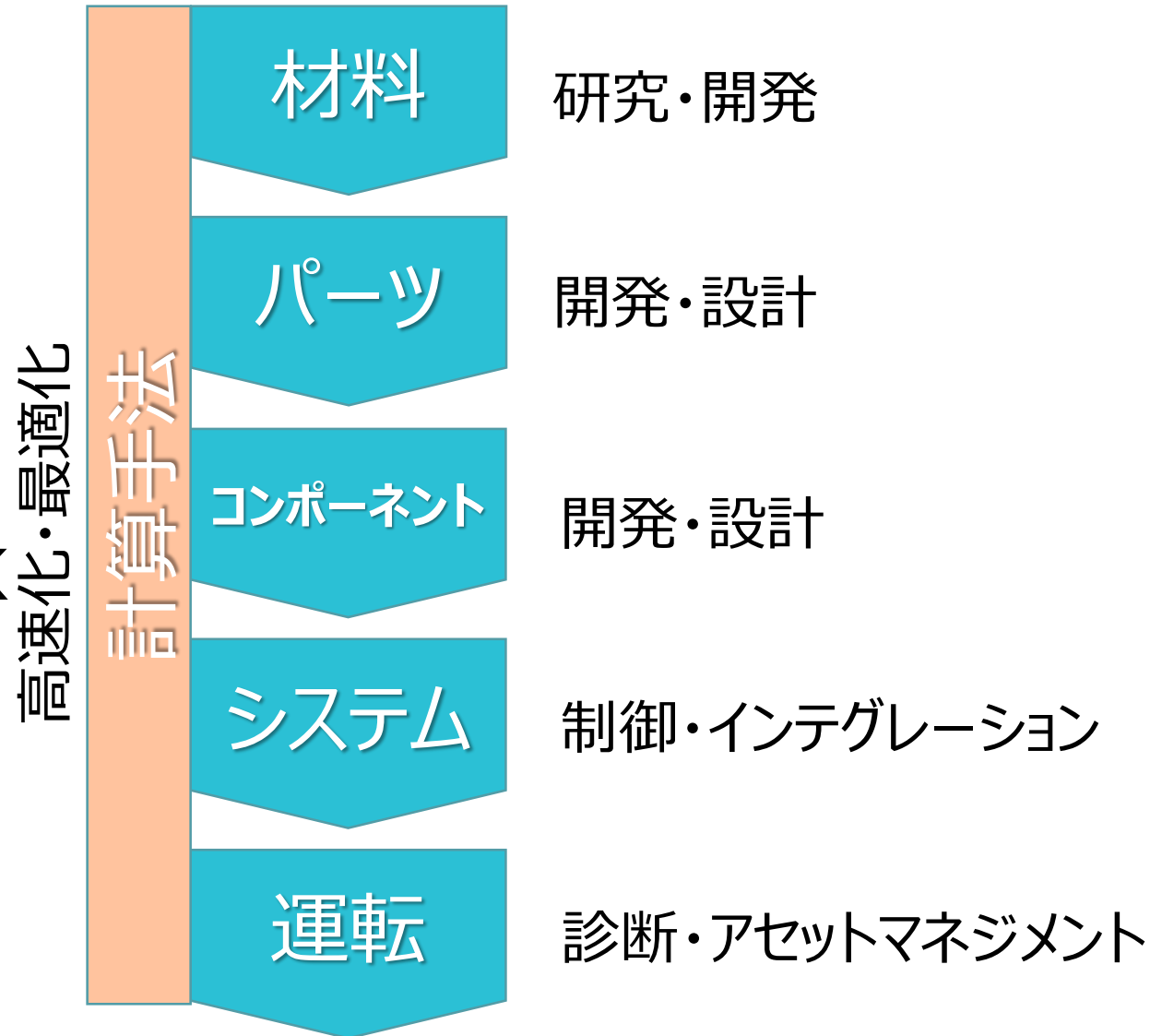
電気電子工学科： 高木、黒川、天野、新海

風力発電技術へのAI適用ポートフォリオ@2017



工学分野**一般**における AI適用フレームワークの開発

- ✓ いろいろなレイヤー・領域で、
AIを用いた予測・制御・分析・設計
のフレームワーク開発を行う
- ✓ アプリケーションの拡大、**ニーズの発掘**
風力発電に直接関係ない技術もOK
- ✓ 適用手法は広く柔軟に
AIとは何か？
→**結果的に知的な振る舞い**
ができれば人工知能



各レイヤーの研究事例を紹介！

有機化合物の合成方法の開発

耐久性を向上させる塗料防腐剤などへの適用

問題点

- 有機化合物の合成方法の開発は多数のパラメータがあるため、年月をかけて**たくさんの実験による試行錯誤が必要**になる

目的

- 色素や蛍光分子など特徴的な性質を示す π 電子共役系拡張分子をAIを活用して**少ない実験数で結果を予測**し容易な合成方法を確立する



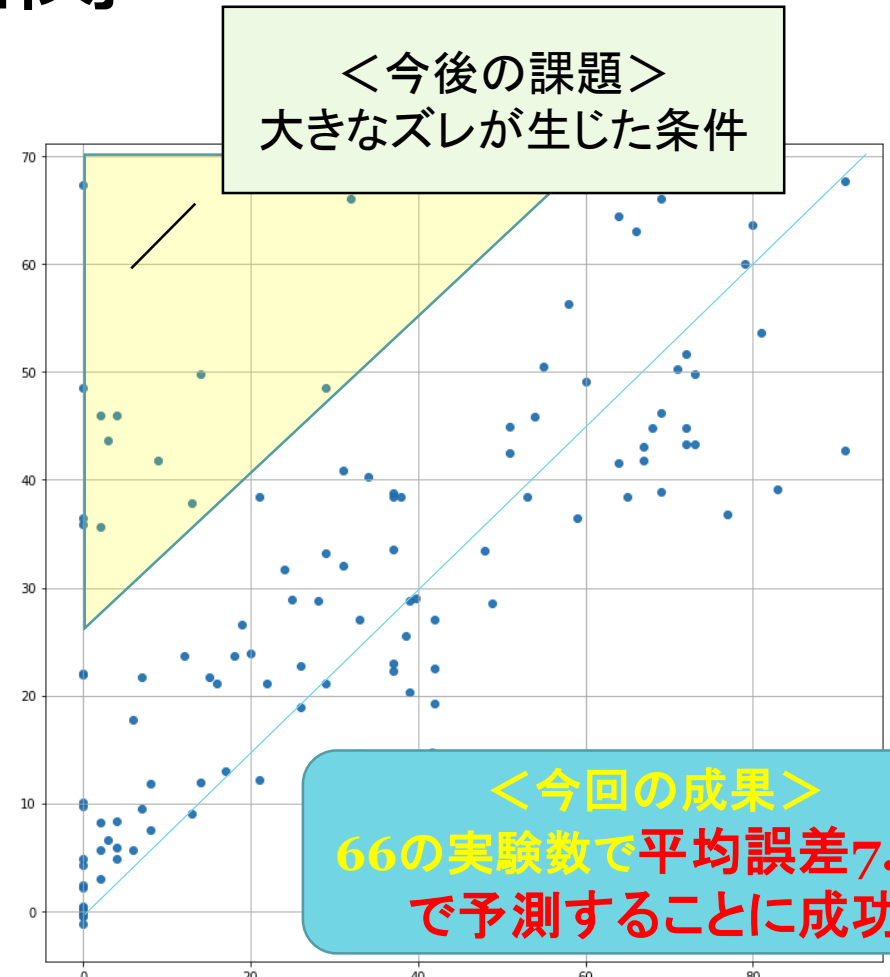
有機化合物の合成方法の開発 学習モデルと実験結果の相関

Experimental Data 1

substrate	amine	cat. [Pd]	ligand	oxidant	base	solvent	time	temp.	yield	predictions
0	1	3	1	9.7	1	1	48	160	0	
0.46	1	3	1	9.7	1	1	1	160	83.00	
0.46	2	3	1	9.7	1	1	1	160	76.90	
0.46	3	3	1	9.7	1	1	1	160	81.60	
0.46	4	3	1	9.7	1	1	1	160	37.10	
0.46	5	3	1	9.7	1	1	1	160	31.80	
0.53	1	3	1	9.7	1	1	1	160	83.00	
0.505	1	3	1	9.7	1	1	1	160	77.00	
0.281	1	3	1	9.7	1	1	1	160	74.00	
0.67	1	3	1	9.7	1	1	1	160	25.00	
-0.1	1	3	1	9.7	1	1	1	160	0	
0.062	1	3	1	9.7	1	1	1	160	0	
0.45	1	3	1	9.7	1	1	1	160	82.00	

実験データ
66個
少ない！

実験による収率



＜今後の課題＞
大きなズレが生じた条件

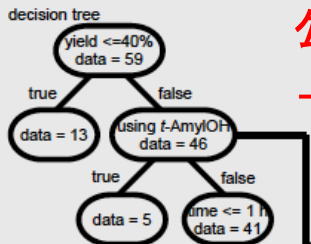
＜今回の成果＞
66の実験数で平均誤差7.5%
で予測することに成功

AIによる収率予測

input

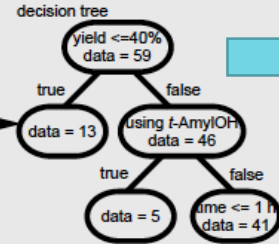


Machine Learning : XGBoost



勾配ブースティング決定木
+ハイパーパラメータ+化学的性質
(特徴量)

Calculation of Error
Reflect



output

Experimental Data 2

従来までに形成できなかった結合を一挙に形成することに成功！

誘電体多層膜ミラー設計への適用

パーツ

目標

10PW(10^{16} W)を超える超ハイパワーレーザーの開発

必要

広帯域、低分散なミラー

目標

反射率 > 99% @800 ~ 1300nm

レーザー核融合
非破壊検査など

問題

設計法がプロのノウハウ、一部の最適化ソフト頼り

目的

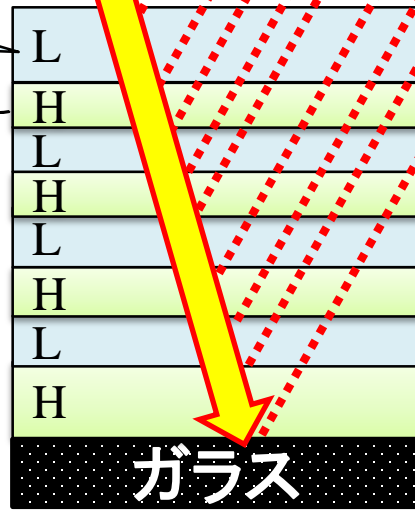
AIに光学素子の特徴を学習させ、設計に生かす

誘電体多層膜ミラー

透明で低屈折率

透明で高屈折率

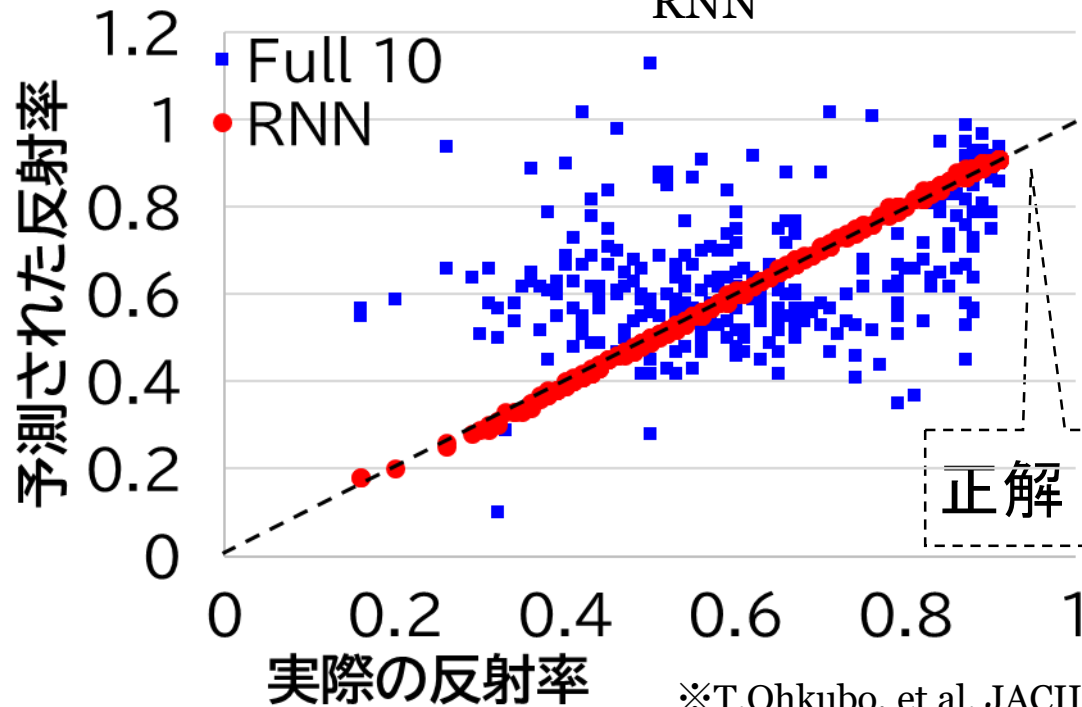
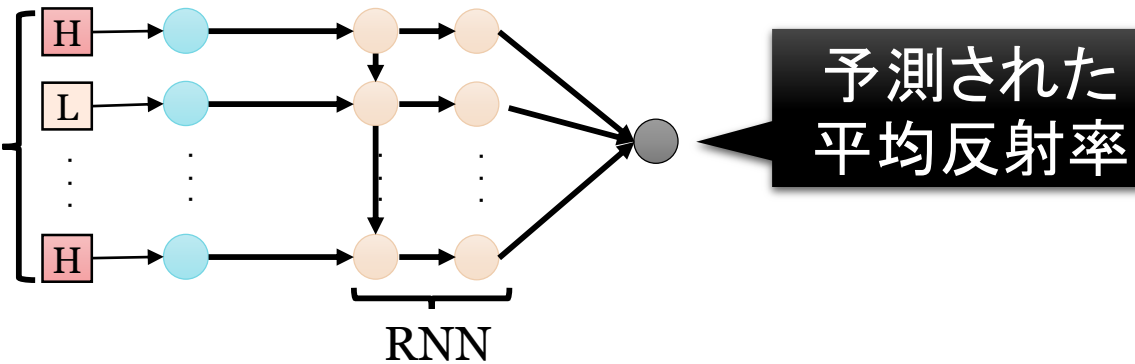
透明 = 吸収しない
= 壊れにくい



どんな組み合わせなら
最適なミラー？

誘電体多層膜ミラー設計への適用 RNN(再帰型ニューラルネット)で予測に成功

10層の
膜厚分布



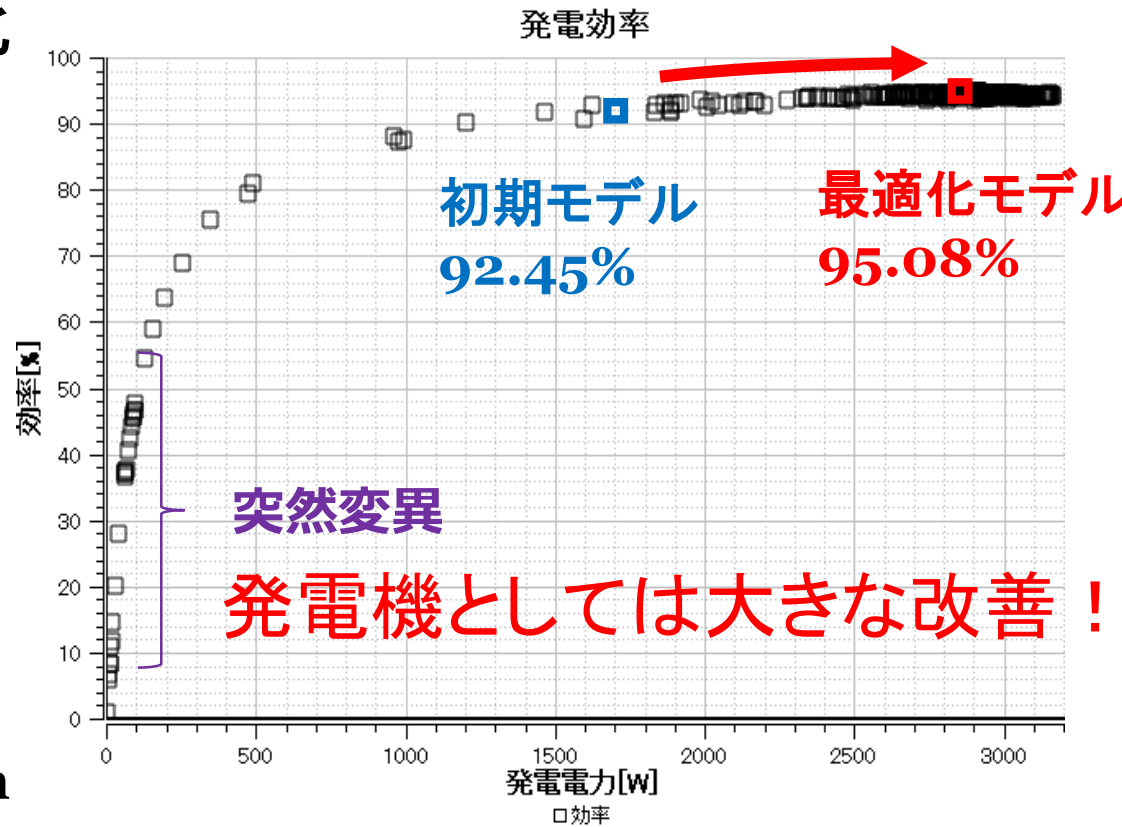
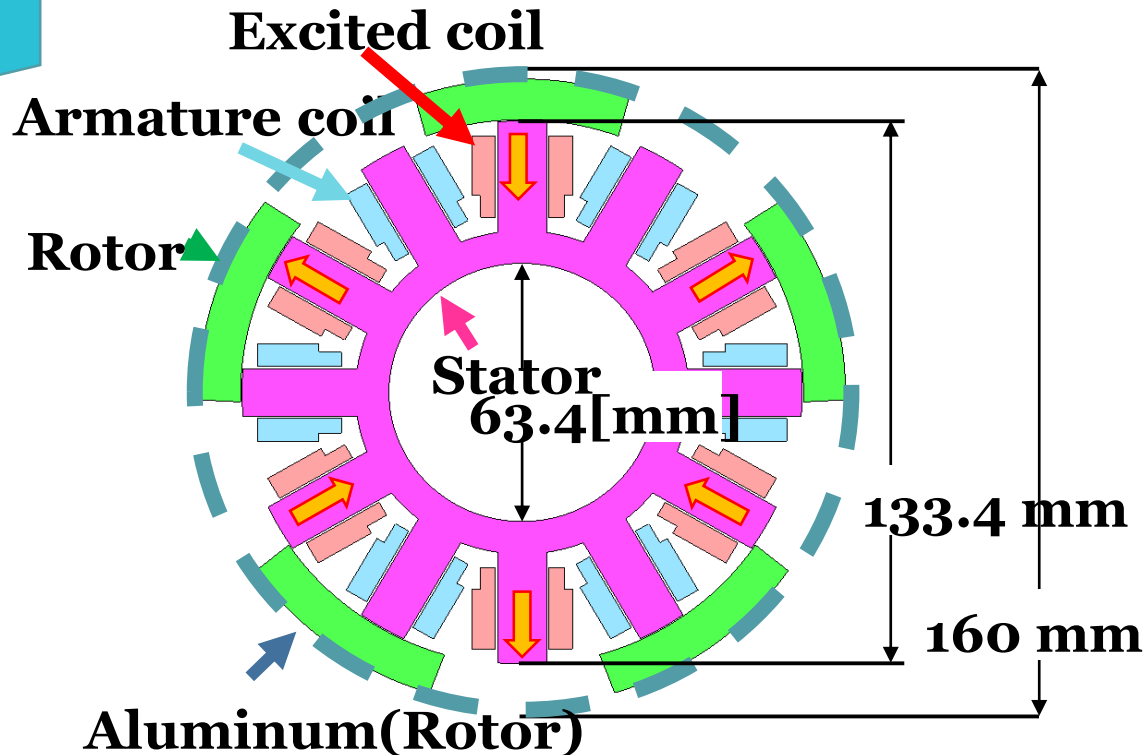
全結合ニューラルネットから
再帰型ニューラルネットの適用で
劇的に予測精度向上

※T. Ohkubo, et al. JACIII, 23 (2019)

新型発電機の性能予測と最適化

研究の目的 発電機の発電効率向上、新型発電機の性能予測

構造が複雑で**設計パラメータ多数**
→**遺伝的アルゴリズムによる最適化**



インテグラル型アーキテクチャの設計支援 (すり合わせ型製品)

＜物理シミュレーションの課題＞

- ✓ 複雑化・大規模化で、**計算時間増**
→結果、**設計に使えないことも**
- ✓ 計算精度と計算時間はトレードオフ

＜目的＞

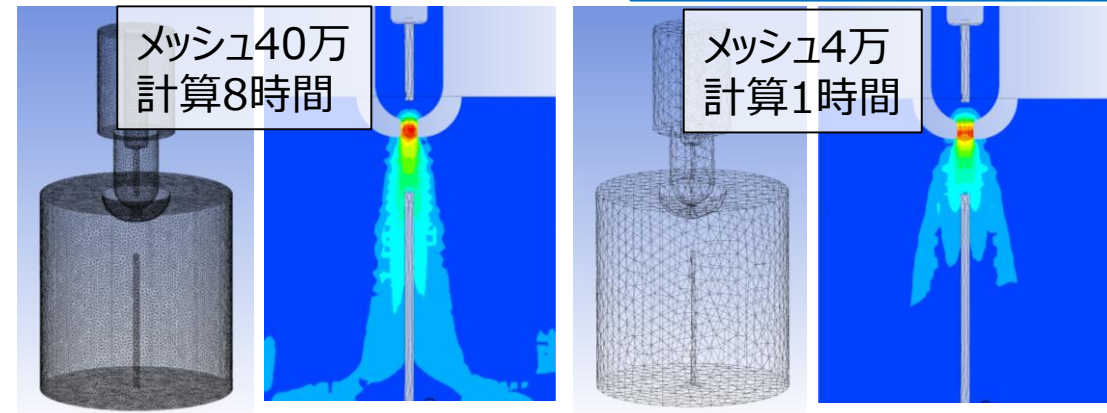
- ✓ **物理シミュレーションを機械学習**させ
計算時間短縮・計算精度向上を図る

＜方法＞

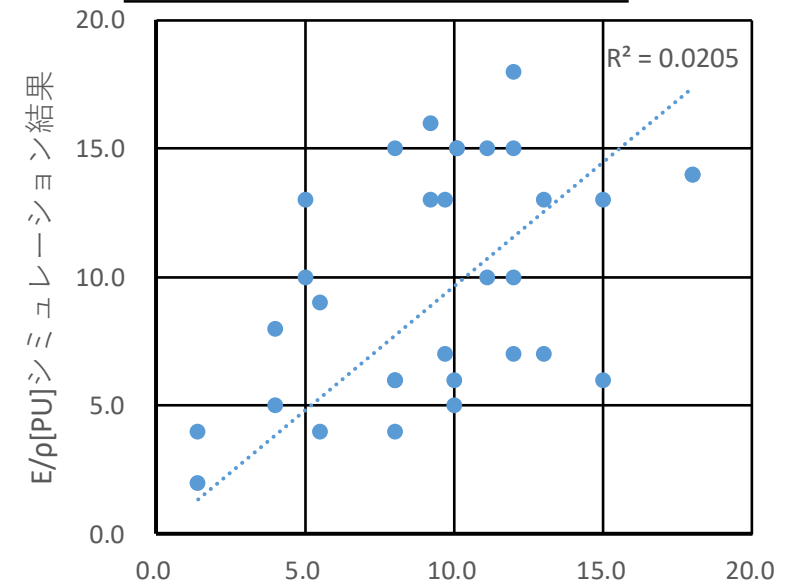
- ✓ **GNN(グラフ・ニューラルネットワーク)**適用
- ✓ メッシュをノードとし、無方向エッジで接続
- ✓ ノード数4000まで削減
データが少ないため特徴量を追加

＜結果＞

- ✓ 現状では精度悪く、改善中



ガス遮断器のマッハ数分布



電極先端のE/ρ[PU]予測値
学習予測値と高精度シミュレーション値⁹

音伝播特性 + 機械学習による インフラ検査・監視技術の開発

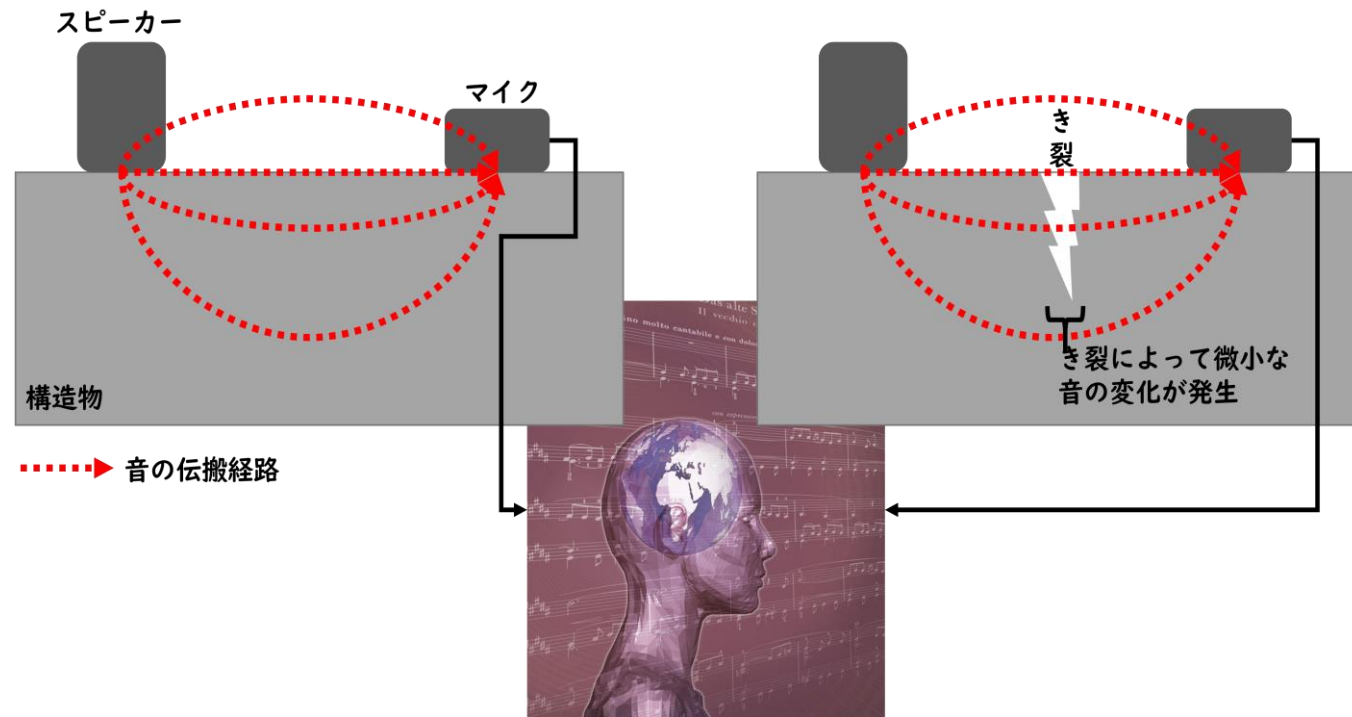
電電 天野直紀先生

論文1、発表2、記事1、受託研究3

＜コア技術＞

微細なき裂によって生じる音伝播特性の変化

→機械学習を用いて識別、き裂の有無やき裂の大きさを推定



音の伝搬経路

き裂

き裂によって微小な音の変化が発生

AI/機械学習によって聞き比べ
き裂の有無・大きさを推定

＜水平展開＞

- ・照明柱のき裂検出→産学共同研究
- ・PICフォームの含浸率推定→産学共同研究
- ・住宅における人の位置・心拍数の推定→高性能圧電素子を用いた実現
適切な避難指示を行うことを目指した
- ・斜面の地すべり監視→産学共同で相模原市中小企業研究開発補助金

材料

パーツ

コンポーネント

システム

運転

粒子群最適化を使った非線形力学系における分岐パラメータ探索の高速化

粒子群最適化は、群知能の一種で最適化問題に広く適用されます。
進化的計算手法の一種でもあります。

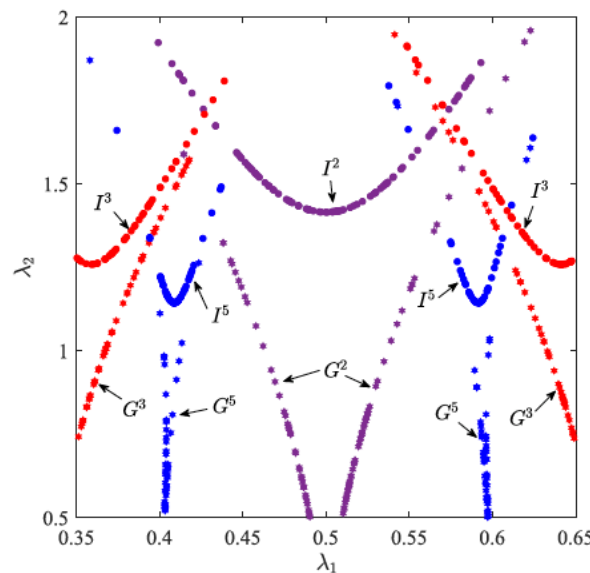
分岐現象とは力学系の周期解が唐突に質的に変化することです。分岐現象は力学系のパラメータに依存します。

先行研究:分岐パラメータ集合を見つける

力学系の分岐パラメータは次の条件を満たす。

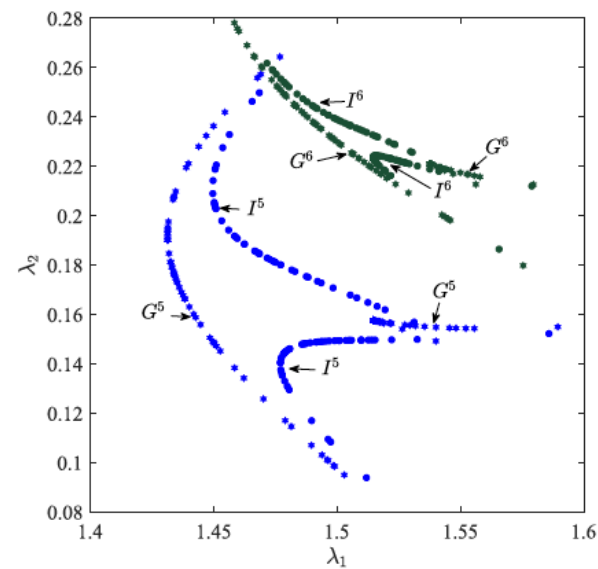
$$F_{\text{bif}}(\mathbf{z}_b) = \left| \det(Df^n(\mathbf{x}_p^*, \mathbf{z}_b) - \mu I_N) \right| < \varepsilon$$

➡ PSOにより F_{bif} を最小化することで分岐パラメータを求めることができます。



Circle map:

$$x(k+1) = f(x(k), \lambda) = \left(x(k) + \lambda_1 - \frac{\lambda_2}{2\pi} \sin 2\pi x(k) \right) \quad \begin{pmatrix} x_1(k+1) \\ x_2(k+2) \end{pmatrix} = f(\mathbf{x}, \lambda) = \begin{pmatrix} 1 - \lambda_1 x_1^2(k) + x_2(k) \\ \lambda_2 x_1(k) \end{pmatrix}$$



Henon map:

研究成果:並列化で計算速度の向上を果たした。

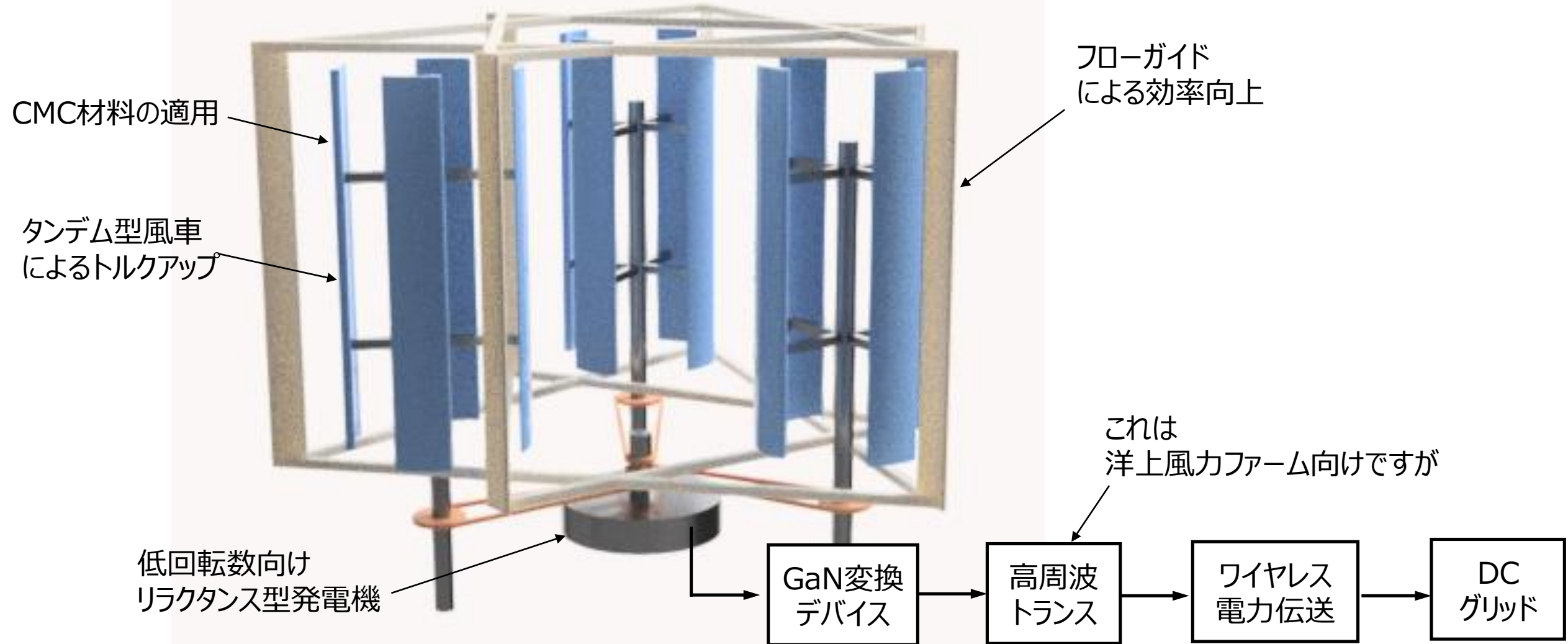
1. CUDAによるGPUを用いた並列計算
2. OpenMPによる複数コアCPUを活用した並列計算
3. プログラムのアプリケーション化

BADotNet, <https://github.com/kuro-lab/BADotNet>

PSOにより検出された分岐パラメータ集合

新型風力発電システムはどうなった？

低風速地(都市部や災害地)向け小型風力発電システムのコンセプト完成
要素技術開発進行中、今後実証を検討



まとめ

- ✓ いろいろな工学レイヤーで、
AIを用いた予測・制御・分析・設計のフレームワーク開発を実施
 - ✓ 金のなる木→花形は？ 少しずつ実を結びつつ
 - ✓ 新型風力発電は、今後、実証を検討
 - ✓ 研究会・勉強会を3回実施(2017、2018、2019年) 学生も参加
 - ✓ 展示会に出展(2018、2021、2022年) 学生も参加
 - ✓ 社会(特に小規模企業・自治体)ニーズは、
速く(早く)・安く・簡単にAIを使いたい
- 電気電子工学科のAI/IoTプロジェクトと共同参加

ご清聴ありがとうございました