

# 再生可能エネルギー調和型次世代電力システムを見据えた先進協調体系の創出

-日本型先進グリッドを目指して-

【代表研究者】早稲田大学・林 泰弘 教授

【共同研究者】早稲田大学・若尾 真治 教授／東京大学・馬場 旬平 准教授／東京大学・太田 豊 特任助教  
名古屋大学・飯岡 大輔 助教／福井大学・川崎 章司 助教／東京大学・横山 明彦 教授

(所属・職位は2012年12月現在)

## 太陽光発電システム

### 太陽光発電の制御手法

ループパワー  
コントローラ

太陽光発電システム

系統蓄電池

### 蓄電池の最適制御手法

## 電力ネットワーク

NW制御  
システム

### 電力ネットワークの保護手法

### 電力ネットワークの 電圧制御手法

# 協調制御技術

## 需要家

太陽光パネル

スマート  
メーター

パワーマネジメント装置

ヒートポンプ給湯器

### ヒートポンプ制御手法

蓄電池

電気自動車

### 電気自動車の 充放電制御手法

太陽光発電制御技術研究

電力ネットワーク制御技術研究

負荷制御技術研究

日本型先進グリッドによる安定供給  
(電圧、周波数の適正範囲内維持)

— 送配電網  
●●●● 情報通信網

# 遮断器と開閉器による太陽光発電連系システムの送配電損失最小制御手法の開発

【研究者】

早稲田大学 大学院 先進理工学研究科 電気・情報生命専攻

教授 林 泰弘

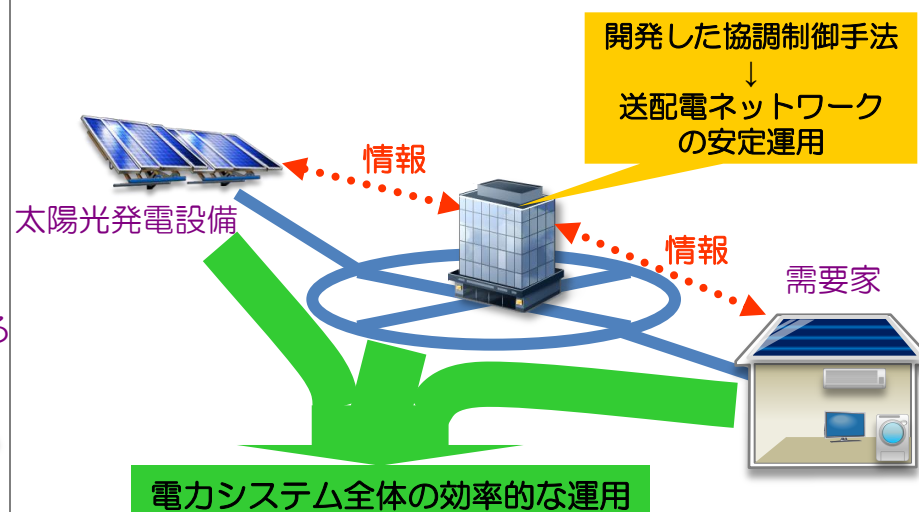
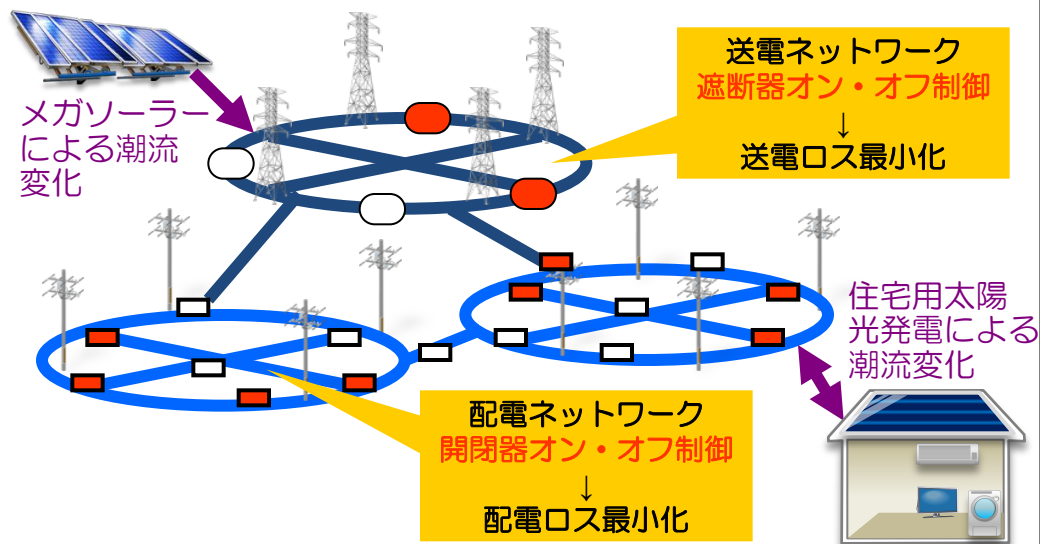
(所属・職位は2012年12月現在)

研究成果

太陽光発電が連系された配電ネットワークを対象に、需要家電圧を適正範囲内に維持しながら、送配電損失が最小となるような開閉器と遮断器の開閉制御アルゴリズムを開発しました

研究成果の活用

太陽光発電設備や需要家と情報を交換し、送配電ネットワークのみならず、電力システム全体の効率的な運用を可能にします



- 再生可能エネルギー電源が連系された配電ネットワークにおいて、需要家電圧を適正範囲内に維持しながら配電損失が最小となる構成を決定するために、開閉器の開閉状態を決定するアルゴリズムを開発
- 送電ネットワークの遮断器の開閉制御までを加えて、再生可能エネルギー電源が連系された送配電ネットワークの送配電損失が最小となる遮断器・開閉器の協調制御手法を開発
- 計算機シミュレーションにより、遮断器・開閉器の協調制御手法を用いて、太陽光発電が配電ネットワークに接続された場合、送配電ネットワークの構成を見直すことで損失削減効果が得られることを検証

- 本研究の協調制御手法により、送配電ネットワークの安定運用が可能になるだけでなく、太陽光発電設備や需要家と需給に関する情報を交換し、協調することで電力システム全体の効率的な運用を可能にします。

# 蓄電池併設型太陽光発電の運用評価手法の開発

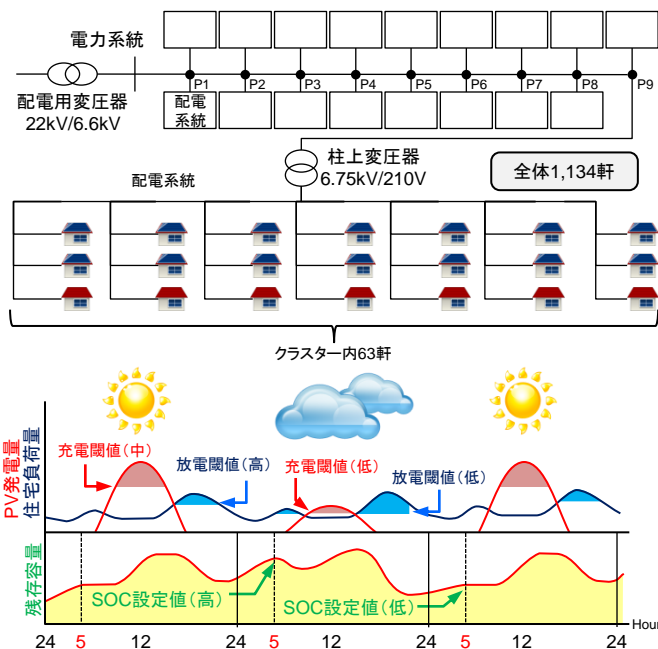
【研究者】

早稲田大学 大学院 先進理工学研究科 電気・情報生命専攻  
教授 若尾 真治

(所属・職位は2012年12月現在)

研究成果

大量導入された太陽光発電(PV)の出力安定化を目指し、蓄電システムの多目的運用最適化・評価手法を開発しました



- 多様なステークホルダーを想定し、**多数の評価(目的)関数**を考慮できます。

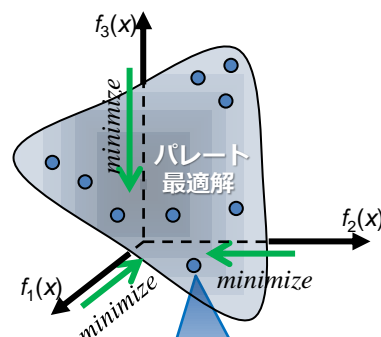
- PVの日積算予測発電量により、晴天および曇天の**2つの予測区分**に分類しました。

- 予測区分に応じて、**充電閾値・放電閾値・SOC設定値**を最適化できます。

- 抑制PV電力量の削減、CO<sub>2</sub>ペイバックタイムやコストペイバックタイムの短縮、災害時電力供給能力の向上など、様々な評価項目を考慮したうえで、蓄電システムの最適な運用手法を導出するアルゴリズムを開発しました。
- ブラックボックスモデリングに基づく簡便かつ高精度な翌日日射量の予測手法を開発しました。
- 計算機シミュレーションにより、日射量予測情報に基づく蓄電システムの開発運用手法の効果を検証しました。

研究成果の活用

エネルギーネットワークの最適構成・運用を実現するための多角的な設計情報の抽出を可能とします

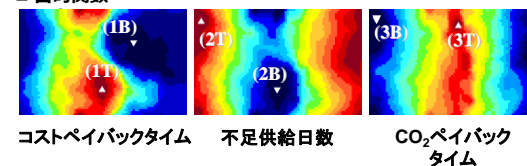


目的1 目的2 目的3  
設計パラメータ1  
設計パラメータ2  
⋮  
設計パラメータN

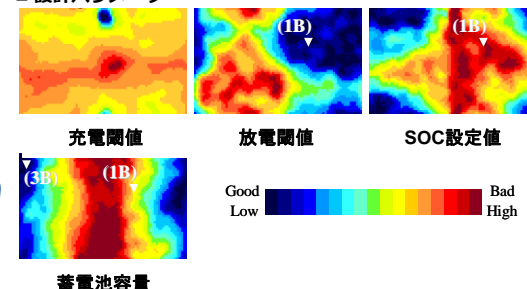
数多くの情報が含まれている

自己組織化マップを用いた設計・運用情報抽出 (多次元データの2次元マップへの写像)

■ 目的関数



■ 設計パラメータ



- 今後、PVが大量導入されエネルギーインフラとしての役割をより担うためには、システム設計時に考慮すべき評価項目が多様化の一途を辿ると考えられます。さらに、据置蓄電池のみならず電気自動車の活用など、設計パラメータも一層多様化するものと考えられます。
- このような状況のもと、本開発手法を用いることで、評価関数同士やそれらと設計変数の相関など、最適システムの構築に有益な情報を容易に抽出することが可能となります。



# 太陽光発電群 力率制御手法の開発

【研究者】

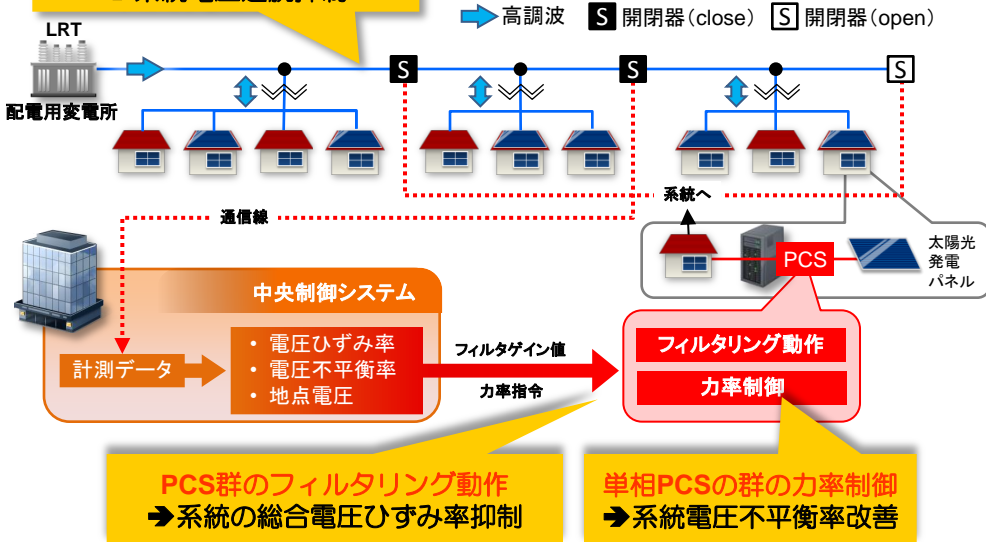
福井大学 大学院工学研究科 電気・電子工学専攻 助教 川崎 章司  
早稲田大学 大学院 先進理工学研究科 電気・生命工学専攻 教授 林 泰弘

(所属・職位は2012年12月現在)

研究成果

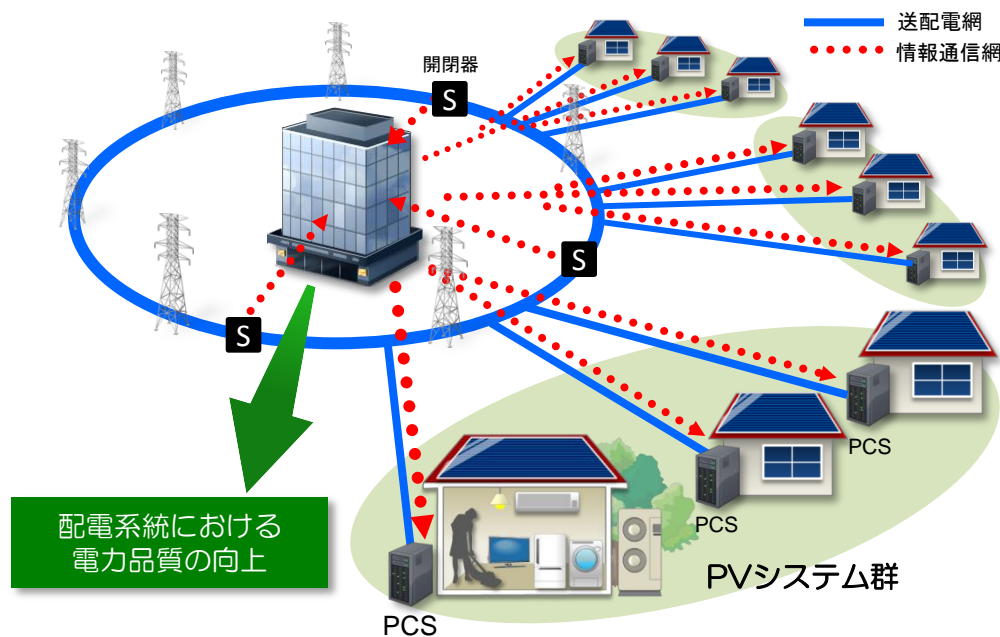
再生可能エネルギーの大量導入や負荷の多様化により悪化が懸念されるシステムの電力品質を太陽光発電群の協調制御により改善する手法を開発しました

PVシステム群の力率制御とLRTによる電圧制御  
→ 系統電圧逸脱抑制



研究成果の活用

複数台の太陽光発電システムの協調制御により、配電系統の電力品質を向上させます



- 負荷時タップ切り替え変圧器(LRT)との制御分担を考慮に入れた、太陽光発電(PV)システム群の力率制御による系統電圧制御手法を開発しました。
- PVシステム群のパワーコンディショナ(PCS)の余剰容量を活用し、フィルタリング動作させることにより系統の総合電圧ひずみ率を抑制する手法を開発しました。
- 住宅用PVシステムを想定し、複数台の単相PCSの力率制御により系統の電圧不平衡を改善する手法を開発しました。

- 太陽光発電システムが大量導入された場合、その出力変動が系統に及ぼす影響を制御するために、提案手法により、LRTや自動電圧調整器(SVR)との制御分担を考慮して、緩やかな電圧変動に対しては、LRTやSVRに対応させ、急峻な電圧変動に対しては、PVシステム群の協調制御を行うことにより、系統電圧を適正範囲内に抑制することが可能になります。
- 系統の電力品質を向上(高調波抑制、電圧不平衡改善)させることが可能になります。

# 再生可能電源連系系統の保護手法の開発

【研究者】

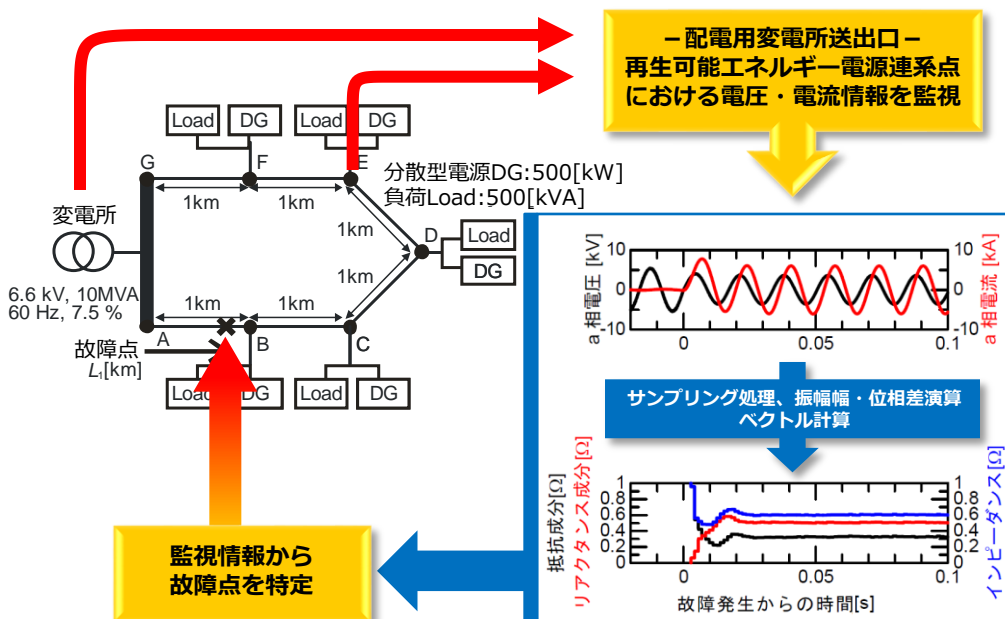
名城大学 理工学部 電気電子工学科

准教授 飯岡 大輔

(所属・職位は2012年12月現在)

研究成果

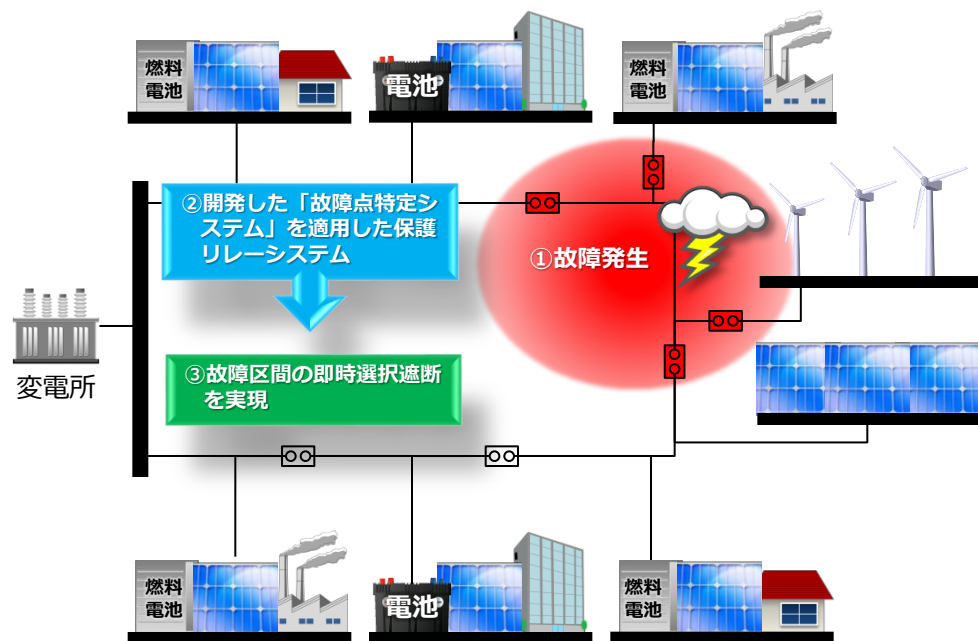
再生可能エネルギー電源が連系された電力ネットワークで、短絡故障の故障点を特定する手法を開発しました



- 配電用変電所の変圧器2次側における相電圧 $v$ と線電流 $i$ を用いて、インピーダンスを求めます。
- 故障点までの距離に関する二次方程式を導出し、算出したインピーダンスを代入して方程式を解くことにより、配電用変電所送出口から故障点までの候補値 $L_{C1}$ を算出します。
- ループ型配電系統に連系された再生可能エネルギー電源の電圧および電流から算出するインピーダンスの特性を用いると、候補値を一つに絞ることができます。
- 故障点を特定する精度は、亘長6kmのループ系統で最大数百m程度です。

研究成果の活用

雷などにより電力系統に故障が発生しても、従来のシステムと比較して、停電区間と停電時間を小さくすることを可能にします



- 故障点特定システムを保護リレーシステムに適用することで、故障点近傍のみを即時選択遮断することが可能となります。
- 結果として、従来方式よりも素早く停電区間を最小化できるので、供給信頼度の向上につながります。
- また、従来のシステムよりも停電区間の局限化を図ることができるので、分散型電源の一斉脱落問題の解決につながります。