

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月 5日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2009 ～ 2012

課題番号：21360127

研究課題名（和文）

都市域全体における面的な太陽光発電出力変動特性の算定手法の開発

研究課題名（英文）

Development of Calculation Method of Power Output Fluctuation Characteristics of Aggregated Photovoltaic Power Generation System in Metropolitan Area

研究代表者

加藤 丈佳 (KATO TAKEYOSHI)

名古屋大学・工学研究科・准教授

研究者番号：90283465

研究成果の概要（和文）：半径 4km 圏内の 17 地点で観測した日射量データや、協力企業から提供を受けた中部地域の日射量データについて、観測地点間における短周期変動の独立性などを解析した。その結果、 $1/\sqrt{N}$  則を適用することで、1 地点の観測データは半径 15~20km の範囲の空間平均日射変動特性を表せることを確認した。その結果に基づき、遷移仮説を応用して観測点周辺の日射変動平滑化効果を表すローパスフィルタ（LPF）を構築した。LPF を中部地域 61 地点の日射データに適用するとともに、住宅分布に基づく各観測点の重みを考慮して、中部地域全体の空間平均日射を算定し、32 分周期以下の短周期変動特性や数時間にわたる大きな日射変動の年間発生回数等を統計的に評価した。また、日射変動特性の評価の一環として、翌日の空間平均日射量 1 時間値を予測する手法を開発した。さらに、スプライン補間によって観測地点間の任意地点の日射量を推定する手法や天空画像の解析によって一定範囲内の空間平均日射量をリアルタイムに把握する手法を開発した。

研究成果の概要（英文）：By analyzing both the irradiance data observed 17 points within the area of 4 km radius and the data in the Chubu region provided by a cooperative company, this study revealed that because of the independency of short-cycle fluctuation, single point observation data can represent the fluctuation characteristics of the spatial average irradiance within the area of 15 - 20 km radius, when the  $1/\sqrt{N}$  rule is applied. By applying the so-called transition theorem based on this result, this study developed the low-pass filter which takes into account the smoothing effect of irradiance fluctuation around individual observation point. Then, by applying the LPF to the observed irradiance at 61 points in the Chubu region and by considering the contribution of individual points related to the distribution of the detached-houses, this study calculated the spatial average irradiance of Chubu region, and evaluated the fluctuation characteristics in terms of short-cycle (32 min or shorter) fluctuation or the annual occurrence rate of large change in a few hours. In addition, this study developed a day-ahead forecasting method of spatial average irradiance for the evaluation of fluctuation characteristics from the predictability point of view. On the other hand, this study developed the interpolation method to estimate the irradiance of an arbitrary location from the observation data of surrounding-points, and the nowcasting method of spatial average irradiance of the area of a few km radius.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	11,200,000	3,360,000	14,560,000
2010 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011 年度	900,000	270,000	1,170,000
2012 年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	14,400,000	4,320,000	18,720,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学、電力工学・電力変換・電気機器

キーワード：太陽光発電、日射、予測、電力系統、都市

### 1. 研究開始当初の背景

化石燃料消費量・CO<sub>2</sub> 排出量の削減方策の一つとして太陽光発電システム（以下、PVS）の大量導入が期待されているが、一方で大量導入が実現するような状況では、個々の配電系統における電圧上昇だけでなく、電力系統全体に対しても周波数制御、電源計画等に大きな影響を及ぼすことが予想される。これらの影響を適切に評価し、効果的な対策を講じるためには、太陽光発電の導入規模に応じて都市域全体の面的な発電特性を把握し、系統全体の視点から、PVS 群の出力変動抑制量を明らかにすることが非常に重要である。個々のマイクログリッドの観点から必要な変動抑制量を評価すると、蓄電池等の過剰な導入を招く恐れがあることから、国策として PVS の大量導入を目指すのであれば、系統全体の視点から、真に必要な PVS 群の出力変動抑制量を明らかにすることは非常に重要である。そのためには、都市域全体の太陽光発電の面的な発電特性を把握することが不可欠であり、多地点で同時観測された日射量または PVS 出力のデータが必要である。日射量の多地点同時観測については、これまでも、NEDO による標準気象・日射データ（METPV-3）の整備やいくつかの大学や研究機関で行われてきたが、分オーダの日射変動を十数 km 四方の広域で多地点同時観測されて例はなく、また、観測データから PVS 群の面的な出力変動特性を算定する手法も整理されていない。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、実際の地域を対象として、PVS の導入規模・地域的分布に応じた出力変動特性の算定手法を開発することである。この目的のため、本研究では、以下の4つの要素技術（S1～S4）を構築することとした。

- S1. 統計データ・地図データに基づく PVS 賦存量分布の算定方法
- S2. 日射変動の時間差に着目した区域内の平均日射変動パターン算定方法
- S3. 多地点日射変動特性の空間的相関に基づく任意地点の日射変動パターンの推定方法
- S4. 建物の影を考慮した典型的な市街区における PVS 群の発電特性の算定方法

本研究の中心は S2 と S3 であり、それぞれ広域および配電系統エリアにおける PVS 群の合計出力変動特性を算定する。S1 は特に S2 の基礎データを構築するものであり、S4 によって S3 の高精度化を行う。

### 3. 研究の方法

系統全域における PVS 群の合計出力変動特性に対応する空間平均日射変動特性を算定するため、中部地域内の 61 地点の日射量データを用いて、上述の S1 にて算定される PVS 群の空間分布に基づく各日射観測点の代表領域の寄与度を算定し、これを重みとして S2 によって算定される観測点周辺で期待される変動平滑化効果を考慮した日射観測点の代表領域における空間平均日射変動パターンの加重平均値を集計した。S1 については、観測点間の垂直二等分線によるボロノイ分割によって各観測点が代表する領域を算定するとともに、地域メッシュ統計等の統計情報を用いて、各種 PVS 導入シナリオに基づき各領域における PVS 群の導入量を想定する手法を開発した。また、S2 については、名古屋大学を中心とする半径 4km 圏内の延べ 17 地点（図 1）で観測した日射データおよび代表者らが過去に観測した日射データの変動特性を統計的に解析するとともに、その結果に基づき遷移仮説を応用して観測点周辺の日射変動平滑化効果を表すローパスフィルタ（LPF）を構築した。

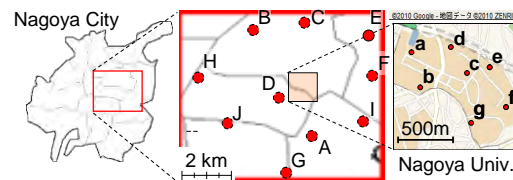


図 1 名古屋大学周辺の日射観測地点

一方、S3 として、配電系統エリアに対応する半径数 km 圏内について、スプライン補間により、圏内の複数観測地点データを用いて任意地点の日射量を推定する手法を開発した。その際、日射変動の相関分析に基づき、ダミー観測点を導入することで、補間精度を改善した。また、半径数 km 圏内の空間平均日射強度をリアルタイムで把握するため、1 地点で撮影した全天画像の色情報を入力とするニューラルネットワークと同地点の観測日射量とを組み合わせる手法を開発した。

さらに、S4 については、建物高さ情報を含む GIS データを用いて、周辺建物による PVS 設置点への射影を算定し、大きさ 100m×100m の様々な街区を対象として、建物屋根面への平均日射量を算定した。

本報告書では、S2 および S3 に関して、研究成果を示す。

#### 4. 研究成果

##### 4.1 系統全域の空間平均日射変動特性

###### (a) 地点間距離と日射変動独立性との関係

25 km 四方における 10 地点にて観測した日射量のうち、9 時～15 時における 32 分以下の変動成分の標準偏差が  $100 \text{ W/m}^2$  以上の日のデータを用いて、任意の 2 地点における 8 分、16 分、32 分周期の日射変動コヒーレンスを算定した。そして、地点間距離ごとに各日のコヒーレンスを降順整列して算定した上位 20% の平均値と地点間距離との関係は図 2 に算定され、2 地点間距離が概ね 5 ～ 10 km 以上であれば、周期が数十分程度の日射変動は概ね独立とみなすことができることがわかった。この他にも、2 地点のアンサンブル平均日射変動の標準偏差と共分散 0 を仮定して合成した 2 地点の平均標準偏差との関係からも同様の結果が得られた。

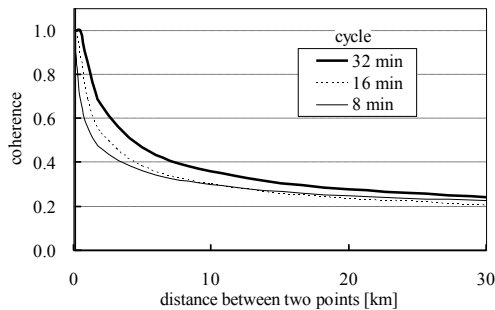


図 2 2 地点間距離とコヒーレンスとの関係

###### (b) $1/\sqrt{N}$ 則の適用可能性

上記の結果から、検討対象地域を 5 km 間隔の  $N$  個の区域に分割し、対象地域内の 1 地点について観測・算定した 32 分周期以下の日射変動の標準偏差に  $1/\sqrt{N}$  則を適用することで、検討対象地域内の空間平均日射変動の 32 分周期以下の標準偏差を算定することとした。ただし、 $1/\sqrt{N}$  則は日射変動特性が同程度とみなせる範囲内でしか適用できない。そこで、名古屋市を中心とする中部地域の平野部主体の 27 地点で観測された日射量データを用いて、 $1/\sqrt{N}$  則が適用可能な範囲やその地域性、地形の影響等を評価した。その結果、名古屋市を中心とする中部地域の平野部については、半径 20 km 程度の範囲が  $1/\sqrt{N}$  則適用の上限になることや、松本盆地のように幅 15 km 程度の細長い地形で東西を山脈の囲まれている場合には地点による気象条件の差が大きいことから、より狭い範囲にしか  $1/\sqrt{N}$  則を適用できないことなどを明らかにした。

###### (c) 遷移仮説に基づく LPF の構築

検討対象領域内の 1 地点で観測した日射変動に基づき、32 分以上の周期を含めて領域全体の空間平均日射変動パターンを算定する

ため、遷移仮説を応用したローパスフィルタ (LPF) を構築した。遷移仮説とは、各観測地点の日射変動が同期していると仮定した場合の周波数特性 (以下、 $S_{\text{coh}}(f)$ ) から各観測地点間の日射変動がランダムであると仮定した場合の周波数特性 (以下、 $S_{\text{ran}}(f)$ ) に遷移する過程に仮説を立て、 $S_{\text{coh}}(f)$ 、 $S_{\text{ran}}(f)$  および同期が崩れる周期 (以下、 $T_x$ ) を用いて空間平均日射変動の周波数特性  $S_{\text{mea}}(f)$  を定式化するものである。これを応用し、対象領域を 5 km 間隔の  $N$  個の格子点で表し、領域内の代表 1 点の日射変動特性  $S_A(f)$  を用いて、対象領域における空間平均日射変動特性  $S_{\text{cenN}}(f)$  を次式によって表すこととした。

$$S_{\text{cenN}}(f) = \left| \frac{S_A(f) \cdot \left( 1 + j T_x \cdot f \right) \cdot \frac{S_A(f)}{\sqrt{N}}}{1 + j T_x \cdot f} \right| \quad (1)$$

図 3 に半径 15 km の範囲に関する  $S_{\text{cenN}}(f)$  等を示す。対象領域の大きさを変化させて同様の検討を行い、半径 20 km 程度までの領域については (1) 式が適用できることを確認した。

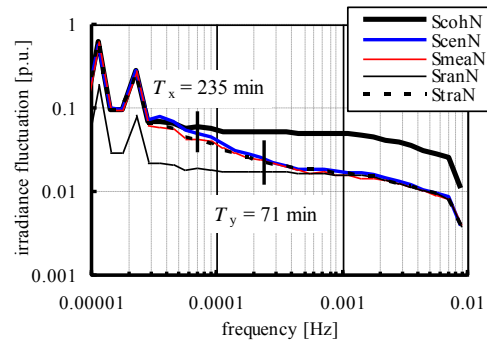


図 3 日射変動周波数特性(半径 15km の範囲)

(1) 式を  $S_A(f)$  で除した  $G(f)$  ( $= S_{\text{cenN}}(f)/S_A(f)$ ) は、観測点周辺における平滑化効果を表す LPF のゲイン (ただし位相は変化しない) と考えることができる。そこで本研究では、対象領域の面積  $S$  を説明変数として、(1) 式の  $T_x$  等を定式化し、面積  $1,300 \text{ km}^2$  程度のまでの任意の大きさの領域について、様々な日に関する空間平均日射変動の平均的な周波数特性を表す LPF を構築した。

###### (d) 中部全域の空間平均日射変動特性

構築した LPF を中部地域 61 地点 ( $i = 1 - 61$ ) で 1 年間にわたり観測された日射強度  $I_i(t)$  に適用し、ボロノイ分割によって決定した各観測点が代表する範囲について、観測点周辺の日射変動の平滑化効果を考慮した日射強度  $I_i(t)$  を算定した。また、戸建住宅数に基づき各観測点に関する重み  $w_i$  を算定し、次式によって中部全域における空間平均日射パター

ン  $I_{\text{ens}}(t)$  を算定した。

$$I_{\text{ens}}(t) = \sum_{i=1}^{61} w_i I_i'(t) \quad (2)$$

$I_{\text{ens}}(t)$  の変動特性の例として、各日の 6~18 時を対象として、20 分、60 分、120 分の各時間窓による一日の最大変動幅 MFW を図 4 に示す。120 分窓における  $I_{\text{ens}}(t)$  の MFW は、年平均で  $320 \text{ W/m}^2$  程度であるが、太陽高度の大きな変化が原因で MFW の絶対値が  $400 \text{ W/m}^2$  以上となる日が年間 78 日あり、その約 80% は春分の日から秋分の日に発生していることがわかった。また、日の出直後または日没直前の太陽高度の大きな増加・減少と雲の消滅・発生が重なったことにより、120 分間で  $500 \text{ W/m}^2$  程度の変動となる日が数日あった。さらに、PVS 群の出力予測において実質的に重要となる太陽高度の変化に伴う成分を排除した空間平均日射変動を評価した結果、広い範囲での天候の急激な変化が原因で、正午前後の数時間に 120 分間の MFW が  $300 \text{ W/m}^2$  以上となる日が年間十数日発生する可能性があることが確認できた。

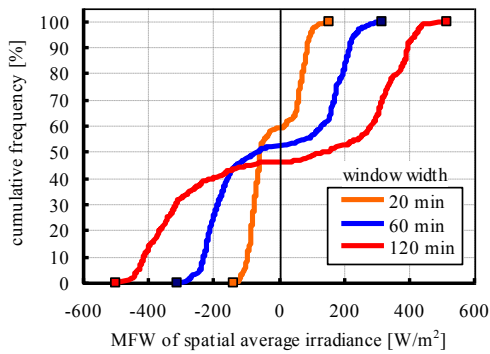


図 4 空間平均日射強度の日別最大変動幅

また、 $I_{\text{ens}}(t)$  から 32 分周期以下の変動成分のみを持つ  $I_{\text{e32}}(t)$  を算出し、検討対象 363 日の 6~17 時台の 1 時間ごとに標準偏差  $\sigma_{\text{e32}}(h)$  を算定した。その結果、短周期変動に関する平滑化効果により、年間を通じて約 80% の時間帯において  $\sigma_{\text{e32}}(h)$  は  $5 \text{ W/m}^2$  以下であり、1 時間あたりの平均日射量に対する標準偏差の割合は、約 98% の時間帯において 2% 以下であり、約 57% の時間帯において 1% 以下と非常に小さいことがわかった。

#### (e) 統計・予測の観点からの変動特性評価

上述の特性を長期間を対象として統計的に評価するため、過去データの蓄積が豊富なアメダス日照時間の利用に着目し、その可能性を評価した。その結果、快晴日および曇天日を除いた日に関する 120 分窓の最大 MFW について、年間の平均絶対誤差率 8% 程度の精度で推定できることや、上位 10 日間の大きな変動が発生する時期についても概ね適

切に評価できることを確認した。

さらに、日射予測の観点から、変動特性を評価するため、メソスケール気象数値モデルの GPV データ (MSM-GPV) のうちの雲量 (下層・中層・上層) および湿度の線形回帰式による翌日日射量 1 時間値の予測手法を開発した。その結果、18 時配信の MSM-GPV を用いる場合には %MAE が 15.7% となり、平滑化効果によって単地点での予測結果と比較して 10% 程度低減した。しかし、非常に稀に発生する短時間の大きな変動については前日予測は困難な場合が多いことがわかった。

#### 4.2 半径数 km 範囲の空間平均日射変動特性 (a) スプライン補間による時空間平均日射量の推定

上述の日射変動特性解析の結果、日射変動は雲の移動方向に伝播し、一定の時間・範囲内であれば、複数の地点間で日射変動の類似性があることを確認した。このような特徴を考慮し、観測点からみて風上・風下に仮想的な観測点 (以下、ダミー観測点) を配置し、短時間であれば上空を通過する雲の大きさや形は変化しないという想定のもと、スプライン補間を用いて、配電系統エリアに対応する半径数 km の範囲における任意地点の日射強度の算定する手法を構築した。スプライン補間の一例を図 5 に示す。

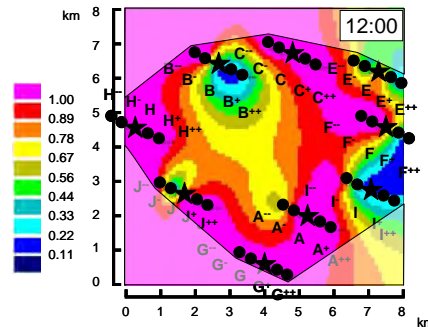


図 5 ダミー観測点を考慮した日射量スプライン補間の一例

電力系統への影響評価において PVS 群の出力変動特性を把握する場合、一定範囲内の空間平均値を補間できればよく、日射変動のエルゴード性を考慮すれば、時間的にも平均化された日射変動を補間すればよいことになる。このような観点から、1 地点で観測された日射量と多地点のアンサンブル平均日射量とについて 1~60 分平均値の相関を評価した。その結果、10~30 分平均値に関して 1km 四方の範囲の空間代表性があることが確認できた。この結果に基づき、1km 四方の範囲内の 10~30 分の時空間平均値についてスプライン補間を行った結果、30 分の時空間平均値であれば、概ね補間可能なことを確認できた。

(b) 全天画像による空間平均日射量のリアルタイム把握

配電系統の供給範囲に対応する半径数 km 程度の空間平均日射強度については、雲のない完全晴天空や空一面が厚い雲で覆われる完全曇天空（以下、両者を総称して一様天空と呼ぶ）のように、代表 1 地点の観測値に等しい場合も少なくない。そこで、全天雲画像解析によって上空が一様天空か否かを判別し、一様天空と判別されれば代表 1 地点の日射強度の観測値を用い、判別されない非一様天空の場合には太陽周辺部の画像情報によって空間平均日射強度を推定する手法を構築した。

一様天空の場合、雲のない晴天空や空一面が厚い雲で覆われる曇天空であることから、画素間における色情報のばらつきは小さくなる。そこで、全天画像全体における各画素の彩度および明度を算定し、その標準偏差が  $S_{std} < 16$  または  $V_{std} < 20$  の場合を一様天空として大別した。これらの閾値は、対象エリア内の 10 地点のアンサンブル平均日射強度  $I_e$  と A 地点の日射強度  $I_A$  との相関分析に基づき決定した。

非一様天空と判別された場合、太陽周辺の色情報を入力層とするニューラルネットワークによって空間平均日射強度を推定した。入力層には、太陽を中心とする半径  $r$  [px] の領域における雲の割合 ( $R_c$ )、色相  $H$ 、彩度  $S$ 、明度  $V$  の平均値と標準偏差および雲領域における HSV の平均値のうち、画像撮影時刻における晴天指数との相関が大きい項目を用いた。

提案手法によって 30 秒単位で推定した空間平均日射強度  $I_p$  の一例を図 6 に示す。比較として、A 地点の観測値  $I_A$  および 10 地点アンサンブル平均値  $I_e$  を併記する。提案手法では 11:10 頃や 12:15 頃に  $100 \text{ W/m}^2$  以上の誤差が生じているものの、 $I_p$  と  $I_e$  の時間変化は概ね一致している。

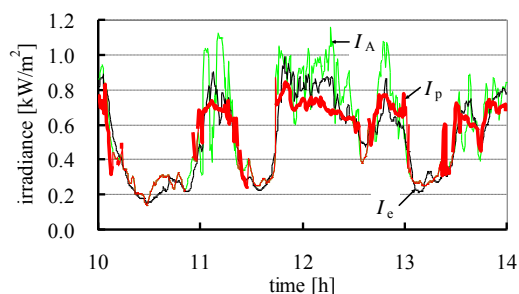


図 6 天空画像による空間平均日射強度の推定例

2012 年 3 月 2 日～7 月 17 日の 119 日間のうち、一様天空と判別されなかった時間帯について、 $I_e$  と  $I_p$  との相関図を図 7 に示す。 $I_e$

に対する  $I_p$  の平均絶対誤差の相対値は 8.5 % であった。このように全天画像を併用することで、空間平均日射強度を高い精度で推定する手法を構築できた。

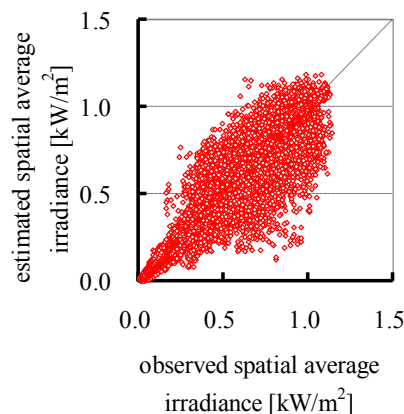


図 7 天空画像による空間平均日射強度の推定値とアンサンブル平均日射強度の相関図（非一様天空の時間帯）

## 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 10 件）

- ① 片岡, 加藤, 鈴置, メソ数値予報モデル格子点値を用いた日射量予測に関する一検討, 電学論 B, 査読有, Vol.133, No.6, 2013, 548-554
- ② 加藤, 熊澤, 本田, 小相澤, 西野, 鈴置, 観測地点周辺の平滑化効果を考慮した中部全域における空間平均日射変動特性, 電学論 B, 査読有, Vol.133, No.4, 2013, 373-382
- ③ 加藤, 熊澤, 本田, 小相澤, 西野, 鈴置, 観測点周辺の平滑化効果を考慮した空間平均日射変動特性の評価手法の構築, 電学論 B, 査読有, Vol.133, No.1, 2013, 91-98
- ④ 加藤, 井上, 本田, 小相澤, 西野, 鈴置, 広域多地点で観測されたアンサンブル平均日射変動の標準偏差と最大変動幅との関係, 電学論 B, 査読有, Vol.132, No.5, 2012, 445-451
- ⑤ 熊澤, 加藤, 本田, 小相澤, 西野, 鈴置, 広域多地点で観測されたアンサンブル平均日射量の数時間内における最大変動幅に関する一検討, 電学論 B, 査読有, Vol.132, No.5, 2012, 452-458
- ⑥ 加藤, 井上, 本田, 小相澤, 西野, 鈴置,  $1/\sqrt{N}$  則によるアンサンブル平均日射変動の標準偏差算定に適した地理的範囲, 電学論 B, 査読有, Vol.132, No.3, 2012, 213-219

- ⑦ 鈴木, 加藤, 鈴置, 予測誤差のばらつきを考慮した系統全域におけるアンサンブル平均日射量予測に関する一検討, 電学論 C, 査読有, Vol.131, No.10, 2011, 1715-1721
- ⑧ 井上, 加藤, 鈴置, 日射変動の独立性を考慮した太陽光発電システム群の合計出力変動特性に関する一検討, 電学論 B, 査読有, Vol.131, No.1, 2011, 44-51
- ⑨ 加藤, 井上, 鈴置, 広域多地点における日射変動の独立性を考慮した中心極限定理に基づく平均日射変動特性の評価, 電学論 B, 査読有, Vol.131, No.1, 2011, 37-43
- ⑩ 加藤, 井上, 鈴置, 2 地点における日射変動のコヒーレンスとアンサンブル平均値に基づく地点間距離と日射変動独立性との関係評価, 電学論 B, 査読有, Vol.131, No.1, 2011, 29-36

[学会発表] (計 55 件)

- ① 牧野, 加藤, 鈴置, 全天画像解析による半径 km 内の空間平均日射強度のリアルタイム推定, 電気学会新エネルギー・環境/メタボリズム社会・環境システム研究会, FTE-12-049/MES-12-020, 2012.11.21, 東京
- ② T. Kato, S. Kumazawa, Y. Suzuoki, N. Honda, M. Koaizawa, S. Nishino, Evaluation of Long-Cycle Fluctuation of Spatial Average Insolation in Electric Utility Service Area, The 2012 IEEE PES General Meeting, 2012GM1461, 2012.7.26, San Diego, USA
- ③ M. Harada, T. Kato, Y. Suzuoki, N. Honda, M. Koaizawa, S. Nishino, Evaluation of Long-cycle Fluctuation Characteristics of Spatial Average Insolation in Chubu Region of Japan using Sunshine Duration of AMeDAS Data, The International Conference on Electrical Engineering 2012 (ICEE 2012), RE3-3, 2012.7.9, Kanazawa
- ④ T. Kato, K. Suzuki, Y. Suzuoki, Forecasting Spatial Average Insolation in Electric Utility Service Area based on Multi-Regional Weather Forecast, The 12th Int. Conf. on Probabilistic Methods Applied to Power Systems, No.267, 2012.6.12, Istanbul, Turkey
- ⑤ T. Kato, S. Kumazawa, Y. Suzuoki, N. Honda, M. Koaizawa, S. Nishino, Evaluation of Short-cycle Power Output Fluctuation of High-Penetration Photovoltaic Power Generation Systems using Multi-Points Insolation Data, Int. Conf. on Renewable Energy and Power Quality (ICREPQ'12), No.764, 2012.3.29, Santiago de Compostela, Spain
- ⑥ 加藤, 佐野, 鈴置, 観測日射量の空間代表性を考慮した時空間平均日射量の補間に関する一検討, 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー学会合同研究発表会, No.48, 2011.9.21, 稚内
- ⑦ T. Kato, T. Inoue, Y. Suzuoki, Estimation of Total Power Output Fluctuation of High Penetration Photovoltaic Power Generation System, The 2011 IEEE PES General Meeting, 2011GM1076, 2011.7.25, Detroit, USA
- ⑧ 加藤, 佐野, 鈴置, 風況を考慮したスプライン補間による日射空間分布の時間変化の算定, 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー学会合同研究発表会, No.26, 2010.11.4, 郡山
- ⑨ T. Kato, T. Inoue, Y. Suzuoki, Evaluation of Total Power output Fluctuation of Photovoltaic Power Generation Systems of Large-Scale Penetration Based on Central Limit Theorem, 5th World Conf. on Photovoltaic Energy Conversion, 5BV.4.35, 2010.9.7, Valencia, Spain
- ⑩ T. Kato, T. Inoue, Y. Suzuoki, Impact of Large-Scale Penetration of Photovoltaic Power Generation Systems on Fluctuation Property of Electricity Load, 2010 IEEE PES Transmission & Distribution Conference & Exposition, TD2010-000131, 2010.4.21, New Orleans, USA
- ⑪ 岡野, 大西, 加藤, 鈴置, 街区の建物構成を考慮した太陽光発電システム群の地域的な導入可能量の算定, 第 26 回エネルギー・経済・環境コンファレンス, No.22-3, 2010.1.27, 東京

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

加藤 丈佳 (KATO TAKEYOSHI)  
名古屋大学・大学院工学研究科・准教授  
研究者番号: 90283465

### (2) 研究分担者

鈴置 保雄 (SUZUOKI YASUO)  
名古屋大学・大学院工学研究科・教授  
研究者番号: 10115587

### (3) 連携研究者 なし

なし