

太陽光発電システム出力変動の検出時間別発生確率分布を用いた 変動特性定量化手法

学生員 川崎 憲広 (東京農工大学)

学生員 植田 譲 (東京農工大学)

正員 北村 清之 (明電舎)

正員 杉原 裕征 (関電工)

正員 西川 省吾 (日本大学)

正員 黒川 浩助 (東京農工大学)

Evaluation method of PV system's output fluctuation using time dependent probability distribution

Norihiro Kawasaki, Yuzuru Ueda, student member, Kosuke Kurokawa, member, (Tokyo University Agriculture and Technology),

Kiyoyuki Kitamura, member, (MEIDENSHA CORPORATION), Hiroyuki Sugihara, member, (Kandenko co., Ltd.),

Shogo Nishikawa, member, (Nihon University)

1. はじめに

太陽光発電 (PV) や風力発電のような自然エネルギーを利用した発電方式は、二酸化炭素の削減効果等の環境的メリットを有することから導入目標が設定され、普及が進んでいる。しかし、その発電出力は天候により変動するので、系統連系する際に周波数変動等の悪影響が懸念されている。そのため、変動特性を把握し、系統への影響を評価することが重要な課題である。

これまでに発電出力の変動に関していくつかの研究が行われてきた⁽¹⁾⁻⁽⁵⁾。これらの研究では、周波数解析⁽¹⁾や統計的な方法⁽²⁾⁻⁽⁵⁾で最大の変動幅を抽出したり、変動の分布を把握したりしている。本稿では、新たに開発した変動の検出時間別の発生確率分布を用いて、これらの変動の特徴を 1 つの値に集約する評価手法について述べる。

2. 変動特性定量化手法

変動特性を把握するための手法として「出力変動幅⁽²⁾⁽⁴⁾」と出力変動幅の検出時間別出現頻度から求まる「発生確率」を用いた。

〈2・1〉 出力変動幅 変動の大きさを検出するため、任意に検出時間を変更できる検出窓を準備し、その検出窓内の最大値と最小値の差を「出力変動幅」とした (図 1)。

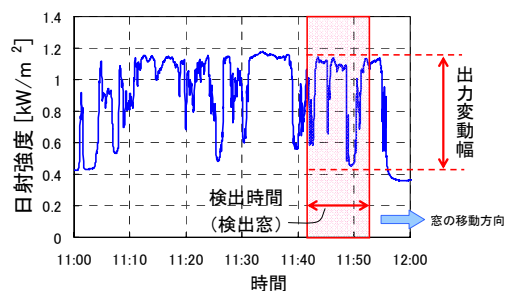


図 1 出力変動幅の概念図

Fig. 1. Image of output magnitude of fluctuation.

〈2・2〉 検出時間の選定 短周期から長周期までの領域に関して評価を行うために、ある値の累乗となるような検出時間の間隔を決定した。この方法は対数軸上で等間隔になり、あらゆる領域を満遍なく見ることができるという特徴を有している。今回は 1.5 の累乗を用いた。検出窓の幅は最大で解析範囲約 16 時間のおよそ半分である 7 時間 ($1.5^{25} \approx 25251[\text{sec}]$) としたので、25 パターンの検出窓で解析した。

〈2・3〉 解析範囲 本手法は変動の発生確率を用いているため、日射強度が $0[\text{kW/m}^2]$ のときを解析してしまうとその値に偏ってしまう。そのため、大気外日射強度の値が $0[\text{kW/m}^2]$ より大きい値のときのみを解析範囲とした (図 2)。

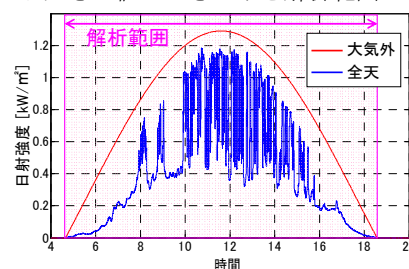


図 2 水平面大気外日射強度と水平面全天日射強度
Fig. 2. Extra-atmospheric irradiance and global irradiance.

〈2・4〉 出力変動幅の検出時間別発生確率分布 解析には 1 秒値を用いている。そのため、検出窓は 1 秒毎にスライドさせ、解析範囲内で検出した出力変動幅の度数分布を作成し、発生確率を算出した。これを各検出時間に対して行うことで検出時間別の発生確率分布を作成することができる。図 3 にはその例を示しており、縦軸(y)が出力変動幅、横軸(x)が検出時間、面(z)が発生確率を表している。ここで、(a)は変動の激しい日、(b)はスパイクのような変動を含む曇天日、(c)は曇天日、(d)は快晴日の代表的な日射パターンであり、各グラフ内の左上に示した。また、検出時間毎の出力変動幅の最大値を「最大出力変動幅」とよび、実線で示した。これらの分布をみることで、変動の様子が視覚的にイメージし易くなっている。

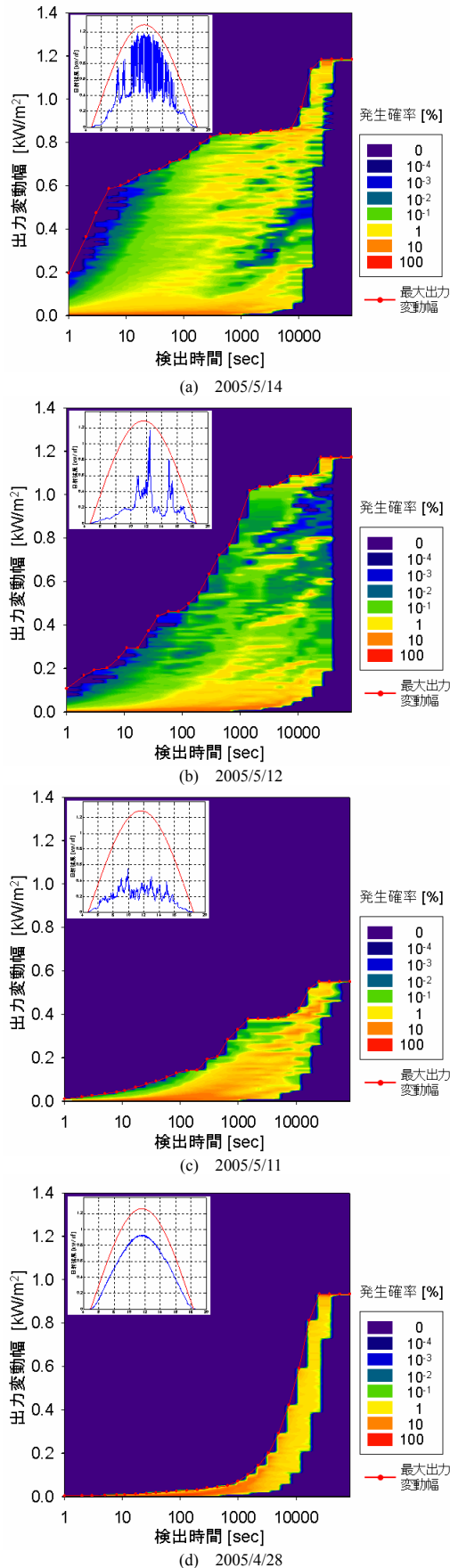


図 3 出力変動幅の検出時間別発生確率分布
Fig. 3. Time dependent probability distribution of output magnitude of fluctuation.

〈2-5〉 出力変動指数 出力変動幅の発生確率分布は変動特性をイメージし易いが情報量が多いので、長期間の解析結果を処理する際にはこの分布を 1 日で 1 つの値に集約させることができれば便利である。そこで発生確率分布を利用し、変動の発生確率が高く、出力変動幅が大きいほどに大きな値を示す指標を提案する。その算出方法は、出力変動幅と検出時間の全ての組み合わせに対して、発生確率と出力変動幅の積を求め、それらの総和を算出するものである。これを出力変動指数 (OFI: Output Fluctuation Index) と定義し、次式で示す。

$$OFI = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (y_j z_{i,j}) \dots \dots \dots (1)$$

ここで、y: 出力変動幅, z: 発生確率, x: 検出時間, M: x の分割数, N: y の分割数

OFI を算出する領域は検出時間 x の分割数 M によって決定する。今回の場合、検出時間が 1 秒から 1.5^M 秒までの領域の間で M を変更すれば、対象とする変動の速さに応じた OFI を算出することが可能である。表 1 には算出する領域を 85 秒から 7 時間まで変化させた場合の OFI の値を示した。ここから各領域で OFI を相対的に比較すると、日射パターン(a)と(b)はそれぞれ順位が固定されているが、(c)と(d)に関しては算出する領域が 7 時間のときは(d)のほうが大きく、2 時間以下では(c)のほうが大きく評価された。これは(d)の日射の日周期による長周期変動の絶対値の大きさが影響している。通常、PV システムの評価では変動と扱わないが、システムに対しては変動とみなされるので、対象とする変動の速さによっては評価する必要性が出てくると考えられる。なお、表 1 の晴天指数は天候を判断する際に一般的に用いられる指標であり、参考として示した。

表 1 算出する領域毎の出力変動指数
Table 1. Output Fluctuation Index each calculation domain.

日射パターン	晴天指数 CI	出力変動指数 OFI			
		7h	2h	16min	85s
(a)	0.500	655.6	400.9	175.9	37.48
(b)	0.228	363.8	164.3	39.44	5.527
(c)	0.231	228.1	117.2	32.15	3.456
(d)	0.661	263.2	89.63	14.32	1.442

※ 7h, 2h, 16min, 85s は算出する領域である

3. まとめと今後の展望

出力変動幅の検出時間別発生確率分布を用い、出力変動指数を定義することで対象とする変動に対して、1 日の変動特性を 1 つの値で定量化することができた。今後は、日射変動の平滑化効果 (ならし効果) の評価へ応用させていく。

謝 辞

本研究は、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO 技術開発機構) の「集中連系型太陽光発電システム実証研究」の一環として行っている。関係者各位に感謝の意を表す。

文 献

- (1) 川崎, 大関, 大谷, 北村, 杉原, 西川, 黒川: 「面的広がりを考慮した太陽光発電変動特性の分析」, 平成 17 年度 電気学会 電力・エネルギー部門大会, No.272 (2005)
- (2) NEDO 技術開発機構: 「風力発電電力系統安定化等調査」, 平成 13 年度調査報告書 (2002)
- (3) 村田, 山口: 「太陽光発電出力変動の統計的な一性質」, 平成 17 年度 電気学会 電力・エネルギー部門大会, No. 273 (2005)
- (4) 村田: 「電力貯蔵による分散電源の出力変動抑制」, 第 2 回 分散型エネルギーシンポジウム, p.43-48 (2005)
- (5) 箕輪・大谷・津田・作田・黒川: 「地域面平均日射の推定による太陽光発電システムの kW 値分析」, 太陽/風力エネルギー講演論文集 1998, p.17-20 (1998)