

風力発電所の視覚的特性と景観評価方法の検討

A study on the visual feature of wind power station and method of view assessment

宇田紀之
UDA Noriyuki

Abstract

The visual impact which a wind power station has on the surrounding scenery is thought to be much greater than that of other structures, such as power transmission line facilities and thermal power plant smokestacks, but there has been almost no research on scenic impact which focuses on the visual features of the rotary motion or rotors.

For this research, we studied the visual features of wind power plants, and proposed the projective area ratio and background transmittance as quantitative assessment measures for investigating scenic impact. We verified the effectiveness of these assessment measures by creating animations of the view of a power plant with a rotating rotor.

1. はじめに

近年建設の進むメガワット級風力発電所は、ロータ直径が 80m以上、全体の高さが 100 mを越す大規模な建築物であり、さらに大型化の傾向が顕著である。ロータは、毎秒 10 回転以上の速度で回転運動する。風力発電所が周辺景観に与える視覚的影響は、送電線施設や火力発電所煙突などの建築物よりも大きいと考えられるが、ロータ回転運動の視覚的特性に注目した景観影響の研究はまだほとんどない。

本研究では、風力発電所の視覚的特性を検討して、景観影響を検証するための定量的評価尺度として投影面積比、背景透過度を提案した。ロータが回転する発電所の景観アニメーションを作成して、評価尺度としての有効性を検証した。

2. 風力発電所の視覚的特性

風力発電所は、タワー・ナセル・ロータの 3 つの部分から構成される。ナセルは風向によって向きを変え、ロータは風を受けて回転運動する。発電所の視覚的特性と環境評価尺度を形状要因と回転運動要因に分けて整理したのが、表 1 である。

2.1 形状要因と評価尺度

風力発電所の景観アセスメントでは、眺望点を特定した場合の視野占有率と垂直視野角が視覚的特性の定量的評価尺度として用いられる。これらは、送電線施設の景観評価尺度として広く用いられてきたもので、垂直視野角が 10 度を超える建築物は、眺望者に威圧感を与えるとされる。周辺自然景観への影響評価は、山塊とのスケール比や山稜線とのシルエット比を定量評価尺度として用いることが多い。機材移送に制限があるため、発電所は道路近辺に建設されることがおおく、より大きな建造物として認識されやすい。

風力発電所の主要属性である回転面積はロータ直径で決まる。回転面積が大きいほど発電効率がよいため、発電所の大型化が進む。眺望場を特定した見かけの回転面積は、ロータ回転軸方向とハブを注視する視軸との交差角と用いて、投影面積を求める。

2.2 回転運動と評価尺度

風力発電所の回転運動は、ロータの回転運動・ナセルの方位変更・ブレードのピッチ角制御の3つである。ロータ回転運動は、背景の視界を断続的に遮断するという意味で、景観評価に与える影響は極めて大きい要因である。

通常、風速 4m/s 程度の風でロータの回転がはじまり、風速が増すにつれて回転数を増す。騒音抑制のため翼端周速に制限があり、ロータ直径で回転数の上限が決まってくる。直径 50m 級のロータで上限回転数が 30rpm 程度、直径 80m 級のロータでは 20rpm 程度である。高速回転するロータは、頻繁に背景の視界を遮り、眺望者に煩雑感と緊張感を与える。ゆっくり回転する大型発電所のロータは、景観に適度の変化を与え、親和感を生む効果があるが、回転の停止した発電所は、周辺景観との不調和感や違和感を与える。

ナセルは風向に対応して方位を変え、出力を制御する。投影回転面は、ナセルの方位によって変化する。眺望点におけるナセル方位の変化は、風向出現頻度データから推計することができる。定格出力を維持するために、ブレードのピッチ角度を変えて回転数を制御する。大型発電所の場合、最大ピッチ角は、30 度程度である。

2.3 背景透過度

ロータ回転運動は、背景の視界を断続的に遮断するという意味で、景観評価に与える影響は極めて大きい。背景にある景観をどれだけ安定的に眺望できるかが、景観影響評価の重要な要因と考え、背景透過度を提案する。背景透過度は、投影面におけるロータの投影面積比と回転速度で定義する。垂直視野角を a として、投影回転面比 p を以下のように定義する。

$$a = \tan^{-1}(h/d)$$

$$p = \cos \alpha \cdot S \cdot a / A$$

a : 垂直視野角

h : タワー高

d : 眺望距離

p : 投影回転面積比

α : 視軸の交差角

S : ロータ回転面積

A : 垂直視界

3. 実験

風力発電所の視覚的特性尺度として提案した投影面積比、背景透過度の有効性を確認するために、発電所の景観アニメーションを作成して上映して被験者に評価させる方法を準備している。まず、風力発電所のモデリングは、Vestas 社の V5.2 と V80 の外形図を用いて行い、眺望距離・視軸交差角を 3 段階に変化させて停止画像を作成する。焦点距離 35mm を想定した画面のなかで投影回転面が占める画素数を影響範囲として計算する。回転速度をそれぞれの機種での低速・高速の 2 段階に切り替えて、それぞれのカメラ設定で 20 秒程度のアニメーションを作成し

心理実験は、条件の異なるアニメーションを、2 本ずつ同時に映写して評価を記入する一対比較法を考えている。心理評価尺度は、目立感・背景との調和感・威圧感・離隔感である。

4. 結果と考察

人間は動くもの注視する性向があるので、風力発電所の景観では、回転するロータの目立度が高くなり、背景との隔離感が強い。回転速度の安定した発電所は、徐々に背景との調和感を高め、景観に一体化してゆく。回転速度は、風力発電所の重要な視覚特性ではある。高速回転するロータは、頻繁に背景の視界を遮り、眺望者に煩雑感と緊張感を与える。ゆっくり回転するロータは、景観に適度の変化を与え、親和感を生む。ただし、眺望距離を調整して、投影面積比が同じである場合は、回転速度の差はそれほど大きな印象の差を与えないことがわかった。回転の停止した発電所の景観に、違和感を強くするのは、発電所の機能に関する認識と立地的特性による。

ナセル方位も景観印象に強く影響を与える。ロータの投影面積が大きい場合は、ロータ部分に注目が集まり、全体的に安定感があるが、ロータ面積比が小さい場合は、ナセルやタワーのバランスが多くなり別の建築物のように認識される。発電所は、道路近辺や公園内に設置されることが多いので、送電線施設に比べて、眺望距離の短い位置からの眺望機会が多くなる。ロータの投影面積比が印象形成に与える影響を考慮する必要がありそうである。回転速度・ロータ投影面積比・ナセル方位が、発電所の印象形成にどのような影響を与えるのを今後の心理実験で検証してゆきたい。

参考文献

1. 風力発電のための環境影響評価マニュアル,1999, 新エネルギー・産業技術総合開発機構
2. 山本公男,発電所の景観設計手法—景観対策の効果と海岸イメージ,1983,電気中央研究所
3. 清水幸丸,風力発電入門,2002,パワー社

表1: 風力発電所の視覚的特性と評価尺度

| 項目 | 風力発電所の属性 | 視覚的特性の評価尺度 | 景観影響の評価尺度 |
|--------|--------------------------------|---|-----------------|
| 形状要因 | タワー高 ロータ直径 回転面積 ナセル形状 | 垂直視野角 視野占有率 投影回転面積 投影面積比 ナセルバランス タワーバランス | スケール比 シルエット比 |
| 回転運動要因 | ロータ回転数 方位変更 ピッチ角 | 回転速度 視野遮断頻度 | 背景透過度 |

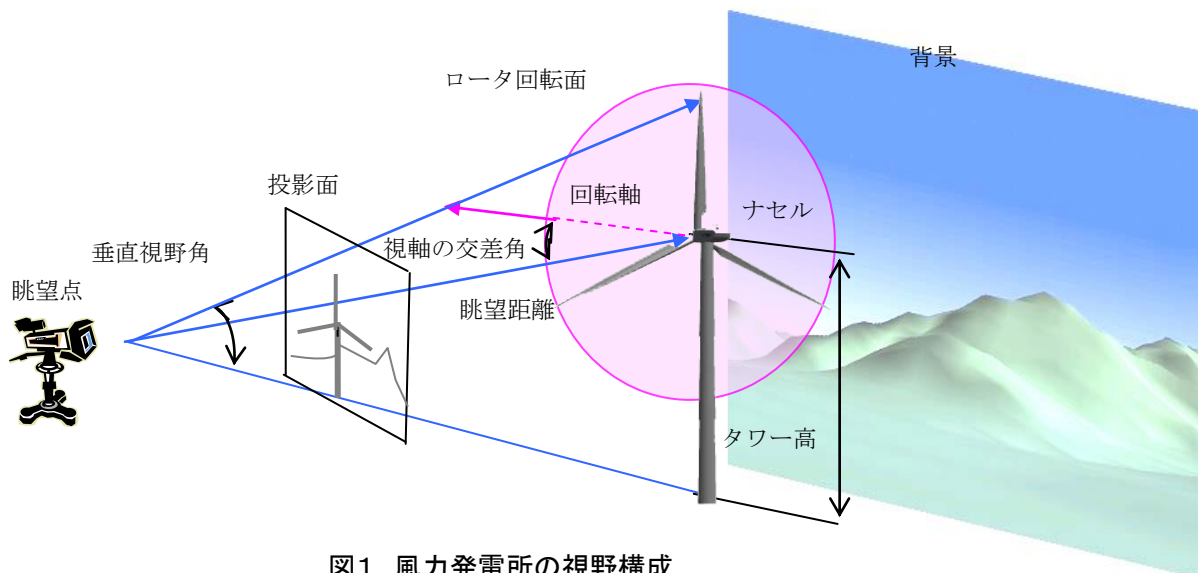
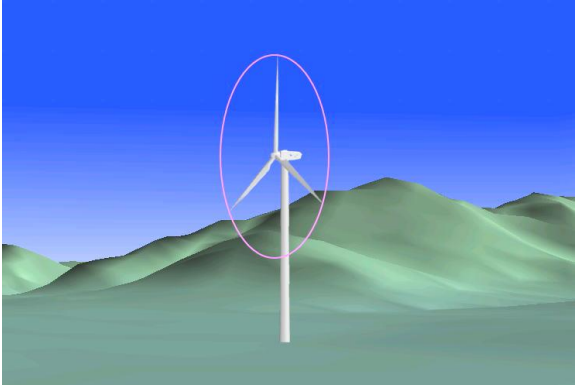
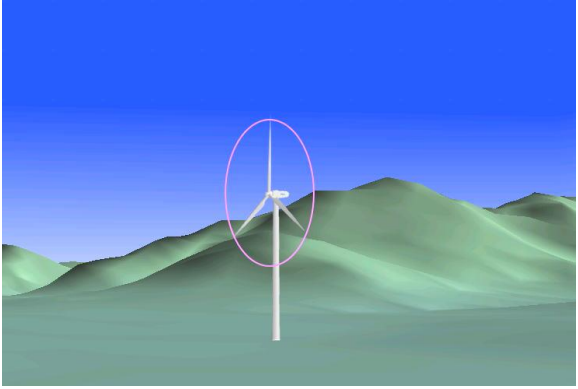




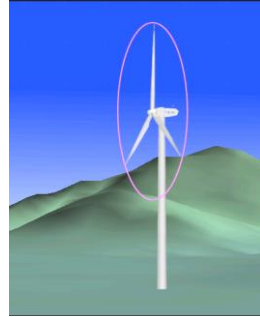
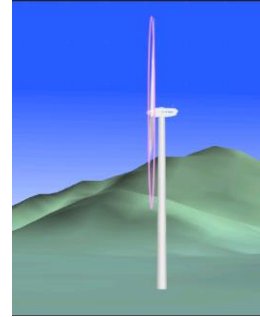
図1 風力発電所の視野構成

付録1:ロータ直径を変えたサンプルアニメーション

| | | | |
|---|--------------------|--|--------------------|
|  | |  | |
| タワー高 | 50m | タワー高 | 60m |
| 垂直視野角 | 20.09 | 垂直視野角 | 12.56 |
| ロータ直径 | 52m | ロータ直径 | 80m |
| 投影面積比* | 1908dots | 投影面積比 | 806dots |
| モデル機種 | V52-850kW (Vestas) | モデル機種 | V80-2.0MW (Vestas) |

*画像サイズは 800x600dots

付録2: ナセル方位変化による投影面積・面積比の変化

| | | | | | | | |
|---|-------|---|------|--|------|---|------|
|  | |  | |  | |  | |
| 投影面積 | 3820 | 投影面積 | 1908 | 投影面積 | 711 | 投影面積 | 105 |
| 面積比* | 14.98 | 面積比 | 8.33 | 面積比 | 2.98 | 面積比 | 0.54 |

*タワーとナセルの投影面積に対するロータ回転面積の比率