

山形県庄内地域における風力発電施設の 知覚特性と配置に関する研究

佐藤 康一

正会員 東北公益文科大学庄内・地域デザイン研究所 (〒998-8580 山形県酒田市飯森山三丁目5-1)

E-mail: sokkenai@hotmail.co.jp

本論は、環境影響評価法で、環境への配慮が求められている風力発電施設に係る視距離に関する知覚特性と配置に関するものである。海岸、平地、丘陵地及び山地のそれぞれの地形に風力発電施設が立地している山形県庄内地域を対象とし、遠距離の位置にある風力発電施設が、なぜ目立つのかについて、記号的環境にその要因を求めた。また、風力発電施設の形態的特徴から生じる視覚上の煩雑さを指摘し、それを回避するための当該施設の配置の離隔距離について、視点、当該施設の中心座標、ロータ半径の関係を見える化し、エネルギー効率上の離隔との関係から有効性を示した。

Key Words: Windmill, Visual perception, Signe, Arrangement, Blade overlap

1. 背景と目的

政府が再生可能エネルギー政策を進める中、山形県庄内地域においても風力発電施設が建設されている。

風力発電施設の設置又は変更の工事に係る事業は、環境影響評価法において、規模が大きく環境影響の程度が著しいものとなるおそれがある事業に位置付けられ、環境への配慮が求められている¹⁾。風力発電施設は、風況のよい海岸や尾根に設置されることが多く、また、環境省から風車騒音に関する指針²⁾が示されていることもあり、市街地から離れたところに設置されることが多いため、遠距離の位置から眺めることも多い。さらに、「国立・国定公園内における風力発電施設の審査に関する技術的ガイドライン」³⁾では、垂直見込角 0.5° 以上になる場合、眺望への支障の可能性があるとして判断することが示されているように、見かけの大きさが小さい場合でも環境に影響を及ぼす可能性があるとして想定されている。

風力発電施設に関する知覚特性に関する知見は、既に多くまとめられているため、関連するエネルギー施設も含めて概観してみたい。

はじめに、上記ガイドラインには、眺望に対する支障程度の確認項目として「主眺望方向への介在」「眺望対象への介在」「スカイライン等の眺望構成要素への介在」「見えの大きさ(垂直見込角)」や、眺望保全の措置として「規模(大規模少数設置, 小規模多数設置)」「配置(スカイライン切断の回避, 山腹への介在回避, スケール比・シルエット比を小さくする, 眺望の視軸となる要素への介在回避, 眺望の支配線に沿った配置, 連続性・法則性を

持たせた配置による煩雑な印象の低減)」「色彩」が取り上げられている。

これらの知見には、篠原が1982年に著した「新体系土木工学 59 土木景観計画」を出典としている箇所もあり、当該著書の送電鉄塔の知見を風力発電施設に準用している記述がみられる。篠原は、当該著書第7章第2項「エネルギー施設の景観」で送電鉄塔を取り上げ、景観の影響が大きい原因として「景観ガイドライン検討会」が求めた形状特性を「垂直に高く立ち上がる特性」「互いに架線で連結された群として存在する特性」「鉄塔がトラス構造である特性」の3つを挙げている。そして、その特性がもたらす現象として、「スカイラインを切断しやすい。」「遠くの視点からでも目立ちやすい。」「垂直, 水平方向の不規則な線形は雑然とした印象を与えやすい。」等を示している。このほか、配置に関する知見として、「視軸からはずす。」「シルエットとなる稜線を避ける。」「土地利用や植生の境界に配置して目立たなくする。」を示した⁴⁾。

次に、飯塚は、評価尺度法により自然景観における風力発電施設の評価実験を行っている。実験結果について因子分析を行い、可視基数、人工物占有率、見えの大きさ、奥行きの物理的指標と、変化度・複雑度を構成因子とする統一性評価との相関が強いこと等を導いている⁵⁾。

さらに、平野らは、実験により、景観全体(=刺激全体)の評価について、Bartlett, F.Cにより心理学に導入されたスキーマの概念を適用し、外界の認知を構造的側面から捉え評価特性を導いている。実験で用いたスキーマは、田畑スキーマ、原野スキーマ、田畑と原野の混在スキーマの3パターンに分類している。風力発電施設の基

数を変数として、田畑スキーマでは、風力発電施設の基数の増加とともに景観の好感度が低下し、原野スキーマでは好感度が上昇し、また、混在スキーマでは風力発電施設の増加は景観評価に変化が見られない等の評価特性を導いている⁶⁾。この実験は、田畑及び原野といった土地利用に対する被験者の知識構造の再構成、つまりスキーマの再構成を評価の変化に結び付け、評価特性を導いたものと捉えることができる。

これらの知見は、風力発電施設が目立つ施設であることが背景にあると考えられる。目立つことに関しては、近距離から風力発電施設を眺める場合は、単純にその規模の大きさが目立つ要因になるであろう。遠距離から眺める場合は、見かけの大きさは小さくなるが、心理的には、ほぼほんとうの大きさとして知覚される「大きさの恒常性」⁷⁾が作用することが知られているものの、これは、遠距離においても本来の大きさが小さくなるわけではなく、維持されることを述べたものであり、目立つことと大きさを知覚することとは異なると考えられ、他の要因によると考えるべきであろう。

本論は、庄内地域の風力発電施設を例に、そもそも、なぜ風力発電施設は遠距離においても目立つのかについて、J. J. ギブソンの空間知覚論等を手がかりに、その要因分析を試みるものである。

また、風力発電施設の配置について、これまで取り上げられてこなかった形態的特徴から生じる景観的煩雑さを提示し、それを軽減する配置方法と、その妥当性を示すことの2つを目的にしている。

2. 庄内地域の風力発電施設の設置状況と特徴

庄内地域の風力発電所は、特定の一部の地形だけでなく、海岸、平地、丘陵地、山地のそれぞれの地形に設置され、2022年4月1日時点で、定格出力ベースで中型又は大型の風車に分類⁸⁾される風力発電施設数が22発電所60基(図-1)確認できる。

風力発電施設は、定格出力やメーカーにより、タワーやブレードの大きさは異なるが、庄内平野に存する風力発電施設は、図-2で可視領域を示したように数値標高モデルによれば平地の大部分を可視領域にすることがわかる。図-2は、60基のうち、海岸、平地、丘陵地、山地の地形別、東西南北の方角別に5基を選定し、図示したものである。

可視領域の表示に当っては、基準とした風力発電施設から半径50kmかつ庄内地域が該当する数値標高モデルのメッシュ番号内の範囲とし、地球の曲率を考慮して図示した。緑色で示した可視領域は、風力発電施設がわずかでも見える領域を示し、青色で示した可視領域は、風

力発電施設の全高の2/3即ち上方の2/3が見える領域を示したものである。2/3の設定根拠としては、風力発電施設の諸元が行政機関のホームページ、事業者のホームページ等で入手可能な20の庄内地域の風力発電所の施設について、図-3に示す全高に対するロータ直径の比率を算出すると、平均で2.13/3となること、また、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の「風力発電導入ガイドブック」で例示している1000kWの風力発電施設について計算した場合でも全高に対するロータ直径の比率は2/3となり、2000kWの場合は2.16/3となることから、概ねブレードの回転範囲が視認できる数値として設定したものである。

なお、数値標高モデルは、数値表層モデルよりも可視領域が大きくなるが、建築物や街路樹等の立ち上がり要素が多い市街地においても視線を遮るものがない場合は、モデルによる可視不可視に違いはなく標高に左右されることや、中高層建築物の上層階に視点をおく場合などは、両方のモデルとも可視領域に反映できない場合もあり、どちらのモデルも現実世界を忠実に再現することはできないため、目安として捉える必要がある。

図-2の可視領域図からわかる庄内地域における風力発電施設の視覚的特徴としては、海岸線に約33kmの庄内砂丘があることから、砂丘の東西に不可視領域が発生することがあげられる。砂丘は、場所によりその標高は異なるが、図-4(図-1の①の風力発電所)で例示した断面では標高約20mと約60mの2つのピークを持つ。これにより、図-2の5か所のうち、2/3以上が見える青色で示した可視領域のうち陸側の可視領域について、海岸部北部にある西遊佐風力発電所、同西部にある県営風力発電所の風力発電施設の平地における可視領域範囲が他の風力発電施設に比べて狭くなっていることがわかる。

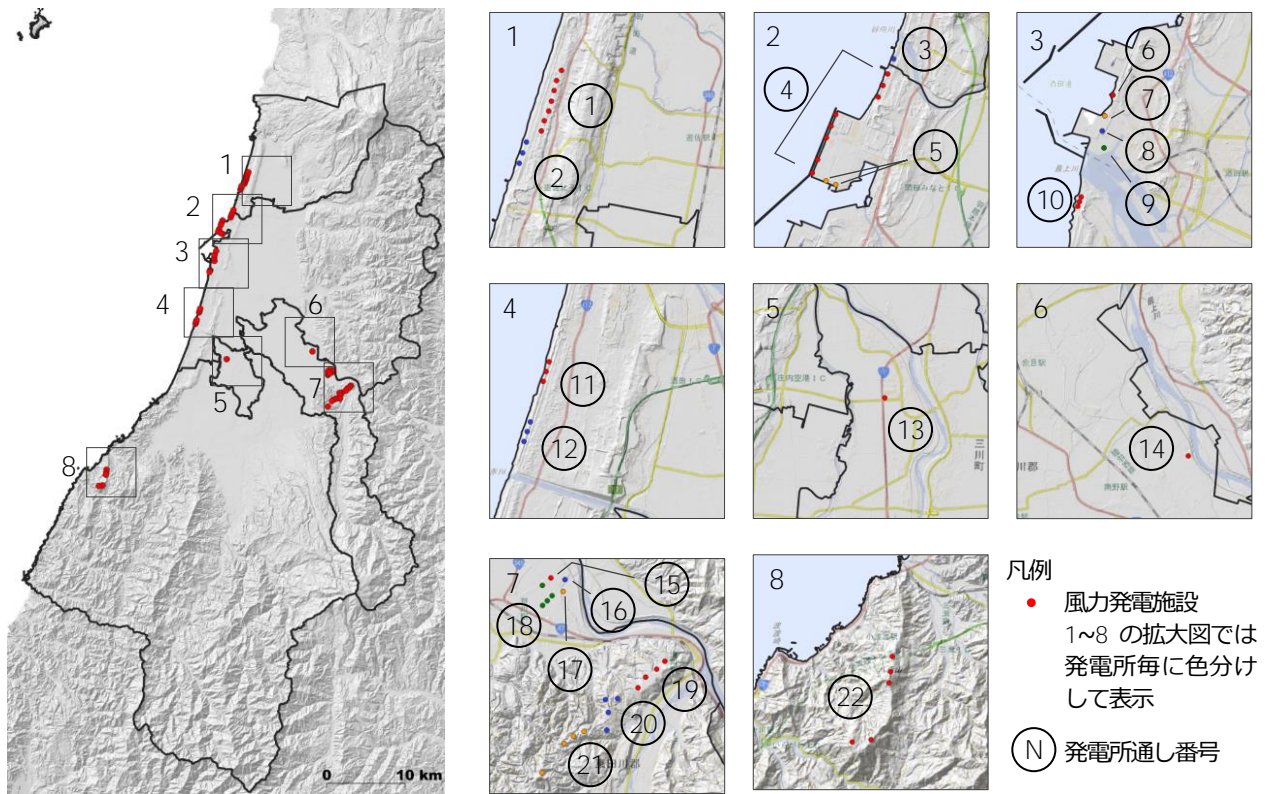
3. 風力発電施設の視距離に関する知覚特性

風力発電施設がなぜ目立つのかについて、物理的環境と、人間が作り出す記号的環境を手がかりに、その要因を分析する。

(1) 物理的環境

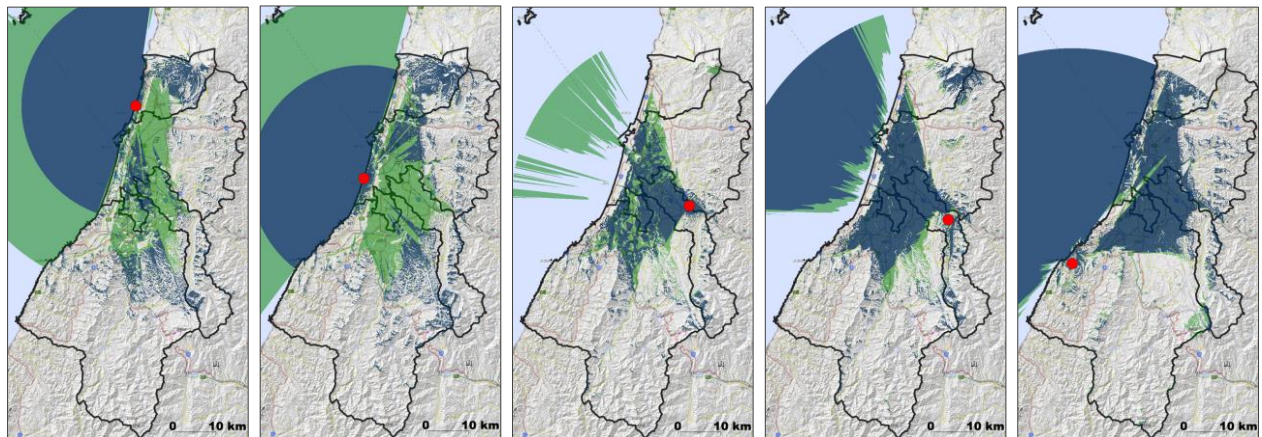
物理的環境からの要因分析は、写真-1に示す景観を対象に、対象の見え方を左右する重要な要因に挙げられている視距離及び奥行感⁹⁾の観点から行いたい。

この景観の風力発電施設及びその周辺の杉林までの視距離は、約13,000mである。篠原は、樹木のテクスチャ(きめ)の見やすさを拠りどころとした視距離の分割例¹⁰⁾を示しており、視距離が2.1~2.8km以遠を遠景域(地形域)に分類している。



出典：「Electrical Japan」「Google Satellite」を参考にし、「国土地理院標準地図」「国土地理院陰影起伏図」，国土交通省国土政策局「国土数値情報（行政区画データ）」を加工して作成

図一 庄内地域の風力発電施設の設置箇所



西遊佐風力発電所
 全高 119m
 標高 8.1m
 (海岸・北部)

県営風力発電所
 全高 119m
 標高 7.4m
 (海岸・西部)

庄内町営風力発電所
 全高 100m
 標高 17.1m
 (平地・東部)

鶴ヶ峰風力発電所
 全高 131m
 標高 164.0m
 (丘陵地・東部)

鶴岡八森山発電所
 全高 139m
 標高 403.5m
 (山地・南部)

凡例 ● 基準とした風力発電施設 ■ 可視領域 ■ 可視領域（施設の上方2/3が見える領域）

(注) 標高は、デジタル地図上の数値

出典：「国土地理院標準図」「国土地理院陰影起伏図」「国土地理院基盤地図情報数値標高モデル」「国土数値情報（行政区画データ）」を加工して作成

図二 風力発電施設の可視領域（50km 圏内）

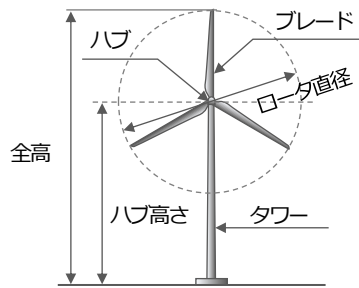


図-3 風力発電施設の名称

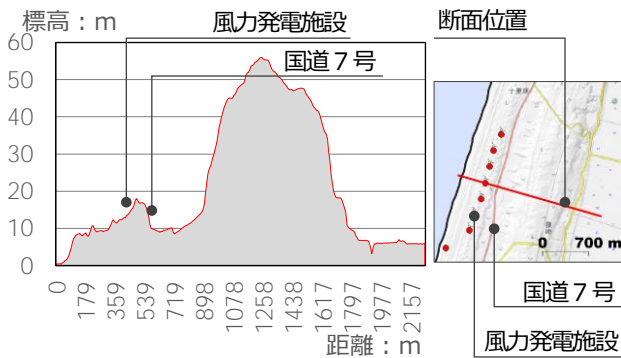


図-4 砂丘地の断面形状

一方、森林の樹木のような群として立地していない風力発電施設については(写真-2)、樹木と同様なテクスチャの変化による視距離の分割は示されていない。

そこで、空間知覚において、空間の面の印象に対する刺激にきめを取り上げたJ. J. ギブソンの『視覚ワールドの知覚』で展開した議論を援用したい。きめとは、たとえば大地の草や木の要素の配列によって面として知覚されるものである。これらの要素間の物理的距離の網膜像が漸進的に異なるのに対応して、面の距離や奥行が異なることをきめの勾配といい、きめの要素が現れる周期の長さの系列的变化をきめの密度の勾配としている¹¹⁾。

J. J. ギブソンは、距離知覚の問題をどのようにして視線に対して平行な面を見ることが出来るのかという問題に帰着させ、この面を縦断面とよび、視線に対して垂直な前額面と区別している。縦断面と前額面との関係を図-5に示す。大地が縦断面のよい例であり、前額面は対象の特徴とし、縦断面にはきめの勾配が存在するが、前額面には、きめの勾配がなく等質であるとしている。また、前額面と縦断面との透視幾何学的な違いについて、前額次元は、距離Dの逆数である大きさSとして投影され、代数的にはSは $1/D$ に比例し、縦断次元については、代数的には $1/D^2$ に比例するため、前額次元に比べ圧縮された次元であると述べている¹²⁾。

これを写真-1、写真-2の景観について考えてみると、水田や樹木は縦断面的性質が強く、風力発電施設は前額面的性質が強いと捉えることができる。安藤勇が提供している遠近法の代数式 (<http://andoh.la.coocan.jp/enkinho/calc.html?msclkid=6d5905cecf3311ec9e39a74606fab6fa#top>) を図-6に示す(凡例を一部加工)。これを基に風力発電施設までの視距離における縦断面と前額面との違いについて数値的な比較を行う。

写真-1の景観について、視点から対象物までの距離は $x=13,000\text{m}$ 、山肌を構成する杉の幹の間隔を $w=4\text{m}$ (林野庁整備課「列状間伐の手引き(2019年3月)」の例示から列幅 1.8m の場合で1列を伐採した場合の間伐後の幹間隔 3.6m を切り上げた数字)と仮定し、風力発電施設の高さは、当該風力発電施設の 131m とする。その他の変数の値は $d=2\text{m}$ 、 $r=1\text{m}$ とした。この d, r の値は、視野角約 53° に相当し、視野角 60° コーン説の視野角に近くなる。きめの勾配及び前額面の対象物の変化を見るため、 x の範囲を 10m から $14,000\text{m}$ まで 10m 毎に y の値を算出し、図-7に示した。

図-7を作成するに当たり、視点から風力発電施設が立地する丘陵まで樹木が連続すると仮定し、その変化を算出することによりきめの勾配の変化とした。また、前額面の対象を風力発電施設とし、距離による写像寸法の変化を見るため、風力発電施設も視点から当該施設が立地する丘陵まで連続していると仮定して算出した。



写真-1 庄内町の丘陵にある風力発電施設(視点は三川町)



写真-2 写真-1の近景(群をなす樹木と風力発電施設)

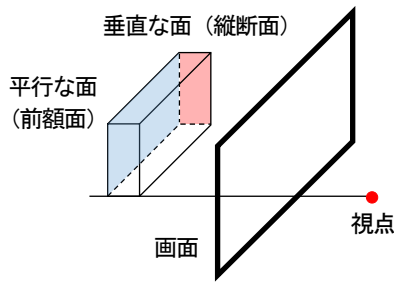
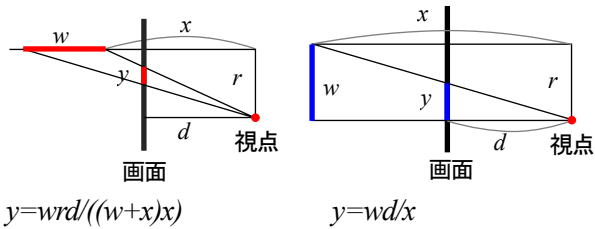


図-5 画面に垂直な面・線と平行な面・線



- 凡例 d : 視点から画面までの距離
 r : 視点から対象列軸までの距離 (左図)
 r : 視点の高さ (右図)
 w : 対象物の長さ (間隔)・高さ
 x : 対象物までの距離
 y : 画面に写る寸法

図-6 遠近法による画面に垂直な面・線の奥行の寸法 (左図) と平行な面・線の寸法 (右図)

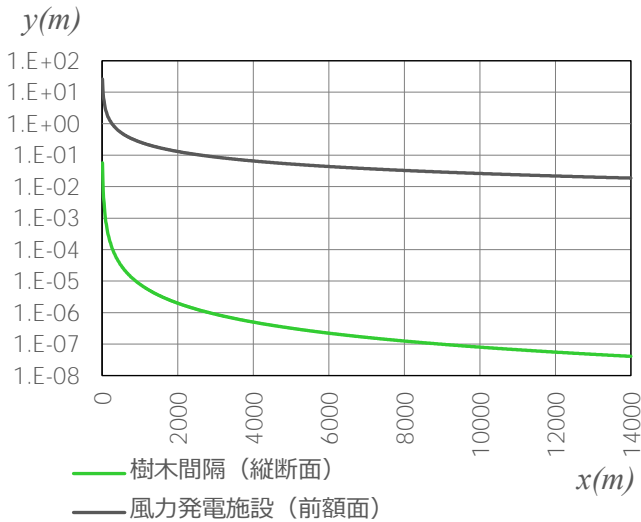


図-7 樹木間隔 (縦断面) と対象物の風力発電施設 (前額面) の写像寸法の変化

図-7からわかることは、視点から急激に y の値は小さくなり、その後、変化は緩やかになる。遠距離に見える樹木間隔の距離に関する縦断面の次元は、視点からの距離が 90m で写像寸法は 10^{-4} のオーダーに達し、920m では 10^{-6} のオーダーに達し、認識不可能なレベルまで縮小されるということである。一方、風力発電施設に関する

前額面の次元は、視点からの距離が 260m で写像寸法は約 1m となり、13,000m の距離でも 10^{-2} のオーダーに留まる。具体的には $0.02015\text{m} \approx 2\text{cm}$ であり、視認可能な大きさである。

このように、透視幾何学的には縦断面と前額面の較差は数値で表されるものの、人間が較差を認識できる範囲は限定されるといえる。

次に、J. J. ギブソンがいう大きさの恒常性 (見かけの大きさは小さくともほんとうの大きさとして知覚されること。) が成立するか考えてみる。J. J. ギブソンが行った実験の遠距離は 784yd (約 716m) であり、写真-1 における風力発電施設までの視距離 13,000m (約 14,216yd) を考慮すると、図-7 のグラフの結果からも、ほんとうの大きさを知覚できるか否かを判断するには、実験の範囲をはるかに超えており、適用範囲を超えているとみるべきであろう。また、ほんとうの大きさについては、ギブソンの実験では杭の高さの実寸法を指しているが、庄内地域の風力発電施設の全高は、本論で取り上げた 22 の発電所のうち、諸元が確認できた 20 の発電所で 68m から 139m まで幅があり、実寸法を知覚するのは困難であると考えられる。風力発電施設周辺の景観要素との比較において高いとか低いとか (又は大きいとか小さいとか)、規模感を知覚できることは可能であるが、遠距離で丘陵の稜線に見える写真-1 の風力発電施設と近距離で杉林に囲まれて杉の見かけの大きさと比較して眺めることになる写真-2 の風力発電施設が同じ大きさであると知覚できるのか疑問である。

これらから、距離又は距離に 2 乗に反比例して拡大する前額面と縦断面との写像寸法の較差及び対象物の大きさの恒常性をもって、風力発電施設が目立つ要因とすることには無理があることがわかる。

(2) 記号的環境

前節で、遠距離においては、きめの勾配が知覚できないほど増大することを述べた。つまり、遠距離においても縦断面を構成する要素は存在するが、風力発電施設が設置される丘陵の表面を構成する杉などの樹木は、視点から 13,000m の距離においては、植生分布レベルのきめを構成し、きめの勾配を知覚できる状態を超え、丘陵という前額面優位の対象物に変化しているということである。これは、知覚上、近距離の要素の縦断面の性質が遠距離まで連続しないことを表している。物理的にきめの要素が同じであっても、視距離の違いに伴うきめの変化に対し、私たちは、杉、林、地形を表す丘陵という異なる記号を与えている。ここでいう記号とは、ソシユール言語学の記号理論による¹³⁾。この近距離と遠距離における記号の変化に風力発電施設が目立つ要因があると考えた。記号は、風力発電施設と周辺の景観要素との関係性

から見出される意味とは異なり、単体そのものにおける意味させるものと意味しているものに焦点をあてることから、風力発電施設そのものの特性分析に適していると考えた。そこで、近距離と遠距離とで記号の変化を写真による例示とともに表-1にまとめた。写真-3・4は、鶴岡八森山発電所を撮影したもので、写真-4は、視点からの距離が約11,000mある。写真-3のように近距離では風力発電施設と樹木又は林を知覚できるが、ここが山であることを知覚することはできない。写真-4の遠距離では風力発電施設は知覚できるが、樹木又は林を単木で知覚することはできない。私たちは、写真-3を樹木や林という記号を用いて表現するのに対し、写真-4を樹木や林とは言わず、山という記号で表現する。

表-1 近距離と遠距離での記号の変化

近距離	遠距離	例示写真
風力発電施設	風力発電施設	写真-3・4 (同じ発電所)
樹木(林)	丘陵・山	
苗	田	写真-5
草	砂丘	写真-6
建築物	市街地	写真-7・8

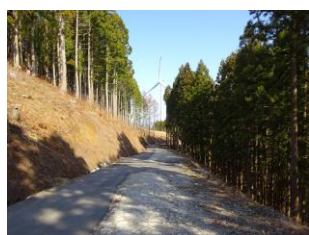


写真-3



写真-4



写真-5



写真-6



写真-7



写真-8

一方、風力発電施設は、近距離であっても遠距離であっても風力発電施設という記号で表現している。写真-5のたちかわ風力発電所(一部)(奥の丘陵にある風力発電施設は、別の風力発電所である。)の写真では、近距離で

は苗が知覚できるが、3枚奥の水田では苗を知覚できない。写真-6の庄内風力発電所の写真では、近距離で草は知覚できるが、遠距離では、写真中央から左側の砂丘の草地は知覚できるものの、草を一本一本の知覚することはできない。同じく庄内風力発電所の写真-7で知覚できる建築物は、遠距離からは写真-8の奥の市街地を知覚することはできるが、そこに写真-7の建築物を知覚することはできない。

前節で示したように幾何学的には遠距離の要素の写像寸法を数値化できても、人間の知覚には限界があり、自然界では、視距離が大きくなると近距離で知覚できたような状態で知覚することができなくなる現象が発生することがあり、その場合、新たな記号が与えられる状況が生まれている。しかし、風力発電施設は、視距が大きく見かけの大きさが小さくなった場合でも、風力発電施設という記号が維持されることがある。このことは、近距離と遠距離とで物理的環境が変化の中で、記号的環境がそれに追従せずに維持される特殊性であり、これが、風力発電施設が目立つ要因といえると考えられる。

4. 風力発電施設の形態的特性に起因する煩雑さ

風力発電施設は、風向きによってロータの向きを変えるため、正面の向きが変化する特徴を有する。前述のように「連続性・法則性を持たせた配置による煩雑な印象の低減」は既に指摘されている事項ではあるが、視線方向によっては風力発電施設のブレードが重なって見えるため、写真-9のように煩雑な視覚環境を生み出す。ブレードが重なって見えないようにすれば、少なくともこれによる煩雑さを回避することができるが、この点については、十分な議論がなされていないと思われる。なお、写真-9の風力発電施設は、砂丘の小さなピークの反対側となる国道7号から眺めると写真-11のように視認できる。これに対し、写真-10の風力発電施設は、前述のガイドラインによれば、鳥海山という眺望対象への介在、スカイラインの介在等、眺望への支障が認められることになるが、視覚的に隣接する風力発電施設のブレードの回転範囲が重ならないためすっきりとして見える。庄内地域の海岸部の風力発電施設については、視点が近距離になることが多いため、配置による煩雑さの回避が求められるべきと考える。

そこで、本論では視点と風力発電施設の配置間隔の関係がもたらす煩雑さについて取り上げることとした。

複数の風力発電施設が並んで建設されるとき、視点から一定の距離にある風力発電施設nとその手前の風力発電施設n-1の風向きによって変化するブレードの回転面の向きの範囲が視覚的に重ならなければ、視覚的煩雑

さを回避できる。隣り合う風力発電施設のそれが重ならない離隔距離 L を幾何学的に求めると次のようになる。

視点を原点とし、 n の中心座標 (p,q) 、ブレードの回転面の向きの範囲となる円の接点 (a,b) 、半径(≒ブレードの長さ) (r) 、接線 $y=mx$ 、接線と $y=q$ との交点の x 座標を c とした場合、式(1)(2)の連立方程式から a,b が求められ、点 (c,q) を頂点とする三角形の合同条件から $L(=2(p-c))$ を求めることができる。(図-8)



写真-9

遊佐風力発電所(左側7基)
視点:西浜海水浴場



写真-10

遊佐日向川風力発電所(左端1基)とサミットウインドパワー酒田発電所(右側3基)

$$\text{接線の方程式 } (a-p)(x-p) + (b-q)(y-q) = r^2 \quad (1)$$

$$\text{円の方程式 } (a-p)^2 + (b-q)^2 = r^2 \quad (2)$$

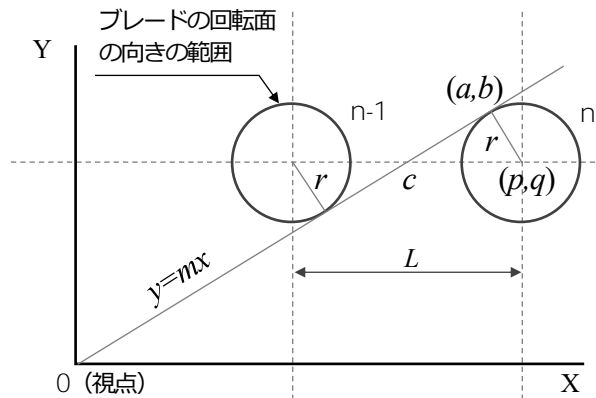


図-8 視点から n 番目と $n-1$ 番目の風力発電施設のブレードが視覚的に重ならない離隔距離 L

写真-11の遊佐風力発電所の1と2を例に計算すると、変数の値は図-9に示すとおりで、計算の結果は、ブレードが重なって見えないために必要な離隔距離 L は533mとなる。実際の距離はデジタル地図上の計測で約271mであることから、写真-11のように視覚的にブレードの回転範囲は重なって見える。同様に遊佐風力発電所の西側にある図-10の西遊佐風力発電所で、図-9と同様に879mになる位置に視点を置き計算すると、離隔距離 L は146mで、実際の距離はデジタル地図上の計測で約277mであることから、視覚的にブレードの回転範囲は重ならない。



写真-11 遊佐風力発電所のブレードの回転面の視覚的な重なりを計算例に用いた風景

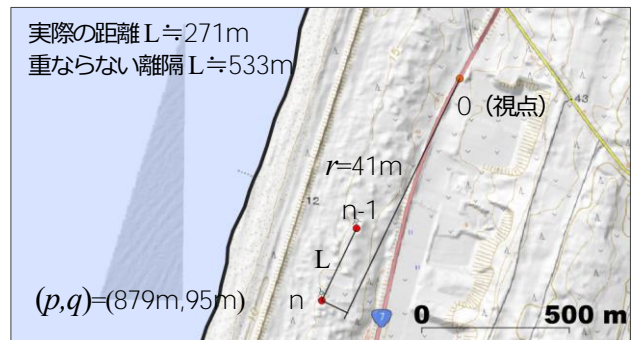


図-9 遊佐風力発電所(写真10)(図-1の1の7基)を眺める国道7号の視点から1番目と2番目の風力発電施設の離隔距離 L

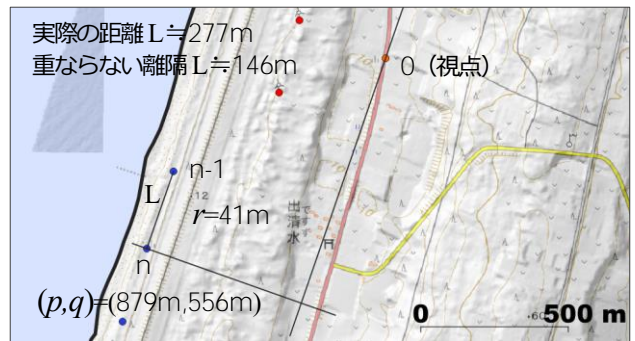


図-10 西遊佐風力発電所(図-1の1の3基)を眺める図-9と同様に $p=879m$ の国道7号の視点から1番目と2番目の離隔距離 L

q をパラメータとして、視点までの距離 p と視覚的にブレードの回転範囲が重ならない離隔距離 L との関係を算出しグラフ化したのが図-11である。風力発電施設の配置間隔については、風下に形成される風況の乱れた領域(ウェーク領域)に入らないように、卓越風向が顕著な場合は、風向直角方向に $3D$ (D :ロータ直径)、風下方向に $10D$ 、顕著な卓越風向が出現しない場合は、風力発電施設の間隔を $10D$ 離して設置することを目安としている¹⁴⁾。 $r=41$ ($D=82m$)の場合、 $3D=246m$ 、 $10D$

=820mとなり、このラインも図-11 に図示した。

3Dの距離を確保する場合、3D (L=246m) のラインと各グラフのラインで囲まれた範囲は、視覚的にブレードの回転範囲が重ならない範囲になる。q-200の場合、視点からpまでの距離が690m以内であれば重ならず、q-600の場合、その距離が1,830mまで延びる。こうした見え方の確認は、風力発電施設周辺の主要な視点場における視覚的煩雑さの回避の検討に資するものとする。

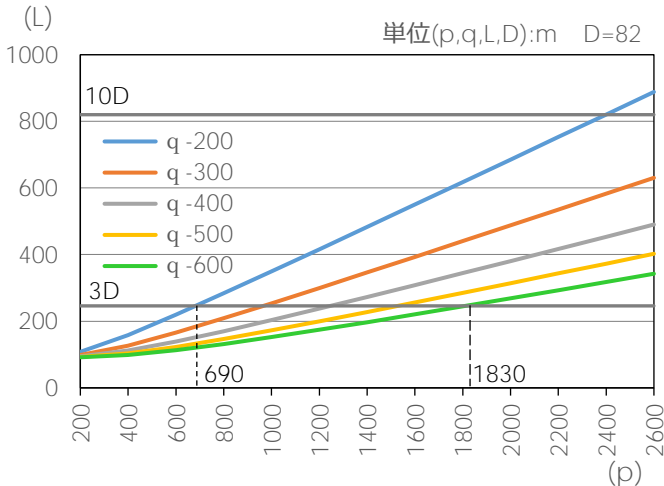


図-11 ロータ半径 41m の場合の p, q, L の関係グラフ

5. まとめ

はじめに、庄内地域の平野部において、庄内砂丘の存在により海岸沿いにある風力発電施設では、ロータが視認できる全高の上方 2/3 が見える可視領域が限定され、丘陵・山地に位置する風力発電施設では、平地部の多くを可視領域とすることを分析より明らかにした。

2つの目的の結論については、次のとおりである。

a) 遠距離にある風力発電施設が目立つ要因を J. J. ギブソンが提唱する距離と奥行の刺激であるきめの勾配をつくる縦断面と対象（本論では風力発電施設）の特徴となる前額面との数値的な較差に根拠を求めることを試みた。結果として、透視幾何学的に数値で表すことはできるものの、樹木間隔 4 m の場合、視距が 90m で 10^{-4} のオーダーまで間隔が縮小するため、知覚することはできなくなることを示した。このとき、近距離で縦断面的性質を示す要素が、遠距離では前額面的性質に変化するため、縦断面と前額面の格差が目立つ要因を求めることはできない視覚環境になっている。

そこで、遠距離において数値的には縦断面も前額面も表現できるものの、縦断面のきめの勾配は認識不可能なレベルまで増大し、前額面的な性質に変化することに着目し、視距離で変化する記号的環境を比較した。その結果、自然環境は近距離と遠距離で記号が変化し、建築物

という風力発電施設と同様の人工構造物も遠距離では市街地という記号に変化するものの、風力発電施設は、近距離でも遠距離でも記号は変化しない特殊性を示した。記号の視点でみた場合、距離の変化に伴う知覚の変化に応じて記号が変化する場合において、風力発電施設という記号が変化しない異質さが目立つ要因であると考えた。

b) 風力発電施設のブレードの回転面が風向によって向きを変えするという形態に由来する煩雑さを指摘し、これを避けるための隣接する風力発電施設との離隔距離について、視点、風力発電施設の中心座標、ロータ半径との関係性を見える化し、庄内地域において比較的近距离で視認できる海岸部の視点を例に、計画時の新たな検討項目としての有効性を示した。

謝辞：東北公益文科大学の温井亨教授には、論文全般にわたり議論していただき、厚く謝意を表します。

参考文献

- 1) 環境影響評価法（平成9年法律第81号）第2条第2項第1号ホ並びに環境影響評価法施行令（平成9年政令第346号）第1条及び別表第一
- 2) 環境省：風力発電施設から発生する騒音に関する指針について、平成29年5月26日付け環水大大発第1705261号、環境省水・大気環境局長通知
- 3) 環境省：国立・国定公園内における風力発電施設の審査に関する技術的ガイドライン、pp.22-42, 2013
- 4) 篠原修：新体系土木工学 59 土木景観計画、技報堂出版、pp.304-311, 1982
- 5) 飯塚宣夫：自然眺望景観における風力発電施設の評価に関する研究、東京大学学術機関リポジトリ、2006-03-23
- 6) 平野勝也、高木浩樹、白柳洋俊：周辺景観のスキーマに着目した風力発電施設の景観評価特性、土木学会論文集D1（景観・デザイン）、Vol.75, No.1, pp.28-35, 2019
- 7) ジェームズ J. ギブソン著、東山篤規、竹澤智美、村上嵩史至訳：視覚ワールドの知覚、新曜社、pp.211-215, 2011
- 8) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構：風力発電導入ガイドブック（改訂第9版）、p.55, 2008
- 9) 篠原修編、景観デザイン研究会著：景観用語事典、彰国社、p.44, p.58, 1998
- 10) 前掲書4) pp.90-91
- 11) 前掲書7) p.63, pp.79-90
- 12) 前掲書7) p.99
- 13) 丸山圭三郎：ソシユールの思想、岩波書店、pp.119-120, 1981
- 14) 前掲書8) p.103