

風力発電設備によるテレビ受信障害の 予測検討方法

(NEDO 風力発電導入ガイドブックの補足技術資料)

2020 年 3 月

まえがき

日本のテレビジョン地上放送は、2012 年 3 月末日を以って被災地東北 3 県に於いてもアナログ放送が終了し全国でのアナログ・デジタル放送併設時代が終了しました。従って、今後実施される受信障害予測検討は、デジタル放送のみが対象となることから本資料もデジタル放送の説明のみに整理しました。

現在、建造物によるテレビ受信障害の予測業務は、主に(社)日本 CATV 技術協会会員の調査会社が実施していますが、「送信高の 1/2 を超える高さの建造物」と「特殊形状建造物」など予測技術上の一般化が難しいものに限り、(財)NHK エンジニアリングシステム（以下、NHK-ES と呼ぶ）で実施しています。

風力発電設備もその形状が一般建造物に比べ特殊な形状をしているため特殊形状建造物として扱い、一般的な建造物障害の予測検討作業と同等に実施すると業務量が膨大となります。しかし、多くの風力発電設備建設計画は、障害発生要因ならびに対象地域の諸々の条件からみて障害発生に至るケースが少ない実態にあります。

このため、風力発電事業でのこのような予測検討は、その事業規模から経費的に実施困難なケースも考えられるため、障害発生の有無と障害軽減策が検討可能か否かの判別を主体とした「概要報告書」ととどめ作業量の抑制を図っているのが現状です（作業量の多くは、予測対象テレビ局の絞込みと風車設備が見通せる集落範囲の把握です）。

注：風力発電設備建設による地上デジタル放送電波の受信障害は、散発的に発生するフラッター障害を除き、しゃへいと反射の障害は送信所近傍など特異な条件下に建設される場合以外殆ど発生しません。

なお、電波障害については、テレビ受信障害のほかラジオ（中波、短波、FM）・BS・CS と業務用無線などへの影響有無がありますが、NHK-ES ではテレビ受信障害のみの予測業務を実施しています。

ただし、テレビ受信障害以外では、中波ラジオについて中波送信所近傍に建設する場合など中波送信パターンを乱す障害の検討が必要となり、業務用無線のうち法に規定された重要無線回線への影響については ARIB：(社)電波産業会（<http://www.arib.or.jp/>）に出向き該当する回線の有無を確認する必要があるなどの業務が発生します。

ラジオ（中波、短波、FM）と重要無線回線以外の業務用無線に対する影響は、送信所近傍に建設される風力発電設備を除けば一般に軽微ですが、これらテレビ放送波以外への影響に対する対処要否は関係事業者との協議によるものと思われます。

また、BS・CS 電波もパラボラ受信アンテナが光学的な陰領域に設置されている場合には影響を受けますが、一般的な風力発電設備建設地条件の中ではごく稀な障害となります。

本資料は、独立行政法人 新エネルギー産業技術総合開発機構 (NEDO 技術開発機構)「風力発電導入ガイドブック (2005 年 5 月改定第 8 版)の折込み訂正版 (b)電波障害 (iii)障害予測、①予測方法」に記述した「風力発電設備によるテレビ受信障害の予測検討方法」に対応する予測技術資料です。この予測技術資料の閲覧は自由ですが、部外向け資料に掲載使用される場合は NHK 財団技術事業本部 の承認を得てご利用下さい。

風力発電設備建設に伴うテレビ受信障害の予測検討方法

NHK財団技術事業本部で実施している風力発電設備建設に伴うテレビ受信障害予測検討対象電波は、特に断りが無い限り一般受信者宅へ直接届くテレビ地上デジタル放送に限定して実施し、これ以外の放送波ならびに業務用無線などの受信障害は検討対象外である。

テレビ受信障害予測検討対象風力発電用風車の代表的な外形状と発電規模・寸法は、概ね図 1 と表 1 に示す範囲であるが、近年建設される風力発電所風車群は、風車羽根（ブレード）の長さ 45～50m、出力 2,000～2,500kW の風力発電風車 5～20 基程度の規模が主流である。

なお、発電設備建設に伴う新たな送・配電設備によるテレビ受信障害は、現状では関係設備が小規模なため、特異な条件を除き予測検討を実施していない。

表 1 代表的な風車の規模と寸法

定格出力	0.3～2.5MW	風車基数	1～40基
H [m]	l [m]	D_A [m]	D_B [m]
40～85	30～50	1.1～4.3	2～5.3

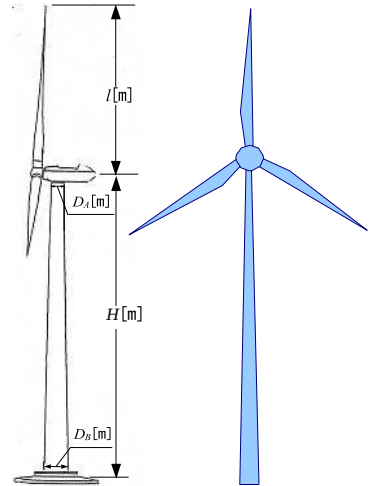


図 1 代表的な風車外形状

以下は、予測検討に使用する受信機性能と障害発生基準値、ならびに予測検討対象となる受信局と事前調査範囲などの絞り込み方法などについて記述する。

1. 障害発生と基準値 地上デジタル放送では、受信電波の強さに対する受信可否が急峻な ON・OFF 特性で

あることから、原理的には受信画像は受信不能（評価 1）か良好受信（評価 5）の 2 者択一の変化が基本となる。実際のテレビ電波受信では、時間的な電界変動が一定量あるため所要受信レベル限界に近い弱電界条件下では、この変動により瞬間の受信画像としては良好受信とブロックノイズ発生を繰返し、評価 2～4 領域も確認出来る。従って、地上デジタル放送の受信障害は、時間的な電界変動により最悪時の画像評価が概ね 3 以下に劣化したことが認められる条件を受信障害発生の基準とする。

図 2 は、地上デジタル放送の良好受信可否領域を区分する BER・CN 比・DU 比・受信レベルの関係を表した図である。

図 2 左図は、地上デジタル放送で使用している OFDM 波（ガード比 1/8、64QAM、FEC3/4 の場合）の CN 比とビタビ復号後のビット誤り率（BER）との関係を示したものである。マルチパス（反射波）が無い条件下での良好受信限界となるビタビ復号後ビット誤り率 2×10^{-4} （所要 BER）を確保するためには、約 20dB の CN 比（所要 CN 比）が必要となることなどを示している。

Figure 1 is a graph showing the relationship between the Gaussian noise SNR (X-axis) and the bit error rate (BER) (Y-axis) for 64QAM (3/4) bit stream. The X-axis is labeled '等価SN比 C/N₀[dB]' and ranges from 15 to 25. The Y-axis is labeled 'ビット誤り率 (BER)' and ranges from 1E-08 to 1E+00. A blue line represents the BER curve. A red horizontal line marks BER = 2 x 10⁻⁴. A red vertical line marks SNR = 20 dB. The area above the BER curve and to the left of the SNR = 20 dB line is shaded blue and labeled '良好に受信できない領域' (Area where reception is not good). The area below the BER curve and to the right of the SNR = 20 dB line is shaded red and labeled '良好に受信できる領域' (Area where reception is good). A red box indicates '必要SNR: 2 x 10⁻⁴' at the intersection of the BER curve and the SNR = 20 dB line. Another red box indicates '必要SN比: C/N₀ = 20dB' at the SNR = 20 dB line.

図2 地デジ波の障害範囲となる領域を決定する BER・CN 比・DU 比・受信レベル関係図

以上から、受信レベルの僅かな変動でビット誤り率（BER）が大きく変わり、時間的な電界変動がある一般的な受信条件下では余裕を持った検討が必要となる。

なお、遅延時間約 $120\mu\text{s}$ （直接波と反射波の到達通路長差が約 36km ）以上のガードインターバル外マルチパス妨害波は一般的なデジタル混信妨害波となるため、良好に受信するためには約 21dB 以上（単一妨害波の場合）の DU 比を確保する必要がある。

2. 風力発電設備によるテレビ受信障害 風力発電設備の建設に伴う主なテレビ受信障害

には、円錐柱によるしゃへいと反射の障害、風車羽根（ブレード）の回転に伴って発生する建設地後方地域での電界変動障害（以下、フラッター障害と呼ぶ。なお、地上デジタル放送ではブレードの回転に同期して良好受信とブロックノイズ症状を繰返す。）がある。

なお、予測作業では、電界変動分を考慮して良好受信可能受信レベルを $35\text{dB}(\mu\text{V})$ 以上（図 2 右図の受信レベル $26\sim 31\text{dB}(\mu\text{V})$ + 電界変動分と仮定）として扱う。

2.1 シャヘイ障害

円錐柱による後方地域のしゃへい障害は、柱の直径が 5~6m 以下とことから地上デジタル放送での条件である受信レベルが 35dB(μ V)未満に低下する範囲は数 m 以下にとどまるため、多くの場合この範囲に家屋はなく障害の発生は予測されない。従って、送信所近傍の建設地など広域障害となる特異な条件を除き、検討結果は「いずれの受信局電波も障害は発生しない」との記述報告となる。

2.2 フラッター障害

図 3 に示すように建設地の後方地域から見て風車羽根の見通しが良好であるのに対して、受信局の送信アンテナは山陰となる地形条件で、風車羽根に入射する電波と受信地域①～③の電界強度差が約 30dB 以上となる条件のほか、受信レベルが概ね 35dB(μ V)未満の受信設備のみ発生との条件が加わることから、障害予測範囲内であっても散発的な発生にとどまることが多い。

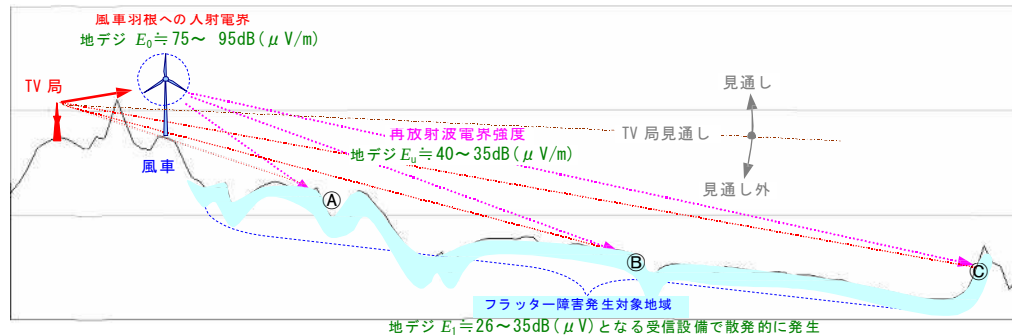


図 3 フラッター障害を発生する代表的な地形条件

2.3 反射障害

円錐柱によるテレビ電波の反射波は、ビル壁面等の平面的な反射面に比べて拡散傾向にあり弱く、フラッター障害の発生条件と同様に反射方向地域の電界強度が地形地物により円錐柱への入射波に比べ約 30dB 以上低下している条件で受信レベルが 35dB(μ V)未満、かつ、そのDU比も 10dB 以下となる場合に限定されることから、建設地が送信点近傍などの特異な条件を除き、検討結果は「いずれの受信局電波も障害は発生しない」との記述報告となる。

なお、送信点近傍の風車の場合は、有効反射面が広がった効果を持ち、かつ遠方に行っても希望波と反射波の減衰特性が同等のためDU比の改善が期待できない。また、遠方まで強い反射波が到達するため、近隣の SFN 局に対してガードインターバル越えのマルチパスとなることも考えられることから広域障害発生の恐れがある。

3. 障害予測検討対象局の絞り込みと事前調査範囲

風力発電設備は、一般に障害を発生しにくい形状にあるが、風車設備への入射波強度が下記の強さ以上となる場所に建設される場合、条件によっては障害発生に至ることがある。

- ・フラッター障害：(風車羽根への入射波が) 75dB(μ V/m)
- ・反射障害：(柱への入射波が) 75dB(μ V/m)

従って、予測検討対象局は、建設地の風力発電設備が見通せる周辺集落範囲内受信局の内、風車設備への入射波強度が上記値を超える局に絞込むことができる。

また、事前調査範囲は、建設地の風力発電設備が見通せる地域で、風車設備への入射波強度が上記の値を超え、かつ受信局が地形地物のしゃへいを受け電界強度が大きく低下している周辺集落を包含する範囲となる。

なお、しゃへい障害の事前調査範囲と予測検討対象局は、建設地が送信点近傍などの特異な条件下の風力発電設備を除けば、建設地から近い集落を対象とし、そこで受信されている放送局に絞込むことができる。

4. その他の補足

風力発電設備によるテレビ受信障害は、建設される工作物の特殊形状に起因し面的な障害範囲表示に至らない軽微な障害或いは全く障害が発生しない場合が多い。従って、予測検討結果報告書は、障害予測確定に必要な事前調査範囲の明示と調査による確認事項の留意点を中心の報告となることが多い。

また、送信点近傍の風力発電設備建設で問題となる送信指向性を乱す障害（キャンデラブラ効果）については、反射障害が発生しない条件であればこの指向性の乱れは 1dB 以下の軽微な影響にとどまる。

なお、風車羽根（ブレード）・発電機などの曲面形状に対応する電波の散乱反射波強度は、次の【参考】に示した航空機レーダー計算などで用いられる「側方散乱断面積に対応する反射波強度」の計算式により求める。

【参考】 風車羽根の側方散乱断面積に対応する反射波強度

風車羽根に入射する電界強度 $E[\text{dB}(\mu\text{V/m})]$ 、風車羽根 3 枚の側方散乱断面積を $S[\text{m}^2]$ 、反射損を $\eta[\text{dB}]$ としたとき、風力設備から $d_2[\text{m}]$ 離れた見通し地点の風車羽根による反射波強度 $E_r[\text{dB}(\mu\text{V/m})]$ は次式で求められる。

$$E_r = E - 8 - \eta + 10 \log_{10}(S) - 20 \log_{10}(d_2) \quad [\text{dB}(\mu\text{V/m})]$$

ここで、風車羽根 3 枚の側方散乱断面積 $S=300 \text{ m}^2$ 、 $\eta=4\text{dB}$ 、 $d_2=3000\text{m}$ とすると、反射波強度 $E_r[\text{dB}(\mu\text{V/m})]$ は、次式で求められる。

$$E_r = E - 8 - \eta + 10 \log_{10}(300) - 20 \log_{10}(3000) = E - 8 - 4 + 25 - 69 = E - 56 = E - DU$$

参考文献：建造物障害予測技術（地上デジタル放送 NHK 編）2003.5.31(株)テレコム新聞社発行