

騒音予測ソフトウェア「SoundPLAN®」を用いた解析

エンジニアリング本部 都市・地域環境部

飯塚 俊明

1. はじめに

近年、風力発電施設が環境影響評価の対象事業に追加されたことや火力発電施設の新設や更新が増えていることを背景に、環境影響評価に係る審査件数が増加傾向にある。また、小規模な事業であっても近隣住民の理解を得るために自主的な環境影響評価を実施するケースも多い。

環境影響評価において騒音は主要な評価項目であり、環境騒音の予測業務では詳細な条件設定や複数条件での検討が必要とされることや、評価対象によって予測手法を変える必要があるなど、煩雑な作業を伴うものとなっている。

本稿では環境騒音の予測において有用なツールである「SoundPLAN®」の特徴と解析事例を紹介する。

2. SoundPLAN®の概要・特徴

環境騒音予測ソフトウェア「SoundPLAN®」は、ドイツ SoundPLAN GmbH 社の製品で、日本では株式会社小野測器から販売されている。

騒音の解析手法の主なものとしては、有限要素法や FDTD などのように解析対象となる空間、境界面あるいは時間を細かく分割したうえで音の波動性を考慮した計算をする方法と、鏡像法や音線法などのように音の波動性を考慮せずにエネルギーの伝搬を幾何学的に取り扱う方法がある。

SoundPLAN®では幾何音響理論に基づく方法の

一つである逆音線法を採用している。通常の音線法では、音源から適当な角度の間隔であらゆる方向へ放射されたエネルギーが反射面での減衰と方向転換を繰り返した後に受音点の領域に到達する時刻と方向を記録する。受音点領域での音の強さは到達する音線の数により求められる。音源からある方向に放射されたエネルギーが一定の反射回数内に受音点に到達しない場合でも音線を追跡する必要があるため効率が悪く、騒音源や反射面が多数ある場合には計算量が増える。これに対し逆音線法では受音点側から一定の角度毎に探査し、音源が見つかった経路について伝搬計算を行う。音源がない経路の計算は行われないので、計算の負荷が小さいものとなる。

SoundPLAN®は国内外における各種の規格に準じた予測手法に対応している。対応している予測手法の一部を表 1 に示す。

表 1 SoundPLAN®が対応している主な予測手法

対象	予測手法
道路騒音	ASJ RTN-Model 2013(日本音響学会)
鉄道騒音	在来鉄道騒音の予測手法(鉄道総研)
工業騒音	ASJ CN-Model 2007(日本音響学会), 大規模小売店舗から発生する騒音の予測手法(経済産業省), ISO 9613-2

また、周波数帯域は 1Hz～20kHz に対応しており、低周波音の予測にも適用できる。

なお、システムは道路騒音の伝搬計算ソフトや工

業騒音の伝搬計算ソフト、3次元表示ツールなどのモジュールに分割されており、ユーザが必要とする機能のみを導入することができる。

3. モデルの作成および結果の表示

3.1 予測モデルの作成

騒音源や遮音壁、建物などのモデル作成については、以下に示す複数の方法が用意されている。

- ◆ ビットマップやJPEGなどの形式の画像データを下絵として、マウスにより画面上で位置を指定。
- ◆ CADソフトなどで作成されたDXFデータをインポート。等高線や建物に高さの情報があればそのまま3次元の形状として使用できる。
- ◆ 座標値や特性を記述したテキストデータをインポート。
- ◆ Shape形式のGISデータをインポート。

騒音源の音響パワーレベルや遮音壁などの透過損失、吸音率の周波数特性などをライブラリとして構築することができる。そのため過去の事例で用いたデータを参照することが容易である。ASJ CN-Model 2007に示されている建設機械騒音の音響パワーレベルや主な建築材料の透過損失・吸音率のデータがあらかじめライブラリとして整備されている。

予測モデルとして作成したオブジェクトを3次元的に表示することができるので、モデルに誤りがないか確認しながら作業を進めることができる。また、これらのオブジェクトを種類別や条件別にまとめておき、特定の騒音源を考慮する／しない、遮音壁有り／無しなど、予測条件に応じて組み合わせを変えて計算を行うことができる。

3.2 予測結果の出力

個別に設定した評価点については、騒音レベル

のオーバーオール値や周波数特性の他に各騒音源からの寄与の度合いを一覧表として出力できる。また、それぞれの評価点に対して音が入射してくる方向を表示することができる。

予測範囲として設定した水平面および垂直面について等音分布図をカラーで表示できる。これらを3次元表示し、騒音源となる風車などの形状をモデル化したものや下絵に用いた画像を重ねて表示することもできる。

予測結果に対して演算を施すことができるので、例えば対策前後における騒音レベルの差分を等音分布図として表示することで対策による効果を視覚的に確認することができる。

4. 騒音解析例

4.1 壁面に囲まれた発電施設

火力発電施設を想定した騒音予測の例を示す。予測では、(a)遮音壁を設置しない場合、(b)施設の周囲に反射性の遮音壁を設置した場合、(c)吸音性の遮音壁を設置した場合の3つのケースを比較する。

予測手法はASJ CN-Model 2007によるものとし、空気吸収による減衰および地表面効果による減衰は考慮しないものとした。

(1) 予測条件

予測条件を表2に、吸音性遮音壁の吸音率を図1に、予測モデルを図2に示す。

この解析例では騒音源群と予測範囲のオブジェクトを3つのケースで共通とし、他に反射性遮音壁のオブジェクト、吸音性遮音壁のオブジェクトを別途作成した。計算は(a)共通オブジェクトのみ、(b)共通オブジェクトと反射性遮音壁、(c)共通オブジェクトと吸音性遮音壁の、それぞれの組み合わせにより行った。

表 2 予測条件

音源種類・位置	図 2 および表 3 を参照
周波数特性	事例を基に設定
予測範囲	500m×400m
予測高さ	地上 1.2m
地盤高さ	フラット
遮音壁設置範囲	施設の周囲 120m×200m
遮音壁高さ	8.0m
吸音性遮音壁の吸音率	メーカー資料を参考に設定 (図 1 参照)

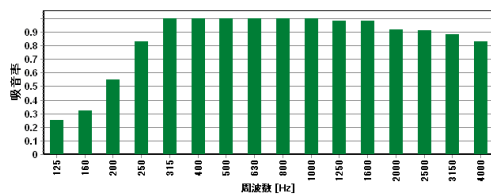


図 1 吸音性遮音壁の吸音率

表 3 火力発電施設の騒音源

名称 (放射方向)	PWL (dB)	寸法
矩形面音源		
① GTエンクロージャ (側面, 上面)	84.0	5.0×12.0×2.0
② 吸気消音器 (側面)	80.0	4.0×3.0×4.0
③ GT吸気フィルタ (側面, 上面)	63.0	12.0×8.0×6.0
④ 発電機 (側面, 上面)	78.0	4.0×8.0×2.0
⑤ 空気圧縮機 (側面, 上面)	66.0	1.0×2.0×1.0
⑥ 動力変圧器 (側面, 上面)	68.0	1.0×2.0×1.0
⑦ 主変圧器 (側面, 上面)	79.0	6.0×6.0×3.0
⑧ 冷凍機室 (側面, 上面)	70.0	6.0×12.0×4.0
⑨ 排熱回収ボイラ (側面, 上面)	78.0	4.0×6.0×3.0
⑩ 冷却塔 (側面)	67.0	4.0×12.0×4.0
円形面音源		
⑪ 冷却ファン1~3 (上面)	78.0	半径 (m) 2.0
円筒音源		
⑫ トランジションダクト	91.0	延長 (m) 5.0
点音源		
⑬ 排気煙突	85.0	
⑭ 純水補給水ポンプ	84.0	
⑮ 原水ブーストポンプ	84.0	
⑯ 純水装置再生水ポンプ	84.0	
⑰ 復水ポンプ	89.0	
⑱ 純水装置原水補給水ポンプ	84.0	
⑲ 原水補給水ポンプ	84.0	
⑳ 復水器ファン1~3	92.0	
㉑ 吸気冷却水ポンプ	86.0	
㉒ 冷水冷凍機用冷却水ポンプ	86.0	
㉓ GT用冷却水ポンプ	86.0	

注) 面音源、円筒音源のパワーレベルは単位面積または単位長さ当たりの値。

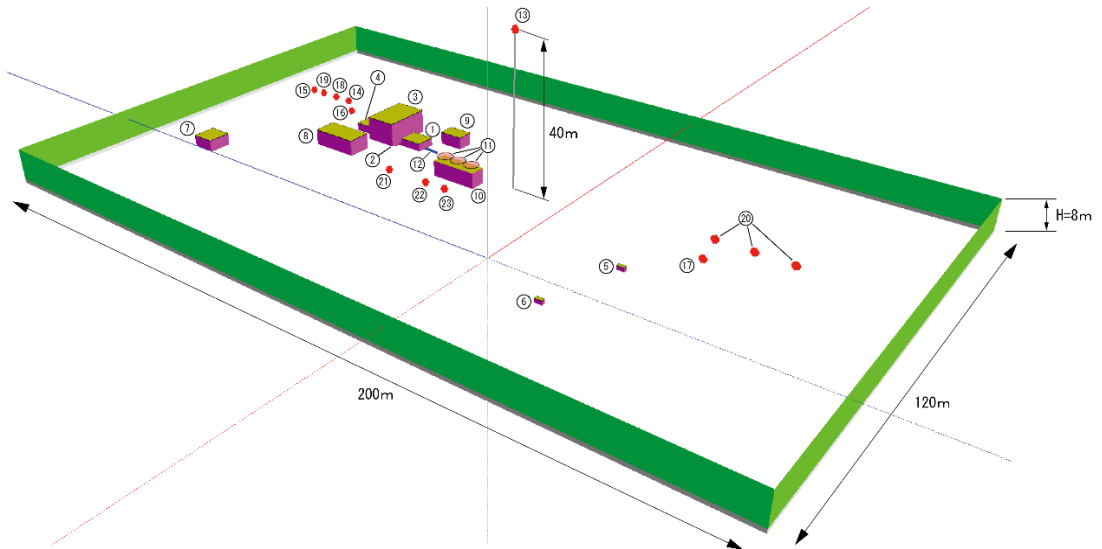


図 2 火力発電施設を想定した騒音予測モデル

(2) 予測結果

火力発電施設を想定した騒音の予測結果を図 3 に示す。

遮音壁が無い場合には、音源を中心に同心円上に音が減衰しているが、遮音壁が設置された場合には遮音壁の外側は内側に比べて騒音レベルが急激に減衰している。また、遮音壁の近傍よりも遮音壁から少し離れた地点のほうが、騒音レベルが小さいことが分かる。

遮音壁を反射性としたモデルでは遮音壁の内側に騒音が減衰していない。また吸音性としたモデルに比べると、遮音壁の外側についても騒音レベルが高くなっていることが分かる。

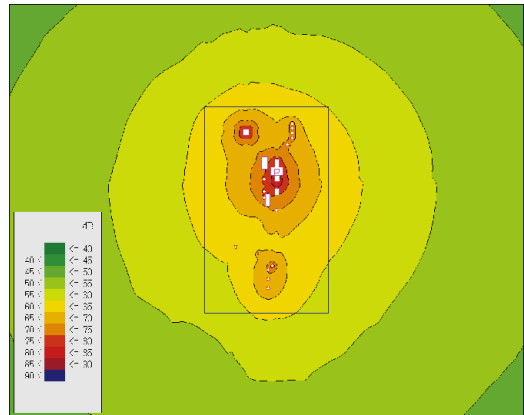
遮音壁を吸音性としたモデルでは、壁の内側の騒音レベルが、遮音壁が無いモデルとほとんど変わらないものとなっている。

4.2 起伏のある地形での建設機械騒音の予測

起伏のある地形で建設機械が稼働することを想定した騒音予測を例として、ASJ CN-Model 2007 と ISO 9613-2 の 2 種類の予測手法の違いを比較した。

(1) 予測手法

2つの予測手法で大きく異なる点として、ASJ CN-Model 2007 では半自由空間における伝搬を基本として、地表面の音響特性が把握できない場合には地面を剛とみなし地表面の影響に関する補正は 0dB とするのに対し、ISO 9613-2 では自由空間での伝搬を基本としたうえで、地表面の影響として直接伝搬する音と地盤面からの反射音との干渉により生ずる減衰を考慮することとされている。



(a) 遮音壁無し



(b) 遮音壁あり(反射性)



(c) 遮音壁あり(吸音性)

図 3 火力発電施設騒音の予測結果

空気吸収による減衰について、ASJ CN-Model 2007 では、予測モデルが対象としている伝搬距離（建設工事現場の敷地境界から概ね 100m）では空気吸収による減衰はほぼ無視できるものであり減衰量は 0dB とすることとなっている。ISO 9613-2 では予測対象に応じた気温と相対湿度におけるオクターブバンド毎の減衰量を ISO 9613-1 により算定する。

(2) 予測条件

予測条件を表 4 に、騒音源の周波数特性を図 4 に、予測範囲図を図 5 に示す。

ISO 9613-2 においては、回折に係る減衰量について、単回折の場合は-20dB、二重以上の回折の場合は-25dB までに制限されているが、この解析例では ASJ CN-Model 2007 による予測においても同様の制限を設けた。また、ASJ CN-Model 2007 による予測では予測範囲全体について空気吸収を考慮しないものとした。

この解析例では2つのケースで騒音源や予測地盤面などのオブジェクトは共通のものを用いており、計算の段階で予測手法を使い分けることとした。

表 4 予測条件

騒音源	ブルドーザ
パワーレベル	$L_{WAeff} = 115dB$
周波数特性	ASJ CN-Model 2007 に示されている建設機械の代表周波数特性(図 4 参照)
予測範囲	2km×2km
音源位置	予測範囲中央
音源高さ	地上 1.5m
予測高さ	地上 1.2m
地盤データ	基盤地図情報 数値標高モデル (5m メッシュ)より作成
気象条件	気温:20℃、相対湿度:60%

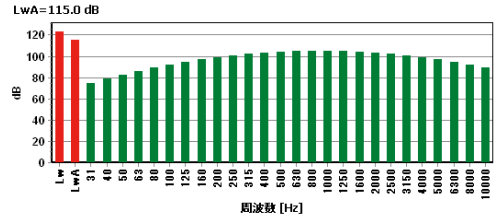


図 4 建設機械騒音の周波数特性

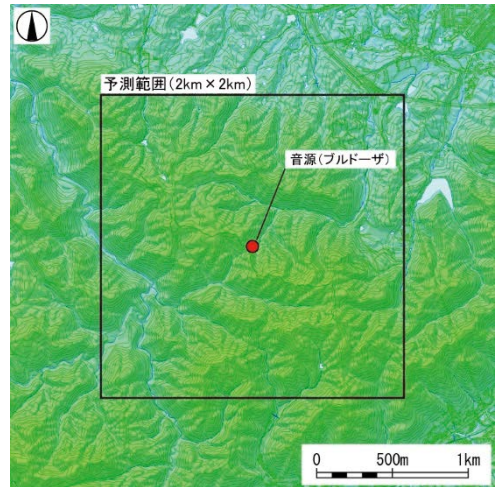


図 5 建設機械騒音の予測範囲図

(3) 予測結果

建設機械騒音の予測結果を図 6 に示す。この例では地形の鳥瞰図に騒音レベルのカラーコンターを重ねて表示している。

ISO 9613-2 による予測では地表面減衰と空気吸収が考慮されているので、ASJ CN-Model 2007 による予測結果に比べると音源から離れた地点では騒音レベルが小さくなっていることが分かる。また、コンターの形状も予測手法により異なるものとなっていることが分かる。

5. 環境影響評価における活用について

環境影響評価における自治体の技術指針などで騒音の予測手法を限定していることはほとんど無い

が、実務的には、道路交通騒音に対しては ASJ RTN-Model 2013、建設機械騒音に対しては ASJ CN-Model 2007 を用いることが多い。



(a) ASJ CN-Model 2007 による予測結果



(b) ISO 9613-2 による予測結果

図 6 建設機械騒音の予測結果

風力発電施設に対しては(国研)新エネルギー・産業技術総合開発機構による「風力発電のための環境影響評価マニュアル(第 2 版)」(以下 NEDO マニュアル)と ISO 9613-2 が多く使われており、このうち ISO 9613-2 は NEDO マニュアルと比較して詳細な条件を組み入れることができるとされている。

火力発電施設や大規模工場などに対しては ASJ CN-Model 2007 または ISO 9613-2 に準じた方法を用いていることが多いようである。

SoundPLAN®では上記に示した各種の規格に準拠した予測手法に対応しており、環境影響評価の実務者にとって有用なものとなっている。

また、騒音源の特性などの諸元をライブラリにより管理することや、オブジェクトを 3 次元表示して位置

や形状を確認しながらモデル作成を行えることにより、モデル作成の段階での作業効率の向上を図ることができる。

更に、予測結果を数値とグラフィックで表現でき、異なる条件による予測結果の比較や対策効果の確認も容易であるなど、事業による影響の検討や関係者間の合意の形成にも役立つものである。

6. 最後に

SoundPLAN®というプラットフォームを用いて騒音予測を行う場合、基となるデータがあれば当初の予測条件から一部のみを変更することが容易となる。データの作成方法を理解している第三者であれば、予測に用いたデータを確認し、予測結果を検証することも可能である。

また、事業の初期段階における概略検討から詳細な検討へと進む際に、データを正しく引き継ぐことによって前の段階での検討結果との整合性について問題は生じないことになり、検討に要するコストの削減につながることも期待できる。

<参考文献>

- 1) 「はじめての音響数値シミュレーションプログラミングガイド」(日本建築学会 編, 2012 年 11 月, (株)コロナ社)
- 2) 「建設工事騒音の予測モデル "ASJ CN-Model 2007"」(日本音響学会誌 64 巻 4 号, 2008 年 4 月, (社)日本音響学会)
- 3) 「風力発電施設から発生する騒音等への対応について」(2016 年 1 月, 環境省 風力発電施設から発生する騒音等の評価手法に関する検討会)