

SoundPLAN®noise による野外音楽イベントの予測計算

— ステージモデル手法『SDE 法』 —

SoundPLAN®noise による野外音楽イベントの予測計算

－ ステージモデル手法『SDE 法』 －

環境騒音予測ソフトウェア「SoundPLAN®noise」は、道路、鉄道、工場、建設工事、大規模小売店舗等、様々な騒音源を対象とした騒音予測手法を導入し、環境アセスメントのための予測計算において多くの実績があります。本稿では、SoundPLAN®noise の新たな活用事例として野外音楽イベントの騒音予測計算を紹介いたします。

1. 騒音予測計算の概要

環境アセスメントにおける騒音予測では、主に実用的な手法として音の干渉性を考慮しない「幾何音響」が用いられます。

幾何音響による手法では一般的に、騒音源が発生する騒音の大きさを「音響パワーレベル」として定義し、伝搬過程における減衰量を算出することで、受音点での騒音レベルを推定します。

一方、新たな「SDE 法」では、多種多様なスピーカー設定によるコヒーレンス効果や、風の影響によるコヒーレンスの低下を考慮することで、野外音楽イベントにおける複雑な音響相互作用を正確に予測することが可能となりました。

SDE 法は SoundPLAN®、d&b audiotechnik® と L-Acoustics® との共同で開発された手法です。

SDE = Sound/System Design/Data Exchange/Export

本稿では、音楽フェスティバルのステージ・PA システムを例に、SoundPLAN®noise による予測計算の手順をご紹介します。

2. 予測計算に用いるモデル構成

多くのスピーカーメーカーは、会場における PA システムやスピーカーアレイの性能をシミュレートするため、独自に開発したソフトウェアを提供しています。これらのソフトウェアでは、スピーカーの位置や角度、ディレイタイム、指向性パターン、相対音圧レベルなどを設定することが可能です。必要に応じて、会場や観客エリアのモデリングも行います。

PA システムやスピーカーアレイから発生する音の大きさを定義するために音響校正点を設定します。これは、コンサートの FOH (Front of House: ステージ正面のミキサー席) に設定されることが多く、この地点での受音点レベルを基準にすることで、会場全体の音圧分布を正確に定義できるようになります。

会場や PA システム、音響校正点のデータはスピーカーメーカーのソフトウェアから SDE ファイル形式でエクスポートし、図 1 に示すように「ステージオブジェクト」として SoundPLAN®noise へインポートすることができます。SoundPLAN®noise 上では、OpenStreetMap^{※1} や Google Maps^{※2} から

※1 OpenStreetMap は OpenStreetMap 財団の登録商標です。

※2 Google Maps は Google LLC の登録商標です。

マップデータをインポートできるほか、建物や遮音壁、植生といった各種オブジェクトを配置することで、詳細な周辺環境を構築することが可能です。

3. 音源の設定

音源の周波数特性は、ライブラリから設定が可能です。図2に示すように、SoundPLAN[®]noiseではステージの計算に使用できる6種類のサンプル音源が用意されています。また、20 Hz～10 kHzの周波数範囲の1/3オクターブバンドスペクトルを持つデータを独自に作成し、ライブラリとして活用することも可能です。

※周波数特性を設定する際は、ドロップダウンメニューから単位として「電気（ステージ）」を選択してください。指向性については、SDEファイル内のデータが自動的に適用されるため、改めて定義する必要はありません。

SDEファイルによって各スピーカーの相対的な音響パワーレベルは定義済みであるため、ステージオブジェクトをSoundPLAN[®]noise上の任意の位置に配置した後、音響校正点に設定する音圧レベルを入力し、伝搬予測計算を実行します。設定した音響校正点における実測値（または推定値）を入力することで、すべてのスピーカーの出力がそれに応じて一括で調整されます。

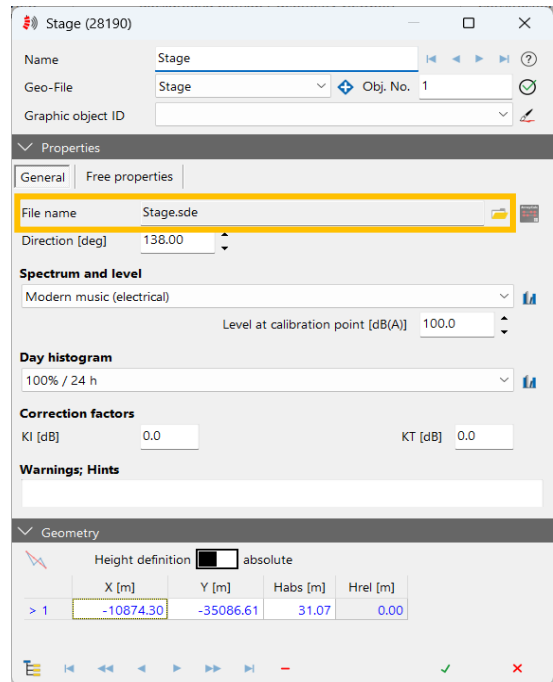


図1 ステージオブジェクトの設定

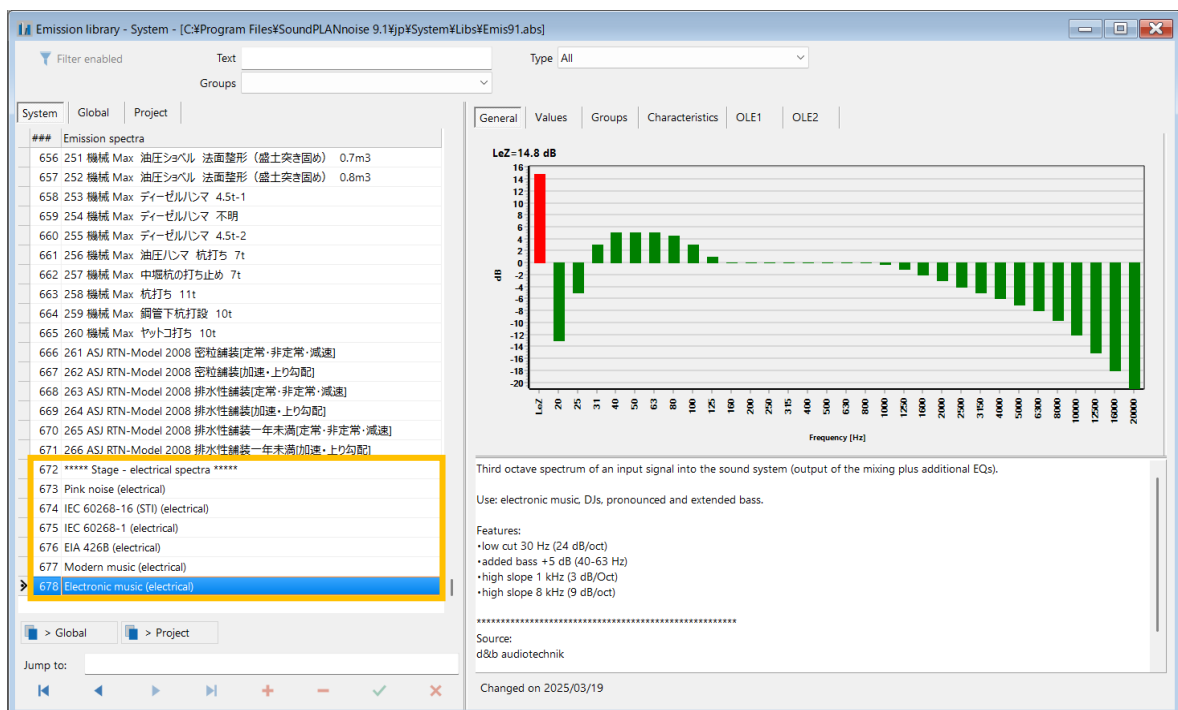


図2 ライブラリの音源特性データ

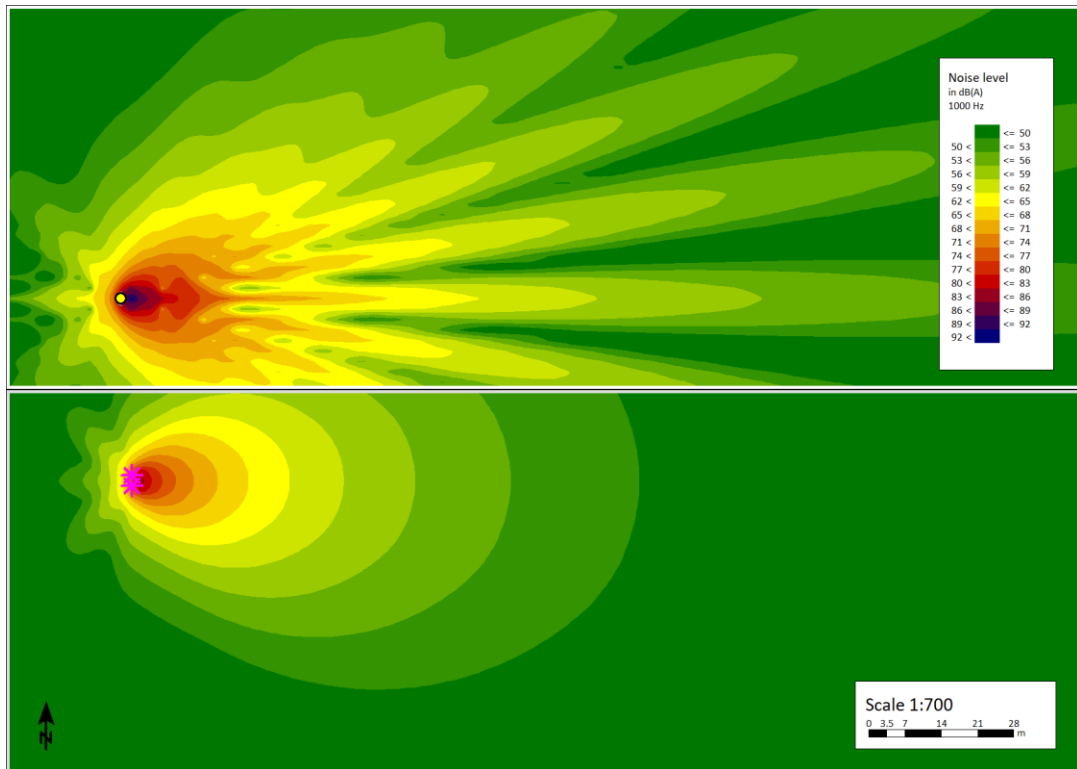


図3 2台のスピーカーを設置した場合の伝搬予測計算の比較
 上：SDE 法音源 下：従来の指向性音源

SDE 法には、風の変動による影響を考慮したデコヒーレンス係数、1/3 オクターブバンドの平均化、入力スペクトルを用いたキャリブレーションが含まれます。さらに、複素音圧加算に基づいて、アレイの各スピーカーは位相と指向性を持つ複数の点音源としてモデル化されるため、正確に音源同士の干渉を推定できます。図3は、2台のスピーカーを隣接して配置した2つのシミュレーション事例を比較したものです。上段はSDE法による計算結果、下段は従来の指向性を持つ点音源として計算した結果を示しています。

複数のステージ間にわたるコヒーレンスの評価も可能です。例えば、A社のPAシステムを使用したステージと、隣接するB社のシステムを使用したステージをそれぞれ設定し、相互の音のコヒーレンスを反映した伝搬を計算することができます。

4. 利用可能な騒音計算の規格

音響伝搬の計算規格であるISO 9613-2（1996年版および2024年版）、CNOSSOS-EU、Nord2000は、いずれもSDEファイルによる計算をサポートしています。ISO 9613-2は国際的に最も広く普及しており、エンターテインメントの音響の予測においても標準的に活用されています。一方、CNOSSOS-EUは欧州連合の共通規格であり、Nord2000は風向や風速が音の伝搬に与える影響を詳細に考慮できるのが特徴です。

具体的な事例として、都市公園で開催される野外音楽イベントの計算例を紹介します。本事例では、周辺住宅地への騒音の影響を予測します。ここでは、d&b audiotechnik®社が提供しているソフトウェア「ArrayCalc」※1を使用してPAシステムとステージモデルを作成します（図4）。

※1 2026年2月現在、SDE エクスポートに対応しているのはd&b audiotechnik®社の「ArrayCalc」のみですが、今後他のスピーカーメーカーのソフトウェアにおいても順次実装が期待されます。

この例では、メイン PA として 8 台のキャビネットで構成されるラインアレイ・スピーカーを、ステージ左右の高さ 7m に設置します。また、メイン PA の下には、6 台のサブウーファーを組み合わせたものを左右 2 箇所にも床置きで配置します。さらに、ミュージシャン用のモニターとして、ステージ内側に向けた 6 台のニアフィールドスピーカーを使用します。音響校正点は、ステージ前方 30m の FOH に設定します。これらのセットアップ情報は、最終的に SDE ファイル形式でエクスポートされます。

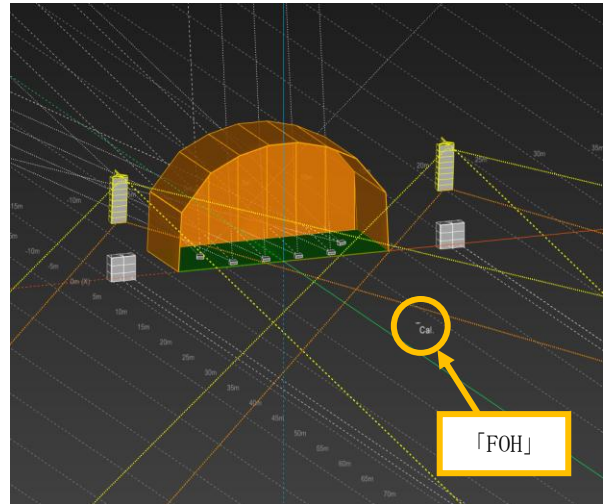


図 4 ArrayCalc で作成した会場とスピーカーと音響校正点 (FOH)

SoundPLAN[®]noise 上で計算環境を構築します。まず、OpenStreetMap や既存の地図データを使用して標高データ、建物、必要に応じて道路、鉄道の情報をインポートします。取り込んだデータは SoundPLAN[®]noise が認識可能な形式に変換した後、標高データを使用して「デジタルグラウンドモデル (DGM)」を生成し、地形を構築します。

次に、騒音マップの作成範囲を指定し、図 5 のように公園の東側にステージオブジェクトを配置します。このステージオブジェクトの位置で SDE ファイルをインポートし、「方向 (Direction)」入力フィールドを用いてステージの向きを定義します。

図 6 に ISO 9613-2 により計算された垂直断面の音圧レベル分布、図 7 に ISO 9613-2 により計算された平面の音圧レベル分布を示します。また、図 8 と図 9 は、Nord2000 を用いて北風 (図 8) および南風 (図 9) の影響を考慮した計算結果を示したものです。



図 5 都市公園での野外音楽イベントの計算モデル

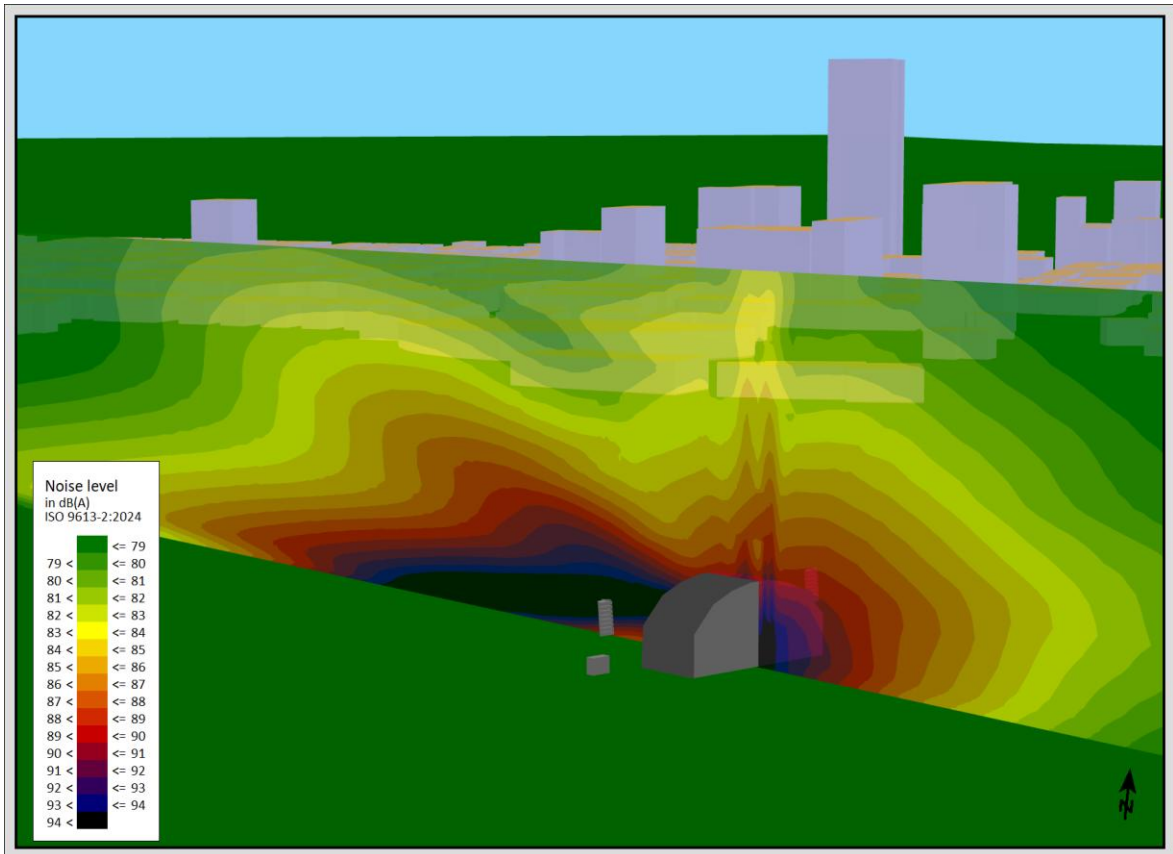


図 6 ステージの音の広がり（垂直断面）

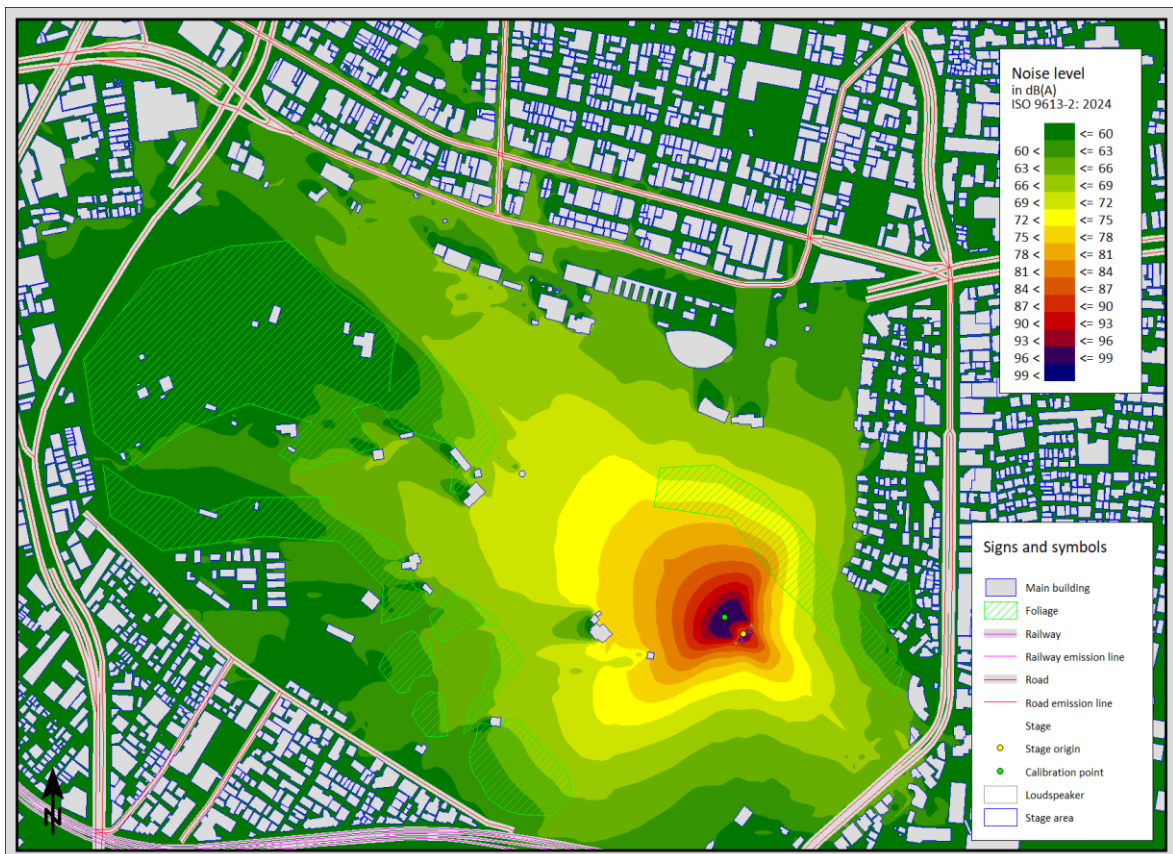


図 7 ISO 9613-2 による伝搬計算結果

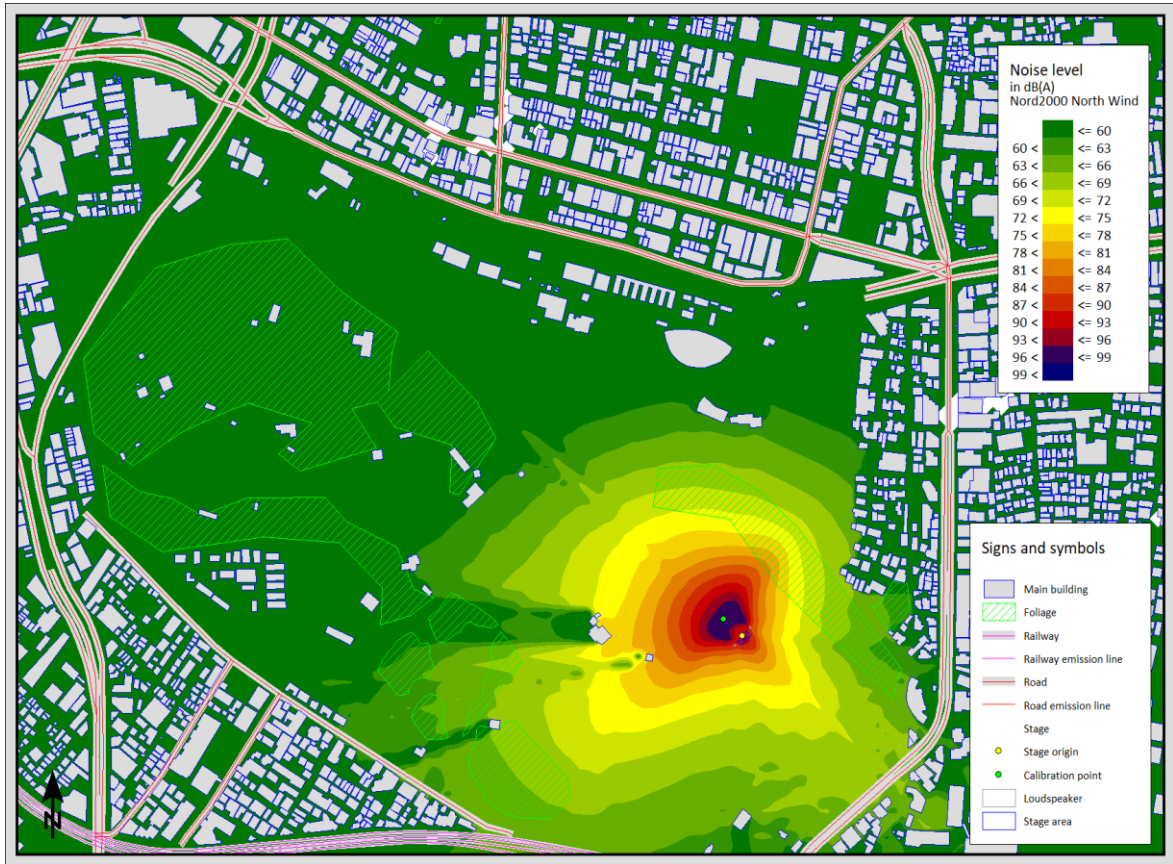


図 8 Nord2000 による伝搬計算例（北からの風 10 m/s）

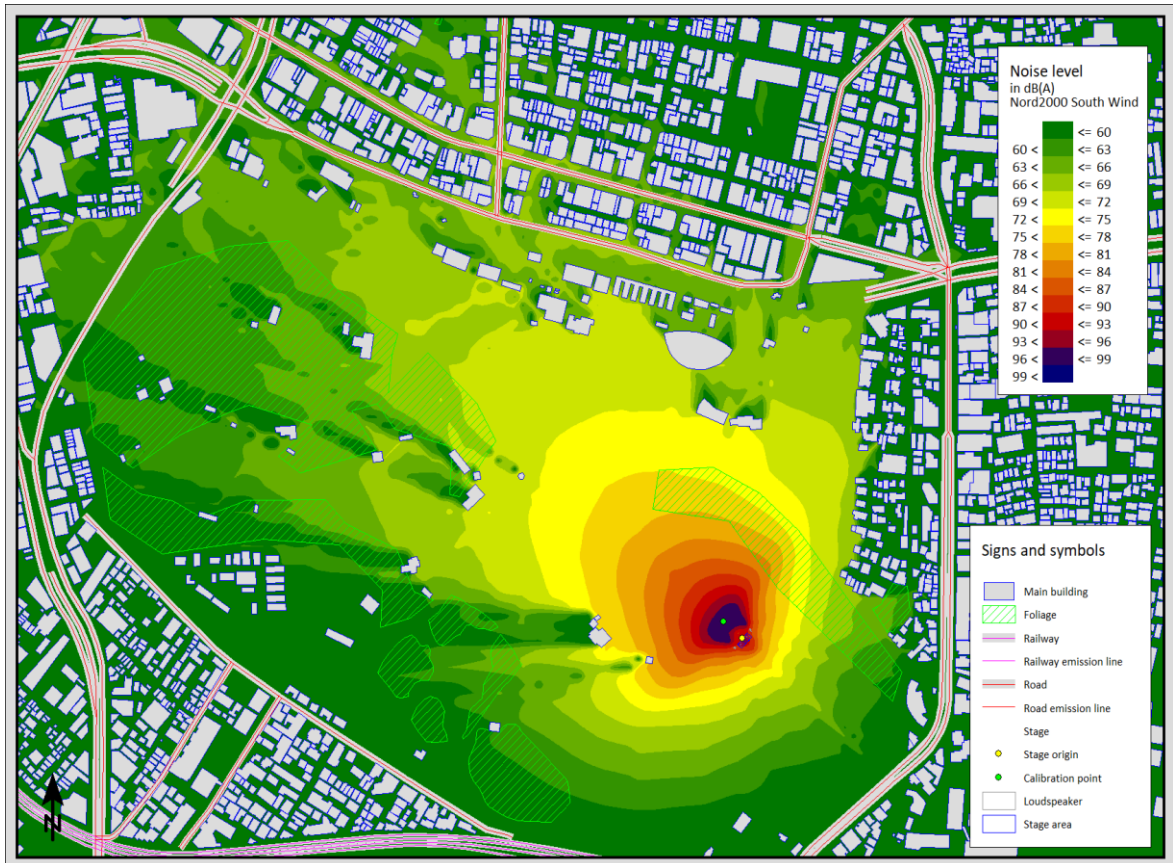


図 9 Nord2000 による伝搬計算例（南からの風 10 m/s）

ソフトウェア構成

1	工業騒音スタートキット		<ul style="list-style-type: none"> 点、線、面で様々な騒音源を設定することが可能 ISO 9613-2、Nord2000、CNOSSOS-EUによる予測計算が可能 特定のポイントの計算、および水平面音圧レベル分布の計算が可能
	SY-0110	地形情報入力ソフト	
	SY-0123	工業騒音の伝搬計算ソフト	
	SY-0137	音圧レベル分布表示ソフト	
2	SY-0133	垂直断面の音圧レベル分布表示ソフト	<ul style="list-style-type: none"> 垂直断面の音の伝搬計算、および計算結果の表示が可能（任意）
3	SY-0141	グラフィック高機能出力ツール	<ul style="list-style-type: none"> OpenStreetMapの地図画像を下絵に使用、さらにOpenStreetMapからは整備された範囲で建物や道路、線路の形状をインポートすることが可能。 Google Mapsの地図画像を下絵に使用、さらに標高点データをインポートすることが可能（Google Mapの利用は有償）（任意）
4	SY-0144	3次元表示ツール	<ul style="list-style-type: none"> 作成したモデルと計算結果を合わせて3次元で表示することが可能（任意）
5	SY-0147	GIS変換	<ul style="list-style-type: none"> GISソフトウェアで使用されるシェープファイル形式のデータや、CityGML形式のデータをインポートすることが可能（任意）

まとめ・ポイント

1. 位相干渉を考慮した騒音伝搬計算を行うことができます。
2. スピーカーメーカーのソフトウェアを使用して実際に使用されるスピーカーによる組合せを設定することが可能です。
3. 地形や障害物による遮蔽や反射を含めた計算が可能です。