

騒音診断対策支援システム「カルマンド®」の開発 Development of Noise Evaluation System -CALMANDO®-

池上 雅之 Masayuki Ikegami
縄岡 好人 Yoshihito Nawaoka

1. はじめに

生産工場から周辺へ影響を及ぼす騒音は、騒音規制法や自治体の条例などにより規制される。また近年、環境意識の高まりやISO14001の取得に関連して、周辺への配慮の重要性が増している。

一般に生産工場の施設は適宜更新されて行くが、騒音問題に関して見ると、以下に列挙したように、規制値の満足と生産効率追求のバランスを取りながら、運営を続ける必要がある。

- ・ 需要へ対応して施設を適宜更新する必要がある（施設更新の都度、周辺へ影響を及ぼす騒音の状況が変化する）
- ・ 経済的に規制値を満足する騒音対策であり、かつ将来の排出余裕分を確保した騒音対策としたい（規制値ギリギリの騒音対策では、騒音を排出する施設の追加が困難になる。排出余裕分があることで、施設更新が柔軟にできる。）

このような背景の元、施設更新に伴う、騒音問題解決のホームドクターとして顧客（主に生産工場の施設管理者）を支援することを目的とした、騒音診断対策支援システム「カルマンド」を開発した。

本稿ではカルマンドの概要、適用例などを紹介する。

2. カルマンドの概要

2.1 カルマンドによってできること

カルマンドによってできることを下記に示す。

(1) 工場敷地内外の騒音の状況の把握

工場敷地内外の騒音の状況を、分布図等で定量的に把握できる。施設の更新計画と組み合わせることで、騒音対策の長期計画が得られる。さらに長期計画に基づく工場全体の一貫した対策により、規制値の満足が効果的に達成できる。

(2) 機器個別の寄与度の把握

工場敷地内外の任意の箇所にて、敷地内の機器個別の騒音の寄与度が、寄与度の大きい順に得られる。寄与度の大きい騒音源が少数な場合は騒音源各々に対策を施す、多数の騒音源が同程度の寄与の場合は防音壁等の一括した対策を施すなど、対策案策定の方針が得られる。

また工場敷地内機器の寄与度の合計と、現場測定結果の差から、隣接工場等の寄与度も推定できる。

(3) 対策案の効果の予測

工場敷地内外における対策案の効果をも、分布図等

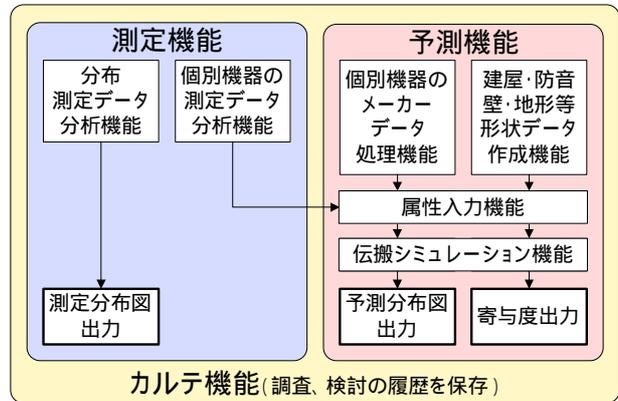


Fig. 1 カルマンドの機能
Functions of CALMANDO

で定量的に把握できる。複数対策案の効果比較が可能なので、対策方法を容易に決定できる。

また建屋新築、増築、撤去などの影響も分布図などで定量的に把握できる。

(4) 診断カルテの保存

施設の更新とそれに対する騒音検討事項や対策内容、現場調査結果等の履歴が、診断カルテとして保存される。これによって顧客担当者が交代してもデータが散逸せず、また工場周辺に対して、騒音対策の取り組み実績を示すことができる。

2.2 カルマンドの機能

カルマンドは下記に示す機能により構成されている (Fig. 1参照)。

(a) 測定機能

工場敷地内外において、メッシュ状に設定された受音点の測定データから、配置図と重ね合わせた分布図を作成できる。

また騒音源近傍にて個別に測定したデータを分析し、騒音源と受音点の位置関係、騒音源の大きさ等から見かけのパワーレベルを求め、伝搬シミュレーションの入力データとすることができる。

(b) 予測機能

騒音源となる機器が新規に導入される場合など、機器のメーカーデータを分析し、伝搬シミュレーションの入力データとすることができる。

また工場建屋や防音壁、敷地の高低差など、騒音伝搬上の障害物の形状データを、伝搬シミュレーションの入力データとすることができる。

さらに騒音源や形状の入力データに、音響透過損



Fig. 2 調査の様子
Situation of Investigation

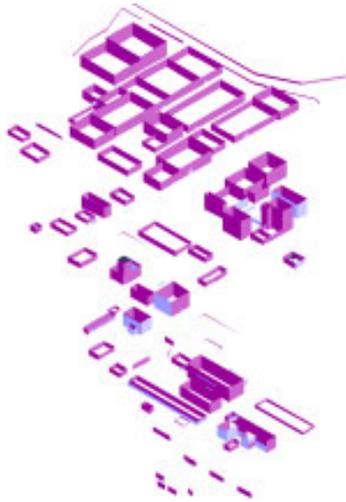


Fig. 3 計算モデル
Calculation Model
(桃色は建屋、水色は面音源を示す)

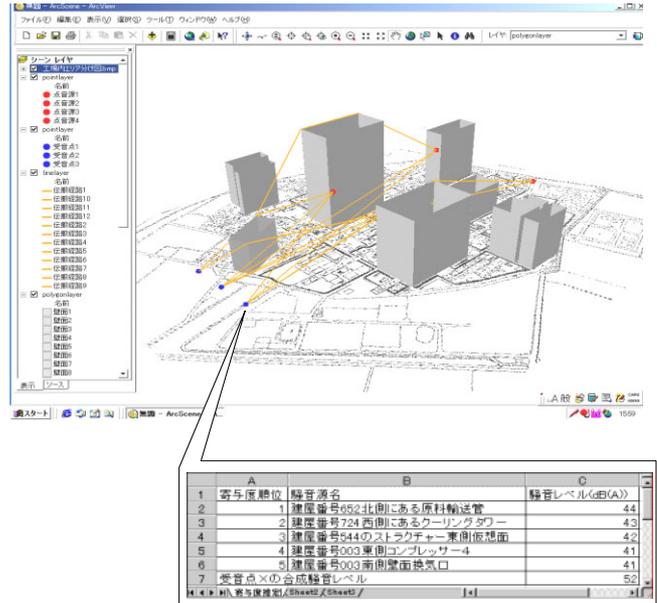


Fig. 6 伝搬経路と寄与度リストの表示
Propagation Courses and Contribution List
(灰色は建屋、赤丸は騒音源、青丸は受音点、黄線は伝搬経路を示す)

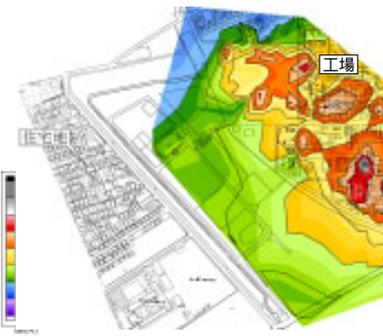


Fig. 4 騒音の分布図 (現場測定)
Noise Contour (Measurement)

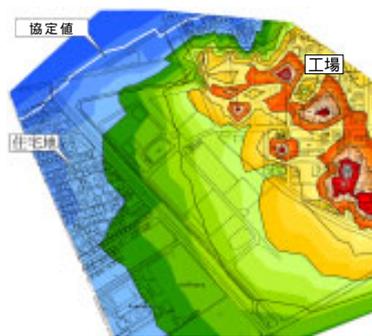


Fig. 5 騒音の分布図 (現状予測)
Noise Contour (Calculation (Present))

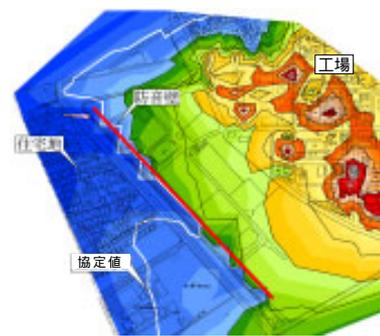


Fig. 7 騒音の分布図 (対策案)
Noise Contour (Calculation (Countermeasure))

失や吸音率、消音器の減音量などの属性を与えることができる。

そしてこれらの入力データを元に、伝搬シミュレーションを行って、配置図と重ね合わせた分布図や、寄与度のリストを作成できる。

(c) 最適化機能

対策可能な騒音源が複数有り、また規制値等を満足すべき受音点も複数ある場合、騒音対策のコストを最小とするような対策案は、容易に得ることが難しい。カルマンドでは、工場建屋外壁面に取り付けられるガラリを対象に、数理計画法に基づいて最適対策量を求めることができる。これによってガラリごと、周波数帯域ごとに、それぞれ必要低減量が得られる。

(d) カルテ機能

施設の更新とそれに対する騒音検討事項や対策内容、現場調査結果などの履歴の保存機能、ある検討における複数の対策案を比較できる。

2.3 適用対象

カルマンドは下記に示すような施設から発生する騒音の管理、アセスメント等を適用対象としている。

- (ア) 生産工場
- (イ) スポーツ・遊戯・音楽施設
- (ウ) 道路・鉄道・航路
- (エ) 建設工事

3. 適用例

3.1 某化学工場への適用

これは、敷地面積約80万平方メートルの化学材料製造プラントの騒音問題にカルマンドを適用した例である。このプラントでは、プラントから発生していると考えられる騒音の影響により、周辺住宅地において騒音の協定値を一時期上回ったことがある。顧客の要望は、プラント側の影響の確認と、対策案の立案である。

この要望に対し、カルマンドを適用して以下の結果を示した(Fig. 2~3)。

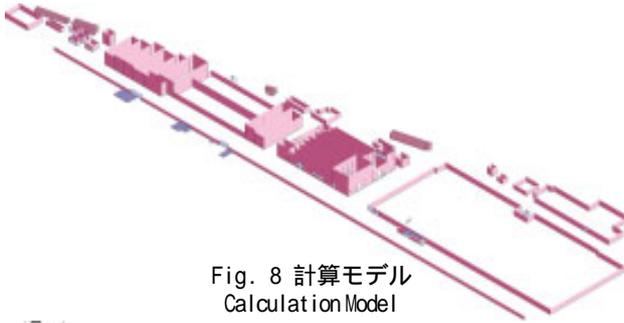


Fig. 8 計算モデル
Calculation Model

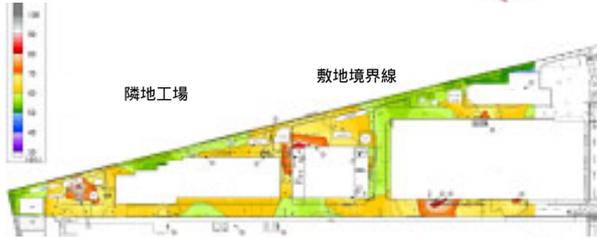


Fig. 9 騒音の分布図 (現場測定)
Noise Contour (Measurement)

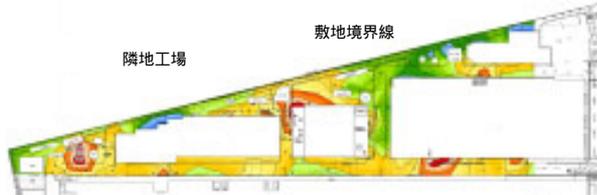


Fig. 10 騒音の分布図 (現状予測)
Noise Contour (Calculation (Present))

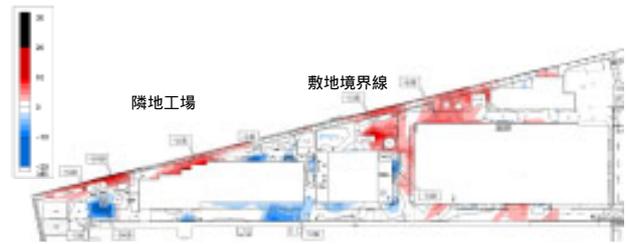


Fig. 11 測定と予測の差分
A difference between measurement and calculation

Table 1 対策すべき機器のリスト
A list of the Machinery

受音点	順位	機器名称	寄与度 (dBA)	寄与合成値		上位いくつかを止めたら規制値 (55dBA)となるか? (dBA)
				全騒音源	上位15	
E	1	チラーファン 1m	50.0	56	56	1位を止めた場合
	2	大型ポンプ 1m	48.0			1~2位を止めた場合
	3	チラーファン 1m	45.9			1~3位を止めた場合
	4	チラーファン 1m	44.9			1~4位を止めた場合
	5	チラーファン 1m	44.3			1~5位を止めた場合
	6	チラー放熱面	43.1			1~6位を止めた場合
	7	チラー放熱面	43.0			1~7位を止めた場合
	8	チラー放熱面	42.0			1~8位を止めた場合
	9	チラー放熱面	41.7			1~9位を止めた場合
	10	チラー放熱面	41.7			1~10位を止めた場合
	11	小型ポンプ 1m	40.3			1~11位を止めた場合
	12	換気フード	39.5			1~12位を止めた場合
	13	チラー放熱面	38.8			1~13位を止めた場合
	14	クーリングタワー落水音	38.6			1~14位を止めた場合
	15	チラー放熱面	37.0			1~15位を止めた場合

3.2 某精密機械工場への適用

これは、敷地面積約13万平方メートルの精密機械部品製造工場の騒音問題にカルマンドを適用した例である。この工場では、隣地にも騒音を発生する工場があり、それぞれが発生する騒音の影響により、隣地境界において騒音の規制値55dBAを満足していない。顧客の要望は、隣接工場側の影響の確認と、対策すべき顧客工場側の機器のリスト提示である。

この要望に対し、カルマンドを適用して以下の結果を示した(Fig. 8)。

・隣接工場側の影響

顧客工場内の機器のみを騒音源として予測した騒音の分布図と、現場測定データから作成した騒音の分布図(Fig. 9~10)、及びその差分(Fig. 11)を示した。予測した騒音の分布図には隣接工場の影響が含まれていないことから、予測よりも測定の方が大きい箇所は、隣接工場の影響が大きいものと考えられた。差分が+5dBの箇所は、現場測定の騒音レベルから2dB減じた値が隣接工場からのおおよその寄与、差分が+10dBの箇所は、現場測定の騒音レベルが隣接工場からのおおよその寄与と推定された。

・対策すべき機器のリスト

隣地境界に受音点を設け、顧客工場内の機器個別の寄与度を予測により求めた(Table. 1)。全機器の寄与度を合成した騒音レベル56dBAに対し、最も寄与度の大きい騒音源の影響が50dBA、この騒音源を停止する10dB以上寄与度を低減する対策を施せば、規制値55dBAが満足できることを示した。

・プラント側の影響

プラント内の機器のみを騒音源として予測した騒音の分布図と、現場測定データから作成した騒音の分布図を比較した(Fig. 4~5)。両者の分布状況が概ね一致することから、周辺住宅地における騒音は、プラント側の影響が主であると考えられた。

・周辺住宅地における機器個別の寄与度

敷地境界に受音点を設け、プラント内の機器個別の寄与度を予測により求めた(Fig. 6)。全機器の寄与度を合成した騒音レベル52dBA (現場測定結果と一致) に対し、最も寄与度の大きい機器の影響が44dBA、以下同程度の寄与度の機器が続く、上位10位までの機器を停止しても、協定値45dBAを満足できないことを示した。またこれらの結果から、機器各々に対策を施すよりも、防音壁設置による一括した対策が効果的であることを示した。

・防音壁の効果

敷地境界に防音壁を設置する場合、協定値を満足するために、どのような位置、範囲、高さが必要かを対策案として示した。またこの対策案の効果を予測し、騒音の分布図で示した(Fig. 7)。

顧客は、これらの結果を示して行政と協議した。

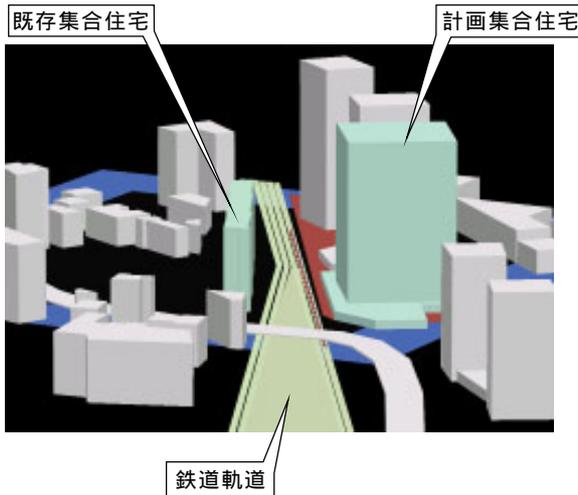


Fig. 12 計算モデル
Calculation Model

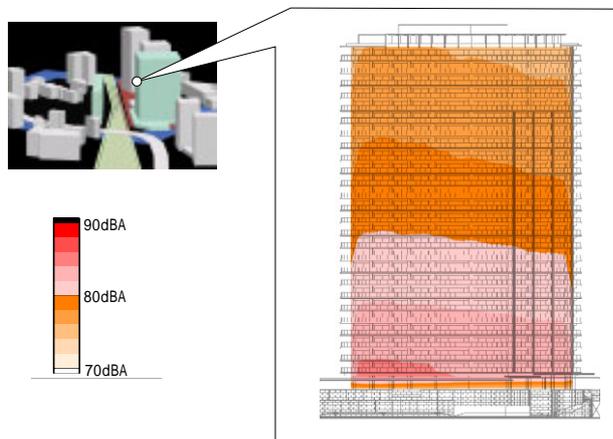


Fig. 13 外壁面の騒音の分布図(計画集合住宅)
Noise Contour of Elevation(A Building in a Plan)

顧客は、これらの結果を示して隣地工場へ対応を申し入れた。

3.3 某集合住宅への適用

工場騒音以外への適用例として、鉄道軌道近傍に計画された集合住宅の遮音設計等にカルマンドを用いた例を示す。この集合住宅では、軌道から発生する列車騒音が、居室内に影響を与える可能性があった。また計画された集合住宅が反射面となって、軌道対面にある既存の集合住宅に影響を与える可能性もあった(Fig. 12)。顧客(計画集合住宅の建築主)の要望は、列車通過時の室内騒音を目標値以下とするための窓サッシ仕様の提示と、対面の既存集合住宅への影響の確認である。

この要望に対し、カルマンドを適用して以下の結果を示した。

・鉄道騒音の影響

列車を騒音源として予測した計画集合住宅外壁面の騒音レベルの分布図(Fig. 13)より、計画集合住宅の高層階は、低層階と比較して8dB程度、騒音レベ

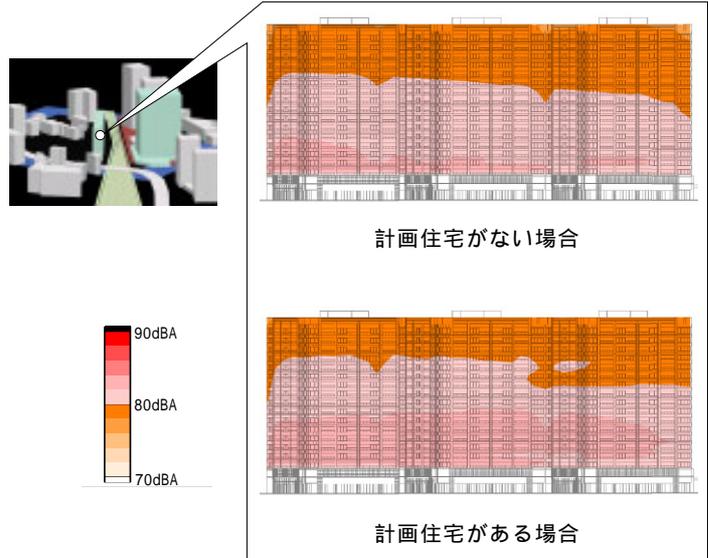


Fig. 14 外壁面の騒音の分布図(対面の既存集合住宅)
Noise Contour of Elevation(An Opposite Building)

ルが小さくなることが分かった。外壁面を複数のエリアに区切り、外壁面における鉄道騒音の周波数特性と、室内騒音の目標値から、各エリアの窓サッシ仕様を求めた。

・軌道対面の既存集合住宅への影響

計画された集合住宅がない場合とある場合それぞれについて、列車を騒音源として、既存集合住宅外壁面の騒音の分布図を予測した(Fig. 14)。両者に顕著な差がないことから、計画された集合住宅が反射面となって、既存集合住宅に影響を及ぼす可能性は低いと考えられた。

顧客は、これらの結果に基づいて、サッシ仕様を決定し、また近隣説明を行った。

4. おわりに

本稿では、カルマンドの概要、適用例などを紹介した。生産工場に適用した場合、カルマンドにより長期計画に基づく工場全体の一貫した騒音対策ができるので、規制値の満足と生産効率追求のバランスの取れた施設運営が可能となる。

カルマンドは、これまで多くの工場騒音、アセスメント等に適用してきたが、音の問題が視覚的、定量的に分かりやすく示されるといった特長があり、顧客から「気が付かなかった問題点が明らかになり参考になった」等の評価を得ている。

今後、適用例を増やして測定・予測ノウハウを蓄積すると共に、屋内外の騒音伝搬を一貫して扱えるようにシステムを充実させていく予定である。

参考文献

- 1) 大野、田村、伊藤：Excelによるシステム最適化，コロナ社