＜報　文＞航空機騒音監視システムの構築

航空機騒音監視システムの構築*

大熊　一也**

キーワード　①航空機騒音　②システム構築　③オンライン化　④AI技術　⑤データ精査作業

要　　旨

仙台空港周辺に航空機騒音通年測定局を4局増設することに伴い，既存の通年測定局3局と松島飛行場周辺の通年測定局3局を含めてオンラインで測定データを収集するシステムを構築した。システム構築にあたっては，航空機騒音測定・評価マニュアル[1]（令和2年3月環境省）に準拠したうえ，航空機騒音の自動監視に重要な機能に着目して，最新の技術を検討してシステム構築した。

1. はじめに

仙台空港周辺地域は，県及び周辺市が航空機騒音の常時監視を行っている。令和3年2月，産業基盤の強化と地域振興の飛躍を期待し，仙台空港の運用時間を14時間から24時間化することが決まったが，生活環境への影響が危惧されたことから通年測定局4局を令和4年度に新設し，航空機騒音の監視体制を強化することとなった。このため，毎月測定局に出向き，USBメモリでデータを回収した上で，パソコンにデータ取込する従来の作業方法を見直し，オンラインで測定データを収集するシステムを構築することとした。

システム化にあたっては，既存の通年測定局3局のほか，松島飛行場周辺の通年測定局3局を含めることとし，航空機騒音自動監視に求められる機能を検討してシステム構築したので，その概要を報告する。

2. 航空機騒音監視システムの必要性

県では，航空機騒音の環境基準達成状況の把握と環境基準が適用される地域が適切かどうかを確認するために，航空機騒音の通年測定を行っている。対象となる仙台空港，松島飛行場の位置を図1に示す。

2.1 仙台空港

仙台空港にはA滑走路（1200m　R/W 12/30）とB滑走路（3000m　R/W 09/27）が設置されており，A滑走路は小型機やヘリコプターが使用し，B滑走路は定期便や航空大学校の訓練機が主に使用している。主な滑走路であるB滑走路では，海側から着陸し，山側に離陸するケースが多い。

図1　仙台空港及び松島飛行場位置

県の既存の通年測定局は3局あり，B滑走路延長線上の山側で空港に近い1地点（本郷局），同じく山側に1地点（館腰局）及びB滑走路の北側側方に1地点（杉ケ袋局）を設置している。

2.2 松島飛行場

松島飛行場は，主滑走路（2700m　R/W 07/25）と副滑走路（1500m　R/W 15/33）が設置されており，主に主滑走路が使用され，パイロット養成の訓練が行われている。所属機種は，支援戦闘機F-2B型，中等練習機T-4型（ブルーインパルス含む。），捜索機U-125A型，救難機（ヘリ）UH-60Jとなっている。

県の既存の通年測定局は3局あり，主滑走路延長上の北東側に1地点（石巻局），南西側に1地点（鳴瀬局）及び副滑走路延長上に1地点（矢本局）を設置している。

*Building an aircraft noise monitoring system
**Kazunari OOKUMA（宮城県保健環境センター）Miyagi prefectural institute of public health and environment

2.3 従来の業務フロー

仙台空港周辺及び松島飛行場周辺の通年測定局は，リオン(株)社製の航空機騒音観測装置NA37が設置されており，航空機騒音イベントごとの最大騒音レベルLA,Smax，音の到来方向[2]データ等が装置内に収集される。このデータを毎月測定局に出向き，USBメモリにコピーした後，回収したデータを保健環境センターにあるノートPCにデータ取込していた。その後，データ処理ソフトにより，観測装置が航空機騒音とそれ以外に自動で識別した結果を確認していた。このデータ精査作業では，全ての騒音イベントごとのデータを確認した上，飛行機の運行情報も参照し，航空機騒音と妨害音とを分別して，帳票作成を行っていた。

2.4 仙台空港周辺の航空機騒音測定強化

仙台空港周辺に新設する通年測定局4局については，空港周辺自治体の要望や飛行経路を踏まえて設置することとなった。その位置を図2に示す。詳細な設置場所については現地踏査や事前の騒音測定を行い決定した[3]。

事前の騒音測定は，航空機騒音の短期測定に準拠し，夏季（6月～9月）と冬季（1月，2月）の2季節で行い，測定期間は7日間とした。

測定結果から，通年測定に必要な航空機以外の騒音を除外するための閾値（設定レベル）及び継続時間（最大騒音レベルより10dB低いレベルを継続して超えている時間）を整理した。新設通年測定局の特徴と騒音測定結果を表1に示す。

2.5 航空機騒音監視システムの必要性の検討

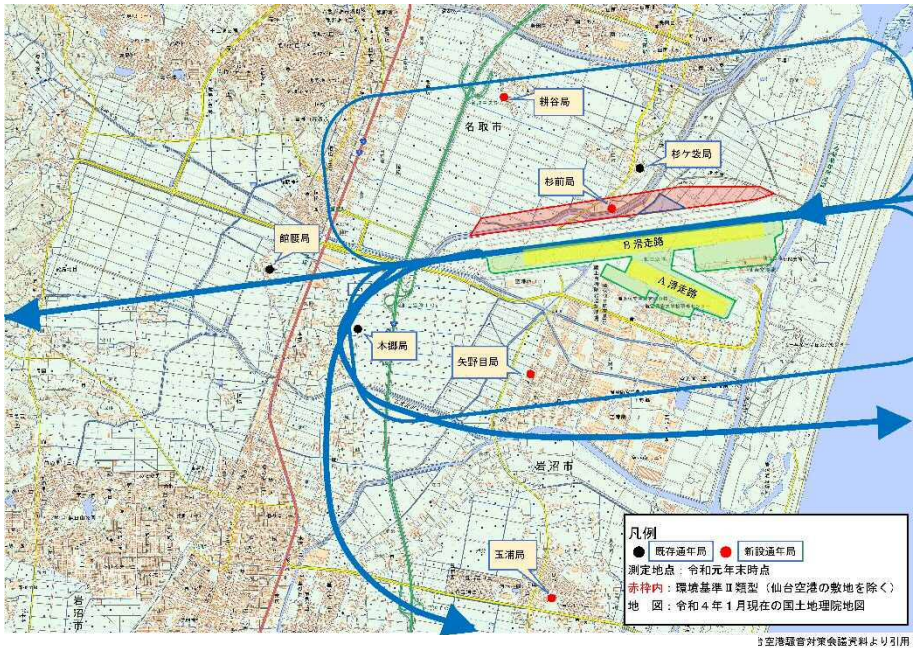
通年測定局4局新設に伴い，従来の業務フローでは業務量が膨大となることから，それぞれの通年測定局と保健環境センターに設置する中央局とをオンラインで接続するシステム化を図ることとした。

オンライン化により，測定データがリアルタイムで収集されるため，これまであった停電やマイク不具合による長期欠測を防止することが期待された。

また，データ精査作業の精度及び信頼性向上を図るため，騒音をデジタル録音する機能を観測装置に付加する

表1　新設通年測定局設置場所における測定結果

名称	測定時期	Lden(dB)	ﾋﾟｰｸﾚﾍﾞﾙﾊﾟﾜｰ平均(dB)	1日あたりの平均騒音発生回数	測定条件（閾値，継続時間）	通年測定局設置場所と航空機騒音観測状況
耕谷局	夏	46	66.7	63	57dB,4秒	A滑走路の延長線上にある。設置場所は集会所の広場。上空を通過する訓練機が主で，山側へ離陸する定期便や数は少ないが海側へ離陸する定期便も観測された。妨害音としては，鳥の鳴き声・ゴミ収集音・風・西側高速道路を走行する救急車などがある。
	冬	47	67.5	78		
杉前局	夏	57	77.8	95	65dB,5秒	環境基準Ⅱ類型内地点として選定された。設置場所は民間倉庫敷地内。滑走路に近く定期便・訓練機・ヘリの離着陸のほか，リバース音やタキシング音も観測された。妨害音としては，鳥の鳴き声・北側県道の暴走車・倉庫車両音・風などがある。
	冬	61	81.6	119		
矢野目局	夏	47	68.4	40	62dB,5秒	山側へ離陸した航空機が海側へ旋回する飛行経路下にある。設置場所は集合住宅屋上。山側へ離陸する訓練機が主で，山側へ離陸する定期便や上空を通過するヘリが観測された。主な妨害音は，東側市道の大型車で，西側県道の大型車の自動車騒音もある。
	冬	49	69.2	35		
玉浦局	夏	46	68.1	27	60dB,10秒	新興住宅地があるため選定された。。設置場所は中学校3階。航空機騒音は少ないが上空を通過する訓練機が確認でき，定期便の上空通過も観測された。主な妨害音は，南側県道を走行する大型車の自動車騒音である。
	冬	48	69.8	36		



※空港騒音対策会議資料より引用

図2　航空機騒音通年測定局及び主な飛行経路

とともに中央局でデータ収集し，精査作業時に再生しながら航空機騒音以外を除外することを可能とした。

測定局が4局増設され10局となること，仙台空港の運用時間が14時間から24時間になることから，データ精査作業が大幅に増加することが見込まれたため，データ精査作業の効率化を図ることを検討した。

近年では，航空機が発信するADS-Bという電波を利用したflightradar24[4]という航空機レーダー追跡サイトが知られており，航空機の航跡情報と騒音イベントデータを突き合わせすることで，航空機騒音以外を確実に除外でき，効率化できる可能性が考えられた。さらに，受動型二次監視レーダ（PSSR）を利用することにより，ADS-Bを発信しない航空機においても航跡情報を収集できるシステムが実用化されていた[5]。

しかしながら，航空機騒音と妨害音が重畳する場合には，航跡情報を利用したとしても，航空機騒音と識別された全ての騒音イベントを確認する必要性があること，音の到来方向による観測装置の識別では，上空からの音と地上音とを精度よく判定できるため航跡情報による効率化の効果が十分見込めないこと，また，コスト面からも，その採用は見送ることとした。

そこで，次にAI技術の活用を検討した。航空機騒音の録音データをAIに学習させることにより，音を元にした航空機騒音の判定が可能となる[6]。観測装置の識別結果とAIによる判定が異なる部分のみを抽出し，抽出された騒音イベントに対してデータ精査作業を行うことで効率化が図られることを想定し，AI技術を導入することとした。

3. 航空機騒音監視システムの概要

3.1 ネットワークの構成

測定局と中央局とのネットワーク構築にあたっては，モバイルネットワークを利用し通信することとし，各測定局には，NTTdocomoの4G回線を利用できるLTE端末としてYAMAHA製LTEアクセスVoIPルーターを設置することとした。中央局については，各測定局からのデータを収集することで通信量が多くなることが見込まれたため，光回線を敷設することとした。

測定局と中央局との通信においては，安定性とセキュリティ対策としてIPsecを使用したVPN接続とした。システム構成図を図3に示す。

3.2 中央局の概要

中央局には，各測定局からリアルタイムでデータ収集するほか，日報データとして集計する機能，データベースのバックアップ，機器の不具合を検出してメールを送信する機能を持たせた。AI技術による録音データの処理には，一般的にGPUが必要となるが，リオン(株)社製のAIによる音源分類技術では，録音データを先鋭化する処理が行われるため，不要であった。導入したサーバー等のスペックを表2に示す。

表2　中央局機器スペック一覧

サーバー	OS　Windows Server 2019 Standard CPU　Xeon E-2378 2.6GHz 1P8C メモリー　32GB（16GB×2） ディスク　960GB SATA　SSD×2 1TB SATA　HDD×2 RAID1 UPS　BN75T（OMRON）出力容量750VA
NAS	ﾃﾞｭｱﾙｺｱCPU搭載 ﾈｯﾄﾜｰｸ接続 ﾊｰﾄﾞﾃﾞｨｽｸ(NAS) 4TB（I-O DATA） UPS　BW40T（OMRON）出力容量400VA
PC	OS　Windows11Pro downgrade 10（64bit） CPU　Intel(R) Core(TM) i7-12700T （12C/1.4GHz/25M） メモリー　16GB（8GBx2） ディスク　256GB SSD ディスプレイ　23.8インチワイド

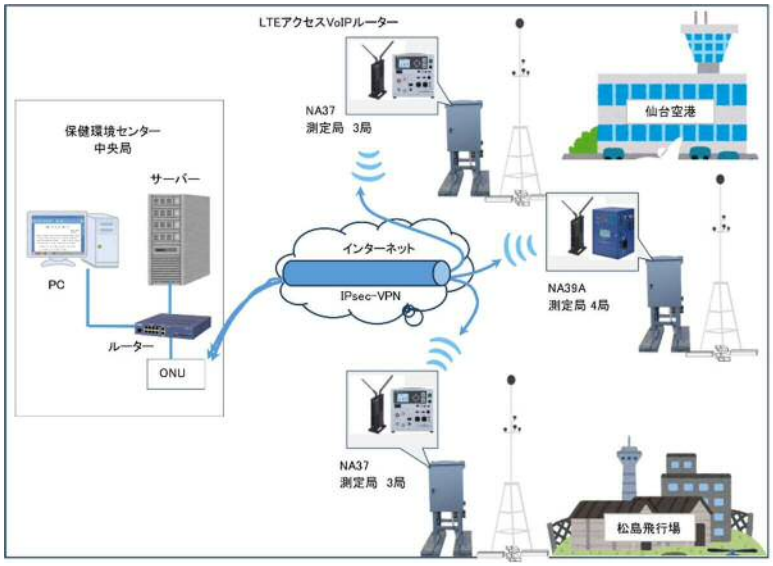


図3　システム構成図

3.3 測定局の概要

新設した通年測定局4局には，リオン(株)社製の航空機騒音観測装置NA39Aを設置した。NA39Aは，騒音計である環境騒音装置NA-39Aと音到来方向識別装置AN-39D，SSR受信装置AN-39Rで構成されており，騒音レベルが閾値以上で，音の到来方向が上空音とした場合，その騒音イベントを航空機騒音と判定する仕組みとなっている。また，航空機が発信するトランスポンダを受信し騒音イベントと航空機情報とを対応させることができる。

時刻管理についてはGPSを利用できるほか，マイクロホンに内蔵音源をもち，毎日マイクロホンの動作確認を行うことができる。その概要を図4に示す。

3.4 航空機騒音管理ソフトウェア

航空機騒音観測装置からデータを収集し，集計するソフトは，リオン(株)社製AS-51を導入し，AI技術による音源の種類分類を自動で行う機能を付加させた。また，帳票出力項目も増やし（有効測定日，環境基準超過日数，編集済イベント回数など）カスタマイズしている。

AI判定機能は，1日分のデータを深夜に判定するバッチ式で，GPUを必要とせず，サーバーに長時間負荷がかからない方法で実行される。AI技術には，一般的に学習データの質と量が重要とされており[7]，導入したAI判定機能は，実際の測定局の録音データを学習させることで信頼性を向上することができる。航空機騒音は，季節によりその特徴が変化するため，季節ごとの録音データに聴取した内容のラベル（例：ジェット機，戦闘機，プロペラ機，緊急車両，自動車，鳥など）を付加し，学習させる予定としている。AI判定の結果表示については，表3に示すケースにおいて誤判定となる場合がある。その可能性を考慮し，正解をより効果的に出力するため，判定結果の確度から判定結果表示は，AIR，OTH，　UNK＝判別不能の3パターンとなっている。

表3　AI判定の評価

		実際に航空機	航空機でない
AI判定	航空機判定	正解	不正解
	非航空機判定	不正解	正解

図5に示す通り，航空機騒音観測装置による音の到来方向による航空機騒音の識別結果とAI判定による判定結果が異なるイベントを抽出する機能をもたせることとした。

図5　観測装置の識別結果とAI判定

4. 航空機騒音監視システムの評価・結果

4.1 オンライン化の効果

測定局からリアルタイムでデータ収集されるため，毎月のデータ回収作業が不要となったほか，従来は前月分のデータ精査作業を翌月にまとめて実施しており，月報報告に時間を要していたが，その都度実施できるため，月報報告を早めることが可能となった。

また，マイクロホンの動作確認結果や，時刻管理状況を中央局で確認できるため，観測装置の不具合にすぐに

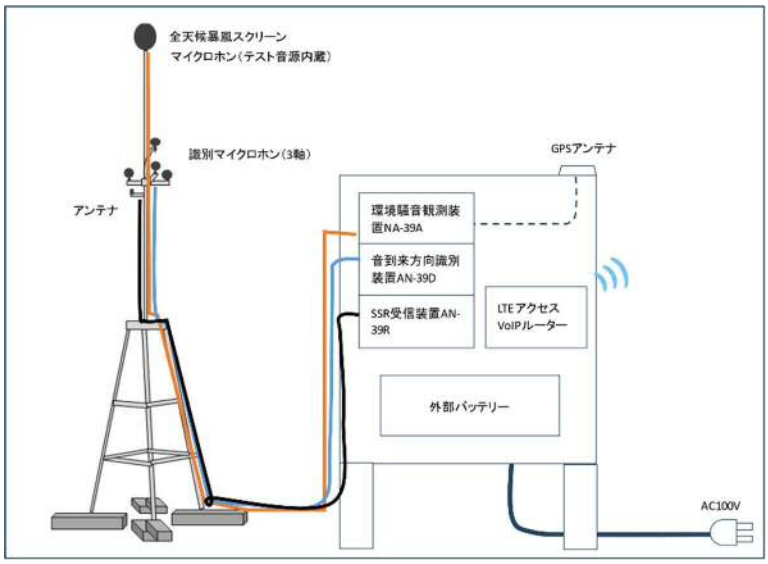


図4　測定局の概要

対応できる。2023年4月の各測定局のマイクロホンの動作確認状況を図6に，時刻管理状況を図7に示す。マイクロホン動作確認結果は，基準となる114.0dBに対して，113.8～114.4dBの範囲にあり，騒音測定に支障がないことが確認された。各測定局の時刻については，中央局のサーバーに対して±1秒以内であった。

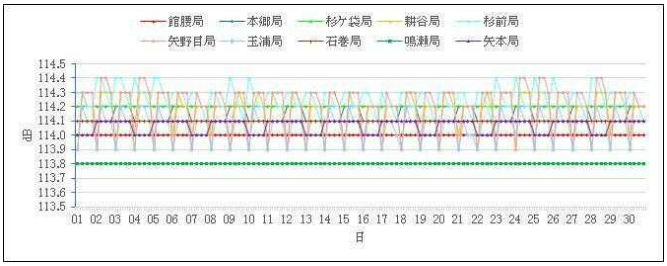


図6　マイクロホンの動作確認結果

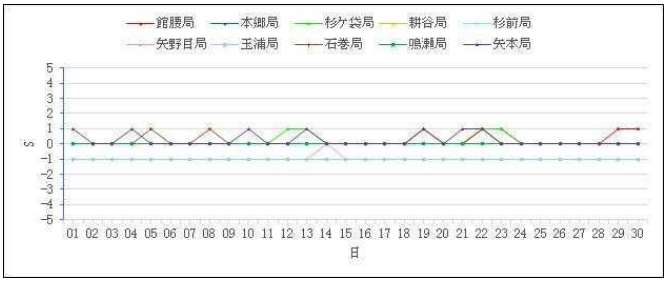


図7　時刻管理

4.2 データ精査作業の精度向上

航空機騒音管理ソフトでは，従来どおり観測装置が測定した音の到来方向が軌跡として表示される。図8に示すとおり，航空機騒音と自動車騒音が重畳した場合においても，それぞれの軌跡が表示されデータ精査作業において，録音データの聴取によらず精査が可能であった。

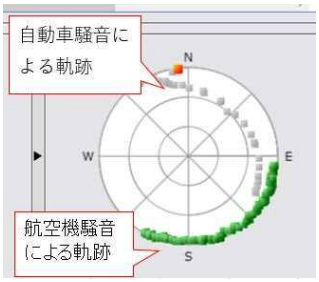


図8　音の到来方向表示

この方法で不明な騒音イベントについては，録音データを聴取して精査が可能となった。これまで妨害音の内容は不明であったが，緊急車両や雷が一定程度妨害音として存在することが確認された。

L_{Aeq}, 1秒のグラフ表示においては，複数の測定局のデータを並べて表示することができ，同一の航空機による騒音であることが一目で確認することができる。図9にグラフ表示を示す。

図9　複数測定局のグラフ表示

4.3 航空機騒音の識別結果

信頼性がある測定結果を得るためには，データ精査を適切に実施することが重要である。

録音データの聴取と詳細なデータ精査が可能となったため，航空機騒音識別率の算出を試みた。AI判定機能は，現在録音データを学習する期間であるため，判定精度を評価しがたいため，ここでは，航空機観測装置の音の到来方向による識別結果を表4に示す。2023年5月の測定結果において，Lden及び騒音発生回数（月平均）に近いLden及び騒音発生回数（日平均）であった日を，各測定局を代表する日として選定し，識別率等を整理した。

表4　観測装置の識別結果

測定局	全回数	識別数			精査後			識別率（%）
		航空機	妨害音	Lden（dB）	航空機	妨害音	Lden（dB）	
館腰局	68	57	11	52.8	60	8	52.8	96
本郷局	65	63	2	55.3	64	1	55.3	98
杉ケ袋局	121	117	4	52.1	119	2	52.5	97
耕谷局	98	57	41	46.2	57	41	46.2	96
杉前局	184	151	33	59.6	168	16	59.8	90
矢野目局	62	48	14	48.9	49	13	49.0	98
玉浦局	61	39	22	47.2	43	18	47.4	96
石巻局	113	39	74	62.0	44	69	62.0	96
鳴瀬局	53	49	4	62.4	53	0	62.4	92
矢本局	107	55	52	52.0	56	51	52.1	92

10局全ての測定局において，識別率は90%を超え，良好な識別結果であった。データ精査後のLdenは，観測装置の識別結果（データ精査前）と比較して，0.0～+0.4dBの範囲であり，航空機騒音の発生回数では，0～+17回であった。

5. まとめ

保健環境センターに中央局を設けて，仙台空港周辺の通年測定局7局と松島飛行場周辺の通年測定局3局をオンラインで接続するシステムを構築した。システム化により，以下の点で効果があった。

- 毎月のデータ回収作業が不要
- リモートでのマイクロホンの動作確認
- リモートでの時刻管理
- バックアップの自動化
- 機器障害時のメール通知
- データ精査作業の精度向上
- データ精査作業の効率化

今後は，AI判定の判定率や，データ精査作業の効率化について評価していく予定である。

6. 引用文献

1)　環境省：航空機騒音測定・評価マニュアル，2020

2)　廻田恵司（リオン株式会社）：航空機騒音モニタリング装置．日本音響学会誌，**72**，9，596，2016

3)　大熊一也：航空機騒音通年測定局の測定条件調査．第48回全国環境研協議会北海道・東北支部研究連絡会議，2023

4)　Flightradar24 AB：flightradar24，https://www.flightradar24.com/52.52,13.39/4（2023.7.18アクセス）

5)　廻田恵司（リオン株式会社）：航跡観測システムR-TRACKのご紹介．小林理研ニュース，3，**155**，2022

6)　大島俊也：航空機騒音測定における深層学習による音源識別の利用と課題．航空環境研究，**24**，1−8，2020

7)　斎藤康毅：ゼロから作る Deep Learning Python で学ぶディープラーニングの理論と実装，オライリー・ジャパン，東京，2018．等多数