航空機騒音の統計的処理システム Systems of Statistical Analysis of Aircraft Noise

The supervising or investigation of aircraft noise involves processing of such an enormous volume of data that only computers can deal with.

This article describes a few examples of both off-line and on-line processing systems for superintendence of aircraft noise.

In their study of this crucial problem of aircraft noise analysis the authors made special data recording paper for use with their processing systems, whereby to improve operational efficiency. Also, the type of output by data processing program was so determined as to facilitate compilation of reports and scrutiny of recorded data.

The on-line processing system is essentially an independent integral system consisting of a small-sized computer and other elements, and so can be used as a subsystem of a total superintendence system to be used for not only noise but pollution of air, water, etc. Also, this system is able to make a prediction of future noise values, in the surrounding area of an air port for instance, by analyzing various factors associated with aircraft noise based on the quantification theory.

望月富雄* Tomio Mochizuki
中村信一* Shin'ichi Nakamura
中村 智* Satoshi Nakamura
近藤 暹** Susumu Kondô
宝川卓也*** Takuya Hôkawa

□ 緒 言

騒音公害は大気汚染、水質汚濁に次ぐ第三の公害として、 社会的に大きな問題となっており、 航空機騒音をはじめとし て,自動車騒音,工場騒音,列車騒音,環境騒音などに対す る監視と規制が重要視されている。特に航空機は広範囲にわ たって高レベルの騒音をまき散らすため、被害の程度は他の 騒音に比べて大きい。たとえば、東京国際空港における最近 1年間の総離着陸回数は17万機を越え、その数も年間約3% の割で増加の傾向がみえる。さらに機種の大形化はいっそう 騒音被害増加の傾向に拍車をかけることになろう。被害の状 況はテレビ画面のゆれ, テレビや電話の聴取障害, 会話妨害, 精神的障害など多数の苦情となって現われている。航空機騒 音に対するこの種の被害は大阪国際空港やその他の地方空港 の周辺において、また横田(埼玉県)など基地の周辺において も同様に問題になっている。そのため航空機騒音による被害 を軽減するための対策として, 騒音の監視と規制は不可欠と なっている。

従来、航空機騒音監視測定は、騒音ピーク値の平均的代表値、たとえば中央値などによってもなされるが、音の「うるささ」という観点からも評価がなされている。航空機騒音の「うるささ」については、過去において、イギリスで開発されたNNI(Noise and Number Index)がわが国でも多く使用されてきたが、昭和47年東京、大阪国際空港周辺の騒音対策暫定措置として、中央公害対策審議会(騒音振動部会)が報告した航空機騒音の「うるささ」の評価基準として、ICAO(イカオ:国際民間航空機構)で勧告されたWECPNL(Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level)という単位を使用することが決定された。航空機騒音の監視規制を行なうには、広域にわたる多数の観測点から大量のデータを収集し、

統計処理を行なう必要がある。騒音監視はデータの収集および処理を、目的に応じてオンラインによる即時処理を行なう方法とが考えられる。オフラインによるバッチ処理を行なう方法とが考えられる。オフライン処理システムは常時監視を必要としない場合には経済的であり、かつ調査測定要因も測定の都度自由に選択できる特徴がある。一方、規制を行なうなど常時監視即時処理を目的とする場合にはオンライン処理システムが有効である。

本論文は空港周辺における航空機騒音の監視を行なううえに必要なデータの収集と統計的処理を行なうためのオフラインおよびオンライン処理システムの一例ならびにデータの解析処理の実例について述べる。以下, 2から4まではオフライン処理, 5はオンライン処理に関するものである。

2 オフライン処理システム

2.1 調査測定の方法

以下に述べるものは横田基地周辺の騒音を対象としたものである。調査は夏季と冬季の比較的短時日に行なう調査(ここでは移動調査という)と、年間を通じて行なう調査(固定調査という)より成っている(1)。移動調査は空港周辺の多数の測定地点で測定調査するものであり、騒音ピーク値とか「うるささ」などのコンターを作成することが主目的である。固定調査は空港近辺の特定地点における騒音ピーク値などの騒音レベルや発生ひん度の年間変動を調べることが主目的である。

騒音測定のための使用機器類は、マイクロホンとマイクロホン前置増幅器を含む騒音計および高速度レベル記録機、風向風速、温度湿度などの気象観測機器などである。固定調査と移動調査では測定地点と測定機器の配置および調査測定項

^{*} 東京都公害研究所 ** 日立製作所コンピュータ第一事業部 *** 日立製作所小金井分室

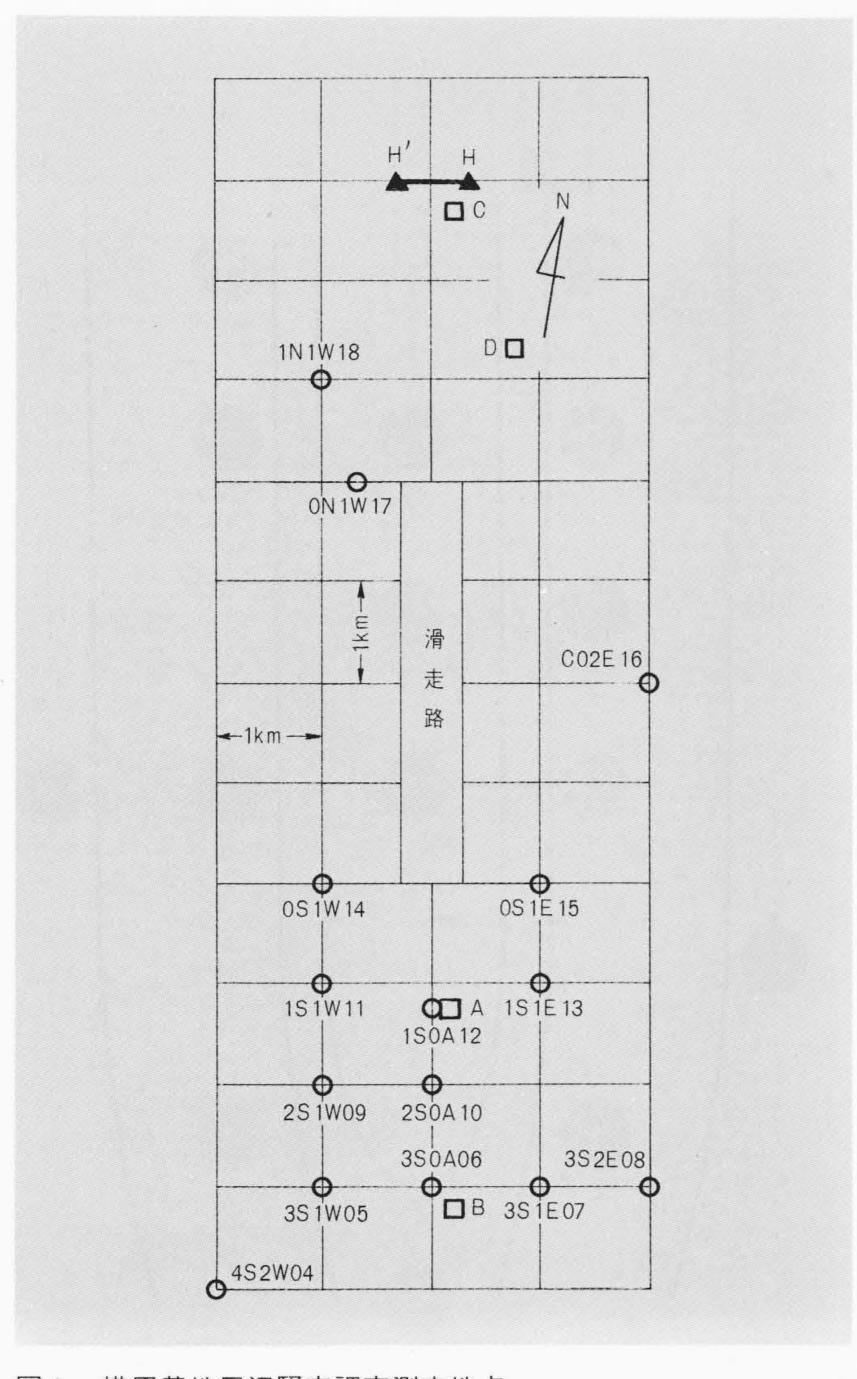


図 I 横田基地周辺騒音調査測定地点 IN I W 18, 0 N I W 17などの記号は測定地点名を示す。

〇印:移動調査地点(昭和45年7月における例)

□印:固定調査地点(年間継続測定地点)

▲印:飛行高度測定地点(昭和45年11月における例)

H-H'間の距離と航空機に対する仰角より高度を計算する。

Fig. I Observation Points around the Airport

目に若干の差異がある。

(1) 固定調査

図1に示すように、空港付近の南側A、Bの2地点と、北側C、Dの2地点の計4地点に測定機器を設置して、年間にわたり連続調査測定を行なった。調査測定項目は、(i)測定年月日、(ii)測定地点名(A地点、B地点など)、(ii)騒音発生時刻、(iv)騒音ピーク値dB(A)、(v)飛行状況(離着陸通過の別)、(vi)天候(晴、曇、雨、雪、その他)、(vi)風向(16方位)、(vi)風速以上8項目である。

(2) 移動調査

夏季および冬季に、それぞれ空港周辺の20個所前後の地点で、5地点位を同時に平均3日の割合いで調査測定した。図1は測定地点の一例を示すものである。調査測定項目は、固定調査の場合のそれらに、なお、

(i)70dB(A)における騒音継続時間,(ii)暗騒音値dB(A),(iii) 飛来機種,(iv)飛行高度(m)(図1のH-H'の2地点で仰角を

観測し算出した)、(v)温度および湿度 以上 5項目を追加した。

2.2 データの収集

調査測定したデータは、本例ではいったん調査記録用紙に転記し、その後データカードにパンチした。この記録用紙にはパンチャーがパンチしやすいように、データの記入欄の下にカードのカラム番号が書き入れてある。⁽⁷⁾

3 データ処理とその内容

3.1 データ処理の手順とプログラム

図2は、収集されたデータの処理手順をフローチャートで 示したものである。また、ここで使用したプログラムの概要 は次のようなものである。

- (1) プログラムCHECK:主としてデータカードの枚数およびそう入順序のチェックをする。
- (2) プログラムC T: データカードの内容を処理しやすいように、いったん磁気テープに移し替える。
- (3) プログラムMAIN: 各種調査測定要因の統計処理用プログラムであって、これには固定調査用と移動調査用の2種類があり、測定地点ごとに次の処理を行なう。
 - (i) 騒音ピーク値:パワー平均(L), 算術平均と標準偏差, 中央値, 80%, 90%, 95%値, 最高値とその回数。

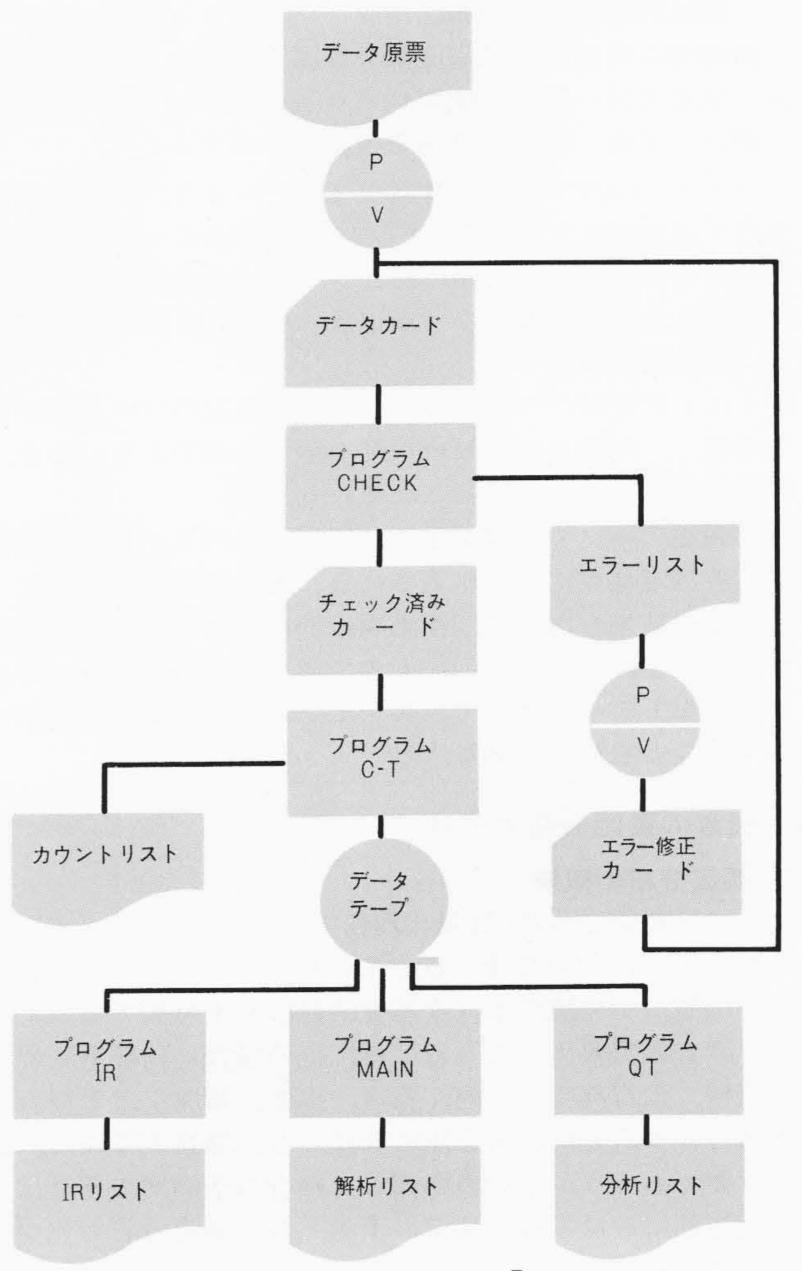


図 2 解析手順を示すフローチャート $\frac{P}{V}$ はパンチおよび検孔を示す。 プログラム MAIN は統計解析を主体としたデータ処理用,プログラム IR は気象 データの集計,航空機の機種別飛来度数図の作成用,プログラム QT は要因分析用である。

Fig. 2 Flow Chart for Analysis

(ii) NNI:次に示す簡略計算による(2)。

 $NNI \Rightarrow \overline{L} + 15 \log N - 67 \cdots (1)$ ここで、Nは一定期間における飛来機数で、1日を昼(7:00~19:00)、夜(19:00~7:00)の2回に区分して計算した。 (iii) WECPNL:次式によって計算する。 $^{(3)(4)}$

WECPNL $\Rightarrow \overline{L}$ + 10 log N-27 ·············(2) ここで、 $N=N_1+3N_2+10N_3$ ただし、 N_1 は昼間 $(7:00\sim19:00)$ の機数、 N_2 は夕方 $(19:00\sim20:00)$ の機数 N_3 は夜間 $(22:00\sim7:00)$ の機数

- (iv) 全測定機数
- (vi) 曜日別平均機数
- (v) 一日平均機数
- (vii) 時間別平均機数

以上は固定,移動調査とも共通しているが,以下の項目は移動調査データに対してのみ行なった。

- (河) 騒音継続時間:算術平均,標準偏差,最高値,継続時間の合計,1時間あたりの平均継続時間。
- (ix) 飛行高度、パワーレベル $(PWL)^{(5)}$ 、等音圧距離:機種別、離着陸通過別に求める。飛行高度は距離のわかっている 2 地点における仰角から、また、PWL は次式から計算した。

 $PWL = L + 20 \log r + 7.9 \cdots (3)$ ここで、 $L \log (A)$ を使用。r は音圧測定点から航空機までの距離。PWLを一定として計算すれば、r は等音圧距離となる。

- (4) プログラムIR:これは次の2種類を用意した。
 - (i) 機種別飛来度数分布図作成プログラム:原データから 機種別に検索し、飛来度数分布図を作成する。
 - (ii) 気象状況一覧表作成プログラム:原データから離着陸 別に、天候、風向、風速を検索し作表する。
- (5) プログラムQT:数量化理論第1類(6)により、要因分析を 実行するためのプログラムである(要因分析については4を 参照)。なお、これらのほかに騒音レベル度数分布図および累 積度数分布図を作成するプログラムなども用意されている。

3.2 処理結果の例

表1は1個月分の固定調査データを,前記のプログラムにより処理し,作表した日報の一例を示すものである。なお, 日報用のプログラムも用意されている。

移動調査データの処理結果は、固定調査のものと類似の様式で、各測定地点ごとに作表される。図3は移動調査データを処理した結果を用いて、空港周辺部における騒音の中央値のコンターを画いた例を示すものである。このようなコンターは適当なモデルに従って、X-Yプロッタにより自動的に作図することも可能である。(7)

4 騒音の要因分析と予測

4.1 要因分析の概要

ここでは要因分析法(数量化理論第1類を使用)による騒音の解析と予測について述べる。統計処理には前述したように算術平均値、中央値のような基礎的統計も不可欠であるが、各種の調査測定要因、たとえば航空機の場合には離着陸の状態、機種、飛行高度、風向、風速、温度、湿度などと騒音ピーク値との多次元的解析を求めることも、騒音の予測という点で重要であろう。上記の要因から騒音の予測ができれば、空港周辺部における騒音状況の予測とか、測定の省力化などが可能である。

機種とか離着陸、風向のように本来数値で表現されていない要因を含む場合の予測には、数量化理論による要因分析法が有用である。この方法によれば、たとえばいま述べた機種、離着陸、風向などの要因にも、騒音値が最もよく予測される

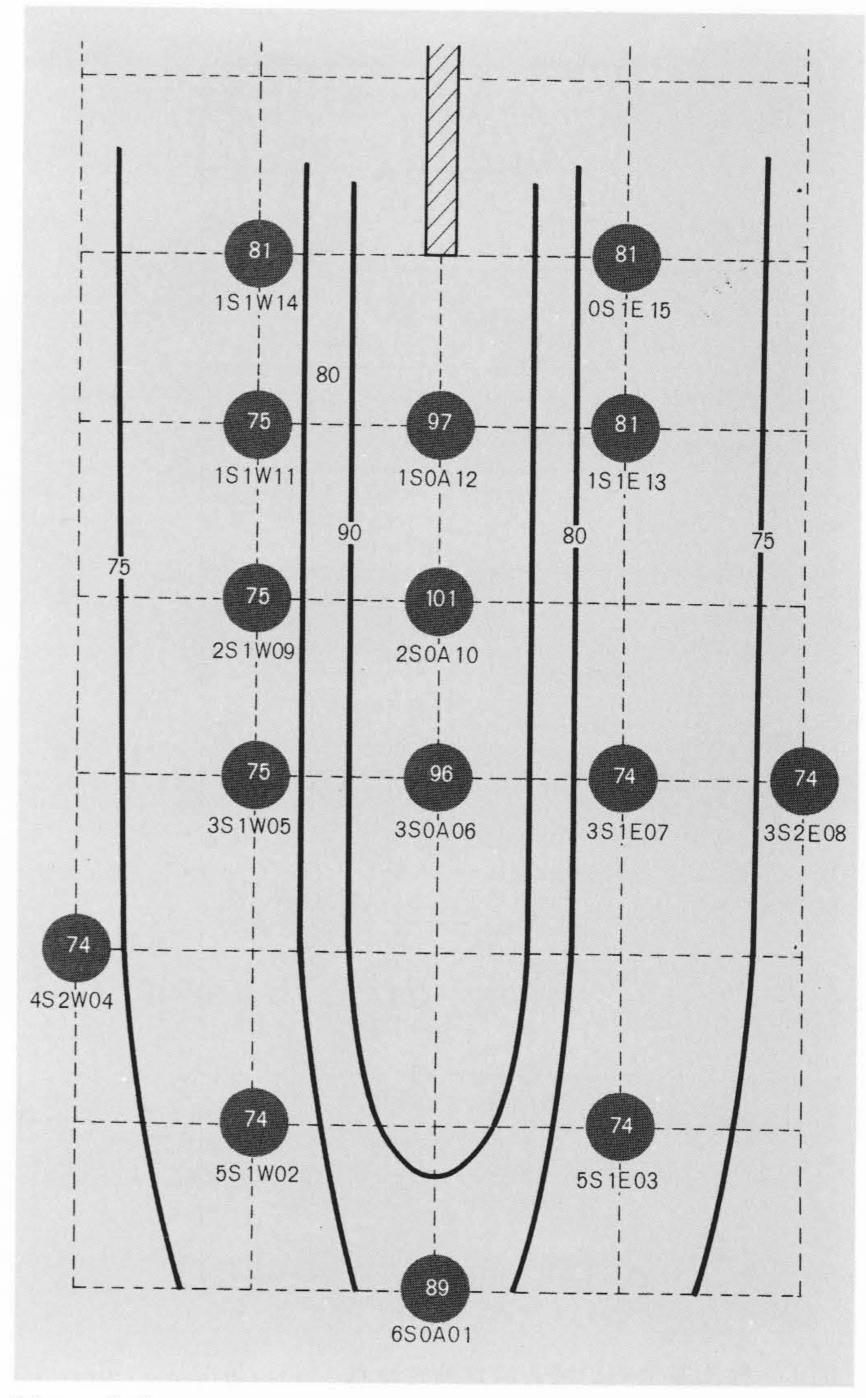


図3 空港周辺における騒音ピーク値の分布 横田基地 (昭和45年7月) における例。各地点における●印中の数値は実測データの中央値 dB(A)を示す。

Fig. 3 Contours of Noise Peak Values around the Airport

ような数値を与えることができる。また,この数値を利用して,各種要因と騒音値との重相関係数,偏相関係数の計算を 行なうこともできる。

4.2 分析の方法と結果の一例

実例について説明することにする。まず、分析対象要因として、騒音ビーク値dB(A)、機種、離着陸、飛行高度(\mathbf{m})の4要因をとった場合について述べる。また、測定地点については $\mathbf{21}$ に示したH地点を例にとった。

表2は騒音ピーク値を外的基準にとった場合のサンプルデータの一部を示したものである。ここで、外的基準とは予測の対象となる要因のことをいう。表3は先に示した諸要因を分析した結果の一例を示したものである。同表でxは機種、離着陸および高度の各要因カテゴリーに与えられた値であって、このxの値から外的基準を予測できる。xは次式を解くことにより得られる。

同式でマトリックスFおよび A^* は、表2に示したサンプルデータから求められるものである。

$$FX = A^* \cdots (4)$$

表 3 に示した結果から騒音ピーク値を予測するには、各要因カテゴリーに与えられた数値 x と平均 \bar{x} の和をとればよい。

表 | データ処理結果の一例 ラインプリンタで打ち出した固定調査 データ処理結果の一例(月報)を示す。

Table I An Exainple of List Table Printed Out by Line Printer

***** ナッカテイチテンベツ ソウオン チョウサ ケッカ(ガツ)****

*******	チテンベツ ソウオン チョウ	フサ ケッカ(ガツ)****
ソクテイチテンコウモク	ソクテイチテンーA	リ リ ソクテイチテン-D
パワーヘイキンチ	104.1 DB	92.6 DB
ヒルパワーヘイキンチ	104.0 DB	92.5 DB
ヨルパワーヘイキンチ	104.4 DB	92.7 DB
サンジュツヘイキンチ i	96.4 DB	1 86.6 DB
 ヒョウジュンヘンサ	10.1 DB	8.2 DB
, チュウオウチ ,	99.0 DB	87.0 DB
80%チ !	103.0 DB	93.0 DB
」 」 90%チ i	107.0 DB	95.0 DB
95%チ 1	109.0 DB	95.0 DB
サイコウチ(キスウ)	119.0 DB(1カイ)	114.0 DB(1カイ)
i NNI !	67.3	55.0
NNI(DAY)	63.6	50.7
NNI(NIGHT)	58.1	1 46.4
ケイゾクジカン	4732.35 ビョウ	2846.53 ビョウ
・ ケイゾクジカン(ヒル)	3052.90 ビョウ	1723.13 ビョウ
トイゾクジカン(ヨル)	1683.34 ビョウ	1123.39 ビョウ
 ゼンソクテイキスウ	3013.0 +	1906.0 +
イチニチヘイキンキスウ	102.7 +	90.8 +
ョウビベツキスウ		
ゲツョウ ゲ	113.7 +	89.7 +
カヨウ	121.7 +	106.1 +
スイヨウ	129.6 +	115.7 ‡
・ ト モクヨウ	99.6 +	95.4 +
キンヨウ	112.2 +	113.7 ‡
! ドヨウ	75.0 +	58.2 ‡
=チョウ_!	54.8 =	57.8
ジカンベツキスウ		
1 5	2.8 +	1.6 +
2 9	3.0 +	2.3 ‡

表 2 要因分析用サンプルデータの一例 機種,離着陸,高度の3要因および外的基準としての騒音ピーク値を,要因分析が行ないやすいように各サンプルデータごとに配置した例を示す。

Table 2 A Portion of Original Data for Quntification

要因カー		機			種		離清	 		高		度(m)		外的基準
カテゴリー サンブル	B 707	B 727	C 130	C 141	DC 8	F4ファントム	離陸	着陸	121	151	300	301	451	or more	騒音ピーク値 (dB)
1 2 3 4 5		7	۷	レ		レレ	レレレレレ	レ		レ	レ	レ	レ	L	91 94 71 84 89
96			レ			レ		レ		レ	レ				74
合計	5	15	27	29	6	14	60	36	5	22	23	23	12	11	

表 3 計算結果の一例 要因分析を行なった結果の一例である。機種,離着陸のような本来数値で表現されない要因,カテゴリーにも,最適数値が与えられている。

Table 3 An Example of Computation Results of Factor Analysis Based on Quntification

		騒音ピーク値			
要 因	カテゴリー	x			
	B 707	3.98			
	B 727	0.52			
機種	C 130	- 7.72			
	C 141	2.63			
	DC 8	3.06			
	F4ファントム	6.16			
	離陸	2.39			
離	着 陸	- 3.98			
高 度 (m)	121~150	- 2.26			
	151-220	- 0.19			
	221~300	- 0.51			
	301 ~ 450	0.74			
	451~600	1.69			
	601 or more	- 0.92			
	83.36				
重相	関 係 数	0.86			

同表に示したxの値は各要因内では平均値がゼロになるようにあらかじめ正規化したものである。いま機種F4ファントム,離陸,高度601m以上という各要因のカテゴリーが与えられた場合,(表2のサンプルNo.1) の騒音ピーク値の予測値は表3から次のようになる。

6.16+2.39+(-0.92)+83.36=90.99 dB(A)

この場合の実測値は91dB(A)である。騒音継続時間の予測も同様にして求めることができる⁽⁸⁾。上記の例は騒音値の測定を行なわなくても、機種、飛行状況、高度などから予測できることを示したものであり、さらに季節変動その他の要因を加えて解析すれば、将来の騒音状況の予測も可能である。

⑤ オンライン処理システム

5.1 航空機騒音データ収集上の特徴

大気汚染、水質汚濁などの公害監視システムでは、データの収集は一方的に定時に行なわれるか、一定の基準値を越えれば警報を発するような方式をとっているが、航空機騒音データを収集処理する場合は、次の諸点に留意する必要がある。

- (1) 航空機騒音ピーク値は一般にランダムに発生するため、 騒音ピーク値の収集には、大気水質の場合とは異なった考 慮が必要である。
- (2) 観測点(子局)から親局へデータを伝送する場合に,一般の騒音監視システムでは,騒音ピーク値,騒音継続時間などを観測点で検出し伝送すればよいため,この場合には伝送量は比較的少なくて済む。

騒音データを収集するための伝送路として,有線回線また は単一無線回線が考えられ,それぞれ次のような特徴がある。

(1) 有線回線は比較的距離の短い地点に少数(10局以下)の観測点がある場合には経済的であるとされている。特に航空機

図 4 オンライン騒音データ収集処理システムの構成例 本例は伝送路に有線回線を用いて, 精密なデータを収集,処理するためのものである。

Fig. 4 An Example of On-line System

騒音監視の場合には、観測点と中央局が1対1で接続されるため、ピーク値を即時伝送でき、観測点に記憶装置を必要としない。したがって航空機騒音監視専用システムにおいては有利である。

(2) 無線回線は広範囲に多数の観測点がある場合には有利とされており、他のたとえば大気汚染監視などと共用することが考えられる。ただし、この場合にはデータの伝送は中央局の指令に基づき、一時に一観測点のデータしか伝送できず、データ収集の周期が長くなるので(10分ないし1時間)、観測局にこの間のデータを記憶するためのなんらかの装置が必要である。

5.2 オンライン処理の内容

常時監視のためのデータ処理の内容は前述のオフライン処理の場合に準ずる。処理システムでは、各種データの統計処理を行ない、日報、月報または年報の形で作表する。また、予測などの高度な処理を行なうための上位コンピュータへの転送(オンライン)⁽⁹⁾とか、ファイルの作成(オフライン)の機能を持たせることも考えられる。

なお、WECPNLを(3)式の簡略計算によらず、精密計算(10) による場合には、騒音をいったんデータレコーダなどに収録 した後、別途再生し演算したほうが経済的であろう。

5.3 システムの一例

図4はオンラインによる航空機騒音のための常時監視システムの一例を示すものである。本例は伝送路に有線回線を用いて、精密なデータを収集、処理する場合である。

各観測点のテレメータ送信装置は、騒音レベルを対数圧縮し、その他のデータは観測装置から出力される電圧をA/D変換して常時サイクリック伝送を行なう。伝送はたとえば1,200 bit/sで0.1秒ごとに1フレームのデータを伝送され、1フレームには騒音値と気象要因1項目のデータが含まれる。気象要因データは最大8項目伝送することができ、8フレームに1項目ずつ割り当てられている。

6 結 言

本論文は航空機騒音の統計処理のためのオンライン、オフライン処理システムの一例およびオフラインによるデータ処理例について述べたものである。これらは一つの例を示したにすぎず、また、どちらの方式をとるにしても、実状に即して最も経済的かつ効率的なシステムを考えればよい。オンラインによる常時監視システムを考える場合には、なおデータの表示方法、警報の出し方その他についても各種の方法があり、また他のシステム、たとえば上値コンピュータとの情報処理の分担についても勘案する必要がある。これらに関する考え方とか方法についてはすでに報告(9)が出されているので、ここでは省略する。

本論文に示した方法は航空機騒音のみならず,自動車騒音, 環境騒音などの統計処理にももちろん応用可能である。

最後に航空機騒音の解析処理のうえでご指導およびご助言を賜わった日本大学工学部教授守田栄,東京大学宇宙航空研究所教授五十嵐寿一の両氏に対し,また,要因分析をはじめとする統計解析処理を行なううえでご指導,ご援助を賜わった文部省統計数理研究所林知己夫部長および駒沢勉室長に対し,感謝の意を表わす次第である。

参考文献

- (1) 望月, 今泉:都公害研年報 Vol. 1, Sec. 3, p. 51('70)
- (2) ISO-R507 (2nd Edition) ('70)
- (3) ISO-R1761(1st Edition) ('70)
- (4) 五十嵐, 西宮:日本音学誌 Vol. 28. No. 4 p. 205('72)
- (5) 守田:騒音と騒音防止 p. 21 (昭44) オーム社
- (6) 林ほか 2 名:情報処理と統計数理 p. 235 (昭45) 産業図書
- (7) 近藤, 今泉ほか2名:日本音学会講演論文集 p. 421(昭47-5)
- (8) 近藤, 今泉ほか3名:日本音学会誌 Vol. 28, No. 10 p. 542('72)
- (9) 尾崎:日立評論 54,545 (昭47-6)
- (10) ICAO ANNEX 16 (1 st Edition) Aug. ('71)