

航空機騒音監視システム

Aircraft Noise Monitoring System

昭和48年度に伊丹市に納入した航空機騒音監視システムは、最近大きな社会問題となっている大阪国際空港周辺地域における航空機による騒音レベルをオンラインで集中監視するものである。1機ごとの騒音レベルを飛行経路下の測定点で計測して、アナログテレメータで有線により中央局に伝送する。中央局では0.1秒間隔で処理装置に取り込み、演算処理して表示盤に表示するとともに、騒音の発生時刻、最大値、及び継続時間の算出と基準による判定を行なう。これらのデータと操作卓から入力された機種名、会社名、離着陸の情報、及び気象データを合わせて作表タイプライタに記録し、判定結果の警報表示を行なって常時監視するとともに、1日単位に加重等価平均騒音レベル(以下、WECPNLと略す)を算出して騒音レベルの評価を行なう。また、オフライン処理として、週間・月間のWECPNL、機種・会社別の統計表、及び気象条件と騒音レベルの相関関係の解析処理も行なっている。

森本啓一* Keiichi Morimoto
三條 徹** Tôru Sanjô
松井 徹*** Tôru Matsui
石井充満*** Mitsuru Ishii
小林英雄**** Hideo Kobayashi
江上貞夫**** Sadao Egami

1 緒 言

ジェット航空機は、短時間で遠隔地に大量の乗客や貨物を輸送できる点では便利な交通機関であるが、空港周辺においては、広範囲にわたって、高レベルの騒音をまき散らすため、周辺の住民に対して、睡眠妨害、会話妨害、テレビ・電話の聴取障害、更に生理的・精神的障害を与えるものとして、大きな社会問題となっている。

この航空機騒音問題を根本的に解決するためには、音源となるジェットエンジンの改良、又は空港周辺地域の無住宅地化が必要であるが、現時点では、これらを早急に解決することは極めて困難であると考えられている。

このため、当面の航空機騒音防止対策としては、日常生活に支障がないと考えられる騒音の許容値を設け、それ以上の騒音を発生させないように、空港周辺の騒音状況を常時監視し、許容値を超えた場合は航空機の運航を規制するなどの方法を用いることが考えられている。

この論文で述べる航空機騒音監視システムは、昭和48年度に伊丹市に納入したシステムであり、航空機騒音の状況をオンラインリアルタイムで常時監視するとともに、収集された長期間の騒音データを気象データと合わせて統計的に処理し、空港周辺の航空機騒音の実態を明確に把握することを目的としたシステムである。

2 航空機騒音の評価方法と測定法

一般に音の評価方法には、物理的、心理的、及び生理的の三つの評価方法が考えられるが、このうち生理的影響については聴力障害の発生率や作業能率の低下率などであり、現在、これらの評価方法が確立されていないため、以下に述べる考察より一応除外する。

物理的評価は、「音の強さ」で評価量としては音圧(μbar)、音圧レベル(dB)、及び騒音レベル[dB(A)=ホン]がある。

心理的評価は、「音の大きさ」、「音のやかましさ」、及び「音のうるささ」である。「音の大きさ」の評価量の代表的なものには、Phon(前述のホンとは、意義は同一でない)がある。Phonは、音圧レベルが一定であっても、人間が感ずる「音の

大きさ」は音の周波数により異なるため、物理量の音圧レベルを等ラウドネス曲線で人間が感ずる「音の大きさ」に変換した評価量であり、会話や音楽の音などのように人間が受け入れようとする音に適用される。

一方、騒音のように人間に不快感をもたらす音の心理的评价に適用するものが「音のやかましさ」、及び「音のうるささ」である。「音のやかましさ」の国際的評価量としては、Perceived Noise Level(以下、PNLと略し、単位はPNdB)がある。PNLは物理量の音圧レベルが一定であっても、人間が感ずる「音のやかましさ」は音の周波数により異なるため、音圧レベルを等ノイジネス曲線で感覚量に変換することにより算出される。またPNLは、簡易的に物理量である騒音レベル[dB(A)]より次式でも算出することができる。

$$\text{PNdB} \doteq \text{dB(A)} + 13 = \text{dB(D)} + 7$$

航空機騒音の「音のやかましさ」としては、ジェット機の特異音、及び継続時間による補正を加えた感覚量として、Equivalent PNL(以下、EPNLと略し、単位はEPNdB)が用いられる。EPNLは、1機の騒音に対する「音のやかましさ」であるが、空港周辺では、ある間隔をおいて何度も航空機騒音にさらされることになり、この繰返し効果が心理的に無視できない。この点を考慮した心理的評価が「音のうるささ」であり、一定期間(1日、1週間、1ヶ月など)における運航機数によりEPNLに補正を加えて算出される感覚量であり、Equivalent Continuous PNL(以下、ECPNLと略し、単位はdBではなく、無名数)と呼ばれる。

なお、「音のうるささ」としては、日中より夜間のほうがうるさく感ずるので、1日の時間帯別に運航機数に重みづけをして「音のうるささ」の評価量としたものが、Weighted ECPNL(以下、WECPNLと略し、和訳名は加重等価平均騒音レベルと称し、無名数)である。

このWECPNLは、昭和48年12月中央公害対策審議会が航空機騒音の「うるささ」の環境基準として使用することを答申しており、更に、国際民間航空機構(ICAO)においても評価基準として勧告されているため、このシステムにおいても、

* 伊丹市役所空港部騒音防止課 課長

** 伊丹市役所空港部騒音防止課

*** 日立製作所通信機事業部

**** 日立製作所小金井分室

航空機騒音の評価量として採用している。

WECPNLの測定方法には、厳密な騒音証明に適用される精密測定法と、騒音監視などに適用される簡易測定法の二つがある。精密測定法は、騒音の各周波数成分の音圧レベルを

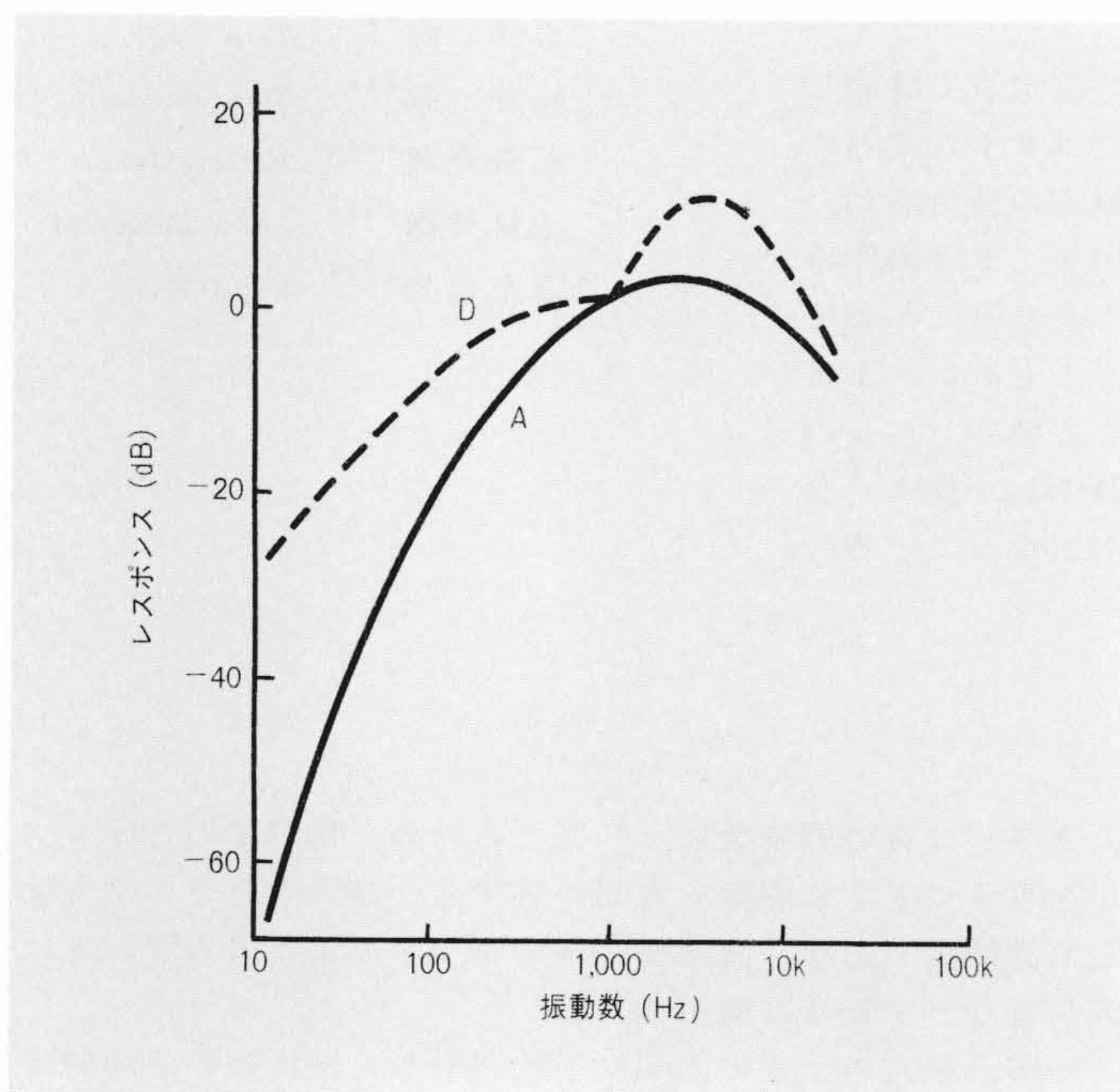


図1 聴感補正 A 及び D 特性 騒音計に内蔵されている聴感補正回路の周波数応答特性を示すもので、実線は A 特性、破線は D 特性を示す。

測定し、等ノイジネス曲線より精密な計算式により感覚量としてのWECPNLを算出する方法であり、簡易測定法は、騒音レベル[dB(A)]より、近似式により算出する方法である。このシステムでは、前記の中央公害対策審議会が答申した環境基準の測定法に従って簡易測定法を用いている。

簡易測定法に用いられる騒音計の聴感補正特性は、JIS、又はISOの騒音測定法に規定されているA特性と、ジェット航空機の騒音測定用に開発されたD特性の2種があり、環境基準ではA特性で規定されているが、このシステムではA、D両特性で測定できるように設計されている。A及びDの聴感補正特性は、図1に示すとおりである。

また、簡易測定法による1日間のWECPNL算出の近似計算式は、次式を使用して、各観測局ごとに算出する。

$$\text{WECPNL} = \overline{\text{dB(A)}} + 10 \log(N_1 + 3N_2 + 10N_3) - 27 \dots (1)$$

但し、 $\overline{\text{dB(A)}}$ は1日の全航空機騒音の1機ごとのピークレベル(X_i)のパワー平均値であり、次式で与えられる。

$$\overline{\text{dB(A)}} = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{\frac{X_i}{10}} \right) \dots (2)$$

$$N = N_1 + N_2 + N_3$$

N_1 : 日中(7~19時)の騒音発生回数

N_2 : 夜間(19~22時)の騒音発生回数

N_3 : 深夜(22~7時)の騒音発生回数

3 システム構成

このシステムは、市内に点在する航空機騒音観測局においてランダムに発生する航空機の騒音データを常時収集し、加工処理する航空機騒音監視テレメータシステムと、大気汚染

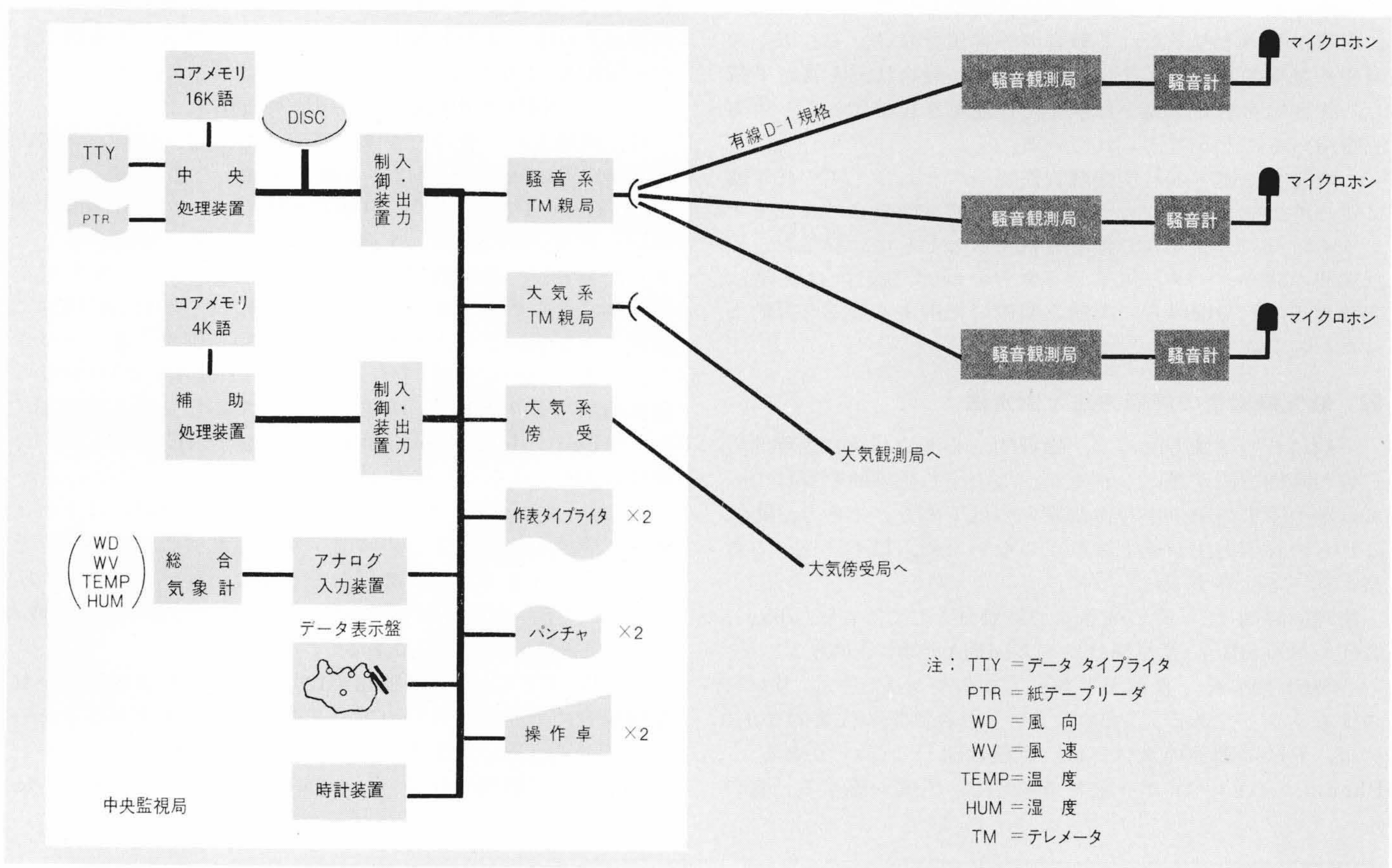


図2 システム構成図 伊丹市納め航空機騒音・大気汚染監視システムを総合ブロック図で示す。

観測局で測定されるSO_x, NO_x, O_xなどのデータを定期的に収集し、また、兵庫県が伊丹市内に設置している大気汚染観測局の各種データを県が収集する際、傍受して加工処理する大気汚染監視テレメータシステムとの複合システムであり、システム構成の概略は図2に示すとおりである。

大気汚染監視テレメータシステムに関しては、既に日立評論54, 553(昭47-6)で発表したシステムに類似しているので、ここでは、航空機騒音監視システムを主体に記載した。

このシステムに収容される観測局数、及び項目数は、次のとおりである。

- (1) 観測局の数
 - (a) 騒音観測局：当初3局、将来11局
 - (b) 大気観測局：当初4局、将来10局(うち、傍受3局)
- (2) 測定項目数
 - (a) 騒音観測局：当初A又はD特性、将来A及びD特性
 - (b) 大気観測局：当初8項目、将来16項目

3.1 騒音計サブシステム

このシステムに使用した騒音計は、デンマーク、B&K社製のものを採用した。騒音計サブシステムの構成は、図3に

表1 騒音計サブシステムの仕様 騒音計サブシステムの屋外マイクロホン、及び計測アンプユニットの概略仕様を示す。

	項 目	仕 様
屋外マイクロホン	マ イ ク ロ ホ ン	1/2in コンデンサマイクロホン
	周 波 数 特 性	20Hz~20kHzで+1, -4 dB
	ダイナミックレンジ	46dB(A)~160dB(A)
	校 正 回 路	1 kHz 90dB(A)の静電アクチュエータ実装
	周 囲 条 件	温度 -20~+50°C, 湿度 0~100%
	そ の 他	雨よけカバー, 風防, 鳥よけ実装
計測アンプユニット	周 波 数 特 性	2 Hz~200kHzにて±0.5dB
	測 定 範 囲	最大 150dB(A)
	聴 感 補 正 回 路	A, B, C, D特性実装, 切換にて1特性選択
	平 均 化 時 間	0.1秒, 0.3秒, 1秒, 3秒, 10秒, 30秒, 100秒, 300秒, 及びFAST, SLOW
	ダイナミックレンジ	50 dB 以上
	精 度	25°Cにおいて±0.5dB
	周 囲 条 件	温度 5~40°C, 湿度 40~90%
	そ の 他	電源 ON/OFF, 校正音 ON/OFF, 平均化時間のリモート制御可

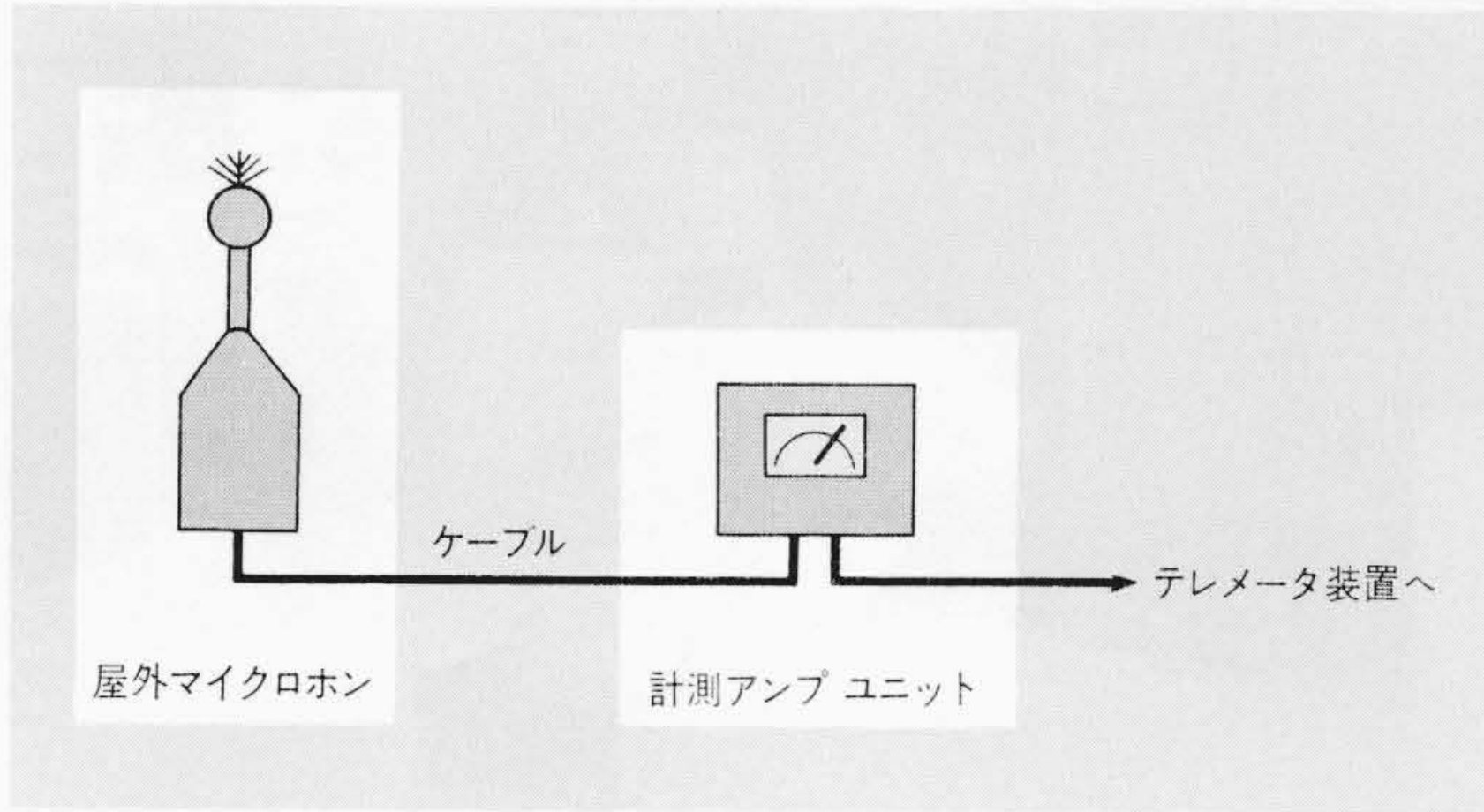


図3 騒音計の構成 騒音計は屋外に設置されるマイクロホン部と、室内に設置される計測アンプ部から成り、テレメータは計測アンプに接続される。

示すように屋外マイクロホン部(図4)と、計測アンプユニット部に分かれており、各仕様の概要は表1に示すとおりである。

3.2 伝送系サブシステム

大気汚染監視テレメータシステムにおいては、伝送速度200BPSのデジタルテレメータ方式を使用しているが、航空機騒音はランダムに発生し、且つ騒音レベルの変動周期が極めて速いため、次に記載するFM式アナログテレメータを使用することとした。このテレメータ方式により、特に変動周期の速いFAST特性の伝送も実現することができた。

(1) FM式アナログテレメータ

FM式アナログテレメータの電圧→周波数変換、及び周波数→電圧変換の素子としてハイブリッド集積回路(IC)を使用することにより、信頼性が極めて高く、小形、且つ廉価なFM式アナログテレメータ装置を開発することができた。この方式においては、日本電信電話公社の“D-1”規格特定通信回線の帯域、0.3~3.4kHzで、A、Dの二特性を同時に伝送できるものである。

FM式アナログテレメータ装置の概略仕様を表2に示す。

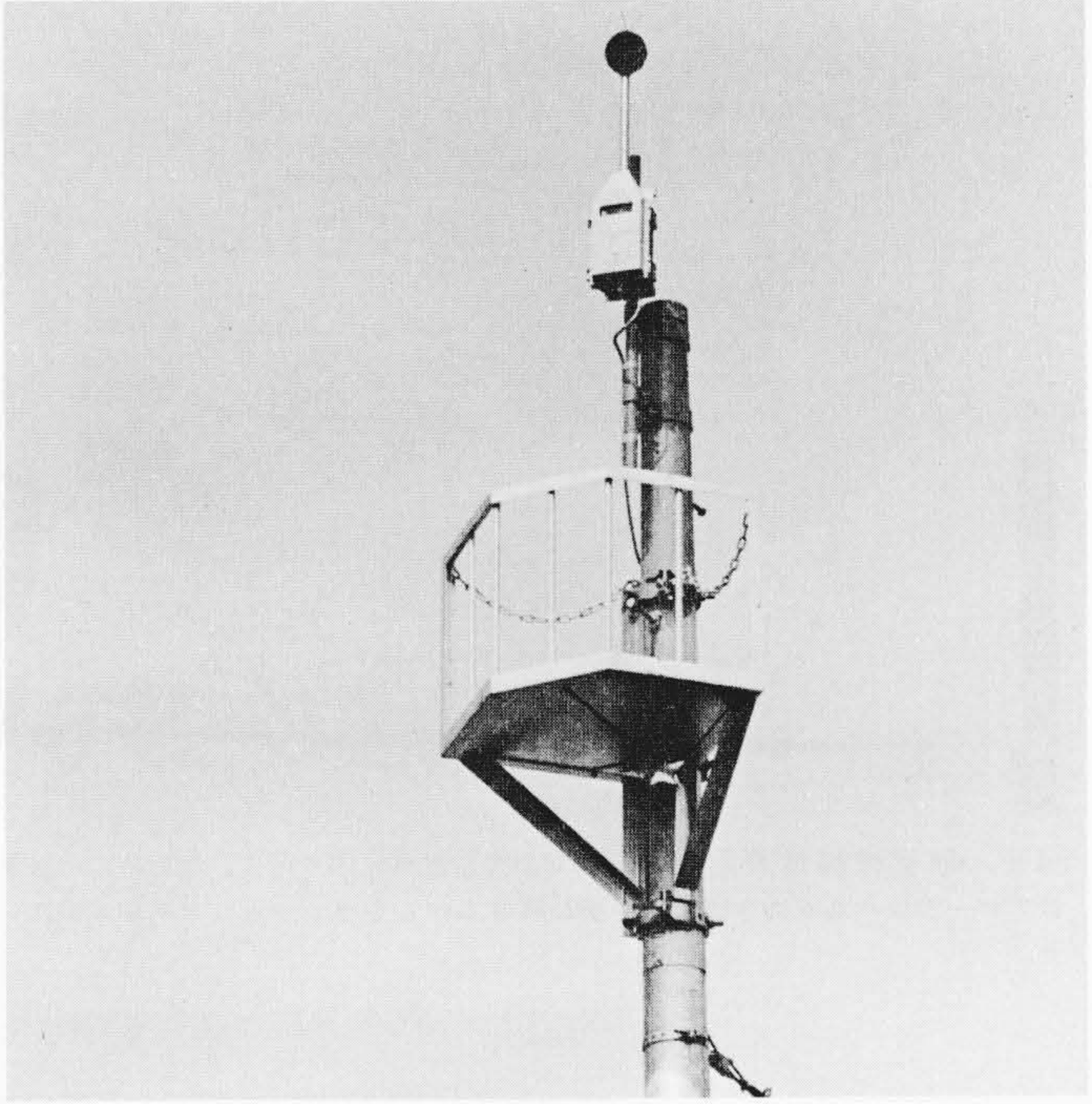


図4 屋外マイクロホンユニット マイクロホンの設置状況を示す。

表2 伝送サブシステムの仕様 FM式アナログテレメータ装置の概略仕様を示す。

項 目	仕 様
変 調 方 式	FM変調
使用周波数帯域	A特性=450~900Hz, D特性=1,250~2,500Hz
送 信 レ ベ ル	最大: 0 dBm (1 mW)
受信入力レベル	最小: -30 dBm (1 × 10 ⁻³ mW)
許 容 線 路 損 失	最大: 30 dB
応 答 特 性	10dBのステップ変動に対して15ms以下
制御用トーン信号	10波実装, 騒音計on/off校正音on/offなどに使用
そ の 他	中央局と観測局間の通話機能実装

3.3 処理系サブ システム

図2のシステム構成図に示したように、このシステムにおいては、データ処理装置(以下、CPUと称す)の二重化を行ない、データ収集などのオンライン処理の信頼性を高めるとともに、将来バックアップCPUのコア増設、及び外部記憶装置の増設により、高度な統計処理、更に等音曲線(コンター)の予測をバックアップCPU系で行なうことができるように計画されている。

処理系サブシステムは、メインCPU(16K語)及びバックアップCPU(4K語)のほかに、大気系月報データ、騒音系日報データ、及び非常駐プログラムなどを格納する磁気ディスク装置(180K語)、大気、騒音用ごとに作表タイプライタ、及び紙テープパンチャを各1台、航空機騒音を監視し、且つ目視でとらえた航空機の機種名や会社名をけん盤より入力するための騒音操作卓、大気系の各種監視や指令を与える大気操作卓、航空機騒音の各観測局のデータを時々刻々数値表示し、且つ規準値を超えた場合は色別表示する航空機騒音表示盤、更に騒音データと一緒にその時点の気象データを取り込むアナログデータ入力装置、各種パラメータの入力やメッセージの出力を行なうデータタイプライタ、その他紙テープリーダ、時計装置などより構成されている(図5, 6)。

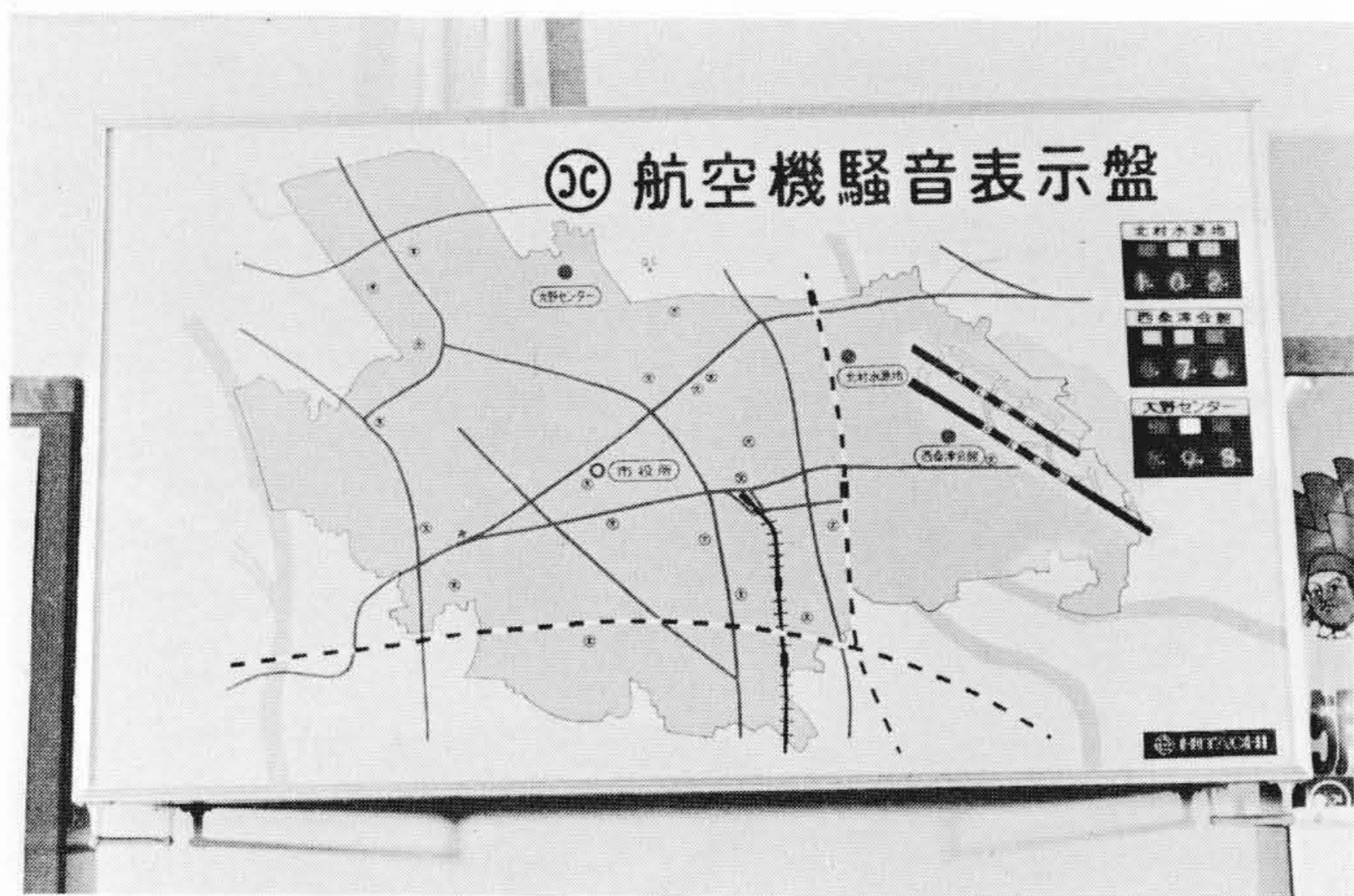


図5 航空機騒音表示盤 測定点の位置は地図で示し、測定点ごとに騒音のピークレベルを数字表示し、更に騒音レベルをランク別に3色表示している。

3.4 ソフトウェアの構成

メインCPU系のプログラムの構成としては、騒音系と大気系のデータをオンラインリアルタイムで収集し、処理した後、磁気ディスクへ転送し、同時に表示、作表、紙テープ出力を行なうオンライン処理プログラムと、磁気ディスクに格納されたデータ、及び紙テープのデータを各種パラメータ(機種、会社名、気象データなど)により分類、統合処理することにより各種集計表を作成するオフライン処理プログラムより構成されている。

これらオンライン・オフラインプログラムは、更に細かな単位(タスク)に分類され、これら多数のタスク、及び種々の入・出力装置を管理(モニタ)プログラムが時分割による同時多重処理することによって、効率よく動作させている。

当初のバックアップCPU系のプログラム構成は、オンライン処理だけであり、同時多重処理の管理プログラムにより、メインCPU系の動作を常時監視し、メイン系が停止した場合は、即時にバックアップCPU系でメイン系の入・出力機器を制御し、騒音系と大気系のデータ収集、表示、作表、紙テープ出力などのオンライン処理を代行するものである。メインCPU系が復旧した後、バックアップ系より出力された紙テープのデータをメイン系に入力し、データの補充を行ない、オフライン処理にも支障を与えないよう考慮されている。

4 オンライン処理の機能

大気系のオンライン処理機能については省略し、騒音系についてだけを記述する。

4.1 騒音データの識別

各観測局より、FM式アナログテレメータにより常時伝送されてくる騒音のアナログデータは、A/D変換され、100msのサンプリング間隔により、CPUに取り込み、騒音レベルの大きさと、その継続時間によって暗騒音(一般騒音)と航空機騒音を識別し、その発生時刻、ピークレベル、レベル別の継続時間を算出する。またアナログデータ入力装置より、同時に気象データ(風向、風速、温度、湿度)も取り込み、次に述べる騒音情報を含め、局番、データNo.を付加し1ブロックの騒音集計データとして磁気ディスクの日報データエリアに格納する。



図6 中央監視局の機器 中央の収納箱は右から補助処理装置、中央処理装置、入・出力制御装置、及びテレメータ親局装置を、手前は操作卓を示す。

4.2 騒音情報の入力

航空機騒音を監視し、且つ規制するための航空機の機種名、会社名、及び離着陸の種別を係員が目視により識別し、騒音操作卓に設けられた該当ボタンを押すことにより、CPUに取り込み、前述の騒音集計データの一部として付加している。

4.3 騒音データの表示

市庁舎内に簡易形表示盤(図5参照)を設け、各観測局の騒音発生ごとに、ピークレベルの数値表示、及び次のような色別ランプ表示を行なうものである。

- (1) 緑ランプ：航空機騒音と判定した時点で点燈
 - (2) 黄ランプ：第1警報レベルを超えた時点で点燈
 - (3) 赤ランプ：第2警報レベルを超えた時点で点燈
- 数値表示、及びランプ表示は、次の騒音発生まで保持される。

4.4 騒音データの作表

オンライン処理の作表フォーマットには次に述べる3種類がある。

(1) モニタリングリスト

0時より1日単位で、騒音発生順に、各局ごとに一連のデータNo.を付加し、前述の騒音集計データの内容、すなわち発生時刻(秒単位まで)、ピークレベル、レベル別継続時間、気象データ、機種名、航空会社名、離着陸の種別、及び違反の種別を、騒音の終了時に作表する。違反機の場合はピークレベルを赤字印字し、違反の種別の項に「*」を印字する。図7にレベルレコーダで記録した航空機騒音の騒音レベルを、表3にその記録に対応したモニタリングリストの一部を示す。

(2) サンプリングリスト

機種特有の騒音レベルのパターンや局間の時間的变化を把握するため、騒音レベルの時間的变化を、必要なときに作表タイプライタにより作図する。

(3) 騒音日報(1)

磁気ディスク格納にされている1日分の騒音集計データにより、1日分のWECPNL値、ピークレベルの最大値、時間別及び時間帯(日中、夜間、深夜)別の騒音発生回数、違反回数、並びに継続時間の集計値を日報として整理し作表する。

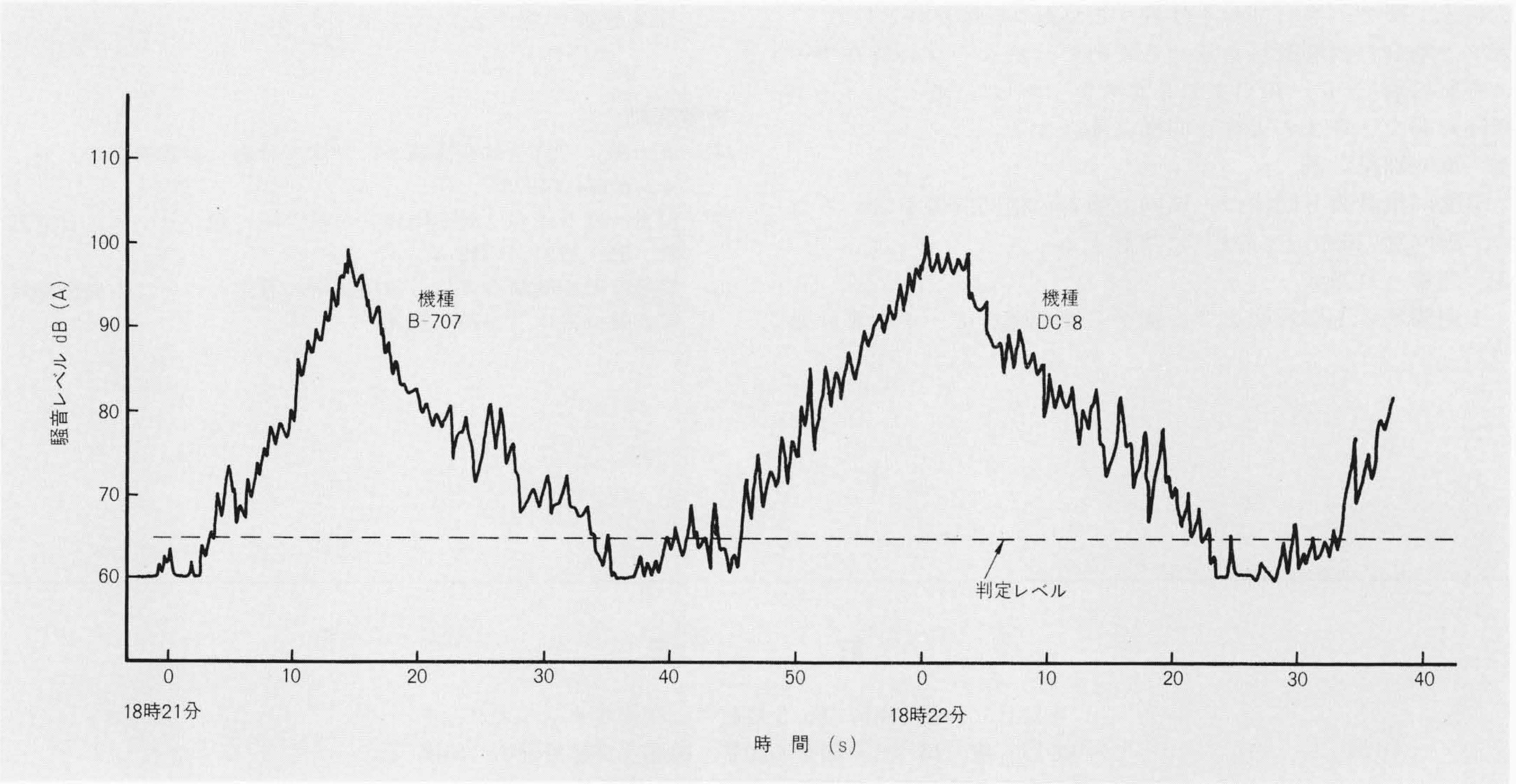


図7 レベルレコーダで記録した騒音レベルの変化 大野観測局でFAST特性にて測定したデータ (昭和49年7月4日測定)を示す。

表3 モニタリングリストの一例 OONO局のデータが表3に示した騒音レベルに対応している。

1974 07 04 THU MONITORING LIST (DBA)													
No.	STATION	TIME	DATA No.	PEAK MAX (DB)	60DB 70DB (SEC)	WD	WV	TEM	HUM	AC	CO.	L/T	ITEM
3.	00NO	18 : 21 - 13	168	99.1	30.4	SW	6.2	31.3	67.1	B-707	JAL	T	
1.	NISHIKUWAZU	18 : 21 - 11	169	98.4	34.3	SW	6.3	31.3	66.9	DC-8	JAL	T	
2.	KITAMURA	18 : 21 - 31	169	102.6	29.6	SSW	6.9	31.5	67.0	DC-8	JAL	T	*
3.	00NO	18 : 22 - 00	169	100.9	38.7	SSW	7.0	31.4	67.2	DC-8	JAL	T	
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:

4.5 紙テープの出力

一つの騒音が終了した時点で、その騒音集計データに年月日、曜日を先頭に付加して紙テープに出力し、後述する紙テープベースによる各種騒音集計表のオフライン処理に使用する。

5 オフライン処理の機能

将来は磁気テープベースによるオフライン処理が計画されているが、当初は、紙テープベースにより、次のような各種の集計表を作成している。

(1) 発生回数(違反回数)集計表

紙テープの騒音データを任意の期間分、テープリーダーより入力することによって、時間別、機種別、及び航空会社別の発生回数、又は違反回数の頻度分布を集計し、作表する。

(2) 機種別(違反機種別)集計表

紙テープの騒音データを機種別、又は違反機種別に分類し、機種に特有な騒音データを把握するため、ピークレベルの平均値、ピークレベルの最大値、各レベル別の継続時間などを集計し、作表する。

(3) 温度別集計表

将来、騒音の等音曲線を作成するための基礎資料として、気温と騒音の相関関係を求めるために、紙テープの騒音データを気温別(−5〜40℃まで5℃ステップ)に、ピークレベル、継続時間などを(2)の場合と同様に集計する。

(4) 風向別集計表

温度別集計表と同様に、風向と騒音の相関関係を求めるため、風向別(16方位と静穏)に集計する。

(5) 週報/月報

1週間から1ヶ月間までの紙テープの騒音データを集計処

理することにより、1日分のWECPNL値、パワー平均値、ピークの最大値、騒音発生回数、及び継続時間の週間/月間推移を作表するとともに、週間/月間に関する前記項目の総合集計値(例えば、週間、月間のWECPNLなど)を算出し、作表する。

6 結 言

以上述べたように、このシステムは、航空機騒音の発生時の騒音データの監視だけでなく、1日〜1年間にわたる長期的データの監視ができる点、及び航空機騒音の実態を統計的に把握できる点を特徴としているので、現在、航空機騒音がまだ大きな問題となっていない地方の空港周辺においても、現状の騒音データを把握し、飛行コース、住宅地域の分布などにより将来における騒音許容値を設定するため、このシステムのような監視システムが有用であると考えられる。また、このシステムは一般の交通騒音などの監視システムにも適用できる。

最後に各種資料の提示、及び現地測定において多大の御協力いただいた伊丹市役所空港部騒音防止課の関係各位に対し、深く感謝の意を表わす次第である。

参考文献

- (1) 五十嵐、西宮「航空機騒音の計測と評価」音響学会誌、28、4、p.194 (1972)
- (2) 望月、ほか4名「航空機騒音の統計的処理システム」日立評論 55、422 (昭48-4)
- (3) 環境庁航空機騒音に係る環境基準の設定について中央公害対策審議会答申 (1973 12.6)

訂 正

本誌日立評論Vol.57 No.5掲載の「高速度サイリスタとその応用」中、13ページ図6の図番、図題及び補足説明に印刷漏れがありました。お詫びとともに、下記のように追補して訂正いたします。

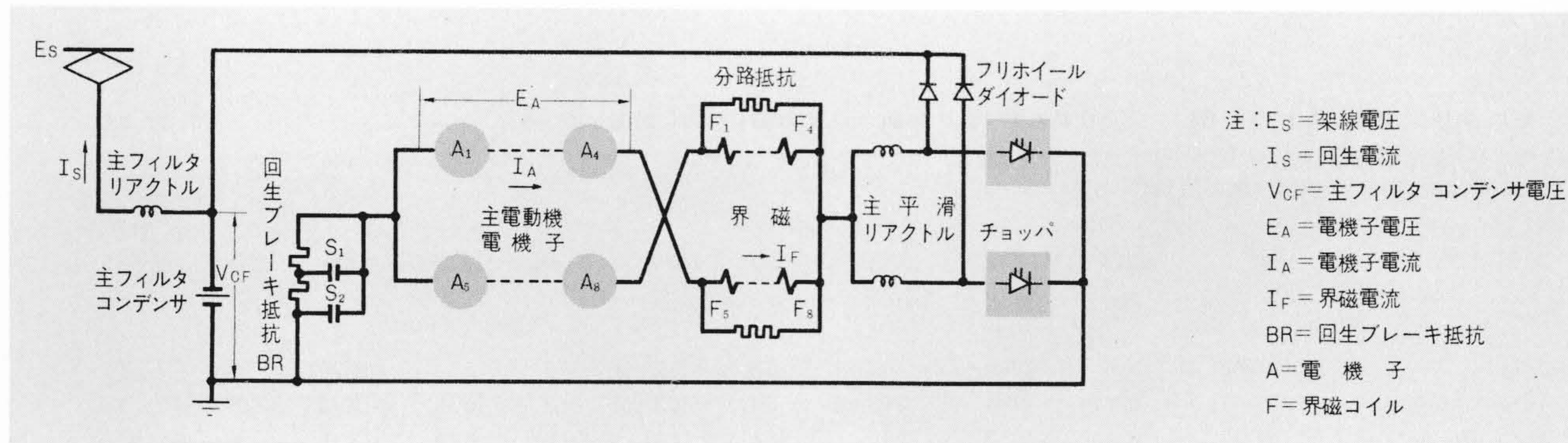


図6 回生抵抗式回生ブレーキ主回路簡略図 高速から回生ブレーキをかける際には、回生抵抗を挿入し、十分大きな回生電流を返還するとともに安定性を増している。