

航空機騒音のうるささの数量化-I*

—騒音の指標 PAANI の作成—

統計数理研究所	林	知己	夫
"	林		文
日本女子大学	児	玉	省
日立製作所	近	藤	暹

(1973 年 6 月 受付)

Construction of PAANI (Psychological Assessment of Aircraft Noise Index) by the Statistical and Psychological Idea

Institute of Statistical Mathematics Chikio Hayashi
Fumi Hayashi
Japan Women's University Habuku Kodama
Hitachi, Co. Ltd. Susumu Kondo

The aim of this paper is to construct a new index of psychological assessment of aircraft noise (PAANI) different from WECPNL and NNI. An intervening variable is used without setting directly the relation between physical measurements and psychological reaction of the inhabitants for aircraft noise as WECPNL and NNI. The intervening variable which we call UFR (unfavorableness ratio) is made for an aircraft by using the theory of quantification which evaluates the physical measurements (loudness dB(A), duration time interval over 70 dB(A) and frequency characteristics), regarding the proportion of unfavorableness of the noise based on a sensory test of n testees as an outside variable. The characteristic $I(r)$ of noise of the r -th spot is defined as the number of aircrafts over a fixed value of UFR on the distribution of UFR calculated from the aircrafts passing over the very spot. While, we make the index of psychological reaction for noise of the inhabitants in the r -th spot based on the data obtained by a social survey. The index is determined from the distribution of Guttman scale of noise reaction shown by the inhabitants in the spot which is constructed by those data.

The characteristic $I_{30}(r)$, which is the number of aircrafts over 30% of UFR on the r -th spot, shows fine goodness of fit for the index of psychological reaction of the inhabitants of the r -th spot for all r . However, WECPNL does not, especially for the lower noise (the value of WECPNL being about 70). We call I_{30} PAANI. PAANI is considered to be a better scale for psychological assessment of aircraft noise than WECPNL. The details will be published later in English.

I. はじめに

航空機騒音の住民に与える指標としてよく使われるものに WECPNL, NNI というものがある.** これは、いずれも騒音の平均的大きさと機数(このとり方に工夫が入っている)の単純な関数(dB 表現と機数の対数の一次関数)として表現されるようなものである。住民のうるささの感じがこの様な単純な関係で表現され得るものであろうかという素朴な感じを持ち、

* これは環境庁国立機関公害防止等試験研究費(253号)「公害問題におけるデータ解析の方法に関する研究」(昭和47年度)によるものである。この研究には統計学の松井しおり氏、大久保道子氏、当時当研究所の内地留学生であった心理学専攻の(丹羽聖尚現在防衛庁航空中央業務隊一人事管理作業科)氏が参加・協力した。調査にいろいろ便宜を与えて下さった昭島市長をはじめ市役所の多くの方々、昭島医師会の土井丈爾氏に深く感謝の意を表するものである。なお、本論文は林知己夫が執筆した。

** 例えば、五十嵐寿一・西宮 元：航空機騒音の計測と評価，日本音響学会誌，28巻，4号，1972；五十嵐寿一：騒音問題の展望，日本音響学会誌，29巻，4号，1973。

日本における実際のデータに基づく研究を調べてみたが、はっきりした実証的研究は殆ど見出すことが出来なかった。わずかに、実際のデータにもとずき NNI はあまり適切な指標ではないということが著者の一人によって示されているに過ぎなかった*。

我々としては、WECPNL, NNI と云った固定観念を離れ、我々がこれまで行ってきた諸調査、諸のデータ情報処理の方法から得られた経験、をもとにして、実証的に事を選び、データを取りこれをもとにして新しい「航空機騒音うるささの数量化」つまり一つの指標を作りあげてみようを試みた。指標作りの発想は全く単純素朴なものである。

こうして出来た指標と住民のうるささの数量化されたものさしとどう関係づけられるか——このためには住民のうるささのものさし（尺度・スケール）作成方法が検討されねばならないのは当然のことである——を検討してみることにした。あわせて、WECPNL や NNI がこの住民のうるささのものさしとどのような関係にあるかをあわせて明らかにしてみることにした。

II. 調査の構想

§2.1 調査地域

調査の地域としては、横田基地周辺の昭島市を取りあげた。ここに10地点の騒音の物理的測定地点をおき、この測定点を中心にして半径200mの円内（同一町丁をとることを原則とした）を調査対象地区として住民調査を実施した。この地点の状況は第1図に示す通りである。図中の番号は今後調査地点をあらわす番号とし、○印（含市役所）は物理測定を行った地点を示す。調査は次の様にして行われた。

物理測定 2地点, 10地点（4日間連続測定, 96時間）

感覚測定 2地点

住民調査 10地区

§2.2 調査の内容

この調査の狙いは、物理測定と直接住民のうるささの感じとを結びつけることをしないところが特色である。物理測定の単純な量の単純な関数が住民のうるささの感じを表現するとは考え難いからである。物理測定を感覚量に変換することをまず考える。つまり一つの媒介変数を使っておこうとすることである。これには一種の sensory test（変な訳語であるが官能検査と呼ばれている、感覚テストの方がよさそうであるが）が使われることになる。物理量を人間の感覚を用いて感覚量に変換するのである。この感覚量に変換されたもの、すなわち媒介変数をもとにしてうるささの指標を作りあげ、住民のうるささのものさしと対応づけようと試みるわけである。

このために調査は感覚測定のため、住民調査のため、の2つに大別される。

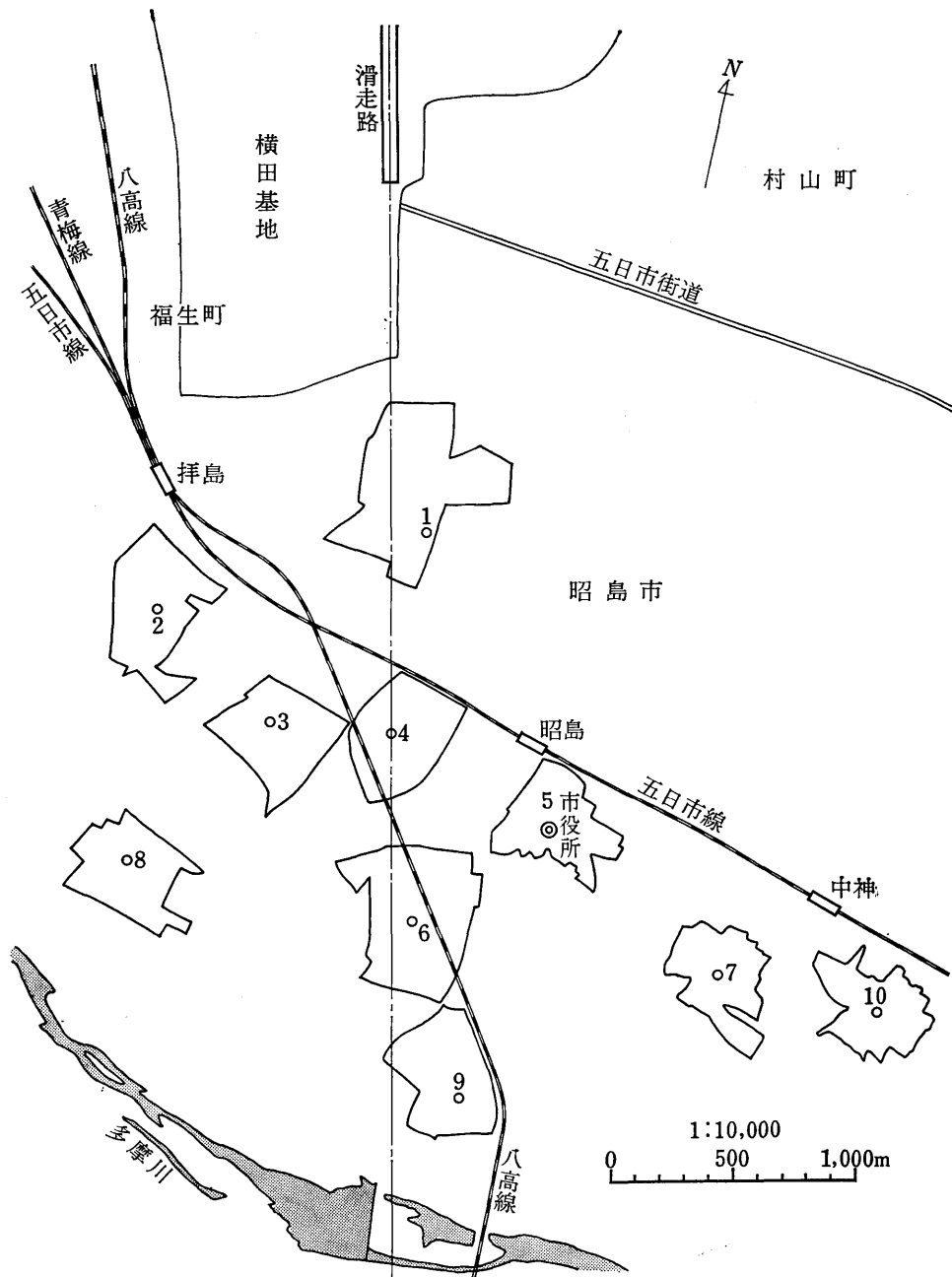
(i) 感覚測定調査は、1機ごとの物理測定とその1機の航空機の騒音に対する感覚判断（約25名のグループによる）調査とからなる。これから、物理測定を感覚量に変換する関数関係を求めるのである。これは2地点で行われる。

(ii) 地域調査は、2つのものからなる。まず物理測定である。これによって1機毎の物理測定を行い、(i)における関数関係を用い感覚量に換える。N機飛来すればN個の感覚量が計算されることになる。これをもとにして、地点別に感覚量の分布を求め、これから地域のうるささを示す指標を作り出す。

もう一つは住民調査である。この住民調査のデータを分析し、これからうるささの感じの尺度化を行い、そのうるささの感じの地区別の尺度値を定める。

こうして、上記によって求められた地区の航空機騒音の指標とその地区の住民調査による尺度値とを対応付け、騒音の総合評価を求めようとするものである。

* H. Kodama: Psychological Effect of Aircraft Noise upon Inhabitants of an Airport Neighborhood, (A paper presented at the XVII Int. Cong. of App. Psych., Liège, Belgium, July, 1971), The Medical Assoc. of Akishima, Tokyo, May, 1971.



第1図

§2.3 感覚測定の内容

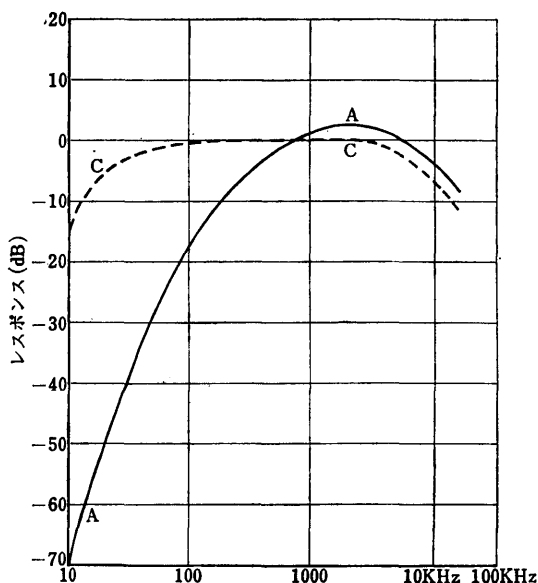
感覚測定は2地点で行われる。第1図に示す地点番号1, 9で行われた。

(i) 物理測定 物理測定としては次のものが算出できる様な測定が行われた(第1表)。この表の中で dB (A, C) などあるのは夫々 A 特性, C 特性で測定したことを意味する。この特性を第2図に示す。

(ii) 感覚評価 一方, 人による(25名前後)の感覚測定では, 1機飛来するごとに第2表, 第3表に示す様な評価をとった。第2表は, 甲, 乙, 丙, 丁の4種類にわけて好ましくない評価

第1表 物理測定とその特性付け——感覚測定との対応——

- a. ピーク音圧 dB (A, C)
 b. 70 dB (A) 以上の持続時間
 c. 周波数特性 (C 特性)
 エネルギー密度の最も高いところの周波数バンド
 周波数バンド別のエネルギー (比率)
 1. 63 Hz, 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz の 合計
 2. 2000 Hz
 3. 4000 Hz
 4. 8000 Hz
 2000 Hz のエネルギー比率との差
 1. 125 Hz との差
 2. 250 Hz との差
 d. その他 (機種, 角度—高度—, 離着陸の別, 天候, 気象)



第2図

第2表 うるささの評価

ラング	++	+	±	-	--
外的基準					
うるささ(甲)	非常にうるさい	うるさい	少しうるさい	うるささを感じない	/
いやな感じ(乙)	非常にいや	いや	いやでない	何とも感じない	/
忍耐(丙)	全く耐えられない	耐えられない	それ程でもない	何とも感じない	/
不快(丁)	非常に不快	不快	何とも感じない	快い	非常に快い

第3表 音質判定—主観評価における感覚表現語—

a	鋭い音	h	腹にこたえる音	o	澄んだ音
b	金属性の音	i	迫力のある音	p	耳がつんとする
c	きんきんした音	j	重みのある音	q	耳が痛くなる
d	耳をつんざくような音	k	力強い音	r	頭が痛くなる
e	いらいらする音	l	雷のような音	s	胸が悪くなる
f	にぶい音	m	響きのある音	t	疲れる
g	どろどろした音	n	軽い音		

をとるとり方を示したものであり、第3表は、各1機毎に就ての音質評価に関するものである。それぞれ1機ごとに、どんな感じをうけるかをチェックさせた。

§2.4 地区調査

地区調査は10地点で行われる。第1図に示す様な1から10までの番号のついた地点で調査を行った。

(i) 物理調査 物理測定としては第4表に示すものが飛来する各航空機に対して行われた。これは原則として連続4日間、96時間にわたって行われた。

第4表 物理測定

- | |
|---------------------|
| a. ピーク音圧 dB (A) |
| b. 70dB (A) 以上の持続時間 |
| c. 機種 |

(ii) 住民調査 これは、各物理測定地点を中心にして半径 200 m の円内を対象地区（原則として同一町丁をとる、したがってやゝいびつな形となる、第1図参照）として、この中から各100世帯を住民台帳より等確率で抽出、主婦（あるいはこれに準ずるもの）を対象として面接調査を行い全世帯員に対しては留置調査（ともに15才以上）を実施した。主婦を主としたのは昼間もこの家に留ることが多く、この地区の騒音の評価に対して望ましいと思われたからである。世帯員に対する調査は参考資料とすることにした。

住民調査には、種々の質問（面接調査と留置調査では、調査の性質上調査票のレイアウトを変えたところもある）及び調査員判断を取りあげたが、本論文に直接関係のあるものは次のものである。

主要質問 このごろの飛行機の騒音についてくわしくおききたいのですが？（「家の中で

反応 内容	(i)	(ii)
会 話	1. 普通の声で話をしたとききとれる ② 自然に声が大きくなってくる ③ 会話を中断する	① 非常にじゃま ② かなりじゃま ③ 普通 ④ 少しじゃま ⑤ 全くじゃまにならない
電 話	1. 普通の声で話を通じる ② きこえなくなつて、ききかえす ③ 自然に声が大きくなっている ④ 電話を中断する × 電話はない	① 同 ② 同 ③ 同 ④ 同 ⑤ 同 上
テラ レジ ビオ	1. 小さな音でもききとれる 2. 普通の音ならききとれる ③ 音を大きくすればききとれる ④ 音を非常に大きくすればききとれる ⑤ 音を非常に大きくしてもききとれない ⑥ 画面がちらつく	① 同 ② 同 ③ 同 ④ 同 ⑤ 同 上
読書・ 思考	1. 読書やものを考えたりすることの両方ともさしつかえぬ ③ どちらかがさしつかえる ④ 両方ともさしつかえる ⑤ 二つのほか頭をつかうことはすべてさしつかえる	① 同 ② 同 ③ 同 ④ 同 ⑤ 同 上
ひ る × 寝	1. ひる寝をするが、別に気にならない 2. ひる寝の最中突然目をさます 3. 音が気になって、うとうとする程度 4. 騒音のため、したくともできない 5. ひる寝の習慣はない	1. 同 2. 同 3. 同 4. 同 5. 同 上
睡 眠	1. 別に気にならず眠れる ② 特に寝つきが悪い ③ 夜中に目がさめる ④ 朝早く目がさめる	① 同 ② 同 ③ 同 ④ 同 ⑤ 同 上

の家族との対話」「家の中での電話」「家の中でのテレビ・ラジオ・レコード」「家の中での読書・思考」「家の中でのひる寝」「夜の睡眠」の6項目について各次の(イ), (ロ)を質問する, 回答を書いたリストを見せ反応をとる)。

注 図中にある○△×印は, 後にスケールをつくるときに必要となる記号で○は好ましくない方, △はやゝ好ましくない方としてとりあげられるカテゴリーであり×印は除外したものである。無印はなんでもないこと示す回答である。ただ, 電話については, ないものは, 他の項目に対する平均評価でおきかえてある。

この質問は自動車や鉄道に対しても行われており, 航空機との比較のために用いた。

この質問で(イ)は事実判断に基くものでいわゆる心理的な感情的な反応があまり入らぬ様ないわば客観を志向したとり方であり (勿論心理的なものが入りこむのは当然であるが比較的に事実判断に重点がおかれるとり方と言えよう), (ロ)はむしろ事実判断より主観的の反応に重点をおいたとり方になっている。

このほか,

質問 ひと口に言って飛行機の騒音は, あなたの生活で耐えられない程度ですか, それともそれほどありませんか, この中から1つ選んで下さい? [リスト提示]

1. 全くたえられない 2. たえられない 3.それほどでもない 4. なんとも言えない

質問 この場所では, 飛行機の騒音と自動車や鉄道の騒音とくらべてどちらの方がひどいと思いますか? [リスト提示]

1. 飛行機の方がずっとひどい 2. 飛行機の方がひどい 3. 同じくらい 4. 自動車や鉄道の方がひどい 5. 自動車や鉄道の方がずっとひどい

以上が調査法に関する記述である。

III. 調査の分析 その1

——感覚測定, 1機の騒音の物理測定から感覚量への変換——

§3.1 予備分析

IIで述べた仕方で, 1機毎に騒音の物理測定が行われ, かつ人による感覚測定が行われた。1機毎の甲, 乙, 丙, 丁の4種類にわたる感覚測定の評価は次の様に行われる。これを $S_{\text{甲}}$, $S_{\text{乙}}$, $S_{\text{丙}}$, $S_{\text{丁}}$ (甲項目, 乙項目, 丙項目, 丁項目の評価)とあらわす。 $S_{\text{甲}}$ (⊕), $S_{\text{甲}}$ {(⊕)+(+)}, $S_{\text{乙}}$ (⊕), $S_{\text{乙}}$ {(⊕)+(+)}, $S_{\text{丙}}$ (⊕), $S_{\text{丙}}$ {(⊕)+(+)}, $S_{\text{丁}}$ (⊕), $S_{\text{丁}}$ {(⊕)+(+)}. の記号を用いる。これは1機が飛来したときの夫々の項目での「⊕」あるいは「(⊕)もしくは(+)」に反応した比率 (調査対象人数中その項目に反応した比率) %をあらわす。この各は0から100までの値をとることになる。これが1機の航空機感覚評価となるわけである。感覚調査(物理測定)で測定された航空機は105機である。これは, 2日間の昼間において捕捉されたすべてである。

まず甲, 乙, 丙, 丁間の相関係数つまり $\rho(S_{\text{甲}}, S_{\text{乙}})$, $\rho(S_{\text{甲}}, S_{\text{丙}})$ ……を計算してみた。これを(⊕)についてまた{(⊕)+(+)}. について計算してみたところ第5表の様になった。このとき, データ不備のものをおとし88機を用いた。以下の分析では, この88機を用いる。

評価項目内の相関係数が極めて高いことが知られる。特に(⊕)の方が一層高いことがわかる。甲, 乙, 丙, 丁とわけて評価を行ってみたが, 結果的には殆ど同様なものを測定しているこ

第5表 相 関 表

(⊕)				(⊕)+(+)			
甲	乙	丙	丁	甲	乙	丙	丁
甲 1.	0.972	0.885	0.960	甲 1.	0.816	0.822	0.873
乙	1.	0.909	0.976	乙	1.	0.827	0.930
丙		1.	0.950	丙		1.	0.859
丁			1.	丁			1.

となっている。これが(++)の方、つまり、「非常に……」という点で一層同じ様なものになっているのは注目されよう。

そこで、成分分析法を用い、特性根を出してみたところ

(++)については $\eta_1^2 = 0.96$, $\eta_2^2 = 0.03$

{(++) + (+)} については $\eta_1^2 = 0.89$, $\eta_2^2 = 0.05$

となり、ともに第1コンポーネントで測定情報をくみ尽していることが知られる。このときのウェイトをSの規準化したもの(平均0, 分散1)について求めてみると第6表のようになった。殆ど同一ウェイトになっているところが面白い。

そこで、この第1成分をとりあげて、「騒音の好ましくないことを測る測度」とすることにした。夫々別々にとりあげるよりも総合した方が、測定誤差(ランダムエラー)が小さくなると考えられたからである。この騒音の好ましくないことを測る物差しとして UFR (Unfavorableness Ratio) を定義した。

第6表 規準化した上でのウェイト

(++)	(++) + (+)
甲 0.30498	甲 0.25984
乙 0.25763	乙 0.24145
丙 0.20222	丙 0.26995
丁 0.23517	丁 0.22876

$$UFR = \sum_j w_j S_j$$

S_j は j 項目での好ましくない比率 %, すなわち (++) あるいは

{(++) + (+)} に反応した比率 %

$j =$ 甲, 乙, 丙, 丁

$$\sum_j w_j = 1$$

$$w_j = a_j / \sum_j a_j$$

a_j は成分分析において計算された第1成分の j 項目に対するウェイト

この UFR は1機毎の騒音の感覚評価量をあらわしているものであって、定義から

$$0 \leq UFR \leq 100$$

となっており、大きいほど好ましくないことを表現しているものである。

§3.2 物理測定から UFR の推定——物理量の感覚量への変換

以下の推定(変換)には外的基準が数量である場合の数量化を用いる*。

(i) ピーク音圧 dB と 70 dB 以上の持続時間の2つから求めてみた。勿論ピーク dB をいくつかのカテゴリーにわけ、70 dB 以上の秒数をいくつかのカテゴリーにわけ、各1機の測定はそのどのカテゴリーに入るかをきめるのである。この反応ボタンからその航空機の UFR を求めようとするのである。

つまり UFR_i (i という航空機) を

$$\sum_{j=1}^2 \sum_{k_j}^{K_j} \delta_i(jk_j) x_{jk_j}$$

とする。

x_{jk_j} は j という物理測定において k_j カテゴリーに与える数量、 i はピーク dB また 70 dB 以上の持続時間を示すものとし、 k_j は夫々の測定値がどの範囲に入るかを示すカテゴリー、 K_j は j 項目のカテゴリー総数、 $\delta_i(jk_j)$ は1または0を示す。 i という航空機が j という測定項目で k_j というカテゴリーに反応しているとき1、反応していないとき0とする。この $\delta_i(jk_j)$ は i という航空機の物理測定を行えば得られるものである。

なお、具体的に言えば、項目のカテゴリー分けは次の様になる。

ピーク dB では $k_j(j=1)$ は (70 dB 以下), (71 dB~80 dB), (81 dB~85 dB), (86 dB~90 dB), (91 dB~95 dB), (96 dB 以上) の6段階 ($K_1 = 6$), 70 dB 以上の持続時間では $k_j(j=$

* 例えば、林・樋口・駒沢：情報処理と統計数理，産業図書，1970，235~238頁。

2) は (5 秒以下), (6 秒~10 秒), (11 秒~15 秒), (16 秒~20 秒), (21 秒以上) の 5 段階 ($K_2 = 5$).

感覚測定により UFR_i が求まる. したがって $\sum_j \sum_{k_j} \delta_i(jk_j) x_{j k_j}$ により最も精度高く UFR_i が推定できる様に $x_{j k_j}$ ($j = 1, 2, k_j = 1, 2, \dots, K_j$) を求めるのである. このとき, 推定精度は相関係数 ρ によってあらわせる.

第7表

	(+)	(+) + (+)
A 特性	0.94	0.92
C 特性	0.85	0.84

まず A 特性, C 特性について, 航空機数 88 機から計算して求めてみると第7表のようになる. これによると A 特性が C 特性よりかなり高いことが知られる. つまり, 低音を切った特性のフィルタを用いた騒音測定の方が望ましいことが解ったわけである. そこで以下の分析では A 特性を用いることに

した.

(ii) (i) に周波数特性をさらに加えてみた. このため各機について $UFR_i - \sum_j \sum_{k_j} \delta_i(jk_j) \times x_{j k_j} = D_i$, つまり, ピーク dB (A), 70 dB (A) の持続時間からの推定で不十分なところ (誤差) を周波数特性 (C 特性による) からつめようとするものである. この要因として, 第8表の様なものを取りあげ D_i を数量化の方法によって求め, 総合して UFR を推定したところ相

第8表 とりあげた周波数特性

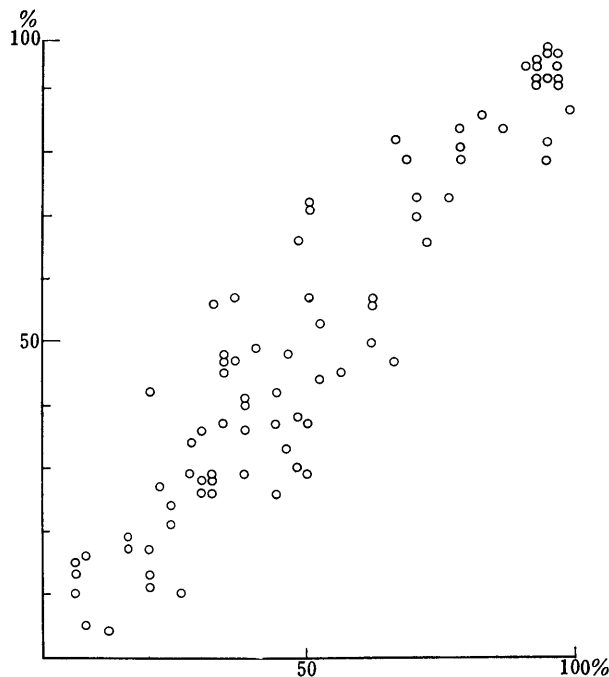
1. エネルギー密度の最も高いところの周波数	4. 4000 Hz のエネルギー比率
2. 500 Hz 以下のエネルギー比率	5. (2000 Hz のエネルギー比率)
3. 2000 Hz のエネルギー比率	— (125 Hz のエネルギー比率)

第9表 総合相関係数

(+)	(+) + (+)
0.96	0.94

関係数は第9表の様にきわめて高いものになった.

この様なことから, 物理測定から感覚量 UFR への変換が極めて精度高くできることが判明したわけである. 推定値と実測 UFR 値との相関図 ($\{ (+) + (+) \}$ のものについて) を目も



第3図

ってみると第3図の様にきれいな図柄が得られた。点の多少の散ばりは感覚測定の人数の少ないことから当然のことである。数量化による値はそうしたバラツキを通しての構造を求めたもので、いわば一つの平均的な値を与えているものと言える。したがってこの推定式を用いることは今後の分析で非常に意味がある。

(iii) (ii) の考えの実用化を考えてみよう。(ii) の方式はよいのであるが、測定項目が多く且つ推定が煩雑になるので、もう少し少数の測定項目から推定することを考えるのである。(i) で述べたピーク音圧 dB(A) と 70 dB(A) 以上の持続時間、これに、周波数特性として {(2000 Hz のエネルギー比率) - (125 Hz のエネルギー比率)} の項目を加えて3項目として ($j=1, 2, 3$) 外的基準のある場合の数量化を用いて行うのである。この周波数特性に関するカテゴリー分け k_j ($j=3$) は

(-11% 以下), (-10% ~ -6% 以下), (-5% ~ -1% 以下),

(0% ~ 6% 以下), (7% ~ 11% 以下), (12% 以上)

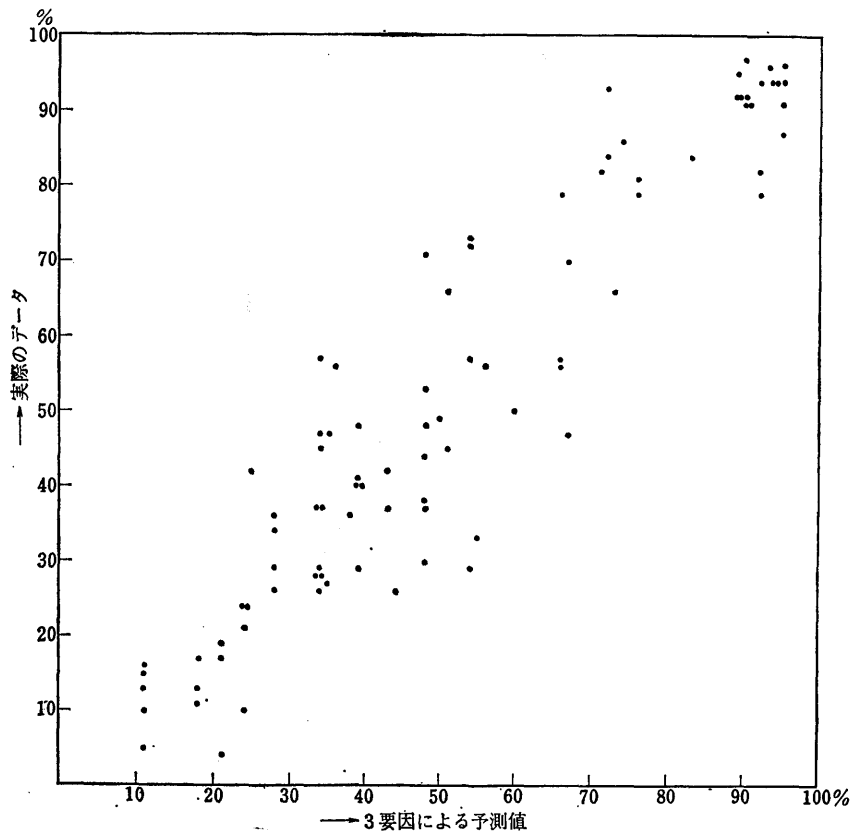
の6段階 ($K_3=6$) であって、負の方は (125 Hz の方が多いこと) 正の方は (2000 Hz の方が多いこと) を示す (250 Hz を用いるよりも精度が高いので 125 Hz の方を用いた)。

こうして数量化した結果は第10表の様になり、(ii) と大差なく十分満足すべきものがある。相関図は第4図の様になり第3図と殆ど変りがない。

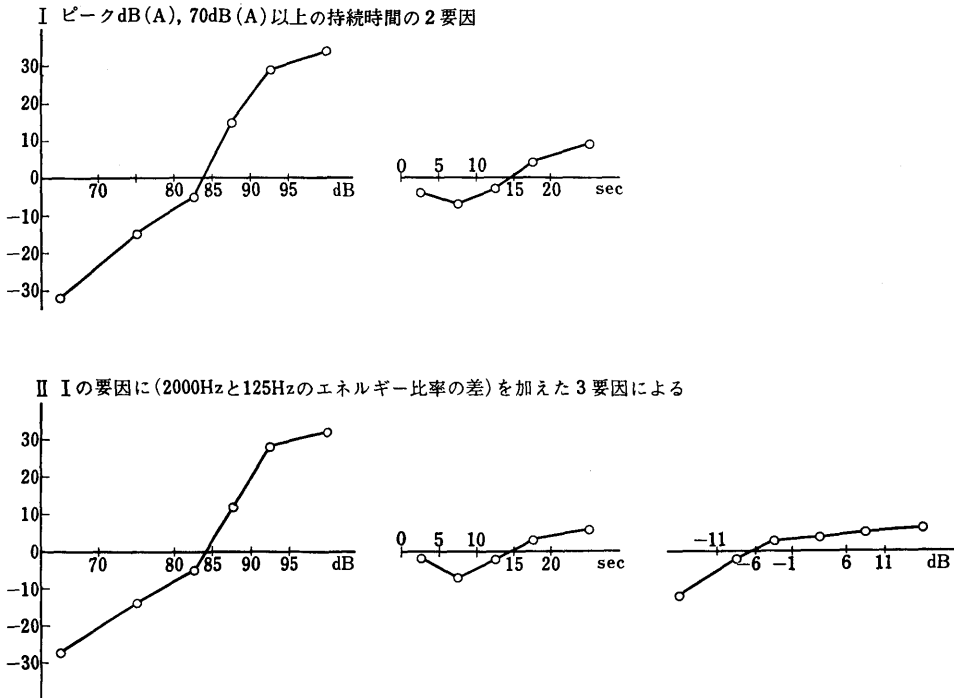
なお、こうして数量化を行ったときの各カテゴリーに与える数値は第5図(下)の様になる。また参考のため(i)における数量化のとき各カテゴリーに与えるべき数値を示すと第5図(上)の様になる。いずれも首肯できる傾向が出ている。上方はプラス、下方はマイナスの数値を示し、横軸は平均 UFR、つま

第10表 3要因による数量化

(+)	(+)+(+) + (+)
0.95	0.94



第4図



		dB (A) P*						dB (B) P*					FC*					
	平均	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6
		0~70	71~80	81~85	86~90	91~95	96以上	0~5	6~10	11~15	16~20	21以上	-11以上	-10~-6	-5~-1	0~6	7~11	11以上
I		-31.83	-15.25	-4.77	14.89	29.24	34.36	-4.02	-7.40	-2.61	3.98	8.65						
I	51.63	-27.34	-14.20	-4.79	12.31	28.27	31.64	-1.62	-7.30	-1.68	3.48	6.00	-11.65	-12.13	2.54	8.44	4.52	5.65

*後述

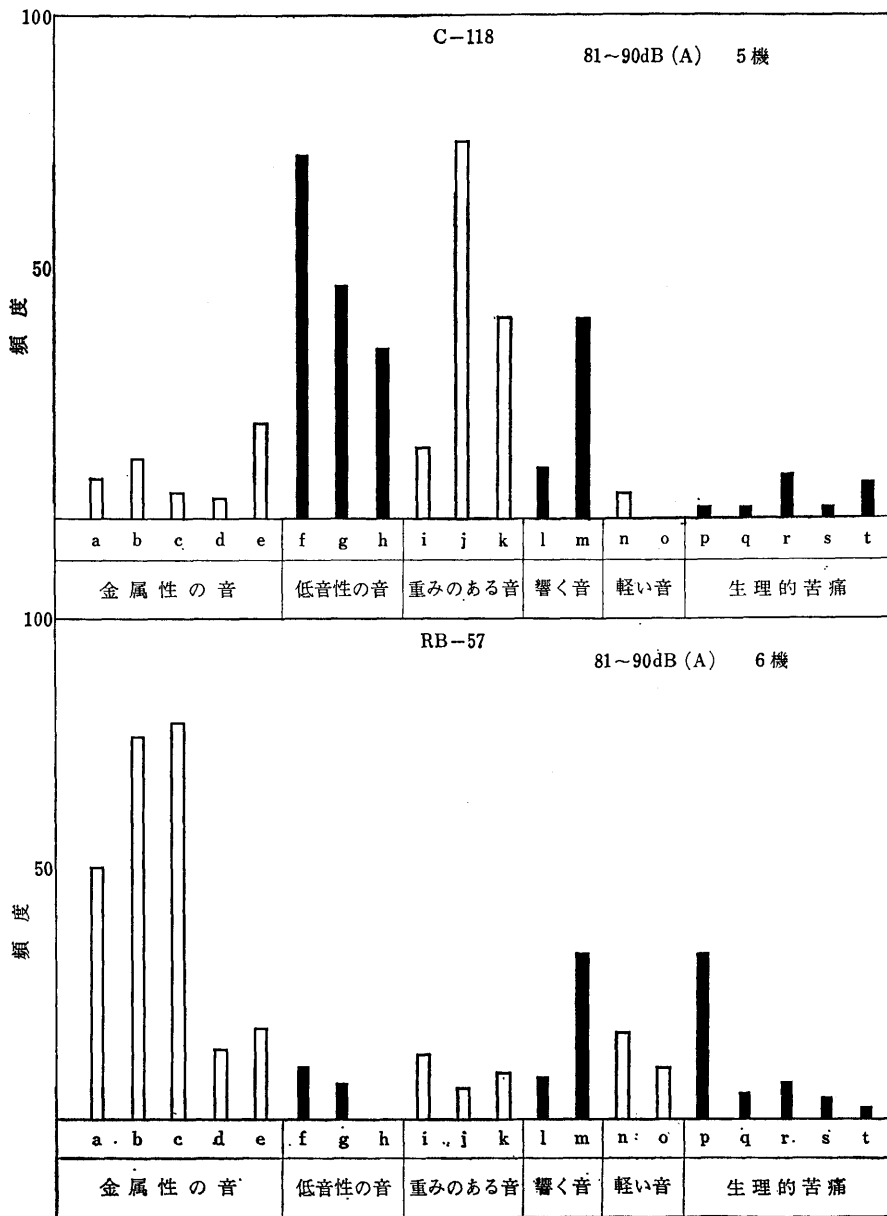
第5図 感覚の数量化' {(++) + (+)}

り調査に用いたすべての航空機の UFR の平均値をあらわしている。この平均値からのプラス、マイナスが各要因 カテゴリーによって与えられることになる。ピーク dB(A) は 85 デシベルをすぎると悪く、70 dB(A) 以上の持続時間は 15 秒を超えると悪く、2000 Hz のエネルギー比率が大きいのが悪いことを示している。

(iv) 音質判定と周波数特性 (iii) において周波数特性として 125 Hz, 2000 Hz のエネルギー比率を用いたが、こうしたものが音質判定にどう影響しているかを見ておくことは、解釈上重要と思われるので本題を外れるが参考のため一例をあげておこう。第6図は RB 57 (双発ジェット) と C-131 (プロペラ4発) に関する音質判定に関するもので、ジェット機がキンキンする方に感ずるものが多く、プロペラ4発はにぶく、重みのある音と反応するものが多い。

これに対比するため、両機種種の周波数特性をしらべたのが第7図である。125 Hz~250 Hz, 2000 Hz~4000 Hz の山の差がこの音質判定のインデックスになっていることが示され、理屈の上からも予想される結果になっている。

なお、ピーク音圧があまり違いすぎると比較にならないため、両機種ともあまり差の大きくないピーク音圧のものだけそろえたので比較に用いた機数が少なくなったので、上述の音質判定の数値そのものを重視することは危険である。一つの傾向をよみとることに止めたい。



第6図 騒音の音色

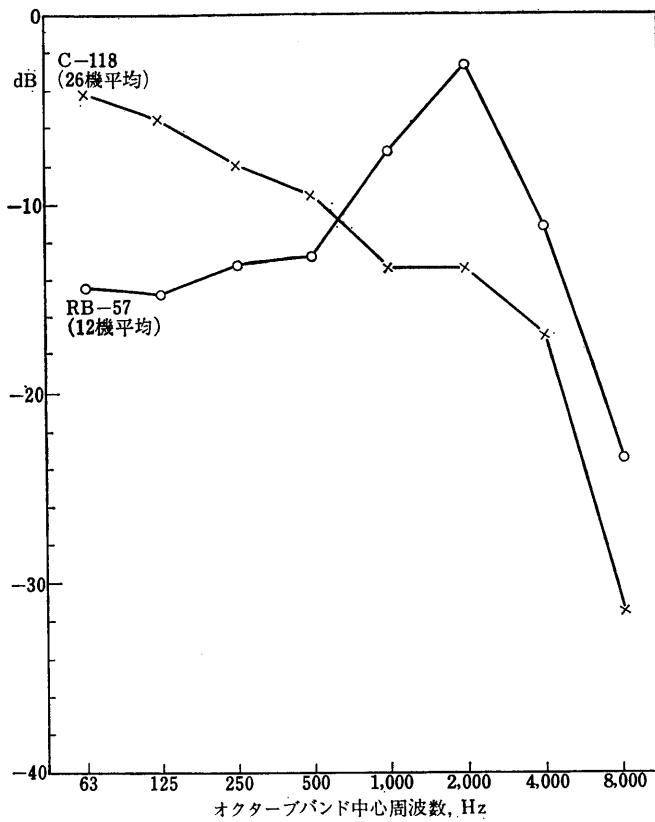
IV. 調査の分析 その2

—地区別の UFR の分布と地区の騒音指標の作成—

III でつくりあげた UFR の推定式を各地点 r (10 地点, $r = 1, 2, \dots, 10$) の測定に適用して, r 地点を通過する航空機の総数 N_r (我々の場合は 4 日間連続, 96 時間) 機の各々について UFR の値を求めこの UFR に関する機数分布をつくり, これから地区騒音の指標 $I(r)$ をつくりあげようと思う。

まず UFR として $\{(\#) + (+)\}$ をとるか $\{(\#) + (+)\}$ をとるか, 第一に考うべき所であるが $\{(\#) + (+)\}$ ではあまり判定が厳しいものになり過ぎるので少し弱め, $\{(\#) + (+)\}$ に関する UFR を用いることにした。1 機毎に, 物理測定から感覚量 UFR を求めるのである。

$$UFR = f(\text{dB(A)P}, 70 \text{ dB(A)T}, \text{FC})$$



第7図 周波数特性

f は感覚調査の実験的データを用い数量化により決定 (III), dB(A)P はピーク音圧の dB(A) 表示, 70 dB(A)T は 70 dB(A) の持続時間 (秒), FC は周波数特性で (2000 Hz のエネルギー比率) - (125 Hz のエネルギー比率) を示す。

ここで、一寸注意するのは、10 地点の測定では dB(A)P と 70 dB(A)T のみ測定され FC は測定されていないのである。10 地点では機種は把握されている。そこで、感覚測定 (2 地点) における機種別の平均値がどんな FC を示すかを調べておき、機種と FC とを対応付けておく。10 地点では機種が解るので、その機種に応じた FC を上述の式で用いることにした。また夜間機種不明のときは 2 要因による推定値 (第 5 図参照) を用いた。

この様にして、通過するすべての航空機 N_r について UFR を求めこの機数分布を求める。この r 地点 ($r = 1, 2, \dots, 10$) までの UFR の機数分布 (4 日間) を示すと第 8 図のようになる。これらの分布からいろいろの騒音の指標をつくる。

- a. $\text{UFR } 50\%$ 以上の機数及び比率

I_{50}, I_{50R} とあらわす。50% 以上の人がいやであるという機数あるいは比率

- b. $\text{UFR } 30\%$ 以上の機数及び比率

I_{30}, I_{30R} とあらわす

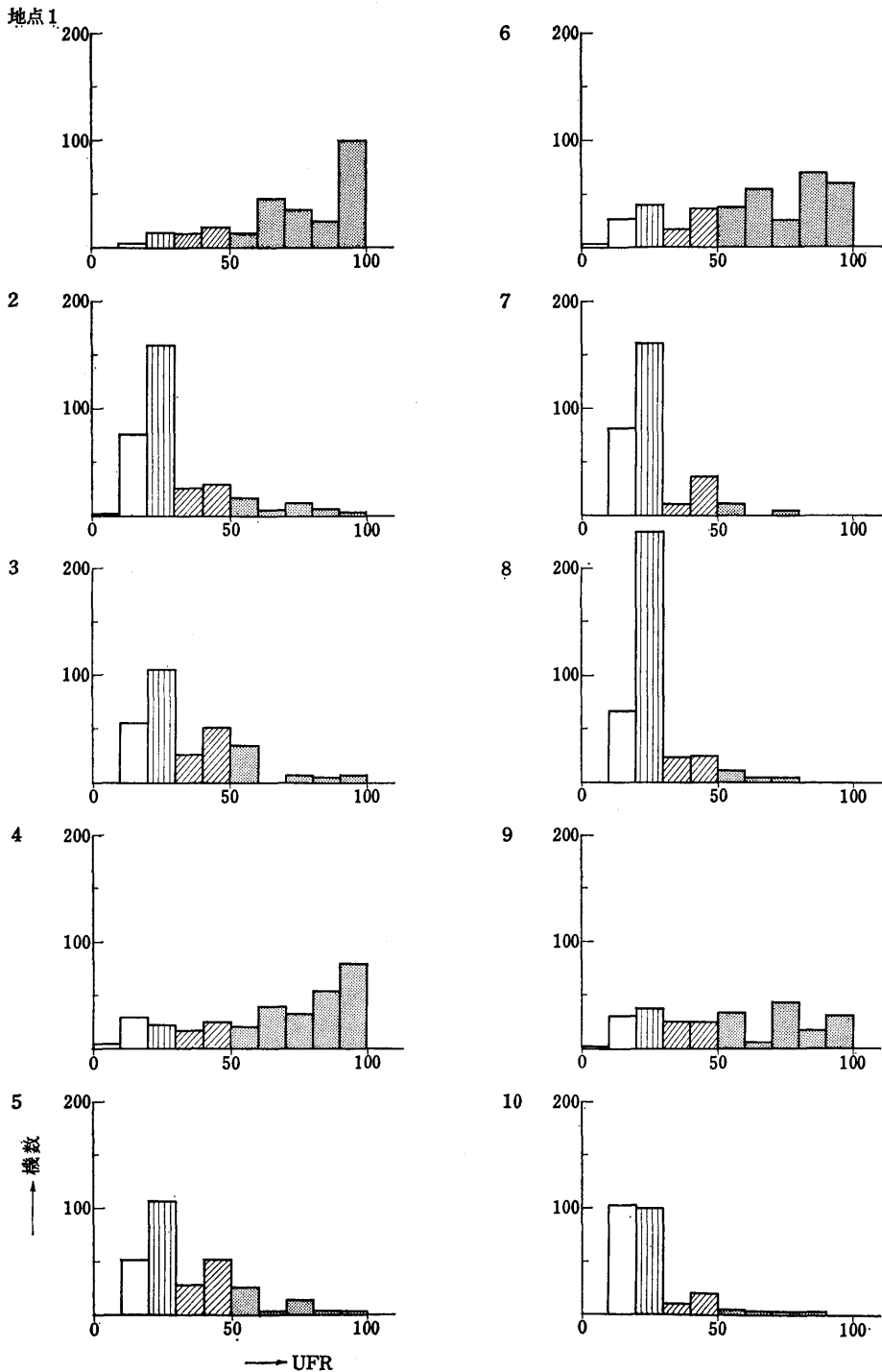
- c. $\text{UFR } 20\%$ 以上の機数及び比率

I_{20}, I_{20R} とあらわす

- d. UFR の平均値

I_M とあらわす

これを地点別にあらわすときには、次の様にする。 r 地点の値は $I_{50}(r), I_{50R}(r), \dots, I_M(r)$ とあらわす。この $I(r)$ が r 地点の騒音の指標であると考えるのである。



第8図 UFR の分布

ある地区の一機毎の物理測定から UFR を算出。ここに N 機きたとすると N 機の UFR 分布が地点毎に得られる (4 日間)

これがどのような値を示すかは第 11 表に示す通りである。なお、ここで注意すべきは機数は 4 日間のものであるから 1 日にするためには 4 で除さなければならないことである。

この様にして地区の騒音指標 I が作成されたことになる。

第11表 I の値 (地点別)

地点	UFR 50% 以上		UFR 30% 以上		UFR 20% 以上		UFR 平均値
	機数	比率	機数	比率	機数	比率	
1	218	80.9	250	93.0	265	98.5	72.3
2	42	12.5	96	28.7	255	76.4	30.1
3	55	18.4	133	44.9	240	80.8	34.8
4	224	69.7	266	82.8	288	89.5	64.4
5	43	15.4	124	44.0	230	81.7	33.6
6	246	67.6	300	82.2	335	91.8	61.6
7	15	5.1	63	20.6	223	73.2	26.5
8	19	5.2	67	18.1	301	81.9	26.8
9	132	53.2	179	72.1	216	87.1	53.0
10	10	4.1	40	16.5	140	57.9	24.5

V. 調査の分析 その3

——住民調査とうるささの尺度化——

こんどは、航空機そのものではなく住民が航空機騒音をどう感じているか、うるささの測度をいかにつくるかを述べることにする。

§5.1 調査

住民調査の仕方は前に述べた通りであるが、各地区における世帯数、人口 (第12表)、回収状況 (第13表) は次の通りになる。

第12表 地点別人口

	世帯数	人数
1	275	1076
2	416	1512
3	310	1170
4	401	1340
5	329	1232
6	217	801
7	567	1942
8	300	1223
9	252	1011
10	620	2277

半径 200 m

同じ町丁を原則とする

第13表 回収状況

地点 番号	面接 (主婦)			留置 (その他)		
	標本数	完了数	完了率	標本数	完了数	完了率
1	101	87	86.1	149	118	79.2
2	74	61	82.4	115	70	60.8
3	98	77	78.6	159	106	66.7
4	95	81	85.3	127	82	64.5
5	96	77	80.2	159	93	58.5
6	99	86	86.9	144	106	73.6
7	98	87	88.8	142	115	81.0
8	98	80	81.7	180	131	72.8
9	105	91	86.7	179	137	76.6
10	101	87	86.1	165	132	80.0
計	965	814	84.4	1519	1019	71.8
面接・留置の総計				2484	1904	76.7

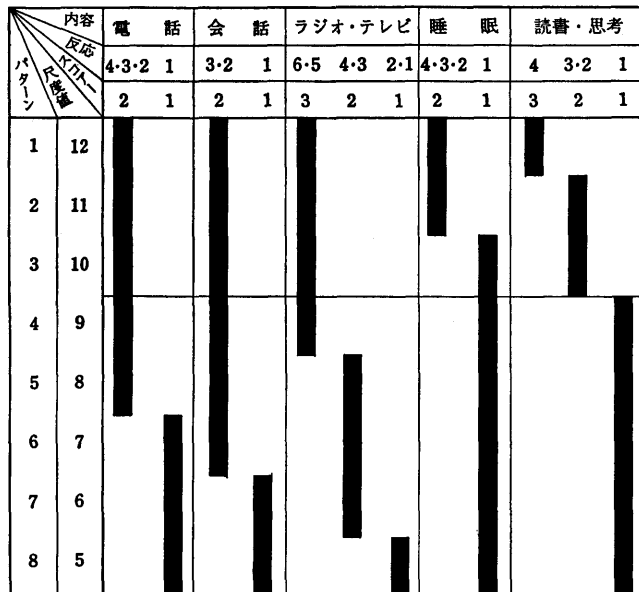
主婦に関する回収状況は満足すべきものがあるが、留置きでは記入不十分のものがあ分析可能数は十分ではなかった。以下の分析では主婦のデータを主に用い (主婦 + 世帯員)、つまり全体のものは参考に用いることにした。

§5.2 うるささの尺度化

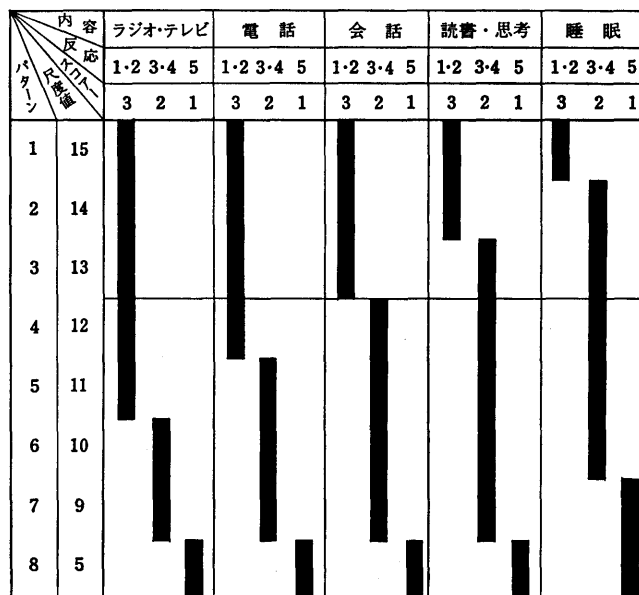
§2.4 に示した調査項目 (イ), (ロ) についてガットマンスケール* をつくってみよう。ひる寝の項は、ひる寝の数が少いので除外した。主婦の全体から 100 のサンプルを等間隔でぬき出し、回答の完備しているもの (83 名) をもとに尺度が出来るかどうか検討してみたところ、(イ) は

* 例えば、高木貞二編：心理学における数量化の研究，東大出版，204-221 頁。

再現率 81%, (㊦)は再現率 82 % でガットマン・スケールをつくることがわかった。カテゴリーの統合は、前に示した通りであるが第 9 図, 第 10 図にも書いておいた。尺度値と各項目での反応パターンも、第 9, 10 図に示す通りである。



第 9 図 ガットマン尺度値と反応パターン
(㊦)の反応による場合) 再現率 81 %



第 10 図 ガットマン尺度値と反応パターン
(㊦)の反応による場合) 再現率 82 %

まず第 9 図をみよう。まずテレビが少し障害をうける。それから会話が加わる。それから電話の障害が加わる。次にテレビの障害が加わることになる。こうして尺度値 9 はテレビ・ラジオ、会話、電話の障害はあるが睡眠と読書・思考の障害をうけてないことを示している。尺度

値10になると読書・思考がやゝさまたげられ、次に睡眠のさまたげが加わり、さいごは読書・思考が大いに邪魔されることになる。尺度値10以上であればラジオ・テレビ、会話、電話の障害のほか、睡眠、読書・思考が何等かの障害をうけていることを示すもので、相当のさまたげを示していることになる。尺度値7以上というのは何等かの意味で障害をうけている——テレビ・ラジオの少しの障害は障害ないものと見做すことにする——ことを示すものである。

以上の障害をうけてくる順位は甚だ興味あるところである。

次に第10図をみよう。こんどは心理的なじゃまになる程度をあらわすものである。尺度値の小さいものは少なかった。尺度値13以上はテレビ・ラジオ、電話、会話が非常に邪魔になる、さらにこれに読書・思考あるいは睡眠の何等かの邪魔が加わるという相当ひどい邪魔になることを示している。この心理的なじゃまになるなり方のパターンは少し邪魔になるとの感じがかなり多くあらわれてきているので第9図の(イ)よりきびしくなっている。

この様にして、うるささのものさしとしては上記のガットマン・スケールを用いてまず差支えないことがわかったので全住民に対して上記の方法にもとずく尺度値を出してみた。なお、電話がなかったり、他の欠測値のあるものは{(回答している項目の平均反応)*×(欠測項目の最大値)}を以て代用することにした(小数点以下は4捨5入した)。こうした時、参考のため10地点の合計の尺度値の分布を出してみると第14表のようになった。この合計は推定の意味はなく、目安の様なものであるので一応の情報としてであって重要視してはいけな。なお、第14表には尺度値の分布のほか、航空機騒音にたえられるかどうか(zとあらわす)の質問の回答をつけておいた。

第14表 ガットマン・スケール値の分布など(全地点計)

(イ) の 場 合

得 点	5	6	7	8	9	10	11	12
%	9	6	12	13	19	21	15	5

(ロ) の 場 合

得 点	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
%	6	2	2	3	7	13	9	9	15	18	16

z の 場 合

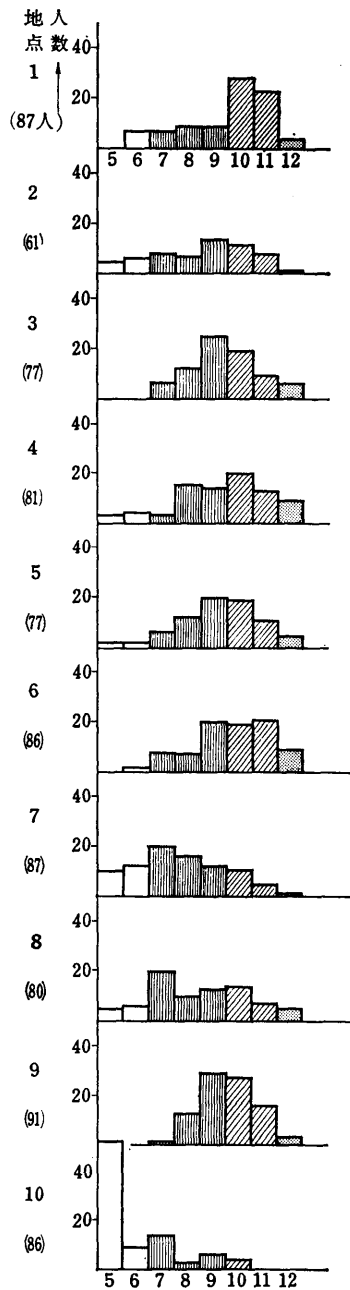
	全くたえられない	たえられない	何ともいえない	それほどではない
%	8	25	9	58

§ 5.3 地点別の尺度値の分布

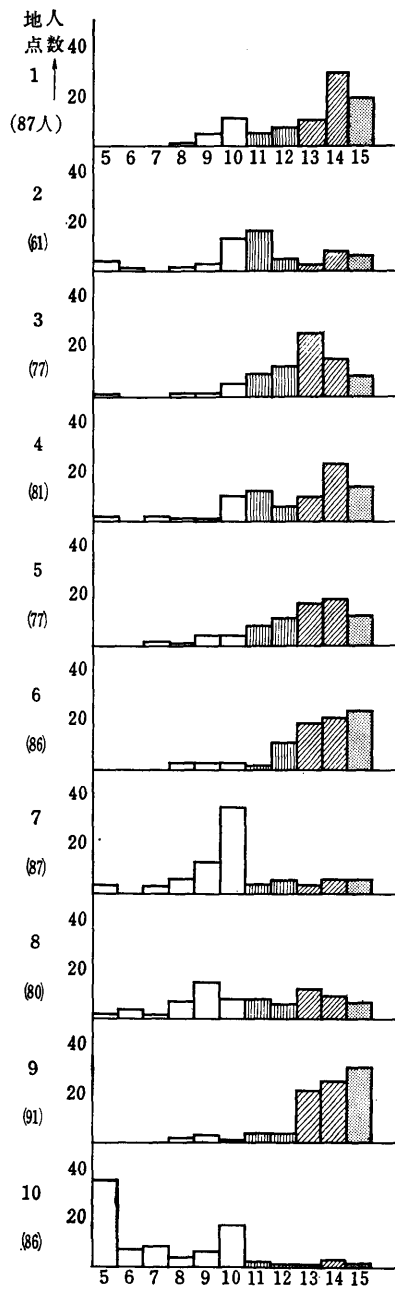
地点別に尺度値の分布をみよう。これは第11図、第12図に示す通りである。これから地域別のうるささをあらわす指標を作ってみよう。これには、前にも述べた様にすべてに対して全くうるささを感じずる最高尺度値の比率(以下%)がまずあげられる。次に(イ)については10以上、(ロ)については13以上つまり、会話、電話、ラジオ・テレビは勿論障害があり、これに何等か睡眠、読書のさまたげが加わると言った比率が考えられるが、これは内容からみてうるささをあらわすものさしとして適切なものと考えられる。さらに、条件をきびしくし、何等かの障害があるという比率(但しテレビ・ラジオの少しのさまたげは除外するものとする)をとりあげた。これは、静かさの逆を示す(100—比率が静かさの指標となる)ものさしと言うことが出来よう。第15表にこれを示す。

第15表で定義された指標 $x_1, x_2, x_3, y_1, y_2, y_3, z$ を地点別にあらわしたのが第16表である。

* (反応項目の合計)/(それら項目の最大値の和)



第11図 ガットマン尺度値の分布 (イ)



第12図 ガットマン尺度値の分布 (ロ)

これによって、地域住民の常住に基く航空機のうるささの感じの指標を示すものと見られる。

このほか、前に示した質問、飛行機の騒音が生活にとって耐えられない程かどうか、騒音の点で飛行機と自動車や鉄道とどちらがひどいかの質問の結果を第17, 18表に示しておく。また、参考のため世帯員調査（留置き調査）調査の結果も第16表に付加しておいたが、全体的に顕著な差はなく同様な結果が示されていたのが注目される。この理由はいろいろ考えられようが——ほんとうに同じ考えである、主婦と相談して書いた（昼間不在などの体験不足で自分で判断できないため）等——いずれにせよ、同傾向であることは以後の解析が容易となる。

第15表

1	(イ)	ガットマンスケール値	12の比率	x_1
2	(ロ)	"	15 "	y_1
3	(イ)	"	10 "	x_2
4	(ロ)	"	13 "	y_2
5	(イ)	"	7 "	x_3
6	(ロ)	"	11 "	y_3
7	全くたえられない, たえられないと感ずる比率 z			

なお, 各地点のうるささの傾向を見易くするために上記指標のほか, 何が一番困っているかに航空機騒音をあげるもの, 航空機の音に対する感じ方の質問で(高い騒音がしている時は, 頭が空になったような気持であるが中断してしまう. 考えごとや書き物ができるどころではない. 気持ちがいらいらしてどうにもならない), というひどい方(飛行機のうんと高い音がすることはない. かまわずに考えごとや書き物を続けられる. 大きい音がすると気持ちがひきしまっ

第16表

(%)

	x_1		x_2		x_3		y_1		y_2		y_3		z	
	主婦	留置	主婦	留置	主婦	留置	主婦	留置	主婦	留置	主婦	留置	主婦	留置
1	4.6	20.3	63.2	65.2	92.0	96.6	21.8	40.7	66.6	65.3	80.5	86.4	41.3	46.6
2	1.6	7.1	34.4	41.4	82.0	88.6	9.8	0.2	27.8	51.4	62.3	67.1	13.1	28.6
3	7.8	9.4	44.2	50.9	100.0	94.3	10.4	20.8	62.3	66.1	89.6	79.2	23.4	34.0
4	11.1	19.5	51.8	61.0	91.4	93.9	17.3	35.4	58.0	74.4	80.2	85.4	51.9	43.9
5	6.5	9.7	45.5	40.9	94.8	87.1	15.6	20.4	62.3	48.4	87.0	72.0	35.1	29.0
6	10.5	10.4	57.0	55.7	97.7	95.3	27.9	40.6	74.4	77.4	89.5	88.7	55.8	54.7
7	1.1	2.6	19.5	28.7	74.7	70.4	6.9	13.0	18.4	26.0	29.9	40.9	16.0	18.3
8	6.3	6.9	32.5	28.3	86.3	72.5	8.7	12.2	35.0	32.0	52.5	46.6	25.0	27.5
9	4.4	17.5	51.7	59.1	98.9	96.4	34.1	36.5	84.0	77.4	93.4	86.9	57.1	49.6
10	0.0	0.0	4.7	5.3	31.4	24.2	2.3	1.5	7.0	8.3	10.5	12.1	3.4	3.1

第17表

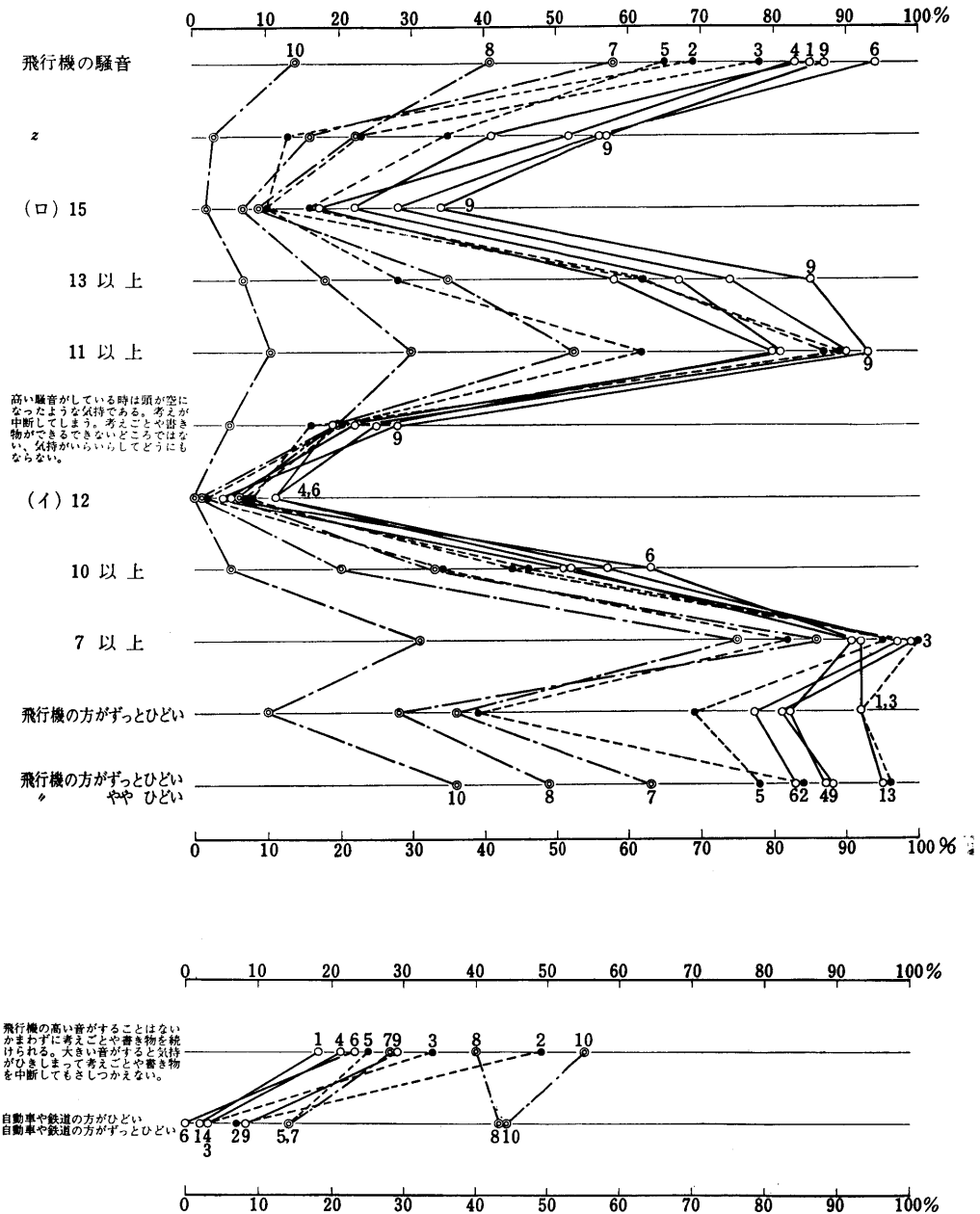
(%)

内容 地点	全くたえられない	たえられない	小 計	それほどではない	なんともいえない	小 計	その他
1	8.0	33.3	41.3	48.3	10.3	58.6	0.0
2	0.0	13.1	13.1	80.3	6.6	86.9	0.0
3	1.3	22.1	23.4	72.7	3.9	76.6	0.0
4	17.3	34.6	51.9	46.9	1.2	48.1	0.0
5	9.1	26.0	35.1	55.8	9.1	64.9	0.0
6	26.7	29.1	55.8	38.4	4.7	43.1	1.2
7	1.1	14.9	16.0	58.6	25.3	83.9	0.0
8	5.0	20.0	25.0	62.5	12.5	75.0	0.0
9	6.6	50.5	57.1	31.9	9.9	41.8	1.1
10	1.1	2.3	3.4	92.0	2.3	94.3	2.3

第18表

(%)

内容 地点	飛行機の方がずっとひどい	飛行機の方がややひどい	小 計	同じくらい	自動車や鉄道の方がひどい	自動車や鉄道の方がずっとひどい	小 計	その他
1	92.0	3.4	95.4	2.3	2.3	0.0	2.3	0.0
2	39.3	44.3	83.6	8.2	6.6	0.0	6.6	1.6
3	92.2	3.9	96.1	1.3	2.6	0.0	2.6	0.0
4	81.5	4.9	86.4	7.4	2.5	0.0	2.5	3.7
5	68.8	9.1	77.9	7.8	9.1	5.2	14.3	0.0
6	76.7	5.8	82.5	3.5	0.0	0.0	0.0	14.0
7	35.6	26.4	62.0	23.0	12.6	1.1	13.7	1.1
8	27.5	21.3	48.8	8.8	23.8	18.8	42.6	0.0
9	81.3	6.6	87.9	1.1	4.4	3.3	7.7	3.3
10	10.3	25.3	35.6	18.4	36.8	6.9	43.7	2.3



(図中の番号は地点番号)

第13図

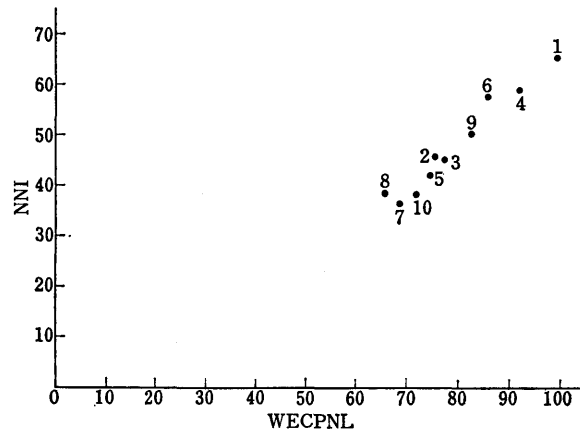
て考え事や書き物を中断してもさしつかえない), というひどくない方をあわせ目盛ってみた。第13図である。これからみると大ざっぱにみれば(1, 4, 6, 9)という航空路上の地点が航空機騒音に対して悪く, 両側の(7, 8, 10)はそれほどでなく——とくに10の地点は航空機騒音の被害が少ない——(2, 3, 5)は中間ということになる。

§ 5.4 うるささの諸指標間の関係

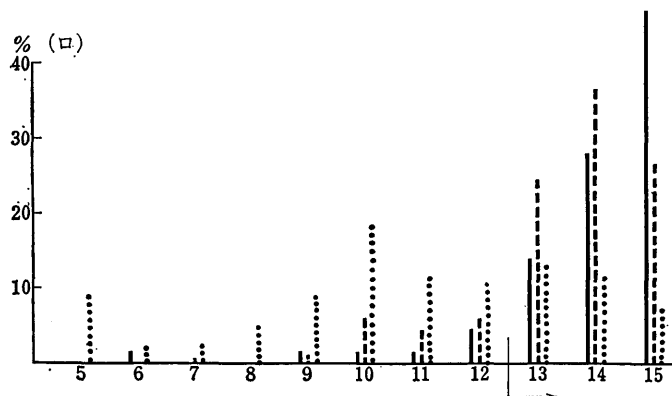
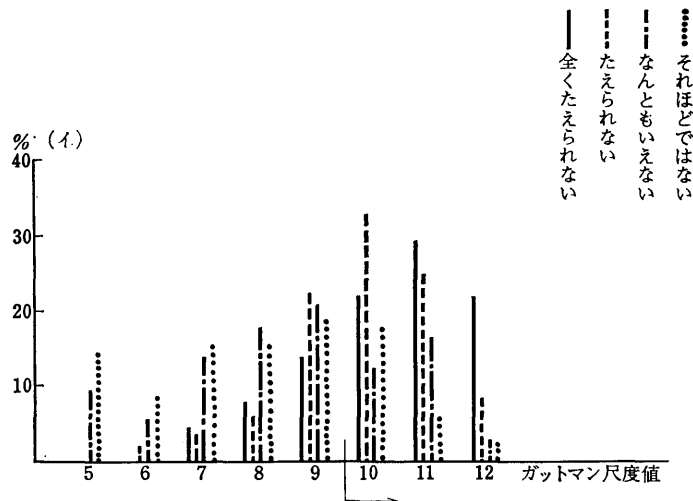
分析に入る前に, いろいろつくられている指標間の関係をみてみよう。

(1) WECPNL と NNI

我々のとりあげた10地点について、両指標を算出し、その関係をしらべてみたが、第14図の様に全く直線的な関係があり、同一のものと見做してよい——我々のとりあげた地点における測定において——ことが解った。



第14図 WECPNL と NNI
(図中の番号は地点番号)

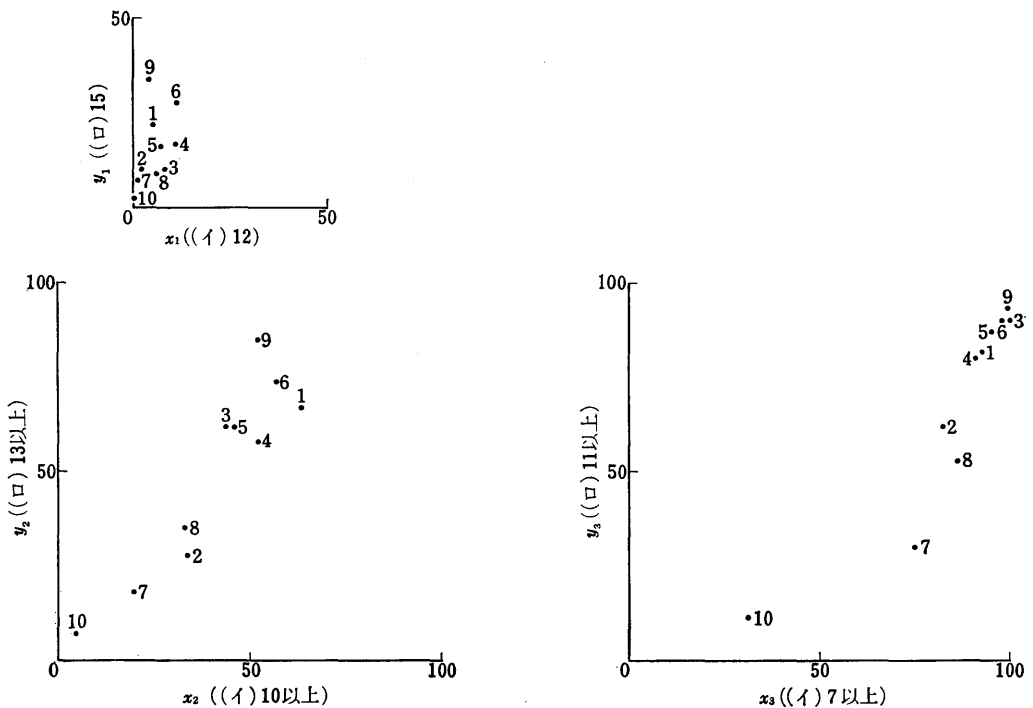


第15図

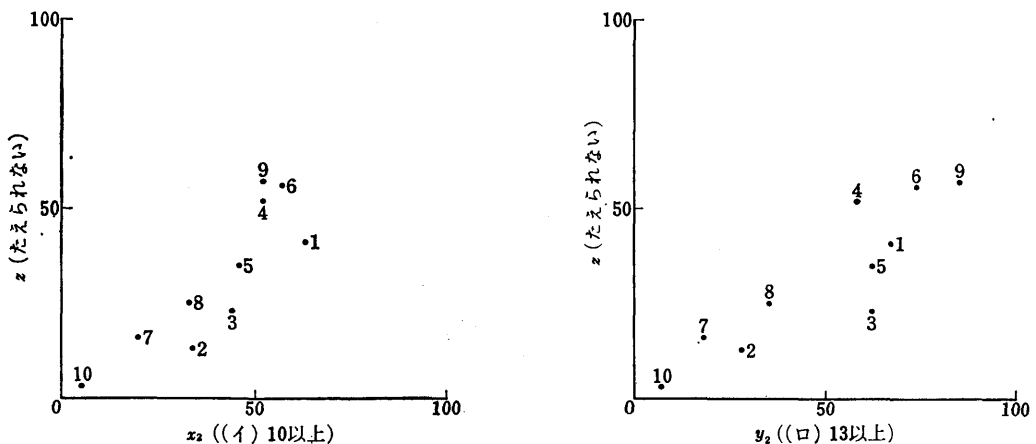
(2) 尺度値 (ガットマン・スケール) の分布と 耐えられない程度——全く耐えられない, 耐えられない, 何とも言えない, それほどでもない——別にうるささのガットマン・スケール値 (イ) 及び (ロ) を目盛ったのが第 15 図である。耐えられる程度という主観的・心理的判断がかなりよく (イ), (ロ) においてわかれており, うまく順序がついているのが知られる。(イ) においてわかる様になんとも言えない, それほどでもないというのは殆ど差のないことが解る。見にくいため (ロ) では「なんとも言えない」を除外した。

耐えられない, 全く耐えられないの二つでは, 最高の尺度値のところで差が出ているのは注目すべきところである。

また (イ) では尺度値 10, (ロ) では尺度値 13 のところが頻度の入れかわる (耐えられない方とそ



ガットマン尺度値(イ)と(ロ)



第 16 図 ガットマン尺度値と z (全くたえられない, たえられない)

れ以外で) ことが見られ、前述した様な尺度値の値の 10, 13 がこうした意味をもつことも理解でき甚だ興味深い。

(3) x, y, z の関係

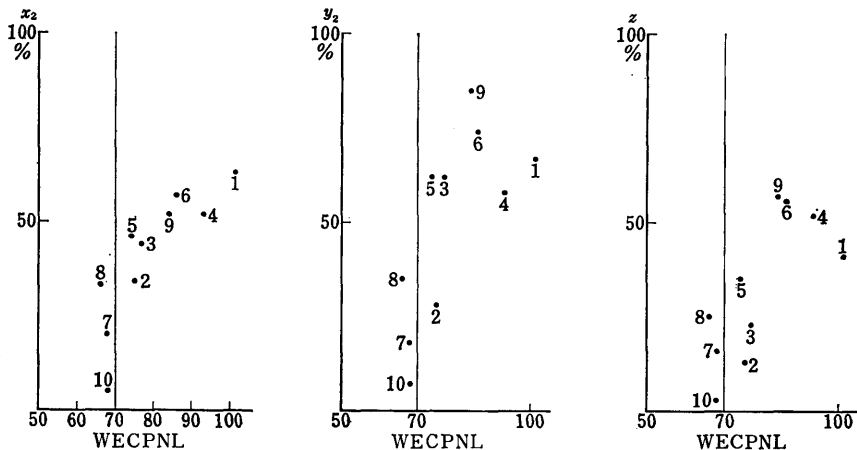
各ガットマン・スケールや耐えられない程度についての地点別の比率, x, y, z の関係を図示したのが第 16 図である。これからわかる様に x_1, y_1 は相関がうすく x_2, y_2 はかなりあり, x_3, y_3 と騒音条件をゆるくするとよく一致してくることがわかる。事実判断の色彩の濃い x と心理的な判断の色彩の濃い y との差異であるが、条件のきびしいときは差があり、ゆるくすると一致する——わずかの騒音でもうるさい方にとる——ということが出てきて面白い。

この図をみると、 x_1 というのはレンジが狭く、非常に高い騒音のときの指標と見做すことが出来る。また x_3 についても地点 10 をのぞいてレンジが狭く、各地点の騒音の程度を弁別するのに適切でない。これは前にも示した様に静かさの指標と見做し得るものであって、騒音基準（静かさの基準）をつくるのには適切なものと言える。以上の観点から以下では、 x_2, y_2, z という中間のものを主に用い、 x_1, y_1, x_3, y_3 については補助的な分析を行うことにする。

VI. 結 末

—WECPNL, I と x_2, y_2, z との関係—

以上の分析を基礎として問題の核心に入ることになる。我々が全く独立に相互関係を付けずにつくった I という指標のどれと住民のうるささの感覚の指標 x_2, y_2, z と相関が高いか、これを通して PAANI (Psychological Assessment of Aircraft Noise Index) を決めたいと思うわけである。なおここでは 10 地点をとりあげ、各地点における航空機騒音の指標と住民のうるささの指標とを対応付けてしらべて行くことにする。



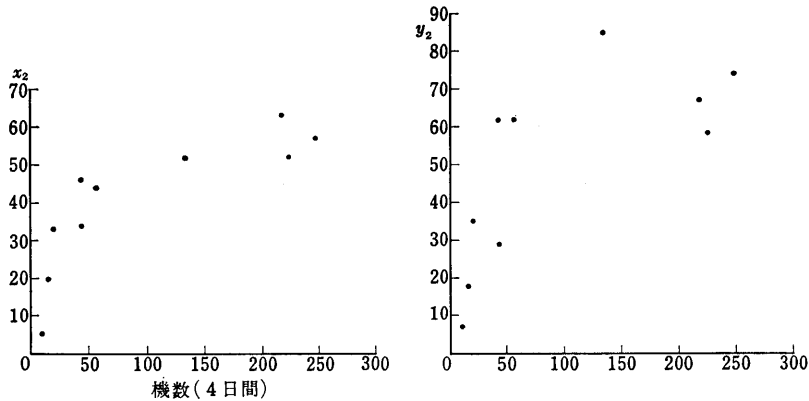
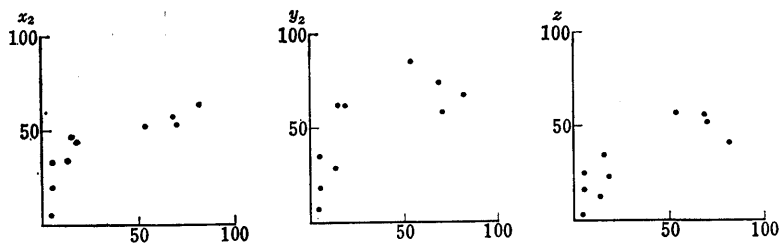
第 17 図 WECPNL とガットマン尺度値

§ 6.1 WECPNL と x_2, y_2, z

両者の関係を示したのが第 17 図である。まず WECPNL は y_2, z に対しては、有効でないことがわかる。データが大きくバラツキている。 x_2 との関係は一見よい様に見えるが、大事なところでバラツキている。つまり基準値と言われる 70 前後の値のとき x_2 が大きくバラツキ、大きい値のときよく x_2 の傾向をあらわしていることが解る。つまり、WECPNL は大きい騒音のとき、住民のうるささの程度をよくあらわしているが、基準値のあたりでは住民のうるささをあらわす適切なものさしとなっていないことが解る。この点では致命的な欠陥をもっているということが出来る。これをみると、つまり基準を云々するとき不適切なものと言うことが出来る。

§ 6.2 I_{50} と x_2, y_2, z

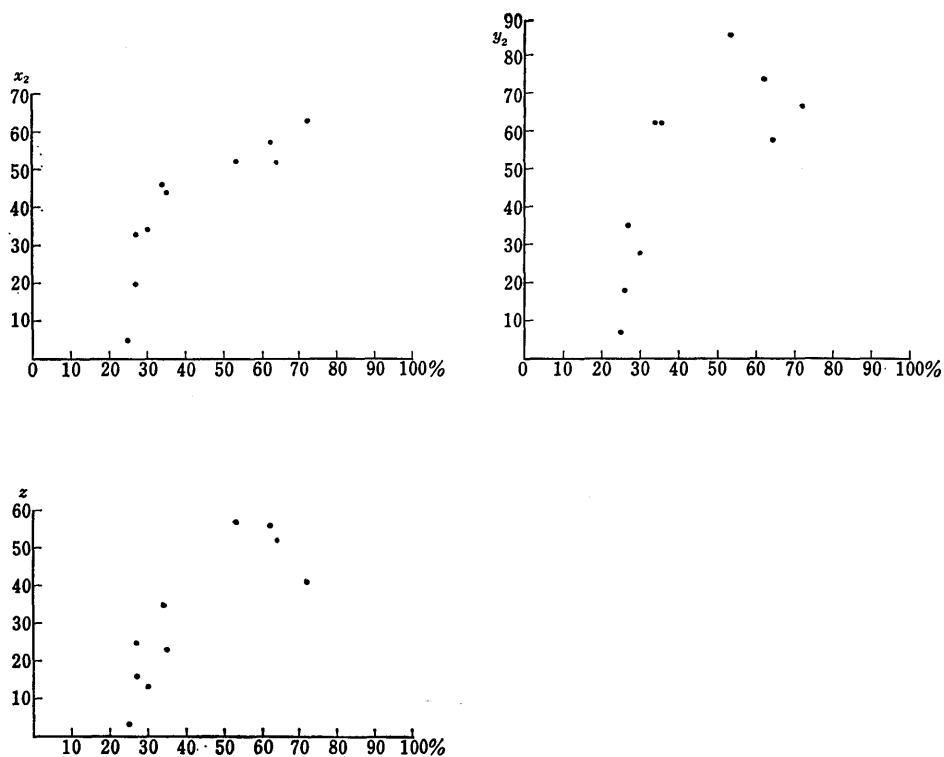
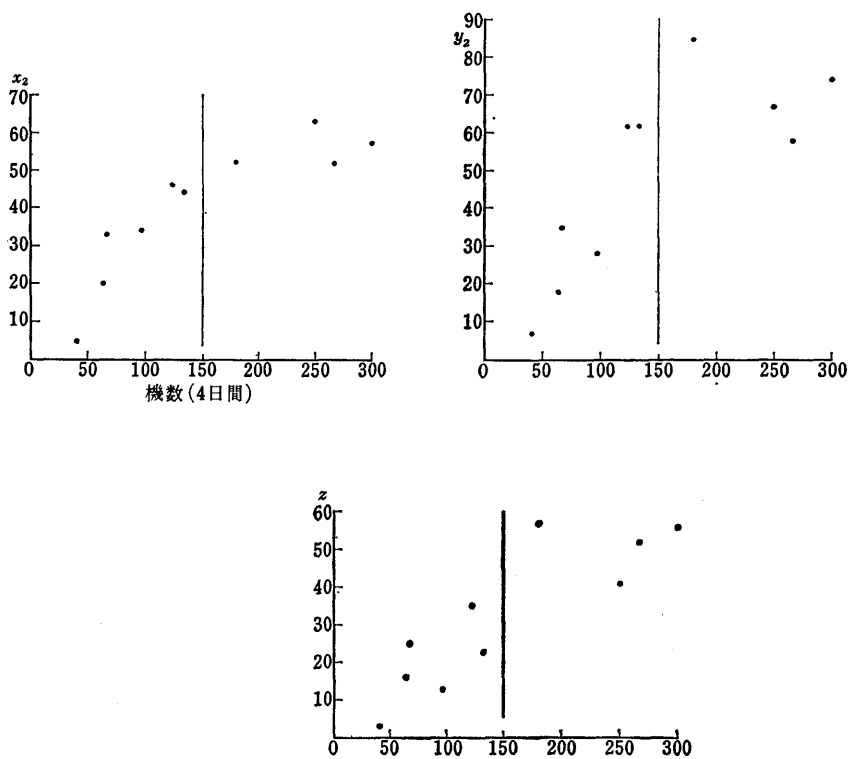
次に各地点別に $I_{50}(r), I_{50R}(r)$ をつくり $x_2(r), y_2(r), z(r)$ の相関図を目盛ったのが第18図である。WECPNL にくらべ x_2, y_2, z ではかなり改善されているが、やはり騒音の小さいところで、曲線の立上がり方が急であって、 x_2, y_2, z の大きくない値を弁別するのに十分ではないことが解る。しかし、この指標で I_{50} の方が I_{50R} よりもよいことが見られる。つまり機数の方がよいということである。

第18図の1 UFR 50% 以上の機数 I_{50} と x_2, y_2, z 第18図の2 I_{50R} と x_2, y_2, z § 6.3 I_M と x_2, y_2, z

こんどは各地点での UFR の平均値 $I_M(r)$ と x_2, y_2, z との関係をみよう。第19図のようになる。WECPNL, I_{50} と近い形が出ており、この指標も大きい騒音のとき、住民のうるささの程度を予測するのによい指標となっていることがわかる。

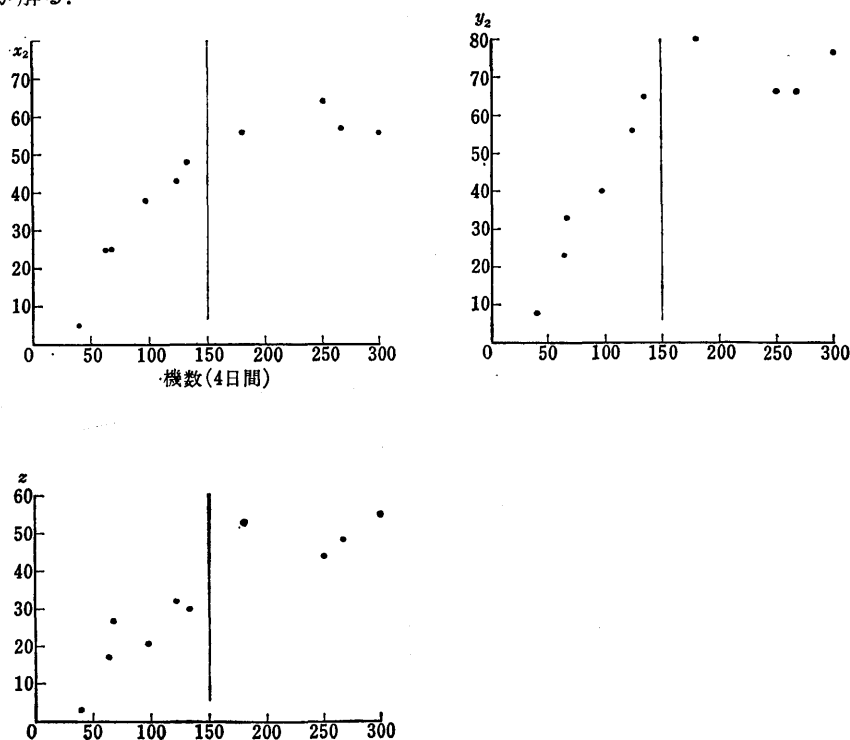
§ 6.4 I_{30} と x_2, y_2, z

次に $I_{30}(r)$ と $x_2(r), y_2(r), z(r)$ との関係をみよう。第20図がそれである。 I_{50} のときと

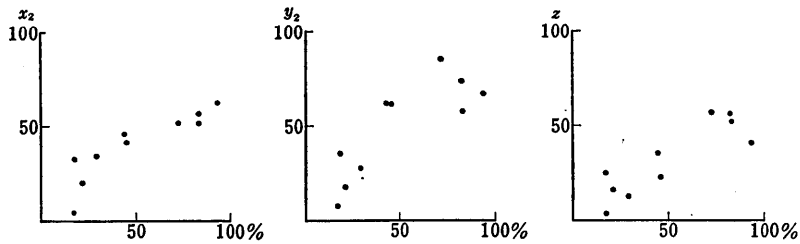
第19図 I_M と x_2 , y_2 , z 第20図 I_{30} と x_2 , y_2 , z

甚だ異った様相がみられるのである。とくに I_{30} がきれいだである。 x_2 に対しては全くきれいな関係で、これまでの指標でうまく弁別できなかった騒音の比較的少ないところできれいな形が出ている。 x_2 に対しては極めてすぐれた状況を与しており、点がそれほどバラツかず、単調増加の関係が出ているのである。 y_2, z に対しては、 x_2 ほどではないが、WECPNL, I_{50} , I_M にくらべてはるかに好ましい結果を示している。なお I_{40} について計算し検討を加えてみたがかなりよい結果が出ている。 I_{20} について計算したが、この結果は好ましいものではなかった。こうみえてくると、解り易い表現では $I_{1/3}(I_{30})$ 、つまり $1/3$ の人がこのましくないと考えている様な騒音 (UFR) の航空機が何機飛来するか、ということが住民のうるささの感じとよく対応づけられることが解ったのである。これを **Psychological Assessment of Aircraft Noise Index (PAANI)** と名づけることにする。なお、第 19 図からみてわかる様に $I_{1/3}$ の 4 日間の飛行機数約 150 機 (1 日 38 機つまり 2 時間平均約 3 機) 以上のときは、我々の場合は機数ではなしに I_M 、または、WECPNL がよりよい指標となっていることが解る。つまり飛来する機数が上述で示されている様に多くないときは $I_{1/3}$ がきわめてよく、多くなってくるときは我々の場合はもう機数というよりむしろ騒音 UFR の平均値、あるいは WECPNL がよくその程度をあらわしていることが知られる (このようなことは、前記五十嵐氏の論文—展望—にも記述されてある)。つまり騒音の大きいところをよりシャープにあらわすのは I_M 、WECPNL が優れていることが解る (地点で言えば 1, 4, 6, 9 の航空路に当るところ)。 I_{30} では、その差異ほど x_2 に差が出ていないのである。しかし、これは、規制上問題になる騒音のそれほど顕著でないところ (1, 4, 6, 9 地点以外) の値をよく弁別していることがわかる。1, 4, 6, 9 地点では I_{30} の機数は異なるが x_2 は機数の増加に比してそれほど——それまでの増加傾向に較べて——高くなっていないことを示している (x_2 の少ないところでは機数の増加に応じ x_2 が高まっていくことが明瞭である)。

主婦と主婦以外でそう著しい差がないので両者にウェイトをかけ総合し、住民全体としたグラフを第 21 図に示すが全く同じ傾向が示され、やはり I_{30} が非常に望ましい結果を示していることが解る。



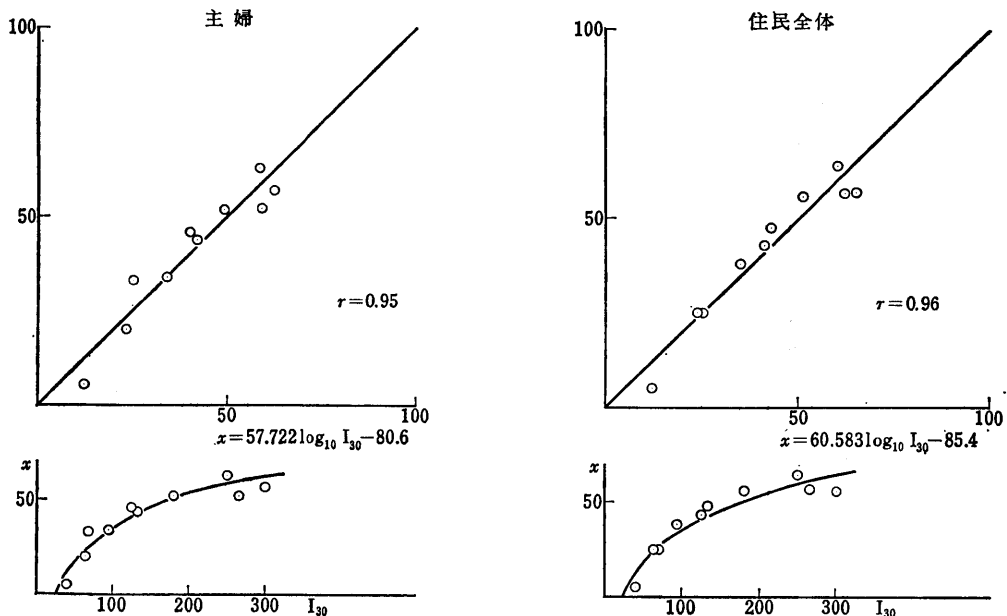
第 21 図 I_{30} と x_2, y_2, z (住民全体)

第22図 I_{30R} と x_2, y_2, z

なお I_{30R} を目盛ってみたが (第22図), I_{30} の方が理解し易い形をして居り, 我々としては I_{30} を用いることになった. I_{30R} もさして悪い形ではないが, 理論的に考えると機数の方がより望ましいと思われる (昭島市地区の場合のみであるので機数はさして変っていないので $I(r)$ も $I_R(r)$ も大差はないことが出ている).

以上は, 感覚調査, 住民調査と言った全く別系列の調査から出された指標 I と x, y, z とをつきあわせ, 住民調査による住民のうるささの感じをよく表わす指標となる PAANI を定義づけた.

次に, 両者の関係を最小二乗法を用い PAANI たる I_{30} と x とを線形の関係にして使いやすい形にしてみた. これは第23図に示すが, x_2 は, I_{30} の対数によってよく線形化されることが解った. なお, この変換により, 騒音の高いところもかなりうまく現わされていることが示されている.



第23図 PAANIL

主婦と住民全体とを別々に行ったが, あまり差はなく第23図の様な函数関係と相関図が示され, 相関係数という表現以上の関係が示されている. 一応この式をラウンドナンバーとして

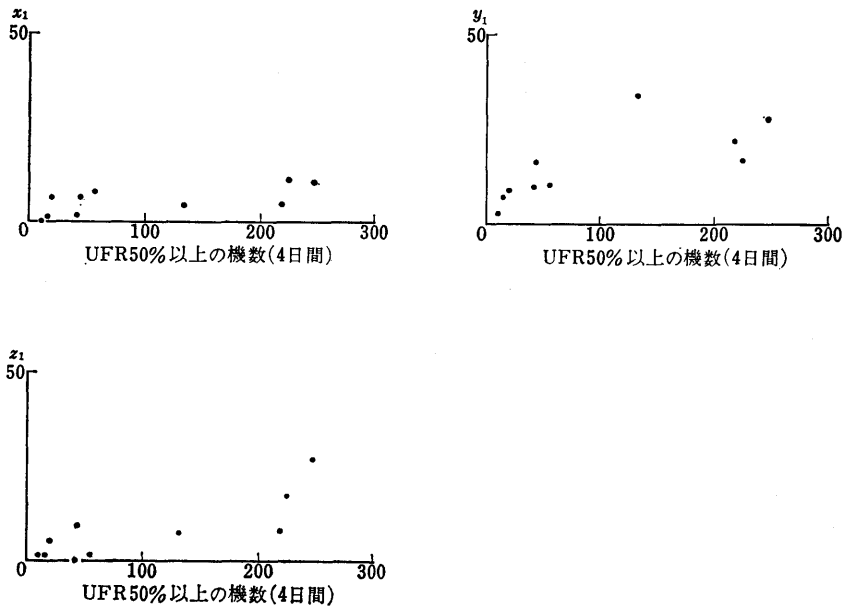
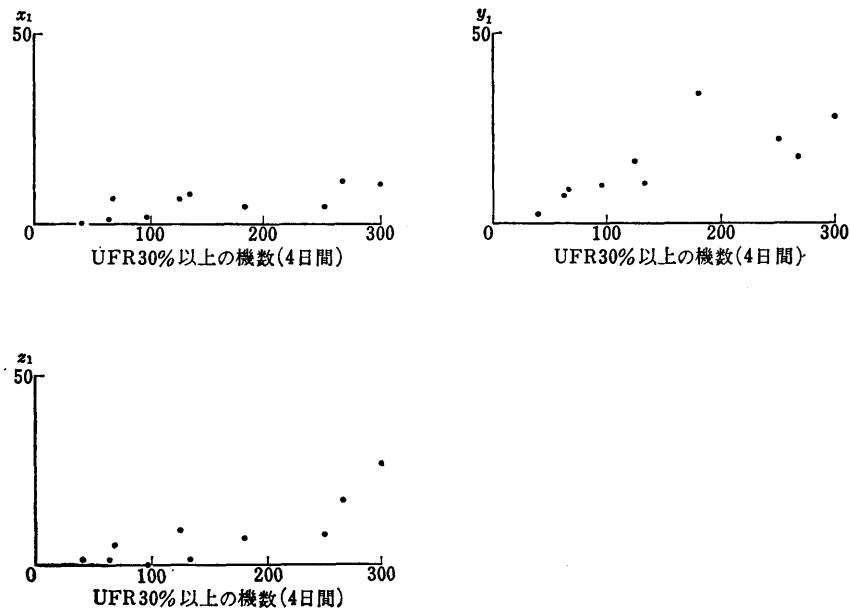
$$60 \log_{10} I_{30} - 85 = 60 \log_{10} 4u - 85 = \text{PAANIL}$$

但し $u = I_{30}/4$, つまり1日当りの I_{30} である

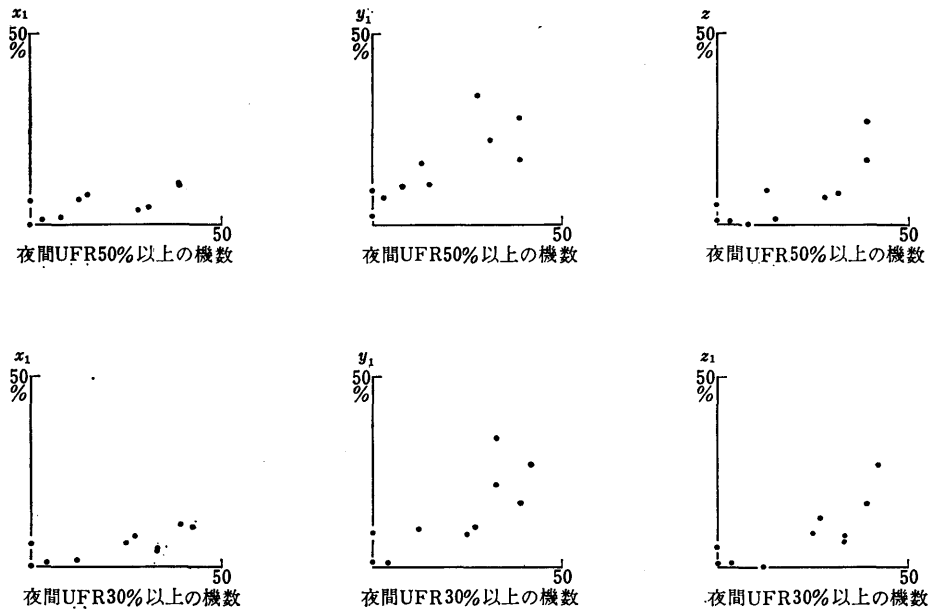
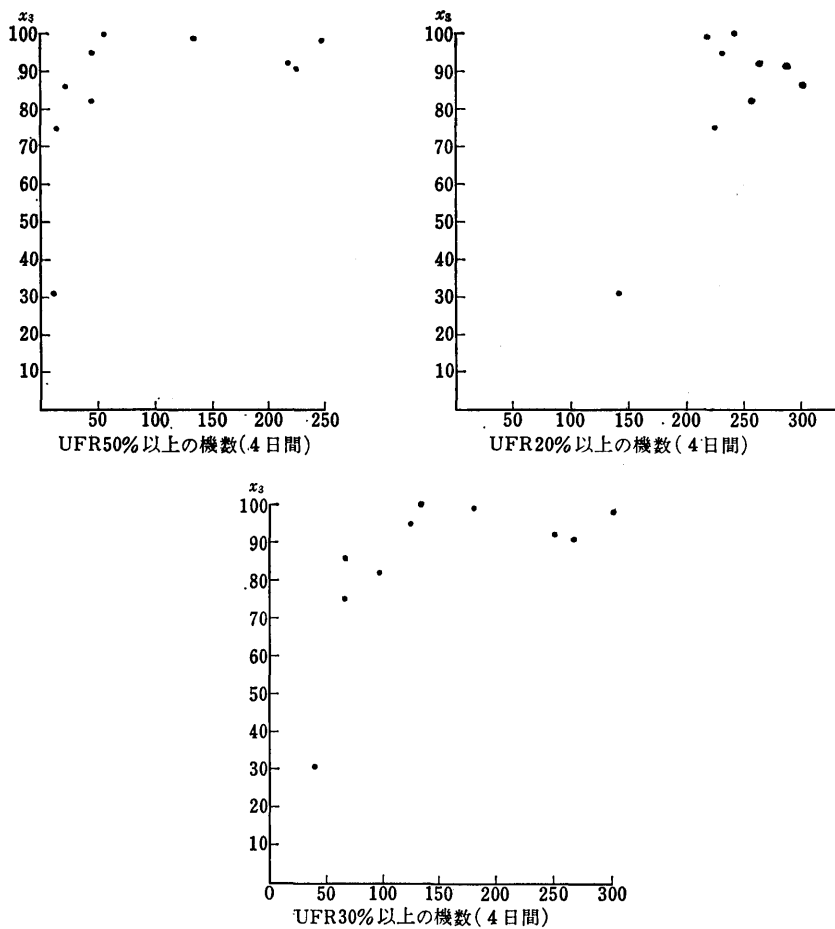
これを PAANIL (PAANI Linearized) と名付けておくことにする. なお PAANIL は x の値としてそのままどこでも通用化するかとなると一寸問題である. 他の地点において, PAANIL がどう変るか, 変らぬものは, 検討の要がある.

§ 6.5 I と x_1, y_1, z_1

これは、住民調査で、もっとも騒音をひどく感ずる比率が I とどう関係付けられるかをみたものである。第 24 図をみよう。

第 24 図の 1 I_{50} と x_1, y_1, z_1 第 24 図の 2 I_{30} と x_1, y_1, z_1

なお z_1 はいままで用いなかったが、全く耐えられないという比率である。 I_{50} との関係をみよう。 x_1 は幅がせまく殆どだめであるが y_1 については I_{50} はかなりよいことがわかる。 z_1 という全く耐えられないという比率は 1 日約 60 機以上 (UFR 50 % 以上の機数が 1 日 60 機以上)

第25図 x_1 , y_1 , z_1 と UFR 50 % 以上, 30 % 以上の夜間の機数 (4日間)

第26図

というところに大きくなることがわかる。 I_{30} についてみると、やはり x_1 は幅がせまく十分ではないが y_1 は一応よく z_1 はUFR 30%以上の機数が1日約90機以上というところに強く出ていることがわかる。

そこで、 I の夜間(22時～6時59分)機数との関係をみてみよう。これは第25図である。 x_1 については I_{30} の夜間の方がややよいが y_1 は I_{50} の夜間がややよく、 z は I_{30} 、 I_{50} とも似た傾向を示している。

全体の機数の場合の第24図とくらべ夜間機数の方がややよいという傾向はあるが、著しくすぐれたものであると言うことは出来ない様である。この夜間機数の場合については、さらに検討の必要があろうと思う。とくに x_1 はデータとして幅がせまいので、この調査から結論を焦るべきではないと思う。

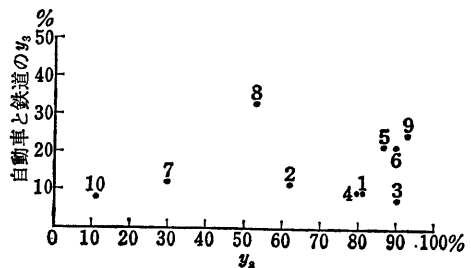
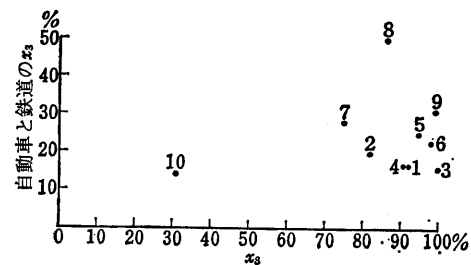
§ 6.6 I と x_3 ——規制の基準値の考察

I_{50} 、 I_{30} 、 I_{20} と x_3 との関係をみたのが第26図である。 x_3 の値が地点10をのぞき非常に高くなるので I_{50} は望ましい指標ではない。 I_{30} はややよく I_{20} は、はっきりした形を示している。

騒音規制を考えるととき x_3 を用いるとしても現実的に何%をとるべきか——0は望ましいであろうが厳しすぎます不可能と考えられる——を検討してかからねばならない。そこで、この地区における自動車、鉄道なみということの一つの目安としてみる。この地区は大幹線道路はなく、頻繁な大鉄道もないので都会生活における一つの止むを得ない常在騒音と見做すことが出来ると思われるからである。航空機の場合と同様な調査が前述の様に自動車と鉄道について行われている。これからガットマン・スケールを作り——航空機の場合と同一のものさしを用いた——(f)において7以上の比率を計算した。これは第19表に示す様に、地点特性は航空機の場合と異っている。これらと x_3 との相関表は第27図に示す通りである。

第19表 自動車・鉄道でのガットマンスケール
(f)・尺度値7以上の比率(%)と (g)・尺度値11以上の比率(%)

(f)		(g)	
1	17.2	1	10.3
2	19.6	2	11.5
3	15.6	3	7.8
4	17.3	4	9.9
5	24.7	5	22.1
6	23.3	6	22.1
7	27.6	7	11.5
8	50.0	8	32.5
9	31.3	9	25.0
10	14.3	10	7.7
平均値 24.1		16.0	
標準偏差 10.1		8.2	



第27図

この地区における尺度値(f)の7以上の比率のレンジはそう大きくなく、平均をとってみると24% 標準偏差 10% となっている。

こうしたことから都会地のそう著しくない自動車・鉄道騒音なみと考えれば $x_3 = 30\%$ 以下が一応の規制の目安となろう。これをPAANIの方に換算すると $I_{30} = 40$ 機($I_{20} = 140$ 機)つまり1/3(1/5)の人がうるさいと思う様な(UFR)騒音の航空機が1日に10機(35機)以内、つまり2時間半に1機以下(1時間半に1機以下)というところが上限と言うところにな

ろう。これは飛行場の付近では相当厳しい条件で、我々のとりあげた地点ではほぼ10地点のみが合格というところになるろう。

この条件が厳し過ぎれば、緩めることもよからうが、緩めるに際しては、何か他のものとの対応を考え共通の議論が出来る様な考えの進め方を採らねばなるまい。我々の x_3 や自動車・鉄道に関する尺度値7以上の比率など一つの考え方であろうと思う。あるいはまた、 x_2 を用いこれに対する上限をきめる——勿論このきめ方にも「客観的なつまり対応づけるべき外的基準をさだめた上での」手続きが必要であろう——こともよからう。いずれにせよ、これはPAANIに還元されることになる。また、 y_2 , z を用いることもよからう。しかし、これは、現状での諸条件や心理的な諸特性（慣れとか航空機の来ないときの静かさとの対比なども含まれる）が加わり統一的な基準をつくるときの標識としては検討すべき余地があり、用いるときには、十分の注意を必要としよう。

VII. お わ り に

以上、データに基いて航空機騒音のうるささの数量化を論じてきてPAANI, PAANILを定義してきた。そして、騒音規制の基準設定に対する一つの考え方や分析方法を示してきた。

我々の方法の特色は物理特性と住民のうるさいと思う感じとを直接結びつけずこの間にUFR（感覚測定により物理量を人間の感ずる感覚量に変換したもの）という媒介変数をもってきたことである。そして、UFRから作り上げられる I_{90} ——これは感覚量と機数との関係からみちびかれる——を指標としたことである。したがって、この I_{90} は、物理測定から計算されてくる量である。但し、UFRの計算のとき数量化の方法によって求められた値を用い物理量を感覚量に変える必要があるが、この数値は、現場で一々求める必要があるものではなく、我々が計算した様にして数値を求め、この数値を用いてよいわけである——さらに精度の向上のためには、機種、機数、判定者を増し同じ様な調査を繰返し追試してみる必要はあろう。

この方法があるフィールドに行うためには、連続物理測定(dB(A)P, dB(A)T, FC)を行う必要がある（簡便のためには、機種別にFCの特性をつかんでおき、連続フィールド測定では機種のみを測定することもよからう、このとき機種不明の取扱い——IV参照——に注意のこと）。あるいは、飛来すべき航空機に対して種々の仮定をおきシミュレーションを行って、物理測定の代用をすることもよい。こうして、第5図に書いてある様な数値を用いUFRを計算し、さらにPAANI I_{90} の値を計算することが出来る。PAANILも同様に計算できる。こうすることにより、住民調査を現在行わなくとも住民のうるささの感じを把握することが出来ることになる。飛行場の設定や将来の騒音状況の推定（住民のうるささの反応の推定）などは、飛来すべき航空機のシミュレーションを行えば上述の方法によって求められることになるろう。

騒音測定に対する規格というものは、測定の種類、測定の方法、測定の条件、その他とるべきデータの種類の種類、データをとる方法、データ処理の方法を明確に示し、この意味で標準化されることが望ましいと考えるものである。

なお、§6.4の分析で注意すべきことがある。 I_{90} の値にくらべ、 y_2 の値が特に高い地点（地点9）があることである（ x_2 に関しては高くはないが z に関しては高目である）。事実判断より心理的反応がわるく出ている地点である。これは、地点9が一般の騒音レベルが低く、航空機騒音のみが高いためではないかと考えられるが、今後検討すべき問題である。

また、この論文で残した問題はいくつかあり、第II報以下にこれらを述べることにしよう。

(i) 航空機騒音の物理測定を多数の地点で行い、これをもとにして各地点のdB(A)P, dB(A)T, FCのある地点の航空機の状況から推定すること。これは、ここで取扱った要因のほか離着陸の別、進入方向、飛行高度、直距離、風向・風速、気温、湿度などをとりあげ、これらをも併せ用いて推定する方式を講究すること。これが可能になれば実際に物理測定を行っていない地点でもPAANIを計算することが可能となる。

(ii) 住民調査の詳細な分析。いかなる種類の人がいかなる条件の下で、騒音に対して敏感

であるか、鈍感であるかの要因分析をすること。(i)と(ii)の反応がくいちがっている場合、その要因を分析すること。この条件の中には勿論、環境条件、暗騒音の問題も含まれる。

(iii) 乳幼児の健康と騒音。我々は、昭島市において高騒音地区、中騒音地区、低騒音地区から生後24ヶ月未満の乳幼児を無作為抽出し、母親に対して乳幼児の健康状態の調査を実施した(昭和48年3月)。これが騒音とどう関係付けられるかを分析すること。こうした健康状態は単に航空機騒音ばかりに依存するものではなく、遺伝的・生物的諸条件や社会・経済条件にも関係が深いものであるから、関与する諸要因の中にあって、航空機騒音がどのような形で影響を与えているものであるかを解析すること。