



室蘭工業大学

学術資源アーカイブ

Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive



最適室内音響環境に関する研究(1):  
単位騒音のやかましさを評価法に関する研究動向の  
号察と評価法の適用についての試案

|       |  |
|-------|--|
| メタデータ | 言語: jpn<br>出版者: 室蘭工業大学<br>公開日: 2014-07-16<br>キーワード (Ja):<br>キーワード (En):<br>作成者: 泉, 清人<br>メールアドレス:<br>所属: |
| URL   | <a href="http://hdl.handle.net/10258/3562">http://hdl.handle.net/10258/3562</a>                          |

# 最適室内音響環境に関する研究 (I)

単位騒音のやかましさを評価法に関する研究動向の考察と  
評価法の適用についての試案

泉 清 人

## A Study on the Optimum Acoustical Environment (I)

Recent Studies on the Objective Measures  
of Noisiness of Unit Sounds

Kiyoto Izumi

### Abstract

The purpose of this series of studies is to clarify the effects of noise on man and his reactions to noise in order to create optimum acoustical environment for man. As the first part of this series, recent studies in Europe and the U.S.A. on the objective measures of noisiness of unit sounds are analyzed in this paper. The analysis covers the spectral and temporal effects of noise on man in Chapters 2 and 3, and the comparisons of 22 noisiness scales in Chapter 4. The paper is concluded with a tentative proposal for the choice of applicable noisiness scales and their expected accuracy for five categories of noise.

## 1. 序 章

### 1-1 研究の目的と範囲

近年交通騒音や航空機騒音が大気汚染や水質汚染と並んで、環境破壊の主因の一つとして注目されるようになった。これに伴い多くの分野の研究者が騒音問題を各種の視点より把えて研究を進めているが、人間のための最適室内音響環境を創造しようとする観点から、騒音が人間に与える影響と人間の騒音に対する反応の特質を把握しようとするのがこの一連の研究の目的である。本編はこの研究の第一段階として、騒音のやかましさを諸特性及びその評価法に関する最近の研究動向を考察して、最適室内音響環境研究の基礎を固めようとするものである。

一般に騒音の人間に及ぼす影響は、1) 心理的不快感、2) 会話や作業の妨害度、3) 聴力障害の惹起、の三点から扱えられるが、この研究では上記の目的にしたがって、心理的不快感——やかましさを——を研究の主対象とする。

騒音のやかましさを評価しようとする場合、航空機の1回の飛来、自動車1台の通過といった「単位騒音」と、これらの単位騒音がある期間を通じて惹起する総体的効果に起因する

「騒音環境」の2点が問題になる。最適音響環境条件の設定にあたってはこの双方及びその相互の関係の明確な把握が必要となるが、本編においては単位騒音のやかましさを評価に考察範囲を限定する。

### 1.2 騒音のやかましさを研究の基本前提

現実中存在する音の多様性およびその情緒的情報的含蓄の多様性から見て、個人の個々の音についてのやかましさを完全に予測することは不可能である。しかし、最適音響環境条件とか騒音環境基準の設定といった工学的法則は以下の基本前提を認めることで達成されると考えられる<sup>A)</sup>。

1) 音の基本的性状については、健康なすべての人が同様に感応するように人間の聴覚機構が出来ていること。

——やかましさを感覚の生理的普遍性の前提——

2) 特殊の状況を注意深く除外すれば、すべての人はその生涯を通じてほぼ同様な音響的体験をへていて、一般的な音についてはほぼ同様に感応すること。

——やかましさを感覚の心理的普遍性の前提——

以下に述べる近年の豊富なやかましさを研究の結果は、この2つの基本前提が多くの場合十分に満足されていることを示している。

しかし、第2の前提を満足させるべき条件として、対象者の情緒的情報的含蓄(意味)に関して以下のことが明確にされなければならない。即ち、騒音はやかましさを研究の観点から見て大きく以下の2つに大別される。

- a) 個人にとって特別な意味をもっている騒音
- b) 個人にとって特別な意味はもっていない騒音、及びすべての対象者にとってほぼ同様な意味をもっている騒音

一般のやかましさを研究の当面の対象は b) に限られている。この一連の研究においても、特にその必要が認められる場合を除いて、a) の騒音は研究対象から除外する。

### 1.3 ラウドネスとノイジネス

一群の人達にとってほぼ同程度の意味をもった音については、その主観的なやかましさをその音の物理的特性にもとづき首尾一貫した様相で各人に判断されると考えられる。個人によるこのやかましさを判断は言語によって観察者に伝達され、観察者は個人のやかましさを判断それ自体ではなく、伝達に使用された言語にのみもとづいてその判断を推論する。このような基本的な伝達機構から見て、使用される言語がまず明確に規定されなければならないことが明らかである。近年のやかましさを研究において使用された基本言語を一覧すれば、

A) 騒音のやかましさを研究の基本前提についてもっとも注意深い考察を進めているのは Kryter であり、この節は文献 1), 11), 13) に負うところが多い。

- |                  |                   |
|------------------|-------------------|
| 1) Loudness      | 2) Noisiness      |
| 3) Annoyance     | 4) Acceptability  |
| 5) Intrusiveness | 6) Unwantedness   |
| 7) Disturbance   | 8) Unpleasantness |

の多きにのぼっている。これらのものが音の単一の属性を表現しているのか、あるいは異なった属性を表現しているのが基本的な問題となる。ある属性が独立した属性と認められる条件として Bowsher-Robinson<sup>52)</sup> は下記条件を挙げている。

- 1) 首尾一貫した尺度化が可能であること。
- 2) 個人間で一致した尺度があること。
- 3) 他の属性と直接関連していないこと。

2), 3), 4), 5), 6), 7), 8) の7つの基本言語についてはこれを単一の属性と考え、Noisiness 又は Annoyance をその代表名称とすることに研究者の広汎な同意が得られている<sup>B)</sup>。しかし、Loudness と Noisiness が同一の属性であるか、異なった別個の属性であるかという点については大きな意見の相違がある。この問題の発端は、Laird-Coye (1929) の先駆的研究を引き継いで、1944年ハーバード大学心理音響研究室において Reese-Kryter-Stevens によって行なわれた実験<sup>9), 6)</sup>にある。この実験によって高周波数帯域でノイジネス判断がラウドネス判断をいちじるしく上廻る事実が明らかにされた。Kryter はその後一連の研究<sup>11)~15)</sup>を通じて Perceived Noisiness の概念を確立したが、彼はこの間終始ノイジネスをラウドネスとは異なる独立の属性と考えている<sup>9)</sup>。しかるに Stevens は終始これに批判的な立場をとり、窮極的にはラウドネスもノイジネスも同一の属性であるとの主張をしている。即ち、1961年には Kryter の主張に強い反論を与え<sup>6)</sup>、更に1970年には等ラウドネス曲線の高周波数帯域部分に改良を加えて、ラウドネスとノイジネスの双方の評価を可能とする Perceived Level の提案をしている<sup>7)</sup>。

この点をより明確に実験的に検証する試みが1967年 Pearsons-Horonjeff によって行なわれたが<sup>1)</sup>、この研究の範囲においては、Loudness, Annoyance, Acceptability, Intrusiveness, Noisiness は何ら本質的な特性の相違を見せていない。更に Pearsons-Wells<sup>33)</sup>, Little-Mabry<sup>38)</sup> はやかましさを各種評価法の精緻な比較検討を行ない、やかましさを評価法において Stevens の Loudness Level が Kryter の PNL にほとんど遜色を示さないばかりでなく、むしろ優位に立つことを示している。

B) 1962年、Bowsher-Robinson は、a) Loudness, b) Noisiness, c) Unpleasantness の3つの独立した属性を提案している<sup>52)</sup>。しかし c) Unpleasantness については、他の研究者の同意・追認を得ていないし、その後の提案者達による展開もないので、これを独立した属性とすることには無理があると考えられる。

C) Pearsons, Bennett, Bishop, Horonjeff, Wells 等の研究者達も、Kryter の PNL 評価法については幾多の改良すべき点を指摘しているが、ノイジネスとラウドネスとを別個の属性と考える点においては Kryter と同様の立場をとっている。

これらの一連の実験を通して、ラウドネス判断とノイジネス判断は高い相関性を示しているから、前記の Bowsher-Robinson の属性に関する条件を認めるとすれば、明らかに第 3) 項によりこの両者を独立した 2 つの属性とすることは出来ないであろう。

一般にやかましさを判断実験にあたっては被験者にとってラウドネスとノイジネスの峻別は非常に困難であり、わずかに実験手続の構成によって被験者からどちらかの反応を期待することが出来るのみである。この点から見るとラウドネスとノイジネスが異なる属性と仮定しても、既往の実験結果のラウドネス設問部分とノイジネス設問部分を単純に切り離して考察することは危険であると考えなければならない。

以上の諸点を考慮して、本編においてはやかましさを研究をノイジネス研究に限らず、ラウドネスに関する研究もこれに加えて考察を進める。

## 2. 周波数特性に関する研究動向についての考察

一般に単位騒音のやかましさをの評価法は、騒音(刺戟)の周波特性にかかわるいくつかの要因と時特性にかかわるいくつかの要因のそれぞれについて人間(被験者)のやかましさを反応を、何らかの方法で総合し尺度化することによって設定される。そこで以下 2 章にわたって、個々の要因に関する研究動向とその問題点について順を追って考察を進める。

騒音の周波数特性がやかましさに及ぼす効果についての研究は、やかましさを研究の端緒となったものであり、いくつかの重要な等ラウドネス曲線、等ノイジネス曲線の研究がある。ここでは、前章で述べた事情を背景として、等ラウドネス曲線と等ノイジネス曲線を総括して、Parry<sup>30)</sup>らの例にならい、等属性曲線(Equal-Attribute Contours)と呼び、2・1 節をこれに関する研究の考察にあてる。一方、2・2 節は複雑な周波数特性がやかましさに及ぼす効果に関するものであるが、その主体は連続的周波数分布をもつ広帯音に含まれる純音成分の効果についての研究の考察である。

### 2.1 等属性曲線に関する研究

騒音の等ラウドネス曲線に関する研究は Fletcher の一連の研究にはじまったが、Stevens の 1955 年<sup>3)</sup>、1956 年<sup>4)</sup>、1957 年<sup>5)</sup>の研究でひとまず大成されたと見ることが出来る。一方、等ノイジネス曲線について見ると、Laird-Coye (1929) の純音についての先駆的研究はあったが、Kryter が Stevens の研究にもとづいて 1959 年<sup>11)</sup>に騒音の等ノイジネス曲線を発表するまでは注目すべき研究はあらわれなかった。

Stevens は 1956 年<sup>4)</sup>の Mark II にひきつづき、1961 年<sup>6)</sup>に Mark VI、1970 年<sup>7)</sup>に Mark VII と等属性曲線の改良をつづけ、Kryter も Pearsons と共同して 1963 年<sup>13)</sup>にさきの等ノイジネス曲線を改良提案した。更に、Wells (1968)<sup>23)</sup>、Ollerhead<sup>30), 1)</sup>等の提案もある。これらを通観すると、1950 年代中葉の諸提案には高周波数帯域に大きな相違がみとめられたが、年を

追ってこれが是正され、近年の諸提案には本質的な相違がみとめられないようになった(図-1参照)。

一般に等属性曲線は曲線の全域にわたって判断実験を行なって決定するのではなく、以下の手順で設定する。まず第1段階として、1本又は数本の基礎的な等属性曲線を限界周波数幅又はこれに類似する狭帯音によって実験にもとづいて決定し、次に第2段階として、基本となる数個の周波数を中心とする狭帯者について SPL とラウドネス又はノイジネスの判断値の函数関係を実験的に求める。最後にこの両者を組み合わせてすべての等属性曲線を設定する。したがって等属性曲線の設定には、1) 基礎等属性曲線の決定、及び 2) 属性函数(Loudness Function, Noisiness Function) の決定、のための2段階の実験が必要となるわけであるから、ある等属性曲線の良否を検討するためにはこの2種の実験にさかのぼって検討を加える必要がある。このような観点から以下に主要な等属性曲線について考察をする(表-1, 図-1, 図-2 参照)。

#### a) Stevens (1956<sup>4)</sup>, 1957<sup>5)</sup> の等ラウドネス曲線: Mark II

Stevens による騒音のラウドネスレベル計算法の基礎となった等ラウドネス曲線である。その後の Stevens の一連の研究及び Kryter を始めとする多くの研究者の研究の基礎となった点で注目すべきものである。Stevens は 73 フォンのオクターブバンドノイズの基礎等ラウドネス曲線を調整法による判断実験により決定した。一方、既往の研究の集大成をしてオクターブバンドノイズのラウドネスファンクション(属性函数)を決定し、この両者にもとづいて 0.5 ソンから 150 ソンにいたる計 21 本の等ラウドネス曲線を設定しこれを提案した<sup>4)</sup>。この等ラウドネス曲線はその後高音部の延長を含めた補正が必要とされるにいたるが、その原因は表-1 に見るごとく、1) 実験音が人工音(オクターブバンドノイズ)のみであること、2) 被験者数が少ないこと、3) 実験方法と条件の精度がやや悪いこと、にあると考えられる。

#### b) Kryter (1959)<sup>11)</sup> の等ノイジネス曲線

一連の精力的なやかましき研究の最初として 1959 年 Kryter は Perceived Noisiness の概念と Perceived Noise Level (PNL) の計算法を発表したが、その基礎となったのがこの等属性曲線である。Kryter は前述のごとく 1944 年 Stevens, Reese と共に高音部においてノイジネスがラウドネスを凌駕する事実をたしかめた<sup>9)</sup>、これから発展して独自のノイジネス判断実験を行なって最初の本格的等ノイジネス曲線を得たわけである。これは、Stevens の Mark II の等ラウドネス曲線と比較すると、1,000 Hz をこえる高音部で著しく低下しており、高音域における不快感をはなはだしく強調している。この点をのぞいてノイジネス曲線及び PNL の計算法はほぼ完全に Stevens の方法にもとづいている。この実験は Mark II の場合と同様、1) 人工音のみによっていること、2) 被験者が少ないこと、3) 実験方法と条件の精度がやや悪いこと、が欠点として挙げられ、後に補正が加えられることになる。

表-1 等属性曲線に関する研究一覧表

| 騒音評価法           | 番号     | 1                                       | 2   | 3  | 4   | 5                       |
|-----------------|--------|---|---|--|---|-------------------------|
|                 | 名称     | Loudness Level (Mark II)                | Loudness Level (Mark VI)  | Perceived Noise Level                    | Perceived Noise Level                     | Annoyance Level         |
|                 | 発表年次   | 1956                                    | 1961  | 1959                                     | 1963                                      | 1968                    |
|                 | 提案者    | Stevens                                 | Stevens   | Kryter                                   | Kryter Pearsons                           | Wells                   |
|                 | 文献番号   | 4)                                      | 6)  | 11)                                      | 13)                                       | 23)                     |
|                 | グラフ    | 図-1, ①                                  | 図-1, ②  | 図-1, ③                                   | 図-1, ④                                    | 図-1, ⑤                  |
| 基礎等属性曲線決定のための実験 | 概要     | 最初のバンドノイズによる等ラウドネス曲線の提案                 | 多数の既発表データによるMark IIの補正  | 最初の本格的な等ノイジネス曲線の提案                       | PNL (1959)の組織的な改良                         | PNL (1962)の改良と補正        |
|                 | 実験方法   | 調整法                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Stevens 1961 ホワイトノイズ</li> <li>Quietzch 1955 一般騒音37音</li> <li>Rademacher 1959, モーターバイク37音</li> <li>Niese 1958 一般騒音21音</li> <li>Spiegel 一般騒音40音</li> </ul> | 恒常法                                      | A) 一対比較法<br>B) 調整法                        | 調整法                     |
|                 | 被験者数   | 12人                                     |   | 5人                                       | A) 200人<br>B) 20人                         | 1グループ                   |
|                 | 実験音数   | 31音                                     | 43音   | 5種                                       | 5種  |                         |
|                 | 実験音の特性 | 人工音 (1 oct 音)                           | 人工音 (狭帯音)   | 人工音 (バンドノイズ)<br>(1, 5, 10, 15, 20, C.B.) | 人工音 (バンドノイズ)<br>(1/10, 1/3, 1, 2, 3 oct.) |                         |
|                 | 実験音場   | 拡散音場                                    | 拡散音場  | 拡散音場                                     | 拡散音場                                      | 拡散音場                    |
|                 | 実験精度   | B                                       | —   | B  | A'  | A                       |
| 属性函数決定のための実験    | グラフ    | 図-2, ①                                  | 図-2, ②  | 図-2, ③                                   | 図-2, ④                                    | —                       |
|                 | 概要     | $\log S = 0.03 p - k$ を基本とし, 低レベル低音域を改善 | Stevens 1956を基本とし, 中レベル部を改善   | Stevens 1956を基本とし, ソンをノイに置換              | Stevens 1956を基本とし, 低レベル部を改善               | Kryter-Pearsons 1963を踏襲 |
|                 | 基礎実験   | 既往の研究の集大成                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Zwicker 1955</li> <li>Zwicker 1958</li> <li>Scharf 1959</li> </ul>   | Stevens 1956を踏襲                          | Kryter-Pearsons 1963                      | Kryter-Pearsons 1963を踏襲 |
|                 | 実験音の帯域 | 1 oct 音                                 | 1 oct 音   | 1 oct 音                                  | 1 oct 音                                   | 1 oct 音                 |
|                 | 実験音場   | 拡散音場                                    | 拡散音場  | 拡散音場                                     | 拡散音場                                      | 拡散音場                    |
|                 | 実験精度   | B                                       | B   | —  | A'  | —                       |

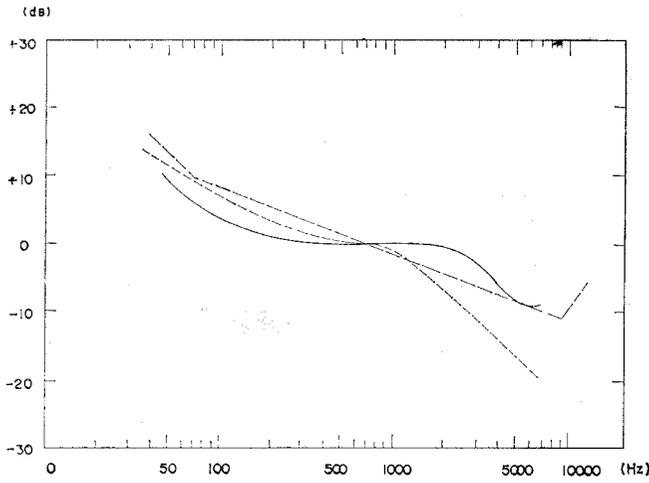
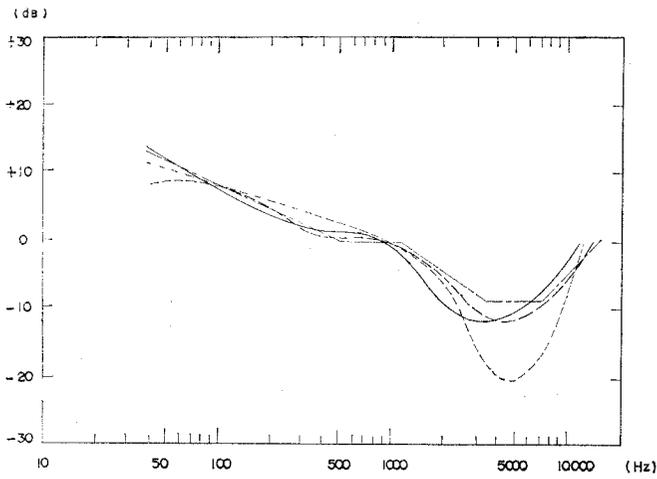


図-1 基礎等属性曲線の比較

(1956年~1961年)

- ① ——— Stevens : Mark II 1956  
(73 phon)
- ② - - - Stevens : Mark VI 1961  
(Loudness Index 15)
- ③ - · - Kryter 1959  
(40 noy)



(1963年~1970年)

- ④ ——— Kryter - Pearsons 1963  
(40 noy)
- ⑤ - - - Wells 1968  
(16 noy)
- ⑥ - · - Ollerhead 1968  
(16 noy)
- ⑦ - · - Stevens : Mark VII 1970  
(Loudness Index 4)

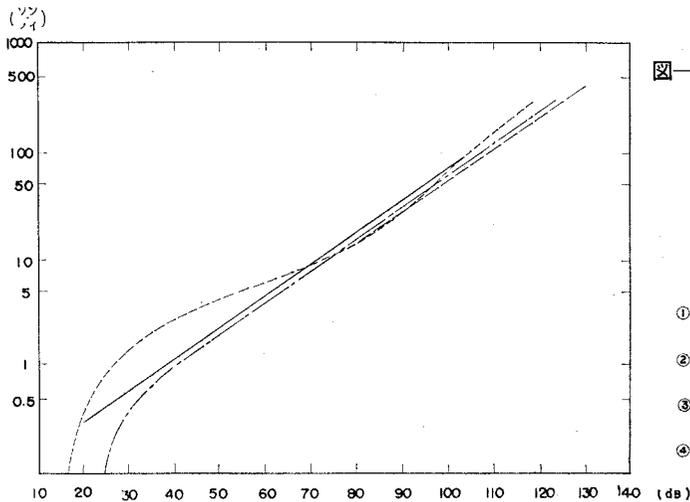


図-2 属性函数の比較—1,000 Hzの場合

- ① ——— Stevens : Mark II 1956
- ② - - - Stevens : Mark VI 1961
- ③ - · - Kryter 1959
- ④ - · - Kryter - Pearsons 1963

### c) Stevens (1961)<sup>6)</sup> の等ラウドネス曲線: Mark VI

1956年のMark IIの欠点を改良するため、Quietzch, Rademacher, Niese, Spiegel等の広汎な実験データを採用して基礎等属性曲線を改良し、且つZwicker, Scharf等の実験データによりラウドネスファンクションに中レベル部のふくらみ (mid-level bulge) を導入したのがこの等属性曲線 (Loudness Index と命名) である。後に第4章で述べる如く、多くの実験により一般的な騒音に関してはその性能の良さが立証されている。基礎データの実験条件や精度のばらつきはあるが、実用上の目的のために曲線が極度に簡素化されており、実用上の精度を考慮すれば有効且つ便利な提案であると考えられる。

### d) Kryter-Pearsons (1963)<sup>13)</sup> の等ノイジネス曲線

Bolt Beranek & Newman, Inc. においてKryterとPearsonsは精緻な実験計画にもとづき一連のノイジネス判断実験を行ない、1963年新しい等ノイジネス曲線を発表した。実験の精度を上げるために、実験音の選定、実験手続、被験者に与えるインストラクション等に細心の注意が払われている。1959年の提案と比較すると、高音部が6,000 Hzより12,000 Hzまで延長され、同時に4,000 Hz以上が大幅に緩和されている。Mark VI同様に、その後の多数の研究者の実験により実用の範囲での有効性が立証されている。

### e) Wells (1968)<sup>23)</sup> の等ノイジネス曲線

1960年代後半にいたって航空機騒音、特にジェット機騒音のノイジネスをより精密に予測するための研究が進められたが、その中でWellsが2年間にわたる一連の実験にもとづいてKryter-Pearsons (1963)<sup>13)</sup> の等ノイジネス曲線を改良したものがこれである。基本的な性状は変わらないが100~300 Hzの範囲で2~4 dB、1,000~3,000 Hzの範囲で2~3 dB等ノイジネス曲線が上げられている。Wellsの一連の実験によれば、平均誤差が2.6 dBから1.6 dBに、誤差の標準偏差が3.3 dBから2.0 dBに改善されている。他の研究者による検証が発表されていないが、実験方法を見ても十分信頼出来るようである。WellsはこれにもとづいてAnnoyance Level (AN dB) を提案しているが、その詳細は現在まで未発表である。

### f) その他の等属性曲線

KryterのPNLに終始批判的であったStevensは1970年<sup>7)</sup>、Mark VIIを発表し、ノイジネスとラウドネスが同一属性であるという彼の主張を背景として、双方に共に有効である等属性曲線を提案し、これにもとづく騒音評価法をPerceived Level (PL dB) と命名している。曲線は簡素化された直線のつらなりであるが、Kryter-Pearsons (1963)、Wells (1968) と基本的にはほぼ同様の型態をなしている。又、Ollerhead (1968)<sup>11)</sup> は、これらと基本的には同様の型態をとりながら3,000~7,000 Hzで大幅に低下した等ノイジネス曲線を提案している。しかし、共にその全貌については未だ明らかでない。

図-1は以上の基礎等属性曲線を1956~1961年の第1期と1961~1970年の第2期にわけ

て比較したものである。これらを通観して見ると、第1期において各提案、特に Stevens と Kryter の等属性曲線の 2,000 Hz 以上の高音部における相違が明らかであるが、これが実験の進展にともなって次第に是正されて、第2期にいたると各提案の間にもはや本質的な差異はみとめられない。被験者である人間自身に内在する誤差を考えればこれらは実質的に統一されたと考えられよう。このことは又、第4章に述べる他の研究者による比較実験からも十分に推論することが出来る。

## 2.2 純音補正法に関する研究

なだらかに連続する周波数成分をもつ騒音のやかましさは広帯音の場合も狭帯音の場合も共に前節で述べた評価法で有効に評価出来ると考えられるが、特殊な周波数成分をもつ騒音については前節の評価法にもとづくやかましさの計算値が被験者の判断値と相違することがみとめられる。1950年代の後半以来ジェット機が広汎に使用され、その騒音が住民に被害をもたらすようになったことを背景として、プロペラ機の騒音に比較してジェット機のそれが既存の評価法では過小評価される事実が明らかになって来た。ボーイング社の Little は1961年<sup>41)</sup>、ジェット機騒音のスペクトルに含まれる強い純音の成分がやかましさを著しく増大する事実を実験により証明した。Little はこれにもとづいて純音成分をもつ騒音の PNL の補正法を提案したが、これを契機として Kryter-Pearsons, Sperry らの研究が進み各種の純音補正法が提案されるにいたった。以下これらの提案について考察をする。実験のデータは表-2及び図-3に記した。

### a) Little (1961)<sup>41)</sup> の純音補正法

Little は150人のボーイング社の技術系職員を被験者にして一対比較法による実験を行ない、最初の純音補正法の提案を行なった。提案は2本の曲線よりなり、純音成分が基礎音を超える割合 (T/N: Tone-to-Noise Ratio) に応じて PNL の計算値に補正を加えるものである。

### b) Kryter-Pearsons (1963<sup>13)</sup>, 1965<sup>42)</sup>, 1968<sup>15)</sup> の純音補正法

Kryter-Pearsons は、Little の発見に示唆を受けて、一連の独自の実験を行ない新たな補正案を提案した。まず1963年に拡散音場において一対比較法の実験を行ない、1本の補正曲線を得た。これは完全な提案にはいたらなかったが、つづく一連の精度の高い実験により1956年に本格的な提案を行なった。Kryter は更にこれを実用に便利のように再構成し簡潔化して1968年に再提案している。

Kryter-Pearsons の補正法と Little の補正法の根本的な相違点は、後者が最終的な PNL 計算値に補正值を加えるのに反して、前者は各バンドの SPL に補正值を加えた後に PNL を計算する点にある。したがって Little の計算法では複数の純音成分があった場合もその中で一番卓越した成分にもとづく補正を1回行なうのみであるが、Kryter-Pearsons の計算法ではすべての成分が計算に組み込まれる。又、Little の補正法では T/N のみが問題となるから、基

表—2 純音補正法に関する研究一覧表

|                         | 番 号                    | 1                                     | 2   | 3  | 4  | 5  | 6  |
|-------------------------|------------------------|---------------------------------------|---|--|--|--|--|
| 純音補正法                   | 提 案 者                  | Little                                | Kryter<br>Pearsons                                | Kryter<br>Pearsons                               | Kryter   | Pearsons<br>Bishop<br>Horonjeff                                    | Sperry<br>(FAA)                            |
|                         | 発 表 年 次                | 1961                                  | 1963  | 1965   | 1968   | 1969   | 1968                                       |
|                         | 文 献 番 号                | 41)                                   | 13)   | 42)  | 15)  | 43)  | 1), 44)                                    |
|                         | グ ラ フ                  | 図-3, ①③                               | —   | 図-3, ④   | 図-3, ⑤   | —  | 図-3, ②                                     |
| 提 案<br>の<br>主<br>内<br>容 | 基 礎 騒 音 法<br>評 価 法     | PNL, LL                               | PNL   | PNL  | PNL  | —  | PNL, LL                                    |
|                         | 概 要                    | 純音補正の<br>心要性の発<br>見。最初の<br>補正法の提<br>案 | Bolt Beranek<br>Newmanにお<br>ける最初の<br>純音補正法<br>の実験 | 本格的な実<br>験にもとづ<br>く実用的提<br>案                     | K-P 1965 を<br>簡潔化した提<br>案                                      | 現実音解析<br>のため工夫<br>をこらした<br>実験と問題<br>提起                             | Little の補<br>正法の充実<br>と拡大                  |
|                         | 提 案 曲 線                | 2 本<br>(2,400以上)<br>(2,400以下)         | 1 本(4,000)<br>1 点(1,000)                          | 5 本<br>(500<br>1,000<br>2,000<br>4,000<br>6,300) | 3 本<br>(200~500,<br>500~1,600+<br>4,000~8,000,<br>1,600~4,000) | 既往の実験<br>では現実音<br>の把握が困<br>難であるこ<br>とを指摘し<br>PNL 計算<br>法の改良を<br>主張 | 2 本<br>(500~5,000,<br>500 以下+<br>5,000 以上) |
|                         | 分 析 用<br>周 波 数 幅       | 1/24 oct                              | —   | 1, 1/3, 1/10<br>oct                              | 1, 1/3, 1/10<br>oct  |  | 1/3 oct                                    |
|                         | 実 験 方 法                | 一対比較法                                 | 一対比較法   | 一対比較法  | Kryter-<br>Pearsons<br>(1965) を踏襲                              | 一対比較法  | 各研究者に<br>よる既往実<br>験の再分析<br>と総括             |
| 被 験 者                   | 150人<br>(ボーイン<br>グ社技師) | —                                     | A) 21人<br>(学生)<br>B) 20人<br>(青年)                  |  | A) 40人<br>(学生)<br>B) 20人<br>(学生)<br>C) 20人<br>(学生)             |  |  |
| 実 験 基 礎 音               | 人 工 音<br>(ホワイト<br>ノイズ) | 人 工 音<br>(狭帯音)                        | 人 工 音<br>(1 oct 音<br>5 種)                         |  | 航空機騒音<br>類似した<br>広 帯 音   |  |  |
| 付 加 純 音                 | 同 時 1 個<br>(4 種)       | 同 時 1 個<br>(2 種)                      | 同 時 1 個<br>(5 種)                                  |  | A), B) 同 時<br>1 個 5 種<br>C) 同 時 1,<br>2, 5, 16個                |  |  |
| T/N 比                   | 10<br>15<br>20         | 15<br>20<br>21<br>24                  | 5 種<br>35まで                                       |  | 6, 24,<br>12, 30,<br>18, 36                                    |  |  |
| 実 験 室 の 性 特             | イヤホン                   | 拡散音場                                  | A) イヤホ<br>ン<br>B) 自由音場                            |  | 自由音場   |  |  |
| 実 験 精 度                 | A'                     | B                                     | A   |  | A  |  |  |

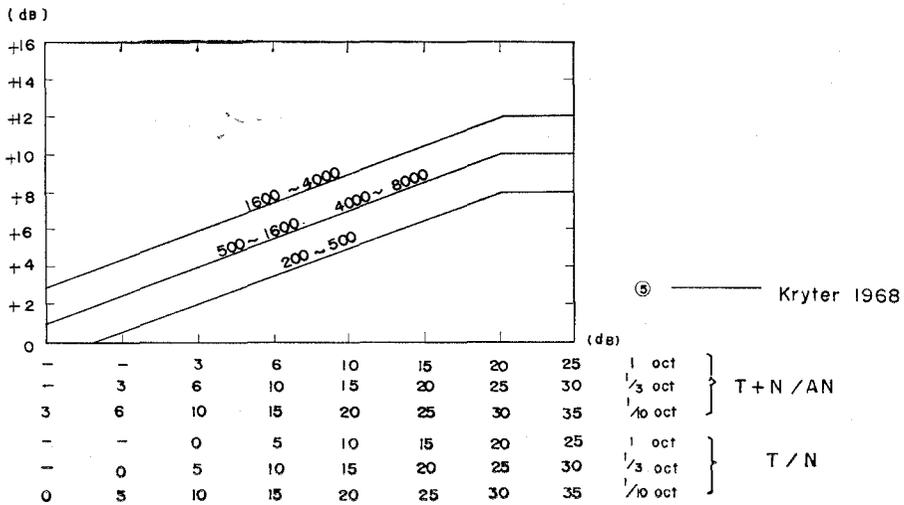
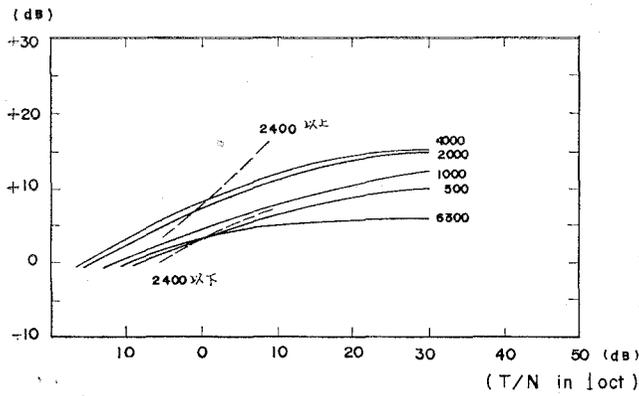
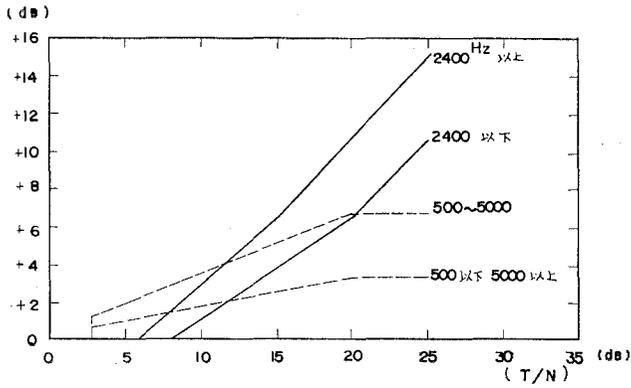


図-3 純者補正法の比較

礎音のレベルが低い場合も高い場合も、T/N が等しければ同じ補正値が加えられるという欠点がある。又、両法の基礎となった実験方法と精度を比較して見ると Kryter-Pearsons の実験がより優れていることが判る。

しかるに両法の実験的検証によれば必ずしも Kryter-Pearsons の補正法が優れているという結果は出て来ない。Pearsons-Bishop-Horonjeff (1969)<sup>43)</sup> の精緻な比較実験によれば、両者の有効性はほぼ等しく、共に補正により計算値はかなり改良されている。即ち、Kryter-Pearsons の計算値は 1,000, 2,000, 4,000 Hz で Little の方法より若干の優秀さを示すが、250, 500 Hz では共に若干補正のしすぎになっている。又、第 4 章で述べる如く、Little-Mabry (1969)<sup>38)</sup> の実験によれば、逆にわずかながら Little の補正法が優れていることが指摘されている。

#### c) Sperry (1968)<sup>44)</sup> の純音補正法——FAA 基準

1968 年 FAA の委嘱で Sperry は新しい補正法を提案している。これは Little の補正法の考え方にもとづいて既往の実験結果を広汎にとり入れたものであり、500 Hz 以下および 5,000 Hz 以上と 500~5,000 Hz の周波数の成分のための 2 本の曲線よりなっている。第 4 章で述べる如く、各種の実験的検証によれば、この提案はジェット機騒音の評価に関して Little 及び Kryter-Pearsons の両補正法よりわずかながら優れていることが認められている。

#### d) Pearsons-Bishop-Horonjeff (1969)<sup>43)</sup> の研究

Pearsons-Bishop-Horonjeff は純音成分の効果について広汎精緻な実験を行ない、幾つかの重要な発見をし、又将来に向けての問題点を提起している。彼らは航空機騒音に類似した広帯音を基礎音にし、これに多数の組み合わせの純音成分を附加して 3 シリーズの実験を行なったが、その結果、1) 純音補正は是非とも必要であり、Little 及び Kryter-Pearsons の両法はほぼ同様に有効であること、2) 数個の附加純音が一定の周波数間隔をもって配列されている場合 (modulated) でもそうでない場合でもノイズネスに変化はないこと、3) 附加純音が調和音的 (harmonically) に配列されていてもいなくてもノイズネスに変化はないこと、4) 附加純音が 1/10 オクターブ程度の狭間隔で並んでいる場合、純音が 2 つの場合より 5 つの場合の方が 3 PN dB 程度やかましいこと、5) T/N 比が 25 dB ほど大きい場合でも純音補正の必要性は減じないこと、という新しい事実を見い出している。更に彼らは、これらの多数の実験音をしても、現実音の複雑な性質を把握するには極めて不十分であることを指摘して、現実音の正しい評価のためには PNL 計算法のより一層の改善をしなければならないことを力説している。

複雑な周波数特性をもつ騒音のやかましさをの評価は、原理的にいって単に純音成分の補正にとどまる訳ではない。しかし、現実のノードがジェット機騒音の問題に集約しているためにその他の問題についての研究はほとんどない。工学的観点に立って見ればこれは止むを得ないことであるが、今後の騒音のやかましさをの研究にあたっては、対象騒音の明確な把握が勸要で

あると考えられる。

### 3. 時特性に関する研究動向についての考察

#### 3.1 継続時間の効果に関する研究

騒音の周波数特性がやかましさに及ぼす効果についての研究は、やかましき研究の発端となったものであり、したがって豊富な研究業績が残されていることは前章に見る通りである。一般に周波数特性の観点から見ると、ラウドネスとノイジネスの効果は非常に密接に相関していて、これらが同一の属性であるかないかの論議の種になっている。しかるに時特性、特に継続時間の効果を考える場合、ラウドネス反応とノイジネス反応は明らかな相違を示す。ラウドネスの時間的集積効果 (Temporal Summation) について見ると、W. R. Garner (J. A. S. A. 1949), J. P. Egan (J. A. S. A. 1955), E. Zwicker (J. A. S. A. 1965), Zwillocki (J. A. S. A. 1960, 1969) 等の研究に明らかな如く、10 分の数秒という短時間の集積効果は認められるが、それを超える時間にわたる集積効果は明らかでなく、逆に若干の低下傾向さえ指摘されている。しかしノイジネスについて見ると、不快音の継続が不快感を助長する事実は日常的経験からも明らかであり、ラウドネスとは異なる反応特性を示すことが充分予想される。Stevens-Pietrasanta (1957) は航空機騒音に関して、ノイジネスは騒音エネルギーの総和によって決まるという総エネルギー説を樹てた。この場合、デシベル和の原理により、ある長さの音のノイジネス効果はその半分の長さで 3 dB 大きいレベルの音の効果と等しいと見なされるわけである。ノイジネスに関する人間の習慣性とノイジネスの相乗効果が明らかでないために、総エネルギー説が現実に成立するかどうかは実験的に検証する必要があるわけで、1960 年代に入って幾つかの重要な研究が行なわれた。以下にこれらの研究の考察をする。実験データは表-3 及び図-4 に記した。

#### a) Kryter-Pearsons (1963)<sup>13)</sup> の研究

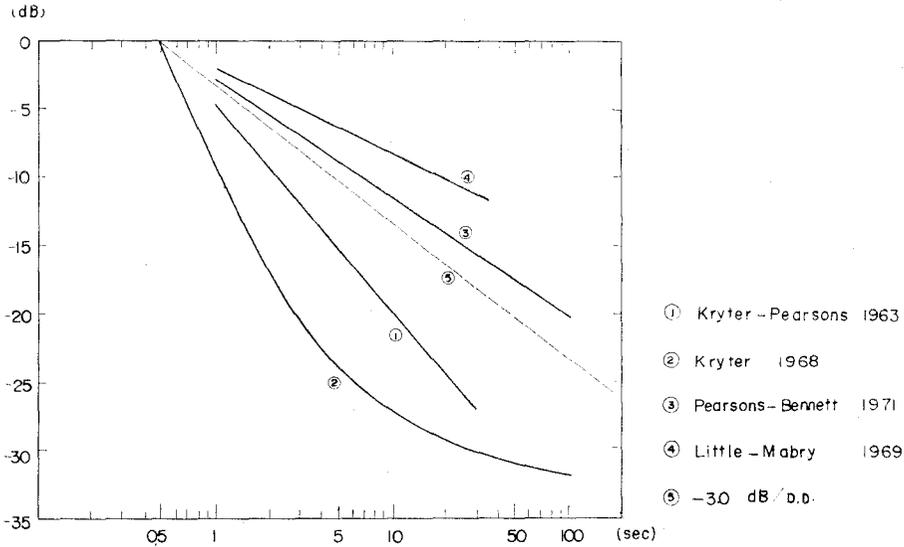
継続時間がノイジネスに及ぼす効果の最初の組織的な実験的研究である。Kryter-Pearsons は PNL の改良のための一連の実験のうち特に継続時間の効果に着目して実験を行ない、1) ノイジネスはエネルギーの総和の函数であり、rise-decay time (ピーク値にいたる音の成長時間とピーク値からの減衰時間) には影響されない、2) 2 倍の継続時間をもつ騒音のノイジネスは SPL が 4.5 dB 大きい騒音のノイジネスと等しい、という結果を得た。等ノイジネスをもつ 2 倍の長さの音のレベルを表示するために D. D. Penalty (Penalty for Doubling of Duration) という概念を導入することにより、第 2) 項は D. D. Penalty -4.5 dB と表現することが出来る。以下これにならう。

その後の実験に比較して見ると、この実験は精度と実験者の多様性に欠けている。又、Kryter-Pearsons は 70~110 dB にとった実験音の SPL がこれより下った場合、D. D. Penalty は

表-3 継続時間補正法に関する研究一覧表

| 継続時間補正法 | 番号            | 1  | 2                                  | 3                                    | 4  |
|---------|---------------|--|------------------------------------|--------------------------------------|--|
|         | 提案者           | Kryter Pearsons  | Kryter                             | Pearsons Bennett                     | Little Mabry   |
|         | 発表年次          | 1963   | 1968                               | 1971                                 | 1969   |
|         | 文献番号          | 13)  | 15)                                | 22)                                  | 45)  |
| 提案の主要内容 | グラフ           | 図-4, ①   | 図-4, ②                             | 図-4, ③                               | 図-4, ④   |
|         | 概要            | 最初の本格的な継続時間効果の実験   | Kryter の関連研究の総括                    | 精密な実験による各種評価法の比較                     | 精密な実験法と統計解析法により実験条件の差が判断に影響することを立証   |
|         | D. D. Penalty | -4.5 dB  | -6.0/-3.5/-2.0 dB                  | -2.6 dB                              | -2.0 dB  |
|         | 適用範囲          | 1~30 秒   | 0.1~100 秒                          | 1~100 秒                              | 1~32 秒   |
|         | この提案にたつと騒音評価法 | PNL (1962)   | IPNL<br>EPNL                       | —                                    | —  |
| 実験の主要内容 | 実験方法          | 一対比較法  | Pearsons (1966) <sup>50)</sup> による | 一対比較法                                | A) 恒常法<br>B), C)<br>評定尺度法  |
|         | 被験者           | 14 人   |                                    | 20人 (学生)                             | 94 人<br>(ボーイング社員)  |
|         | 実験音           | A) 人工音<br>(1/3 oct, 1,000 Hz)<br>B) 航空機音<br>(ジェット機)<br>(プロペラ機)<br>(ヘリコプター) |                                    | 人工音 5 種<br>(狭帯音)<br>(広帯音)<br>(純音成分音) | A) ホワイトノイズ<br>B <sub>1</sub> ), C <sub>1</sub> )<br>ジェット音<br>B <sub>2</sub> ), C <sub>2</sub> )<br>ホワイトノイズ |
|         | 継続時間*         | 1~12 秒   |                                    | 1, 4, 10, 20, 100 秒                  | 1, 2, 4, 8, 16 秒   |
|         | r-d time      | 1/2, 1, 2, 4 秒   |                                    | 各 種                                  | A), B) 0<br>C) 1/2, 1, 2, 4, 8 秒   |
|         | ピーク値の継続時間     | 1/2, 1, 2, 4, 8 秒  |                                    | 各 種                                  | A), B)<br>1, 2, 4, 8, 16 秒<br>C) 1, 2  |
|         | 実験音レベル        | 70~110 dB  |                                    | 75~100 PN dB                         | 76, 84, 92, 100 dB   |
|         | 実験室の特性        | イヤホン   |                                    | 自由音場                                 | イヤホン   |
|         | 実験精度          | B  |                                    | A'                                   | A  |

\* ピーク値より 10 dB down point までの継続時間



図—4 D. D. Penalty 比較図

もっと小さくなるであろうという推察をしているが、その後の実験者達はこの範囲のレベルでもより小さな D. D. Penalty を提案している。

#### b) Kryter (1968)<sup>15)</sup> の研究

Kryter は 1968 年にそれまでの広汎な研究の総括を行なったが、その中で連続的に変化する D. D. Penalty を提案した。これは Pearsons (1966)<sup>50), 1)</sup> の実験によって得られた  $-6.0/-3.5/-2.0$  という等ノイジネス係数にもついたものであるが、Kryter-Pearsons (1963) 以上にノイジネスの相乗効果を大きく評価した結果になっている。

#### c) Pearson-Bennett (1971)<sup>22)</sup> の研究

Pearsons らは Bolt Beranek Newman, Inc. において精密な実験により継続時間の効果を追求した。現実音の評価に一步近づくために、継続時間、r-d time、周波数特性に工夫をこらしてモデル化した各種の実験音を使用して 20 人の学生について一対比較法の実験を行なった。この結果、D. D. Penalty  $-2.6$  dB を得たが、この係数は Pearsons 自身の 1963 年<sup>13)</sup>、1966 年<sup>50)</sup> の係数にくらべてかなり小さい。しかし、データのばらつきが少ないことと実験の精度が高いことから見てこの値の信頼性は高いと考えられる。更にこの実験では他の実験に比し継続時間の幅が広いこと (1~100 秒) と、イヤホーンによらず自由音場によっていることが特徴的である。

#### b) Little-Mabry (1969)<sup>45)</sup> の研究

Little-Mabry はボーイング社において 1969 年重要な研究を行なった。精密な実験装置による 3 シリーズの実験の結果、被験者に与えるインストラクションの中で、やかましさについてだけ言及するか、あるいは継続時間についても注意を促すかによって、被験者のノイジネス判断に大幅な相違が出て来ることを発見した。その結果の D. D. Penalty は前者の場合平均

-1.18 dB, 後者の場合 -2.54 dB となった。Little-Mabry によれば, 現実の騒音環境について見ると, 特に継続時間に注意を払うように促されているわけではないから前者の係数が有効であると考えられるが, 一方教室等で航空騒音に曝露されている状況等ではむしろ後者の係数が適切であるとしている。これらの状況を考慮して Little-Mabry は結局, 全実験値のメディアンにほぼ等しい -2.0 dB を 1~34 秒における D. D. Penalty としている。

以上近年の重要な継続時間の効果に関する研究を通覧したが, 実験が精密になり実験音が多様化してくるにつれて D. D. Penalty の係数が小さくなって来ている。しかしその結果は今もってある値に収斂したとは言うことが出来ず, 今後の研究にまつところが大きい。

しかし, これらの実験を通して将来の研究のための貴重な基礎的注意事項が見い出された。まず Kryter (1963) は, 騒音の SPL の大小により継続時間の効果に変化する可能性を示唆した。更に Little-Mabry (1969) は, 実験に際しての被験者へのインストラクションが実験結果と深く関連することをたしかめた。これらの発見により, 実験の際の各種条件や騒音に曝露されている状況の相違が, 継続時間の効果に大きな影響を及ぼすことがたしかめられたわけである。これらの事実は今後この分野の実験研究への重要な注意事項となるとともに, 各種の D. D. Penalty の選択にあたって, それらの基礎実験の状況を充分検討しなければならないことを示している。

### 3.2 立ち上り時間の効果に関する研究

我々の日常的経験をふりかえると, 継続時間の長い騒音ほどそのノイズネスが大きいことと同時に, 次第に強さが増して行く騒音の方が定常的な騒音より不愉快に感ずる事実が認められる。この現象は不愉快な騒音源が次第に近接して来る場合と同様の音響効果をもつためであると考えることが出来る。

騒音刺激の立ち上り時間 (Onset Duration) がノイズネスに及ぼす効果の研究は, 主としてジェット機の発進に伴う騒音の立ち上りの現象の究明を直接の目的として進められて来た。Nixon-von Gierke-Rosinger (1969)<sup>48),1)</sup> は, a) 次第に成長して行き急に止る純音と, b) 急に最高値に至り次第に減衰して行く純音の二者のノイズネスを実験的に比較し, 15 秒に定めた継続時間において総エネルギーが同一であっても 88% の被験者が前者をよりやかましいと判断したと報告している。Kryter はこの実験の結果を援用して EPNL の立ち上り時間の補正法を提案した<sup>1)</sup>。これによれば, 立ち上り時間が 3.5 秒から 35 秒までの範囲で, 0 dB から 10 dB までのセミログ的補正值を EPNL に附加することになっている。立ち上り時間の効果についての実験はあまりにも少ないので, この提案はあくまでも仮提案と解すべきであり, このことは Kryter 自身もその提案に付記している。

Kryter-Pearsons (1963)<sup>13)</sup> は一連の時特性に関する実験の中で, 10 dB の立ち上りに要す

る時間が 0.5, 1, 2, 4 秒である実験音を組み込んだ実験を行なったが、この範囲では立ち上り時間の効果は明瞭でないとしている。Little-Mabry (1969)<sup>45)</sup> はやはり一連の時特性に関する実験の中で、10 dB の立ち上り時間が 0.5, 1, 2, 4, 8 秒の実験音を使用した実験を行なったが、Kryter-Pearsons (1963) 同様立ち上りの効果は明瞭に出ていないと報告している。

上述の如く、Nixon らの実験と Kryter-Pearsons, Little-Mabry の実験の結果は同じ傾向を示していない。しかし、前者が純音により後者が広帯音によることばかりでなく、実験の回数と被験者や実験条件の多様性が不足しているので、現段階で甲乙を論ずることは無理であり、今後の研究にまたねばならないと考えられる。

### 3.3 ドップラーシフトの効果に関する研究

次第に SPL の増加して行く騒音に不愉快なものの接近を提起させる効果があると同時に、次第に周波数の高くなる騒音にも加速度をもって接近して来る危険を想起させる効果がある筈である。ジェット機騒音の被害の中で最もはげしいものは飛行場からの離陸の場合であるが、この際に同様の音響性状の騒音が発生することを背景として、ドップラーシフトのノイジネス効果の先駆的研究が行なわれている。

Nixon-von Gierke-Rosinger (1969)<sup>48), 1)</sup> は 15 秒の継続時間の実験音の周波数を 600 Hz から 1,200 Hz まで連続的に変化させた実験を行なったが、その効果はほとんど認められないと報告している。

Pearsons-Bennett-Fidel (1970)<sup>49)</sup> は米国音響学会 1970 年秋季大会で、20 人の学生を被験者としたドップラーシフトのノイジネス効果の実験を報告しているが、未だ研究は未完成である。

このようにドップラーシフトの効果についての研究は開始されたばかりの状況であり、未だ効果の大様は把握されていない。

以上騒音の時特性がやかましさに及ぼす効果についての研究動向の考察を行なった。周波数特性についての研究に比較して充実度の劣ることが明らかであり、したがって各種の問題点についての研究者の見解も一致していないものが多い。時特性についてはこのほか、衝撃音の効果、断続音の効果等重要な問題があるが、未だ研究の充実がなく十分な考察は不可能である。Parry-Stephens (1970)<sup>46)</sup> は騒音の時特性のノイジネス効果は一種の共感覚 (cross-modality) 現象であろうと指摘している。この問題の難かしさの一面を示していて興味深い。しかし、騒音公害をはじめとするこの問題に対する社会的ニードは増大する一方であり、これを背景としてこの分野の研究の一層の展開が予想される。

表-4 騒音のやかましさをの評価法一覧表

| 分類  | 番号 | 評価法略称                    | 評 価 法  | 提 案 者           | 年 次          | 文 献      | 備 考                |
|-----|----|--------------------------|--|-----------------|--------------|----------|--------------------|
| I   | 1  | OASPL                    | 全音域 (over all) の音圧レベル                          | —               | —            | —        | 騒音計の各種特性によるもの      |
|     | 2  | AL                       | 騒音計 A 特性                                       | —               | —            | —        |                    |
|     | 3  | CL                       | 騒音計 C 特性                                       | —               | —            | —        |                    |
|     | 4  | D <sub>1</sub> L         | 騒音計 D (N=) 特性                                  | —               | —            | —        |                    |
|     | 5  | D <sub>2</sub> L         | Kryter の D 特性                                  | Kryter          | 1968         | 15)      |                    |
|     | 6  | D <sub>3</sub> L         | Young-Peterson の D 特性                          | Young-Peterson  | 1969         | 21)      |                    |
| II  | 7  | LL (Z)                   | Loudness Level                                 | Zwicker         | 1960         | 10)      | 基礎騒音評価法            |
|     | 8  | LL (S)                   | Loudness Level                                 | Stevens         | 1957<br>1961 | 5)<br>6) |                    |
|     | 9  | PNL                      | Perceived Noise Level                          | Kryter-Pearsons | 1963         | 13)      |                    |
|     | 10 | PNLm                     | 低音部補正をした PNL                                   | Kryter          | 1969         | 16)      |                    |
| III | 11 | LLt (F)                  | FAA の純音補正をした LL (S)                            | FAA<br>(Sperry) | 1968         | 44)      | 純音補正をしたもの          |
|     | 12 | LLt (KP)                 | Kryter-Pearsons の純音補正をした LL (S)                |                 |              |          |                    |
|     | 13 | PNLt (F)                 | FAA の純音補正をした PNL                               |                 |              |          |                    |
|     | 14 | PNLt (KP)                | Kryter-Pearsons の純音補正をした PNL                   | Kryter-Pearsons | 1965         | 42)      |                    |
|     | 15 | PNLmt (F)                | FAA の純音補正をした PNLm                              |                 |              |          |                    |
|     | 16 | PNLmt (KP)               | Kryter-Pearsons の純音補正をした PNLm                  |                 |              |          |                    |
| IV  | 17 | IPNL <sub>10</sub>       | (ピーク値 -10 dB) をこえる継続時間につき積分を行なった PNL           | Kryter          | 1968         | 15)      | 継続補時正              |
|     | 18 | IPNL <sub>20</sub>       | (ピーク値 -20 dB) をこえる継続時間につき積分を行なった PNL           |                 |              |          |                    |
| V   | 19 | EPNL (F <sub>10</sub> )  | FAA の純音補正及び (ピーク値 -10 dB) をこえる時間につき積分を行なった PNL | Kryter          | 1970         | 1)       | 純音補正をしたものと継続時間の双方の |
|     | 20 | EPNL (F <sub>20</sub> )  | FAA の純音補正及び (ピーク値 -20 dB) をこえる時間につき積分を行なった PNL |                 |              |          |                    |
|     | 21 | EPNL (KP <sub>10</sub> ) | Kryter-Pearson の純音補正及び -10 dB で積分を行なった PNL     | Kryter          | 1968         | 15)      |                    |
|     | 22 | EPNL (KP <sub>20</sub> ) | Kryter-Pearsons の純音補正及び -20 dB で積分を行なった PNL    |                 |              |          |                    |

4. 各種評価法の比較とその適用についての試案

4.1 対象とする評価法

第2章及び第3章において騒音の物理的諸特性と、そのやかましさに及ぼす効果に関する研究動向を考察したが、本章においてはこれらの諸研究にもとづいて提案された各種の騒音評価法の比較を行ない、これらの騒音評価法の適用範囲と予想される精度について考察をする。

表-4はここで考察を行なう評価法の一覧である。分類Iの6種の評価法は騒音計の聴感補

表-5 騒音評価法の検証のための実験的研究の一覧表

| 分類 | 番号            | 研究者                 | 年次   | 文献      | 音数    | 音の種類      | 被験者   | 実験方法  | 音場  | 備考            |
|----|---------------|---------------------|------|---------|-------|-----------|-------|-------|-----|---------------|
| A  | 1             | Quietzsch           | 1955 | 1), 6)  | 37    | 一般騒音      | —     | —     | 自・拡 | 一般騒音          |
|    | 2             | Rademacher          | 1959 | 1), 6)  | 60    | モーターバイク   | —     | —     | —   |               |
|    | 3             | Niese (63 phon)     | 1957 | 1)      | 21    | 一般騒音      | —     | 調整法   | 拡散  |               |
|    | 4             | Niese (60 phon)     | 1957 | 1)      | 21    | 一般騒音      | —     | 調整法   | 拡散  |               |
|    | 5             | Niese (80 phon)     | 1959 | 1)      | —     | —         | —     | —     | —   |               |
|    | 6             | Niese (64 phon)     | 1960 | 1)      | —     | —         | —     | —     | —   |               |
|    | 7             | Niese (85 phon)     | 1960 | 1)      | —     | —         | —     | —     | —   |               |
|    | 8             | Lubcke et al. (B)   | 1964 | 1)      | —     | 機械騒音      | —     | —     | —   |               |
|    | 9             | Lubcke et al. (S)   | 1964 | 1)      | —     | 機械騒音      | —     | —     | —   |               |
| B  | 10            | Copeland et al.     | 1960 | 1)      | 3     | ジェット・プロペラ | 1600  | 一対比較法 | 拡散  | 航空機騒音         |
|    | 11            | Robinson-Bowsher    | 1961 | 1), 53) | 5     | 航空機一般     | 570   | 一対比較法 | —   |               |
|    | 12            | Pearsons            | 1967 | 1)      | 8     | ヘリコプター    | —     | 一対比較法 | —   |               |
|    | 13            | Pearsons            | 1967 | 1)      | 8     | ヘリコプター    | —     | 一対比較法 | —   |               |
|    | 14            | Hinterkeuser et al. | 1968 | 1)      | 12    | V/STOL    | —     | 一対比較法 | —   |               |
|    | 15            | Ollerhead           | 1968 | 1), 32) | 35    | 航空機一般     | —     | 一対比較法 | —   |               |
|    | 16            | Kryter (indoor)     | 1959 | 1), 11) | 10    | ジェット・プロペラ | 100   | 一対比較法 | 拡散  |               |
|    | 17            | Kryter (outdoor)    | 1959 | 1), 11) | 5     | ジェット・プロペラ | 47    | 調整法   | 拡散  |               |
|    | 18            | Kryter-Pearsons     | 1962 | 1)      | 4     | 航空機一般     | 23    | 一対比較法 | —   |               |
|    | 19            | Kryter-Pearsons     | 1962 | 1)      | 4     | 航空機一般     | 23    | 一対比較法 | —   |               |
|    | 20            | Kryter-Pearsons     | 1962 | 1)      | 4     | 航空機一般     | 23    | 一対比較法 | —   |               |
|    | 21            | Kryter-Pearsons     | 1963 | 1), 13) | 8     | 人工音各種     | 13    | 一対比較法 | 拡散  |               |
|    | 22            | Hecker-Kryter       | 1968 | 1)      | 11    | 航空機一般     | —     | 一対比較法 | —   |               |
|    | 23            | Kryter et al.       | 1968 | 1)      | 4     | ソニックブーム   | —     | 一対比較法 | —   |               |
| 24 | Kryter et al. | 1969                | 1)   | 12      | 航空機一般 | —         | 一対比較法 | —     |     |               |
| C  | 25            | Pearsons            | 1968 | 33)     | 34    | 人工音各種     | 20    | 恒常法   | —   | 複構成音<br>複雑な人工 |
|    | 26            | Wells               | 1968 | 33)     | 34    | 人工音各種     | 30    | 調整法   | —   |               |
|    | 27            | Little-Mabry        | 1969 | 38)     | 7     | ジェット機     | 36    | 一対比較法 | 拡散  |               |
|    | 28            | Pearsons-Bennett    | 1971 | 22)     | 30    | 人工音各種     | 20    | 一対比較法 | 自由  |               |

表-6 各種評価法

| 分類 | 番号            | 実験者              | I         |           |           |                  |                  |                  | II       |          |          |          |  |
|----|---------------|------------------|-----------|-----------|-----------|------------------|------------------|------------------|----------|----------|----------|----------|--|
|    |               |                  | 1         | 2         | 3         | 4                | 5                | 6                | 7        | 8        | 9        | 10       |  |
|    |               |                  | OASPL     | AL        | CL        | D <sub>1</sub> L | D <sub>2</sub> L | D <sub>3</sub> L | LL (Z)   | LL (S)   | PNL      | PNLm     |  |
| A  | 1             | Quietzsch        |           | -13.7 3.9 | -11.2 5.2 |                  |                  |                  |          | 2.9 3.2  | -1.7 3.3 | -1.4 3.2 |  |
|    | 2             | Rademacher       |           | -10.9 2.3 | -1.8 2.8  |                  |                  |                  |          | 6.8 1.1  | 3.1 1.2  | 2.6 1.2  |  |
|    | 3             | Niese            |           | -10.5 2.9 | -3.7 2.1  |                  |                  |                  |          | 5.8 2.1  | 0.3 1.9  | -1.6 0.9 |  |
|    | 4             | Niese            |           | -11.0 2.0 | -6.5 2.8  |                  |                  |                  |          | 6.1 1.4  | -0.6 1.1 | -2.3 2.0 |  |
|    | 5             | Niese            |           | -12.6 3.2 | -9.5 3.1  |                  |                  |                  |          | 4.5 2.4  | -2.2 2.3 | -0.6 3.0 |  |
|    | 6             | Niese            |           | -13.5 4.7 | -9.5 5.4  |                  |                  |                  |          | 2.3 1.4  | -1.6 1.9 | -3.7 2.0 |  |
|    | 7             | Niese            |           | -11.4 4.9 | -8.0 3.9  |                  |                  |                  |          | 2.4 1.9  | -3.0 2.1 | -1.8 2.3 |  |
|    | 8             | Lubcke et al.    |           | -15.5 1.5 | -12.8 1.4 |                  |                  |                  |          | 1.8 1.3  | -3.4 1.6 | -2.5 1.5 |  |
|    | 9             | Lubcke et al.    |           | -16.9 1.6 | -14.4 2.1 |                  |                  |                  |          | -0.1 1.1 | -6.4 1.5 | -5.3 1.6 |  |
| B  | 10            | Copeland et al.  |           | 0.6 1.3   | 4.0 8.1   | 1.0 1.1          | 1.9 2.2          | -6.7 1.2         |          | 1.2 2.8  | 1.3 2.5  | 1.1 1.8  |  |
|    | 11            | Robinson-Bowsher |           | 0 2.0     | 0 3.2     | 0 1.6            | 0 1.7            | 0 2.1            |          | 0 1.5    | 0 1.4    | 0 1.5    |  |
|    | 12            | Pearsons         |           | 1.0 1.8   | -0.7 3.7  | 0.4 1.5          | 0.1 2.2          | 1.6 1.4          |          | -0.8 1.7 | -0.9 1.7 | -0.4 1.6 |  |
|    | 13            | Pearsons         |           | 2.3 2.8   | 0.4 4.4   | 1.5 2.6          | 0.9 3.1          | 2.6 2.5          |          | 0.4 2.5  | 0.6 2.8  | 1.1 2.8  |  |
|    | 14            | Hinterkeuser et  |           | 3.7 3.8   | -0.7 5.3  | 2.6 3.7          | 1.4 4.1          | 3.4 3.5          |          | 1.4 3.4  | 1.9 4.0  | 2.0 3.9  |  |
|    | 15            | Ollerhead        |           | 4.9 3.5   | -4.4 5.0  | 1.9 3.5          | 0.6 3.5          | 7.0 3.7          |          | -1.8 3.1 | -2.1 3.5 | -0.6 3.4 |  |
|    | 16            | Kryter           |           | 3.4 2.9   | 8.9 6.0   | 4.0 2.8          | 4.9 3.3          | 1.2 1.7          |          | 3.9 2.2  | 4.4 2.5  | 3.9 2.2  |  |
|    | 17            | Kryter           |           | 5.1 1.4   | 9.0 4.8   | 3.5 0.6          | 3.9 1.0          | 2.7 1.2          |          | 4.0 1.0  | 3.7 1.0  | 3.7 0.7  |  |
|    | 18            | Kryter-Pearsons  |           | 0.6 3.3   | -1.9 7.0  | -1.6 1.9         | -1.8 2.3         | 0.2 1.5          |          | -2.0 2.8 | -1.5 3.1 | -1.3 3.0 |  |
|    | 19            | Kryter-Pearsons  |           | 0.2 1.5   | -1.8 5.4  | -1.0 2.5         | -1.3 2.6         | 0.2 2.2          |          | 0.2 2.2  | -0.9 1.8 | -1.0 1.9 |  |
|    | 20            | Kryter-Pearsons  |           | 2.8 1.5   | 11.8 0.7  | 1.6 2.5          | 3.1 2.4          | -0.3 2.2         |          | 3.9 1.2  | 3.6 1.4  | 2.7 1.6  |  |
|    | 21            | Kryter-Pearsons  |           | 10.7 2.0  | 8.7 6.1   | 4.6 2.4          | 4.2 2.4          | 9.3 2.3          |          | 4.3 2.0  | 2.2 2.6  | 2.5 2.5  |  |
|    | 22            | Hecker-Kryter    |           | 3.3 2.3   | 2.2 3.6   | -0.8 2.1         | -0.9 2.0         | 2.1 2.1          |          | -3.0 1.8 | -3.8 1.6 | -3.2 1.6 |  |
|    | 23            | Kryter et al.    |           | 4.0 2.4   | 5.4 5.1   | 1.9 1.9          | 2.1 2.1          | 1.8 1.3          |          | 2.3 1.9  | 1.5 1.7  | 1.5 1.7  |  |
| 24 | Kryter et al. |                  | -1.2 3.3  | 1.9 5.6   | 0.1 4.0   | 1.0 3.8          | -0.7 3.6         |                  | 1.3 4.2  | 1.8 4.0  | 2.9 3.9  |          |  |
| C  | 25            | Pearsons         | -5.0 7.0  | -3.5 4.0  |           | -3.0 4.0         |                  |                  |          | -9.5 5.0 | -5.5 5.0 |          |  |
|    | 26            | Wells            | -2.5 7.5  | 2.0 6.5   |           | 2.5 6.5          |                  |                  |          | -1.5 3.5 | 0 4.0    |          |  |
|    | 27            | Little-Mabry     |           | 0.9 4.5   |           |                  |                  |                  |          | 0.6 3.6  | -0.5 3.1 |          |  |
|    | 28            | Pearsons-Bennett | -4.0 4.5  |           |           | -0.9 3.5         |                  |                  |          |          | -3.5 2.7 |          |  |
| 平均 | A 分類          |                  | -12.9 3.0 | -8.6 3.1  |           |                  |                  |                  | 3.6 1.8  | -1.7 1.9 | -1.8 2.0 |          |  |
|    | B 分類          |                  | 3.0 2.4   | 3.1 4.9   | 1.4 2.3   | 1.4 2.6          | 1.7 2.2          |                  | 1.1 2.3  | 0.8 2.4  | 1.1 2.3  |          |  |
|    | C 分類          | -3.8 6.3         | -0.2 5.0  |           | -0.5 4.7  |                  |                  |                  | -3.5 4.0 | -2.4 3.7 |          |          |  |

の比較表

(各欄の左の数値は平均誤差を, 右の数値は誤差の標準偏差を示す。)

| III        |             |             |              |              |               | IV                 |                    | V                          |                            |                             |                             | 備 考  |          |
|------------|-------------|-------------|--------------|--------------|---------------|--------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|----------|
| 11         | 12          | 13          | 14           | 15           | 16            | 17                 | 18                 | 19                         | 20                         | 21                          | 22                          |  |          |
| LLt<br>(F) | LLt<br>(KP) | PNLt<br>(F) | PNLt<br>(KP) | PNLmt<br>(F) | PNLmt<br>(KP) | IPNL <sub>10</sub> | IPNL <sub>20</sub> | EPNL<br>(F <sub>10</sub> ) | EPNL<br>(F <sub>20</sub> ) | EPNL<br>(KP <sub>10</sub> ) | EPNL<br>(KP <sub>20</sub> ) |  |          |
|            |             |             |              |              |               |                    |                    |                            |                            |                             |                             | LL(S)の1-7はMark II, 8以下はMark VIによる。数値の差が僅少であるので統一した。    |          |
|            |             | -1.8 0.8    | 1.3 2.5      | 2.1 1.1      | 1.1 1.8       |                    |                    |                            |                            |                             |                             | Robinson-Bowsherの実験においては実験音のすべてが相互に比較されたので, 平均誤差は0となる。 |          |
|            |             | 0 2.5       | 0 1.0        | 0 2.6        | 0 1.2         |                    |                    |                            |                            |                             |                             |  |          |
|            |             | -0.4 1.8    | -1.3 1.7     | 0.1 1.8      | -0.9 1.5      |                    |                    |                            |                            |                             |                             |  |          |
|            |             | -0.4 3.0    | 0.2 2.7      | 0.1 3.0      | 0.7 2.8       |                    |                    |                            |                            |                             |                             |  |          |
|            |             | 2.2 4.2     | 1.9 4.0      | 2.4 4.0      | 2.0 3.9       |                    |                    |                            |                            |                             |                             |  |          |
|            |             | 2.5 3.9     | -2.5 3.5     | 4.0 3.8      | -1.1 3.4      |                    |                    |                            |                            |                             |                             |  |          |
|            |             | 4.0 2.7     | 4.4 2.5      | 3.6 2.3      | 3.9 2.2       |                    |                    |                            |                            |                             |                             |  |          |
|            |             | 4.0 2.0     | 3.7 1.0      | 4.0 1.7      | 3.7 0.7       |                    |                    |                            |                            |                             |                             |  |          |
|            |             | -2.4 2.3    | -1.5 3.1     | -2.2 2.2     | -1.3 3.0      |                    |                    |                            |                            |                             |                             |  |          |
|            |             | -1.3 3.2    | -1.3 2.0     | -1.0 3.2     | -1.0 1.9      |                    |                    |                            |                            |                             |                             |  |          |
|            |             | 3.8 2.7     | 3.6 1.4      | 2.9 2.9      | 2.7 1.6       |                    |                    |                            |                            |                             |                             |  |          |
|            |             | 4.2 1.5     | 1.6 3.2      | 4.5 1.7      | 2.0 3.2       |                    |                    |                            |                            |                             |                             |  |          |
|            |             | 1.2 1.1     | -5.0 1.7     | 1.7 1.1      | -4.5 1.9      |                    |                    |                            |                            |                             |                             |  |          |
|            |             | -1.9 1.2    | -3.7 2.3     | -1.9 1.7     | -3.9 3.0      |                    |                    |                            |                            |                             |                             |  |          |
|            |             | 2.5 3.3     | 3.2 4.4      | 2.7 3.3      | 2.9 4.3       |                    |                    |                            |                            |                             |                             |  |          |
|            |             |             | -4.5 4.0     |              |               |                    |                    | -4.0 3.5                   |                            |                             |                             | 25, 26, 28は関連図表からの筆者の計算による。                            |          |
|            |             |             | 0.5 4.5      |              |               |                    |                    | 1.5 4.5                    |                            |                             |                             |  |          |
| 0.6 1.5    | 1.0 1.8     | 0.9 2.0     | 1.6 2.1      |              |               |                    |                    | 3.2 2.2                    | 3.8 3.8                    |                             |                             |  |          |
|            |             | -1.3 2.2    | -0.8 3.0     |              |               |                    |                    | -2.5 2.5                   | -2.6 2.9                   | -0.4 2.1                    | -0.8 2.1                    | -0.9 3.0   | -1.5 4.0 |
|            |             |             |              |              |               |                    |                    |                            |                            |                             |                             |  |          |
|            |             | 1.2 2.4     | 0.3 2.5      | 1.6 2.4      | 0.5 2.4       |                    |                    |                            |                            |                             |                             |  |          |
| 0.6 1.5    | 1.0 1.8     | -0.2 2.1    | -0.8 3.4     |              |               |                    |                    | -2.5 2.5                   | -2.6 2.9                   | -0.4 2.1                    | 1.5 3.0                     | -0.9 3.0   | -1.5 4.0 |

正特性にもとづいた評価法である<sup>D)</sup>。分類 II は騒音の周波数特性をやかましさを評価に組織的にとり入れる目的で提案された基礎騒音評価法である<sup>E)</sup>。これらの提案を基礎騒音評価法と呼ぶ理由は、これらに純音成分と継続時間の補正が加えられて、より複雑な騒音の評価が可能になるからであり、分類 III は純音補正を行なったもの、分類 IV は継続時間の補正を行なったもの、分類 V は純音と継続時間の双方の補正を行なったものである。各評価法の概略と、その詳細を知るための文献番号は表-4 の該当欄に記入してある。

#### 4.2 比較の方法

一般に騒音評価法の有効性は、被験者により同一のやかましさと判断された一対の騒音のそれぞれを当該評価法にもとづいて評価した2つの計算値間の誤差にもとづいて検討する。一対比較法及び調整法による実験に際しては、概ね物理的特性の単純な騒音を基準音とし、研究目標としている特殊特性をもつ騒音を比較音として実験を行なうが、この場合誤差は(比較音のレベル-基準音のレベル)であらわされる。しかし、一連の実験で求められた多数の誤差の代表値を得るためにこれらを平均すると、+-の消し合いがあるばかりでなく、基準音の性質により一斉に偏りを示すことが考えられるから、この値、即ち平均誤差(mean difference)は有効性検討の最良の指標とはならない。一方、比較音と基準音の計算値間に誤差があっても、それが常に一定値であれば、これを考慮に入れてやかましさを正しい評価が可能になるわけであり、この点から見て誤差のばらつきのレンジや標準偏差等を考察の指標とすることが出来る。多くの研究者はここで誤差の標準偏差を最良の指標としている。ここでは誤差の標準偏差と平均誤差の双方を指標として各種評価法の考察をする<sup>F), G)</sup>。

表-5 は既往の各国研究者による各種評価法の検証及び比較を目的とした実験的研究の一覧表である。分類 A は一般騒音を対象とした実験で主として1950年代後半に騒音計の各種聴感補正特性と LL(z), LL(s), PNL の比較を行なったものである。実験の精度はその後のものに比して劣るが、一般的騒音についての各種評価法の有効性の概要を明らかにしている。分類 B は航空機騒音、特にジェット機騒音を主対象とした実験で、1960年代全般にわたって行なわれている。ジェット機騒音中の純音成分の効果の評価に主たる関心が置かれていて、比較の対

D) 騒音計の聴感補正特性 A, B, C についての ASA の sound level meter, IEC の ordinary sound level meter, JIS の指示騒音計の規格はほぼ同一水準である<sup>55)</sup>。又、 $D_1L$  は NL と等しく、 $D_2L$  は Kryter<sup>15)</sup>、 $D_3L$  は Young-Peterson の私的提案によるものである。なお、B 特性はやかましさを評価法として他に劣ることが広く認められているので、比較の対象から除外している。

E) LL(z), LL(s) はラウドネスの評価のための提案であるが、1.3 節で述べた理由によりここに加える。

F) Kryter<sup>1)</sup>によれば、騒音評価法の比較には計算値と実験値の相関(ピアソンの相関係数及びスピアマンの相関係数)を用いるものと、誤差及びその標準偏差を用いるものがある。公表された実験データから直接又は間接的に数値を得る本編の方法によれば、前者に比し後者のデータが圧倒的に入手しやすかったために、ここでは後者を採用した。

G) 同一のやかましさと判断された2音間の計算値の誤差は、1) 実験音の種類、2) 被験者の類型、3) 実験方法の種類、4) 実験音場の音響特性等によって同一の評価法によっても異なることが考えられるので、考察にあたってはこれらの点の検討が必要となる。

象も分類 A のもののほかに純音補正法が加えられている。分類 C は最近の Pearsons-Wells, Little-Mabry, 及び Pearsons-Bennett の精緻な比較研究である。実験音は複雑な人工構成音が主であり、実験方法及び実験結果の統計的処理法も十分に吟味されているので信頼性が高い。

4.3 各種評価法の比較

表-6 は 4.1 節で述べた 5 分類 22 種の騒音評価法を 4.2 節で述べた 3 分類 28 種の実験によって比較検証した実験結果の平均誤差と誤差の標準偏差の一覧表である。数値は表-5 所載の文献より直接得たものが主であるが、一部関連図表より筆者の計算したものも含まれている。以下これを基礎数値表として実験の分類毎にグラフ化して考察を行なう。

図-5 は分類 A の 9 つの実験にもとづいた各種騒音評価法の有効性の比較図で、9 つの実験のおのおのの平均誤差と誤差の標準偏差の分布をそれらのレンジと平均値を明らかにして図示してある。これにより特殊な周波数特性や時特性をもたない一般的騒音について以下のことが明らかになる。

- 1) 分類 I の評価法に比し分類 II の評価法が優れている。
- 2) 分類 I の中では、AL が CL よりわずかながら良好である。
- 3) 分類 II については、LL (z), LL (s), PNL 共に良好で甲乙はつけがたい。

なお LL (s) と PNL は予想に反してほとんど差違が認められないが、これは両者の唯一の相違点である等属性曲線の高周波帯域に実験音のエネルギーが集中していないことによると考えられる。

図-6 は分類 B の 15 の実験にもとづいた 12 の評価法の有効性比較図である。ジェット機

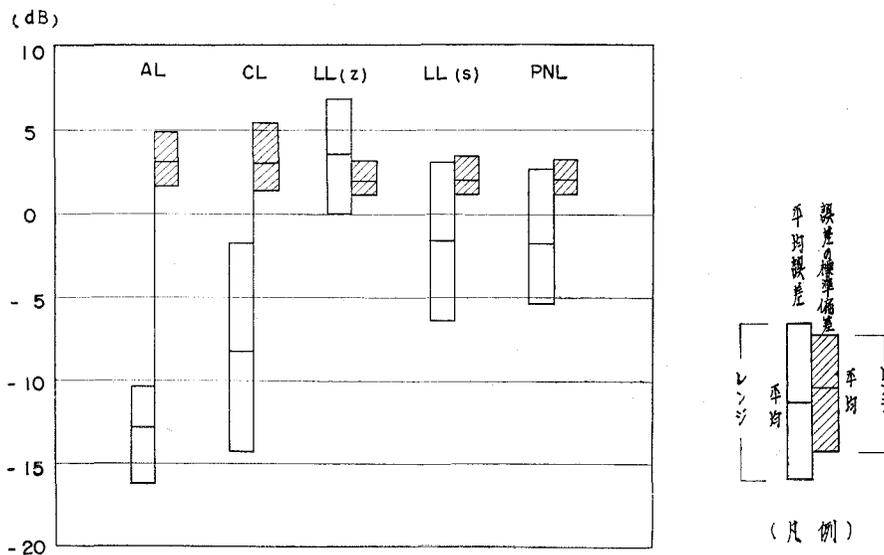


図-5 各種評価法の比較 (分類 A)

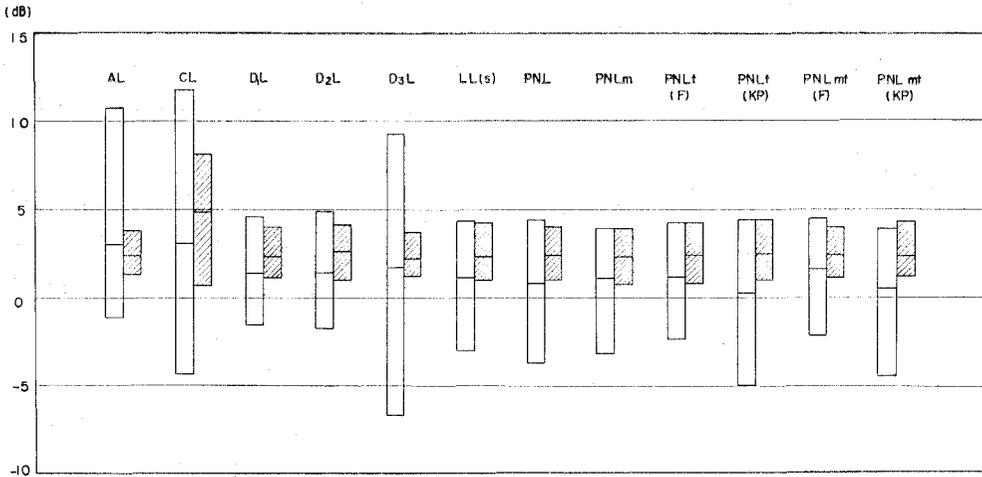


図-6 各種評価法の比較 (分類 B)

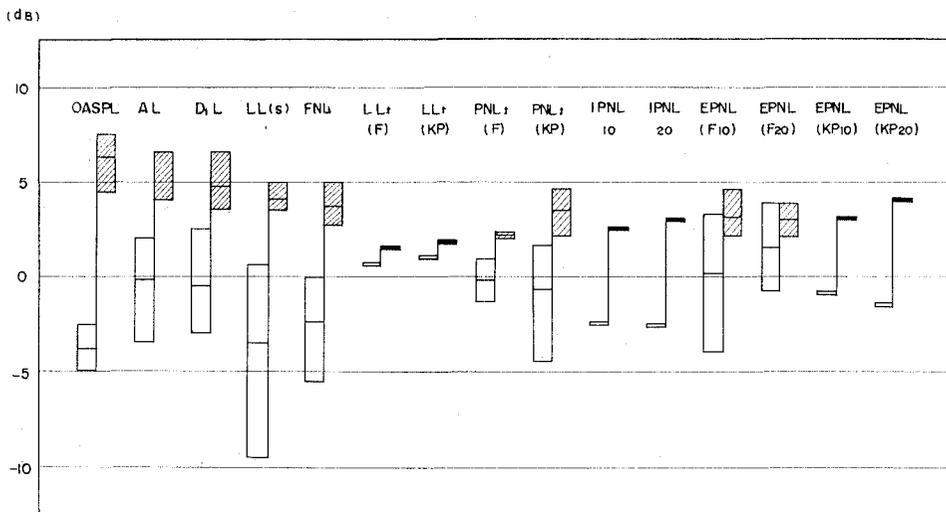


図-7 各種評価法の比較 (分類 C)

騒音を主とした航空機騒音について以下のことが明らかになる。

- 1) 分類 I の評価法に比し分類 II, 分類 III の評価法が優れている。
- 2) 分類 I の中でも D<sub>1</sub>L, D<sub>2</sub>L は分類 II, 分類 III と同程度に優れている。AL, D<sub>3</sub>L は標準偏差は小さいが平均誤差のばらつきがはなはだしい。CL は明らかに悪い。
- 3) 分類 II についてはすべての評価法が良好でほぼ同様の傾向を示す。
- 4) 分類 III については、同様にすべての評価法が良好であるが、PNLmt (F) がわずかに他に優れている。
- 5) 純音補正法の効果は明瞭でなく、純音補正をしたことにより評価が改善されたと

いう事実を認めることは困難である。しかし、FAA の補正法は Kryter-Pearsons の補正法よりわずかながら優れているといえる。

航空機騒音の評価法としては、 $D_1L$ 、 $D_2L$ 、 $LL(s)$ 、 $PNL$ 、 $PNLm$ 、 $PNLt(F)$ 、 $PNLmt(F)$ 、 $PNLmt(KP)$  がほぼ同様の程度に有効と考えられる。しかし評価の精度のみならず計算の容易さをも考慮に入れば、 $D_1L$ 、 $PNL$  が特に良好であるといえよう。多くの研究者が  $AL$  の簡便性と優秀性を指摘しているが、この検証の範囲では平均誤差のばらつきが大きく、 $AL$  を評価するためにはこの点の再吟味が必要と考えられる。

図-7 は純音成分を含めた複雑な周波数特性をもつ人工構成音を主たる実験音とした4つの最近の実験による各種騒音評価法の比較図である。実験方法や統計的処理法の面で最も信頼の出来るデータであるがこれにより以下のことが明らかになる。

- 1) 分類 I の評価法は悪く、分類 III の評価法が優れている。
- 2) 純音補正法の効果が明瞭である。とりわけ FAA の補正法が Kryter-Pearsons の補正法より優れている。 $LLt(F)$  が一番良好である。
- 3) 継続時間の補正について見ると、 $IPNL$  は  $PNL$  を改善していることがわかるが、その効果は純音補正法の効果には及ばない。又、 $IPNL_{10}$  は  $IPNL_{20}$  よりわずかに優れている。
- 4) 純音と継続時間の双方の補正を加えた  $EPNL$  はあまり  $PNL$  を改善していない。しかし、FAA の純音補正法が Kryter-Pearsons の方法よりやや優れていることと、 $-10\text{ dB}$  の継続時間補正が  $-20\text{ dB}$  よりやや優れていることがここでも明らかである。

分類 C の実験全般を通して見ると、 $LLt(F)$ 、 $LLt(KP)$ 、 $PNLt(F)$  が特に優れている。しかし、 $IPNL$ 、 $EPNL$  の  $PNL$  補正効果は顕著ではなく、計算の複雑さを考えれば期待するほど有効であるとはいえない。これは前章で見た通り、主として騒音のやかましさを時間的積分効果の研究が未だ充分でないことに起因していると考えられる。

#### 4.4 騒音のやかましさを評価法の適用についての試案

前節までの考察を通じて、各種評価法の精度と適用可能範囲の要が明らかになった。表-7 はこの結果にもとづいて選択した最適評価法とその予想される精度についての試案である。以下この試案の成立根拠と使用上留意すべき点につき述べる。

前節までの考察から、騒音のやかましさを評価法は対象騒音の種類によって選択すべきことが明白になった。ここでは既往の実験的研究においてとりあげられた騒音をその周波数特性と時特性の組み合わせによって大別した結果、5 種の分類を得た。

これらの5種の騒音に適する評価法の中で、1) 誤差の標準偏差を主にし平均誤差を従にして比較して最も精度の良いものを選び、更に、2) ほぼ同一程度のものが複数ある場合は計算方

表-7 騒音のやかましさを最適評価法とその精度(試案)

| 対象騒音の種類 |                    | 最適評価法                   |                |                       |                   | 準最適評価法   |
|---------|--------------------|-------------------------|----------------|-----------------------|-------------------|--|
|         |                    | 略称                      | 予想される平均誤差      | 予想される誤差の標準偏差          | 基礎実験の内容           |  |
| 一般騒音    | 純音成分を含まず、時特性の単純な騒音 | LL (S)                  | $-2.0 \pm 4.0$ | $2.0 \pm 1.0$ (phon)  | 表-1               | LL (Z)<br>D <sub>1</sub> L<br>D <sub>2</sub> L |
|         |                    | PNL                     | $-2.0 \pm 3.0$ | $2.0 \pm 1.5$ (PN dB) | 表-1               |  |
| 航空機騒音   | 中程度の純音成分を含む騒音      | D <sub>1</sub> L        | $1.5 \pm 3.0$  | $2.0 \pm 1.5$ (dB)    | —                 | D <sub>2</sub> L<br>D <sub>2</sub> L<br>LL (S) |
|         |                    | PNL                     | $1.0 \pm 3.5$  | $2.5 \pm 1.5$ (PN dB) | 表-1               |  |
| 特殊騒音    | 複雑な純音成分を含む騒音       | LLt (F)                 | $0.5 \pm 4.0$  | * 2.5 (phon)          | 表-1, 表-2          | LLt (KP)<br>PNLt (KP)                          |
|         |                    | PNLt (F)                | $0 \pm 4.0$    | * 2.5 (PN dB)         | 表-1, 表-2          |  |
|         | 複雑な時特性をもつ騒音        | IPNL <sup>10</sup>      | $-2.5 \pm 5.0$ | * 2.5 (IPN dB)        | 表-1<br>表-1        | PNL  |
|         | 複雑な周波数特性と時特性をもつ騒音  | EPNL (F <sub>10</sub> ) | $-0.5 \pm 4.0$ | * 2.5 (EPN dB)        | 表-1<br>表-2<br>表-3 | LLt (F)<br>LLt (KP)<br>PNLt (F)                |

\* 特殊騒音については実験数が少ないため標準偏差の範囲は不明である。

法の単純なものを選び、これを最適評価法とした。表にはこれに加えて最適評価法に準ずるものも注記した。

最適評価法の精度については「予想される平均誤差」と「予想される誤差の標準偏差」の2欄を設けた。これらの数値は表-6の該当数値を基礎にして計算し、これに全体を通覧した上で若干の補正を加えて決定した<sup>11)</sup>。これらの数値は実験方法全般にわたって最新の実験のレベルの精度がなければ得られないことは自明であり、このためには以下の注意が肝要である。

- 1) 被験者は十分スクリーンされていること。
- 2) 被験者の数、又は、実験回数が充分あること。
- 3) 実験音、実験室の音響性状等の実験条件が均一化していること。
- 4) 全部の被験者へのインストラクションが一定であること。
- 5) 実験結果の統計的処理が正しいこと。

更に、各種の評価法は第2章、第3章で見た如く、限定された基礎実験の結果にもとづいて提案されているから、その基礎実験が実施された実験条件の範囲内でのみ所期の精度が期待

H) 計算は以下の方法で行なった。

- a) 一般騒音、航空機騒音については、表-5の分類A、分類Bの該当数値の算術平均値に標準偏差の1.5倍を±した。数値が正規分布している場合には、99.74%の数値がこの範囲に含まれる。
- b) 特殊騒音については該当実験数が少ないために上記の方法は無意味であるから、もっとも精度の期待出来るPearsons-Bennettの実験値をもとにして数値の範囲を定めた。

基礎実験の精度のばらつきや正規分布の仮定等を考えると、以上の計算値をそのまま採用することには無理がある。そこで、0.5 dB単位で数値を丸め、前後の関係を見て若干の補正を加えた結果、表-7を得た。これはあくまで現段階における試案であり、今後多数の実験を行なって適用範囲と精度規定を明確にしなければならない。

出来るわけで、評価法の選択にあたっては、必ず当該評価法の基礎実験をふりかえって見ることが肝要であろう。

本研究を行なうにあたっては、京都大学教授堀江悟郎先生のご指導とご激励をいただいた。ここに記して深く感謝の意を表します。 (昭和47年5月11日受理)

### 参 考 文 献

#### A) 総 論

- 1) Kryter, K. D.: The Effects of Noise on Man, New York, 1970.
- 2) Zonderland, P. ed.: Noise 2000, Groningen, 1971.

#### B) ラウドネス・スケールに関して

- 3) Stevens S. S.: The Measurement of Loudness, J. A. S. A. 27 (1955).
- 4) Stevens, S. S.: The Calculations of the Loudness of Complex Noise, J. A. S. A. 28 (1956).
- 5) Stevens, S. S.: Calculating Loudness, Noise Control 5 (1957).
- 6) Stevens, S. S.: Procedure for Calculating Loudness; Mark VI, J. A. S. A. 33 (1961).
- 7) Stevens, S. S.: Calculation of the Perceived Level in PLdB, J. A. S. A. 88 (1970).
- 8) Stevens, S. S.: Psychophysics and the Measurement of Loudness, Intern. Congr. Acoustics 6 (1968).
- 9) Reese, Kryter, and Stevens: The Relative Annoyance Produced for various Bands of Noise, Harvard U. 1944.
- 10) Zwicker, E.: Ein Verfahren zur Berechnung der Lautstarke, Acustica 10 (1960).

#### C) ノイジネス・スケールに関して

- 11) Kryter, K. D.: Scaling Human Reactions to the Sound from Aircraft, J. A. S. A. 31 (1959).
- 12) Kryter, K. D.: The Meaning and Measurement of Perceived Noise Level, Noise Control 5 (1960).
- 13) Kryter and Pearsons: Some Effects of Spectral Content and Duration on Perceived Noise Level, J. A. S. A. 35 (1963).
- 14) Kryter and Pearsons: Modifications of Noy Tables, J. A. S. A. 36 (1964).
- 15) Kryter, K. D.: Concepts of Perceived Noisiness, their Implementation and Application, J. A. S. A. 43 (1968).
- 16) Kryter, K. D.: Possible Modifications to Procedures for the Calculation of Perceived Noisiness, NASA Rept. 1969.
- 17) Kryter, K. D.: Methods for Measuring the Loudness & Noisiness of Complex Sounds, NASA Tech. Brief, 1970.
- 18) Pinker, R. A.: Mathematical Formulation of the Noy Tables, J. Sound Vib. 3 (1968).
- 19) Green, D. M.: Exponent in the Power Law and Loudness or Noisiness Calculation, J. A. S. A. 44 (1968).

- 20) Lehmann, R.: Les Methodes de Determination de l'Intensite Subjective des Bruits a Partir de Leur Analyse Spectrale, Applied Acoustics 1 (1969).
- 21) Young and Peterson: On Estimating Noisiness of Aircraft Sounds, J. A. S. A. 45 (1969).
- 22) Pearsons and Bennett: Effects of Temporal and Spectral Combinations on the Judged Noisiness of Aircraft Sounds, J. A. S. A. 49 (1971).
- 23) Wells, R. J.: Possible Modifications in the Computation of Perceived Noise Level, Intern. Congr. Acoustics 6 (1968).
- 24) Wells, R. J.: Recent Research Relative to Perceived Noise Level, J. A. S. A. 42 (1967).
- 25) Wells, R. J.: Computation of Percived Noise Level, J. A. S. A. 46 (1969).
- 26) Wells, R. J.: Calculation of Annoyance Level for Sounds Containing Multiple Pure Tones, 47 (1970).
- 27) Wells, R. J.: Jury Ratings of Complex Aircraft Noise Spectra versus Calculated Ratings, J. A. S. A. 49 (1971).
- 28) Robinson, Bowsher and Copeland: On Judging the Noise from Aircraft in Flight, Acustica 13 (1963).
- 29) Bowsher, Johnson and Robinson: A Further Experiment on Judging the Noisiness of Aircraft in Flight, Acustica 17 (1966).
- 30) Bishop, D. E.: Judgements of the Relative and Absolute Acceptability of Aircraft Noise, J. A. S. A. 40 (1966).
- 31) Wells and Blazier: A Procedure for Computing the Subjective Reaction to Complex Noise from Sound Power Data, Intern. Congr. Acoustics (1962).
- 32) Ollerhead, J. B.: Subjective Evaluation of General Aircraft Noise, FAA. 1968.

#### D) 各種評価法の比較論

- 33) Pearsons and Wells: Comparison of Objective Measures of Noisiness for Pure Tone and Varying Bandwidth Noise, Intern. Congr. Acoustics (1968).
- 34) Hart, F. D.: Laboratory Facility for Annoyance Rating Studies, J. A. S. A. 45 (1969).
- 35) Green, D. M.: Rating of Noise with Respect to Annoyance, J. A. S. A. 45 (1969).
- 36) Parry, H. J.: Form of Equal-Attribute Contours for Predicting Subjective Response to Noise, J. A. S. A. 46 (1969).
- 37) Ollerhead, J. B.: Scaling Aircraft Noise Perception, J. A. S. A. 50 (1971).
- 38) Little and Mabry: Empirical Comparisons of Calculation Procedures for Estimating Annoyance of Jet Aircraft Flyovers, J. Sound Vib. 10 (1969).
- 39) Mabry, Cohen and Little: Further Study of the Operational Definitions of Loudness Level and Perceived Noise Level, J. A. S. A. 46 (1969).
- 40) Little and Mabry: Is the Perceived Noise Level Calculation Procedure Better Now Than When It Was First Introduced?, J. A. S. A. 46 (1969).

## E) 周波数特性に関して

- 41) Little, J. W.: Human Response to Jet Engine Noise, *Noise Control* 7 (1961).
- 42) Kryter and Pearsons: Judged Noisiness of a Band of Random Noise Containing an Audible Pure Tone, *J. A. S. A.* 38 (1965).
- 43) Pearsons, Bishop and Horonjeff: Judged Noisiness of Modulated and Multiple Tones in Broadband Noise, *J. A. S. A.* 45 (1969).
- 44) Sperry, W. C.: *Aircraft Noise Evaluation*, FAA, 1968.

## F) 時特性に関して

- 45) Little and Mabry: Sound Duration and its Effects on Judged Annoyance, *J. Sound Vib.* 9 (1969).
- 46) Parry and Stephens: Interpretation and Meaning of Laboratory Determinations of the Effect of Duration on the Judged Acceptability of Noise, *J. A. S. A.* 47 (1970).
- 47) Young, R. W.: Sound Level versus Time for Noise Exposure, *J. A. S. A.* 48 (1970).
- 48) Nixon, von Gierke and Rosinger: Comparative Annoyances of "Approaching" versus "Receding" Sound Sources, *J. A. S. A.* 45 (1969).
- 49) Pearsons, Bennett and Fidel: Study of the Effects of the Doppler Shift on Perceived Noisiness, *J. A. S. A.* 49 (1971).
- 50) Pearsons, K. S.: The Effects of Duration and Background Noise Level on Perceived Noisiness, *Bolt Beranek and Newman*, 1966.

## G) その他

- 51) Spieth, W.: Annoyance Threshold Judgements of Bands of Noise, *J. A. S. A.* 28 (1956).
- 52) Bowsher and Robinson: On Scaling the Unpleasantness of Sounds, *Brit. J. Appl. Phys.*, 13 (1962).
- 53) Gösele and Koch: Die Störfähigkeit von Geräuschen verschiedener Frequenzbandbreite, *Acustica* 20 (1968).
- 54) Webster and Lepor: Noise, You Can Get Used To It, *J. A. S. A.* 45 (1969).

## H) 邦 書

- 55) 守田 栄: 騒音と騒音防止. オーム社, 1961.
- 56) 電子通信学会: 聴覚と音声. コロナ社, 1966.
- 57) 伊藤 毅: 騒音制御工学. コロナ社, 1969.