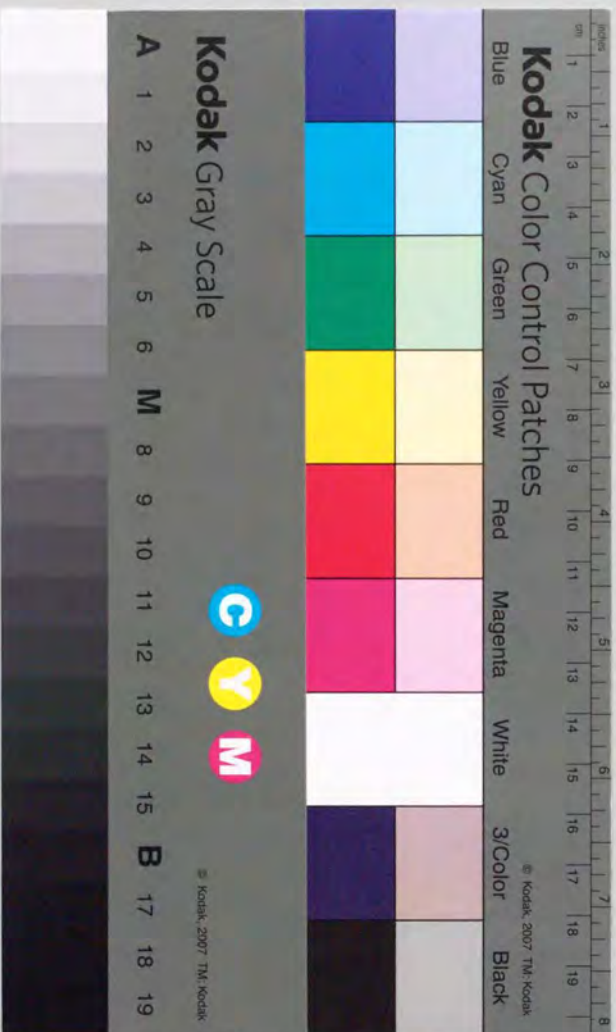


記号的機能をもつる書に関する研究

土田 義郎



①

# 記号的機能を有する音に関する研究

土田 義郎

第 1 章 ▶

第 2 章 ▶

第 3 章 ▶

第 4 章 ▶

付 録 ▶

## 目次

### 第1章 音記号の体系化

1-1 序論	1
(1) 研究方針	1
研究背景…1, 研究方針…1, 本論文の構成…2	
(2) 用語の定義と解説	3
(3) 音記号の位置づけ	6
音記号の定義…6, 記号性について…7	
言語と音楽の扱い方について…8	
(4) 既往の研究	10
1-2 音記号の特性	13
(1) 聴覚的特性	13
(2) 統辞の構造	19
統辞の設定法…19, 情報伝達と記号形態…20	
聞き間違い現象…23	
(3) 記号的機能について	24
注意喚起段階と情報伝達段階…24, 記号内容の一般化…26	
(4) 音記号の時間的構造	28
音記号開始の時間的構造…29, 音記号終了の時間的構造…29	
音記号に対する注意…29, 時間的構造の制御方法…30	
一般化した記号内容における時間制御…31	
(5) 音記号の空間的構造	32
音源の空間的布置…32, 記号内容と空間的構造…33	
(6) 記号性能について	33
第1章の参考文献	36

### 第2章 環境音中の音記号の実態とその認識について

2-1 音記号の収集と分析	39
(1) 都市の中で聞かれる音記号(調査I)	39
音記号の統辞・機能・形態…39	
音具製造元に対するヒアリング…48	
(2) 公共空間としての駅の音環境調査(調査II)	49
駅構内の音環境の概要…49, アナウンスと発車ベルの運用…52	
アナウンスからの情報…54, 発車ベルからの情報…55	
(3) 音記号の現状についての総括	56
2-2 音記号への意識に関する調査	58
(1) 現実音に対しての自由回答による聴感試験(実験I)	58
試験音…58, 試験方法…59, 結果…59	

(2) 現実音に対しての主観的評価尺度による聴感試験(実験Ⅱ)	62
試験音…62, 試験方法…62, 結果…62	
(3) 現実音の聴感試験による記号的機能の考察	66
2-3 問題事例の分析	67
(1) トンネルへの進入禁止-統辞の設定法	67
(2) 飛行機操縦室の警報音-緊急時の記号性能	67
(3) A T S 装置のブザー-音記号システムと記号性能	67
(4) 列車の発車ベルの廃止-公共的空間の音環境の改善	68
(5) 家庭電気製品の合図音-高齢者への対応	68
資料	69
第2章の参考文献	72
第3章 記号的機能に影響を与える音記号の形態について	
3-1 記号的機能の評価法	73
(1) 主観的評価による方法	73
(2) 生理的指標による方法	74
脳波…75, 心拍数…75, 皮膚電気活動、またはG S R…76	
その他の生理指標…77	
3-2 音源の定性的分類に基づいた記号的機能の評価	78
(1) 合成音に対する脳波予備計測(実験Ⅲ)	78
試験音…78, 試験方法…79, 結果及び考察…79	
(2) 合成音に対する主観的評価と心拍数予備計測(実験Ⅳ)	81
試験音…81, 試験方法…82, 評定尺度法についての考察…82	
心拍数についての考察…86, 実験Ⅳのまとめ…88	
(3) 合成音に対する主観的評価と心拍数計測とGSR予備計測(実験Ⅴa)	88
試験音…88, 試験方法…89, 結果…90	
評定尺度法についての考察…92	
心拍数とG S Rについての考察…93	
(4) 作業負荷状態における合成音に対する心拍数計測(実験Ⅴb・Ⅴc)	94
試験音…94, 試験方法…94, 結果及び考察…95	
まとめ(実験Ⅴa・Ⅴb・Ⅴc)…102	
3-3 音源の定量的分類に基づいた記号的機能の評価	103
(1) A M音、F M音に対する主観的評価と心拍数計測(実験Ⅵ)	103
試験音…103, 試験方法…105, 結果及び考察…105	
まとめ…110	
第3章の参考文献	111

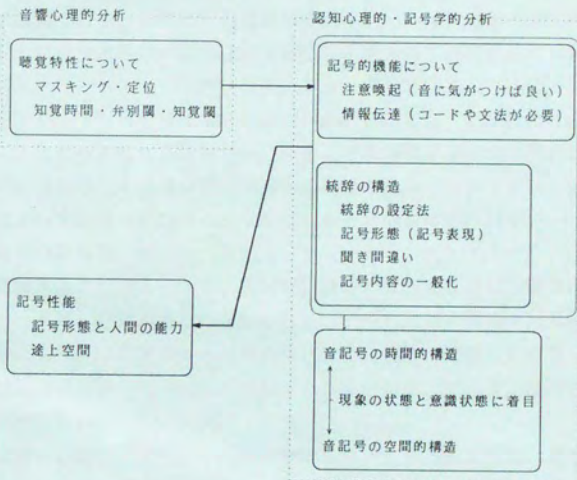
## 第4章 結論

4-1 総括	113
(1) 快適な音環境のために	113
(2) 安全な環境への音記号の寄与	113
(3) 記号的機能と記号内容に対する形態の影響	113
注意喚起機能について…113, 情報伝達機能について…114	
記号形態の聴覚的印象と記号内容…114	
(4) 生理反応を用いた他覚的指標の有効性と限界	115
4-2 今後の展望	116
(1) 音記号設計の考え方	116
(2) 性能評価に関する研究課題	117
4-3 謝辞	118

## 付録

A. 公共空間としての駅の音環境調査	119
(1) 都心駅の調査	119
(2) 近郊駅の調査	121
(3) 駅の音環境設計について	124
B. 音記号に関する現行の規約	132
(1) 汽笛: 海上衝突予防法	132
(2) 船用電子ホーン: JIS F8504	133
(3) 自動車用ホーン: JIS D5701	133
(4) 自動車用接点式警告ブザー: JIS D5712	133
(5) 緊急避難警報: ISO 8201	133
(6) 労働環境における危険警報: ISO 7731	133
(7) その他の規定例	134
C. 実験基礎資料	135
(1) 実験室の音響性状	135
逆自乗則…135, 暗騒音レベル…144	
(2) 試験音の周波数特性	145

# 第1章



## 1-1 序論

### (1) 研究方針

#### 1. 研究背景

現在、合図や警報として音は非常に広く利用されている。このような聴覚を利用した情報伝達手段（音記号）に対し、視覚を利用した情報伝達手段は図記号、標識と呼ばれている。図記号、標識では、JISやISO等で取り決めがなされているものも多く、研究も様々なレベルで行われているようである。いくつかの音記号は、社会的に認められて我々の生活に定着している。日常我々が会話に使用している音声言語はいうまでもなく、電話のベル、救急車などのサイレン、火災時の非常ベルなど枚挙の暇が無い。

しかしながら、これらにはまだ規範となるよりどころがほとんどなく、各々独自に使用しているのが現状である。自然発生的な使用の域を出ていないであろう。従って、本当の意味から安全性や快適性が十分満足された上で使用されているとは考えにくい。

図記号や音記号というものは、最終的なマンマシンインターフェイスの接点のひとつである。ヒューマンエラーが指摘される各種の事故においても音記号のあり方が潜在的な要因になっていると考えられるにもかかわらず、その問題点はあまり顕在化していない。目立つものではないので、安全性、快適性は比較の見落とされやすい。しかしながら、時と場合によっては生命に関わるほど重要となる場面も考えられる。

例えば、工場の作業環境を見ても、現在はFA（ファクトリー・オートメーション）が進み、無人搬送車などが増えている。走行時、異常停車時には異なる警報音を発するのだが、メーカーを通じて共通の規格はなく、もし混同して聞き間違えば事故につながりかねない。警報の個別の規格や基本的な知覚の研究、騒音に関係した研究などは行われているが、情報伝達を行う記号としての聴覚心理について、系統的に検討した研究は見出すことができない。

また、生命に関わるほどではないが、公共空間で使われる音記号は、都市の快適な環境形成に対しても影響を及ぼしているとも言える。必要以上に大きな音を出していたり、その情緒的な面で不適当であったりすることもあるだろう。

このようなことは建築とは直接的な係わりはないが、住生活空間の快適性と安全性に関わることであり、住環境の快適性の保持に役立てるといことが研究の背景にある。

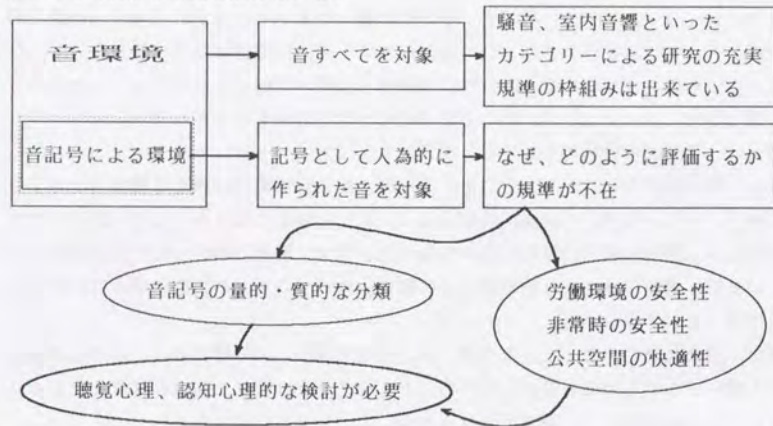
#### 2. 研究方針

本研究は、人間生活における音環境の中で記号として人為的に作られた音の設計や評価のための、基本となる考え方を明らかにすることを目標としている。現在、既往の研究（後述）を見た限りでは、音記号の問題点について総合的な検討を加えたものは見られない。しかし、音記号の問題は労働環境の安全性、非常時の安全性、公共空間の快適性、といった問題に相互に係わりを持ち、独立に論じては解決し得ない事柄を含んでいる。これらの中の潜在的な問題性を抽出し、如何に評価すべきかについて論ずる価値は大であると考えられる。

従って、本論文の前半では体系全体の枠組の作成に重点を置き、記号的機能を説明するための考察にページを割いている。特に、音記号と人間の意識の間の作用、時間・空間的な構造、意味内容の種類といったことを主軸に置いて論じている。

具体的研究方針としては、まず、音記号の都市や生活空間の中における位置付けのもとに、その定義や機能、性能、形態など、音記号という体系の全体的な問題について考察する。さらに、音記号がどのような意識構造のもとにあり、具体的にはどこで、どの程度、どのように使用されているのかを調査し、その特性といったものを明らかにする。

その一方で、音を設計、評価するということの後ろ盾として、具体的な物理的属性を持った音を対象とし、音が有する記号的な機能や性能を心理生理的な手法により評価することを部分的に試みた。その際の実験法であるが、これまで行われてきた研究では、ほとんどが被験者の意識的媒介に頼った手法（アンケート、評定尺度法、SD法など）を中心としたものであった。本研究では、従来の評価法に加え、生理反応（心拍数、GSR、脳波等）を媒介とした評価がどの程度適用可能なかの検討を含め、これまでとは異なった角度から研究を進めている。



### 3. 本論文の構成

本論文の主な論点をまとめると、次の4つの部分から成り立っている。

#### ①音記号の体系に関する考察

音記号の役割、特徴を現在の音環境の中で位置付ける。音記号の定義や機能、形態、構造、記号性能といった点から、音記号の全体的な体系について考察する。

#### ②音記号の現況

音記号やその他の音に対して、人間は一般的にどのような意識をもっているのかを検討する。また、法規的、慣用的側面から、音記号の使われ方の現況について考察し、顕在化している問題のみならず、潜在的問題点をも明らかにする。

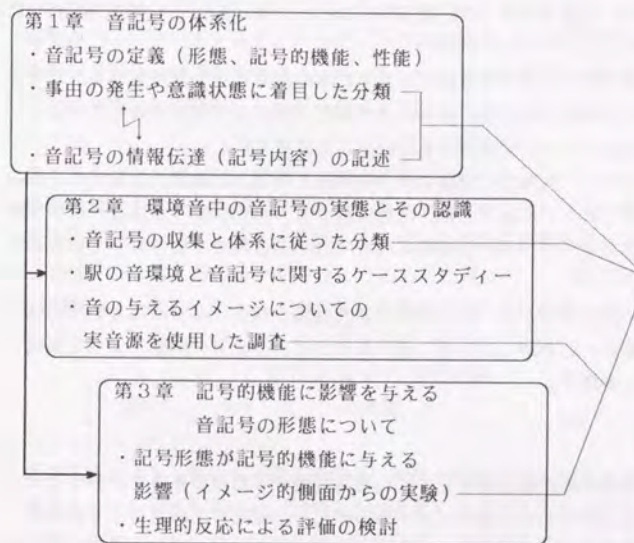
#### ③評価法の検討・生理的反応と主観的評価との関連に関する実験

記号的機能に対する評価法として、主観的な申告による尺度ばかりでなく、生理的反応を指標とした他覚的、客観的評価尺度が有り得るかを検討してゆく。

#### ④聴覚心理に関する実験・物理的属性の相違がもたらす影響

物理的属性の相違がもたらす聴覚心理について、被験者を用いた聴感実験を行う。聴覚的印象の記号的機能に対する影響の一端を明らかにする。

各章の相互関係は以下のようになっている。



#### (2) 用語の定義と解説

本研究で用いる語のうち、記号学や認知科学などで用いられている語について若干補足する。また、本論文に特徴的な語についても定義、及び、解説を付すこととする。

#### 記号(サイン)：

概念の情報伝達には諸々の現象が用いられる。それは最終的に人間の五感を通じて脳へと到達するが、記号は知覚された現象と意味内容を結ぶものである。記号論的立場では、「他のものの代わりの表現をするもの」として定義されており<sup>26)</sup>、その種類も幾通りかに分類している。古典的な記号論の立場では、記号の働きとして次の6つの機能があるとしている。

- ・対象照合機能
- ・命令的機能
- ・呼びかけ機能
- ・情動的機能
- ・美的機能
- ・メタ言語的機能

対象照合機能は、ある特定のもの同士を区別化することであり、事物そのものの存在を表現する名札のようなものである。相異なるものが同じ名札をつけていると混乱の元となる。家電製品などでしばしば「ピー」という合図の純音に近い電子音が用いられる

が、この音には余り特徴が無く、同様の音を出す製品が増えてくると対象の照合に混乱をきたすことが考えられる。

情動的機能は、言語でいうところのニュアンスといったようなものである。コード、文法に関して明確ではなく、実用的な記号としての音記号には含めずに考える。

美的機能は、記号によって伝達される情報を美として評価する時に問題となるが、その機能自身には実用的な意味はない。しかし、聴覚心理的な側面から記号的機能に関係してくると思われる。本論文の中では、聴覚的印象として第3章にてそれらの関わりについて検討している。

メタ言語的機能は、規定された記号内容をさらに他の記号表現で置き換えることである。従ってほとんどの音記号は言語の記号のメタ言語であるので常に関係しているといえるが、音記号を音によってメタ表現するということは考えにくい。

古典的分類からすると、対象照合機能と命令的機能と呼びかけ機能が音記号の本質的な機能であると考えられる。本論文では「注意喚起」と「情報伝達」がより一般的な概念であると考え、それぞれの古典的な機能に関しては特に分類せずに考察しているところもある。

基本的に記号は「記号内容」と「記号表現」から構成される。記号内容というのは、伝達する情報の中身のことを示している。記号表現とは、コードや統辞によって実現された記号形態のことを指す。

#### 情報：

情報理論では、物理現象が統計的に見てどの程度目新しい部分があるかということが問題にされ、それが人間にとって意味のあるものかどうかは問うていない。それゆえ、日常的な意味での情報という言葉の間にギャップがある。本論文における情報とは、人間にとって意味のあること、すなわち心理的レベルで実質的な意味を持つことが、主たる関心事である。ただし、時に物理的レベルでの情報についても言及する場合がある。

#### コード（符号）：

記号を構成する特定の属性をそなえた要素に関する決まり。本論文では特に記号の形態的な物だけを指し示す。例えば、モールス信号のコードは短音（トン）と長音（ツー）によって構成されている。分節構造（言語において、文字から語が構成されるといった階層的な構造）をとることにより、さらに上位のコードを形成することも可能である。

#### 統辞：

コードが記号として用いられるための一定の決まり（文法）。

#### 近接性の原理：

時間的、空間的に近いものによって対象照合機能を満たすこと。例えば、煙というのは火があってこそ生じるので関係が深い。従って煙は火を示す記号となり得る。これを

近接性の原理による記号という。

#### デノーテーション：

記号表現の指し示す直接的・本来的な意味。コード、統辞と、記号表現の指し示す記号内容に明確な対応のある部分。

#### コノーテーション：

表現の「ニュアンス」などといった、記号の直接指し示す意味以外の部分。記号における明示されない暗示的な部分。デノーテーションで規定された意味以外に、その記号に対し付与された意味もコノーテーションである。

#### メタ・サイン：

標準的な記号は、ある記号内容に対しデノーテーションとして一意的に決められた記号表現を持つ。しかし、その記号表現自体を別の表現に置き替えることもある。すなわち、記号内容自体が別体系の記号表現である時（図1-1）、上位の記号表現をメタ・サインと呼ぶ。「重さ」を「m」で表現する場合などがこれにあたる。

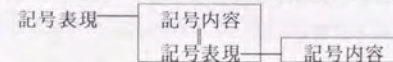


図1-1 メタ・サインの構造

音記号は、メタ・サインである場合と、規約が明示されているコノーテーションである場合のどちらも考えられる。どのような場合にメタ・サインであり、コノーテーションであるのかは、音記号の記号表現（記号形態）の有するパラメーターの数と記号内容の数との対応によって決まる。言い換えれば、記号表現と記号内容の情報量の割合による。メタ・サインは単純な記号表現で複雑な記号内容を代表させるので、記号内容のほうが情報量が多い。逆に、コノーテーションによる音記号とは、記号表現の本来的に指し示す内容は全て無視し、伴示的な意味のみに着目するので、記号内容の保有する情報量は少ない。標準的な音記号とは、記号表現と記号内容の情報量が等しい場合を指すと考えられる。が、実際には「近接性の原理」から情報を補填し、記号内容より少ない情報量しかない記号表現である場合も多い。

メタ・サイン	→	記号表現	<	記号内容
コノーテーション	→	記号表現	>	記号内容
標準的音記号	→	記号表現	=	記号内容

図1-2 記号表現に要する情報量と記号内容が持つ情報量の比較

#### 物理的属性：

音をコード化するのに利用可能なパラメータのみならず、心理的に影響を与える音響



性状すべてを指す。音量、周波数特性、また、それらの時間的变化を含めた属性として、音量エンベロープ、時間負荷率、繰返率、繰返速さ、振幅変調周波数、振幅変調深さ、周波数変調周波数、周波数変調深さなどがあげられる。

記号形態：

音の記号表現とは音圧の波形その物であるが、これはいくつかの物理的属性によって記述される。そのうち統辞を構成する要素として用いられる物理的属性を有意形態と呼び、統辞とは無関係な物理的属性を無意形態と呼ぶ。

事由：

伝達すべき情報（記号内容）の発生を伴う出来事のこと。例えば発車ベルを例にとると、「ドアが閉まる」という現象が事由であり、「もうすぐドアが閉まる」という意味をしめすが記号内容である。

生理的反応：

本論文では、人間の心理を反映する指標としての他覚的な尺度を検討している。生理的反応は挙げて行けばきりが無いが、ここでは脳波のような中枢神経系の働き、及び、心拍数・GSRのような自律神経系の働きによって現れた反応を対象としている。

### （3）音記号の位置づけ

#### 1. 音記号の定義

音記号というものが音の中で、あるいは情報伝達の中でどのように位置づけられるかについて触れておく。

まず、情報伝達というクライテリアを設けると、自然現象による情報伝達を意図しない音と、情報の伝達を意図した音という2つに分かれる。騒音といわれているものには、飛行機、自動車、各種の機械から作動的でなく発生する音が多かったわけだが、近隣騒音などでは、情報を伝達する意味を持った音が騒音となることもある。音による情報を必要としない人間にとってはどちらであるかは関係が無いわけである。音記号はもちろん後者に属するものである。

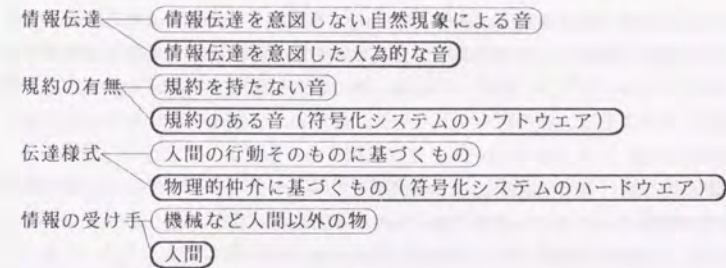
さらに、情報伝達のための符号化に関する規約の有無をクライテリアにすると、規約を持たない音と、規約の有る音に分けることが出来る。言語のように伝統的に規約の定まったもののほか、JISやISOなどで音記号の使用法を規定したものもある。また、規約はなくとも習慣的に、あるいは聴感的な印象からある程度規約的に使用されている音もあるが、そのような音になると境界はあいまいであるが、何らかの符号化システム（ソフトウェアとして）を持つことが必要である。

言語か否かということも重要な意味を持つ。音記号の定義を「何らかの情報伝達を目的とした音」とした場合当然言語も含まれるが、音声言語は特に特殊な音記号として扱うことになるだろう。

情報伝達様式をクライテリアとして考えた場合、人間行動そのものに基づくものと物

理的仲介に基づくものに分けられる。物理的仲介というのは、符号化システムのソフトウェアに対して、ハードウェアを意味する。生の音声言語は前者に属するが、放送設備などを通した拡声音は後者に属する。音記号は後者の範疇に属するものを扱う。

また当たり前のようだが、情報の受け手は人間である。機械によって記録して留めておくのではなく、人間の聴覚によって音を受け止め、人間の情報処理によって音記号を意味のある情報に復号化するという最終的なマンマシンインターフェイスである。公共的な場であれば対象は不特定多数の人間であり、ある特定の職場などであれば限られた範囲の人間である。対象の範囲は限定しないこととする。音記号の定義は下の図で太線で囲んだ範疇に属するものとなる。



以上をまとめてみると、

- ①情報伝達を目的とした音であること。
  - ②符号化システムのソフトウェアとハードウェアを有すること。
  - ③音記号の受け手は人間であること。
- というように、3つの視点から音記号は定義できるであろう。

#### 2. 記号性について

我々の日常生活では、人対人、人対機械といった関係において、ある特定の記号表現を用いて常に情報交換をしている。情報交換の手段として用いられる標識や回路図など、視覚による人工的な記号には、標識、図記号、アイコン、ピクトグラムなどと呼ばれているものがある。それに対して、警報や拡声音、各種の合図の音など、聴覚による記号が音記号である。

一方、情報交換の手段として意図された音ではなくても（すなわち自然的・非機能的な音であっても）、聞く者の意味付けによって記号の意味を持つような音が存在する。例えば、鶏の鳴き声を朝の意味に受け取る場合や、特定の人の足音を聞き分けたりする場合がそうである。これは記号論で言うところの「象徴」であって、このような使用法は記号学において<指標>的使用と呼ばれている。これらは、「記号性を持つ音」として定義し、音記号とは区別する。

また、反対に音記号を情緒的な観点からとらえるといったこともある。時を知らせる鐘の音は本来は記号としての意味を持っていたのだが、時計の普及とともに実質的な意味は持たなくなり、鐘の音から連想される静けさであるとか、寺の存在を示すだけの物となってしまっている。都電の「チンチン」という鐘の音は、自動車のクラクションに相当するものであった。しかし、今ではその音自体が一種の懐かしさのような感情を沸き上がらせる物となっている。ちなみに、現在走っている東京都内の都電は他の電車の警笛と同じような「フーン」というものになってしまった。周りが皆自動車に囲まれているので、かつてのような「チンチン」というのどかな音ではかき消されてしまうからであろう。

東京銀座のデパート「マリオン」には街路に面してからくり時計が据えつけられ、道行く人々を楽しませ、待ち合わせの名所となっている。からくり時計は毎正時になると中から人形が現れ、音楽とともに動き出す。これはもはや時報という音記号の範疇を逸脱し、一種のパフォーマンスである。それは、他の場所では見られないものであるところから場所を代表する音、言わばランドマークに対する人工的なサウンドマークになっているとも思える。

これらの音記号は、本来の記号としての意味を失い（もしくは意味が小さくなり）、古典的記号の機能でいうところの美的機能だけが意識の中に残存してしまったものといえるので、この現象を「非記号化」と呼ぶことにする。

本研究においては、情報伝達機能を持った音である音記号の物理的属性を設定する際に役立つような研究を、最終的な目標としているので、基本的に「音記号」を対象とし、「記号性を持つ音」や「非記号化音記号」は付加的に扱うものとする。すなわち、意味論としての記号を主たる対象としている。

規約ということに着目すると、情報伝達機能をもった音でも、規約（符号化のソフトウェア）が統一されているものとなないものがある。統一された規約がある音記号は、ある機能に対していつでもどこでも同じ音が用いられる。デノーテーションが外的な要因によって規定されているものである。それに対して統一されていない音記号は、特定の目的や機能に対して、いつでもどこでも同じ音が用いられているわけではない。それで良い場合もあるし、問題を抱えている場合もある。音記号の規約をどの程度まで確定的なものにするかということも、音記号の体系にとって重要な話題である。その最終的な答えは示すに至らないかも知れないが、本論文はある程度のヒントになるであろう。

### 3. 言語と音楽の扱いについて

言語は、その機能からすれば記号に他ならないのだが、記号の中でも特別な位置を占めている。基本的に人間の発声その源であり、高度に分節化した文法（統辞）を持ち、あらゆる種類のコミュニケーションにおいて汎用的に用いられる。また、個々の音楽の音響的な冗長性は、ベルやブザーの音のように単純な音記号と比べると低い（波形が複

雑である）が、そのふん、文節や文脈による冗長度が高くなっている。その他、音声の調子によって感情的な要素も含めることができたり、大人と子供の声では波形にもかなりの違いがあるにもかかわらず、コミュニケーションには何ら障害はないなど、かなり融通の利くシステムである。

ここで音記号の定義に立ち戻ると、人間の発した言葉をそのまま人間が聞く場合には符号化のハードウェアが無いので音記号ではないことになる。しかし、録音された音声を送信する場合や、拡声システムを通じた場合には、音源に関する以外に音記号と問題となる点が同様であるので、音記号に準じたものとして考える。

ただし、言語は汎用的で複雑な記号体系を持つので、音記号の扱いの中では特異な位置を占める。記号形態ということ一つをとっても、音声伝達ということについて従来から多くの研究があり、また音声認識・言語学といった視点からのアプローチもあり、研究分野としてはかなり細分化されている。記号内容自体については既に言語学の学問的領域に含めるべきであろう。

次に音楽について考える。音楽は非常に複雑な記号形態を有する。従って物理的な情報量は多いが、何らかの合図とするような場合には、言語と異なり実質的な情報量は少ない場合が多い。このような音記号はどのように位置づけられるのか検討しておく必要がある。まず、音楽は情報伝達を目的としているかどうかの問題となる。音記号は、実用的なものとして機能することが要求されるが、いわゆる観賞の対象としての音楽はそうではないと考えて良いだろう。音楽というものは高次のコード体系を有しているが、それは美的機能に属し、情緒的な情報を伝達することをその目的としている。よって、普通は音記号の分類には入らないと考えるのが妥当であろう。

しかし一方、音楽をコノーテーションとして使用する場合がある。例えば、行商販売している者が、自分の存在を知らせるためにある特定の音楽を鳴らすことがある。その時行商人の鳴らす音楽は、音楽のもとももっていた美的機能の情緒的情報部分は無視されて、より低い次元の（情報量の少ない）対象照合機能だけを与える情報へと置き替えられているわけである。

#### コノーテーション

音記号としての記号表現	=	音楽全体
音記号としての記号内容	=	「行商にきました」という報知の表現

#### デノーテーション

音楽としての記号表現	=	旋律、リズム、音色、音量など
音楽としての記号内容	=	美しさ、楽しさなどの芸術的表現

図1-3 音楽のコノーテーションとデノーテーション

その場合には、非常に膨大なコード体系を持っていないながらも、それらは無意識であり、実質は低次のコードと同等な機能しか使用していないわけである。しかしながら、その情緒的な部分のもたらす印象によって良いイメージを与えたり、他の合図との相違を明確にしたりといったことが可能となる。即ち音楽の持つコード体系は対象照合機能や美的機能に寄与しているといえる。

記号的機能としては、付加的な部分である所のコード体系（及び情報量）が大きな比率を占めているので、機能や性能に関してどのように扱うかが難しい。音楽的か否かのカテゴリー分けを何らかの基準で行い、音楽を使用した記号については改めて別個に評価することが必要であろう。

#### （４）既往の研究

安全工学、人間工学、音響学、建築学、情報工学等の範囲において、記号的機能や性能の各論に着目した研究はいくつか見られる。しかし、いずれの分野においても音記号全体を体系として考察した研究は、見いだすことができない。これらの研究では音記号の機能や性能を縦覧した視点はない。

確かに顕在化している問題の解決の手段としては、各論的に考察した方が解答を導きやすいかも知れない。しかし、そのための基礎的な考察として、まず、音記号問題全体を捉えないと、うまくゆかないこともあるのではないだろうか。音記号を社会システムとしてとらえ、その体系を基礎的なところから構築してゆかなければ、各論相互が整合性を失ってしまう可能性がある。

直接的な関連が最も深いのは、警報音に関する研究であろう。文献1, 2, 3では、警報システム全体の中で音をとらえ、音記号の果たす役割と可能性、及び、その問題点について論じたものである。江川<sup>4)</sup>は、ISO 7731の規定について解説し、工場などで使用される警報音の、周波数特性の設定方法について論じている。また、時間特性の分類と使用の仕方について提案を行っている。

H. Höge<sup>5) 6) 7)</sup>はドイツにおいて実際に用いられている音、及び推奨されている音の主観的な印象を調査したものである。文献7は警報音の与える印象が背景騒音によってどのように変わるかについて検討している。三浦<sup>8)</sup>は、文献5, 6で使用された試験音と同じ試験音を用いて、日本において同様の実験を行ったものである。

火災時の避難の誘導に音を用いることについて検討した研究も関連が深い。神<sup>9)</sup>は、非常口の近傍で鳴らす音記号とアナウンスを試作し、その有効性について検討した。この研究における成果から一部の地域で実用化されている。また、渡辺<sup>10)</sup>は、実モデル空間で音にたよって出口の方向を見つけられるかどうかを検討している。

さらに山崎<sup>11)</sup>は、複数のスピーカーを用い、アナウンスのハース効果（先行音定位もしくは第一波面の法則とも言う）という現象を利用し、非常口へ誘導する方法を検討している。また同時に音を空間的に走査することで非常口への誘導を図る方法を検討している。これらは、音記号の性能における技術的側面を重視した研究である。

近年、サウンドスケープという概念が新たな音環境研究の潮流となりつつあるが、サ

ウンドスケープにおいても音記号を視野に入れている。庄野<sup>12)</sup>は音のデザインを「生理的生存」「精神的生存」「社会的生存」の3つのタイプに分類している。

「生理的生存」からの音のデザインというのは、いわゆる騒音制御の立場であり、人間として最低限の生理的、物理的欲求を満たす環境作りを意味している。

「精神的生存」からのデザインというのは、今のサウンドスケープデザインの中心的な位置をしめており、人間と環境の関わりをより豊かなものにしてゆくという立場である。どちらかというところ芸術的、審美的な立場である。

「社会的生存」からのデザインというのは、音記号のように機能を持った音の有効性を生かすという立場である。社会的に役に立つ音、若しくは音環境を作り出そうとするものである。

しかしながら、現在のサウンドスケープ研究においては、音環境をデザインするという具体的行為が先行し、それぞれの分類に属する事柄の実証的、客観的な吟味が十分ではない。基礎的なところでの検討が不十分で、結局最終的なデザインも主観的な感性に委ねられているという状況である。

その他にも音声認識や音楽、騒音の評価に関連した聴覚生理・心理的な研究がある。それらは記号性能の評価に関連が深いと言えるだろう。

音記号が現在どのような法令、もしくは規格によって、どのような形で規定されているのか、文献より調査した結果を以下に示す。なお、それらの規格や法令の内容の概要をいくつか付録に抄録しているので参照されたい。

#### ・ J I S 規格・ I S O 規格

J I S では工業規格という立場からの規格なので、自動車用ホーン<sup>13)</sup>、自動車用接点式警告ブザー<sup>14)</sup>、船用電子ホーン<sup>15)</sup>についての最低限の物理的な性能、試験法などについて定めた物があるにとどまる。

それに対し、I S O には直接音記号に関する規格として、2種の取り決めが見られる。一つは「非常時避難用の音記号<sup>16)</sup>」として定められている物である。もう一つは「労働空間における危険の合図<sup>17)</sup>」である。

I S O 7731は、音が周りの騒音にマスキングされないようにするための周波数、及び大きさの設定の仕方について記述したものである。マスキングの閾値は臨界帯域法によって求めるのが一般的であるが、ここでは安全側に簡素化した方法で閾値を求めている。これについては江川<sup>18)</sup>によって解説された文献がある。

I S O 8201は、緊急時の避難信号の鳴動の形式を定めたものである。具体的には、0.5秒間鳴動し、0.5秒間休止する音を3回繰り返す、全体を4秒の周期で繰り返すこととしている。他に周波数のシフトする音やインパルスの音の場合についても例示してある。

・各種法令

その他に各種の法令によって定められた規定が見受けられる。例えば、汽笛<sup>19)</sup>、非常ベル<sup>20)</sup>、機械の運転開始の合図<sup>21)</sup>、道路警報施設<sup>22)</sup>、自動車警音器<sup>23)</sup>、緊急自動車サイレン<sup>24)</sup>などはすべて法令中に規定がある。ただしこれらの規定は記述の水準がすべて異なっており、定量的な記述の全く無いものもある。

1-2 音記号の特性

(1) 聴覚的特性

大島が警報システムを対象とした場合の、聴覚を含む五感の情報伝達の特性について表1.2のような形で論及している<sup>26)</sup>。聴覚を用いた情報伝達の利点となる特性を定性的な形でまとめると、表1.1の(1)~(3)のようなことであり、その他にさらに(4)~(8)のようなことも言えるであろう。

表1.1 音による情報伝達の特性

- (1) 聞き手の状態への依存度が低い
- (2) 知覚の生理的反応がはやい
- (3) 注意喚起、覚醒作用が強い
- (4) 記号としての使用可能なレンジが広い
- (5) 選択性がある
- (6) 到達範囲が広く、ある程度調節可能
- (7) 条件次第で音源方向の定位が可能
- (8) 視覚障害者にとって有効な情報

表1.2 情報を受容する五感の特性<sup>\*1</sup>

	視覚	聴覚	触覚	味覚	嗅覚
知覚時間	0.188~ 0.206秒	0.155~ 0.182秒	0.112~ 0.201秒	0.6~ 1.0秒	0.2~ 0.37秒
知覚させる難易	見る必要 があり	もつとも 容易	少し困難	かなり困難	容易
刺激の強まり の特性	瞬間的	瞬間的	瞬間的	少し時間 がかかる	かなり時間 がかかる
元の状態復帰 の難易	容易	容易	容易	簡単でない	簡単でない
実用性	大	大	可能性あり	可能性 少ない	ある程度 可能性あり
従来の使用頻度	大	大	小	無い	小
知覚する部位	眼	耳	皮膚	舌	鼻

\*1大島正光“人間工学から見た警報システムのあり方”,安全,Vol130,No.11(1979)より

人間の五感を利用した情報の伝達については、いろいろな方法が考えられ、使用されている。そのためには、まず、これらの知覚に基本的にどのような差異があるのか検討しなくてはならない。

表1.2は、大島が警報システムのマンマシンインターフェイスにおいて使用可能な感覚特性について調べたものの引用である。視覚と聴覚以外はかなり反応の鈍いものであり、伝達、受容の方法も比較的難しい場合が多い。条件の限られた特定環境中でない

限り、実際に使用することは難しいと思われる。そこでここでは主に視覚的な記号（標識、図記号）と比較しながら音記号の特性を検討する。

視覚情報というのは、障害物があったり、目を閉じていたり、違う方向を見ていたり、覚醒水準が下がっていたりすると、情報の完全な伝達は望めなくなってしまう。それに対して聴覚情報は表1.1(1)のように、空間や人間側の状態に依存する局限性がほとんどなく、どこから音波が到達してきてもそれが閾値以上であり、他の音によってかき消されていたりしない限り基本的に知覚可能である。その反面、このような特性のために騒音公害という、非常に感覚的な被害を及ぼす元凶ともなる可能性も持っている。

表1.1(2)の知覚の生理的反応速度については、既往の研究<sup>27)28)</sup>から視覚刺激よりも聴覚刺激のほうが反応時間が短いことが知られている。ただし、この程度の差では実質的な意味はないと考えたほうが良いであろう。

表1.1(3)に示すように、意識に対して積極的に大きく作用するもので、一番有効であるのは聴覚であると考えられる。近頃は光る目覚まし時計なるものもあるようだが、一般的に目覚まし時計と言えば音を鳴り響かせて寝ている人間を起こすものである。ある程度の聴覚刺激が入力されれば、脳の内部の処理によって自動的に(強制的に)選択的注意のスイッチが入るようになっている(具体的な仕組みは生理学的知見を持っても明らかではなく、またここで論及する範囲ではない)。

使用可能なレンジが広いという表1.1(4)の条件も記号として利用する際に有利なことである。この場合のレンジとは、音圧レベルと周波数の両方である。

カクテルパーティー効果とは、雑音に埋もれてしまって機械では判別不可能な音でも、人間の聴覚では目的とする音を選択的に聞き分けることの出来る能力のことである。表1.1(5)に示したのはこのことで、騒音の大きい悪条件下でも音記号が使用できる可能性を示している。逆の選択性も考えられる。BGMなどは意識していないときには聞こえていない。注意が向いて初めて聞こえてくる。

音は波動現象であるので距離による減衰や、透過、回折などの現象が生じる。この性質をうまく使えば、表1.1(6)のように音の到達範囲、音の大きさについて、ある程度制御が可能であろう。

表1.1(7)の位置の同定については、視覚利用より正確さにおいて劣る。すなわち、完全な音源位置の定位を音だけに頼って行うのは難しい。視覚情報が利用できない局面、もしくは、複数のモダリティーを同時に利用したほうが有効な局面で活用されるべき特性であろう。例えば、避難の誘導における視覚的な誘導と併用することが考えられるが、これは実際に検討されている。

表1.1(8)で言うまでもなく、地下鉄の出入口などに設置されている盲人誘導チャイムや、横断歩道の盲人用メロディーのように、すでにいくつか利用されているものも見受けられる。身体障害者や老人など社会的に弱い立場の人のことを考慮した利用法は、これからの時代においては欠くべからざることである。

さらに音の中でも音記号の利点として、表1.3のようなことが考えられる。今現在、情報の伝達手段として使われているものには、視覚、聴覚の記号が多い。その中でも聴覚は表1.3のような特性から警報システムなどにおいて広く実用に供されている。

表1.3 音記号利用の利点

- (1) システム構成が単純である
- (2) 低次の情報では冗長度が高く、明瞭である
- (3) 言語に関係無く同じ内容を表せる

表1.3(1)のように、放送設備などと比べると、一般的に音記号のシステムは比較的天候である。最近ではICチップを利用すれば、簡単に合成音声を得られるようになってきており、音声の使用も徐々に増えてきている。銀行のキャッシュディスプレイなどでよく使われている。複雑な手順を具体的に指示するには好都合であるが、ある程度決まった内容しか呈示できないので、コード体系自体は実はそれ程高次元のものではない。音声言語のほうが良いと考えられる場合以外に、無駄なコストを掛ける必要はない。意味をもった言葉だけに、かえって煩わしく思われる場合もある。

音声などでは、背景騒音によるマスキングや、残響音が付加されることによって、聞き間違い、聞き落としなどが生じることがある。音声の明瞭度は、基準化された試験刺激の正当率から求めるが、このようにして求められたものは言わば伝達空間における言語コード情報のドロップアウトに対する伝送系の影響を測っているのであって、一般的な音源自体の明瞭性は考慮外である。当然、冗長度の高い(単純な)音源の明瞭性は高く、冗長度の低い(複雑な)音源の明瞭性は低くなると考えられる。表1.3(2)に示したが、低次元の(伝達情報量の少ない)情報であれば、単純な波形の音記号の方が誤謬の余地が少なくなると考えられる。

音記号においては言語コードは不必要であり、表1.3(3)のような特徴があるにもかかわらず、現在国際的に統一された音記号の数は多くはない。他国のものを参考にしているのか、それとも本能的なものなのか、国際的に似たような音を用いている例はある。しかし、国際的に統一しようとしてもできなかったのか、それとも、全くそのような意識がなかったのか、利用に対する共通の規範がない。

人の国際化は今後ますます進展すると考えられる。現に日本を訪れる外国人は、年を追うごとに増加してきている。言語コードによらず同一内容を表すことの出来る音記号の利用は、生活の利便性、社会生活の安全性の向上などに対して十分意義のあることではなかろうか。

ハードウェアとしての情報の符号化に関しては、最終的に音を発生させるための機器や道具に着目する。電氣的、機械的な途中の仕組みの厳密な構成は、本論文を構成する上で特に重大な支障はないので詳述することは避ける。表1.4に発生器の種類を挙げる

にとどめておく。

表1.4 音記号発生装置の類型

分類		備考
音具使用	打楽器系	金属、木、皮などを叩くものすべて
	リード系	エアリード、リップリード、1(2)枚リード
	弦楽器系	擦る、弾く、叩くものなどすべて
電気使用	音具駆動系	音具等の駆動力としてのみ使用するもの
	電磁振動系	動電変換、電磁変換、磁歪変換
	静電振動系	静電変換、圧電変換、電歪変換
	発熱系	火花放電、コロナ放電
その他		サイレン（空気を直接変調）
		火薬（化学的反応による爆発）

音記号の情報の流れ（伝達経路）の全体像を図1-4に示す。

まず、音記号を発生させるためのきっかけとしての伝達情報、情報を符号化し音記号を発生させるシステム、音の伝搬途上空間、音記号を受聴する人間、の4つによって全体は構成されているといえる。伝達情報の発生者は人でも機械でも構わない。人による任意な情報の発生もあり得るし、機械的なセンサーによる場合もあるだろう。それに対して、受聴者は音記号の定義からして基本的に人間である。また、発生者と受聴者が同一人であっても構わない。

情報の符号化システムのハードウェアとソフトウェアの存在も、音記号の定義から明らかに無くてはならないものである。

また、今までは音記号の音源自体の話が中心であったが、伝搬途上空間という経路が必ず存在している。音記号は音波であるので空気を媒体として受聴者である人間の耳へと伝達されて行く。その際の外乱要素が伝搬途上空間で付加される。それは、音記号の機能が充分働くか否かに大きく関わっている。

例えば、受聴者周辺のノイズによって音記号がマスクングされることもある。（工場などでは作業騒音が大きなり小なり発生する場所で音記号を使用する）また、遮蔽物があったり距離が離れていたり音量が低下してしまうこともある。（広い範囲の受聴者に情報を伝達しなければならないときや、音源から受聴者までの間に障害物があるような状況）このような場合、音記号に気がつかなくなったり、なんの音記号であるか分からなくなったりする。

これらの伝搬途上の外乱の量と、音記号の機能が受ける影響の量の関係を定量的に、しかも妥当性を持って評価するのは非常にむずかしい。というのは、音記号の形態のパラメーターは数多く考えられ、評価の妥当性を得るには受聴者に伝達された後の事まで

考慮して行く必要があるからである。

従来の建築音響の立場で検討しているものは、周波数上のマスクングと、音声情報伝達における明瞭度という2つの考え方である。周波数上のマスクングについては臨界周波数に基づき比較的厳密にマスクング量は求められる。ISO7731はそれによって決めたものである。明瞭度という考え方は、本来は一般的に音声信号の品質を評価する指標があればよかったのだが無いため、やむなく実際の言語を使用し、どの程度の量が正確に伝達されたかという割合を求めることで間に合わせたものである。これは、言語自体の明瞭性と関係し、日本語と英語では明瞭度が違うという現象が起きている。言語自体の明瞭性と伝搬途上の明瞭性阻害度とを分けて分けて考えることができれば、良いのではないかと私は考えている。すなわち

$(\text{従来の明瞭度}) = (\text{言語自体の明瞭性}) * (\text{空間の明瞭性阻害度})$   
ということが成り立つのではないか。

音記号受聴者内部の情報処理過程については複雑な経路が考えられ、このモデルでは十分ではないかも知れない。人間の情報処理過程に関するモデルはいくつか今までにも提案されており<sup>(20)(21)</sup>、受動的聴取と能動的聴取は多重のフィードバック系になっている可能性が強いとされている。また、受聴状態が受動的であるか、能動的であるかは注意の配分量によって決定されるという見方もある。

伝達情報の発生者、音記号システム、音記号受聴者の間の相互関係は複雑であり、これらの関係について、以降において分類して行く。

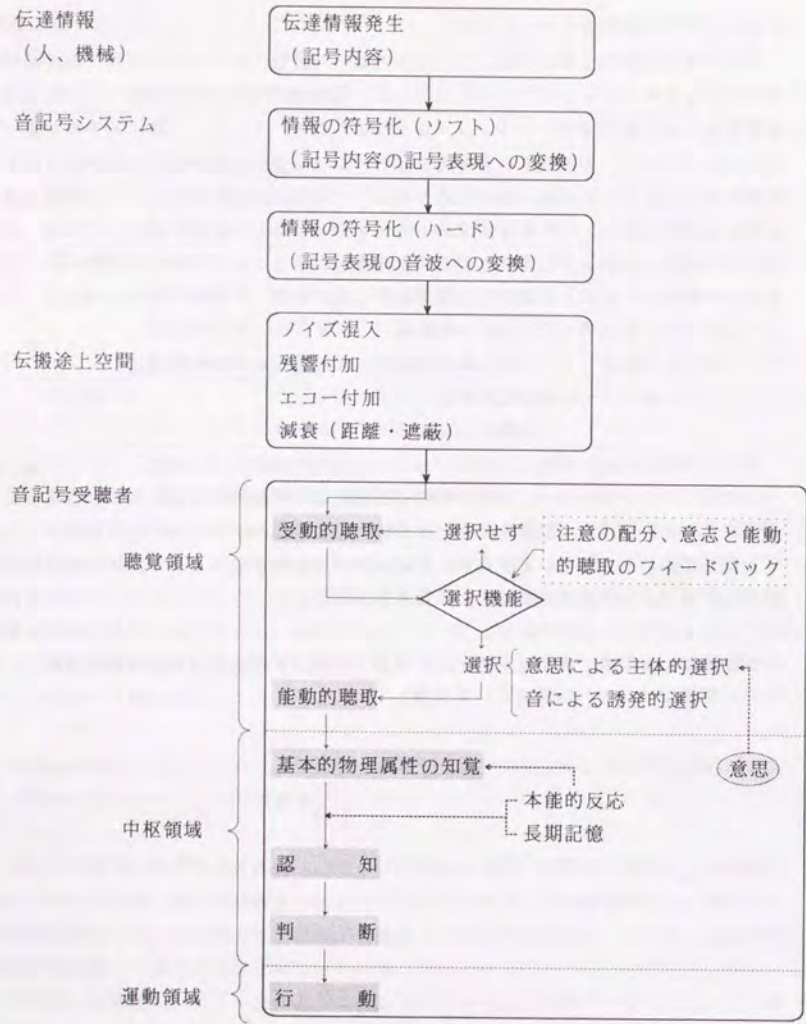


図1-4 音記号の情報伝達経路

(2) 統辞の構造

音を記号として聞きその音に対して意味付けをする際、どのようにして意味が決定されているかは非常に重要なことである。ここでは、意味付けの構造を「統辞」と呼ぶことにする。

「1. 統辞の設定法」では音記号の文法である統辞の基本的な考え方を考察する。

「2. 情報伝達と記号形態」では音記号の形態と情報伝達の関わりについて述べる。

音記号の成立条件に関する問題のうち、音記号の聞き間違いについて考えてみると、その内容には2つの場合が考えられる。「同じ記号システム内のコードの聞き間違い」と「記号システム相互の聞き間違い」とである。これらは「3. 聞き間違い現象」において考察する。

1. 統辞の設定法

統辞の設定法として考えられる方法は必ずしも決まっているわけではない。いくつかの方法があり、我々はそれらを無意識のうちに組み合わせて使っている。列挙すると表1.5のようになると考えられる。

表1.5 音記号への統辞設定法

- |                                 |
|---------------------------------|
| (1) コードと文法の恣意的設定                |
| (2) 音に対する本能的な反応の利用              |
| (3) 他のコードと文法からの経験的な類推           |
| (4) 他の刺激系統も含めた文脈 (コンテキスト) からの類推 |

ここで、コードと文法というのは記号論における用法である。簡単な定義をしておけば「コード」というのは、「あるものが他のものの代りの表現であるための約束ごと」であり、「文法」というのは、「論理的な規則」である。

これらの統辞設定法は必ずしも独立に存在し作用するものでなく、実際にはこれらが相互に複合された場合も考えられる。

認知心理学の知見に従えば<sup>21)</sup>、人間の認識の仕方にはスキーマ (Schema) とモジュラー (Modular) という2つの種類があるとしている。スキーマ的認識というのは、外界からの刺激から意味を抽出する仕組みを、中枢神経の側であらかじめ備えているような情報処理である。(1)の「コードと文法の人為的な設定」に相当するであろう。これは「学習」という過程を経なければ有効ではない。一方、モジュラー的認識とはスキーマを持たず、人間が生得的・本能的に持っている判断による情報処理である。(2)の「音に対する本能的反応の利用」がそれに相当する。この場合、学習 (幼児期の学習は除く) という過程は特に必要としない。

この2つの認識ですべての現象を説明するには不十分であり、中間的な判断が存在する。例えば、今までの記憶の中にある事柄から似た状況を捜し出し、類推する (アナロジー)、または、手掛かりとなるものを見つけて判断する (アフォーダンス) という心

理的な働きが考えられる。(3)はこのような状態であると思われる。扱ったことのない機器を使用して急にブザーが鳴り出して止まらず、あわててしまうといったようなことがこの場合に当てはまるであろう。また、(4)は異なる刺激系統(例えば視覚刺激)からの情報をも含めて、総合的な判断によって類推した物といえるであろう。

## 2. 情報伝達と記号形態

まず、元となる記号形態に使用される音の属性について整理する。形態を規定する物理的属性の次元として考えられるものの単位と、弁別閾、知覚閾のおよその値を表1.6に示す<sup>32)</sup>。

表1.6 音記号の形態を規定する  
物理的属性の4つの次元

次元	単位	弁別閾	知覚閾
音圧	Pa, (dB, phon)	0.4 dB	4-130phon
周波数	Hz	0.1-0.3%	20-2000Hz
継続時間	sec	0.1-0.2%	.....
空間	degree, m	1 -10°	.....

強度に関する指標は物理的には音圧である。その絶対的単位は圧力の単位であるパスカルであるが、通常はレベルで表示する。周波数はヘルツ、時間は秒、空間は座標系に依存するが角度、距離によって表わすのが現在のところ一般的であろう。

これらはスタティスティックに存在するだけでなく、時間とともに移り変わって行くダイナミックな存在としてあることが多い。すなわち、変調ということである。人間の知覚としても、瞬時に判断して時間とともに形態が変化してゆくという考え方をしていると見た方が常識的である。

音圧や周波数の変調というのはなじみが深い。時間の変調というのはありえない。もともと記号形態の次元としての時間は、音圧の変調の特殊な場合として位置付けられるものである。空間の変調ということもあまり耳にしないが、定位の変化・指向性の変化、ととらえれば特に変わったことではない。

これらのような変調の様子を定量的にとらえるには、特に規則性がない限りタイムチャート(横軸に時間、縦軸に各種の次元をとったグラフ)によって示すのが一番正確であろう。これらはそれぞれの次元を組み合わせることで、無限とも言える記号形態を表すことが可能である。

記号形態にはコードに直接関わる部分と、無関係な部分が必要に存在している。例えば、ベルの鳴動する時間間隔パターンによってコードを形成する時は、1回ごとのベルの波形自身には特に規定されたコードはなく、ある決まった形態をなしているにすぎない。

このような無関係な形態部分を「無意形態」と呼び、コードに関わる形態部分である時間間隔を「有意形態」と呼ぶことにする。

有意形態を設定するのに、弁別閾はそのまま用い得ないだろう。弁別閾というのは、注意を傾けて聞いてようやくその差が分かる程度の刺激の差であるので、日常的に明らかに違いの分かる差という意味合いはない。すなわち、十分条件としては弁別閾よりもっと大きな値を取る必要がある。また、使用する人間の側の時間的な履歴の違いによっても判断に差が生じることであろう。

記号として十分機能するような物理的属性の閾値がどの程度のものであるかは、明らかではなく、全ての音記号は経験的にその値を決めている所から、これは今後の重要な検討課題である。

特に目立たせる必要のあるもの(例えば、非常ベル・サイレン等)は、一般に大きな音の音記号である。しかし、遮音等による物理的障害を受けると、音の強さは変化してしまうので、強さだけを有意形態のパラメーターとした音記号は考えにくい。むしろ、記号性能に関わる有効な物理的属性であると言える。最近の目覚まし時計には、目を覚まさないと音がだんだん大きくなってゆくものがある。これも基本的性能の一つである注意喚起(覚醒)作用の強調程度を利用した使用の仕方のひとつであろう。

「音程」は、時報、サイレン等のように2つ以上の高さの音を組み合わせ、1つのシンボルとした例が多い。特に多いのは、音階で言う1度、3度、5度の音の組み合わせであろう。これらの音は相互に調和的であり、かつ、主観的な音の間隔がどの2つをとってもそれぞれ異なっている。1度、2度、3度、5度、6度の5音階の組み合わせも多いが、これ以上の数の音階を用いるのは、音楽の領域に入っているとみなす方が適当であろう。ただし、コードとして用いている例は少なく、たいていは美的な観点から独自にデザインしてしようである。(新宿や渋谷駅の発車のベルがこの例である。)音声語の原始的段階では声の抑揚などのプロソディー情報が重要な役割をしていたとも考えられ、音程に関する検討の余地は十分にあると考える。

また、FM音や断続音は、定常音とくらべラウドネスの上昇する傾向があることが知られている。単一の周波数の音より音声言語による擬態表現がしやすく、うまく設定すれば社会的に認められた音記号として、公共に広まるのに有効である可能性もある。

時系列波形の定常部が制御可能な音では、継続時間の長短の2値によってコードとする音記号がかなり多い。たとえば、船舶の通信手段である汽笛がそうであるし、電車の車掌と運転手の連絡もそうである。単純な電気回路と音響装置で伝達できるのがこの方法の利点である。言語のメタサインと考えた法が良いが、モールス信号なども継続時間の違いを用いたコードの一種である(短:長=1:3)。

またもう一つの利点として、“・-”などのように容易に図記号化できることがあげられる。音程も五線譜上に表せるが、継続時間より若干面倒である。音色は擬音



によって表せるが正確ではない。

音源方向を有意形態に用いている例は見当たらない。方向を示す性能を利用した例には、盲人用誘導チャイム、火災時の避難誘導信号がある。

以上のように、体系的に使用している例は、継続時間の他はあまり見られない。これ以外で、有意形態として符号化が比較的たやすいものは、音の高さ（基本周波数）の組み合わせ、繰り返し周期の組み合わせであろう。また、物理的な属性というよりもっと原始的であるが、日常的には生起回数がコードとして使用される割合がもっとも高いのではないだろうか。

継続時間や空間といったものは、音圧や周波数などよりも一般的に上位にある記号形態であると言えるが、これは、可変性や聴取しやすさによって決定されてくる。変更しやすく、聞き分けやすい物理的属性が有意形態として用いられるのである。すべての属性の可変性が確保でき、聞き分けることの出来るものならば、形態の有意、無意は恣意的に決めて何ら差し障りはないが、実際には様々な制約が生じている。表1.7は音記号を発生させる機器の自ずから持っている形態上の自由度を定性的に示したものである。もちろんこの表は暫定的なものであり、機器の種類はさらに分類できるであろうし制御性についてより詳しく記述することも可能である。

形態を制御していく上では時間パターンを使用することが他の属性制御よりも比較的簡単に出来ることが言えるので、我々の身近にある音記号の統計をとると時間パターンを有意形態としているものが結局一番多くなるのではないかと推察される。

表1.7 単独利用時の記号形態制御性  
(現在使われている機器についての例)

音記号発生装置の分類	機器の種類	音圧の可変性	基本周波数の可変性	時間構造の可変性
音具使用	チャイム	可	不可	on
	笛	可	可	on,off
電気使用	単発ベル	可	不可	on
	接点式ベル	不可	不可	on,off
	スピーカー	可	可	任意
	接点式ブザー	不可	不可	on,off
	ホーン	不可	不可	on,off
	圧電式ブザー	可	不可	on,off
その他	サイレン	不可	可	on,off
	雷管	不可	可	on

### 3. 聞き間違い現象

聞き間違いには2種類ある。1つは同じ音記号内でのコードの混同による聞き間違いであり、もう1つは相互に全く関係のない音記号同士の混同である。

まずここでは同じシステム内でのコードの混同といった問題を採り上げる。統辞の設定法に問題があると考えられる。間違いの生じる原因をいくつかあげてみると、

- ・コード相互の記号形態が類似している。
- ・コードが最適化されていない。
- ・記号形態の聴覚的印象と記号内容が整合していない。(ミスマッチ)

といったものが考えられる。

前述した弁別閾自体は、コードを構成するための差違として十分な有意形態を示すものではない。弁別閾というのは、注意して聞いているときに辛うじて差違を判断できるぎりぎりの境界であるので、コードを構成するにはもっと明確な違いがなければならない。どの程度で十分であるかについては、音記号の応用にまで立ち入った研究が無いため不明であり、検討すべき今後の課題として挙げておく。

コードや文法が最適化されていないと、聞き間違いを引き起こす原因となる。一例を挙げると、海上衝突予防法<sup>19)</sup>による汽笛の音記号システムでは、「右」が短声1回、「左」が短声2回と決められているが、相互の時間間隔についてはとくに取り決めが無い。緊急を要する場面に遭遇したときなどに、連続して「右」を示した場合には短声が2回連なって聞こえ、全く逆の「左」という意味になってしまう。自衛隊潜水艦が一般の船舶と衝突した「なだしお事件」の時にこの誤謬が疑われた。真相は今もって明らかではないが、可能性は大いにあると考えられる。

3番目にあげた原因は、システム相互の混同に際してもいえることであろう。

音記号によってある程度複雑な情報伝達を行うには、コード及び文法が周知されることが必要である。音としてのコードや文法を、外化された表現にする時の、記述しやすさといったものも問題である。継続時間の長短をコードとするときは「-」と「・」といった視覚的なアナロジーのきく図によって記述でき、比較的容易である。音の高さは5線譜などで表現可能である。音圧は一般的な外化表現が存在しないため視覚的表現はかなり難しい。擬音による表現がたやすいことも社会的に周知させるためには有効なことであろう。先の「・、-」は「トン、ツー」という表現が流布しておりほとんど紛れがない。

一方、システム同士が混同されてはいけない、すなわち、記号論で言う対象照合機能が正確に働かなくてはならないような場合(非常に重要度が高い、公共性が高い)には、その記号システムを特定するようなキーとなる記号形態がなくてはならない。それには、聴取頻度の低い音を使用することが必要である。音色・音程に工夫することが一般的であろう。しかし逆に、他の類似の状況時のコードや文法と大きく異なると混乱が生じる

ので、類似状況に関しては同じようなコードや文法を用いてしかるべきであろう。

また、主題歌のような音楽や拡声器を用いたアナウンスの利用は豊富な音楽でのコード、言語のコードを用いるので無意識形態に対する情報量を増加させる。それによって記号システムの冗長性は増すと見える。独自性が強くなるので非常に有用と言えるが、場合によっては邪魔感、妨害感が生じることもある。このような方策をとる際には、具体的な場に応じた検討が現段階では不可欠であろう。

この他一般的に言えば、音に対する本能的な反応、自然なアフォーダンスを有しているということも、社会的な周知のためや、規約の無い音記号をデザインする際には欠かせない条件である。例えば、「周波数の上昇は空間的な上昇をイメージさせる」「音源位置の走査は操作方向への空間移動を連想させる」「断続時間が速くなると緊急感が増す」といったようなこと（これらは経験的なことを筆者の判断で記述したもので、実験的な裏付けは今のところない。）である。マンマシンインターフェイスのよく考えられていると言われているある種のパーソナルコンピュータでは、ディスク上のファイルをオープンするとき、画面上でアイコンが広がると同時に、音程が徐々に高くなる「シューッ」という音を発するように出来ている。これらの認知に関することはすべて経験的な処理にゆだねられていると言えるであろう。

記号形態がもたらす聴覚的印象は、記号内容との対応がよい方が望ましい。これは後述する記号内容の一般化とも関連しており、第3章では主にこの点について実験的に検討している。

### (3) 記号的機能について

#### 1. 注意喚起段階と情報伝達段階

音記号がどんな機能を持つのか、持たせ得るのか、そもそも記号的な機能とは如何に定義すべきであるのかについてここでは考察して行く。

音がある時刻に鳴り始め、ある時間の後に停止した。このとき着目しているのは時間に関してである。

音があるところから聞こえた。このとき着目しているのは空間的な位置に関してである。

音があるパターンを示した。それが時間的な物であろうが空間的なものであろうが、着目しているのはその記号表現としてのパターンが示す記号内容についてであり、その物理的属性とは直接関係のない情報である。

古典的記号論に従えば、記号とはある物の代りの役割をなす物であると定義できる。だとすれば、これこそが古典的な意味では記号的であるといえる。時間、空間は単なる記号という情報の媒体に過ぎないことになってしまうが、実際は時間も空間もそれ自体が人間にとっては重要な情報の一つであり、空間、時間を示す記号である。

記号内容は1つの音記号に1つの意味が単独に対応するという、単純な階層的構造として成り立っているわけではなく、複数が相互に組み合わせられた形で1つの音記号を作っている。例えば、後方から聞こえてきた消防車のサイレンは、“どこかで火事があった”という事柄の報知と、“消防車に進路をゆずらなくてはいけない”という回避の行動要請と、“消防車がいるのは後ろである”という場所の報知とを同時に果たしている。

それらを考慮すると、記号的機能には基礎的な段階とその上位の段階があると察せられる。すなわち、単に時間や空間を提示し、意識を音へ向けるという現象が生じる初期的な段階（注意喚起段階とする）と、時間、周波数、空間、といった次元から恣意的に記号を構成して情報伝達を行なう段階（情報伝達段階とする）である（図4-3参照）。記号の古典的な機能では、明確な意識をもってそれらを分けて記述していないが、呼びかけ機能などは注意喚起段階に属するものと考えられる。

2つの段階はともに記号的機能の本質的な機能であると考えられ、物理的には同一の音の中に2つは融合的に存在していることが多い（アナウンス前の合図音の様に、意図的に分離させているものもある）。これらは、記号的機能の大まかな枠組を示すものとして位置づけられるであろう。

日常使用される音記号では注意喚起だけがあり、コードや文法を用いての情報伝達を行わないものも多い。その場合でも、形態の独自性から対象の照合がされたり、その時の文脈から類型化した情報伝達が存在するなど、意外と情報量は多い。乏しいわけではない。例えば、自動車のクラクションでも状況に応じて、危険を知らせたり、挨拶の意味で使用したりできる。統辞の設定法の項でも述べたが、時間的なコードだけが統辞を成すのではなく、文脈、類推、本能的反応などが意味を持つてくる。

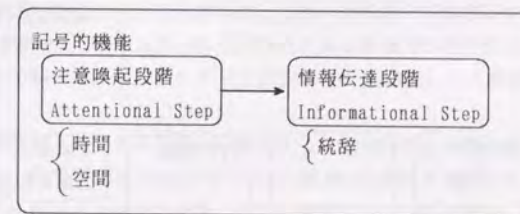


図1-6 記号的機能の2つの段階とその内容

注意喚起段階に属する機能は、時間と空間に関する情報伝達である。また、情報伝達段階に属する機能は、統辞に関する情報伝達である。したがって原則的には伝達される情報は、統辞次第でいかなるものも可能である。

後ほど記号性能ということについて考察するが、性能は機能段階と深く関係している。特に基礎的な段階である注意喚起段階では、時間、空間に関する定位機能が性能そのものであり、性能は機能が作用するための条件や作用の度合いを示すものなので、その点

を考慮せずには成り立ち得ないであろう。

音記号の聞き逃しは注意喚起段階における問題であり、コードの最適化、コードの弁別性に基づく聞き間違いは情報伝達段階の問題だが、注意喚起が十分でなく情報の始めの部分を聞き逃してしまうと、結局聞き間違いにもつながるのでお互いに関連を持っている。

データ通信ではデータの始めの部分の取り逃しを防ぐために、スタートビットという信号を入れている。データの終わりにもストップビットと言う信号を入れ、伝達情報の部分が確実に伝送されるような保護策を講じている。音記号でもアナウンスの前と後にチャイムを入れたり、時の鐘を打つ前に「捨て鐘」と言っていくつか鐘を鳴らして置くといったことがされている。

音記号には、アナウンスや汽笛などのように複雑なコードを利用してある程度の情報を伝達しようとする音記号と、情報としては低次元の物で注意喚起が主たる目的である音記号とがある。前者では、聞き逃しによって生じる聞き間違い、コードの最適化、コードの弁別性といった総合的な事が問題となる。一方後者では、聴覚的な聞き逃しということが問題である。

## 2. 記号内容の一般化

音記号の性質を明らかにすることを考えると、記号内容は視点の持ち方によっていくつかに一般化した分類が可能である。ここでは音記号の意味論的な視点から分類を行う。現実には必ずしも社会的約束があるものばかりでなく、聴覚的印象や文脈からの判断を複合的に利用しているものも多いので、その点に注意しておく必要がある。

我々が音記号によって伝達しようとする、もしくは受けとろうとする情報には、類型としてどのような物が考えられるであろうか。ここではその代表として、時間指示、空間指示、反応、行動要請の4つ(図1-5)をあげておく。

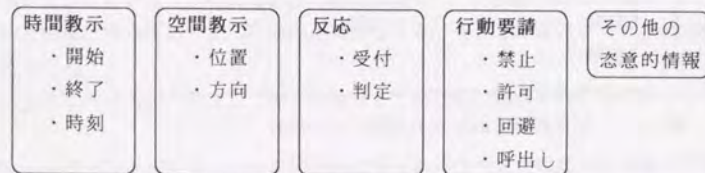


図1-5 音記号の一般化した記号内容

音記号は注意喚起と情報伝達という2つの段階がある。それぞれの段階で指示し得る記号内容は異なる。注意喚起段階では低次の情報であり、音の認知と同時に判断可能な物である。情報伝達段階というのは何らかのコードが必要であるのでより高次の情報で

あるといえる。時間指示、空間指示、反応といった記号内容は比較的低次の情報であった統辞は簡単である。本能的な反応の利用も充分可能であろう。しかし、行動要請といった記号内容になると、情報が時間や空間といった低次の物ではないので、正確な伝達が難しい。その他の恣意的な情報であればいっそう正確な伝達が難しくなる。従って、統次の設定においては聴覚的な妥当性、社会的な学習などの問題に対して、充分留意する必要がある。

時間指示とは、ある事柄の開始や終了を知らせるために鳴るもの、時刻を知らせるために鳴るものである。授業の開始や、終了、時計の時報等がこれにあたる。

空間指示とは、音源方向の静的な位置を示したり、音源の走査や周波数の掃引によって動的な方向を示すものである。

時間指示等の他の記号内容は、受聴者側の行動とは関わりがなく報知される。それに対して、反応は、受聴者の行動による入力を検知し、その入力に対して反応するという形をとる。

受付は、入力があったことに対して単純に反応する働きである。プッシュホンやレジなどのキーイン操作時に鳴る音などがそれであり、入力の「手ごたえ」を示すものである。最近の機器のスイッチは圧電素子を利用したり、静電気の微細な変化を検出したり、軽く触れるだけで入力される物が多い。手ごたえが無い分、人工的に手ごたえを補強してやらねば、入力されたのにされていないと思い、余計に入力してしまったりということがある。

判定は、さらに入力の内容に対して様々な情報を提供するものである。不当、無効な操作がなされた時や、入力された内容にある操作(計算や検索など)を加えて出力した時にその結果を示すという意味で鳴るものである。

行動要請とは、ある特定の行動をとることを促進させるための情報である。ある意味ではこの情報が音記号の中でもっとも重大な役割を担っていると考えられる。

これに該当する特定の行動として代表的なものには、禁止、許可、回避、呼出し、があげられる。

禁止とは、人が危険区域に入った時、もしくは、入りそうになった時など、人間が危険状態にさらされる恐れが生じた場合に、それを阻止する働きをする。この場合の危険状態とは局所的な状態をいう。人が行動を起こす前に抑止する「事前抑止」と、行動後に抑止する「事後抑止」が考えられるが、空間的な位置の違いだけであり本質に差はない。

許可とは、禁止と逆の意味で、安全な状態(時間、空間)である、もしくは、安全になった事を示す。禁止と許可は、交通信号の赤と青に相当するような、互いに反対の意

味を持つ。

回避とは、音記号の発信源が危険であるため、その区域から遠ざかる必要がある時に、聴取者が危険を回避することをうながすという意味を持つ。建物からの避難といったものも含む。

呼び出しとは、回避とは逆に音記号の発信源に近寄ることを促す事を意味する。何らかの対応を迫る音記号とってよいであろう。

表1.8 行動要請という意味を持つ音記号の例

禁止	: 踏切 警察官の笛
許可	: 横断歩道などの盲人の誘導音 バスの誘導の笛
回避	: 緊急車両サイレン クラクション 非常ベル
呼出し	: 電話のベル 玄関チャイム

これらの記号内容を持つ音記号に対する統辞の設定法であるが、重要な情報（消防車のサイレンのようなもの）についてはある程度コード・文法が定められ、形態が限定されていることが多い。その形態と同じものを異なる記号内容の音記号に対して使用した場合に、混同の原因となって2章で述べるような問題事例が生ずることが多い。

一方、受け付けのように重要度はそれほど高くないが頻度の高いものは、本能的な判断だけで判定可能なものが望ましいといえるであろう。

また、一般化された記号内容が社会的に特に重要な意味を持っている場合には、できれば一般化された記号形態があると望ましいのではなからうか。なおかつ、記号形態と聴覚的印象とが違和感なく固く結びついていれば、音記号の記号内容、記号表現がともに社会的なレベルで定着することの一助になるのではなからうか。

#### (4) 音記号の時間的構造

音記号と受聴者の意識状態について、音記号全体の時間的構造から考察して行く。ここでの事由とは、ある伝達情報の発生を伴う出来事を指す。事由と音記号の生起する時間的な関係を示すため、今後、図4-4の様なタイムシーケンスチャートを用いることとする。

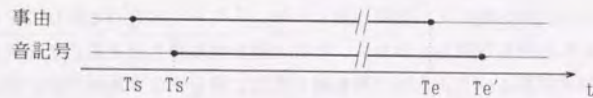


図1-7 事由と音記号の時間的構造のモデル

$T_e$ 、 $T_e'$  というのははっきりしない場合も多い。電車の発車ベルはドアが閉まる前に鳴るが、ドアが閉まるというのは一過的な現象である。それに対して、踏切の警報機は

列車の通過という場合には始まりと終わりが比較的明確である。

#### 1. 音記号開始の時間的構造（先行的報知、時間遅延的報知）

始めに、事由に先立って音記号が発生するようなパターン ( $T_s > T_s'$ ) が考えられる。このときの音記号は「もうすぐ〜である」ということを示している。したがって、事由はあらかじめ時期の分かっていることを予告するので、このような構造を持つものは「先行的報知」と呼ぶ。

次に、事由が生じた後に音記号が遅れて発生するようなパターン ( $T_s \leq T_s'$ ) が考えられる。このときの音記号は「今（先程）〜となった」ということを示している。事由の発生の時間が未知であり、事由発生が明らかになった後に音記号が生起する（事由が音記号にフィードバックされる）ので、「時間遅延的報知」と呼ぶ。

#### 2. 音記号終了の時間的構造（定形的報知、先行的終了報知、時間遅延的終了報知）

音記号終了のパターンは3つ考えられる。1つめのパターンは事由の時間的構造に関わらず、音の開始から終了までが一定 ( $T_e' - T_s' = \text{constant}$ ) のもの。音発生からある一定期間鳴動するだけなので「定形的報知」と呼ぶ。

2つめのパターンとしては、事由が解消される前に終了する ( $T_e > T_e'$ ) というもの。事由解消時期が既知であるので「先行的終了報知」と呼ぶ。「先行的報知」と内容的には同等であり、対になるものである。

3つめのパターンとしては、事由が解消した後終了する ( $T_e \leq T_e'$ ) というもの。事由に対して同期しており、「時間遅延的終了報知」と呼び、「時間遅延的報知」の対となるものである。

1.と2.は理論的にはそれぞれ独立に存在することができるので、パターンとしては6通りあることになるが、実際に使用されているかどうかは別問題である。

#### 3. 音記号に対する注意（割り込み報知、待ち受け報知）

音記号に対する受聴者の注意状態の時間的な移り変りに着目すれば、音記号開始の時期と注意との関係からいくつかのパターンとして分類が可能である。ここでも同様にして図1-8のようなタイムシーケンスチャートによって注意と音記号の関係をモデル化する。なお、注意に関しては音の開始時期における意識状態だけが重要な意味を持っており、終了時期については特に示していない。

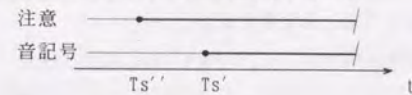


図1-8 音記号と注意の時間的関係のモデル

注意状態には2つの場合が考えられる。事前の注意がない場合 ( $T_s' < T_s$ ) と、事前に注意が向いている場合 ( $T_s' \geq T_s$ ) である。

事前の注意がない場合には、音記号は受聴者の行動に対し、全く新たな予期していない情報をもたらすものである。「割り込み報知」と呼ぶ。受聴者は音によって始めて音記号に注意が向き、統辞によって情報を得ることができる。しかし、音の刺激強度によっては気付かないこともあり得る。そこで音の注意喚起性ということが問題となってくる。注意喚起性というのは記号としての性能を示す一つの指標である。およそそれは音量と相関が高いと考えられるが、その他の物理的な属性との関係は明らかではない。また、単に音を大きくするだけでは快適な環境との相互関係から問題も多い。そこで、十分な注意喚起性を有し、かつ不快にならないような物理的屬性の条件を模索するための検討が今後必要となろう。

事前に注意が向いている場合は、ある程度どのような情報が与えられるか予期できるため、「待ち受け報知」と呼ぶ。この場合、注意喚起性は低くても構わず、情報伝達性が十分であれば良い。

音記号の終了する時間的構造については、事由が消滅するか、音記号が終了するかの時間的な差違だけであり、また、すでに注意喚起段階を終えているところから、注意と関係する事柄で特に取り上げるべき物はない。終了時の時間的構造については、行動要請との関係から述べる予定である。

#### 4. 時間的構造の制御方法

以上1.から3.まで、記号形態のうち音記号全体に対する時間的構造のパラメトリックな変化と聴取者の意識状態について述べてきた。ここで、時間的構造の制御についてまとめてみる。時間構造は前述してきたように事由の判定を基にして決定されるので、まずその規準としての事由の決定法と、音の制御手段に着目する。

事由の決定は、時刻によるものと、状況によるものの2種類に分類できる。制御手段としては、何らかのセンサーによって制御するもの（自動制御）と、人間が判断して制御するもの（手動制御）の2通りがある。

時刻というものも、考えようによっては状況の一種であるというようにとらえることも可能である。すなわち、タイマーは時間に関するセンサーであると考えれば、事由の決定法は一種類しかないことになるが、ここでは常識的な概念に従い、時間については区別した。

鳴動開始と停止の制御手段は相互に独立である。鳴動開始は時刻によって制御し、停止は状況をセンシングして制御するということも可能である。

表1.9 音記号の時間制御

事由の決定法	音の制御手段
時刻	自動制御（センサー、タイマー使用）
状況判断	手動制御

#### 5. 一般化した記号内容における時間制御

1-2(3)では音記号の伝達情報の類型的なものとして、時間指示、空間指示、反応、行動要請の4つを挙げた。

行動要請については2つの状況が考えられる。（ここでは音記号の鳴動開始時の注意状態は考えない。開始の時点で注意に関する差違は出尽くしてしまうからである。よって、受聴から行動にいたる過程と鳴動の停止に着目する。）

音記号によって行動に変化がみられる場合は「行動要請あり」とし、音記号によって特に行動への影響がみられない場合「行動要請なし」とした。「要請あり」の中では、表1.10に示すような行動と音記号の鳴動停止の時間関係に注目した分類というものが時間的構造と深く関わっている。行動不感知型報知は鳴動停止がタイマーによって制御した定形的報知であるのに対し、行動感知型報知は行動を何らかのセンサーによって感知してフィードバックした時間遅延的終了報知であるという対比を見せている。

表1.10 行動要請と音記号の時間制御（鳴動停止）

行動 不感知	行動を起こしても停止しない	音源からの距離が生じることによってのみ音記号から開放される
	行動を起こさなくても停止	音源自体の音の発生が止むことによって音記号から開放される
行動 感知	行動を起こすまで停止しない	行動を起こせば停止する

行動を起こしても終了しない音記号というのは緊急性、重要性が高いものに当てはまる。音が鳴り続けるので日常的な使用にはうるさくて適切ではなく、聴取頻度は高くならないことが要求される。それに対して、行動を起こさなくても終了する音というのは、受聴者の行動と無関係に決まるという点では同様であるが、音がすぐ停止するので聴取者にそれほど妨害感を与えない。比較的重要性が低く単発的な（情報の少ない）合図であるか、または、鳴動開始（終了）の時間に意味がある場合に相当であるといえる。

カード電話のカード返却の合図音を例にとると、初期は行動感知型報知でカードを取ると鳴動停止するようになっていたが、近年のものは不感知型になった。カードを引き抜いてもしばらく鳴り続けるのである。カードの取り忘れを防止するためならば、感知型のままの方が良かったのではなかろうか。

反応の報知は必ずといっていいほど時間遅延的報知であり、定形的報知である。時間遅延は小さいほど望ましい。受け付けだけであれば時間遅延は限りなく0に近くできるが、何らかの判定を含むものの場合はどうしても実時間処理するのは難しくなる。

また、注意の観点からすると反応の報知は割り込み報知ではなく、待ち受け報知になっているのは言うまでもないことであろう。

時間教示の場合、鳴動開始、もしくは鳴動停止の時間（場合によってはその両方）が問題となるが、ほとんど定形報知と考えてよいだろう。

空間教示においては、時間の制御は直接関係していないが、伝搬途上空間の問題がある。空間教示に向けた時間的な形態があれば、その形になるように定形報知とすべきだろう。

#### (5) 音記号の空間的構造

1. 音源の空間的布置（単独配置、複数配置、固定配置、移動配置、可変指向性配置、可変定位配置、均等音圧配置、音走査配置、異種音源配置）

音源の布置には2通りある。音源が1つの場合（単独配置）と音源が多数ある場合（複数配置）である。表1.11にその特徴を示す。

表1.11 音源の布置とその特徴

配置法	配置の特徴（利点・欠点）
単独配置	音源自体の位置に対して方向定位が可能。
	音源自体を動かすことで動的な方向の指示が可能。 広域に伝達する場合、近くの点と遠くの点では音圧の差が大きい。
複数配置	ステレオ効果やハース効果により音源位置以外にも方向定位が可能。
	音源を順次鳴動させることで動的な方向の指示が可能。 音の到達時間差によって明瞭度が下がる可能性がある。

ここに示したものは原則的なものであり、それぞれの音源の形態によって、また、音場によって、利点も欠点もその度合いは異なってくる。

単独配置、複数配置といった配置法は、さらにいくつかのタイプに分類できる。それらについて述べる。

単独配置は音源が固定されたもの（固定配置）と、音源自身が移動するもの（移動配置）と、位置は変わらずに指向性だけが変わるもの（可変指向性配置）が考えられる。移動するものは主として交通機関に付随するものである。サイレンや後退ブザーなどがそれに当てはまる。可変指向性配置で実用にされているものは見いだせない。

複数配置は単独配置の様に移動するものはない。疑似的に音源の定位方向を変えるための方法としてステレオ効果やハース効果（可変定位配置）が利用できる。多数配置することで一個あたりの音響パワーを下げ均一な音圧分布を得るという効果（均等音圧配置）もねらえる。また、順次音源を鳴動させることで単独移動配置とほぼ同等な効果（音走査配置）を得ることもできる。さらに、複数ある音源をそれぞれ異なるものにする（異種音源配置）ということも考えることができる。

#### 2. 記号内容と空間的構造

方向定位が重要である事由に関しては、音記号の空間的構造によって定位された音源方向に対する、受聴する側の行動について考察を試みる。音記号を受け取った人間の位置を変えろという「行動要請」を伴う情報伝達だけに着目すると、その内容は音記号の音源位置、あるいは、音源の指し示す位置に対して、受聴者の相対的移動方向が音源の示す位置に依存しているか否かによって決定される。

表1.12 音記号と対象者の行動の位置関係に関する分類

音源の示す位置への依存性	音源の示す位置に対する方向性
位置依存的報知	音源位置への接近、退避
位置非依存的報知	音源位置とは無関係

空間に依存しないということは、逆に言えば、統辞に依存していることを示している。また、空間に依存しているといっても、接近であるとか退避であるとかの情報は統辞に依存しており、空間に対する情報だけが統辞によらずに音源に依存しているのである。

非常ベルなどは音源位置に依存していてもよさそうな気がするが、従来、火元や危険な領域がどこであるかと言うことと、非常ベルの位置とは関係が無く、漠然と退避を要求していたが、最近は防火区画に対応してベルをならしたり、出口を示す音記号の工夫（音走査、ハース効果）をしたり、新たな工夫が行なわれつつある。

#### (6) 記号性能について

ここまで何度か音記号の性能ということを書いてきたので、それらについてまとめて行く。

記号性能とは、音記号の機能（注意喚起、情報伝達、古典的記号の機能）を支える音響的な性状のことで、ハードウェア的、ソフトウェア的に実現された記号形態によって決定される性能である。従って、機能に対応した形として、注意喚起性能、情報伝達性能というものが考えられる。

しかし、記号形態だけを考えればよいのではない。というのは、音記号は空气中を伝搬してゆき、人間によって受聴されるわけである。音場の特性と人間の生理的な特性とを考慮せねばならない。

一方、統辞の設定に関わることは、社会的な意味合いでの性能ということできよう。どこまでを記号性能として定義するかが問題となる。筆者としては、音響的な意味に限定して考えた方が体系としては簡潔にまとまるのではないかと考えている。「覚えやすさ」、「表現しやすさ」といった社会的な認知の側面を多分に含むことがらについては、「統辞の設定法」に関する考察を参照されたい。

注意喚起、情報伝達といった音記号の性能がどのような物理量によって制約を受けているか、また、性能の指標としてどのようなものが考えられ、それらが現在までの程度明らかにされているのかについて、ここでは明らかにして行きたい。

注意喚起は基本的に音量の変化が明確であることが必要条件である。その際、絶対的な音量自体と共に、背景となる音圧レベルも重要な働きをしていると考えられる<sup>33)</sup>。選択的な注意を喚起させることと、音記号の音圧レベルの関係について定量的な評価を求めた研究は無い。人間工学的側面からの研究では、作業状態と注意ということに力点を置いた研究はみることができるが、音自体の様々な次元をパラメータとしているわけではない。

オーケストラの演奏の良否を聞き分ける耳を持つ人間の情報処理能力は、かなりなものであることがうかがえる。最大伝達情報量・速度といったものは情報伝達の単位をどのような物理量で取るかによって異なってくる。ただ音記号の場合、特に公共空間で使われるようなものについては、汽笛の様に複雑な文法をもって多くの情報を伝達するといったことは難しい。

明瞭度といった場合、「ある言語について特定の空間における正確な判断がなし得る確率」と言った意味で使用されている。しかしながら、もっと根源的な明瞭性に関わるものがあるのではないだろうか。暗騒音があるとか、残響が大きいかで直ちに聞き間違えやすくなる音同士は互いに近い位置にあると思われる。相互の音同士の距離を一番遠くしておくための方策は何かあるのだろうか。

図1-42に示した音記号の情報伝達経路からして、記号性能には音源側の条件としての記号形態（情報のソフト的・ハード的符号化）だけではなく、伝達途上空間におけるノイズの混入・残響の付加・減衰といった影響が考えられる。さらに、人間の聴取能力というものが絡んでくる。それぞれの関係を各々の従来の研究を踏まえ、音記号の注意性能として、あるいは情報伝達性能として、どの程度の性能を有しているのかを明確化してゆくことがこれからの研究課題である。

どのような形で機能を評価するかについては以下の表に示す。

表1.13 音記号の機能評価指標

	記号的機能	指標	備考
注意喚起性能	選択的な注意喚起	認知率(%)	音源の記号形態、音場、人間相互に依存
	時間同定	時間判定一致率(%)	
	空間同定	空間判定一致率(%)	
情報伝達性能	情報量	情報単位(bit)	記号形態のみに依存
	情報のスピード	情報伝達速度(bps)	記号形態のみに依存
	信頼性	正判断率(%)	人間に依存

一致率、正判断率というものは統計的な数値であるが、現在使用されている明瞭度等も統計的な指標であり、記号性能を表す指標として特に問題はないものと思われる。

音源側の形態のパラメータとして検討するものは、音圧や周波数などの物理的な次元のスタティスティックなものをまず考え、さらにそれらが変調されたものを考えるべきであろう。音色のように定量的表現に統一された方法のないものについては、音色を表す言葉によってカテゴライズされた定性的な表現にならざるを得ないであろう。

情報量、情報のスピードは音記号の音源の記号形態だけで決定される。それに対し、選択的な注意喚起、時間同定、空間同定、信頼性といったものは、音源側と人間の能力によって基本的な性能が決まり、伝達途上空間の特性によって付加的影響を受けると考えられる。

暗騒音、残響、エコー、減衰等の影響を一元的に評価する指標にはいろいろな試みがあるが、未だ問題は多いといえる。それは、音源側の問題（現在は主に音声を対象としている）と音場側の問題を混在して考えている上に、音場の騒音残響などの個々の問題をすべて同時に扱っているためではなかろうか。しかも判定の規準は人間である。それぞれの問題を分離して扱い、その後で総合して考察してゆくという手順の方が問題解決の近道なのではなかろうか。

第1章の参考文献

- 1) 大島正光, “人間工学からみた警報システムのあり方”, 安全VOL.30, No.11(1979)
- 2) 増本清, “災害事例からみた警報の問題点”, 安全VOL.30, No.11(1979)
- 3) 長野英麿, “大型輸送機の飛行計器警報装置の現在と将来”, 安全工学VOL.18, No.6, (1979)
- 4) 江川義之, “警告音”, 安全VOL.39, No.4(1988)
- 5) H.Lazarus and H.Höge, “Industrial safety:Acoustic signals for danger situations in factories”, Applied Ergonomics March (1986)
- 6) H.Höge, A.Schick, S.Kuwano, S.Namba, H.Lazarus, “ARE THERE INVARIANTS OF SOUND INTERPRETATION ? THE CASE OF DANGER SIGNALS”, Proceedings of the 5th International Congress on Noise as a Public Health Problem, Swedish Council for Building Research (1988)
- 7) M.Bock, H.Lazarus, H.Höge, “Effects of noise on the efficiency of danger signals”, Proceedings of the 4th International Congress on Noise as a Public Health Problem, Swedish Council for Building Research (1983)
- 8) 三浦佳世他, “若い世代の音源認知とその主観的印象-警告音の場合-”, 人間工学, Vol.26 (第31回大会特別号) (1990)
- 9) 神忠久, 大串健吾, “音による避難誘導について”, 火災VOL.36, No.1(1986)、及び、神忠久, “音による避難誘導の活性化に関する研究”, 災害の研究 Vol.16
- 10) 渡辺, “音の方向定位を利用した避難誘導について” 日本音響学会騒音研究会資料 N-91-39(1991)
- 11) 山崎芳男他, “音による避難誘導システムに関する基礎的調査”, 日本音響学会講演論文集II pp.659-660 (1990.9)
- 12) 庄野泰子他, “波の記譜法”, 時事通信社 (1986)
- 13) JIS D5701, “自動車用ホーン” (1982)
- 14) JIS D5712, “自動車用接点式警告ブザー” (1973)
- 15) JIS F8504, “船用電子ホーン” (1984)
- 16) ISO 8201, “Acoustics - Audible emergency evacuation signal” (1987)
- 17) ISO 7731, “Danger signals for work place - Auditory danger signals” (1986)
- 18) 江川義之, “騒音環境場における警告信号の設定法”, 安全技術研究会資料, 電子情報通信学会・日本人間工学会(1990)
- 19) 海上衝突予防法, 第4章, 32条~35条, 及び, 施行規則
- 20) 消防法, 施行規則 (非常警報設備に関する基準), 第25条, 及び, 昭和48年2月10日消防庁告知第6号, 第3~第4
- 21) 労働安全衛生法, 24条, 及び, 労働安全施行規則107条
- 22) 道路法, 道路構造令, 第34条

- 23) 道路運送車両法, 43条
- 24) 道路運送車両法, 49条
- 25) 高辻正基, “記号とはなにか”, 講談社 (ブルーバックス)(1985)  
ピエール・ギロー, “記号学-意味作用とコミュニケーション”, 白水社(1972)等
- 26) 大島正光, “人間工学から見た警報システムのあり方”, 安全 Vol.30 No.11(1979)
- 27) Forbes, G. “The effect of certain variables on visual and auditory reaction times”, J. Exp. Psychol., Vol.35, pp.153-162 (1945)
- 28) Balke, B. “Human tolerance, FAA Aeromedical Center, Civil-Aeromedical Research Institute (1965)
- 29) 服部等作, “快適性のデザイン”, 日本音響学会誌 Vol.46 No.11(1990)
- 30) 橋本邦衛, “マンマシン系における人間の特性と過誤”, 計測と制御 Vol.19 No.9(1980)
- 31) D. E. ルーメルハート, “人間の情報処理”, サイエンス社 (1979)など
- 32) “聴覚と音響心理” 日本音響学会編 (1978)など参照

その他参照論文

- 土田、安岡 “音を用いた記号体系に関する一考察” 日本音響学会講演論文集 (秋季) (1989)
- J. R. アンダーソン “認知心理学概論” 誠心書房(1982)
- 土田他 “騒音レベルの変動が音の大きさの評価に与える履歴的影響” 日本建築学会大会学術講演梗概集E(1987)
- 林喜男, “人間信頼性工学”, 海山堂



## 第2章

### 第1章

#### 音記号の収集と分析

・サーベイ（空間を限定しない収集）

時間的構造・空間的構造による分類

ケーススタディ（都市の中の駅に限定）

音環境全体の中で音記号（ベル・アナウンス）が  
どのような影響を及ぼしているか  
人間の意識の相と時間的・空間的構造

#### 音記号への意識に関する調査

聴感試験（現実の各種の音に対して）

自由回答

主観的評価尺度

#### 問題事例の分析

## 第2章 環境音中の音記号の実態とその認識について

ここでは現状の音記号に対するサーベイとして、音記号の収集、駅の音環境測定、簡単な意識調査を行った。

まず、都市内で実際に使用されている音記号を収集し（調査Ⅰ）、さらに、駅という特定空間内における音記号の使用実態について物理的音環境から調べた（調査Ⅱ）。また、環境音として聞かれる様々な音記号を含む音の、受聴者側の心理的反応を自由回答によるアンケートやSD法等の心理学的測定法によってとらえることを試みた（実験Ⅰ・Ⅱ）。

### 2-1 音記号の収集と分析

#### （1）都市の中で聞かれる音記号（調査Ⅰ）

都市内の公共的空間で聞くことができる音記号には、どのようなものがあるかを思い付く限り列挙し、実際に都市内において収集することを試みた。収集が可能であったものについて、第1章で考察した各種の視点から整理し、音記号体系を考証してゆく。

音記号の周波数分析等においては、基本的にここに示したものを中心として考察するが、実際に収録したものと必ずしも一致していないことを了解されたい。

表2.1などに示した音は、ほとんどが日常的に聞くことができる音ばかりである。それらは原則的には録音できるはずであるが、発生頻度の低いものや、数多くは見ることの出来ないものもあるので、今回すべてを録音できたわけではない。また、統辞の規定されていないものは対象によって音記号のシステムがすべて異なるので、これらは現況の例の域を出ていない。従って、ここで調べたものと異なる音記号のシステムが存在する可能性もあることに注意を要する。すべて事例としてとらえられたい。

#### 1. 音記号の統辞・機能・形態

第1章では音記号を体系化する視点についていくつか論考してきた。ここでは現況の音記号に対してその体系を当てはめてゆき、実質的な使用状態を明らかにしてゆくことに努める。

まず、各音記号が本来伝達しようとしている記号内容（デノーテーション）を示し、何らかの規約のもとでその記号表現（形態）が決まっているのかどうかについて調べたものを一覧表として示す。統辞の設定法は、恣意的規約、文脈、類推、本能的反応とあったが、恣意的な規約があるものについてはその種類を記した。

表2.1 事例としての音記号の統辞設定

対象とした音記号	統辞の設定法	
	記号内容	社会的規約
1 電話ベル(受手側)	内線、外線他	
2 電話受話器の音(掛手側)	ダイヤル可呼び出し中、話中他	
3 電話受話器の音(掛手側)	取り忘れ防止	
4 公衆電話が切れる直前の音	通話可能時間の終了	
5 アクション・ボタンを押す音	1,2,3,4,5,6,7,8,9,0,#,*	
6 目覚まし時計	セット時刻の到来	
7 磁気・金属探知ブザー	現金など旅行の存在	
8 自動改札の警告ブザー	現金ない旅券の不在	
9 非常ベル	火災発生内容無し)	消防法 JIS、消防連送申渡法
10 クラクション	緊急車両通過	消防法 JIS、消防連送申渡法
11 サイレン(1/消防車)	緊急車両通過	消防法 JIS、消防連送申渡法
12 サイレン(2/パトカー)	緊急車両通過	消防法 JIS、消防連送申渡法
13 サイレン(3/救急車)	緊急車両通過	消防法 JIS、消防連送申渡法
14 電車の警笛	緊急車両通過内容無し)	消防法 JIS、消防連送申渡法
15 自転車のベル	特定の内容無し)	
16 発車ベル	特定の内容無し)	
17 銀行キャッシュディスプレイ	受付、返却、取り忘れ防止	
18 車のバックの合図	自動車の後退	
19 学校のチャイム	授業開始、授業終了	
20 インターン	呼び出し	
21 ホットベル	呼び出し	
22 電子レンジのタイマー	終了アラーム	
23 オートスターのタイマー	呼び出し	
24 呼び鈴	呼び出し	
25 スタートのピストル	スタート、フライング	
26 ゴンク	試合開始、試合終了	海上衝突予防法
27 汽笛	右折、左折、追い越し他	
28 映画館の開演ブザー	映画の上演開始	
29 寺の鐘	時刻	
30 時報	時刻	
31 館内のアナウンス予告音	アナウンスの開始	
32 高校野球サイレン	試合開始、試合終了	
33 花火(合図)	特定の内容無し)	
34 踏切	列車の通過	道路法-道路構造令
35 信号の盲人用合図	横断の可来、退出	
36 自動ドア出入り合図	横断の可来、退出	
37 レッ、入力音	受付	
38 自動車警告ブザー	半ドア、シートベルトの未装着他	JIS

無意形態、有意形態ともに比較的厳密に定められているのは、汽笛の他に見いだせない。法的な規約であっても音量の範囲のみであるとか基本周波数の範囲のみの記述である場合が多い。例えば踏切の規約というのは、警報施設を設けるといった記述だけであり具体的な設定については何も論及していない。

自動車警告ブザーは JIS D 5712 によって使用する周波数帯が定められているが、これは無意形態についての取り決めであり、有意形態にかかわる取り決めはないので、何の警告であるかはすぐに判明しない場合もある(半ドア、ライトの消し忘れ、キーの抜き忘れ等いろいろな警告がある)。

さらに、規約の無いものや内規でしかないものについては、その記号内容は不確かであり、記号内容は必ずしも形態と一対一で対応してはいない。高校野球のサイレンと緊急車両の使うサイレンとは形態的にはほとんど同じ物である。それでも両者を区別できるのは文脈の効果である。

時間構造の制御が手動式の物は弾力的に使用できるので、文脈や類推などの非規約的

な統辞によって、ある程度多種類の情報伝達が可能である。例えばクラクションは普通は危険を避けるための注意喚起を目的とした音記号であるが、道を譲られたときなどに短く鳴らして挨拶の意味を持たせるといったことが現実に行われている。

汽笛は規約が厳密に決まっていると述べたが、それは乗務員が使う合図についてだけであり、旅客向けの合図は内規で決めたものがあるにすぎない。当然、各会社によって異なってくる。

ここで挙げた記号内容とはデノーテーションである。コノーテーションも考えられるが、それは人によりかなり異なり、数も多くなることが予想される。このことについては実験 II Ⅱの中で考察することにする。

表2.2 事例としての音記号で規定されている形態の属性

音記号の種類	記号内容の重複	有意形態の属性	規約形態と属性
1 電話ベル(受手側)	○	回数	音周波数範囲 音量
2 電話受話器の音(掛手側)	○	パターン	
3 電話受話器の音(掛手側)	○	パターン	
4 公衆電話が切れる直前の音	○	周波数	
5 アクション・ボタンを押す音	○	人間への意味は受付の意のみ	
6 目覚まし時計	○	人間への意味は受付の意のみ	
7 磁気・金属探知ブザー	○	人間への意味は受付の意のみ	
8 自動改札の警告ブザー	○	人間への意味は受付の意のみ	
9 非常ベル	○	人間への意味は受付の意のみ	
10 クラクション	○	人間への意味は受付の意のみ	
11 サイレン(1/消防車)	○	人間への意味は受付の意のみ	
12 サイレン(2/パトカー)	○	人間への意味は受付の意のみ	
13 サイレン(3/救急車)	○	人間への意味は受付の意のみ	
14 電車の警笛	○	人間への意味は受付の意のみ	
15 自転車のベル	○	人間への意味は受付の意のみ	
16 発車ベル	○	人間への意味は受付の意のみ	
17 銀行キャッシュディスプレイ	○	時間、周波数	
18 車のバックの合図	○	時間、周波数	
19 学校のチャイム	○	無し(時間的前後から判断)	
20 インターン	○	無し(時間的前後から判断)	
21 ホットベル	○	無し(時間的前後から判断)	
22 電子レンジのタイマー	○	無し(時間的前後から判断)	
23 オートスターのタイマー	○	無し(時間的前後から判断)	
24 呼び鈴	○	無し(時間的前後から判断)	
25 スタートのピストル	○	回数	
26 ゴンク	○	回数	
27 汽笛	○	時間パターン	
28 映画館の開演ブザー	○	回数	
29 寺の鐘	○	回数	
30 時報	○	回数	
31 館内のアナウンス予告音	○	回数	
32 高校野球サイレン	○	回数	
33 花火(合図)	○	回数	
34 踏切	○	回数	
35 信号の盲人用合図	○	メロディー	
36 自動ドア出入り合図	○	メロディー	
37 レッ、入力音	○	無し(状況から判断)	
38 自動車警告ブザー	○	無し(状況から判断)	

注1) 複数の物に○をつけている。

注2) 有意形態のあるものはそのままの形で特に記入していない。ここに記入したのは無意形態についてのみ。

ここに示した音記号のうち、狭義の情報伝達機能(記号形態のパターンによってコードを形成して情報を伝える)を有するのは記号内容が複数あるものが当てはまり、有意形態の規定がある。その他の無意形態を定めた音記号は、狭義の情報伝達を目的として

いるのではなく、注意喚起性能の保持を目的としているのではないかと考えられる。  
 また、注意喚起機能と切り離すことができず、全体で一つの機能とした空間の情報と時間の情報というものは、基本的にすべてに当てはまる。

表2.3 事例としての音記号の時間的構造

音記号の種類	開始 <sup>注2</sup>		終了 <sup>注3</sup>		定形
	先行	時間遅延	先行	時間遅延	
1 電話受話器の音(掛手側)		*		*	
2 電話受話器の音(掛手側)		○*		*	
3 電話受話器の音(掛手側)		*		*	
4 公共電話が切れる直前の音	○				○○
5 #がツッポン・ボタンを押す音		*		*	
6 #がツッポン・ボタンを押す音		*		*	(○)
7 #がツッポン・ボタンを押す音		*		*	○○
8 #がツッポン・ボタンを押す音		*		*	
9 非常ベル		○		*	
10 クラクション	?	-		-	-
11 サレン(1/消防車)	○○				
12 サレン(2/ハトカー)	○○				
13 サレン(3/救急車)	○○				
14 電車の警笛	??	-		-	-
15 電車のベル	○			-	○
16 電車のベル	○			-	○
17 銀行キャッシュ・イサ・ソナー	○	*		*	○○
18 車のバックの合図	○	*		*	○○
19 車のバックの合図	○	*		*	○○
20 学校のチャイム		*		*	○
21 インタクトベル		*		*	○
22 電子レンジのタイマー		*		*	○○
23 オープンスターのタイマー		*		*	○○
24 呼び鈴		*		*	○○
25 スタートのピストル		*		*	○○
26 #がツッポン・ボタンを押す音		*		*	○○
27 汽笛の演奏アザー	○○	*		*	○○
28 汽笛の演奏アザー	○○	*	○	*	○○
29 汽笛の演奏アザー	○○	*		*	○○
30 汽笛の演奏アザー	○○	*		*	○○
31 汽笛の演奏アザー	○○	*		*	○○
32 汽笛の演奏アザー	○○	*	○	*	○○
33 汽笛の演奏アザー	○○	*		*	○○
34 汽笛の演奏アザー	○○	*		*	○○
35 汽笛の演奏アザー	○○	*		*	○○
36 汽笛の演奏アザー	○○	*		*	○○
37 汽笛の演奏アザー	○○	*		*	○○
38 汽笛の演奏アザー	○○	*		*	○○

注1) こゝに示す音記号は、その音の発生時刻を基準として、その音の発生時刻から、その音の発生時刻までの時間的構造を示す。この場合、その音の発生時刻は、その音の発生時刻を基準として、その音の発生時刻までの時間的構造を示す。

注2) こゝに示す音記号は、その音の発生時刻を基準として、その音の発生時刻までの時間的構造を示す。この場合、その音の発生時刻は、その音の発生時刻を基準として、その音の発生時刻までの時間的構造を示す。

注3) こゝに示す音記号は、その音の発生時刻を基準として、その音の発生時刻までの時間的構造を示す。この場合、その音の発生時刻は、その音の発生時刻を基準として、その音の発生時刻までの時間的構造を示す。

表2.4 時間構造の制御法

音記号の種類	鳴動開始		鳴動停止	
	時刻	状況	時刻	状況
1 ベル(受手側)		自動		自動
2 電話受話器の音(掛手側)		自動		自動
3 電話受話器の音(掛手側)		自動		自動
4 公共電話が切れる直前の音		自動		自動
5 #がツッポン・ボタンを押す音		自動		自動
6 #がツッポン・ボタンを押す音		自動		自動
7 非常ベル		自動		自動
8 クラクション		自動		自動
9 サレン(1/消防車)		自動		自動
10 サレン(2/ハトカー)		自動		自動
11 サレン(3/救急車)		自動		自動
12 電車の警笛		自動		自動
13 電車のベル		自動		自動
14 電車のベル		自動		自動
15 銀行キャッシュ・イサ・ソナー		自動		自動
16 車のバックの合図		自動		自動
17 車のバックの合図		自動		自動
18 学校のチャイム		自動		自動
19 インタクトベル		自動		自動
20 電子レンジのタイマー		自動		自動
21 オープンスターのタイマー		自動		自動
22 呼び鈴		自動		自動
23 スタートのピストル		自動		自動
24 #がツッポン・ボタンを押す音		自動		自動
25 汽笛の演奏アザー		自動		自動
26 汽笛の演奏アザー		自動		自動
27 汽笛の演奏アザー		自動		自動
28 汽笛の演奏アザー		自動		自動
29 汽笛の演奏アザー		自動		自動
30 汽笛の演奏アザー		自動		自動
31 汽笛の演奏アザー		自動		自動
32 汽笛の演奏アザー		自動		自動
33 汽笛の演奏アザー		自動		自動
34 汽笛の演奏アザー		自動		自動
35 汽笛の演奏アザー		自動		自動
36 汽笛の演奏アザー		自動		自動
37 汽笛の演奏アザー		自動		自動
38 汽笛の演奏アザー		自動		自動

注) 「定」は定形報知。  
 銀行キャッシュ・イサ・ソナーと自動車警告ブザーは記号内容によって終了の制御方式が異なる。

表2.5 事例としての音記号の空間的構造

音記号の種類	単独配置		複数配置			
	固定	移動	可変指向	可変定位	等音圧音源	音源
1 電話ベル(受手側)	○					
2 電話受話器の音(掛手側)	○					
3 公衆電話が切れる直前の音	○					
4 アラーム・ボタンを押す音	○					
5 目覚まし時計	○					
6 磁気・金属探知ブザー	○					
7 自動改札の警告ブザー	○					
8 非常ベル	○					
9 クラクション		○				
10 サイレン(1/消防車)		○				
11 サイレン(2/パトカー)		○				
12 サイレン(3/救急車)		○				
13 電車の警笛		○				
14 自転車のベル		○				
15 乗車ベル		○				
16 銀行キャッシュ・イェンター	○					
17 車のバックの合図		○				
18 学校のチャイム		○				
19 インターン		○				
20 ボクシングベル		○				
21 電子レンジのタイマー		○				
22 オブスターのタイマー		○				
23 呼び鈴		○				
24 スタートのピストル		○				
25 コンカ		○				
26 汽笛		○				
27 映画館の開演ブザー		○				
28 寺の鐘		○				
29 時報		○				
30 館内のアナウンス予告音		○				
31 館内野球サイレン		○				
32 高火(合図)		○				
33 花筒切符		○				
34 信号の盲人用合図		○				
35 自動ドア出入り合図		○				
36 レンタカーの音		○				
37 自動車警告ブザー		○				
38		○				

実在の音記号の収集は、東京都内各所を巡り、ポータブルDAT(アイワHD-X1)及び、高指向性マイクロホンを使用して録音した。マイクロホンの周波数特性は、可聴領域ではほぼ平坦な特性を得ている。一般のマイクロホンを使用した関係上、音圧レベルの校正はしていない。そのため、絶対的なレベルというものは把握不可能であるが、音源の相対的な特性は分析可能であろう。

一部収録が不可能なものについては、効果音のCDとして市販されているものを利用したものもある。それらについてはどのような状況で録音されたものであるか詳細(使用マイクロホン、対象との位置関係など)が不明なので、時間的特性、周波数特性については若干の注意が必要である。周波数特性は不正確な可能性があるが、傾向が大きく異なることはないと思われる。

録音した音を研究室において、FFTアナライザー(小野測器CF300)によって狭帯域周波数分析を行なった。表2.6にその結果から、基本周波数と見られるピークの位置と、周波数特性上の形態的特徴について要約したものを示す。また、図2-1に基本周波数の大きさの順に並べ、規格、法令等の規約があるものはそれも同図中に示した。

表2.6 音記号分析結果の概要

No.	音の種類	Hz		dB		備考
		基本frq	倍音	倍強		
1	目覚し時計	900	整数	28		
2	非常ベル	1200	整数	7		
3	発車ベル(大塚)	480	非整数	8		
4	発車ベル(上野・京浜東北)	700	非整数	-20FM音		
5	発車ベル(上野・山の手線)	525	非整数	-10FM音		
6	発車ベル(上野・9番)	770	なし	-FM音		
7	発車ベル(上野・10番)	760	整数	-30FM音		
8	都電踏切切(ヒンポーン・低音)	500	整数	-6		
9	都電踏切切(ヒンポーン・高音)	625	整数	-8		
10	都電警笛	375	整数	7高音には非整数倍音も		
11	電話話中音	400	整数	-22		
12	電話呼出音(旧)	3155	非整数	-2		
13	電話呼出音(掛ける側)	400	整数	-25		
14	電話受話器を外したとき	400	整数	-35		
15	電子レンジ(ビー)	2000	整数	-1		
16	駐車場信号ブザー	2400	非整数	0歪大		
17	公衆電話カード返却音	2900	整数	-25		
18	呼び鈴	4900	非整数	2		
19	銀行CD(低音)	1050	整数	-18		
20	銀行CD(高音)	2150	なし	-		
21	汽笛(中大型船)	160	整数	11		
22	花火	200	-	-ノイズ		
23	駅ブザー(上野・10番)	300	非整数	0		
24	映画館開演ブザー	1100	非整数	-1歪大		
25	自動改札警告(低音)	560	なし	-歪小(高音の影響あり)		
26	自動改札警告(高音)	690	なし	-歪小		
27	自動改札(?)	700	整数	-17		
28	自動ドア合図(低音)	710	整数	-4		
29	自動ドア合図(高音)	890	整数	-2		
30	自転車ベル	1900	非整数	20		
31	時報(高音)	880	なし	-純音		
32	寺の鐘	80	非整数	18		
33	レジの入力音	2000	なし	-純音		
34	ホイッスル	2700	非整数	-30うなり有り		
35	ブッシュホン"9"	850	非整数	10		
36	ブッシュホン"8"	850	非整数	3		
37	ブッシュホン"7"	850	非整数	1		
38	ブッシュホン"6"	775	非整数	10		
39	ブッシュホン"5"	775	非整数	8		
40	ブッシュホン"4"	775	非整数	5		
41	ブッシュホン"3"	700	非整数	12		
42	ブッシュホン"2"	700	非整数	10		
43	ブッシュホン"1"	700	非整数	10		
44	ブッシュホン"0"	950	非整数	3		
45	ブッシュホン"*"	950	非整数	2		
46	ブッシュホン"#"	950	非整数	10		
47	サイレン(低音/救急車)	775	整数	-15		
48	サイレン(低音/消防車)	500	整数	6		
49	サイレン(低音/パトカー)	560	なし	-純音		
50	サイレン(高音/救急車)	950	整数	-15		
51	サイレン(高音/消防車)	650	整数	-5		
52	サイレン(高音/パトカー)	670	なし	-純音		
53	クラクション(乗用車)	160	整数	10		
54	クラクション(トラック)	450	整数	-3		
55	インタホン	525	非整数	-23うなり有り		
56	アナ予告音(低音・大塚)	430	なし	-		
57	アナ予告音(高音・大塚)	550	なし	-		
59	新幹線警笛	375	整数	3		

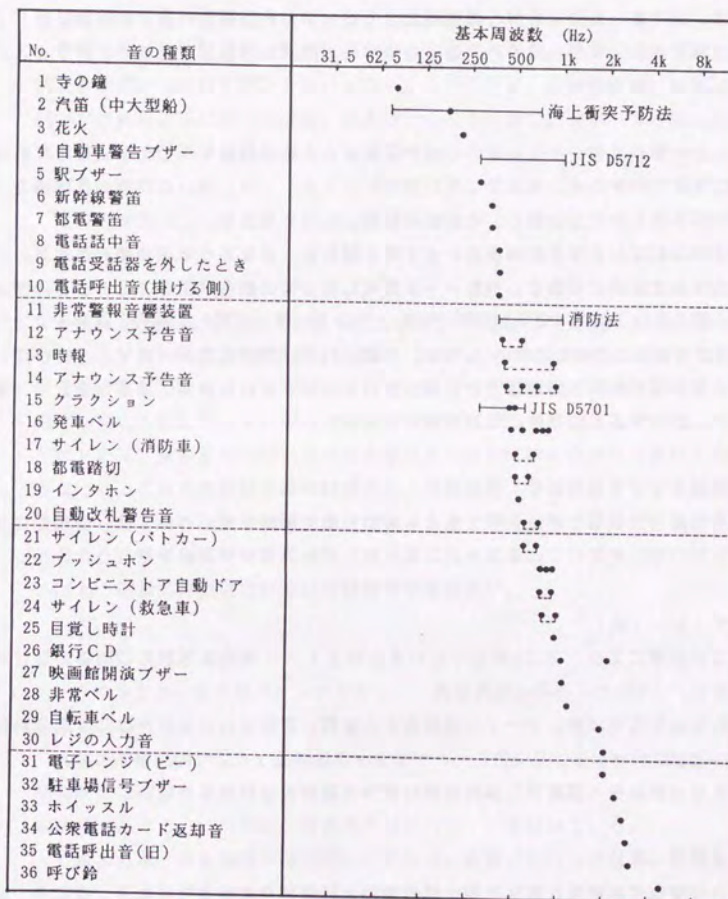


図2-1 事例とした音記号の基本周波数の分布  
 ● 本調査における事例  
 ●● 1組になった音  
 ┌──┐ 規格、法令で定められた範囲

図2-1は基本周波数の大きさの順に各収録音を並べ替えたものである。500から1kHz帯までの音が多く存在し、その他の音は比較的少ない。人間にとって一番聴感的に聞き慣れており、抵抗感の少ないのがこの領域なのではないかと推察される。その根拠としては、その領域がちょうど人間の声の第1ホルマント周波数の領域と重なるということが挙げられる。

2kHz以上の音も少ないとはいえいくつか存在する。音響装置を小型化しようとするれば必然的に音響的効率の良い周波数は高い周波数となる。しかし高い周波数の音の場合、新たな問題をはらむことになる。それは高齢者についてである。

高い音になればなるほど高齢者にとって聞き取りにくくなる（章末の資料参照）。これからの社会は高齢化社会といわれ、一人暮らしの老人の数も増えるであろうことが言われている。もし、家庭用電気製品等でこのような高い音を使用した場合、高齢者にとっては困ることが多いのではないだろうか。日常の利便に関わること（終了の合図が聞こえない）ならばそれほど問題は大きくないといえるかも知れないが、重要な音記号（警報音など）の聞き逃しは生命に関わる場合もある。

## 2. 音具製造元に対するヒアリング

音記号を発生するためのハードである各種の音具を製造している側では、音記号に対して何をどの様に意識しているのか。2社に対してヒアリング調査を行なった。

### □東京サイレン（株）

・道路公安基準により、20m前方で90ホン以上120ホン以下で音が聞こえなければならぬ。

・経済的な面から周波数はモーター回転数から逆算。だいたいモーターは6500回転で750Hz~800Hzのサイレン。

・それまでのデータ（経験）と試行錯誤によって周波数を決めていく。

### □東京ブザー（株）

・音色、音程は定量化されていない。試行錯誤と経験が全てのようなものである。音色や、音程よりも、音量の方に、より注意が払われている。

## (2) 公共空間としての駅の音環境調査（調査II）

人間が生活して行く上で（特に都市においては）、通勤・通学といった移動のための時間はかなり高い比重を占めている。とりわけ駅という空間は、多くの人が通過してゆく空間の中でも比較的滞留時間が長い。このような公共空間の音環境については、あまり注意が払われてきたとはいえない。しかし近年、駅の音環境に対し、いろいろな試みがされるようになってきた。例えば、JR千葉駅では発車ベルを廃止し、JR新宿・渋谷両駅では従来のけたたましい発車ベルからメロディー的な発車ベルへの変更が行なわれた。

既往の調査としては永田<sup>1)</sup>による調査があるが、一般的にデータはそれほど多くは蓄積されていないようである。メロディーをもった発車ベルについては、井出・一色<sup>2)</sup>がエッセイとして記したものがあつた。メロディーを持った発車ベルについて吉村<sup>3)</sup>は音楽家の視点から意見を述べている。また、駅のアナウンスや発車ベルの変遷を、小縣<sup>4)</sup>がハード・ソフト両面から記述しているが、これらの施策の合理的な根拠は明確ではない。そこで、ここでは駅という空間における音記号の使用状況把握のための調査を行い、利用する側の人間にとっての意味について考察することを目的としている。

はじめに、東京都心部にある2つの駅と東京近郊の駅の3か所において音環境調査を行なった。これらの駅は立地や経営主体、業務規模、交通経路としての役割の違いがあるので、それぞれの駅の特徴を明らかにした上で調査結果を総括し、駅の音環境設計をどのようにすすめるべきかについて述べることにする。

なお、調査の詳細については付録を参照されたい。

## 1. 駅構内の音環境の概要

にぎやかな都市部の駅のサンプルとして、東京都心部の2つのターミナル駅（A駅、B駅）を調査対象として選定した。

A駅は業務規模が大きく乗降客数も全国で1、2位の駅である。駅舎は地上に位置し、空間的には開放されている。複数の路線があるため、規模の大きな乗り換え駅と見た方がよいであろう。この駅は、発車ベルにメロディーを用いている。

B駅の方は、所在場所はほぼ同じであるが、路線が1つしかなく、業務規模も比較的小さい。駅舎はビルの地下にあり、閉鎖的な空間である。発車ベルは電子音をホーン型スピーカーから流す形式のものである。

C駅は、通勤通学のための乗降客が多い近郊の駅である。2本の路線が経由する乗り換え駅で、東京のベッドタウン的な土地である。地上駅で開放的な駅舎であり、発車ベルにメロディーを用いている。

調査方法はプラットホーム上に騒音計を設置し、A特性音圧レベルをレベルレコーダに記録しながら、聞こえていた音をその場でチャート上に記述した。同時に、他の騒音計からDATにC特性で録音した。測定を行なった点を図2-2の上にプロットで示している。

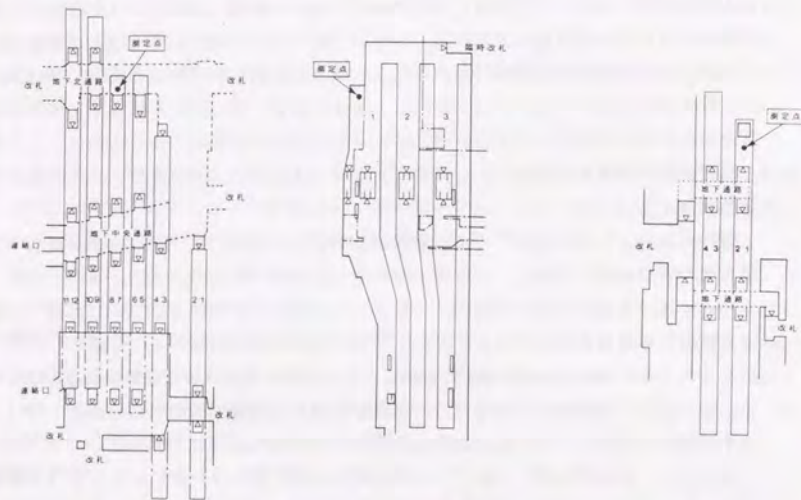


図2-2(a) A駅構内略図 図2-2(b) B駅構内略図 図2-2(c) C駅構内略図  
と測定点

これらの測定は通勤・通学の混雑が発生する平日を選び、5:30から24:00にかけて、正時、及び30分毎に10分間づつ測定した。A、B駅は冬に、C駅は夏に測定をしたが、駅の内部の音環境に対する季節の影響は少ないと考えた。C駅の測定日は小雨模様の天気であったが、雨の音はほとんど聞こえず、測定には全く影響はなかった。

測定中の10分間のL<sub>Aeq</sub>の、一日を通したレベルの変動を図2-3に示す。また、測定点が一番近いプラットホーム発着の列車台数を、図2-4に示す。

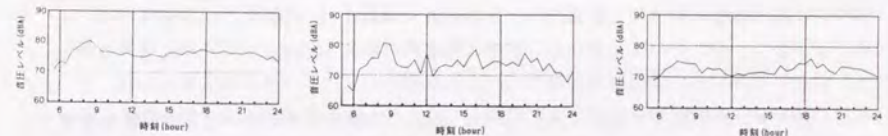
アナウンス・発車ベルが、時間的にどの程度の割合でスピーカーから放送されていたか(時間占有率)を、測定時間中のチャートに記録された音の記述から導いた。朝、昼、夕方、夜と大まかに時間帯をわけた場合の時間占有率の変化を、図2-5に示す。

1日のレベル変化を見ると、B駅はA駅に比べ時刻による変動が大きい。A駅は、開けた地上にあり外部からの騒音を定常的に受けている。また、駅全体の電車の稼働数も多く、隣接するホームからの影響も大きい。それに対し、B駅は外部と遮断された地下にあり、侵入騒音は少ない。さらに、業務規模が小さいため、隣接するホームの影響もなく、静かなときとにぎやかなときの差がはっきりしている。そのため、測定時間10分というサンプリングの影響が表れたと考えられる。しかし、朝のラッシュ時に明確な

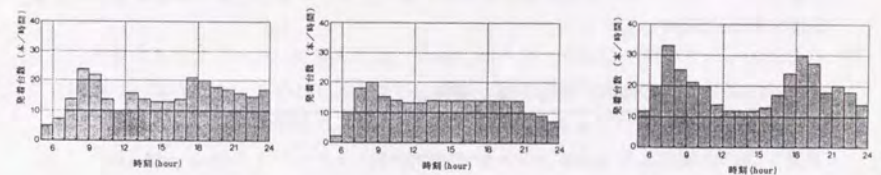
ピークがあり、昼以降はほとんど一定であり、夕方のラッシュ時にはあまり明確なピークが見られないという全体的傾向は類似している。

C駅の1日のレベル変化を見ると、A駅ほどではないにしても変動の幅は小さい。これは、A駅と同様、C駅が開放的空間であることによって、外部騒音の影響を受けてならされ、A駅ほど業務規模が大きくないため若干の変動が残ったものと思われる。

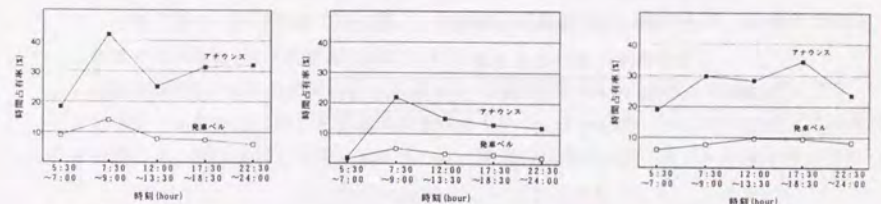
A、B駅と異なっている点を挙げると、第一に、全体のレベルがA、B駅に比して低い。第二に朝のラッシュ時のピークのほかに夕方のラッシュ時のピークも明確である。前者に関しては、駅の規模、都心部と近郊のにぎわいの差、利用客数の差といったものがまず考えられるが、アナウンスの影響なども十分考えられる。後者に関しては、発着台数の差が現れたと思われる。ただし、後述するが列車による騒音だけで音圧レベルに差が生じたわけではなく、アナウンスなどの影響も十分に考えられる。



A駅 B駅 C駅  
図2-3 一日の音圧レベル変動



A駅 B駅 C駅  
図2-4 測定点のあるホームへの発着台数



A駅 B駅 C駅  
図2-5 アナウンスと発車ベルの時間占有率



今回の調査では特に音場に関する調査を行っていない。ただ主観的には地下の方が残響が大きくアナウンスの明瞭度は低いように感じられた。

音場が問題となるのは、残響が長いと明瞭度が下がりアナウンスが聞きにくくなり、情報が十分伝わらないからであり、ややもすると喧噪感のみ生じる可能性もある。

## 2. アナウンスと発車ベルの運用

まず、各駅のスピーカーの使用状況について検討してみる。A、C駅はアナウンスもベルも同じスピーカーを使用しているが、B駅は独立したものをを用いている。スピーカーの配置個数、密度等を表2.7にまとめる。

対象駅	スピーカー個数	ホーム長さ(m)	密度(個/m)	1個当り範囲(m)
A	38	220	0.17	5.8
B(アナウンス用)	25	160	0.16	6.4
B(ベル用)	6	160	0.038	26.7
C	8	250	0.032	31.3

アナウンスに関して言えば表2.7から、A駅とB駅のスピーカーはほぼ同様な密度で配置されているといえるが、C駅は個数が少なく配置密度が低い。

各駅におけるアナウンス、ベルの運用法を表2.8に示す。また、ホーム上のスピーカーの近傍点と、スピーカーのまばらな点における、アナウンスと発車ベルの音圧レベル測定例を表2.9に示す。

対象駅	アナウンス運用法	発車ベル
A	駅員による放送とテープ放送の併用。	メロディー
B	駅員による放送のみ。	電子ブザー
C	測定ホームはテープ放送のみ。西側ホームは併用。	メロディー

表2.9 アナウンス、発車ベルの音圧レベルの  
受音場所の違いによる幅

対象駅	駅員アナウンス(dB)	発車ベル(dB)
A	87.0~87.3	75.5~80.6
B	78.0~78.2	86.6~96.8
C	72.4~75.3	76.0~81.9

アナウンスの音量は、A、B駅では場所による変化は少ないが、C駅ではスピーカーの数が少ないため若干差が大きい。駅毎に全体のレベルは異なり、また、同一の駅で

もテープ再生によるアナウンスと駅員自身によるアナウンスとは、後者の方が大きく、話者の相違などによる相違もある。

アナウンスの時間占有率の図を見ると、朝のラッシュ時に占有率が高くなっており、音圧レベルの傾向とほぼ一致する。特に、A駅では朝のラッシュ時にはアナウンスの時間占有率が40%以上を占めている。

また、列車の進入、進行に伴う音のピークはアナウンスより高くなる場合があるが、その分継続時間は短く、音圧レベルに対する寄与は相対的にはアナウンスの方が高い。従って、A駅ではアナウンスが全体のレベルを決定しているように見受けられる。

B駅でも同じような傾向を示しているが、アナウンスの時間占有率はA駅ほど高くはないので、全体の音圧レベルに対する寄与が大きいのがどちらであるかは、データを詳細に見る必要がある。音圧レベルの変化を追ってみると、B駅では測定点が列車通過のない側の端にあるため、列車自体の音はそれほど大きくはない。従ってここでも全体の音圧レベルを決定しているのはアナウンスであると推測できるが、プラットホーム上の他の点でもそうであるという保証はないので注意を要する。

C駅では朝と夕方どちらにも音圧レベルのピークがあり、アナウンスの時間占有率も朝と夕方で高くなっている。発着台数も朝と夕方に多くなるというパターンを示しており、何が有意であるかについては即断できない。列車の通過音が小さいわけでもなく、どちらの要因もありそうである。アナウンスの時間占有率がA駅と同じくらいありながら音圧レベルが全体的に低いのは、アナウンスの音量自体C駅の方が小さいためだと考えられる。C駅の該当ホームでは駅員による拡声音は使用されず、テープ再生による放送だけである。

発車ベル用スピーカーに関しては、A駅に比べB、C駅はが数少ない。音量は同一駅構内でも場所によってかなり差がある。特にB駅で顕著であった。これは、

- 1) スピーカーの個数の影響、
- 2) ホーン形のトランペットスピーカーを用いていることによる指向性の影響、
- 3) 閉空間であることによってモードが生じている可能性、
- 4) 地下空間であるため柱や梁の存在が大きく、音響的な影が生じている可能性、等が考えられる。全体の音圧レベルと比べ、B駅の発車ベルはかなり高い。純音成分を含んだ電子音で、かなり鋭く耳に響く。列車進入と重なっていないければ、A特性で測定した値で15dB以上のS/N比がある場合もある。

A駅で差が生じているのは、主にスピーカーの指向性によると考えられる。A駅では、スピーカーがホームに対して垂直方向を向いている。そのため、スピーカー直下では大きく聞こえ、離れるにしたがってスピーカー側面に位置するので小さくなると考えられる。

C駅では、スピーカーの個数の影響であると考えられる。図3-14に見られるように配置間隔が広い。しかし、A駅ほど差が生じていないのは、A駅はスピーカーがプラットホームに対して垂直方向を向いておりスピーカー自体の指向性の影響が現れているのに

対し、C駅ではスピーカーがプラットフォームと平行な向きにあり距離減衰の影響しか受けないからであると考えられる。

### 3. アナウンスからの情報

A駅の印象はせわしない。たたみかけるように駅員のアナウンスが入る。他のホームのアナウンスと重なってしまい、聞きにくい時もある。

B駅は駅員によるアナウンスのみで、かつ、残響の大きな空間なので時々聞き取りにくい事がある。

C駅の調査を行なったホームはほとんどテープによるアナウンスだけであったが、隣接するホームのアナウンスは駅員によるものが多く、テープを途中で止めてアナウンスする場合もあった。これは、隣接ホームでは長距離路線が入線し、通過・停車がまちまちであるために、念入りにアナウンスしているためであることが調査中に判明した。

アナウンスの内容をまとめてみると、およそ以下のようになる。

- 1) 駅名
- 2) 到着した列車の行く先
- 3) 到着した列車の発車時刻
- 4) 到着した列車の次の列車の行く先
- 5) 到着した列車の座席の案内 (禁煙車、指定席)
- 6) 到着した列車の進行先の乗り換え駅
- 7) 到着、発車までの時間
- 8) 次に到着する予定ホーム
- 9) 次に到着する列車の行く先
- 10) 安全に関する注意 (「ドアが閉まります」「黄色い線の内側へお下がりください」「次の電車で」)
- 11) マナー (禁煙タイム、整列乗車、「お出口広くあけて. . .」、「車中中程まで. . .」)
- 12) お知らせ (忘れ物の注意、出発の遅延、乗車位置)
- 13) 業務連絡 (不明なものが多い)
- 14) その他 (「お疲れ様でした」、「お早うございます」、「お待たせしました」)

ただし、これらが果たして本当に必要かどうか疑問である。たとえば、ホームで駅名をアナウンスしているが、その時点でホームにいる人間は少なくとも駅名はすでに把握しているはずである。これから乗ろうとしている者は自分のいる駅がどこであるか分からぬはずがなく、電車から降りた者は駅名が分かったから降りたのである。「駅名」という情報が欲しいのは、電車の中にいる人間のはずである。

駅にいる人間、列車の中にいる人間が必要とする情報について筆者が考えたところを図2-6に示す。この図では、電車の到着に着目した時間的な相 (到着前、到着時、出発時) に分け、その時々々に有用であると考えられる情報を示した。

この中には視覚情報として呈示した方が良いものもあり、何を聴覚的情報とするかについて、詳細な検討はここでは行なわない。

基本的利用者にとって必要な情報というものはこの図に示した程度に縮約され、業務連絡や、乗客への挨拶は必ずしも必要とするものではない。

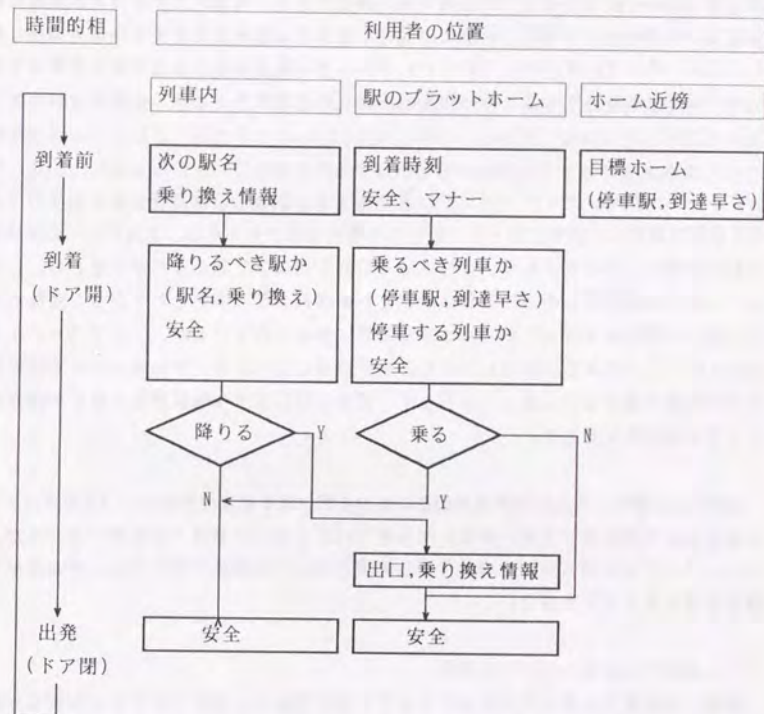


図2-6 利用者にとって必要な情報の報知

### 4. 発車ベルからの情報

A駅の発車ベルは、メロディーを持ったものに1989年3月より変更された。その経緯は井出ら<sup>2)</sup>によって紹介されている。

B駅のベルは、純音を組み合わせたような周波数上のエンベロープの急峻な波形である (このような波形について言えば背景騒音よりそんなに大きくなくともマスキングされにくい)。従来から用いられてきた電子式のベルである。駅の助役方にヒアリングしたところでは、会社の上層部の方ではけたたましくならなくては発車という感じがしな

いらしく、音量についてとくに考慮するという姿勢は今のところないようである。依然として従来通りのかなり大きな音量でベルを使用している。

メロディーでどの路線であるかを判断できるようにするには、ある程度の学習が必要なのではないだろうか。各駅で設定されているメロディーと路線の間には、必然的な根拠は全くない。認知心理学的な言葉で言えば「アフォーダンス」がない。恣意的に決められているだけなので各駅によって異なり、また1つの駅でも多くのものが混在しているのでは、それぞれを記憶しておくというのは不可能である。メロディーによって区別出来る状況があるとすれば、毎日特定の路線だけを使用するといった状況においてだろう。

また、せっかくメロディーとしての形をとっているのに、運用する側が従来のベルと同じ意識で操作し、途中で切ってしまうのは唐突な感じを与える。メロディーには決まった長さが無いと不自然であり、それには「定形的報知」であることが望ましい。しかるに、ベルの鳴動開始と停止の制御は両者とも乗務員の手にならされており、定形的とは言えない。操作はマニュアルによって定形的に決められているが、そのマニュアルもベルがメロディーになる以前のものをそのまま使用していたり、ベルのハードも鳴動開始だけが制御可能なものに成ってはならず、従来と同じような鳴動開始・停止の両方制御できるもののみである。

発車ベルの意味、ベルに対する思想そのものを問い直す必要を感じる。ベルをメロディーにするという試みは、全体の音圧レベルを下げるといった意味では有効であったが、そのハード・ソフトが人間の心理に与える影響についての配慮に関しては、まだかなり問題があると考えざるを得ない。

### (3) 音記号の現状についての総括

調査Iで収集したサンプルにはどうしても偏りがある。存在する全ての音記号を網羅するのは困難であり、ある程度妥協はやむをえないが、実際の事例の分析結果から、現状というものをおおよそ把握できたといえよう。

音記号として考えられるいろいろなタイプの報知のうち、実際に使われているものはその一部であって、使用されていなかったタイプの報知もいくつか見られた。技術的な問題から使われていない場合（空間的構造の制御など）もあるが、ほとんどはその報知の要求する機能から決まってきたと考えてよいだろう。

どこまでを一まとまりとするかにも問題がある。（例えば、サイレンを3種に分けてよかったのか等）また、サンプルの偏りが信頼度を低下させている。集めたデータを一般化してゆくのは、広範な調査を行なった後にする程度の慎重な扱いが必要である。

騒音が大きかったり、音記号自体が収録しにくいものは分析が非常に難しかった。周

囲の騒音と、その音記号自体の音圧レベルの関係を分類のクライテリアとするのも一つの方法であろう。

調査IIでは駅の音環境の現状について、業務形態の異なる都心部の2つの駅と、東京のベッドタウンとしての位置にある近郊駅を調査した。その結果、駅の業務形態や放送設備の運用法によって、騒音レベルの変動パターンに違いがあるという一般的な結果の他、発車ベルやアナウンスの音量に関する情報の提示に関する音記号のシステムとして一考の余地があることが分かった。

メロディー的なベルのような試みや、構内のアナウンスに対して筆者は反対しているのではない。しかし、音記号についての人間工学的、心理的、認知科学的な基礎（どの、誰に、どんな情報を、どの様に提示するか）が十分明らかでないまま使用されているということの問題点として挙げておきたい。

## 2-2 音記号への意識に関する調査

建築内、都市内において用いられている音記号を耳にする機会は、時間的には少ないであろう。しかし、その種類は多く、多様な音がかなり無規範に使用されている。社会的コンセンサスを得た音記号とそうでないものの境界もはっきりしていない。

このような現実の中で、記号的機能を意図された音は聞く側にとってどのように意識されているのだろうか。また、情報伝達の上で何か問題点はないのだろうか。そこでこれら音記号に対する一般的な意識構造や問題点について探ることを目的とし、2つの実験を行なった。

実験1では、現実用いられている音を対象にして自由回答を求めることで、意識構造全体について定性的、包括的に捉えることを目的としている。また実験2では、音源に音量の水準を設け、音に対する印象は主観的評価尺度によって評価させることで、実験1と同様な音に対する評価の定量的把握を目的としている。

### (1) 現実音に対しての自由回答による聴感試験(実験I)

#### 1. 試験音

社会的にほぼ認められた音記号として使われているものだけでなく、自然界に存在する音や人為的に発生させた音などを含めて選定した。表2.10に示すものうち、No.1からNo.27の27種類の音である。これらの音源は、効果音として市販されているコンパクトディスク<sup>(25)(26)</sup>からライン出力によってそのまま録音したものと、実物の発する音を一般の居室もしくは簡易半無響室にて騒音計のマイクロホンを使用して録音したものである。録音再生機器としてはPCMレコーダーを使用した。

試験音の音圧レベルはLeqで40または60dBAに設定した。また、呈示順序はランダムにできるように配置し、一つの音について2回づつ被験者に呈示した。

表2.10 試験音一覧表(実験I・II)

1○	バトカーのサイレン	17○	インターホンのベル
2○	消防車のサイレン	18	時報
3	救急車のサイレン	19	寺の鐘
4○	電車の警笛	20	メトロクノーム(120回/分)
5○	船の汽笛	21○	ノックの音
6○	自転車のベル	22	踏切の警報機
7	乗用車のクラクション	23	呼び鈴
8○	タクシーのベル	24	ホイスルジ(純音)
9○	目覚まし時計のベル	25○	電子音(短)
10	非常ベル	26○	コンピュータ電子音(長)
11○	雷	27○	コンピュータ電子音(長)
12○	大の鳴き声	28○	純音1kHz, 0.5秒, 1回
13○	打ち上げ花火	29○	純音1kHz, 0.5秒, 5回
14○	風鈴	30○	純音1kHz, 0.25秒, 5回
15○	鶏の鳴き声	31○	純音250Hz, 0.5秒, 5回
16	電話のベル	32○	純音250Hz, 0.25秒, 5回

無印-実験Iだけで使用した音源 ○-実験I・IIで使用した音源

◎-実験IIだけで使用した音源

## 2. 試験方法

試験音は簡易半無響室内のフルレンジスピーカからモノラル再生し、スピーカ正面より2Mの位置に椅座している被験者に呈示する(図2-7)。それぞれの試験音について、4つの質問項目(表2.11)に答えてもらった。なるべく幅広く主観的な認識を得ることを目的としているので、各質問に対する回答は自由回答として、特に制限事項、選択事項は設けず、各被験者が感じた印象をそのまま書いてもらうこととした。

被験者は聴力正常な22才から26才の男子4名、女子1名である。

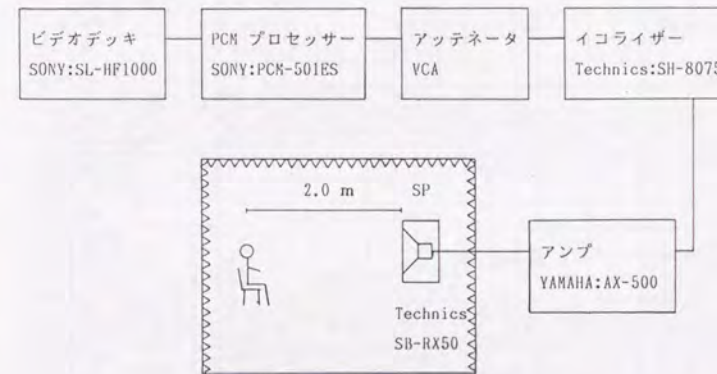


図2-7 実験システム(実験I II)

表2.11 実験Iの質問項目

- 聞こえた通りに表現して下さい
- この音を聞いて連想されるものを書いて下さい(複数可)
- この音を聞いてどんな感じを受けますか
- これは何の音だと思いますか

## 3. 結果

表2.12及び表2.13に結果の一部を示す。

質問a)については、音の擬音化がどのように行われているのかを見たものであり、社会的学習によって、表現の共通性がどの程度あるのかを検討することを試みたものである。この実験の結果からすると、実験として音を聞いたとおりに擬音化する表現と、社会的に一般化されている表現には差があると考えられる。例えば、鶏の声は普通「コケコッコ」などと表現されるが、ここでは「オツエオツオツ」とか「コッククックウ」などの表現もみられた。



コンピュータの音との混同が見られた。純音は家電製品などに多用されているので、このような混同が起こるのだろう。

バトカーと救急車、消防車のサイレンの混同がみられた。これは3つの音が似ているという事の他に、質問b)、c)に対する回答例からして、対象とする音の概念、イメージが非常に近いところにあることを示唆させる。

また、タイマーのベル、目覚まし時計のベル、非常ベルはいずれも「ジリリリリ」といったように擬音化され、全て目覚まし時計であると認識されていた。統辞には、音量の設定と文脈効果に関係しているため、それらが欠如した状況にあつては、一番頻度として高いと思われる（期待値が高い）音として、目覚まし時計が選択されたのではないかと考えられる。

## (2) 現実音に対しての主観的評価尺度による聴感試験（実験II）

### 1. 試験音

実験Iで用いた音のうちの11種の音に、参照音として断続する純音5種を加え、16種の試験音とした（表2.11）。試験音の音圧レベルは $L_{eq}$ で30・50・70dBの3水準に設定した。

### 2. 試験方法

試験音は簡易半無響室内のスピーカからモノラル再生し、スピーカ正面より2mの位置に椅座している被験者に、ランダムな順序で呈示した。これらについて表2.14の左列に示す16対の主観的評価尺度によって、6段階尺度で評定させた。被験者は聴力正常な18才から23才の男子19名、女子1名である。

### 3. 結果

主観的評価のプロフィールを図2-8に示す。また、得られた主観的評価尺度の被験者平均値を因子分析した結果を表2.14、図2-9に示す。4つの因子はそれぞれ力量性、評価性、音質性、実際性ないし規則性であると判断した。

ここで純音は評価性において中性的結果を出しており、単に知らせるだけのサインとしてはよいかも知れないが、特定の何かを表すためにはさらに工夫の余地があるだろう。

危険を知らせるサインとして定着している消防車のサイレン、救急車のサイレン、踏切の警報機は他の試験音と比較して $L_{eq}$ が変化しても力量性の変化が少なかった。これは音量、衝撃性、純音性などの物理的特性のみによって力量性が決っているのではなく、音の持つ意味も関与していることを示唆している。

ここで図2-8を見ると、「大きい-小さい」「強い-弱い」といった尺度はどの音に対しても音圧レベルに同じような傾きで比例しているのに対し、同じく力量性に含まれ

た「安全な-危険な」ではほとんど音圧レベルに関係なく評定されている音（サイレン、時報、寺の鐘など）がある。これらの音は学習された意味によって評定が決まる傾向を見せているのだが、因子分析ではそれを判別する検出力を持っていない。なぜなら、因子分析をする過程で得られた評定尺度データは全て平均0、標準偏差1となるように標準化されているからである。このことが力量性に、ひいては因子構造に影響している事も考えられる。

今回実験に用いた音がどの程度記号的機能を持っているかを評価すると、以下のようになる。

まず、注意喚起性能という立場から考える。「大きい」「強い」「明瞭な」といった力量性の評価尺度は、注意喚起と大きく関係していると思われる尺度である。当然のように、音圧レベルが高ければそれらの尺度値は高い。音源によっては、音圧レベルの影響が大きいものと小さいものがある。消防車のサイレンは音圧レベルが低くとも比較的力量性の尺度値は高めであった。この場合、音の記号形態自体の注意喚起性が強いという可能性と情動的な意味が力量性の評価に影響している可能性の2つが考えられる。今回の実験ではその見極めは出来ないが、音色などによって注意喚起性が異なるといったことは充分考えられることである。

次に情報伝達性能という立場から考えてみるが、SD法という実験法では、どの程度の情報が伝わったか、正確さはどの程度かといった記号内容に関わる情報伝達の事柄について知ることが出来ない。しかし、形態上の情報量（見かけの物理的情報量）の人間の知覚に与える影響の尺度として「日常的な」「複雑な」「印象的な」といった複雑性の因子に関わる評価尺度が考えられる。本論文の中で重視している時間情報空間情報についての知見は得られないが、これらの尺度から考えてみる。

「日常的な」「印象的な」という尺度は、普通生活の中で聞く音圧レベルからのずれによっても影響を受けている様子がある。形態的な要因だけに限定するならば、「複雑さ」尺度を主にして考えた方がよいであろう。すると、音圧や音程に変化のあるものが高く、定常的な音や一定のリズムを持っている音は低いということが読み取れる。純音が低いので音色も関係するかも知れないが、この実験では明確ではない。リズムの速さも関係しそうであるが個々では両者に差は見られなかった。これらの見かけの情報量は音源の対象照合にとって有利なものと思われる。実験Iで、純音、非常ベルといった比較的単純な音について混同が多かったのもこのことの裏付けとなろう。結局、多様な音の中から一つの音を限定できるのでその情報の持つ意味は小さくない。

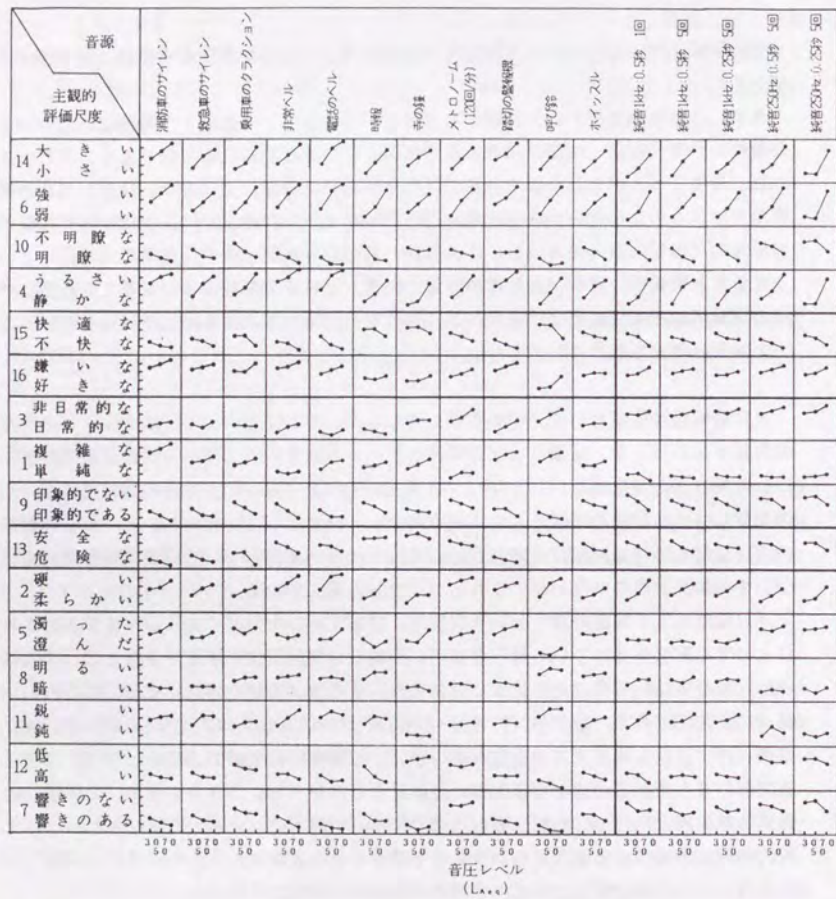


図2-8 プロフィール (実験II)

表2.14 各形容詞対の因子負荷量と寄与率 (実験II)

形容詞対	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子
大きい—小さい	0.9313	0.2620	0.0433	-0.2210
強い—弱い	0.9250	0.3116	0.1134	-0.1587
うるさい—静かな	0.7993	0.5234	0.1295	-0.1474
硬い—柔らかい	0.7880	0.2629	0.3899	0.0119
明瞭な—不明瞭な	0.6769	0.0277	0.6045	-0.3107
嫌いな—好きな	0.3642	0.8021	-0.0894	0.0460
不快な—快適な	0.4454	0.8674	-0.0012	0.0317
危険な—安全な	0.1542	0.8642	0.0523	-0.3125
鋭い—鈍い	0.2984	0.0932	0.9000	-0.2110
高い—低い	0.1814	0.1605	0.8727	-0.3142
明るい—暗い	0.1160	-0.3915	0.7114	-0.1195
混んだ—にぎった	-0.1217	-0.8421	0.6551	0.0078
響きのない—響きのある	-0.4203	0.1388	-0.2320	0.8309
単調な—変化のある	-0.1957	-0.1774	-0.0444	0.8008
印象的でない—印象的な	-0.6604	-0.1242	-0.2241	0.6714
非日常的な—日常的な	0.0774	-0.0294	-0.1952	0.5803

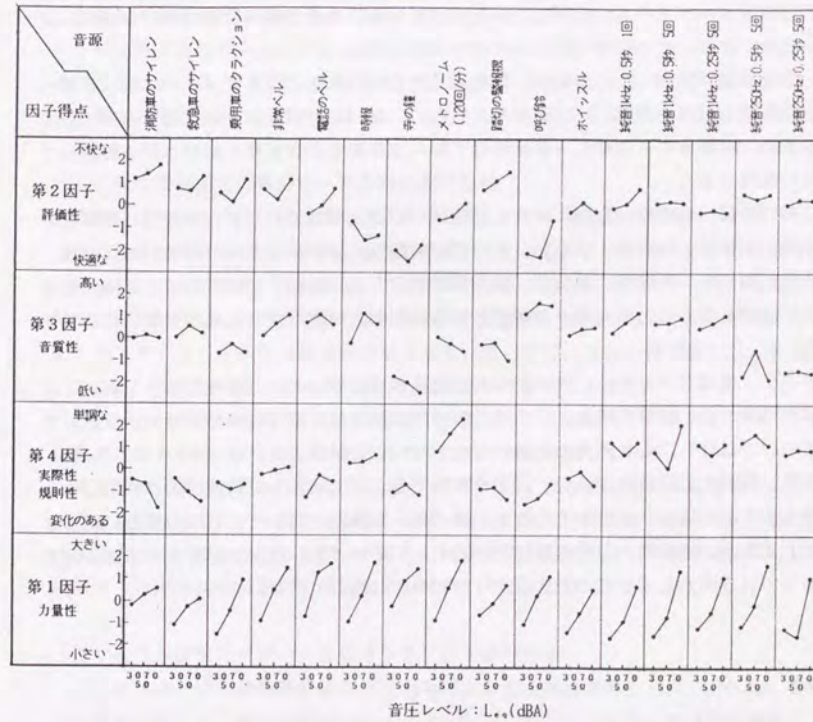


図2-9 各対象の因子得点 (実験II)

### (3) 現実音の聴感試験による記号的機能の考察

実験Ⅰの結果を見ると古典的な記号の機能というのが良くわかる。ただそれらは、音の印象であったり、相互のシステムの混同のことであったりというように、機能の分類のクライテリアははっきりせず、目に見えたところを類型として扱っている<sup>7)</sup>にすぎない。体系として扱うには規程が明確であることが必要であろう。

今後の研究にとって問題点となる事柄を挙げてゆくと、まず、聞き間違いの問題が一番大きいのではなからうか。次に、記号内容に対しての聴覚的な妥当性の評価ということが挙げられるであろう。

実験Ⅱの結果分かったのは以下の点である。

・純音を用いた音記号は、評価が特に低くなるわけではないが、実生活の中では対象を特定しにくいという欠点を持っている。

・全く記号形態の異なる音記号でも、救急車、消防車、パトカー、といったものは似たようなイメージを与え、混同している場合もある。文脈と情報伝達内容がほぼ同じような状況にあることが影響しているのかも知れない。

・記号形態が類似している場合、聞き間違えるものがある(タイマーのベル、非常ベルを目覚まし時計と混同)。文脈が与えられていないことが統辞を不完全なものにしてあるため、被験者のその時の一番優位なスキーマを有する音記号と結びつけて解釈している可能性がある。

実験Ⅱでは一般的な音自体に対する形容詞対しか使用しておらず、規則性、意味性、定量性、具体性、固有性、情操性、など音の情報性の分析には不十分であった。今後、具体性、規則性、危険性、緊急感、威圧感と言ったような因子にも対応する評価尺度を加えた実験を行うことで、様々な音源の聴覚的印象を特徴づける記述が可能になるであろう。

さらに、音量だけでなく、音の記号的な意味が音量感などの力量性に関与している可能性が示唆され、聴覚的印象として得られた評価が単純に記号形態によって決定されているわけではないことを考慮しなければならないことが明らかになった。

また、解析上の問題となるが、因子分析をすることでかえって情報が失われてしまう部分もあるのではないかと考えられる。例えば、危険性と言ったことは力量性に統合されてしまうが、積極的に安全を連想させるのか、それとも、危険を連想させる側だけで変動しているのかと言ったことは因子分析の中では現れてこない。

### 2-3 問題事例の分析

ここでは社会的に音記号が問題となった事柄について、その原因や背後にある問題点について、いくつかの事例を中心として述べる。

#### (1) トンネルへの進入禁止-統辞の設定法

資料に示す例は、「進入禁止」という意味内容を持たせようとした音記号が、当初の意図通りに伝達されなかった事例である。すなわち、音記号が習慣的規約によって解釈されてしまったため、意図した機能を果たすことができなかった場合を示している。

サイレンは道路交通においては通常、パトカーなどの緊急車両で使用されていることが圧倒的に多い。その印象が強いため、車の退避を要求するという意味内容を示す習慣的規約が人間の一般的認識中に出来上がっていると考えられる(実験Ⅰ「現実音に対しての自由回答による聴感試験」参照)。サイレンの音に対しては、「道路においては緊急自動車である」というスキーマが構成されているわけである。

それに対する首都高速道路公団側の対策としては、音量を大幅にアップするとしている。しかし、ここで問題なのは音量だけではなく、意味内容を伝達するための統辞、記号形態など全てであり、これらを含めて検討しないと全く効果がない可能性もある。

#### (2) 飛行機操縦室の警報音-緊急時の記号性能

資料2に示したのは、飛行機の墜落事故に際しての、音記号の性能の不十分さ、もしくは飛行機の操縦システム全体にかかる問題かもしれない。この場合は、飛行機着陸時の計器トラブルが発生した局面という非常時の反応である。そのため平常の心理状態に対する場合と同レベルで論ずることは難しい。離陸時、着陸時のような危険度の高いコンテキストでは、精神的な緊張感が高まっている。そのような心理状態における知覚というのは、正常な状態とは大きく違った反応を示すからである。

このような特殊な状況の中で、高度低下の報知という最優先すべき音記号が、十分な注意喚起能力を持っていなかったことを、この事例は物語っている。

非常時の人間の心理と行動をシミュレートしつつ、より安全側にある警報音の注意喚起性能を同定することが重要となる。操縦と警報に関する問題は、航空機関係者の間では検討されているようであるが、一般的には音記号の性能やコードの構成法についての検討は、音声言語の有効性の検討なども含め、余り行われていない。

#### (3) A T S装置のブザー-音記号システムと記号性能

1988年、JR東中野駅において列車同士の追突事故が発生した。原因は、後続車両の運転手がA T S警告ブザーのスイッチを切り、A T Sを解除した状態で運転していたことにあるという。JRのA T S装置というのは、ブザーを止めると、緊急停車の自動制御も解除されてしまうというシステム構成であった。純粹に音記号だけのシステムとして考えれば、注意が向いた時点でブザーを止めることができるのは、ある程度以上



聴覚的ストレスを与えないためにはよいでしょう。しかし、それと連動して緊急停車の自動制御まで解除されてしまうシステムはいかがなものか。私は大いに疑問に思う。

(4) 列車の発車ベルの廃止 - 公共的空間の音環境の改善

1988年8月に実施されたJR千葉駅発車ベルの廃止は、一部乗り遅れなどの苦情もあったようだが、利用者には概ね好評であったという。この事例は、習慣的に使用していても、場合によっては不必要な音記号もあることを端的に明らかにしている。また、この試みによって、音環境、生活環境というものを見直し、より良くしてゆくのに役立つと見てよいだろう。

一方、1989年3月よりJR新宿・渋谷の両駅で発車ベルがメロディーに変えられた。その経緯については文献2に示されているが、その理論的な根拠は甚だ心もとないものである。実際、音響学会誌にはそのことについて多くの意見が寄せられた。私見を述べさせてもらえば、ベルをメロディーにするという改革によって音量が下げられたことについては大いに評価しているが、メロディーだからよいとは思わない。何人か知人に対しても意見を求めたが、積極的にメロディーがよいという意見はでなかった。都市の音環境に新たな局面を開いたという点で画期的ではあるが、常に現状を顧みて不都合な所は改善を重ねてゆく柔軟性を望みたい。

結局、公共的な空間に音を付加する場合には、伝達する情報が本当に必要な情報であるのか、「記号形態」は本当に必要かつ十分な形態であるのか、といった事が検討課題である。大勢の人が耳にするだけに十分留意すべきであろう。情報そのものが不要な場合もあれば、記号形態が不適当で記号性能が過大な場合もある。音記号設計の指針が無い現状ではどうしても安全側に設定しようとして、不必要なことまでやってしまう傾向がある。

(5) 家庭電気製品の合図音 - 高齢者への対応

第2章の1節で音記号の現状について調べたが、その中には家庭で使用されるものも多く含まれている。おおむね2kHzを越える周波数の音は、高齢者にとって聞きとりにくくなる可能性がある」と述べたが、資料4はその具体例といえる。最近は何かとピーピー鳴り出す電気製品が多い。利便性、安全性の面から、いつかはそのような合図の音に対しても指針が必要となるときが来るのではないだろうか。

高速トンネルで警報実験

サイレン 赤色灯効果小

社	局	業	置	置
後継車次々通過、あわや火災が発生した際、トンネル入り口に設置されている非常警報機がサイレン音を鳴らす。サイレン音がドライバーに十分伝わるかを調べる大がかりな実験が、十三日深夜、首都高速道路路肩線の東京港トンネル(長三・三)で、大井朝入り口で行われた。今年七月に五人が死亡した中国自動車道・横トンネル事故のほか、首都高の手代田トンネルでも、四月五日深夜に赤色灯、トンネル手前の赤色表示灯に「通行止」表示をしたにもかかわらず、警報機が鳴らさずにドライバーは	異音に気づく気が、その結果、六十分以内を走	この場合はサイレンの音は非常警報機の五十メートル前へまで、付添ハトカーが走っている程度で道に届くこと。赤色の点滅も道に届くという印象しか与えないとわかった。	このため、首都高速道路公団では、今後サイレンの音量を大幅にアップするほか、非常警報機は、よりわかりやすいライトの高域方法を研究、改善することにした。	実験は、東京港トンネルの入り口手前約一・三キロメートルの東行き二車線を使い、実際に乗用車や道路パトロールカー十四人が乗って進行。サイレンなどの程度で、赤色灯、サイレンがどの程度届くかを、トンネル進入禁止の赤色表示灯がはつきり見えるか、警報機の赤色点滅灯がドライバーは

**編集手帳**

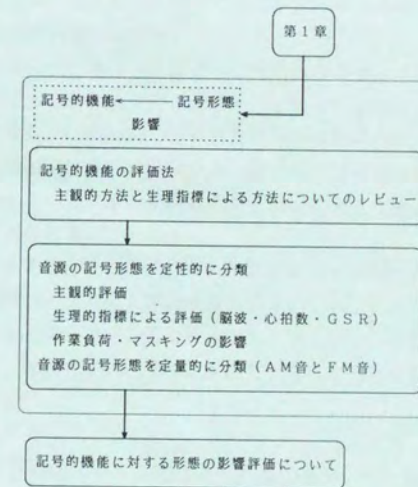
副編集長「おや、機の高域がうしろに聞こえ」  
機長「へへ、ゼッ、しちゃったんだ」  
ボイスレコーダーにの録音を残した直後、米イースタン航空170号機はアマミ空港付近で墜落した。多数の死者を出した一九七九年十一月の惨事は、マン・マシンの人間と機械のかわりを知る上で、よく例に引かれる。マン・マシンは、主眼が出なことを示す緑色のライトがつかない。機長の機長は、その説明に合わせる。買置の音の二分二十秒前、高度が失われ始めたことを示す警報音をボイスレコーダーは記録していた。が、その操作も行われなかった。機長は聞き逃されたのか。機長は緑色のライトが目に気を取られ過ぎた、と事故調査報告書は書いていた。◆さて、編者は書いていた。◆さて、マン・マシンの関係は難しい。機械の音を聞くには安全設備や、人間が正しく対応しなければ成立しない。追突した中央線列車は、なぜ停止したのか。A.T.S.の列車自動停止装置の警報サイレンは無視されたのか。◆もし、他の何かで警報を出していたら、それを知らずに停車して、それが、自動ブレーキが働いて停止して、過剰なブレーキが働かない。ブレーキを確認した。その一と、緊急停止の手動で運転するとは認められていない。◆そんな中で、事故が報告されてきた。それを放り投げた。A.T.S.の警報サイレンが無視された。◆もし、機長は、JRのマン・マシン・システム全体の問題だ。



## 第2章 参考文献

- 1) 永田穂, “騒音のある環境でのアナウンスの諸条件—騒音のSIL値とアナウンスのdB(A)値と評価との関係について”, 音響技術vol.6 p.196
- 2) 井出祐昭、一色このみ, “発車ベルの新概念—JR新宿駅・渋谷駅における音空間創造”, 音響学会誌vol.47.No.4 p.300
- 3) 吉村弘, “都市の音”, 春秋社 (1990)
- 4) 小縣方樹, “JR東日本における快い拡声音作り”, 日本音響学会騒音研究会資料 N-91-40
- 5) “効果音ダイジェスト”, コロンビア 30CG-1465 (1987) [参考資料]
- 6) “新効果音大百科II”, ビクター VDR-9013 及び VDR-9014 (1986) [参考資料]
- 7) 中尾佐助, “分類の発想”, 朝日新聞社, (1990)

## 第3章



### 3-1 記号的機能の評価法

#### (1) 主観的評価による方法

感覚量のような主観的な値を計測するために、従来心理学の分野で行われてきたのは、被験者が受けた主観的な感覚を計量可能な形（もしくは比較可能な形）にして被験者自身に申告させるという方法である。これらの方法は、すでに心理学的実験法としてかなり成熟している。成書<sup>1)</sup>も多く著わされているので、基本的な精神物理測定の手法としてはほぼ出尽くした感がある。

より高次の複雑な心理的反応を計量化するために考えられた方法として、因子分析法のようなものがある。記述選択法<sup>2)</sup>のように近年になって新しく考案された方法もあるが、広く用いられるには至っていない。ここではそれら実験及び分析法の詳細を述べるのは避ける。

これらは調べようとする用途に応じて、当然使い分けなければいけない。多次元尺度法における類似度の測定のように、統計的分析法と不可分なものもある。

本論文における主観的評価実験では、段階的なカテゴリーを持った複数の評定尺度を用いている。いわゆる、SD法（セマンティック・ディファレンシャル法）に近いが、本来的にはSD法は形容詞対による両極尺度のみを扱う手法として考案されたものなので、本論文のように単極尺度を交えて使っている場合には、複数尺度を用いた評定尺度法と記しておいたほうが正確な記述であろう。

尺度の評価語（「やや」「かなり」のような途中の段階を示す修飾語）を入れるか入れないか、入れるとすればどのように入れるか、といった事柄は評定尺度の間隔に対して影響すると考えられる。この方法で得られた尺度は序数尺度でしかないので、間隔尺度に変換するには系列範疇法という方法によらなければならない。ただ、多くの場合、得られた尺度をそのまま序数尺度と見なしてもそれほど大きな誤差は生じないので、系列範疇法による変換を行わないことも多い。

ここでは、教示を与えるときに評定のための目安として評価語を示したが、実際の評価は等間隔の段階を持つ尺度として評定させるようにした。

このような段階的な尺度を用いた方法他にも、ME法、一対比較法などの尺度構成手法がある。それらの特徴を以下に述べ、本研究において用いなかった方法についてその理由を明らかにする。

ME法は、S.S.stevensによって提唱された方法であり、単一の単極的な心理的属性を定量的に把握するのに優れた手法である。音の大きさを始め、明るさや重さなど、多くの精神物理的測定の例がある。

一対比較法は、ME法と同様に単一属性の尺度構成をかなり正確に求めることができるが、全て対象の刺激段階の組み合わせについて比較する必要があるため、実験量が非常に多くなる。そのため被験者の負担が大きいという欠点もある。

被験者調整法は、被験者自身が実験対象となる刺激の物理的パラメーターを任意に調節可能であることが特徴である。しかしながら本論文で扱う物理的パラメーターの制御を実時間処理するのは難しいものが多い。

このような方法は、基本的な感覚量について尺度構成をするときには、国籍や言葉、季節、時刻といった要因に左右されにくく、優れた尺度であると言える。しかし、複数の高度に心理的な属性を多数の対象に対して求めるときには、実験の制御や、被験者の負担から考えて難しいと考えざるを得ない。特に萌芽的な研究の場合、細部の厳密性より全体的な傾向を見いだすことに重点がある場合が多く、本研究も萌芽的と考えられるので以上のような実験法は用いていない。ただ将来的にはこれらを用いて実験する可能性は充分ある。

## (2) 生理的指標

被験者の主観的な内観による方法が、被験者自身の心理を歪みなく表すことができるものであるかどうかについては議論があるところである。実験条件（コントロール外にある種々の条件や教示など）によっては、何らかのバイアス誤差が入ることも考えられる。そこで客観的、他覚的評価方法として人間の生理的反応を指標にすることが考えられてきた。

確かに、人間のある種の感情・感覚は特定の生理的反応を伴う。ただ、対象とする心理的な属性が快適性や審美性にかかわるものでは、それらの関係は必ずしも明確ではなく、いまだに試行錯誤を繰り返して検討している段階の物が多い。従来観察されてきた生理的反応をあげると、中枢反応では自発脳波、感覚性誘発電位、事象関連電位などがあげられる。自律神経系の反応では心拍数、脈派、皮膚電気反応、体温、瞳孔反応、皮膚電気反応などがある。行動反応では筋電位、眼球運動、瞬目（まばたき）といったものがある。

人間の主観的心理を客観的に計測しようとする場合、指標とする生理反応から推測することになる。音に関する基礎的な心理量に関しては、これまでにいくつか生理的指標との関連が示唆されており、それらを統括的に記述した文献もみられ、今後の展望を示している<sup>3, 4)</sup>。しかし、一般的には複雑な心理的反応や判断を一義的に推測することは非常に難しいと言わざるを得ず、今のところ主観的評定尺度法のような内観法以外に代替となる生理的指標はないと言ったほうが良いだろう。

本研究では、主観的方法と並行して生理的な方法による実験を試みることにした。これは、生理的指標がどの程度人間の心理を反映した他覚的尺度として使用することが可能であるのか、その適合性と限界を調べるためである。

生理的指標には、脳の活動電位（脳波など）のように中枢神経系の生理的反応をとるものと、心電図のように自律神経系の支配下にある生理的反応をとるもの、瞬目のように行

動反応をとるものの、3通りが考えられる。どれも心理学の分野で長く研究されているので、それらの知見について簡単に記す<sup>5)</sup>。

## 1. 脳波

脳波は脳細胞の集団が示す電気活動を、頭部の外から総和的にとらえたものである。通常人間の脳波を記録する場合、8～13 Hzの正弦波に近い電位変動がありこれを $\alpha$ 波と呼ぶ。これに対し、13～20 Hzの細かい電位変動は $\beta$ 波と呼ばれる。これら二つの波を含め、 $\alpha$ 波より速い波を総称して速波（fast wave）と呼ぶこともある。

この2つの波に対し、0.5～3 Hzの $\delta$ 波、4～8 Hzの $\theta$ 波という波があり、これらを徐波（slow wave）とよぶ。

$\alpha$ 波は安静時（リラックスした状態）に多く見られる。精神的に興奮すると $\alpha$ 波より速い $\beta$ 波が目立つようになる。

これら脳波の発生の機序は未だ明らかになっていない。しかし、人間の感覚となんらかの関係を持つことはさまざまなアプローチから確かめられている。研究としても快適性の指標として $\alpha$ 波を観察するといった研究が行われている<sup>6)</sup>。その一方で $\alpha$ 波がブームのようになっており、 $\alpha$ 波を出すためのカセットテープなどが商品化されている。

## 2. 心拍数

昔から情緒感情の活動を表現する言葉の中には「心臓が止まるかと思った」とか「胸がときどきする」と行ったように心臓の動きをさしたものが多い。何故心臓の動きがこのように変化するのかといえば、心臓は解剖学的に自律神経の支配下にあるからである。正確には大脳下部につながる延髄にある循環機中枢の周期的な興奮が神経路を通じて心筋に伝えられて活動を生む。しかし、心臓は不随意筋支配で、心臓自体の中に収縮を生じさせる洞結節がある。自律神経の働きは生活体の環境への適応を計るためのホメオスタティックな働きである。従って安静時であれば心臓の拍動はゆっくりとした規則的な律動を繰り返し、成人では1分間に60～75拍の拍動が生じる。しかし緊張した状況が生じると拍動は早くなりその緊張の度合いによって微妙な差が生じる。

心理学的な研究として扱われてきたのは、ある時間幅を持つ区間内の心拍数の増加<sup>7)</sup>や変動係数<sup>8)</sup>を対象としたものであり、過渡的な瞬時心拍数に着目した研究は少ないようである。ここで指標として主に用いるのは、定常状態における総量としての心拍数ではなく、過渡的な反応が問題であるので瞬時の心拍数を定義する。

瞬時心拍数の導出は原理的には非常に簡単であり、心電図でいう所のR波と次のR波の間隔（R-R間隔）を逆数変換したものが瞬時心拍である。瞬時心拍計といったものも市販されている。しかし、従来の瞬時心拍計は臨床のモニターとしての役割が大きかったので、図3-1の(1)のような1拍分の時間遅れのある出力であった。これでは、過渡的な生理的反応を研究するという立場からすると、時間的な変化を完全に再現しているとは言えず、不都合な事が生じる。

そこで、本研究においては図3-1の(2)に示す実線のように、採取した心電図からR-R間隔を導くことで本来の瞬時心拍数をまず求める。しかし、このままでは時間的に不連続なステップ関数となってしまうので、ある時刻の前後0.5秒間を平均し、すなわち、1秒の時間窓で移動平均を取り、これを瞬時心拍数として定義する。(ただし、予備実験においてはこの限りではない。)

この方法では、実時間処理は不可能であるが、原理にもとづいた定量的な記述が可能となる。

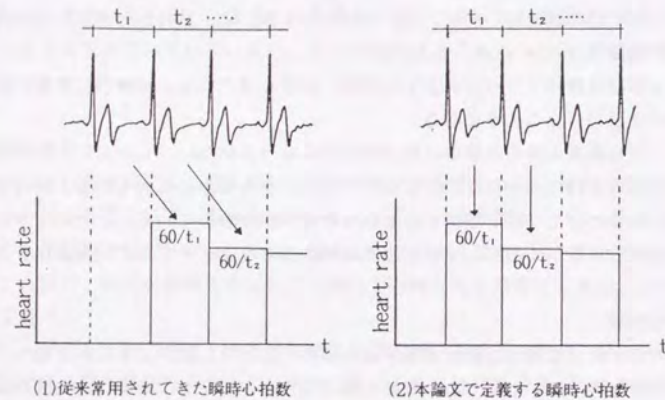


図3-1 瞬時心拍数の定義方法

### 3. 皮膚電気活動、またはGSR (Galvanic Skin Response)

精神性発汗にともなう皮膚の抵抗の変化をさしいう。直流通電法(微弱な電流を被験者の身体に流し、流れる電流の量から皮膚抵抗を推定する方法)によって測定する方法が従来一般的であった。精神生理学会(Society for Psychophysiological Research)の勧告によって統一された方法が示されている。しかし、最近では通電法による方法には問題が多いとして、電位法(体には電流を流さず身体電位の差から皮膚抵抗を推定する方法)を推奨する研究者もいる<sup>9)</sup>。

コンダクタンスは抵抗の逆数なので、単位はオーム(ohm)の逆のモー(mho)が慣用されたが、最近では国際単位系のsiemens(S)が一般的になり、常用単位としては $\mu S$ を用いる。

GSRの測定としては図3-2に示すように皮膚抵抗水準(SRL:Skin Resistance Level)、皮膚抵抗変化(SRR:Skin Resistance Responce)、潜時、頂点時間、振幅、50%回復時間、回復時定数などがある。

GSRを指標とした実験には、足立らの高所の心理的影響に関する実験的研究<sup>10)</sup>等がある。

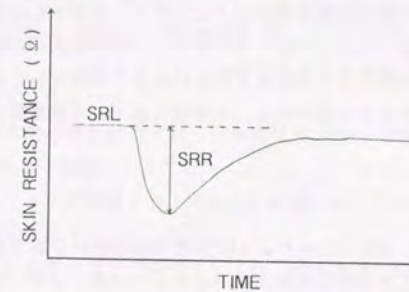


図3-2 GSRの測定

### 4. その他の生理指標

これらの他に、聴覚誘発電位<sup>11, 12)</sup>、緩徐変動電位(CNV)、血圧<sup>13)</sup>、脈波、瞬目、瞳孔面積、といったものが試みられているようであるが、本研究で扱った範囲は以上に示す3つの指標のみである。

### 5. 定位反射(OR: Orienting Reflex)と防御反応(DR: Defensive Reflex)

ORというのは、選択的注意によって生じる反応である。有名なバプロフの実験で、犬が何か音がしたときにはそちらに注意が集中(定位)し、条件付けが停止するところから名付けられた。それに対して、DRというのは一時的な防御のための反射であると考えられている。

心拍に関しては、ORは心拍数の減少をもたらす、DRは心拍数の増大をもたらすと言われている。GSRはコンダクタンスの上昇(抵抗の減少)、脳波は $\alpha$ 波の停止( $\alpha$ 波ブロック)がOR、DRどちらについても認められる。心拍数以外はORとDRの明確な区別はつけにくいとされている。ただし、OR、DR、といったものは慣れを生じると徐々に生じにくくなると言われている。

### 3-2 音の定性的分類に基づいた記号的機能の評価

#### (1) 合成音に対する脳波予備計測 (実験III)

記号的機能に与える記号形態の影響を調査するにあたり、生理的な指標が果たして採取可能であるかという点に着目した。OR、DRといった生理反応がどの程度出現するかについて、まず、脳波を対象として検証することにした。指標として取ったものは、 $\alpha$ 波のブロックされた割合を示すと思われる、全帯域に対する $\alpha$ 波帯域のパワー比に着目した実験を行った。

#### 1. 試験音

試験音として用いたのは、表3.1に示すような条件で組み合わせた24種類である。これらは、通常使用されることの多いと考えられるホイッスル、ブザー、純音などの音記号をモデル化し、シンセサイザーによって合成した音である。試験音を鳴動と停止を繰り返す断続音としたのは、断続音として提示される音記号が多いと考えたからである。

これらは、音源、繰り返し規則性、繰り返し率、音圧レベルの4つの基準によって条件設定している。

音源はスペクトル特性、及び、時間軸上のエンベロープの異なるものをカテゴライズしたものである。付録にそのスペクトル特性等を記す。

繰り返し規則性というのは、規則的に断続する音か、不規則に断続する音かを示す。いずれの場合も試験音の継続時間を5秒として、時間負荷率は50%としている(音の鳴動時間の合計は2.5秒)。ただし、実験IV以降では定常音以外も含まれるのでこの限りではない。また、不規則と言ってもパターン相互に変化はなく、不規則なパターンは一意的に決まっている。

繰返率は断続する速さのことで、1秒間に断続する回数を表しており、その違いによってカテゴライズしている。

音圧レベルはLEを計測し、全ての試験音が5秒間継続したと仮定してその間の等価音圧レベルを算出して設定している。試験音の継続時間は約5秒であるとしたが、実際は繰り返し規則性などのパターンによって若干異なっている。

表3.1 試験音の設定条件

音源	繰り返し規則性	繰返率 (/s)	音圧レベル (Leq: dBA)
純音	規則的	1	55
ホイッスル	不規則	3	70
ブザー			

#### 2. 実験方法

実験は、財団法人労働科学研究所内の電磁シールドされた無響室で行った。被験者はスピーカ正面より2m離れた位置に椅座して試験音を聴取する(図3-3)。

被験者は安静状態におき、教示としては、ただ単に音を聞いているようにと指示した。

実験は、全ての組み合わせの試験音を聞かせるという試行を、被験者一人について4回繰り返して行った。試験音はスピーカよりモノラル再生し、その呈示順は1試行内ではランダムに配列されている。

被験者には前頭葉と頭頂葉の2点に電極を付け、耳を不関電極として頭部電位差を誘導した。この電位差を脳波計に入力し、ペンレコーダーによってモニターするとともに、FMデータレコーダーに記録した。実験室内の様子は、ビデオカメラによってTVモニター画面で監視できるようになっている。

被験者は、聴力正常な21才から22才の学生(男子1名、女子2名)である。

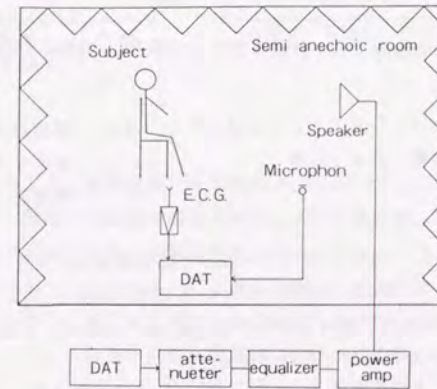


図3-3 実験システム (実験III)

#### 3. 結果及び考察

初めに直流成分の時間的変化を見たが、瞬きなどのアーティファクトによるノイズ成分の影響が大きく、交流成分にのみ着目する。

交流成分のうち8から13Hzの帯域は $\alpha$ 波(アルファ波)と呼ばれ、安静状態にあるときに強く現れるが、定位反応や防御反応によって停止する( $\alpha$ 波ブロック)といわれている。

まず、記録した脳波をA/D変換し、脳波波形をFFT(B&K 2032)によって周波数

分析した。その結果をパーソナルコンピュータに取り込み、8～13Hz帯(α波帯域)のパワーが、0～15Hz帯のパワーに占める割合を計算した。これをα-RATIOとする。

α-RATIOを目的変数とし、被験者と試行回を説明変数にとって分散分析を行ったところ、どちらの主効果も1%以下の水準で有意であった(図3-4)。

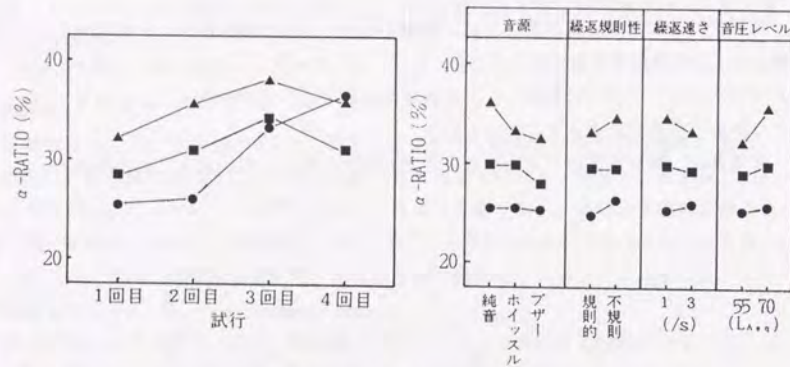


図3-4 試行回数とα-RATIO (実験Ⅲ)  
被験者 A ● B ▲ C ■

図3-5 試験音の設定条件とα-RATIO (実験Ⅲ)  
被験者 A ● B ▲ C ■

モニターの様子から、3回目、4回目の試行では覚醒水準が大きく低下している傾向が見られた。そこで、1回目、2回目の試行のみを解析対象として、試験音の設定条件(物理的属性)を説明変数に取って分散分析を行った(図3-5)。有意差が見られたのは被験者Bの音圧レベルについてだけであった。

有意な差は出なかったが図3-5から、ブザー、規則的な音、低い音圧レベルの音の場合にα-RATIOが低いという傾向がある。ブザーは本実験中ではかなり印象の強い音であるので安静状態ではなくなり、α-RATIOが下がるということはずける。しかし、音圧レベルの低いほうがα-RATIOが低いというのは、経験的に判断すると不合理な印象を抱かせる。これは、脳波には係留効果が働き即時に音に対する反応が現れていないことや、小さな音であるためにより注意を傾けて受聴したため安静状態からはずれたということも考えられる。しかし、被験者Bの影響が大きいため一般的現象としてとらえるのは難しいであろう。

試行回数が上がるとα-RATIOが上昇したのは、慣れの度合いが時間と共に上昇してきたからであると思われる。この点からみると、α-RATIOはある実験中にお

ける慣れの度合いを表す指標としては働くが、設定条件の違いによって有意な差が出るほどαブロックが明確に生じるものではない。それに加えて脳波測定欠点として、微弱な電流でありノイズの影響などで検出が難しい、電極を頭部に取りつけるので被験者に与える行動上の制約が大きい、データの解析が難しい、ということがあげられる。

脳波の時間経過を見るといった解析上の工夫をし、脳波測定自体ももっとシステム化すれば、あるいは別の結果が得られるかも知れないが、音の物理的属性による影響を計る指標としては今のところ有用性は少ないと言えるだろう。

## (2) 合成音に対する主観的評価と心拍数予備計測(実験Ⅳ)

記号的機能を有すると思われる音で、現実に使われている音、よく聞かれる音を対象にした実験Ⅱにより、記号的機能を持つ音がどのように受け止められているかを検討した。実験Ⅱでは定量的に変化させたパラメーターは音圧レベルだけであり、また、必ずしも音記号として考えにくいものもあった。ここでは実験Ⅲに引き続き実際の音記号をモデル化した電気的合成音を用い、音の物理的属性をいくつかに分けて変化させた場合の主観的評価について調べた。

さらに、生理的指標の検討として瞬時心拍数を取り上げ、その変化から聴覚的反応について考察した。

### 1. 試験音

試験音の設定条件として、試験音源、平均繰返率、呈示リズムの繰返しの規則性、音圧レベルを考えた。断続する試験音の呈示リズムの平均繰返率、及び、規則性は、実験Ⅲにおける試験音と同様である。音源は実験Ⅲのものに加え、ベルの音と広帯域ノイズを設定した。いずれもシンセサイザーによって合成した模擬音である。また、純音と広帯域な周波数特性を持つノイズは参照のために設定したので、全てのパターンについて行っていない。これらの試験音には、聴覚的にクリックを生じないよう立ち上がりにウインドウをかけ、on-timeの合計を2.5秒に統一し、時間負荷率を50%とした。実験Ⅲでは全て定常音であったが、「ベル」は定常部分を持たない減衰音(3.9s/-60dB)である。従ってon-timeに相当する部分が無いので、音の立ち上がりのタイミングのみ制御している。

表3.2 試験音の設定条件

音源	繰返し規則性	繰返率 (/s)	音圧レベル (Leq:dBA)
ホイッスル	規則的	1	40
ベル	不規則	3	55
ブザー			70
純音	規則的	1	
ノイズ			



## 2. 実験方法

実験のダイアグラムを図3-6に示す。試験音はランダムに配列され、40～60秒程度の間隔で1回呈示される。被験者は、簡易半無響室内のスピーカー正面より2mの位置で試験音を聴取する。聴取後、図3-7の左列に示す10対の主観的評価尺度によって、5段階の評価を行う。

また、そのうちの被験者1名に長時間心拍記録計を装着し、その瞬時心拍値のモニターをビデオカメラにて録画した。呈示された試験音も同時にビデオカメラの音声トラックに録音した。

被験者は20才代の男子学生3名である。

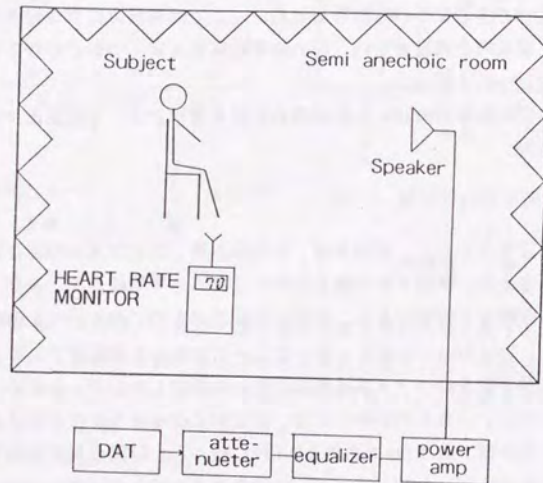


図3-6 実験システム(実験Ⅳ)

## 3. 評定尺度法についての考察

3名の評定を平均し、各属性毎の主効果を確認するためにまとめたプロフィールが図3-7である。尺度はそれぞれの持つ意味から判断して、力量性、快適性、独自性、危険連想性の4つのグループにわけている。

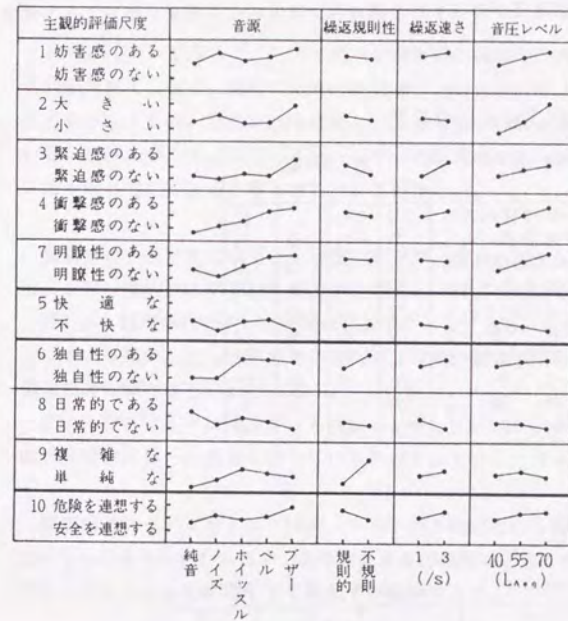


図3-7 実験Ⅳプロフィール

また、被験者のデータの平均値を用いて因子分析(主成分法, 共通性推定1回, varimax回転)を行い、4因子を抽出した。表3.3の因子負荷量より、第1因子=音の印象性、第2因子=非緊張性、第3因子=妨害性、第4因子=複雑性と考えた。尺度の意味から分けたものとは若干異なった因子構造となった。

各試験音の因子得点を図3-8に示す。第1因子は音圧レベルの影響が大きく、試験音源の種類による差も大きい。第2因子の非緊張性が高いものは繰り返し率が小さい。また、音圧レベルが高いと不規則な音のほうが非緊張性が高く、音圧レベルが低いと規則的な音のほうが非緊張性が高い傾向があるが、これは、非常ベルの音を低い音圧レベル時には目覚まし時計の音と誤解した前報の結果との関与が示唆される事実である。しかし「プザー」は常に緊張性が高い傾向がある。第3因子は音圧レベルの上昇に対して単調な増加を示し、特に「ノイズ」が著しい。第4因子は繰り返しの規則性によって明らかな差が見られる。

因子分析では情報を縮約して表現しているため、以下では直接原尺度に基づいて詳細な考察を進めてゆく。なお、ここでは主効果にのみ着目しているが日常性、緊迫感などは生活習慣の中での学習効果が存在すると思われ、特定の交互効果があることを考慮しておくべきであろう。

表3.3 各評価尺度の因子負荷量

評価尺度	因子負荷量			
	I	II	III	IV
7 明瞭性のない—明瞭性のある	.92	-.20	.13	.12
4 衝撃感のない—衝撃感のある	.79	-.39	.32	.15
10 安全を連想する—危険を連想する	.36	-.83	.25	-.20
3 緊迫感のない—緊迫感のある	.42	-.76	.26	-.02
8 日常的でない—日常的である	-.03	.74	-.42	-.31
5 不快な—快適な	-.09	.45	-.86	.10
1 妨害感のない—妨害感のある	.42	-.36	.77	-.04
2 小さい—大きい	.66	-.13	.69	-.07
9 単純な—複雑な	-.09	.13	.04	.96
6 独自性のない—独自性のある	.03	-.17	-.12	.89

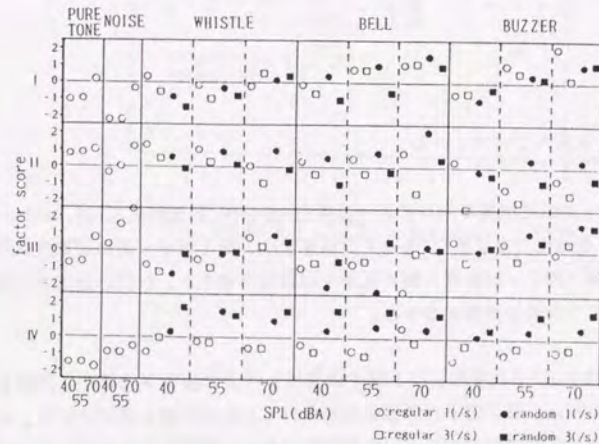


図3-8 各試験音の因子得点

妨害感について見ると、音源ではノイズ、ブザーが大きく、音圧レベルに比例している。繰り返しの規則性や速さで特に違いが見られないのが意外である。

大きさについてみると、およそ傾向は妨害感と同様である。しかし、評価尺度は単なる間隔尺度ではなく、両極にそれぞれ意味があることを考えると多少異なっている点も見られる。それは、音圧レベルに対してであるが、40dBの刺激に対しては明らかに小さいという評価がくだされているが、必ずしも妨害感が無いわけではない。妨害感と大きさ感が同じものであると考えるわけには行かない。

緊迫感について見てゆくと、音源ではブザーだけが突出して緊迫感があるとされている。ブザーは大きさにおいても大きく聞こえ、特異な傾向を示しているようである。

繰り返しの規則的で速い方が緊迫感が増すようである。このことについては、パラメーターをより細かくとった検証ができれば、実際の緊急感を示す各種の音記号に対して有効な設計指標となることであろう。

この尺度は音圧とは関係が見られない。従ってこのことから1、2、3、4、7、の尺度同士は単一の意味を持っているわけではないことが示されている。

衝撃感という立ち上がり時間、立ち下がり時間という時間音圧波形を示す属性が影響しているように思われるが、実際には音源の種類によってかなり影響が見られ、また、音圧レベルそのものに対しては比例する傾向がある。

明瞭性については、繰り返しの規則性、繰り返し率ともに無関係である。この尺度についても音圧レベルが比例しており、十分な音量が明瞭性に欠かせないことがうかがえる。

ノイズの明瞭性は低くベルやブザーは高い。A特性音圧レベルでは同一レベルでもブザーは音の大きさ感が特に大きいようである。ベルはピークが大きいということが影響していると見られる。

快適性についてであるが、このような聴感試験では常に積極的に快適であるという方向性を持った評価はされにくく、ここでも不快側で変動しているにすぎない。

ノイズ、ブザーが特に不快側にあるが、大きさ感の大きいものが不快側に寄っているようである。

独自性、及び複雑性について見ると、純音、ノイズが低い、これは試験音を設定する際に純音とノイズだけは規則的なもののみを設定しているためであろう。この尺度は主に繰り返しの規則性に関係していると思われる。

日常性については、純音が特に高い傾向が見られた。家庭電化製品には純音を使用し

ているものが多いことの現れであろう。その他には特に傾向はうかがえない。

危険連想性については、ブザーが危険側にある他は中立的な傾向にあることが示された。相対的な比較だが、規則的な音の方が不規則なものより危険側にある。音圧レベルとは関連が薄いようである。非常時などに有効な音があれば望ましいのだが、本実験の試験音の範囲だけで見だすのは困難である。もし、後天的学習のみで決まるならば意味が無いが、何らかのナチュラルコードが潜んでいるかも知れないので今後幅広い検討が必要である。

次に主観的評価尺度の交互作用について検討するが、個々の尺度同士では冗長なので、因子分析の結果得られた4つの因子について因子得点から検討してゆく。

印象性の因子（第Ⅰ因子）では、繰り返しが不規則で、かつ、繰り返しの速い音がやや低めに評価されている。特にベルにその傾向が強い。

非緊張性の因子（第Ⅱ因子）では、音圧レベルが高いと不規則な音の方が非緊張性が高いが、音圧レベルが低い場合には規則的な音の方が高くなる。

ブザーは常に非緊張性が低い（緊張性が高い）。また、ベルの70dBでは、規則的で速い繰り返しの音が緊張性が高く、同時に不規則で遅い繰り返しの音が非緊張的である。後天的な学習による要素があるのではないかと見られる。

妨害性の因子、もしくは不快性の因子（第Ⅲ因子）では、ノイズが音圧レベルに比例して特に大きくなっている。また、ベルでは遅い繰り返しの音の方が妨害性が低くなっている。

複雑性の因子（第Ⅳ因子）は、音圧レベルとは全く独立であることが分かる。そして、繰り返しが速いだけ、不規則なだけの音ではなく、繰り返しが速く、かつ、不規則な音になると因子得点が上昇する傾向がある。これは、無意識の情報を増すことで独自性を高めることができることの1つの裏付けであろう。

#### 4. 心拍数についての考察

心拍数データを得たのは1名であったので一般化には不十分だが、心拍は不随意であり、ある程度の心理と生理の関係について予備的な考察は可能であろう。設定条件別に平均したものを図3-9に示す。

本実験で使用した心拍計で計測される心拍数は、図3-10に示すような三拍ごとにそれまでの経過時間を逆数変換し（ $60 \times 3 \div [3 \text{拍間の時間}(S)]$ ）次の3拍表示するというものなので、図3-9のx軸は正確には順序を示すものでしかなく、しかも時間のずれが生

じている。しかし、心拍数が約80であるので1目盛り約2.3秒程度の等間隔とし、実際の心拍数変化は1回分前から始まっている（音の方を遅らせて考えてもよい）と見て差し支えないであろう。x軸の値を以後x(1), x(2)のように記す。試験音はx(2)の途中から呈示され始め、x(4)までに呈示し終わっている。

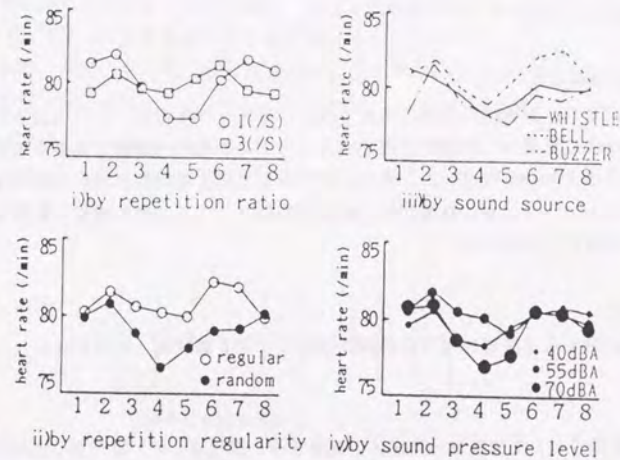


図3-9 試験音の条件別に平均した心拍数の推移

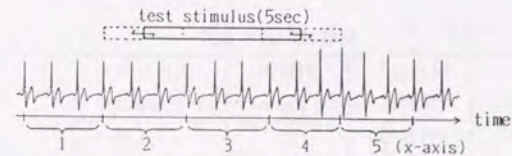


図3-10 心拍数の計測方法（実験Ⅳ）

x(1)からx(2)の心拍数変化は、分散分析から、  
 ・音源と繰り返し率とその交互作用により有意 ( $p(0.05) R^2=0.31$ )。  
 また、x(4)からx(5)の心拍数の変化は、分散分析から、  
 ・音量と繰り返しの規則性とその交互作用により有意 ( $p(0.01) R^2=0.55$ )。

という結果が得られた。

さらに、x(1)からx(2)の変化と主観的評価尺度の相関をみると、

- ・「日常的でない-日常的である」(p(0.05 R=0.352)
- ・「安全を連想する-危険を連想する」(p(0.05 R=0.41)

と有意な相関が見られた。

これらより音を聞く直前から聞いた直後の心拍数の変化は、DR反応であり音の緊張性と関係があることが示唆された。また、x(4)からx(5)の変化は、選択的注意によるOR反応からの復帰過程の表れであると見られるが、主観的な評価とは直接的な関係はないようである。

### 5. 実験Ⅳのまとめ

今回の実験により、試験音の音源、呈示リズム、音圧レベルの違いという記号形態の差は聴覚的な印象に影響し、主観的評価にのみならず、生理的一指標である心拍数の変化に影響を与えることが示唆された。また、心拍数の変化と選択的注意とが関係することが示唆されたので、それを注意喚起性や危険連想性といった記号的機能に影響するものとして、以後検討してゆく。

### (3) 合成音に対する主観的評価と心拍数計測とGSR予備計測(実験Ⅴa)

#### 1. 試験音

試験音の設定条件として実験Ⅳと同様に、試験音源、繰り返し率、繰り返しの規則性、音圧レベルを考えた。音源は実験Ⅳのものに加え、「鳥」の鳴き声を模擬したものを加えた(表3.4)。これらには聴覚的なクリックを生じないように、立ち上がりにウィンドウをかけた。

表3.4 試験音の設定条件

音源	繰り返し規則性	繰返率 (/s)	音圧レベル (LE:dBA)
ベル	規則的	1	40
鳥	不規則	3	50
ブザー			60
ホイッスル			
純音	規則的	1	
ノイズ			

on-timeの合計は2.5秒に統一し、1つの試験音の時間負荷率を50%とした。「ベル」と同様、「鳥」は定常部分を持たない減衰音なので、音の立ち上がりのタイミングのみ

### 3. 結果

ここでは被験者相互に共通な反応に着目するため、全員の平均値をもって解析する。評価尺度について10名のデータを平均したプロフィールを図3-13に示す。

心拍数は、図3-12に示すように瞬時心拍数を求め、試験音の始まりを起点(0sec)として2秒ごとの区間平均値を得た。さらに、-1秒、1秒、3秒、5秒、7秒の5つのデータの平均値でそれぞれの値を除した(基準化した)値を基準化心拍数とする。これは試験音が呈示されている区間を含む過渡的な心拍数の変化を見るためである。

GSRは、SRL(皮膚抵抗水準)とSRR(皮膚抵抗変化量)を検出したが、これらの値は、被験者ごとにかかなり異なるので、相互に基準化するためSRRを反応の現れる直前のSRLで除した値を指標として用いている。

基準化心拍数、及び、GSR(SRR/SRL)のデータについて被験者平均したプロフィールを図3-14に示す。

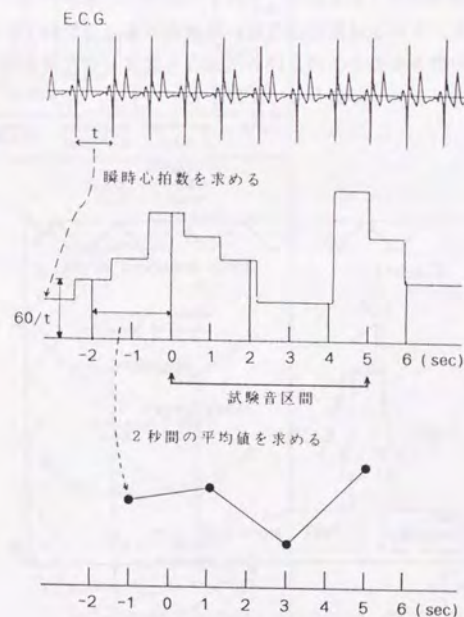


図3-12 試験音と心拍数計測の関係

制御し、off-timeの制御はしていない。

今回の実験では、音圧レベルはLEの値で設定している。5秒間の断続音なのでLeqと比較して7dBほど低くなっている。

## 2. 実験方法

被験者は簡易半無響室内のスピーカー正面より2mの位置に椅座している(図3-11)。試験音を聴取した後、図3-13の左側に示す4対の主観的評価尺度(明瞭な-ぼやけた、危険を連想する-安全を連想する、小さい-大きい、複雑な-単純な)に従って5段階の評価を行う。その時、皮膚電気反応(GSR)、心電図(ECG)も同時に記録する。

被験者は20才代の学生など10名(男性9名、女性1名)である。ただし、心電図も採取したのはそのうち7名(男性6名、女性1名)である。

GSRは、第2指と第3指の中節掌面に電極を取りつけ、通電法によって皮膚抵抗を求めることとした。ホイートストンブリッジを利用した検出器は自作したものを用いた。検出器の出力電圧を生体アンプで直流増幅し、ペンレコーダーによってその変化過程を記録した。

心電図は標準双極誘導のIII(左上肢と左下肢)で誘導し、生体アンプで交流増幅した後、DATに記録した。DATは厳密には低い周波数成分(3Hz以下)まで記録することはできないが、心拍数を求めるためだけの用途ならば十分な性能を有している。DATには実験室内の音もモニター録音として記録した。

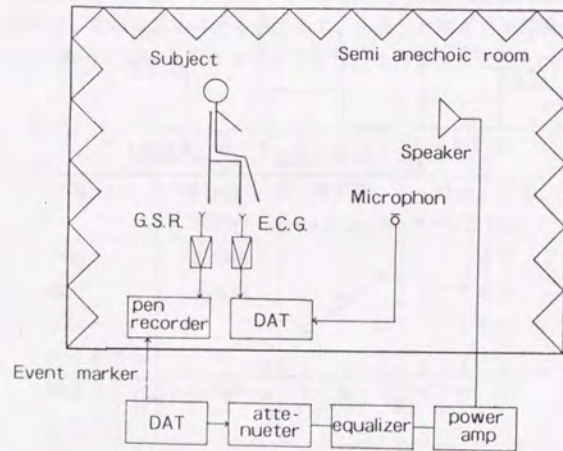


図3-11 実験システム(実験V)

主観的評価尺度	音源	繰返規則性	繰返速度	音圧レベル
1 明瞭な ぼやけた	ノイズ	規則的	1 3 (/s)	40 50 60 (L.A.)
2 危険を連想する 安全を連想する	鳥	不規則	1 3 (/s)	40 50 60 (L.A.)
3 小さい 大きい	ホイッスル	規則的	1 3 (/s)	40 50 60 (L.A.)
4 複雑な 単純な	ベル	規則的	1 3 (/s)	40 50 60 (L.A.)

図3-13 実験Vaの結果のプロフィール

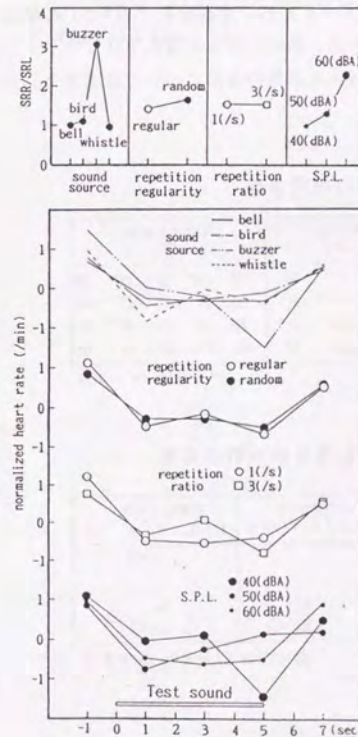


図3-14 基準化心拍数とGSRの試験音条件別平均値

4. 評定尺度法についての考察

4つの尺度のみであったのであまり多様な事柄は言及できず、また、実験Ⅳで用いた尺度と重複しているものでそれとの差を中心に考察する。

図3-13を見ると、全体的には実験Ⅳでの結果(図3-7)とほぼ同じような傾向を示している。

「明瞭な」「危険を連想する」「大きい」はほぼ等しい挙動を示す。ただし、「危険を連想する」では、ほとんどが危険側だけで変動している様子がうかがえる。また、鳥、ベルは小さな音だが比較的明瞭な音であるとされている。

「単純な」の尺度ではノイズの挙動が若干異なる。これは、試験音の音圧レベル設定条件が実験Ⅳと実験Ⅴaでは異なっている(LEとLeq)ことが影響しているのかもしれない。ホイッスルが一番複雑であるという傾向は変わっていない。複雑さというのはノイズのように周波数上で一様な成分を持つということも重要な要因であろう。一方でホイッスルのようにFM変調がかかった音が複雑とされるのは時間軸上での音の基本的成分の変動といったものが影響していることも考えられる。

設定条件を説明変数とし、平均値を個々のデータとした分散分析(表3.6)の結果では、かなりの条件が有意と判定されている。音源、音圧レベルに関してはプロフィール上でもはっきり傾向を読み取ることができるが、その他の条件については歴然とした差を認めにくい。

表3.5 主観的評価と生理的反応の相関係数

主観的評価尺度	G.S.R. SRR/SRL	心拍数の差					基準化心拍数				
		-1-1	1-3	3-5	5-7 s	-1	1	3	5	7 s	
1 ば や け た 明 瞭 な	.51**	.04	.09	-.37*	.20	.22	.29*	.20	-.37**	-.19	
2 安全を連想する-危険を連想する	.46**	.04	-.08	-.44**	.41**	.20	.27	.20	-.47**	-.03	
3 大 き い-小 さ い	-.56**	-.03	.04	.44**	-.31*	-.21	-.27	-.25	.45**	.13	
4 単 純 な-複 雑 な	.02	.01	.09	.06	-.11	-.08	-.08	.03	.11	-.01	

\* p<0.05 \*\* p<0.01

表3.6 試験音の条件を主効果とした分散分析の結果

主効果となる 試験音設定条件	主観的評価尺度				G.S.R. SRR/SRL	心拍数の差					基準化心拍数				
	1	2	3	4		-1-1	1-3	3-5	5-7 s	-1	1	3	5	7 s	
音源	◎	◎	◎	◎	◎				○					○	
繰り返し規則性	◎	◎	◎	◎											
繰返率		◎		○				○					○		
音圧レベル	◎	◎	◎		○			◎	◎			○	△	◎	

◎ p<0.01 ○ p<0.05 △ p<0.10

5. 心拍数とGSRについての考察

表3.6の分散分析(主効果のみ)の結果を見ると、生理反応は音の大きさや音源の種類に対して有意な反応を示している。プザーの音は印象の強い音であるのでこのような結果になったと思われるが主たる要因は音量であろう。

また、基準化心拍数の3秒後の値が繰返率と5%の水準で有意であるという結果が出ているが、この結果は実験Ⅳの、“音を聞いた直後の心拍の変化が音源と繰返し率とその交互作用により有意である”という結果と係わりがあるのかも知れない。

主観的評価と生理反応の相関係数(表3.5)から、GSR、3~5秒後にかけての心拍数変化、5~7秒後にかけての心拍数変化、5秒後の心拍数などが尺度1, 2, 3と関係が強いことがわかる。

実験Ⅳでは、DR反応は音を聞く直前から聞いた直後にかけて現れることが示唆されているが、今回の実験では明確に現れることはなかった。

ここでは以上のような考察にとどめ、実験Ⅴb、Ⅴcを含めて、より総合的な検討を次項において行ってゆく。

(4) 作業負荷状態における合成音に対する心拍数計測 (実験Vb・Vc)

ここで目的とするのは、生理的指標を用いて聴覚的印象の差がどの程度評価可能であるのかを調べることにある。ここでの試験音自体は実験Vaと同じものであるが、被験者の意識状態を変える(音を受動的に聞いている状態にする)ために、知的な作業としてのパズルを課題として与え、その時の瞬時心拍数を調べてゆく。

1. 試験音

実験Vaと全く同じ試験音を用いている。実験Vcでは背景騒音を負荷しているが、これは対象としている試験音がマスキングによって聞こえにくくなっている状態を、人為的に作り出しているわけである。

2. 実験方法

実験Vbでは、被験者は簡易半無響室内でスピーカー正面より2mの位置に椅座しており、実験室内で数字を用いたパズル<sup>14)</sup>を行っている。呈示される試験音は、ただ聞いているだけで良いと指示した。これは、音に対して積極的な注意を向けさせないようにするためである。すなわち、実験Vaで行ったような音を積極的に聞いて評価するという状態ではなく、音は自然に聞こえてくる状態におくことを意図している。被験者は20才代の学生など5名(男性5名)である。

実験Vcでは、被験者の条件、及び、教示等全て同様である。ただし、実験室には背景騒音として、図3-15のような各オクターブバンドあたり50dBのワースペクトルを有する広帯域ノイズを常にスピーカー(被験者の正面、試験音のスピーカーとは別系統)より再生している。被験者は20才代の学生など6名(男性4名、女性2名)である。

以上の実験中の心電図を、実験IVと同様の方法で誘導しDATに記録した。

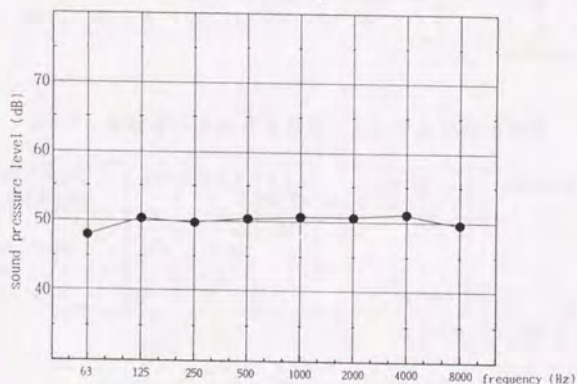


図3-15 実験Vcにおける背景負荷騒音

実験Va	試験音 被験者の行動 背景騒音	off — on — off 聴取準備—積極的聴取 — 評定 off
実験Vb	試験音 被験者の行動 背景騒音	off — on — off 課題解決作業 (パズル) off
実験Vc	試験音 被験者の行動 背景騒音	off — on — off 課題解決作業 (パズル) on

図3-16 実験Va、Vb、Vcの試験音呈示条件と被験者の行動条件の比較

3. 結果及び考察

実験Va, b, cによって得られた瞬時心拍数は、前後1秒ずつの時間窓で移動平均し、平滑化した。図3-17はそれらを、全被験者、全試験音について、それぞれ時間軸を同期して平均した値を示している。

実験Vaからは、音の呈示開始直後と、音の呈示終了直後の2回、心拍数低下反応がみられることがわかる。これはある対象に選択的注意が働いたことを表すOR反応であると考えられる。音の呈示を予期しているためか、呈示前にすでに心拍数が低下する傾向がみられる。しかし音に反応して心拍数が上昇するというDR反応を見ることはできない。

実験Vbでは、全体的に変化が少なく、終了直後の反応もないようにみえる。実験Vcでも、実験Vaと比べ全体的に変化が少ないが、実験Vbよりも終了直後の反応ははっきり現れているようである。終了直後の反応が弱いように見えるのは、一様な反応の生じていないあかしでもあり、詳細な検討を待たねばならない。

また、実験Va、Vb、Vcとなるにつれて、全体的に心拍数が高くなっている。これは、徐々に心理的負荷が上昇したため、DR反応が現れた可能性があるが、被験者が異なるため(被験者によって心拍数の水準はかなり異なる)断定はできない。

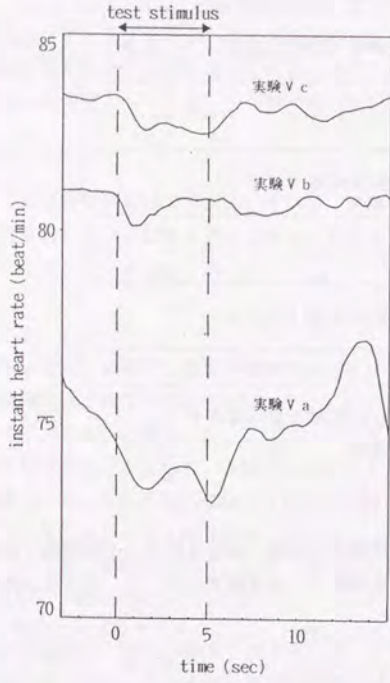


図3-17 全試験音、全被験者の平均瞬時心拍数の推移

実験 V a、V b、V c の全平均値、及びそれぞれの属性ごとに、初期反応 (0-1sec) と後期反応 (5-6sec) について T 検定を試みた。表 3.7、表 3.8 にその結果を示す。

作業が負荷された状態では V b、V c 共に有意な反応を示すものが減っているが、全平均ではかなり反応を検出している。初期反応は音が聞こえたか否かの指標となるものと考えられるが、まだ確定的に判断することはできず、統計的な表現において記述できるととまる。

後期反応がどのような条件の時に顕著であるかを考えてみると、まず後期反応は大きさ感と相関が強かったところから音圧レベルと関係しているのではないかと思われたが、ほとんど差は認められなかった。変化よりも、絶対値と関係していることが、図 3-18 以下の、属性ごとに平均した瞬時心拍数の推移の図から読み取れる。また、属性ごとに分けた場合、サンプル数が減少するため有意差の検出力が弱まってしまふことが影響していることも考えられる。

図 3-18 からはまた、音源の種類によって反応が異なり、特にノイズに対して若干特異な反応を示していることが分かる。

表 3.7 瞬時心拍数初期反応 (0-1sec) の T 検定表

T-TEST BY SND		EX5a		EX5b		EX5c	
T(w-side)	.975:2.20	mean	std	mean	std	mean	std
BE	.995:3.11	-0.583	0.746	-1.783	0.746	-0.508	1.333
BI		-2.596*	1.295	-1.691	1.295	-1.295	1.295
BU		-1.937	0.969	-1.880	0.969	-0.862	0.969
WH		-2.908*	1.122	-0.985	1.122	-2.205*	1.122
		-1.533	0.418	-1.133	0.418	-1.208	0.418
		-1.078	1.334	-1.534	1.334	-0.483	1.334
		-4.102**	1.712	-2.818*	1.712	-0.936	1.712

T-TEST BY REG		EX5a		EX5b		EX5c	
T(w-side)	.975:2.07	mean	std	mean	std	mean	std
L	.995:2.81	-0.750	1.063	-1.083	1.063	-0.646	1.063
randstd		-3.829**	2.282	-2.277*	2.282	-2.265	2.282
H		-1.129	0.646	-0.646	0.646	-0.521	0.646
regustd		-1.064	2.342	-2.342	2.342	-1.239	2.342
		-3.829**	1.522	-1.522	1.522	-2.017	1.522

T-TEST BY RR		EX5a		EX5b		EX5c	
T(w-side)	.975:2.07	mean	std	mean	std	mean	std
1	.995:2.81	-1.133	0.900	-0.900	0.900	-0.825	0.900
3		-5.403**	3.025	-1.427	3.025	-1.364	3.025
		-0.746	1.063	-1.427	1.063	-2.901**	1.063
		1.000	0.829	-0.829	0.829	-0.342	0.829
		-3.578**	1.198	-1.281	1.198	-1.198	1.198
		-3.578**	1.370	-3.105**	1.370	-1.370	1.370

T-TEST BY SPL		EX5a		EX5b		EX5c	
T(w-side)	.975:2.13	mean	std	mean	std	mean	std
40	.995:2.95	-1.125	0.089	0.089	0.089	-0.369	0.089
50		0.783	2.410	2.410	2.410	1.058	2.410
		-6.893**	0.137	-1.671	0.137	-1.671	0.137
		-0.856	1.156	-0.881	1.156	-0.881	1.156
		1.076	2.678	2.678	2.678	1.514	2.678
		-3.817**	-2.070	-2.070	-2.070	-2.791*	-2.070
		-0.837	1.506	-1.506	1.506	-0.500	1.506
		1.174	1.452	-1.452	1.452	-1.292	1.452
		-3.421**	-4.975**	-4.975**	-4.975**	-1.857	-4.975**

表 3.8 瞬時心拍数後期反応 (5-6sec) の T 検定表

T-TEST BY SND		EX5a		EX5b		EX5c	
T(w-side)	.975:2.20	mean	std	mean	std	mean	std
BE	.995:3.11	0.508	1.869	0.433	1.869	0.433	1.869
BI		-0.225	1.577	-0.981	1.577	-0.981	1.577
BU		-0.418	1.410	-0.866	1.410	-0.866	1.410
WH		2.582	3.561	3.561	3.561	3.561	3.561
		0.233	0.977	-0.977	0.977	-0.977	0.977
		0.368	0.500	-0.500	0.500	-0.500	0.500
		2.105	0.368	-0.368	0.368	-0.368	0.368

T-TEST BY REG		EX5a		EX5b		EX5c	
T(w-side)	.975:2.07	mean	std	mean	std	mean	std
L	.995:2.81	0.404	1.211	-0.512	1.211	0.233	1.211
randstd		1.601	1.959	-1.959	1.959	0.860	1.959
H		0.533	0.604	-0.604	0.604	0.500	0.604
regustd		2.090	2.600	2.600	2.600	1.677	2.600
		1.224	1.114	-1.114	1.114	1.429	1.114

T-TEST BY RR		EX5a		EX5b		EX5c	
T(w-side)	.975:2.07	mean	std	mean	std	mean	std
1	.995:2.81	0.329	0.843	-0.438	0.843	0.317	0.843
3		0.608	1.874	-1.725	1.874	1.254	1.874
		2.257	0.808	0.808	0.808	0.417	0.808
		1.293	2.649	2.649	2.649	0.969	2.649
		1.293	0.958	-0.958	0.958	0.969	0.958

T-TEST BY SPL		EX5a		EX5b		EX5c	
T(w-side)	.975:2.13	mean	std	mean	std	mean	std
40	.995:2.95	0.387	1.140	-0.062	1.140	0.587	1.140
50		1.316	1.316	-0.254	1.316	1.167	1.316
		-0.406	0.288	0.288	0.288	0.288	0.288
		1.046	3.283	3.283	3.283	1.678	3.283
		-1.504	0.457	0.457	0.457	0.200	0.457
		2.183	1.443	-1.443	1.443	1.443	1.443
		2.528*	-0.527	-0.527	-0.527	0.654	-0.527



実験 V a

実験 V b

実験 V c

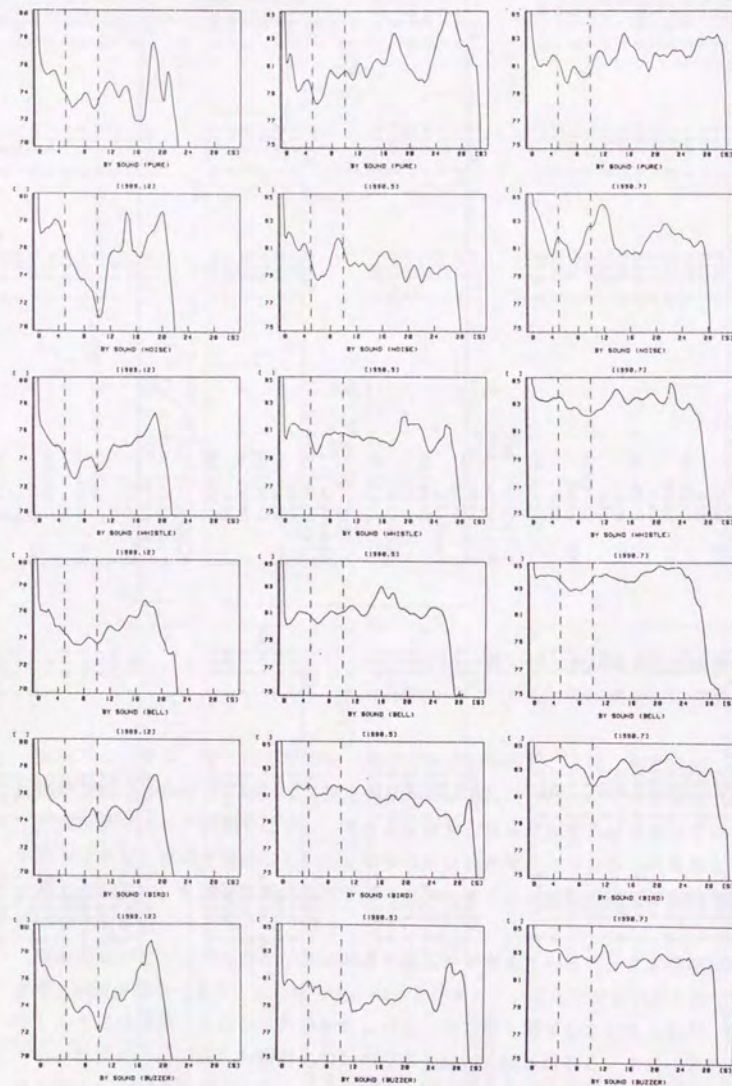


図3-18 試験音の音源別瞬時心拍数の推移

実験 V a

実験 V b

実験 V c

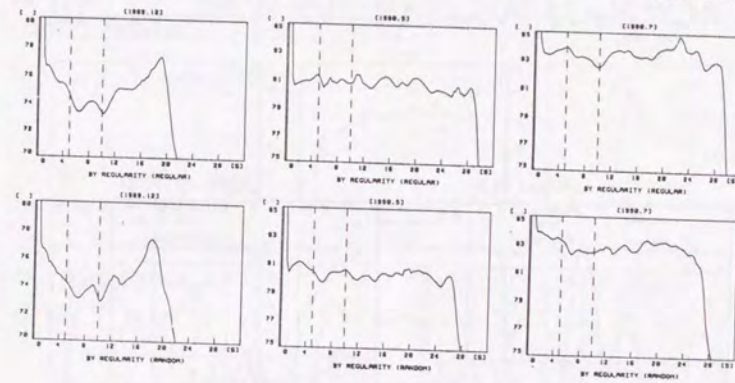


図3-19 試験音の繰返し規則性別瞬時心拍数の推移

実験 V a

実験 V b

実験 V c

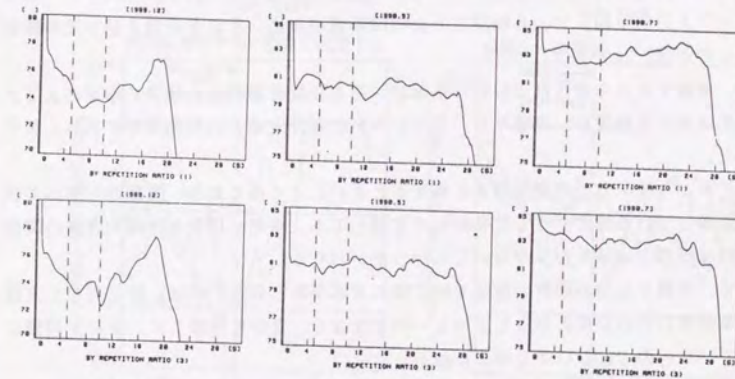


図3-20 試験音の繰返し速さ別瞬時心拍数の推移

実験 V a

実験 V b

実験 V c

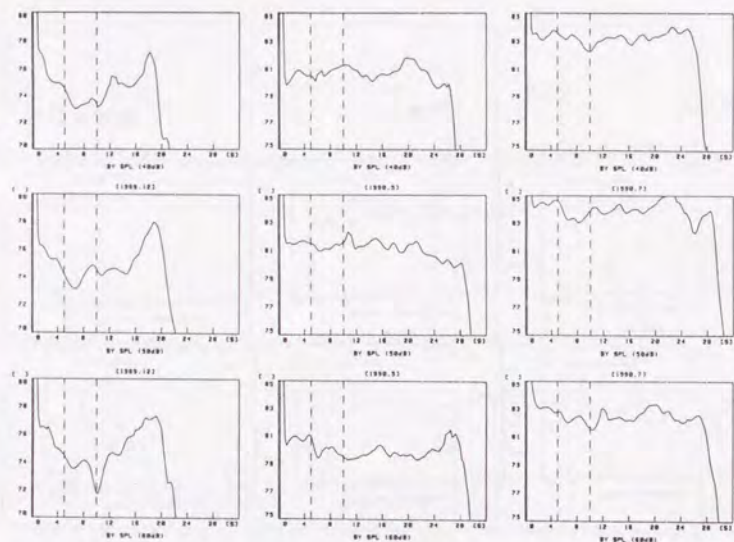


図3-21 試験音の音圧レベル別瞬時心拍数の推移

実験 V a によって得られた試験音の4つの尺度の評定値(10人分の平均)と、瞬時心拍数(7人分の平均)との各瞬時ごとの相関係数を求め、それを時刻を追って推移を示したものが図3-22である。

また、実験 V a から得られた評定尺度値が、ある程度普遍的で被験者の相違による大きな変化はないと仮定し、実験 V b, V c についても評定値との相関係数を求め、図中に示した。

実験 V a と実験 V b の相関関数を比較すると互によく似ており、積極的に聞いて試験音を評価している時とそうでない時とで比較しても、瞬時心拍数と主観的評価の基本的な構造はほぼ変わらないことがうかがわれる。

従って、実験 V b の心拍数の推移で終了時の反応がみられないのは、音に対して主観的な印象が無いために反応が生じていないのではなく、互いに相殺してしまい平均値には現れていないのではないかと考えられる。

実験 V c では、図3-18などをみると V a, V b と同じように音に対して反応しているようにみえる。しかし、相関関数(図3-22)を見ると V a, V b と異なり、音終了時において相関が高くなっていない。背景騒音が負荷されることで音自体の印象が変わり、それに対する心理生理的な反応も変化してしまったと考えられる。

音の呈示初期の心拍数低下反応は明確な反応にもかかわらず、どの尺度も特に強い相

関は見られない。しかし、呈示終了時の反応に対しては、“危険を連想する”“大きい”と言った尺度と強い相関をもち、音の大きさにかかる因子に反応していることが示唆された。

以上の事実から、試験音呈示初期の反応は、音の質とは無関係に「音が聞こえた」「音がもうすぐ聞こえる」といったような、「存在」「予期」によって生じる注意反応(O R 反応)であり、試験音呈示終了時の反応は、「音の大きさ」「音の印象性」といった評価との関係が深いことが明かとなった。

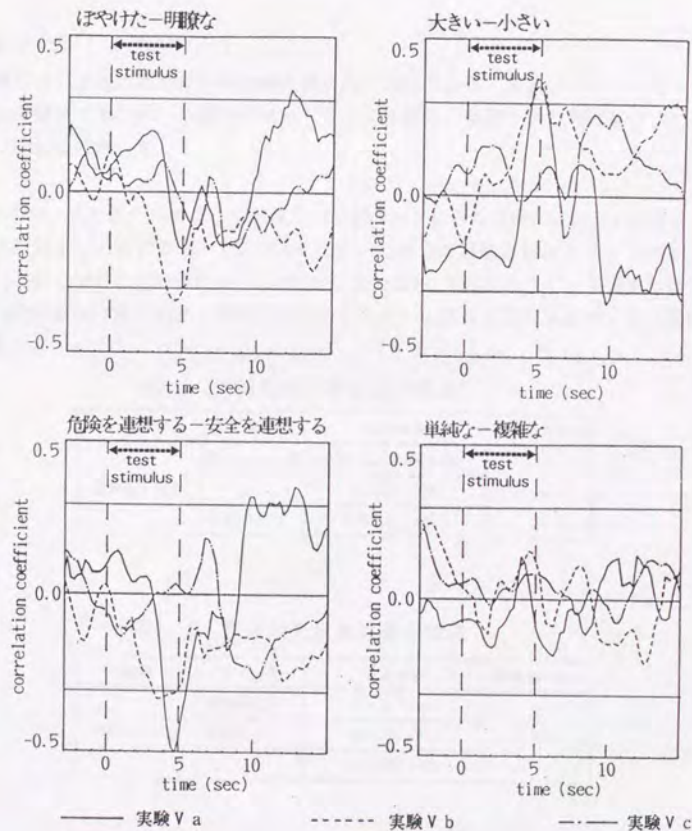


図3-22 瞬時心拍数と主観的評価の相関の時間的推移

#### 4.まとめ(実験Va、Vb、Vc)

実験Vaで用いた主観的評価尺度は、実験IVで用いたものより少ない4尺度だけであったので、その中の因子構造は「大きさ」と「複雑さ」だけになってしまったと思われる。若干、明瞭性に関してノイズだけが「大きさ」とは異なる動きをしているため、他の要因があることをうかがわせる。その主な原因はスペクトル特性によるものと思われる。

GSRが音源の特性(スペクトル特性、時間特性など)や、音量感によって有意に反応することが確認できた。

瞬時心拍数も注意や予期ということに反応し、また、GSRと同様、音源や音量に対して反応していることが分かった。

#### 3-3 音源の定量的分類に基づいた記号的機能の評価

前節では、音源の種類の違いは、周波数特性、時間特性の違いをすべて包括した定性的な分類(ブザーやベルといった表現)に従っていた。それに対し本節では、音の物理的な属性を、基本的であり、より定量的に把握できるものにしぼることを目標の一つとした。すなわち、音記号としての使用頻度がかなり高いと思われる振幅変調音(AM音)、及び、周波数変調音(FM音)を対象として、主観的評価法と心拍数の変化という2つの方法を用いて、その聴覚的印象の評価を試みている。

##### (1) AM音、FM音に対する主観的評価と心拍数計測(実験VI)

##### 1. 試験音

試験音は、過渡的変調音と周期的変調音の2種類である。変調のパターンとしては限定された範囲であるが、予備的考察として十分に変化が認識できる範囲にあるということを考えて設定した。

FM音は、表3.9、3.10のような条件でコンピュータにより作成し、DATに録音した。それを図に示したものが図3-23、3-24である。これらの試験音にはクリックを生じないように、立上がりには16ms(/60dB)、立下がりには32ms(/60dB)のウィンドウをかけ、その部分の周波数は一定とした。時間長が異なるため $L_E$ の値は2通りあるが、最大振幅は一定である。

表3.9 過渡的FM音の条件設定

種別	パラメーター	設定水準	試験音の長さ
過渡的FM音	音型	上昇(Up)/下降(Down)	0.3(s)
	$L_E$	55 (dB) 一定	
	変調深さ	0.5, 1, 2 (oct.)	

表3.10 周期的FM音の条件設定

種別	パラメーター	設定水準	試験音の長さ
周期的FM音	変調周波数	1, 4, 16 (Hz)	2.0(s)
	変調深さ	4, 16, 64 (Hz)	
	$L_E$	63 (dB) 一定	

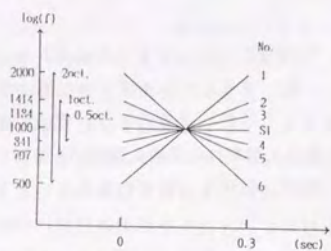


図3-23 過渡的 FM 音のパラメータ

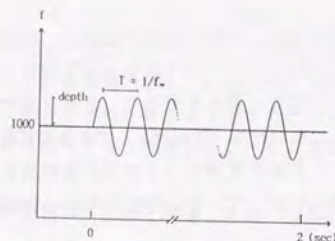


図3-24 周期的 FM 音のパラメータ

AM音は、表3.11、3.12のような条件を設定し、FM音と同様にコンピュータによって作成した。上昇型と下降型の2通りの音型を考え、上昇型には立ち下がりに、下降型には立ち上がりにFM音と同様の勾配を持たせた。図に示すと、図3-25、3-26のような形になる。

表3.11 過渡的 AM 音の条件設定

種別	パラメーター	設定水準	試験音の長さ
過渡的 AM 音	音型	上昇(Rise)/下降(Decay)	約0.4-2.8(s)
	$L_E$	50, 55 (dB)	
	ピークレベル	60, 62, 5, 65 (dB)	

表3.12 周期的 AM 音の条件設定

種別	パラメーター	設定水準	試験音の長さ
周期的 AM 音	変調周波数	1.4, 16 (Hz)	約2.0(s)
	変調深さ	2, 4, 8 (dB)	
	$L_E$	63 (dB) 一定	

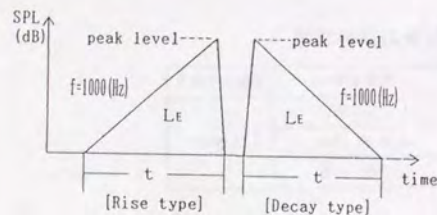


図3-25 過渡的 AM 音のパラメータ

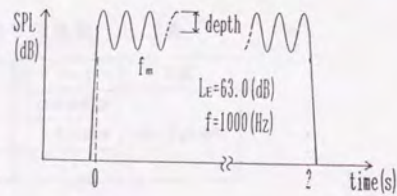


図3-26 周期的 AM 音のパラメータ

## 2. 実験方法

これらの試験音は、FM音、AM音どちらも取り混ぜてランダムな順序に並べ、30秒程度の間隔で被験者に1回づつ呈示する。被験者は簡易半無響室内のスピーカー正面より2mの位置で試験音を聴取し(図3-27)、10対の主観的評価尺度に従って5段階の評価を行う。また同時に心電図を記録する。被験者は20才代の学生など6名である。

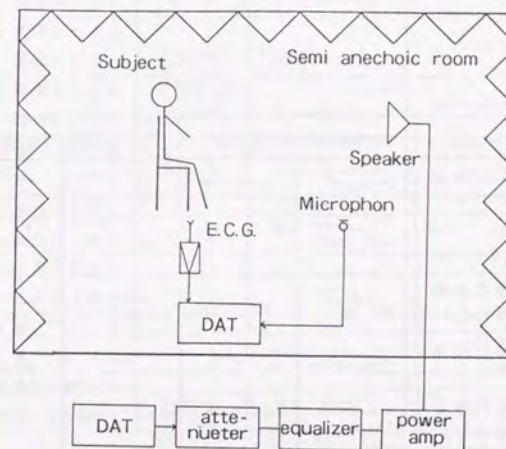


図3-27 実験システム (実験VI)

## 3. 結果および考察

まず、FM音に対する主観的評価(図3-28)について検討しておく。1:妨害感、2:大きさ感、3:緊迫感、4:衝撃感、7:明瞭性と言ったものは、音に対する注意喚起性を示していると考えられる。

妨害感では、変調の無い純音が中立的な評価であり、過渡的なFM音では上昇音が若干妨害側にある。変量には依存していないと見られる。周期的FM音では変調周波数が4Hzという中間的な値でピークを示し、交互効果の存在を感じさせる。変調度が深くなるほど妨害感の上昇している。

5:快適性は音のもつ審美性を示すと考えられる。周期的FM音はやや“不快”側に寄った値を示している。

6:独自性、8:日常性、9:複雑さは音の情報性を表していると考えられ、変調が深いほど高い値を示している。しかし、記号性能的には直接指し示すものはない。強いて言え

ば情報伝達力ということになるが、情報伝達においてはコードが設定されていないと意味を成さないで、一概に音の印象だけをもって情報伝達力とするのは無理であろう。

10:危険連想性は大きさ感などと相関が高いようであるが、音の大きさだけに依存する物ではないので、それ自体一つの性能として位置付けられる。ここでは際立った値を取ったものはないが、大きさや独自性と同様、変調が深くなると若干“危険を連想する”側に傾く。

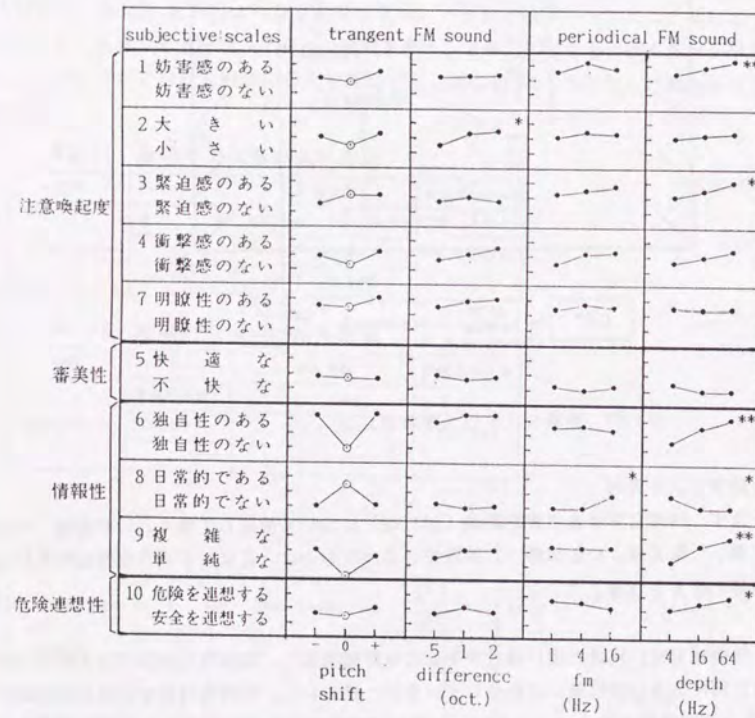


図3-28 FM音に対するプロフィール

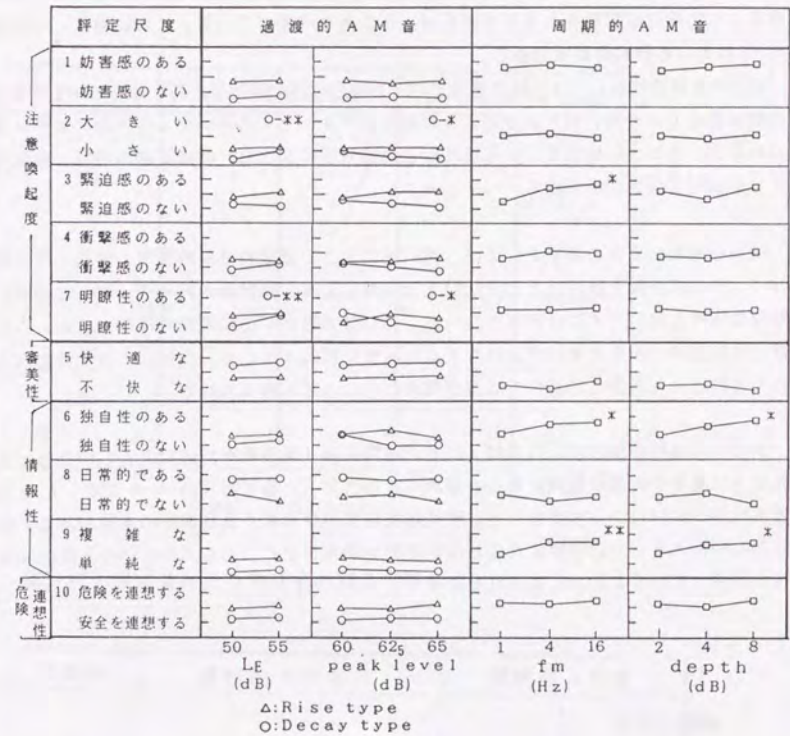


図3-29 AM音に対するプロフィール

一方、AM音についての主観的評価の結果を図3-29に示す。

上昇型は下降型と比べて、注意喚起性（妨害感、大きさ、緊迫感）、危険連想性が高く、審美性（快適性）は低いと評価されている。

これは、下降型は自然界一般に広く存在する音であるのに対して、上昇型は稀で不自然な印象を与える。従って上昇型に対してより注意が引きつけられた結果であると思われる。

LE、ピークレベルの違いに対しては、設定条件の幅が狭いこともあって主観的評価に大きな差はない。しかし、音型別にみてもある程度差がみられる。すなわち、下降型の音に対しては、2:大きさ感、7:明瞭性の尺度に上昇型にみられない差があった。

また、音型同士を比べてみると、下降型は上昇型に比べて2:大きさは小さく、7:明瞭性は不明瞭な傾向にあった。これは、上昇型の音記号は音の大きさ感に対して物理的な音量よりも優位な影響をもたらす要素があることを示唆している。これは過去にも指摘<sup>15)</sup>されている聴覚的事実である。

周期的変調音に対しては1:妨害感などの注意喚起性が全体として高く評価されている。危険連想性はやや高いがFM音のような設定パラメーターの違いによる評価の変動は見られない。また、6:独自性、8:複雑性などの情報性にかかる尺度は変調周波数、変調深さと比例的な関係がみられる。

瞬時心拍数の変化の指標としては、図3-30のように試験音呈示時間内の最初の極小値(P1)、その次の極大値(P2)との差(C1)をとった。しかし試験音のパラメーターとの間に明確な関係を見出すには至らなかった。これは実験IV Vの結果から推察すると、心拍数の反応は音の大きさや音色に対してより有意に反応するため、今回のような音の大きさや音色の変化の少ない条件では差が現れにくかったと考えられる。

また、主観的評価尺度とP1及び、C1との相関係数(被験者平均値による)のうち、5%以下の水準で有意な相関があると認められたのは、4:衝撃感×C1( $R=-0.156$ )、8:日常性×P1( $R=-0.147$ )の2つであった。相関係数自体かなり低くまだ検討の余地があると思われるが、大きさという評定尺度とは直接的な関係がなく、どちらかという音の印象性と関連していることが示唆された。

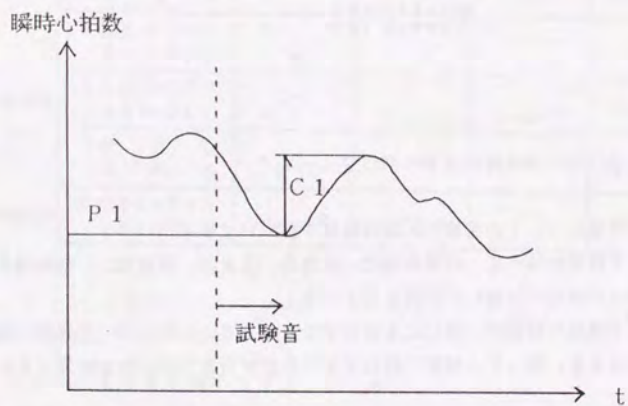


図3-30 瞬時心拍数の変化についての指標

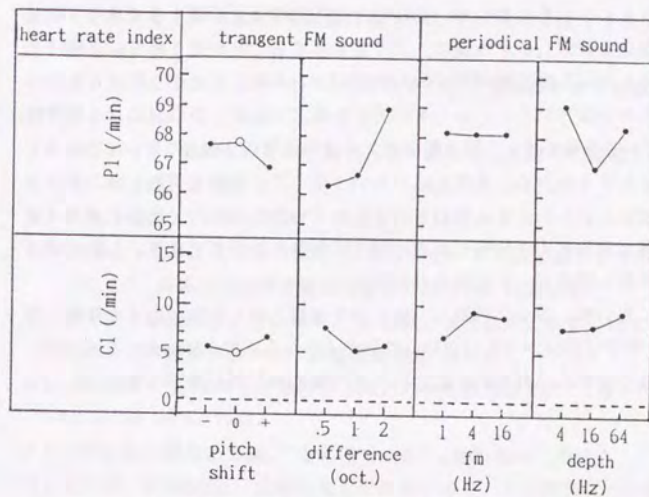


図3-31 設定条件と心拍指標の関係 (FM音)

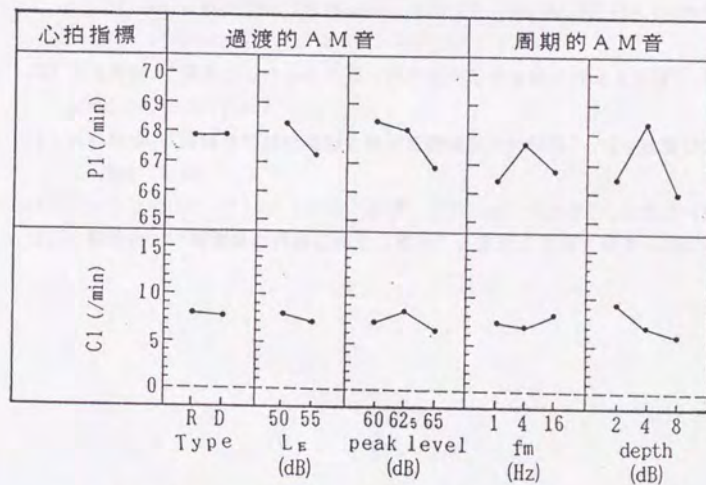


図3-32 設定条件と心拍指標の関係 (AM音)

#### 4.まとめ

今回は音記号の形態として単純な変調のみで成り立つ、FM音、AM音に対してパラメーターを設定した。実験水準数が少なく、範囲も限られていたところから、定量的な関係を完全に記述するにはいたらないが、ある程度記号的機能に影響するであろう聴覚的印象についての傾向を確認した。今後は、より定量化することが望まれる。

また、生理的反応を用いた他覚的尺度に関してだが、音が聞こえたか、聞こえなかったか判定出来ることが示唆された。しかしその方法も限定がある。BGMのように継続的に音が提示されている環境では、人間は断続的に意識して聞いたり聞いていなかったりを繰り返していると考えられる。生理反応からいつ聞いているかを判断することは不可能である。定位反応というのは音以外のものに対しても生じるからである。適用可能なのは、区間の明確な短時間の音の鳴り始めと鳴り終わりについてである。しかも統計的に処理しないと信頼し得るデータは得られない。

継続時間の非常に短い音、徐々に減衰してゆくような音に対してはどのような形で指標化してよいのか、明確には分かっていない。今回のような方法でよいのか、あるいは、もっと他の方法があるのか、これらの点についても今後の検討が必要である。

#### 第3章 参考文献

- 1) 大山正, “心理学研究法”, 東京大学出版会 (1973)  
P. H. リンゼイ他, “情報処理心理学入門 I”, サイエンス社 (1983) など
- 2) 難波精一郎
- 3) カール・D・クライター, “心理学的並びに生理学的音響学の展望”, 日本音響学会誌, VOL.42, No.1 (1986)
- 4) 桑野園子, “聴覚をめぐる最近の話題: 聴知覚の生理学的指標”, 日本音響学会誌, VOL.42, No.1 (1986)
- 5) 宮田洋他編, “生理心理学”, 朝倉書店 (1985)
- 6) 大橋力、仁科エミ、河合徳江, “音空間の中の高周波成分の生理的・心理的影響について”, 音響学会建築音響研究会資料AA90-02 (1990) など
- 7) 足立孝、船橋国男、竹島祥夫, “心拍数による高所の影響に関する実験的研究(1)、(2)”, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (1969)
- 8) 村田厚生, “ロボットの遠隔操作時の心拍変動性の変化”, 電子情報通信学会誌 A Vol. J73A No.5 (1990)
- 9) 新美良純、鈴木二郎編, “皮膚電気活動”, 星和書店 (1986)
- 10) 足立孝、船橋国男, “皮膚電気反射に関する2、3の問題について”, 日本建築学会講演論文集 (1965)
- 11) Y. Ando et al., On the relationship between auditory-evoked potential and subjective preference for sound field, The Journal of the Acoustical Society of Japan (E), VOL.8, No.5, september (1987)
- 12) 力丸裕他, “騒音のレベル変化量が聴覚誘発性緩反応に与える影響”, 日本音響学会誌 VOL.38, No.2 (1982)
- 13) 陳秋蓉他, “暴露音の持続時間と騒音性誘発血圧の関係”, 日本音響学会講演論文集 II 10月 (1988)
- 14) “ナンスケ1”, ニコリ (1986) 及び “ナンバーリンク”, ニコリ (1989)
- 15) 石崎伸次, “衝撃音の評価に関する研究”, 東京大学博士論文 (1961)

1981年，中国科学院植物研究所，在昆明植物园，建立了“中国科学院昆明植物园”，这是中国科学院在昆明建立的一个重要的科研机构。该园占地面积约1500亩，收集栽培植物约15000种，是西南地区最大的植物园。该园的主要任务是：收集、保存、展示、研究植物资源，开展植物引种驯化、栽培繁殖、迁地保护、植物分类、植物生理、植物生态、植物地理、植物保护、植物检疫、植物病虫害防治、植物资源利用、植物资源保护、植物资源开发、植物资源管理、植物资源教育、植物资源展览、植物资源旅游、植物资源科普、植物资源宣传、植物资源推广、植物资源应用、植物资源开发、植物资源管理、植物资源教育、植物资源展览、植物资源旅游、植物资源科普、植物资源宣传、植物资源推广、植物资源应用。

第 4 章



#### 4-1 総括

##### (1) 快適な音環境のために

情報の伝達を意図して人為的に付加された音が、音環境を不快なものにしてはいけないと思う。駅のアナウンスのように安全や利便のために必要なものもある。ただしそれは程度の問題である。認知心理的な裏付けなく無思慮に音が垂れ流されてはとても快適な音環境は望めない。必要十分な音の大きさ、時間、場所、内容、方法をわきまえなければならぬが、現状ではそのための基礎的な情報が不足している。

サーベイ調査では音記号の環境、さらに音記号が音環境全体へ与える影響について、その実状を調べた。様々なレベルでの問題があることが明らかにされた。

その一つの具体的なケーススタディーとして、駅の音環境調査を行なった。アナウンス、発車ベルのレベル、空間的配置、情報伝達内容、記号形態の聴覚的印象などについて多くの問題点が指摘された。

##### (2) 安全な環境への音記号の寄与

警報音は広い範囲で使用されている。飛行機のコクピット内で使用されるものは、経験的な立場からいろいろなノウハウが蓄積されているようだが一般化されてはいない。各種の交通機関や労働空間で警報音が用いられるが、聴覚心理、認知心理という観点から検討することが必要である。本論文において、特にそのような視点からの実験は行っていないが、そのことを踏まえた研究を今後の課題としておきたい。

##### (3) 記号的機能と記号内容に対する記号形態の影響

ここでは、第3章における実験から明らかになった、記号的機能に対する記号形態の影響と、記号内容に関与する記号形態という視点で総括して行く。

#### 1. 注意喚起機能について

「大きさ」「明瞭性」という尺度を基準にして考えて行くと、当然のようだが、音量の効果がいちばん大きい。繰り返しの規則性や速さはほとんど影響しない。FM音やAM音では変調によって大きさ感の上昇がみられるということは、既知の事実である。また、過渡的に周波数の変化する音は変化が大きいほど大きく評価される。

音色によって差があるのは、音の大きさを制御したときの周波数上の評価の問題が考えられる。条件設定はすべてA特性で行なったが、それでは充分でなかった可能性がある。おおむね妥当な結果が得られるはずなのだが、周波数軸上のエンベロープが急峻な波形であったり、時間的な変化（立ち上がり、立ち下がり）といった影響は排除されていない。逆に、物理的に等価な音でも心理的な大きさは大きく異なる音が存在するというを示しており、マスキングされやすさなどと関係する。

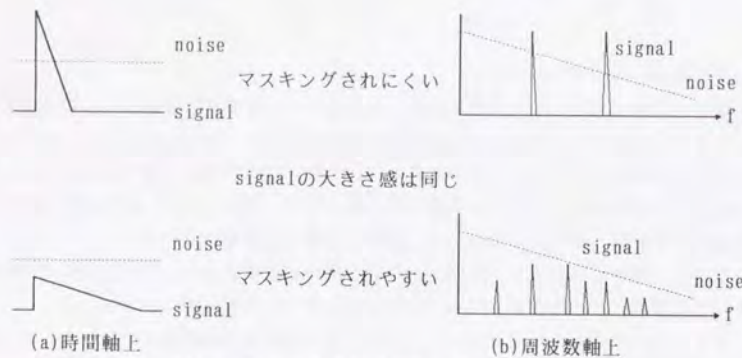


図4-1 音の大きさとマスキング

心拍数の変化から注意喚起の度合を検討すると、(作業負荷)(作業負荷+ノイズ重畳)という条件によって、音の鳴り始めの定位反応が出にくくなっており、選択的聴取が行なわれにくくなっていることが分かる。マスキングによる影響も定量化して制御しておらず、また、形態による差を充分検出したとは言えないので、今後さらに検討すべき問題であろう。

## 2. 情報伝達機能について

「複雑さ」という尺度を基準にして考えると、繰り返しの規則性の影響が大きい。速さも多少影響するが、これは単位時間あたりの情報量の増加のためであろう。純音・ノイズは低い傾向にあるが、これらの試験音の設定が規則的なものだけであった影響が考えられる。純音の短音は非常に単純側によっており形態的な変化に乏しく、対象照合上不利である。

F M音・A M音では変調度の深いF M音、変調周波数の高いA M音が複雑であると判定されている。

## 3. 記号形態の聴覚的印象と記号内容

まず、「緊迫感のある」意味を伝達したいときの記号形態としての音色は、ここでの実験の範囲ではブザーのような音が良いようである。音色については定量化が特にむずかしく、さらに多くの典型的な音について調査するべきだろう。

また繰り返しについては、規則的で速い周期で断続する音は緊迫感がある。速さについて線形であるかは不明だが、仮説としては0.2Hzから20Hz程度の限定的な範囲では線形となり、それ以下では継続時間の方が有意に働き、それ以上では聴覚的に分離しにくくなって一定となるか、音色に変化をきたして不定となるかであろう。

F M音では変調周波数もさることながら変調度の深い音が効果的である。A M音では逆に変調周波数を速くした音が効果的である。

音圧レベルは大きい方が効果があるが、他の情報のマスキングの事も考慮して決めなければならない。

「快適な」という尺度から考えられるのは、日常的な受付情報についてである。普段、頻繁に聴く音であるから不快な音では困る。今回の実験では積極的に快いという音は見いだせなかった。これは音記号は音楽などは異なり、人々にやすらぎを与えることを目的としていないので仕方が無いことといえる。不快ではない音を選ぶとすると、音色では、純音・ホイッスル・ベルのような音である。繰り返しの規則性や速さは無関係であるが、記号内容からしてあまり速い繰り返しの音は好ましくなろう。F M音・A M音ともに不快側にあるが短音は比較的中立的である。特に、時間音圧波形が徐々に減衰して行く音(ベルもその一つである)は快適側にある。

音量は小さい方がよいとなっているが、40dB以下の音については未検討であり、マスキングのことも考慮すべきなので、これも今後の課題である。

「危険を連想する」という尺度からは、文字通り危険性という情報を伝達する際の形態についての知見を得られると考えたのだが、結果的には「緊迫感のある」という尺度の結果と同様であった。因子分析によっても同じ因子軸上で負荷量が大きいので確かに似た意味合いがあるといえる。

## (4) 生理反応を用いた他覚的指標の有効性と限界

快適性といった高次の心理的情報は、多覚的にとらえるのはかなりむずかしい感覚であり、現在のところ確実な方法は存在しない。今後の各方面からの検討が必要であるが、個人差の大きい現象でもあり、その見通しは決して明るいものではない。

本論文においても、当初はより高次の心理的情報を取り出すことを意図して、第3章において音の物理的屬性と心理反応との関係を検討してきた。しかし、結果はそれほど芳しいものではなかった。その中で、今回の生理的反応を採り出した実験から言えることをまとめてみると、以下のような事になるであろう。

音の鳴動が停止したときの定位反応は音の大きさ感とある程度相関がみられ、注意喚起性能との関係が示唆された。だが、その関係は辛うじて統計的に有意と言える程度であり、そのまま他覚的指標とするには無理がある。

一方、音の鳴動開始直後の定位反応は音の大きさとは無関係だが、音の存在に気づいたか否かで発生したりしなかったりするので、これを注意の尺度として使用することは可能ではないかと考えられる。まだ、そのための裏付けとなる調査が必要であるが、この方法はいちばん確実な方法であると筆者は考えている。

#### 4-2 今後の展望

音記号について体系的に論じた物は本論文が最初であると考えている。従って、第1章で論じた体系に関する議論にも欠落があるかも知れない。また今後の実験や調査次第では論旨に間違いのあることもでてくることも考えられる。しかしながら全体的な枠組みはこの論文によって秩序付けられたのではなからうか。ここでは音記号研究の次なるステップと最終的な観測について述べて行く。

##### (1) 音記号設計の考え方

今後の目標としては、音記号を設計してゆく際の指針を作成するということがある。かなり大掛かりな作業になり、一朝一夕には不可能であろう。まず、音源の形態について性能を同定してゆく必要がある。また、伝搬途上空間において音記号が受ける影響と言うものをのぞいて考えることはできない。さらには社会的な規約化、学習といったことも考慮すべき問題となってくるであろう。

ここでは、音記号を具体的に設定してゆくときの手順をどのようにすべきか、また、その設定を支援するシステムのあり方も含めて筆者の意見を述べてゆく。ただし、これらは性能評価が完結していることが必要となるので、現時点では実現は不可能である。

##### □手順1 機能の明確化

ここまで考察した事柄のうち最初に考慮しなければならないのは、記号的機能の中で主たる目的としては何に重点をおいているかである。注意喚起が必要なのか、情報伝達が必要なのか。また、時間を同定するのか、空間を同定するのか、伝達情報量がどの程度あるのかといったことについてはっきりとした方針が必要である。さらに、使用する空間の特性のような建築空間への配慮も欠かせず、対象とする受聴者の範囲についてもはっきりさせておかねばならない。

##### □手順2 統辞

次に考慮すべきことは、目的とする音記号に対して記号形態に関わってくる規約(規格、法令、慣習なども含め)があるかどうかを知ることである。

これは、使用してはいけない領域、使用すべき領域といったことを明らかにする必要があるので、目的とする機能についてだけでなく、全ての機能について参照できることが要求される。音記号の全ての統辞、コード、記号形態(有意形態、無意形態ともに)を参照し得るシステムの構築が必要となろう。

##### □手順3 性能設定

次に、手順1で示した「機能」を実現するための具体的な音記号の性能の設定を行う。それには「記号形態」対「性能」のマトリックスとして定量的に設定されていることが望ましいわけだが、性能を表現するのにその記述が2値的な排中性を持つ記述であるこ

とを要求すると、適用範囲がせばめられる可能性がある。それより、あいまいなカテゴリによって記述することを許容した方がよいと考えられる。このようなことを実現する理論的な手段としては、ファジー理論が一つの方法であろう。

##### □手順4 システム決定

最後に、具体的な音記号システムのあり方を決定し、時間的構成、空間的配置、記号形態といった事と、コード、統辞を決めてゆくことになる。決めると言っても性能の設定自体が定性的なものであれば一意的に決定するわけではなく、範囲を限定してゆくということの意味している。統計における点推定と区間推定にたとえれば区間推定にあたる。音記号のデザインの自由度は常に保持されていなければならない。

時間的構成や空間的配置はどちらかという大まかな約束ごとであり、記号形態というのはより細かいレベルでの約束ごとになるろう。

##### □手順5 確認

このような手順で音記号設定がなった後に、それが本当に適当であるかどうか確認をすることも、紛れのない音記号を設定する上で重要なことと思われる。要求性能を必要かつ十分に満たしているか、また、他の機能の統辞領域を犯していないかという点は、記号として機能するために念入りに検討されてしかるべきであろう。

##### (2) 性能評価に関する研究課題

第1章において記号性能と言うことについて論及したが、本論文においてはそれを同定するに到っていない。3章の実験から一部の物理的属性についてその性能を推測しただけである。性能評価のためには音記号の形態の様々な属性に対し、広い範囲にわたって網羅する必要がある、本論文の範囲では扱いきれなかったためである。それらの補完を今後の課題としたい。

#### 4-3 謝辞

本論文の執筆にあたり、東京大学工学部建築学科安岡教授には、日頃より論文の全般に於きましてきめ細かなご指導をいただきました。また、東京大学工学部松尾教授、同鎌田助教授、同平手助教授、東京大学生産技術研究所橘教授には、数々の貴重なご意見をいただきました。

脳波の計測に関しましては、労働科学研究所の前原氏、富田氏に機材の使い方から解析の具体的な行い方にいたるまでご指導いただきました。

実験や調査などにおきましては東京大学安岡・平手研究室の大学院生、卒論生の皆様にご協力をいただきました。特に、市川泰洋氏、高橋雄司氏、藤丸啓一氏、川井敬二氏、丹沢孝浩氏、酒井優子氏には多くの協力をいただきました。

これらの方々に深く感謝致します。

なお本論文は、1989年度竹中育英会建築研究助成金、及び、1990年度住宅総合研究財団研究助成、文部省科学研究費の補助を一部受けて行なわれました。記して感謝の意を表します。

1990年12月

1992年 6月追補

土田 義郎

付 録

## A. 公共空間としての駅の音環境調査（調査IIの詳細）

東京都心部にある2つの駅と、東京近郊にある駅において音環境調査を行なった。これらの駅は立地や経営主体、業務規模、交通経路としての役割の違いがあるので、それぞれの駅の音環境上の特徴を明らかにして行くことを目標としている。

### （1）都心駅の調査

#### 1. 調査対象

にぎやかな都市部の駅のサンプルとして、東京都心部の2つのターミナル駅（A駅、B駅）を調査対象として選定した。

A駅は業務規模が大きく乗降客数も全国で1、2位の駅である。駅舎は地上に位置し、空間的には開放されている。ターミナル駅といっても複数の路線があるため、規模の大きな乗り換え駅と見た方が良くであろう。この駅は、発車ベルにメロディーを用いている。

B駅の方は、所在場所はほぼ同じであるが、路線が1つしかなく、業務規模も比較的小さい。駅舎はビルの地下にあり、閉鎖的な空間である。発車ベルは電子音をホーン型スピーカーから流す形式のものである。

構内の略図を図A-1, A-2に示す。測定点は、本来駅の音環境を代表する点を選ぶべきとの観点からすれば、ホームの中央近辺に測定点をとるのが妥当であると考えられるが、駅内部の旅客流動を阻害しないような点でしか測定できず、図上に示すようなホームの端部にならざるを得なかった。

#### 2. 調査方法

プラットフォーム上に騒音計（リオン NL11）を設置し、A特性音圧レベルをレベルレコーダ（リオン LR04）に記録しながら、聞こえていた音をその場でチャート上に記述した。同時に、他の騒音計（リオン NL02）からDAT（デジタル・オーディオ・テープレコーダ；ソニー TCD-10）にC特性で録音した。

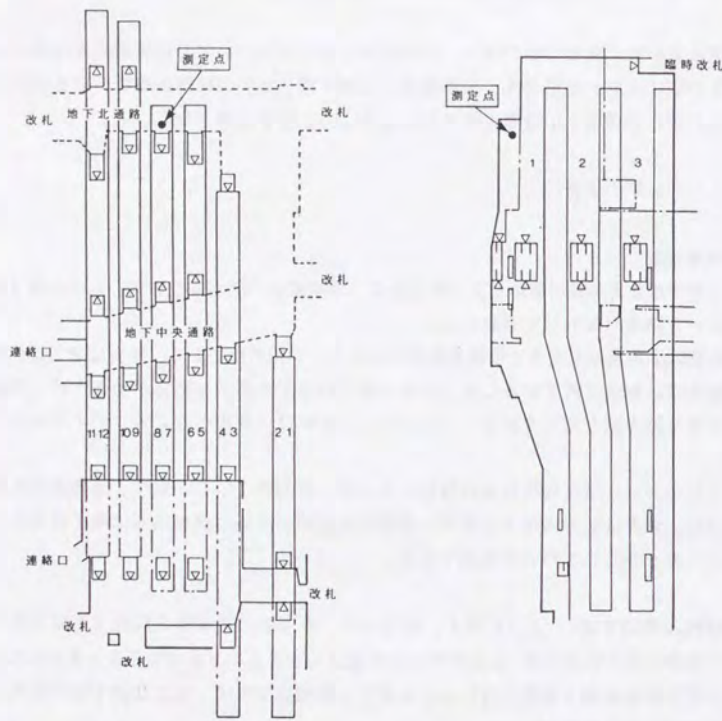
測定ダイヤグラムを図A-3に、測定を行なった点を図A-1, A-2の上にプロットで示している。これらは平日の5:30から24:00にかけて行ない、正時、及び30分毎に10分間づつ測定した。

#### 3. 調査日時

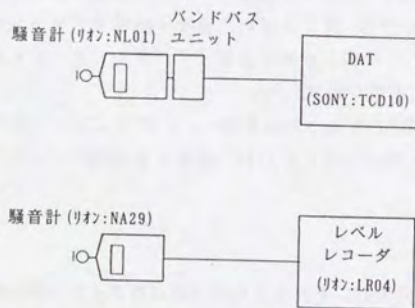
測定は、通勤通学による混雑が発生し、それにともなった列車ダイヤの組まれている平日を選んだ。

A 駅 : 1990年12月6日（木曜日） 天気 晴れ

B 駅 : 1990年12月7日（金曜日） 天気 晴れ



図A-1 A駅構内概略図と測定位置 図A-2 B駅構内概略図と測定位置

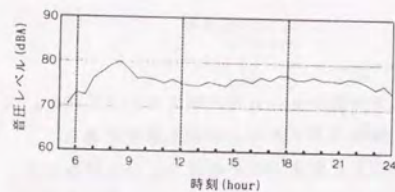


図A-3 A・B駅の測定時における測定ダイヤグラム

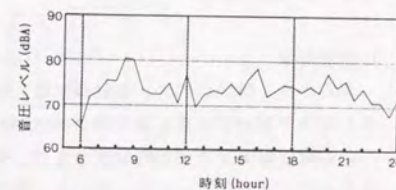
#### 4. 調査結果

測定中の10分間のL<sub>Aeq</sub>の、一日を通したレベルの変動を、図A-4(a)(b)に示す。また、測定点が一番近いプラットホーム発着の列車台数を、図A-5の(a),(b)に示す。

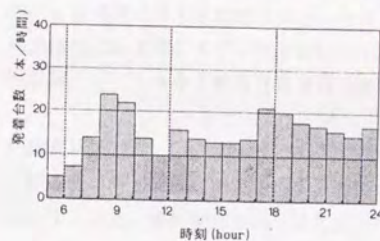
アナウンス・発車ベルが、時間的にどの程度の割合でスピーカーから放送されていたか(時間占有率)を、測定時間中のチャートに記録された音の記述から導いた。朝、昼、夕方、夜と大まかに時間帯をわけた場合の時間占有率の変化を、図A-6に示す。



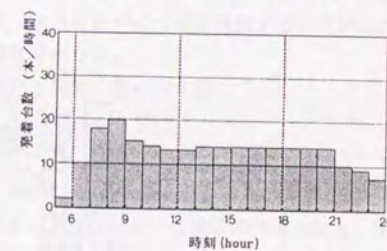
図A-4(a) A駅の一日の音圧レベル変動



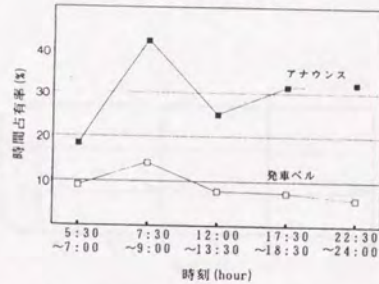
図A-4(b) B駅の一日の音圧レベル変動



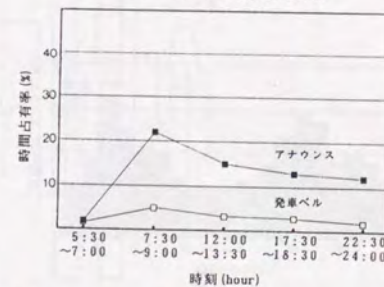
図A-5(a) A駅の測定点のあるホームへの発着台数



図A-5(b) B駅の測定点のあるホームへの発着台数



図A-6(a) A駅のアナウンスと発車ベルの時間占有率



図A-6(b) B駅のアナウンスと発車ベルの時間占有率

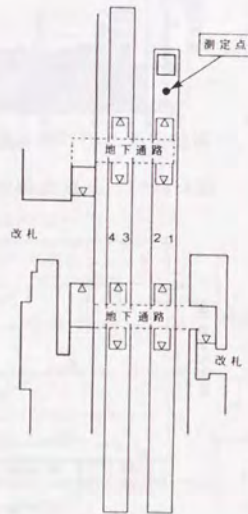
1日のレベル変化を見ると、B駅はA駅に比べ時刻による変動が大きい。A駅は、開けた地上にあり外部からの騒音を定常的に受けている。また、駅全体の電車の稼働数も多く、隣接するホームからの影響も大きい。それに対し、B駅は外部と遮断された地下にあり、侵入騒音は少ない。さらに、業務規模が小さいため、隣接するホームの影響もなく、静かなときとにぎやかなときの差がはっきりしている。そのため、測定時間10分というサンプリングの影響が表れたと考えられる。しかし、朝のラッシュ時に明確なピークがあり、昼以降はほとんど一定であり、夕方のラッシュ時にはあまり明確なピークが見られないという全体的傾向は類似している。

## (2) 近郊駅の調査

### 1. 調査対象

都心から1時間以内の、通勤通学のための乗降客が多い近郊の駅である(C駅)。2本の路線が経由する乗り換え駅であるが、東京のベッドタウン的な土地柄である。

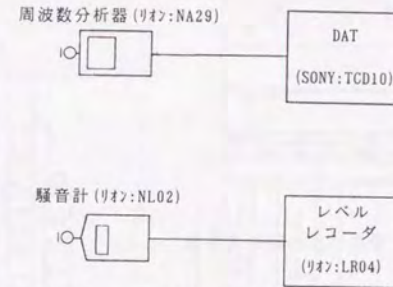
この駅は地上駅で開放的な駅舎だが、線路のすぐ側までビルが迫っている所もある。発車ベルにメロディーを用いている。構内略図を図A-7に示す。



図A-7 C駅構内概略図と測定位置

### 2. 調査方法

都心駅の場合と内容的には全く同じであるが、使用した機器が若干異なるので、図A-8に測定ダイヤグラムを示す。



図A-8 C駅測定時の測定ダイヤグラム

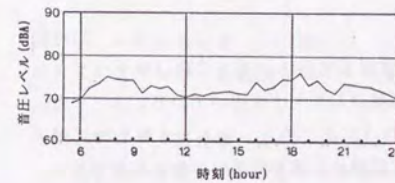
### 3. 調査日時

都心部における調査と同様、平日を選んだ。夏と冬という季節の違いはあるが、駅の内部の音環境に対する影響は少ないと考えた。天気はあいにく小雨模様であったが、雨の音はほとんど聞こえず、測定には全く影響はなかった。

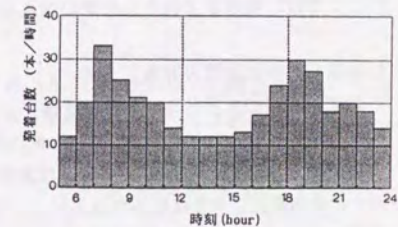
C駅 : 1991年8月29日(木曜日) 天気 曇り時々雨

### 4. 調査結果

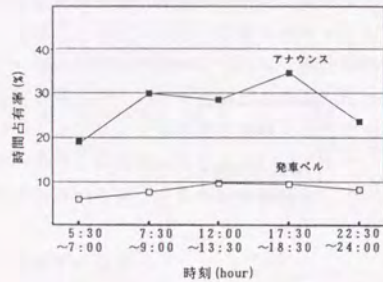
都心駅の時と同様、測定中の10分間の $L_{Aeq}$ の、一日を通したレベルの変動を図A-9に示す。また、各時間帯毎の、測定点が一番近いプラットフォーム発着の列車台数を、図A-10に示す。アナウンス、発車ベルの時間占有率を、図A-11に示す。



図A-9 C駅の一日の音圧レベル変動



図A-10 C駅の測定点のあるホームへの発着台数



図A-11 C駅のアナウンスと発車ベルの時間占有率

1日のレベル変化を見ると、A駅ほどではないにしても変動の幅は小さい。これは、A駅と同様、C駅が開放的空間であることによって、外部騒音の影響を受け、ならされたためだと考えることができる。ただ、A駅ほど業務規模が大きいため、若干の変動が残ったものと思われる。

全体的傾向はA、B駅とかなり異なっている。第一に、全体のレベルがA、B駅に比べて低い。第二に朝のラッシュ時のピークのほかに夕方のラッシュ時のピークも明確に見られる点である。

前者に関しては、A駅のレベルが高いのは駅の規模によるとも考えられるが、都心部と近郊のにぎわいの差、利用客数の差であるのかも知れないが、後述するようにアナウンスの影響なども十分考えられる。

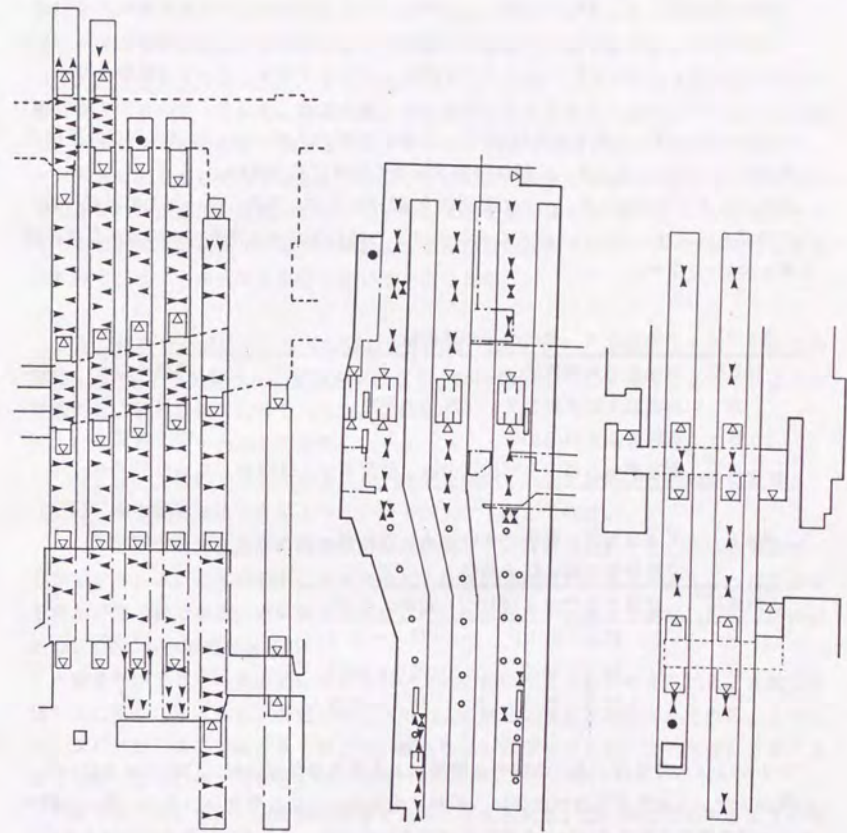
後者に関しては、図A-10に見られるような発着台数の差が現れたと思われる。ただし、後述するが、列車による騒音だけで音圧レベルに差が生じたわけではなく、アナウンスなどの影響も十分に考えられる。

### (3) 駅の音環境設計について

ここでは、前項までの3つの駅の調査結果を総括して考察してゆく。

#### 1. 音圧レベルと時間占有率

まず、各駅のスピーカーの使用状況について検討してみる。A、C駅はアナウンスもベルも同じスピーカーを使用しているが、B駅は独立したものをを用いている。スピーカーの配置図を図A-12, 13, 14に、個数、密度等を表A-1にまとめる。なお、A駅ではスピーカーの分布密度に大きなむらがあるが、これは配置図が正確な図面ではないためであり、実際はほとんど等密度に配置されている。



図A-12 A駅におけるスピーカー配置図      図A-13 B駅におけるスピーカー配置図      図A-14 C駅におけるスピーカー配置図

凡例 ▼コーン型スピーカー  
 ▽ホーン型トランペットスピーカー  
 ○天井埋込スピーカー



表A-1 スピーカー配置密度

対象駅	スピーカー個数	ホーム長さ(m)	密度(個/m)	1個当り範囲(m)
A	38	220	0.17	5.8
B(7ナウス用)	25	160	0.16	6.4
B(ベル用)	6	160	0.038	26.7
C	8	250	0.032	31.3

アナウンスに関して言えば表A-1から、A駅とB駅のスピーカーはほぼ同様な密度で配置されているといえるが、C駅は個数が少なく配置密度が低い。

各駅におけるアナウンス、ベルの運用法を表A-2に示す。また、ホーム上のスピーカーの近傍点と、スピーカーのまばらな点における、アナウンスと発車ベルの音圧レベル測定例を表A-3に示す。

表A-2 アナウンス、発車ベルの運用法

対象駅	アナウンス運用法	発車ベル
A	駅員による放送とテープ放送の併用。	メロディー
B	駅員による放送のみ。	電子ブザー
C	測定ホームはテープ放送のみ。西側ホームは併用。	メロディー

表A-3 アナウンス、発車ベルの音圧レベルの  
受音場所の違いによる幅

対象駅	駅員アナウンス(dB)	発車ベル(dB)
A	87.0~87.3	75.5~80.6
B	78.0~78.2	86.6~96.8
C	72.4~75.3	76.0~81.9

アナウンスの音量は、A、B駅では場所による変化は少ないが、C駅ではスピーカーの数が少ないためか若干差が大きい。駅毎に全体のレベルは異なり、また、同一の駅でもテープ再生によるアナウンスと駅員自身によるアナウンスとは、後者の方が大きく、話者の相違などによる相違もある。

アナウンスの時間占有率の図A-6、A-11を見ると、朝のラッシュ時に占有率が高くなっており、図A-4の音圧レベルの傾向とほぼ一致する。特に、A駅では朝のラッシュ時にはアナウンスの時間占有率が40%以上を占めている。

また、列車の進入、進行に伴う音のピークはアナウンスより高くなる場合があるが、その分継続時間は短く、音圧レベルに対する寄与は相対的にはアナウンスの方が高い。従って、A駅ではアナウンスが全体のレベルを決定しているように見受けられる。

B駅でも同じような傾向を示しているが、アナウンスの時間占有率はA駅ほど高くは

ないので、全体の音圧レベルに対する寄与が大きいのがどちらであるかは、データを詳細に見る必要がある。音圧レベルの変化を追ってみると、B駅では測定点が列車通過のない側の端にあるため、列車自体の音はそれほど大きくはない。従ってここでも全体の音圧レベルを決定しているのはアナウンスであると推測できる。しかしながらプラットホーム上の他の点でもそうであるという保証はないので注意を要する。

C駅では朝と夕方どちらにも音圧レベルのピークがあり、アナウンスの時間占有率も朝と夕方で高くなっている。発着台数も朝と夕方に多くなるというパターンを示しており、何が有意であるかについては即断できない。列車の通過音が小さいわけでもなく、どちらの要因もありそうである。アナウンスの時間占有率がA駅と同じくらいありながら音圧レベルが全体的に低いのは、アナウンスの音量自体C駅の方が小さいためだと考えられる。C駅の該当ホームでは駅員による拡声音は使用されず、テープ再生による放送だけであることが大きく影響していると思われる。

また、発車ベル用スピーカーに関して言えば、表A-1から、A駅に比べB、C駅は少ない。表A-2から発車ベルの音量を比べると、同一の駅構内でも場所によってかなり差が現れる。特にB駅で顕著であった。これは、

- 1) スピーカーの個数の影響、
  - 2) ホーン形のトランペットスピーカーを用いていることによる指向性の影響、
  - 3) 閉空間であることによってモードが生じている可能性、
  - 4) 地下空間であるため柱や梁の存在が大きく、音響的な影が生じている可能性、
- 等が考えられる。全体の音圧レベルと比べ、B駅の発車ベルはかなり大きい。純音成分を含んだ電子音である。列車進入と重なっていなければ、A特性で測定した値で15dB以上のS/N比がある場合もある。

A駅で差が生じているのは、主にスピーカーの指向性によると考えられる。A駅では図A-12に見られるように、スピーカーがホームに対して垂直方向を向いている。そのため、スピーカー直下では大きく聞こえ、離れるにしたがってスピーカー側面に位置するので小さく考えられる。

C駅では、スピーカーの個数の影響であると考えられる。図A-14に見られるように配置間隔が広い。しかし、A駅ほど差が生じていないのは、A駅はスピーカーがプラットホームに対して垂直方向を向いておりスピーカー自体の指向性の影響が現れているのに対し、C駅ではスピーカーがプラットホームと平行な向きにあり距離減衰の影響しか受けられないからであると考えられる。

## 2. アナウンスに関して

A駅の印象としては、駅員のアナウンスが多いためか、せわしない印象を受ける。テープ再生によって放送される合成音声のアナウンスの後、たたみかけるように駅員のアナウンスが入る。他のホームのアナウンスと重なってしまい、聞きにくい時もある。ちなみに、テープの女声アナウンスは男声アナウンスよりも大きく聞こえる。

B駅は駅員によるアナウンスだけで、かつ、残響の大きな空間なので時々聞き取りにくい事がある。

C駅は調査を行なったホームはほとんどテープによるアナウンスだけであったが、隣接するホームのアナウンスは駅員によるものが多く、テープを途中で止めてアナウンスする場合もあった。これは、隣接ホームでは長距離路線が入線し、通過・停車がまちまちであるために、念入りにアナウンスしているためであることが調査中に判明した。

以下に各駅のアナウンスの例を示す。

#### A 駅

駅員 「〇〇です。(駅名) 〇〇〇行きです。〇〇行きこの後まいります。」  
テープ(女) 「まもなく〇番線に 〇〇方面行きがまいります。黄色い線の内側へお下がりに下さい。」  
テープ(男) 「ドアが閉まります。ご注意ください。」  
駅員 「〇〇です。〇〇です。」(駅名)  
テープ(男) 「まもなく〇番線に各駅停車 〇〇、〇〇方面行きがまいります。黄色い線の内側へお下がりに下さい。」  
駅員 「〇〇線発車します。ドアが閉まりまーす。ご注意ください。閉まります。ドアが閉まります。」  
駅員 「お知らせします。禁煙タイムの御案内を致します。朝7時から・・・。」  
駅員 「前オーライ。・・・少し止まります。」  
駅員 「おはようございます。〇〇です。忘れ物の無いようご注意ください。」  
駅員 「えー、〇〇線発車致します。乗り切れない方、次の〇〇線をご利用下さい。足元白い枠の中でお待ち下さい。ドア閉まります。」  
駅員 「〇〇線ご利用のお客様整列乗車をお願い致します。足元白い枠の中3列、6列に並んでお待ち下さい。」  
駅員 「業務連絡。35伝達。35伝達。」  
テープ(男) 「ドアが閉まります。ご注意ください。」  
駅員 「閉まります。」  
駅員 「この時間〇〇線は2分間隔で運転をいたします。無理をせず次の電車をご利用下さい。」  
駅員 「お出口広く開けて片側でお待ち下さい。お出口広く開けて片側でお待ち下さい。」  
駅員 「8時30分発〇〇〇号です。6両で運転いたします。禁煙車は〇号車〇号車、指定席車両は〇号車です。」  
駅員 「えー、終点〇〇で普通電車〇〇行き接続いたします。」

#### B 駅

駅員 「お待ちせ致しました。通勤快速〇〇行き出発します。扉閉まります。ご

注意下さい。」

駅員 「続きまして今度の発車は〇分発の通勤快速〇〇行きです。停車位置は足元の数字〇番です。・・・2列でお待ち下さい。」  
駅員 「〇〇分発の通勤快速〇〇行き到着です。」  
駅員 「電車が止まりましても降りの方が先となります。ドアの前広く開けてお待ち下さい。」  
駅員 「・・・〇〇(駅名)、終点でございます。車内にお忘れ物なさいませぬようご注意ください。」  
駅員 「2番線から特急〇〇行きまもなく発車致します。ご乗車になりましてお待ち下さい。」  
駅員 「おはようございます。ご乗車お疲れさまでした。」  
駅員 「あー、前オーライ。」  
駅員 「今度〇〇の後にまいります電車は〇〇分発の通勤快速〇〇行きです。停車位置は足元の数字〇番です。黄色いライトがついている中2列でお待ち下さい。」  
駅員 「通勤快速〇〇行きでございます。降車側、左側ドア閉めますのでご注意ください。降車側ドア閉まります。」

#### C 駅

テープ(男) 「まもなく2番線に電車がまいります。危ないですから黄色い線の内側へお下がりに下さい。まもなく2番線に電車がまいります。危ないですから黄色い線の内側へお下がりに下さい。」  
テープ(女) 「まもなく1番線に電車がまいります。危ないですから黄色い線の内側へお下がりに下さい。」  
テープ(男) 「2番線発車致します。ドアが閉まりますからご注意ください。」  
テープ(女) 「1番線発車致します。ドアが閉まりますからご注意ください。」  
駅員 「はい、ドアが閉まります。ご注意ください。はい、ドアが閉まります。」  
駅員 「ご乗車になりましたら中程までお進み下さい。左右少しでもすいたところからご乗車下さい。」  
駅員 「〇番線お下がりに下さい。〇〇行きの到着です。〇〇行き、〇番線です。」  
駅員 「停止信号です。少し止まります。」  
駅員 「業務連絡、〇〇の乗客願います。」

これらの内容をまとめてみると、ホームでアナウンスされているのは、

- 1) 駅名
- 2) 到着した列車の行く先
- 3) 到着した列車の発車時刻
- 4) 到着した列車の次の列車の行く先

- 5)到着した列車の座席の案内（「禁煙車は. . .」、「指定席車両は. . .」）
- 6)到着した列車の進行先の乗り換え駅
- 7)到着、発車までの時間（「まもなく. . .」）
- 8)次に到着する予定ホーム
- 9)次に到着する列車の行く先
- 10)安全に関する注意（「ドアが閉まります」「黄色い線の内側へお下がりをください」「次の電車で」）
- 11)マナー（禁煙タイム、整列乗車、「お出口広くあけて. . .」、「車中中程まで. . .」）
- 12)お知らせ（忘れ物の注意、出発の遅延、乗車位置）
- 13)業務連絡（不明なものが多い）
- 14)その他（「お疲れ様でした」、「お早うございます」、「お待ちせしました」）

といったことに集約された。

### 3. 発車ベルに関して

B 駅のベルは図A-16に示すように、純音を組み合わせたような周波数上のエンベロープの急峻な波形である（このような波形について言えば背景騒音よりそんなに大きくなくともマスキングされにくい）。従来から用いられてきた電子式のベルである。駅の助役方にヒアリングしたところでは、会社の上層部の方ではけたたましくならなくては発車という感じがしないらしく、音量についてとくに考慮するという姿勢は今のところないようである。依然として従来通りのかなり大きな音量でベルを使用している。

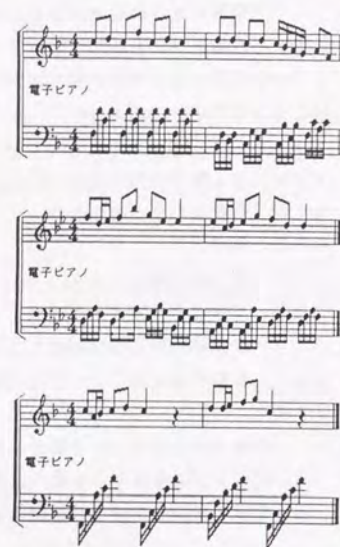
メロディーでどの路線であるかを判断できるようにするには、ある程度の学習が必要なのではないだろうか。A 駅のメロディーを図A-15に、C 駅のメロディーを図A-17に、示しているが、これらのメロディーと路線の間には必然的な根拠は全くない。認知心理学的な言葉で言えば「アフォーダンス」がない。恣意的に決められているだけなので各駅によって異なり、また1つの駅でも多くのものが混在しているのでは、それぞれを記憶しておくというのは不可能である。メロディーによって区別出来る状況があるとすれば、毎日特定の路線だけを使用するという状況においてだろう。

また、せっかくメロディーとしての形をとっているのに、運用する側が従来のベルと同じ意識で操作し、途中で切ってしまうのは唐突な感を与える。メロディーには決まった長さが無いと不自然であり、「定形的報知」であることが望ましい。しかるに、ベルの鳴動開始と停止の制御は両者とも乗務員の手にならされており、定形的とはいえない。操作はマニュアルによって定形的に決められているが、そのマニュアルもベルがメロディーになる以前のものをそのまま使用していたり、ベルのハードも鳴動開始だけが制御可能なものになってはならず、従来と同じような鳴動開始・停止の両方制御できるものまでである。

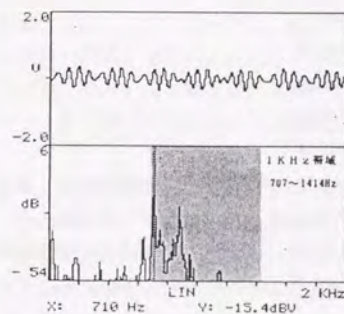
発車ベルの意味、ベルに対する思想そのものを問い直す必要がある。ベルをメロディーにするという試みは全体の音圧レベルを下げるといった意味では有効であったが、そのハード・ソフトのシステムにはまだ問題がありそうである。



図A-15 A 駅の発車ベル



図A-17 C 駅の発車ベル



図A-16 B 駅の発車ベル(FFTによる周波数分析)

## B. 音記号に関する現行の規約

音記号の規格として定められているものの定義の定量性にはかなりの幅がある。またそれを規定しているのも、JISやISO等の規格関係によるもの、法令や条令によるものの大きく2通りある。その他、社内や事業所内で内規として任意に決められたものもある。

JIS規格は基本的に工業製品の機械的な性能のあり方、試験方法について規定している。それゆえソフトウェア的な部分についての規定は極めて少ない。ソフトウェア的なことも性能として同定可能な形で記述できるようになって初めて、JISのような規格によって規定されるようになってくるだろう。

### (1) 汽笛：海上衝突予防法

#### 第4章 音響信号及び発光信号

##### 3.2条 汽笛

短音 約1秒吹鳴

長音 4秒以上6秒以下の吹鳴

筆者注：発光信号の場合には、発光の間隔は1秒以上という規定があるが、音響信号の間隔については特に規定がない。

##### 3.4条

- 針路を右に転じている場合は短音を1回鳴らすこと。
- 針路を左に転じている場合は短音を2回鳴らすこと。
- 機関を後退にかけている場合は短音を3回鳴らすこと。

#### 施行規則

表 汽笛の基本周波数、音圧

規模	基本周波数	音圧
長さ 200m以上の船舶	70~200Hz	143dB
長さ 75~200mの船舶	130~350Hz	138dB
長さ 20~75mの船舶	250~700Hz	130dB
長さ 20m未満の船舶	250~700Hz	120dB

備考：音圧は汽笛の音の最も強い方向であって、汽笛からの距離が1mである位置において180~700Hzの範囲に中心周波数を有する1/3オクターブバンドのうちの、いずれかにより測定したもの。最強方向から45°の範囲では-4dB以内。それ以外の範囲では-10dB以内。自船上で110dB(A)をこえず、できれば100dB(A)以下。

### (2) 船用電子ホーン：JIS F8504

この規格は、主として機関室のような騒音の大きい場所での信号、及び警報に用いる防滴型の電子ホーンについて規定したものである。

1~4形までであるが、スピーカーの接続個数が異なるだけで他は同じ仕様となっている。

る。音圧は112dB以上、基本周波数は500~2000Hz、断続周波数が0.5~2Hzとなっている。

### (3) 自動車用ホーン：JIS D5701

この規格は、形状ごとに音圧レベル、基本周波数を規定し、音色については有害なびりや割れ、かすれが無いことと規定するにとどまっている。

### (4) 自動車用接点式警告ブザー：JIS D5712

この規格は、主として乗員に警告するブザーについて規定している。音の大きさを3種類にわけ、音圧と基本周波数について決めている。また、使用頻度によって区分を以下のA. からC. の3つにわけて、それぞれ例を示している。

#### A. 頻繁に使われるもの

スピード警告、ワンマンバスのドア開閉警告、シートベルト掛け忘れ警告、ターンシグナル、ダンプ警告等。

#### B. 時々使われるもの

エンジン油圧警告、エアブレーキのタンク圧警告、イグニッションキー抜き忘れ警告、オーバーラン警告等。

#### C. まれに使われるもの

火災報知、非常ドア開扉報知等。

### (5) 緊急避難警報：ISO 8201

この規格は、緊急時の避難を示す合図の音の鳴動形式を定めたものである。基本パターンは、0.5秒間鳴動し、0.5秒間休止する音を3回繰り返すこととしている。また、最小音圧レベル、バックグラウンドノイズが極端に大きい場合の対処、音声による案内を付け加えることについての取り決めといったことが記述されている。基本周波数や周波数特性などについては規定が無く、具体例にも音程のシフトする場合、ベルのような減衰してゆく音の場合が示されている。

### (6) 労働環境における危険警報：ISO 7731

この規格は、特に周辺の騒音が大きい場合に、危険警報がマスキングされないような周波数特性の設定条件を定めたものである。マスキングの閾値は臨界帯域法によって求めるのが一般的だが、ここでは安全側に簡略化した方法をとってマスキング量を考慮している。

さらに、労働者が受聴可能な位置にあるかのチェック、時間パターン(0.2Hzから5Hzの間のパルス的な繰り返しのある音で、ISO 8201と異なること)を定めている。

また危険警報は、危険性の度合いによって注意警報と緊急避難警報(前述のISO 8201)に分けることができるという基本概念が示されている。注意警報は、災害防止を目的と

しているの、危険状態になる以前に示され、注意喚起の機能によって様々な情報を提供することに意味がある。それに対し緊急避難警報は、災害防止がもはや困難な局面において使用される。

(7) その他の規定例

その他、列車の車掌と運転手の間の連絡ブザー、旅客船（フェリーなど）の避難用合図音、工場に於ける機械の運転開始の合図などいろいろなものがある。残念ながら本付録にすべての解説を載せるわけに行かなかった。機会があれば再調査し、後にまとめてゆきたい。

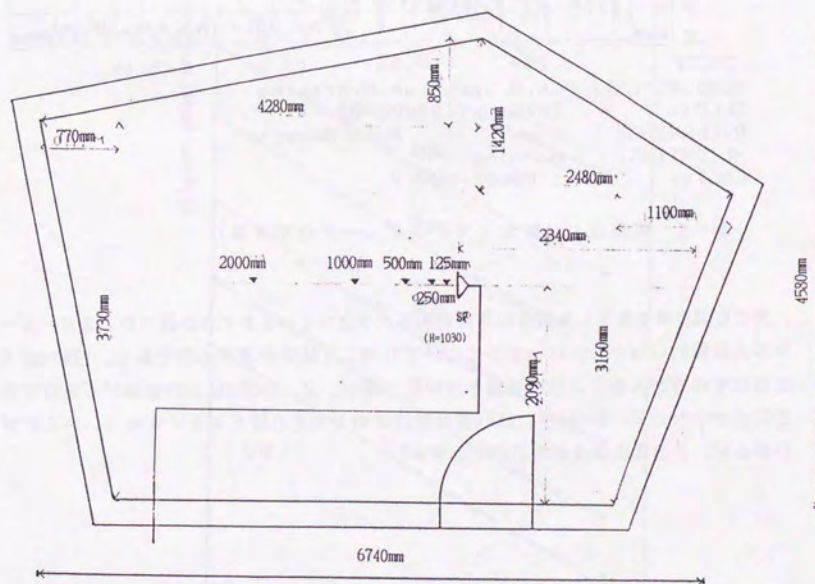
C. 実験基礎資料

(1) 実験室の音響性状

実験を行った東大工学部建築学科の簡易半無響室の音響性状を記す。

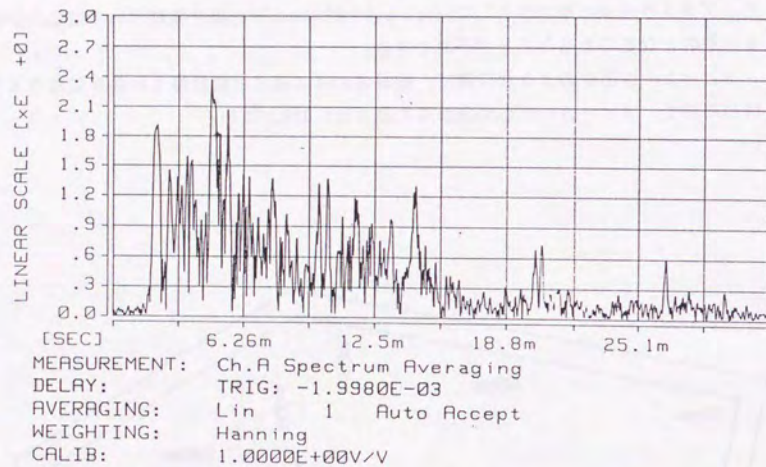
実験室平面は下図に示すような不等辺五角形であるが、これは本来残響室として使用されていた所に、吸音処理を施したためである。床面はタイル張り完全反射、壁面天井面には全面（エアコン、換気扇部分は除く）に厚100mmのグラスウールを取りつけている。グラスウールの厚さからして $340/0.1 \times 4 = 850\text{Hz}$ 以下の周波数については吸音が足りず拡散的となるであろうことが予測できる。

スピーカーは図中のような位置で、被験者の耳の高さとほぼ等しい高さになるように決めたので、スピーカー中心の床からの高さは1.03Mとした。



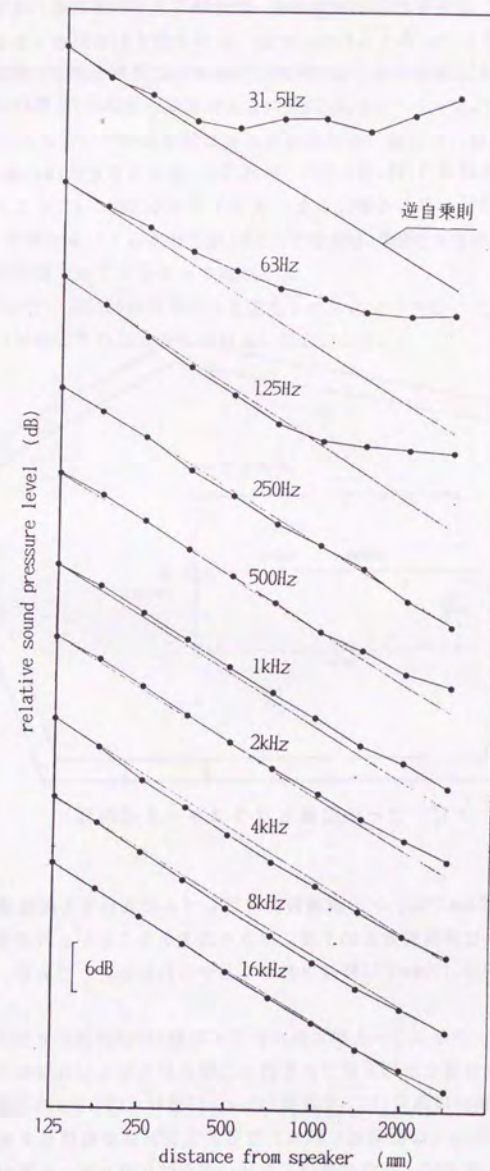
図C-1 簡易半無響室 平面図 (s:1/50 天井高3900mm)

まず、どの程度の反射音が存在するかを確認するため、スピーカーの位置でパルスを発生（遊技用ピストル）させた。それをスピーカーより2Mの点で受信し、エネルギーの推移をみるため、マグニチュードをとったものが、以下に示す図である。この図よりかなりの反射が、直接音より13ms程度の間にも固まっていることが分かる。特に直接音から2.5ms程度の所は床や壁、天井からの反射が縮約され、直接音より大きくなっているのではないかと考えられる。このため、 $1/0.0025/2=800\text{Hz}$ 前後で大きな干渉の表れる可能性がある。床反射音と直接音の行路差は $0.83/340=2.44$ となりほぼ一致している。



図C-2 実験室の反射音（マグニチュードの相対値）

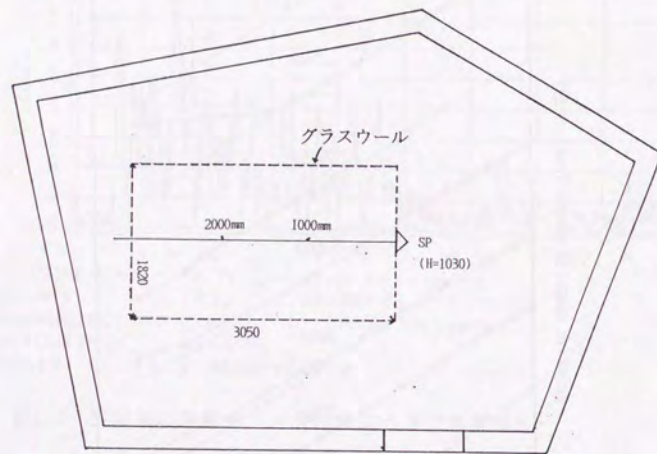
次に自由音場を仮定した場合の逆自乗則が成り立っているかどうか調べた。スピーカーからの距離0.125mから2.828mまでについて計測した結果が次頁の図である。125Hz以下でははずれ方が大きく、自由音場とは見なし難い。又、850Hz以下の吸音が不十分であるにもかかわらず、500Hz帯、1kHz帯は逆自乗則からそれほど大きくずれていないことがわかるが、その理由は今の所不明である。



図C-3 スピーカーからの距離と1/1オクターブバンド毎の音圧レベルとの関係（床面完全反射）

グラスウールの厚さと吸音特性からみて250Hz以下の周波数については吸音率が小さく拡散的になることが考えられる。また、床面が完全反射のため、直接音と床面反射音との干渉が起きることが考えられる。この二点が予想される問題である。ここでは音源と受音部間の床面にグラスウールを敷きその厚さを変えることで上記の二点を踏まえながら性状を調べた。

スピーカーから純音(125, 250, 500, 1K, 2K(Hz))を発生させ、125(mm)から2000(mm)の点についてその音圧レベルを測定した。グラスウールは図C-4に示すように配置し、厚さは、0, 50, 100(mm)の三種類において行った。



図C-4 スピーカーの位置とグラスウールの配置

グラスウール厚0mmでは、どの周波数の音圧レベルにおいても距離減衰の不規則性がみられたが、それは床反射音との干渉によるものであることが、行路差から、またこれがグラスウール厚50, 100mmでは軽減されることからわかることである。

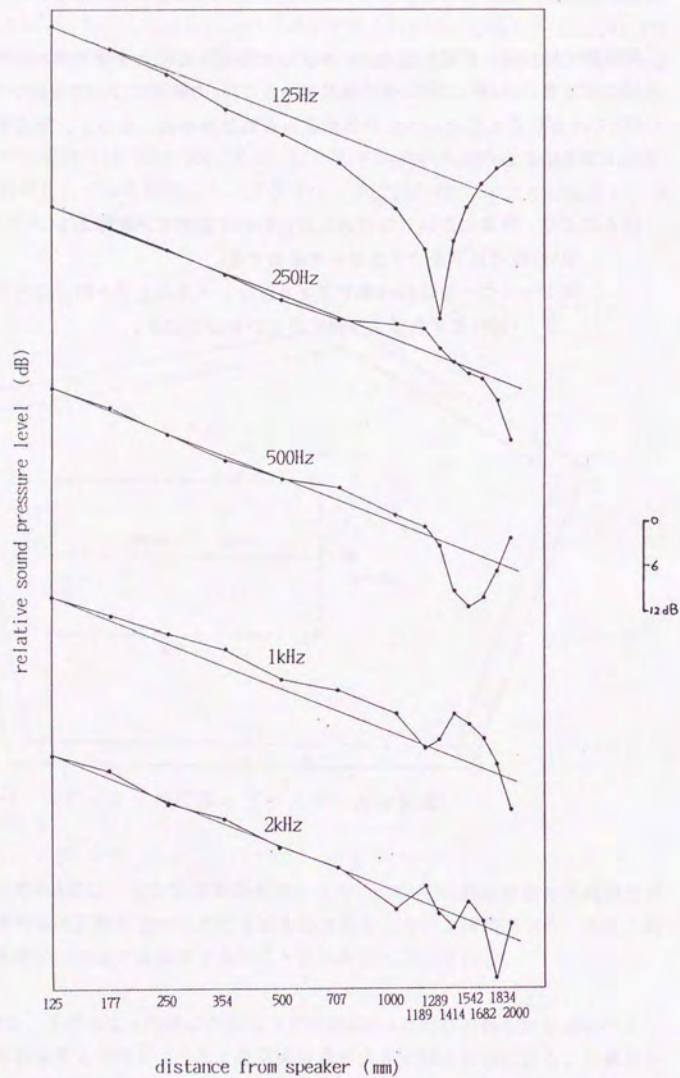
例外は125Hzで、グラスウール厚にかかわらず距離130cmの辺りで音圧が急激に小さくなっており、それは厚さが増すにつれて低下の度合いが大きくなる傾向にある。行路差を考える。125Hzの純音は気温21°Cで波長275cm, 1/2波長=137.5cmの行路差は距離88cm点の辺りであり、130cmでは低相差 $0.83\pi$ となる。床反射音が直接音を弱める効果があることがわかるが、そのピーク点が異なること、さらにグラスウール厚が増すと音圧レベルがより低下する傾向があることから原因は床反射音ではないことが考えられる。他の

壁面、天井面について同様に考えてみたが、結局原因は不明である。

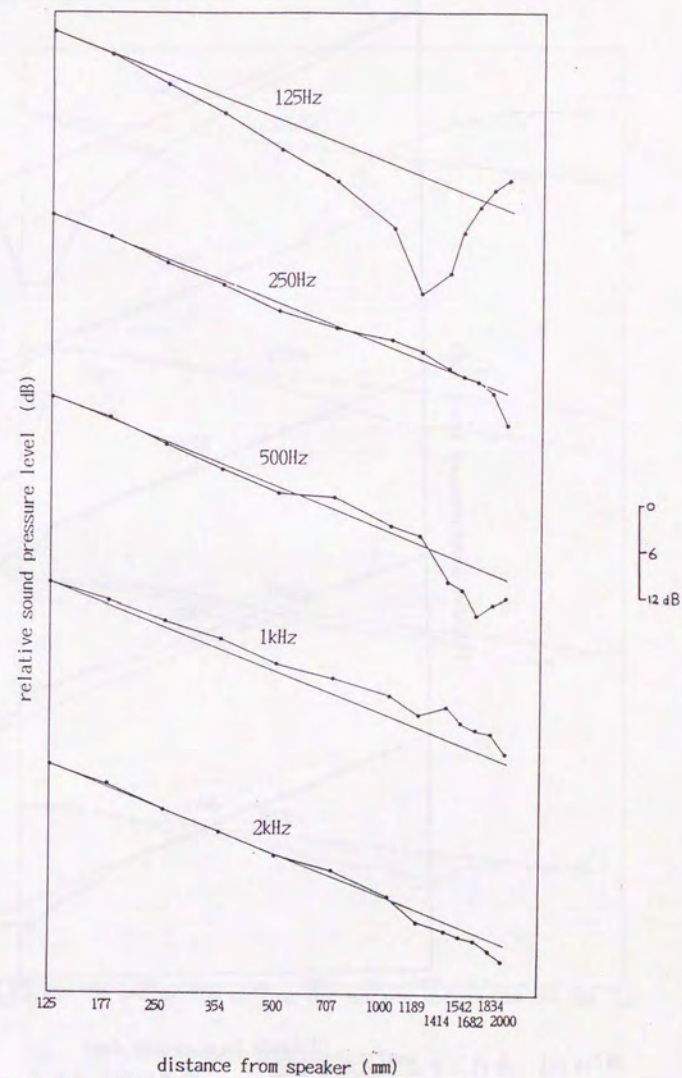
実験音では125Hz 付近の音をフィルターで除去することを考えるべきである。ここで同様の測定を125Hz帯と250Hz帯の境界である177Hzの純音についても行って見たところ、125Hzでみられるようなレベルの挙動はみられなかった。従って、除去するのは125Hz帯以下であることがわかった。

以上により、実験においては次の二点について留意すべきである。

- ◎125Hz帯以下をフィルターで除去する。
- ◎グラスウールは50mm厚でほぼ急激なレベルの上下を防ぐことができるが、100mmにすればより条件がよいものになる。

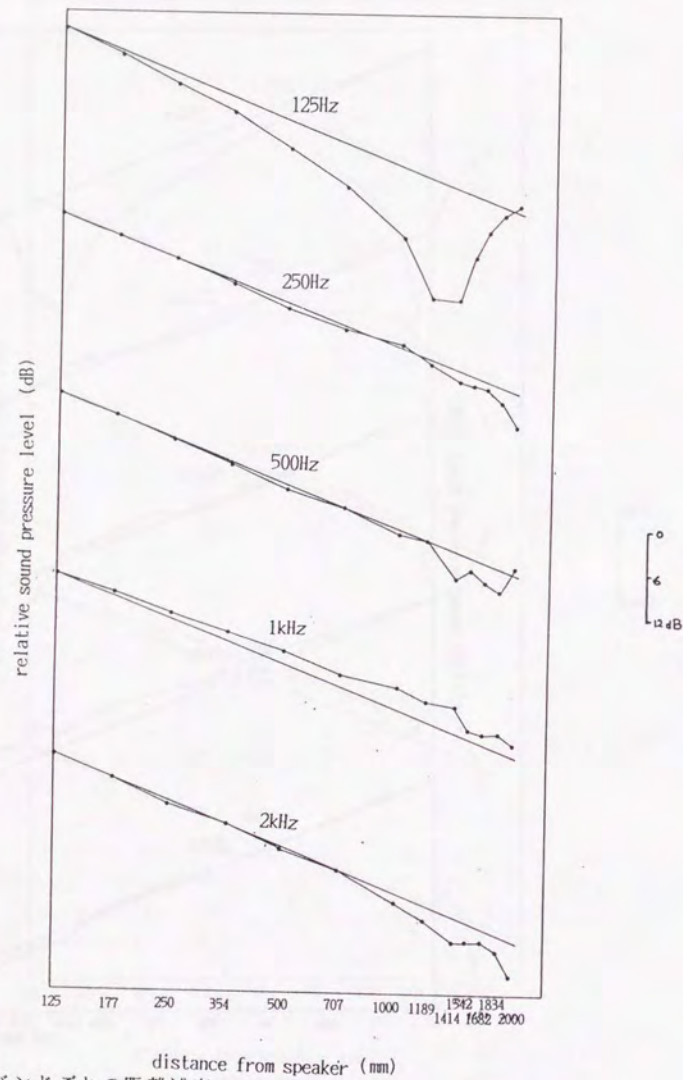


図C-5(1) 各バンドごとの距離減衰  
 グラスウール 0mm  
 気温 21℃  
 湿度 69%

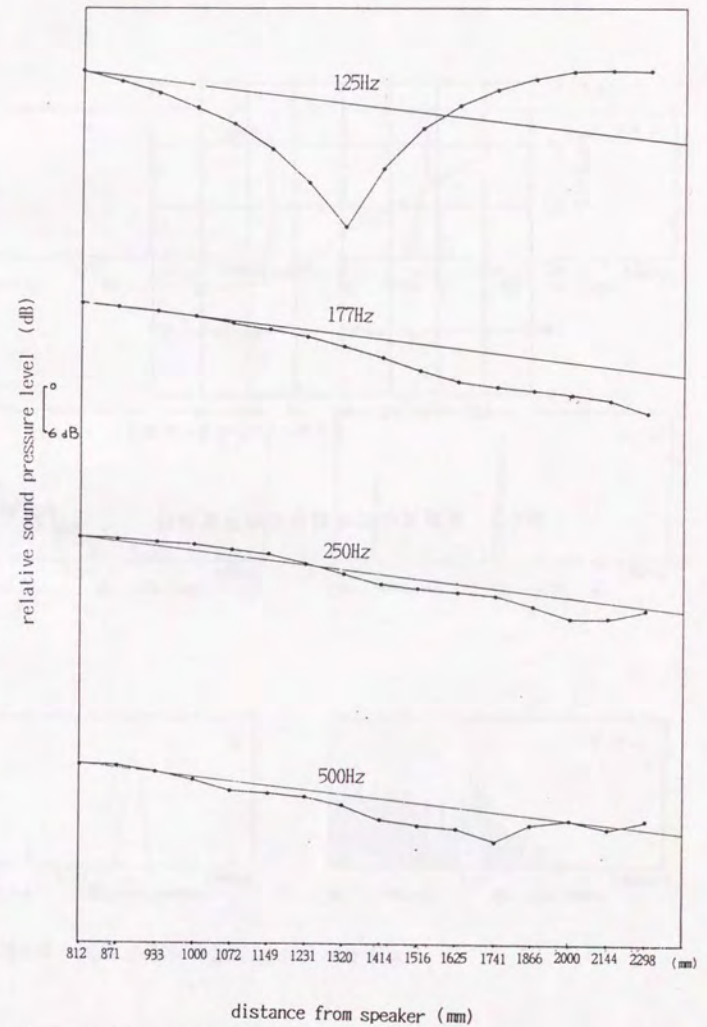


図C-5(2) 各バンドごとの距離減衰  
 グラスウール 50mm  
 気温 21℃  
 湿度 68%



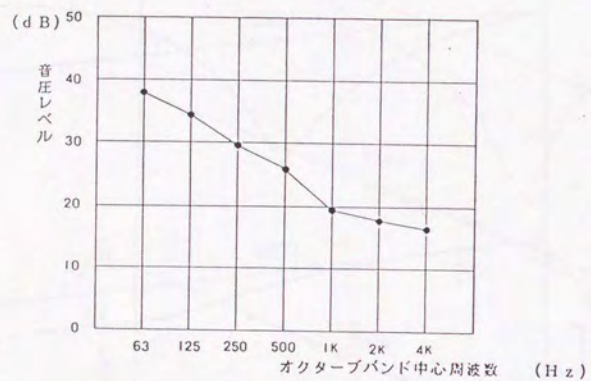


図C-5(3) 各バンドごとの距離減衰  
 グラスウール 100mm  
 気温 20.5℃  
 湿度 69%



図C-5(4) 各バンドごとの距離減衰  
 グラスウール 100mm  
 気温 20℃  
 湿度 67%

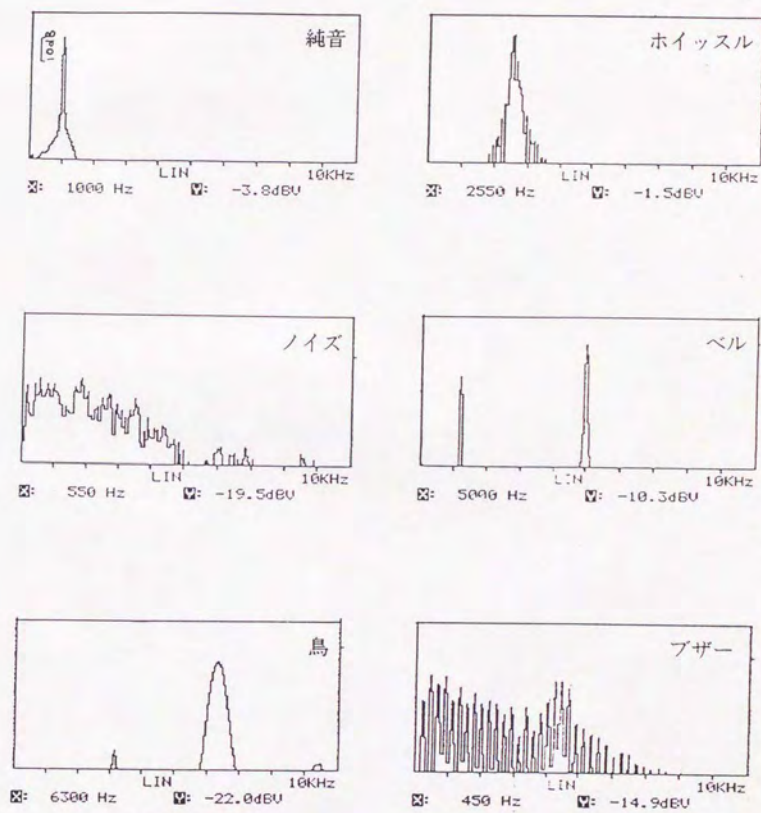
実験室の暗騒音は時刻によって若干異なるが、何回かの測定により平均的にみて大きく異なることはなかった。図は比較的暗騒音が大きかったときのデータである。



図C-5 実験室内の暗騒音の周波数特性

(2) 試験音の周波数特性

実験ⅢからⅤにかけて用いた、シンセサイザーによる合成音の周波数特性をFFTによって狭帯域分析した。その結果を図C-6に示す。



図C-6 実験に用いた試験音のスペクトル

