

## 音響研究の近年の動向

財団法人小林理学研究所 理事長 山下充康

音響科学の発展の歴史はギリシャの哲学者ピタゴラス以来、大変古いものである。しかし今日では誰もが知っている音が大気の中を伝わる振動であることが解明されたのは近年になってからのことである。しかも音は耳によって捉えられる物理的な刺激であるが、「聴覚」のメカニズムが解明されてきたのはさらに新しい。近年ではエレクトロニクスの開発、普及によって音響機器が急速な進歩を遂げているが、マイクロホンやスピーカーなどの電気部品をはじめとする電気回路の発達は音響学の研究に長足の進歩をもたらした。音響学は物理学としては古くからの研究対象であったがエレクトロニクスの急速な発展は新たな切り口からの研究を展開するにいたっている。

ここでは、音響科学の歴史を回顧しながら近年の音響科学の動向を考察する。

### 1) 音声情報記録メディアの移り変わりー

\*\*\*\*\*

昭和 51 年 (1976) 5 月に騒音振動に関わる方々が日本騒音制御工学会を発足させた。騒音振動の関連産業、現場技術関連、コンサルタント業、地方自治体を含む行政、大学や研究機関の方々が音、振動に係る勉強を推進すると共に情報交換を主目的に相互の連絡を密にしようと試みたのが本学会を設立する主な意義であった。今からほぼ 30 年以前のことである。

産業の活発な成長期に当たっていたこの時期、騒音対策を中心に環境保全が社会問題の重要な一要素とされ、これに音響科学が貢献してきた役割は大きいものであった。

今から 30 年を振り返ってみると、科学技術の進歩には目を見張られるものがある。特にエレクトロニクスとデジタル技術の充実は今なお長足な進歩を続けている。

マイクロホン、スピーカ、各種増幅器・・・日常的に眼にする機会の多い電子機器であるが、小型で高性能で低価格、しかも安定性、耐久性に優れていることを思うと一時期のような大きく重い電源用電池、電力消費の激しい真空管、雑音が多くて感度の悪いマイクロホンに苦勞させられていたのが遠い昔のこのように感じられる。

数十年ぶりに映画館に入った。DVD の映画を家

庭用の TV モニターで観るのとは比べ物にならない大寸法の画面もさることながら、耳を聳さんばかりの大音響の効果音に驚かされた。映画に音が付いたのは 1927 年のアメリカ映画が初めて。昭和に入ってからのできごとだった。日本での音付き映画は 1931 年 (昭和 6 年)、松竹キネマ製作の「マダムと女房」。それまでは弁士が活躍していた時代だった。

音の記録が今日のように、安易で日常的なものでなかった時代、音の記録には多くの苦勞が伴っていたらしい。

音を記録する、いわゆる録音である。録音といえば、エジソンの発明したワックスドラム式の蓄音器に思い至る。録音の技術は音の波形をワックスドラムに固定したエジソンの蓄音機 (図 1 ワックスドラム式のエジソン蓄音機) が登場して以来、100 年を越える歴史を刻んできた。主な録音機器を表 1 に一覧で示した。

表 1. 録音機器の歴史

年	
1877 年 (明治 10 年)	蓄音機の発明 (エジソン)
1890 年 (明治 23 年)	東京・横浜で電話サービス開始
1891 年 (明治 24 年)	国産第 1 号の蝋管レコード
1909 年 (明治 42 年)	日本初の円盤レコード (SP 盤)
1925 年 (大正 14 年)	日本での AM ラジオ放送開始
1950 年 (昭和 25 年)	テープレコーダ
1951 年 (昭和 26 年)	LP レコード
1951 年 (昭和 26 年)	民間の AM ラジオ放送開始
1963 年 (昭和 38 年)	コンパクトカセット
1963 年 (昭和 38 年)	NHK の FM ステレオ放送開始
1976 年 (昭和 51 年)	家庭用 VTR (VHS 方式)
1979 年 (昭和 54 年)	携帯電話実用化
1979 年 (昭和 54 年)	ウォークマン
1981 年 (昭和 56 年)	LD (レーザーディスク)
1982 年 (昭和 57 年)	CD (コンパクトディスク)
1987 年 (昭和 62 年)	DAT (デジタルオーディオテープ)
1992 年 (平成 4 年)	MD (ミニディスク)
1996 年 (平成 8 年)	DVD
2001 年 (平成 13 年)	iPod (デジタル記録メディア)

音を記録する技術の足跡<sup>そくせき</sup>を表1にまとめたが、録音技術とは別に「擬音」による音の記録に言及しよう。「ワンワン」、「ニャーゴ」、「チュンチュン」、「トントン」・・・の様に擬音語、あるいは擬声語と呼ばれる用語は録音の仲間ということが出来よう。図2は「バードコール」と呼ばれる擬音具で、「ナイチンゲール」の囀りを模した音を奏でる。

図3はサボテンの幹（中が空洞になっている）にサボテンの沢山の棘を逆さまに幹に差し込んで、作られた「レインスティック」。硬く乾いた植物の種が空洞の内部を落ちる際に棘に触れてサラサラと鳴る。この音が雨の降る音を模していることから「レインスティック」と呼ばれている。「バードコール」や「レインスティック」は音を模した音具で、これらをして録音ということが出来よう。「鳩笛」、「鶯笛」、「蟬の玩具」（図4 擬音玩具）・・・この種の音具は昔から多数残されている<sup>2)</sup>。

前述の音具たちは音声情報記録メディアではないけれど、古くからの録音技術として興味深いものがある。

話を蓄音機に戻す。

エヂソンが蓄音機を発明して10年後、1887年にベルリーナがエヂソンの円筒型の記録素子を平面円板のいわゆるレコード盤に発展させた。（これが後のグラモフォンである。）この時期、1888年、音の波形を機械的に記録する方法を電磁氣的に実現しようとした技術者が登場した。機械技師のオーバーリン・スミス（1840～1926年）。彼の提唱した磁気録音のアイデアを基に実際の録音機に仕上げたのがヴァルデマール・ポールセン（1869～1942年）だった。ポールセンの録音機はスチールのピアノ線を磁化させる方式のもので、これがワイヤーレコーダの元祖になった。試作されたワイヤーレコーダは大型で動作が不安定であり、一般に実用に供しうるものではなかった。電磁気学で有名なフレミングが二極管を発明したのが1904年だから真空管が登場する以前のこと。

当時の音響記録に比較的便利に使われていたのは円盤に機械的な方法で音の波形を刻み込む方式の「レコード盤録音機」と光学的な方法で映画のフィルム（サウンドトラック）を使用するものであった（1920年代）。

トーキーは音の波形を光に変調して写真フィルムに焼き付けたもので、音響研究に頻りに利用されていた。単純化されたメカニズムを図5に示しました。

<sup>1)</sup>（この図はトーキーの技術的な入門書である。小林理研の蔵書から挿絵を引用した。）

光学方式のトーキーやワイヤーレコーダは重い大きな本体を揺れの少ない堅牢な造りの床に固定して使われなければならなかったため、放送局や電話会社で使われるに留まっていた。

第二次世界大戦の勃発によって軍用機器として音響信号の利用が注目を集めることになった。1940年頃からアメリカではベル研究所を始めとして磁気録音機の小型化、実用化が図られ、陸海空軍に採用されたとのことである。敵国通信の暗号解読には不可欠なアイテムであった。揺れる軍艦の中や、過酷な環境の戦地では小型で動作が安定した録音機が要求され、この要求に応じて図6のような可搬型の機種が作られた。

日本で終戦を告げた「玉音放送」はレコード盤であったが、テープレコーダの登場以前だから録音といえばレコード盤が一般的で唯一の存在であったものであろう。

ワイヤーレコーダは終戦直後に軍用機から民間機に姿を変えて市販されたが、音質、取り扱いの煩雑さ、価格等の点で一般への普及は見られなかった。

1950年頃に東京通信工業（ソニー株式会社の前身）が磁気テープによる録音再生システムを開発した。プラスチックのリボンが出回る前、当初は紙のリボンに「蔞酸第二鉄」の粉末を塗りつけただけの紙製テープが使われていた。

1960年代にはいわゆるオープンリールのテープレコーダが民間や研究機関などに広く使われるようになった。

「デンスケ」と呼ばれた携帯型の録音機は重くて、録音時間が短く、音質も十分なものではなかったが終戦直後のラジオ人気番組「街頭放送」で活躍した。磁気録音機は音響研究に不可欠なアイテムで、使用目的別に様々な磁気録音機が使われていた。図7は機械的な駆動部分と真空管が詰まった増幅器部分が分けられている機種で、特性には優れてたが重くて寸法が大きいのでこれの運搬には往生させられた。

図8のテープレコーダは教材用に使われていたもので家庭用としても広く市販されていた。

これらは木の箱に収められ、箱の内部は熱せられた真空管や抵抗、コンデンサ、トランスが隙間無く詰まっている。

真空管が使われているので、電源スイッチをオンにしても真空管が温まって動作が安定するまでには数分の時間がかかった。その後、トランジスタ回路

が普及して、電気回路が小型化し、電源の容量も小さいもので済むようになって、テープレコーダが小型軽量なものになった。音響的な特性が保証された超小型のテープレコーダが入手できるようになって現場での音の収録が容易なものとなり、これが大変ありがたかった。図9に超小型のテープレコーダを示した。オープンリール。スパイのドラマにしばしば登場していた。任務の指令を音声で告げる。指令を告げ終わると「・・・このテープは自動的に消滅する。成功を祈る。」と言って燃焼、消滅するシーンは当時、テレビ番組でお馴染みだった（MIP）。

やがて、オープンリールに変わってカセット録音テープが登場した。1960年代のこと。電気回路には真空管に換わってトランジスタやダイオードが使われ、機械部分も小型モータの採用、磁気ヘッドの小型化が進んで装置全体の寸法が極端に小さくなった。

(図10：初期のカセットテープレコーダ)

カセットテープレコーダは簡便な音楽再生装置として自動車ラジオに組み込まれて人気を博したものだ。1977年には音楽再生装置「ウォークマン」が市場に出回り、パーソナル音楽鑑賞装置としてステレオのイヤホンが若者たちの耳を占領した。

その後、マイクロカセットの登場、デジタル録音技術の開発を経て大容量のハードディスクが登場した。技術の進歩は留まることを知らず、デジタル技術は精密工作技術の助けを借りてMD(マイクロディスク)が開発され、それまでの磁気テープ型の録音機に換わった。

1990年代にはCDの登場を迎え、現在ではデジタルフラッシュメモリーによる録音記録装置が主流になっています。価格の点でも従来では想像も出来ないような市販品が普及した。

音を記録し任意に再生する技術はエジソンの蓄音機の発明以来様々な試みを経て現在に至っている。

エレクトロニクスとデジタル技術の進歩は録音という難題を見事に解決し、今なお新たな製品を次々に市場に送り出し続けている。家電量販店では録音に使われた磁気テープ類が売り場の隅に追いやられ、一時は音楽ファンに大人気だったオープンリールの磁気テープなどは姿を消してしまった。

寂しい限りである。

音は時間の流れの中でこそ存在し得る物理現象である。これを記録するために多くの苦労が伴った。ここここではレコード盤の音溝に音の波形を刻んで音を記録した先人たちの知恵と苦労とその後の技術展開の課程を振り返ってみた。

図1 蝋管蓄音機 (小林理研音響科学博物館)

図2 バードコールなど

図3 レインスティック (小林理研音響科学博物館)

図4 鶯笛、蝉のおもちゃ

図5 トーキーの入門書から

図6 ワイヤレコーダ (小林理研音響科学博物館)

図7 テープレコーダ (KP2) (小林理研音響科学博物館)

図8 民間で使われたテープレコーダ (小林理研音響科学博物館)

図9 超小型オープンリールテープレコーダ (小林理研音響科学博物館)

図10 初期のカセットテープレコーダ (小林理研音響科学博物館)



Fig. 1



Fig. 2



Fig. 3

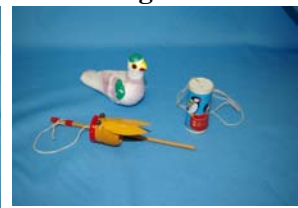


Fig. 4

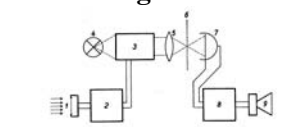


Abb. 22. Lichtoptische 1 Mikrophon 2 Aufnahmeverstärker 3 Lichtstrahlgerät 4 Tonlampe 5 Tonspindel 6 Filmbühne 7 Photozelle 8 Wiedergabeverstärker 9 Lautsprecher. Will man nur den elektrischen Teil der Übertragungskette vom Mikrophon bis Lautsprecher prüfen, so wendet man die Lichtoptik an. Das tonmodulierte Licht des Spaltbildes wird dabei unmittelbar über Photozelle, Verstärker und Lautsprecher hörbar gemacht. In der Filmbühne 6 befindet sich in diesem Fall also kein Film. Nur wenn diese Übertragung völlig einwandfrei ist, kann die Tonfilmaufnahme und -wiedergabe gut sein.

Fig. 5



Fig. 6



Fig. 7



Fig. 8



Fig. 9



Fig. 10

## 2) 今年の音響科学の動向

\*\*\*\*\*

高齢化が進み、人口比率においても老人の締める割合は増加の傾向を辿っている。

高齢化が進むとともに従来には無い様々な社会問題が新たに発生している。そのひとつに老人性難聴の問題がある。高齢者による自動車事故が増加しているといわれている。健全な聴覚ならば聞き取ることができた音を聞き逃すことによって事故を誘発することは少なくない。老化に伴う難聴以外にも先天的な難聴、病気感染による難聴、薬剤による難聴、騒音による難聴などがあるが、加齢による聴覚感度劣化は近い将来に深刻な社会問題となることであろう。

音響研究の大きな対象として難聴問題が浮上してきた。

ここでは補聴器の現状と将来的な動向について取りまとめた。

### 1・補聴器の歴史

音感覚の本質については近年まで未解明のままであった。江戸時代(1603年(慶長8年)~1867年)の補聴器(耳鏡:眼鏡と対比させた。)のチラシが残されている。司馬江漢(1,747~1818年)の補聴器である。これはラップ型の集音器でほら貝や牛の角を利用したものも残されている。この種の集音器はやがて人工的なラップや対航空機の聴音器に発展した時代もあった。(航空機が遅く低空を飛行していた時代の遺物である。)大きな椅子に仕込まれた集音器も珍しい補聴器である。

ドイツの都市「ボン」の中心地に大作曲家ベートーベンの生家が記念館として残されている。手書きの楽譜や羽ペン、古い鍵盤楽器などのベートーベンの作曲活動に係わる様々な展示品の中に、一群の大小のラップ型の補聴器(?)を観ることができる。ベートーベンが晩年に難聴になったことは広く知られている逸話であるが、彼の友人の一人に金物細工師が居て大作曲家の注文に応じてラップ型の補聴器を作製してくれたとのことである。これらのラップは単に音を大きくして耳に導くだけの道具であるから、これらを補聴器と呼ぶのは適切でないかもしれないが、補聴器の歴史をひも解くとこれらに類似の補聴道具が少なからず登場する。(参考図参照)これらラップ型の補聴器は我々がかすかな音を聴こうとする際に耳の後ろに手のひらをあてがって、ちょうど耳朵を大きくすることによる増幅効果(集音効

果?)を期待するのに似て、経験に基づく工夫であろう。

その後、エレクトロニクスの登場を迎え、電気的な回路を利用した補聴器が開発された。(1920年代)真空管を利用したものであるから雑音が多く、不安定な性能で電源の電池も大型な物が使われていた。補聴器としての基本的な機能が充実する時代を迎える。(1950年代の真空管補聴器。)

その後、トランジスタや集積回路の発明によって耳掛け型や耳穴挿入型のように極端に寸法の小さな補聴器が開発され、一般に普及するようになった。さらにマイクロコンピュータを内蔵したデジタル型補聴器の誕生を見ることになるが、これらについての説明は次節にゆずる。

### 2・フィッティングの意味と重要性

特に留意しなければならないことは、補聴器は音を大きくしさえすれば良いというものではないことである。聴力損失の状況は個人によって異なるので、補聴器は必ず個人別の特別仕立てでなければならない。衣服で言えばオーダーメイドでなければならない。厳密な聴力検査を実施してその結果に従って損失の診られる部分を補うような特性の補聴器を適用しなければ意味が無い。いわゆる「フィッティング」という大切な手順を経て適切な補聴器の適用が可能になるのである。眼鏡で言えば検眼をして適切なレンズを選ぶのが常識であって、補聴器においても眼鏡の検眼に相当する「フィッティング」が不可欠ということになる。

昔は大きなラップでイタズラに大きな音を耳に叩き込むことによって難聴をさらに悪化させることもあったやに聞く。耳が遠くなった老人に何処ぞで購入した補聴器をプレゼントするなどは誤った親切となるから用心したいものである。

### 3・聞き取りやすさのための工夫

① 補聴器の寸法について:小さいことは良い事か。

補聴器が小型化して、耳穴挿入式の補聴器ではマイクロホンとイヤホンと電池が一塊となってIC化された電気回路部分の占める容積は極めてわずかな部分となっている。このため、ユーザーが操作しなければならない電源のオンオフスイッチやボリュームコントロールなどのつまみなどは必然的に小さな寸

法に作られている。耳の穴に挿入するのだから小さくて軽いことは好ましい。さはさりながら、指先で小さなスイッチ類を操作することが強いられることはユーザーにとってありがたいことであると言い切れない側面も無いわけではない。ことに、高齢者にとって極端に小さい部品類を指先で操作することには苦勞させられるのではあるまいか。携帯電話の普及にはめざましいものがあるが、高齢者用の携帯電話機が人気を呼んでいるとのことである。高齢者用の携帯電話機は寸法が小さくなくて各種のスイッチ類の操作がし易く、画面表示の文字類も大きめに作られている。

補聴器のユーザーが高齢者の場合、操作が容易な寸法の機種が提供される方が喜ばれるのではないだろうか。寸法が大きければ小型化をするために制約を受けるであろう機能的な欠点を補うことが容易であろう。例えば電源の電池が大きければ長時間の連続使用が可能であろうし、自分好みの音質を得るための周波数回路の選択が容易な機能を付加することも可能であろう。補聴器の極端な小型軽量化を否定するものではないが、ユーザーにとっては大きい補聴器が好ましい場合もあるのではないだろうか。

- ② 指向性の選択
- ③ 妨害音の除去
- ④ 衝撃音の除去
- ⑤ハウリングの制御

#### 4・付加的利便性

補聴器は日常的に使われるものであるから使用者にとって様々な使い勝手のよさが要求される。

- ① 軽量化と寸法の小型化
- ② 防水性
- ③ 使用電池の両極化

#### 5・難聴者教育と社会的認知

聴覚機能が損なわれた場合、社会的に大きなハンディキャップを負うことになる。難聴であることが外見では健常者と全く変らないことによるもので、声を掛けられても気がつかないとか、挨拶を返すことができないなどといった些細な事柄が原因で日常生活の中で人間関係が損なわれることが珍しくないという、当事者にとって極めて不幸なことである。盲目であれば白い杖によって周囲の人々にそれと理解してもらえぬが難聴者は見たところのサインが何もない。

難聴者が音の聞こえない障害者であることを世間にアピールする方法があっても良いのではなかろうか。「私は耳の機能が損なわれていて音を聞き取ることができません。」ということが盲人の白い杖のように世間に理解してもらえぬような「シグナル」があるべきであろう。ちなみに「ウサギの耳のついたベレー帽」のような可愛らしいシグナルは如何であろう。

方法はどうか、高齢化社会が進む今日、難聴者は増える傾向にあるのだから社会的に本腰を入れて難聴者に目を向けるべきではなかろうか。

ここでは補聴器の過去、現在、未来について述べた。一部に私的な考えを述べさせていただいたことをお許しいただきたい。音が人間の生活にとって不可欠な刺激要素であることを視野の中心に据えて、この機会に補聴器の正しいあり方を考えてみたいものである。

(以上)