

# 1 はじめに：音響工学の発展と聴覚障害への新たなアプローチ

## 1.1 音響工学の歴史的背景：電信技術がもたらした革新

音響工学が今日のような重要な学問分野として確立された背景には、20 世紀初頭の電信技術の急速な発達がある。約 100 年前、電話や無線通信が実用化され始めた当時、技術者たちは深刻な課題に直面していた。それは、通信回線に混入する雑音により、送信された情報が正確に伝わらないという問題である。この技術的課題を解決するため、多くの優秀な研究者たちが音と情報の本質を科学的に解明しようと試みたのである。

この時代に登場した画期的な理論の一つが、クロード・シャノンによる情報理論であった。シャノンは「情報とは何か」という根本的な問いに対し、情報を数学的に定量化するという革新的なアプローチで答えを示した。彼の理論は、雑音が存在する通信路でも確実に情報を伝達できる限界を数学的に証明し、現代のデジタル通信の基礎を築いたのである。

一方、聴覚研究の分野では、ハーヴェイ・フレッチャーが人間の聴覚における臨界帯域という重要な概念を発見した。これは、人間の耳が音を周波数帯域ごとに分析処理していることを示す画期的な発見であった。また、ゲオルク・フォン・ベケシーは、内耳の蝸牛における振動の伝播メカニズムを詳細に解明し、後にノーベル生理学・医学賞を受賞することになる。

興味深いことに、これらの偉大な研究者たちには共通点があった。シャノンとフレッチャーは共にベル研究所に所属し、ベケシーはハンガリーで電信技師として研究キャリアをスタートさせていたのである。つまり、電信技術の発展という共通の目標が、音響工学と聴覚研究の飛躍的な進歩を促したと言えるであろう。それから 100 年が経過し、技術は大きく発展したが、「高品質な音情報を確実に伝達する」という研究の根本的な目標は今も変わっていない。

## 1.2 「高音質」追求の限界：健聴者中心の研究からの脱却

しかしながら、ここで我々は重要な問題に直面している。従来の「高音質」の追求は、主として健聴者を対象とした研究に基づいているという事実である。音響工学の発展の過程で行われてきた聴覚実験の大部分は、健聴者を被験者として実施されてきた。音の明瞭度、音質の評価、空間知覚など、あらゆる研究において「正常な聴覚」を持つ人々のデータが標準として扱われてきたのである。

ところが現実を目を向けると、状況は大きく異なっている。世界保健機関（WHO）が 2021 年に発表した報告書によれば、2050 年までに世界人口の 4 人に 1 人、つまり約 25 %が何らかの聴覚障害を持つと予測されている。さらに重要なことは、この統計に現れない軽度の聴覚困難を含めれば、その割合はさらに高くなると考えられる点である。加齢による聴力低下、騒音性難聴、ストレス性の聴覚過敏など、現代社会特有の聴覚問題を抱える人々を含めれば、「完全に正常な聴覚」を持つ人々はむしろ少数派になりつつあるのかもしれない。

このような状況下において、健聴者のみを前提とした「高音質」研究を追求し続けることが、果たして音響工学の正しい方向性なのであるか。人口の 4 分の 1 以上が何らかの聴覚困難を抱える社会において、その人々たちを研究の枠外に置いたまま音響工学が発展していくことに、我々は根本的な疑問を持つべきではないだろうか。

### 1.3 現代社会における聴覚障害の現状と課題

21 世紀の現在、情報社会はさらなる変革期を迎えている。すべての人が情報に平等にアクセスできることは、もはや理想ではなく社会的な要請となり、多くの国で法的にも保障されるようになった。日本においても、障害者差別解消法により、情報アクセシビリティの確保が義務付けられている。

このような社会的背景の中、世界保健機関（WHO）が 2021 年に発表した「世界聴覚報告書」は、衝撃的な事実を明らかにした。報告書によると、何らかの聴覚障害を持つ人々は世界人口の約 30 % に達しようとしており、これは約 24 億人に相当する。この数字は今後も増加すると予測されており、聴覚障害への対応は全人類的な課題となっている。

WHO は、この課題に対処するため「H.E.A.R.I.N.G」フレームワークという包括的なアプローチを提唱している。このフレームワークは、Hearing screening（聴覚スクリーニング）、Ear disease prevention（耳疾患の予防）、Access to technologies（技術へのアクセス）、Rehabilitation services（リハビリテーションサービス）、Improved communication（コミュニケーションの改善）、Noise reduction（騒音の削減）、Greater community engagement（コミュニティの関与強化）の頭文字を取ったもので、医学的対処と社会的対処の両面からのアプローチを推奨している。

しかしながら、報告書を詳細に分析すると、重要な問題が浮かび上がってくる。医学的な対処（補聴器、人工内耳、医療的治療など）が有効な聴覚障害者は、全体の半数にも満たないのである。残りの半数以上の人々については、社会的な対処（環境整備、情報保障、コミュニケーション支援など）が必要とされている。ところが、報告書には医学的対処については詳細な記載がある一方で、社会的対処の具体的な方法論についてはほとんど言及されていない。この事実、世界の聴覚障害者の半数以上が、実質的に適切な支援を受けられていない状況にあることを示唆している。

### 1.4 聴覚検査の限界と外在化の重要性

聴覚障害の診断と評価に目を向けると、現在の医療現場では様々な聴覚検査が実施されている。これらの検査は大きく心理学的測定と生理学的測定に分類される。純音聴力検査（オーディオメトリー）や語音聴力検査などの心理学的測定は、被検者の主観的な応答に基づいて聴力を評価する。一方、聴性脳幹反応（ABR）や耳音響放射（OAE）などの生理学的測定は、客観的な生体反応を記録するが、現時点ではその適用範囲は限定的である。

心理学的測定から得られる結果は、主に「能力障害」を診断する。例えば、オーディオグラムからは「4000Hz 以上の高音域が聞き取れない」といった情報が得られる。しかし、このような検査結果には重要な問題がある。それは、「高い音が聞き取れない」という情報が、あくまで当事者の能力の欠如を示すものであり、なぜそのような状態になっているのかという原因が見えにくいという点である。

この問題は、障害の「外在化」を困難にする。外在化とは、自身の障害を客観的かつ科学的に理解することで、それを自分の一部として受け入れていく心理的プロセスである。障害受容の過程において、この外在化は極めて重要な役割を果たす。しかし、「聞こえない」という結果だけでは、当事者は自身の聴覚システムの何がどのように機能していないのかを具体的にイメージすることができないのである。

## 1.5 機能障害の可視化という新たなアプローチ

外在化を促進するための効果的な方法として、我々が提案するのは「機能障害」の可視化である。機能障害とは、身体の構造や機能の損失または異常を指す医学的概念である。能力障害が「何ができないか」を示すのに対し、機能障害は「どの部分がどのように機能していないか」を示す。

例えば、加齢性難聴（老人性難聴）の場合、単に「高音が聞こえにくい」という能力障害として捉えるのではなく、「蝸牛の基底部に位置する高音に反応する有毛細胞が変性し、その結果として高周波数帯域の音響信号が神経信号に変換されない」という機能障害として理解することができる。このような具体的な理解は、当事者が自身の状態を客観的に把握し、適切な対処法を選択する上で重要な情報となる。

## 1.6 本講習会の目的と意義

本講習会では、従来の心理学的測定による「能力障害」の診断から一步進んで、最新の計算モデルを用いた「機能障害」の可視化技術について学ぶ。具体的には、聴覚系の内耳の力学的特徴を数理モデルで表現し、障害がある場合にどのような変化が生じるかをシミュレーションによって視覚的に示す方法を習得する。

この可視化技術は、聴覚障害の外在化を促進し、当事者の障害受容プロセスを支援する新たなアプローチである。単に学術的な意義を持つだけでなく、実践的な価値も持っている。聴覚障害当事者が自身の障害を理解し受容する過程を支援し、医療従事者が患者により分かりやすい説明を提供し、さらには社会全体が聴覚障害についての理解を深めることにも貢献できるであろう。

電信技術の発展から始まった音響工学は、この 100 年間で飛躍的な進歩を遂げた。しかし、人口の 4 分の 1 が聴覚障害を持つ時代を迎えようとしている今、我々は新たな転換点に立っている。健聴者のための「高音質」から、すべての人のための「平等な音情報伝達」へ。この新たな使命のもと、音響工学の未来を共に切り拓いていくことが、我々に課せられた責務である。