

# 1 まとめ：結局どうすれば良いのか？

## 1.1 なぜ今、この問いを立てるのか

本講習会もいよいよ最終章を迎えた。Unit 3 から 5 では、数値計算法の基礎から始まり、蝸牛モデルのシミュレーション、そして耳鳴りの自励振動モデルまで、かなり技術的な内容を扱ってきた。これらの数値シミュレーション技術は、聴覚系の機能を理解する上で強力なツールとなることを示してきた。

しかし、ここで改めて Unit 1 で提起した根本的な問いに立ち返りたい。我々音響工学者は、これまで 100 年にわたって「高音質」を追求してきた。その成果は確実に社会に貢献してきたのである。電話、ラジオ、テレビ、そしてインターネット時代の音声通信まで、音響技術は情報社会の基盤を支えてきた。

では、なぜ今、「結局どうすれば良いのか？」という問いを立てるのか。それは、我々が今、大きな転換点に立っているからである。

## 1.2 改めて直面する現実：Unit 1 の問題提起を振り返って

Unit 1 で示した事実をもう一度確認しよう。世界保健機関（WHO）の 2021 年報告によれば、2050 年までに世界人口の約 25%、つまり 4 人に 1 人が何らかの聴覚障害を持つと予測されている。これは約 25 億人という膨大な数である。

さらに重要なのは、この中で医学的な対処（補聴器、人工内耳、医療的治療など）が有効な人々は、全体の半数にも満たないという事実である。残りの半数以上、つまり 10 億人を超える人々については、社会的な対処が必要とされているが、その具体的な方法論は確立されていない。

ここで問わなければならない。我々が追求してきた「高音質」は、誰のためのものだったのか。聴覚実験の被験者の大部分は健聴者であり、音響機器の設計も健聴者を前提としてきた。しかし、人口の 4 分の 1 が聴覚障害を持つ時代において、この前提は果たして妥当なのだろうか。

この問いは、音響工学の存在意義そのものに関わる重要な問題提起である。

## 1.3 数値シミュレーションが示した一つの可能性：機能障害の可視化と外在化

Unit 3 から 5 で学んだ数値シミュレーション技術は、この問題に対する一つのアプローチを示している。それは「機能障害の可視化」という方法である。しかし、なぜ可視化が重要なのか、その本質的な意味を改めて考えてみたい。

### 1.3.1 能力障害と機能障害の本質的な違い

現在の聴覚検査の多くは心理学的測定に基づいている。純音聴力検査（オーディオメトリー）や語音聴力検査などがその代表例である。これらの検査から得られる結果は「能力障害」を示すものである。例えば、「4000Hz 以上の高音が聞こえない」「騒音下での語音聴取が困難」といった情報である。

しかし、ここには重要な問題がある。「能力障害」という診断は、本質的に「あなたにはこの能力が欠けている」という、当事者の能力の問題として障害を位置づけてしまうのである。これは当事者にとって、自身の「欠陥」として内在化されやすい。

一方、「機能障害」は身体の構造や機能の損失・異常を指す。例えば、「蝸牛基底部の外有毛細胞が変性している」「基底膜の振動特性が変化している」といった、生理学的・物理的な機能の問題である。これは「能力の欠如」ではなく、「生理機能の変化」として理解される。

### 1.3.2 外在化がもたらす障害受容への道

障害の「外在化」とは、自身の障害を客観的かつ科学的に理解し、それを自分の外側にあるものとして認識するプロセスである。これは障害受容において極めて重要な段階である。

Unit 4 で扱ったオーディオグラムの数値シミュレーションを思い出してほしい。従来のオーディオグラムは「どの周波数がどれくらい聞こえないか」という能力障害を示すものである。しかし、シミュレーションによって、蝸牛のどの部分がどのように機能していないのかを視覚的に示すことができた。

例えば、加齢性難聴のシミュレーションでは、蝸牛基底部の外有毛細胞の機能低下（ゲイン係数  $\gamma$  の減少）が、高周波数領域の聴力低下として現れることを具体的に示した。これは「私は高音が聞こえない」という能力の問題から、「私の蝸牛の基底部にある外有毛細胞の増幅機能が低下している」という生理機能の問題への転換である。

この転換は単なる言葉の違いではない。障害を自分の「能力不足」として内在化するのではなく、生理学的な「機能の変化」として外在化することで、当事者は自己否定から解放され、より客観的に自身の状態を理解することができるのである。

### 1.3.3 耳鳴りモデルが示す外在化の具体例

Unit 5 で学んだ耳鳴りの自励振動モデルも、外在化の重要性を示す良い例である。耳鳴りという症状は極めて主観的で、他者には理解されにくい。「頭の中で音が鳴っている」という説明では、しばしば「気のせい」「精神的なもの」として片付けられてしまう。

しかし、自励振動モデルによって、耳鳴りを物理的な現象として理解することができる。聴覚系のフィードバック機構が不安定になり、外部からのエネルギー供給によって振動が持続する—この科学的な説明は、症状を当事者の「気のせい」ではなく、明確な生理学的メカニズムを持つ現象として位置づける。

これにより、当事者は「私の頭がおかしいのではないか」という不安から、「私の聴覚系に物理的な振動現象が生じている」という客観的理解へと移行できる。この外在化のプロセスは、適切な対処法を考える基盤となり、心理的負担の軽減にもつながるのである。

### 1.3.4 しかし、これは答えではなく始まりである

ただし、ここで強調したいのは、機能障害の可視化や外在化が最終的な答えではないということである。これらは聴覚障害を理解し、受容するための一つのアプローチに過ぎない。現在の数値シミュレーション技術では、聴覚系の複雑な機能の一部しか再現できていない。また、外在化だけで障害に関するすべての問題が解決するわけでもない。

むしろ、これらの技術と概念が示しているのは、今まで見えていなかったものを見る新しい視点の可能性である。

## 1.4 視点を変えることの提案

### 1.4.1 音響工学の 100 年を振り返って

音響工学の歴史を振り返ると、その発展は決して間違っていなかった。ベル研究所でのシャノンの情報理論、フレッチャーの臨界帯域の発見、ベケシーの内耳振動特性の解明など、これらの研究は通信技術の発展に大きく貢献し、現代の情報社会の基盤を築いた。

「高音質な音情報の伝達」という目標は正しかったし、その追求によって得られた成果は計り知れない。我々が今使っているスマートフォンの音声通話、音楽配信サービス、オンライン会議システムなど、すべてがこの 100 年間の音響工学の成果の上に成り立っている。

### 1.4.2 技術が成熟した今、問いかけたいこと

しかし、技術が成熟期を迎えた今、新たな問いを立てる時期に来ているのではないだろうか。

人口の 25% が聴覚障害を持つ時代に、今までと同じアプローチで良いのだろうか。「高音質」の定義自体を見直す必要はないだろうか。健聴者にとっての「高音質」と、聴覚障害者にとっての「高音質」は同じなのだろうか。

我々が培ってきた音響技術を、少し違う角度から見直すことで、新しい可能性が開けるのではないだろうか。例えば、機能障害の理解に基づいた音響設計、個々の聴覚特性に応じた音環境の最適化、聴覚障害があっても情報が確実に伝わる新しい音響システムなど、考えるべきことは多い。

## 1.5 これから一緒に考えていきたいこと

### 1.5.1 新しい視点からの問い

ここで、皆さんと一緒に考えていきたい問いをいくつか提示したい。

まず、「聴覚障害がある人にとっての『高音質』とは何か」という問いである。補聴器を使用している人、人工内耳を装着している人、片耳難聴の人、それぞれにとって最適な音とは何だろうか。これは単純な音の増幅や周波数特性の調整では解決できない複雑な問題である。

次に、「多様な聴覚特性を前提とした音響設計とは何か」という問いである。公共空間のアナウンス、緊急放送、教室での授業、これらすべてにおいて、聴覚の多様性を考慮した設計は可能だろうか。

さらに、「機能障害の理解は、どのような技術革新につながるか」という問いである。本講習会で学んだような数値シミュレーション技術が、実際の支援技術にどのように応用できるだろうか。

### 1.5.2 既存技術の新しい活用法

今まで培ってきた音響技術を、違う角度から見直すことも重要である。例えば、騒音制御技術を聴覚過敏の人のための環境設計に応用する、音場制御技術を補聴器使用者に最適な音環境を作るために活用する、音声信号処理技術を多様な聴覚特性に対応できるように拡張するなど、既存技術の新しい応用可能性は無限にある。

小さな視点の変化が、大きな可能性を開くかもしれない。重要なのは、「健聴者のための技術」から「すべての人のための技術」へという視点の転換である。

## 1.6 問いかけとしての提案

### 1.6.1 音響工学は岐路に立っている

音響工学は今、重要な岐路に立っている。技術的には成熟期を迎え、基本的な理論はほぼ確立された。デジタル信号処理技術も高度に発達し、ほとんどの音響現象をコンピュータでシミュレーションできるようになった。

一方で、社会のニーズは大きく変化している。高齢化社会の進展、聴覚障害者の増加、情報アクセシビリティへの要求など、音響技術に求められる役割は多様化している。

### 1.6.2 我々にはもっとできることがあるのではないか

今までの研究は正しかった。「高音質」の追求は多くの成果を生み、社会に貢献してきた。しかし、それだけで十分だろうか。

少し視点を変えるだけで、新しい可能性が見えてくるかもしれない。健聴者中心の設計から、聴覚の多様性を前提とした設計へ。能力障害の診断から、機能障害の理解と外在化の支援へ。画一的な「高音質」から、個々のニーズに応じた「最適な音」へ。

これらは大きな変革ではない。今まで培ってきた技術と知識を、少し違う角度から活用するだけである。しかし、その小さな視点の変化が、多くの人々の生活を変える可能性を秘めている。

### 1.6.3 この講習会が始まりとなることを願って

本講習会では、数値シミュレーションによる機能障害の可視化という一つのアプローチを紹介した。これは完璧な解決策ではないし、唯一の方法でもない。しかし、新しい視点で聴覚障害を理解し、支援する可能性を示すものである。

重要なのは、この講習会が終わりではなく始まりだということである。ここで学んだことを、それぞれの現場で、それぞれの方法で活かしていただきたい。そして、新しい発見や気づきがあれば、ぜひ共有していただきたい。

音響工学の次の100年は、「すべての人に平等な音情報伝達を実現する」という新しい使命のもとで発展していくことになるだろう。その第一歩を、今日、ここから踏み出すことができれば、この講習会の目的は達成されたと言える。

皆さんと一緒に、音響工学の新しい可能性を探求していけることを楽しみにしている。