

なぜ、人間の聴覚は優れているのか？
その知られざる機能を全て解明し、
人間の聴覚を超える聴覚システムを作りたい。

「耳」付き計算機の登場が、音信号処理に革命を起こす!?

雑音や残響がある環境でも、人間は聞きたい音を聞くことができる。

「もしも計算機上に、聴覚と同じ機能を持つ信号処理システムを

構築できたら、さまざまな音信号処理に応用できるのでは？」

という考えの下で研究を進めているのが、鶴木准教授の研究室だ。

耳に相当する機能を 計算機につけてみたい

ICレコーダーでインタビューを録音した音声を聞き直してみると、インタビュー時には気にならなかった雑音や残響で、話し手の声が聞き取りにくいことがある。それなのになぜインタビュー時には話し手の声がクリアに聞こえたのだろうか？ それは、私たち人間の聴覚（正確には、聴覚系+脳）が、雑音や残響を排除し、狙った音だけを聞き取るという、非常に優れた機能を有しているからだ。

けれども、「私たちの聴覚は非常に優れている」ということはわかっているのに、「どのような信号処理によってそれが実現されているのか」ということは、実はいまだに解明されていないことが多々ある。自分たちの体の一部であるにも関わらず、である。

「もしもその信号処理のしくみが全て解明できれば、音声認識や補聴システム等の音声信号処理に応用できると思うんです」と鶴木准教授は語る。そして、自らの研究スタンスを図解すると「**π型**」（図1）になると言う。

「『聞く』『話す』といった音声コミュニケーションは、「ことばの鎖」（図2）の過程で行われています。情報科学研究科の音情報処理分野では、党教授が音声生成を、赤木教授が音声知覚を、徳田准教授が非線形力学に基づいた音声分析を、そして私が聴覚信号処理を専門にし、この4人で音声の生成から知覚情報処理までをすべてフォローしながら連携して研究を行っています。

そして、私の研究室が目指しているのは「耳の機能とまったく同等な信号処理を計算機上に作りたい」——さらにわかりやすく表現すれば「**耳に相当する機能を計算機に付けたい**」ということなんです。

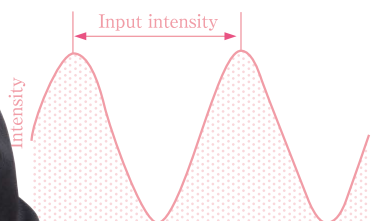
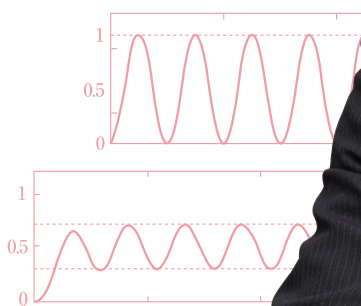
そこに行き着くためには、2本の柱による研究アプローチが必要です。1本目の柱は「人間の耳をまず良く知る」というアプローチです。学問的には、聴覚の各部位の機能解明を目指す『聴覚生理学』や、音の物理的変化に対する反応（知覚変化）を調べる『聴覚心理学』の研究領域です。もう1本の柱は「人間の耳を模擬して計算機上に記述する」というアプローチです。こちらは、学問的には『情報科学』あるいは『工学』の領域です。つまり、**聴覚生理学、聴覚心理学、情報科学の3つがオーバーラップする部分**が、私たちの研究領域です。JAISTの先生方や国内外の研究者に協力を仰ぎ、聴覚心理学・情報科学を本学で実施し、聴覚生理学に関しては海外の研究成果等を参考にしながら追求しています」

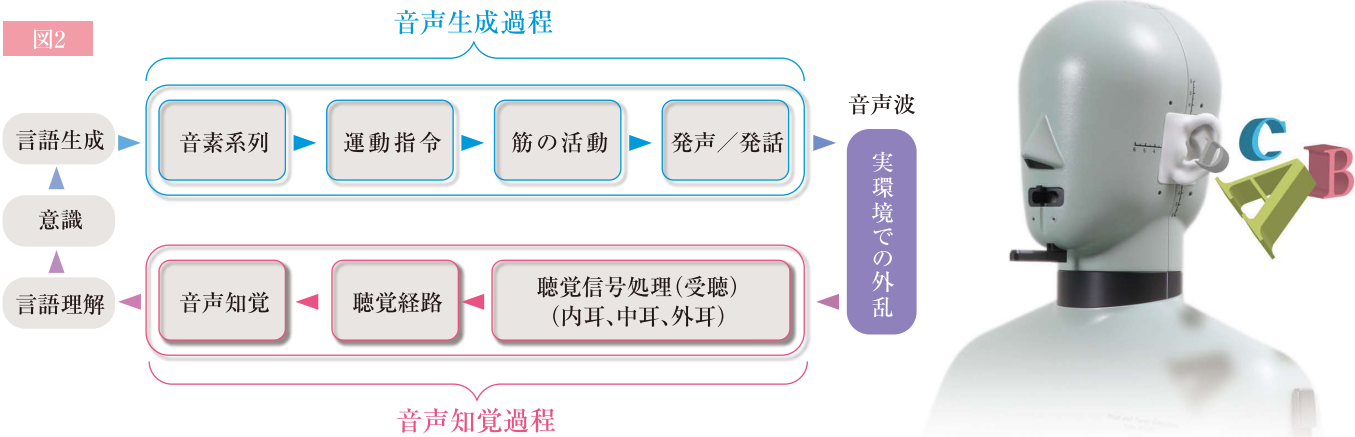
驚くほど快適な補聴器や 音声透かしの普及も間近

現在、鶴木研究室ではさまざまなプロジェクトが進行している。

そのひとつが、「**聴覚フィルタバンクの構築**」だ。聴覚器官では、蝸牛の基底膜で音を周波数成分に分解し、電気信号（パルス）に変換して神経に伝えている。この機能は、簡単にいうと帯域通過フィルタがたくさん集まった周波数分析器とみることができる。最近では、この分析機能が音の音圧レベルや周波数に応じて能動的に変わることがわかってきている。鶴木研究室では、聞きたい音と妨害音を組み合わせたさまざまなマスキング実験を行い、能動的な周波数分析の能力を調べることで聴覚的信号分析技術（聴覚フィルタバンク）を確立しようとしている。

さらに、この聴覚フィルタバンクを利用した応用として「**聴覚特性に基づいた信号処理**」の研究も進め、残響音声や骨導音声の明瞭度を回復したり、雑音や残響





の影響を取り除くといった研究に取り組んでいる。「補聴器をつけると、音全般を増幅するため人の話し声も聞こえるようになるが、周囲の雑音も一緒に増幅されてしまうので、うるさくて仕方がない」という話をよく耳にするが、これらの研究が進めば補聴器の性能は飛躍的に進化するだろう。

また、この信号処理研究の延長線上で、「電子音響透かし」という技術も実現した。蝸牛の基底膜が音を周波数分解する際、低い周波数成分のほうが高い周波数成分よりも少しだけ遅れて渡される。これを「蝸牛遅延」と呼ぶが、この時間差を利用して、音声ファイルを聞いているリスナーにはまったく聞こえないけれども、管理者側ではある条件下でのみ検出できる情報を埋め込むのだ。偽造を防ぐために紙幣に透かしが入っているように、音楽データの違法コピーを発見する場合などに大きな力を発揮する。鶴木准教授いわく「すでに基本特許は出願済みで、音楽機器メーカー等と実用化に向けた話し合いが持たれている段階です」とのこと。この技術が、さまざまなコンテンツの保護に寄与する日も近いだろう。

音が好きであることと「考える」意志が重要

耳と同等あるいはそれ以上の機能を作ってみたいという純粋な探究心を持ちつつ、技術の実用化もしっかりと行う。鶴木准教授のエネルギッシュな研究姿勢は、JAISTの修了生であることと大きな関係がありそうだ。

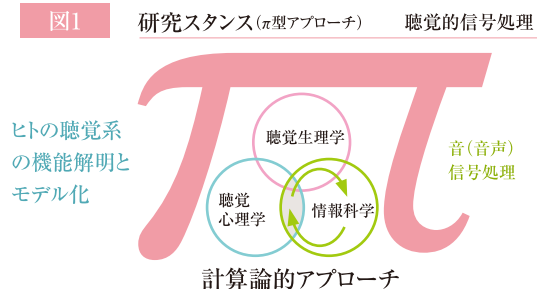
「大学時代はニューラルネットワークを利用した連想記憶の研究をしていました。そのころから、通信ではノイズの影響を受けてしまうような状況でも人間は影響を受けずにちゃんと聞こえるのはなぜだろう、ニューラルネットワークを利用した雑音除去フィルタのような処理はできないものかと興味を持ちました。その後、この分野で研究してみた

と思った頃に、大学の恩師からJAISTの存在を教えてもらったんです。音声知覚を研究していらっしゃる赤木教授の存在が入学の決め手だったんですが、**フロンティア精神を持って研究をしよう**という建学精神にもすごく惹かれましたね。JAISTが縁でたくさんの素晴らしい人に出会えましたし、本当に良かったと思っています」

そんな鶴木准教授が大事にしているのは、「考える」という言葉。「マスターなら『与えられた課題を自分の力でどう解くか?』、ドクターなら『自分自身で問題を発見し、それをどう解くか?』が求められますよね。**研究者は、常に考えなければいけない**。逆に言えば、学生たちに考える環境を用意することが私たちの仕事です。

この研究室の学生たちに共通しているのは、『**音が好き**』ってことだと思いますね。例えば、楽器が好きで自分でバンドを組んでいて、そういう関連の研究をしたいなあとあってここを選んだっていう学生もいます。でも、大学時代に音声の研究をしていた学生はほとんどいないんですよ。実際、私自身もそれまでは違う分野を学んでいたわけですし。だから、今まで違う研究をしていても、音に興味があって一生懸命考えてみたい、根気強く研究してみたいという意志がある人なら、ここで一緒に学び、苦楽を味わい、切磋琢磨することで、自分自身の可能性を無限に広げることができると思います」

鶴木研究室の「考える」力が、音信号処理の世界を大きく変えようとしている。



聴覚フィルタバンクの構築のために簡易型防音室で行う、マスキング実験の様子。



防音室内からの音信号をチェックしたり、音声プログラムを整理する際に使用。



ゼミの風景。「音好き」のメンバーによって、常に活発な意見が交わされる。

耳はそもそもなぜ必要なのか？それが知りたくて研究を続けているんだと思う。

情報科学研究科 准教授

鵜木 祐史 Associate Professor Masashi Unoki

【趣味】学生時代はラグビーをやっていました。根気よく研究を続けるには、体力や強い精神力が必要ですが、ラグビーを通じて研究に向かっていく力が身についたと思います。

【この研究を続ける理由】

聴覚はなぜ必要なのか？ どういう機能を持っているのか？ 科学を志している人間として、その一端を垣間見たいという純粋な理由で研究を続けているんだと思います。でも、生きている人間の耳を解剖するなんてことは不可能ですよ。そんな中で人間の耳の機能を解明するためには「人間の耳の各部位の機能は何か？」「人間の耳と等価なものを作るにはどうすればいいか？」ということを丹念に調べて、データを積み重ねていくしかない。遠回りに見えるけれど、実はそれが本質的でいちばんの近道なのかもしれないと思うんです。

学位	北陸先端科学技術大学院大学 情報科学修士(1996) / 北陸先端科学技術大学院大学 情報科学博士(1999)
経歴	日本学術振興会 特別研究員(DC2)(1998) / ATR人間情報通信研究所 客員研究員(1999) / ケンブリッジ大学 CNBH客員研究員(2000-2001) / 日本学術振興会 特別研究員(PD, 北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科)(1999-2001) / 北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科助手(2001-2005)



エクセレントコア形成支援プロジェクト研究テーマ

音環境ディバイドレス化

残音、残響などの音環境ディバイド(異なる音環境間の音声コミュニケーションで生じる、分断された障壁・格差)がどれだけ音声コミュニケーションに悪影響を与えるのか、また音環境ディバイドをどのように取り除けばよいのかを明らかにする。

雑音や残響の種類・特性、音源配置などをパラメータとする室内音響の特徴づけ

音声の音響特徴ならびに音質や音声明瞭度の劣化度具合を調査する

MTF / STIを通じて雑音・残響を同時に扱えるのか議論し、音環境ディバイドレス化の方略を提案

研究の成果

私たちの音声コミュニケーションの中で悪になる要因を排除する方法を探っている。すでに、アプローチはMTF / STIを通じて行う方向で固まり、そこから生じる諸問題を浮きあがらせ、その1つないし2つの解決に取り組んでいる。本研究により、健康者・聴覚障害者の区別なく、あるいは残音・残響などの影響を受けず、いつどこでも誰とでも普通の会話ができる、安心して安全な「音のバリアフリー社会」を目指す。

鵜木研究室

情報科学研究科棟 1棟 9F

TEL 0761-51-1237 FAX 0761-51-1149

E-mail: unoki@jaist.ac.jp http://www.jaist.ac.jp/~unoki/



国立大学法人 北陸先端科学技術大学院大学

〒923-1292
石川県能美市旭台1丁目1番地
http://www.jaist.ac.jp

お問合せ

広報係

TEL 0761-51-1031 FAX 0761-51-1025 E-mail:kouhou@jaist.ac.jp