ライフサイエンス

蝸牛に学ぶ！ 進化が生み出した究極のアナログ信号処理技術

堀井　康史　総合情報学部　総合情報学科　堀井康史研究室

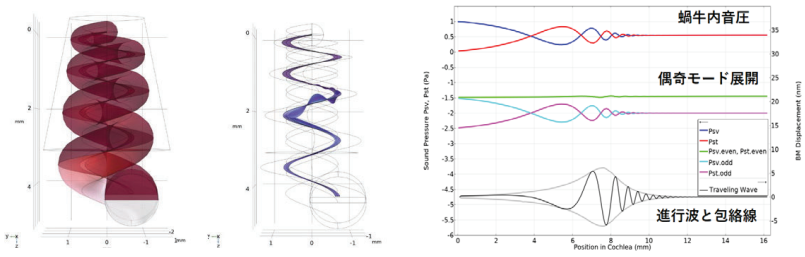
Point1　本研究の概要

ヒトは、20 Hz～20 kHzという広い周波数帯域の音刺激を、120 dBを超えるダイナミックレンジと0.5 %程度の高い周波数弁別能によって高感度に聞き分けています。これを可能にしているのが、容積 0.5 cm^3にも満たない小さな渦巻器官「蝸牛」です。蝸牛には、前庭階・鼓室階と呼ばれる二つの管状構造が中央階を挟むように配置されており、中央階には音を周波数ごとに分析し、増幅し、電気信号へと変換するコルチ器が存在します。進化の過程で高度に最適化されたこの聴覚器には、驚くべき生体工学的機能が数多く備わっています。当研究室では、蝸牛の流体力学モデルを用いたシミュレーションを通して、聴覚メカニズムの全容解明と聴覚医療への実践的な展開を目指しています。

Point2　応用可能な分野

・音響デバイス（センサー、フィルタ、他）
・振動制御・波動制御技術
・医療診断・バイオセンシング

＜解析例　モルモットのタワー型蝸牛＞



Point3　連携を希望する業種等

・聴覚医療、聴覚診断
・聴覚医療機器

詳細な研究・技術シーズは次ページへ

＜キーワード＞　聴覚メカニズム，聴覚医療，バイオセンシング，音響・振動センサ

ライフサイエンス

蝸牛に学ぶ！ 進化が生み出した究極のアナログ信号処理技術

用途・応用分野

次世代マイク・音響センサ、低消費電力音声デバイス、超小型・高性能なフィルタ・振動センサ、振動制御・波動制御技術、医療診断・バイオセンシング

本技術の特徴・従来技術との比較

- 超小型・高性能な周波数分析機構
- 受動構造と能動増幅を組み合わせた高感度センシング
- 流体・構造連成による高効率な情報伝達機構

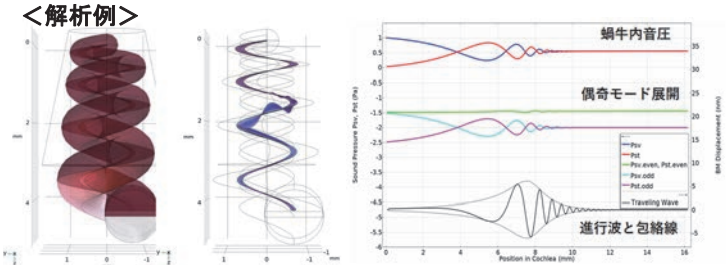
技術の概要

聴覚器は外耳、中耳、内耳から構成される。外耳は音を集める役割を担い、中耳は空気中の音をリンパ液中へ効率よく伝えるためのインピーダンス変換（気体⇔液体）を行う。内耳は、音を分析する蝸牛と、平衡感覚を司る前庭から成る。

蝸牛は、前庭階および鼓室階と呼ばれる二つの管状構造が、中央階に存在するコルチ器を挟むようにしてU字形の構造を形成している。コルチ器は、音を周波数ごとに分析する振動膜である基底膜と、その振動を増幅し知覚へと変換する外有毛細胞・内有毛細胞から構成される。蝸牛内部は、電位の異なる二種類のリンパ液で満たされており、音の伝搬だけでなく、有毛細胞の活動に必要な電源供給も担っている。ヒトの蝸牛は、底面直径1.0cm、高さ0.5cmにも満たない小さなピラミッド状の渦巻器官であるが、この極めて小さな器官によって、20Hz～20 kHzの広い周波数帯域の音刺激を、120dB以上のダイナミックレンジと0.5%の高い周波数弁別能をもって高感度に聞き分けている。まさに「小宇宙」と呼ぶにふさわしいこの器官には、驚くべき高度な生体工学的機構が数多く備わっている。

当研究グループは、蝸牛流体モデルの厳密解を通して聴覚メカニズムの全容解明と聴覚医療への実践的展開を目指しており、その研究過程で得られた知見を広く提供することが可能である。

＜解析例＞



特許・論文

＜特許＞

「微小共鳴体及び微小共鳴装置」(特許第6955268号)

「周波数選択素子、及び周波数選択方法」
(特開2024-007221)

＜論文＞

Y. Horii, A. Ide, T. Kitamura, "The importance of the fast wave in the acoustic analysis of an asymmetric cochlea," IEEE EMBC2026, July, 2026.

研究者

堀井　康史
総合情報学部　総合情報学科
堀井研究室

北村　敏明
システム理工学部　電気電子情報工学科
波動情報工学研究室

お問合わせ先
関西大学 社会連携部 産学官連携センター
TEL：06-6368-1245
MAIL：sangakukan-mm@ml.kandai.jp