

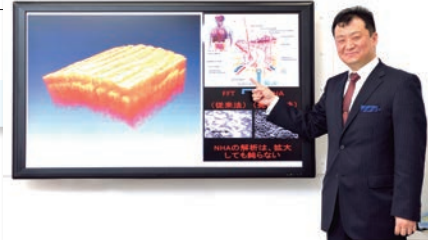
明日への
トビウ

Vol. 14

100億倍の精度向上で 「細胞」や「重力波」を観測する

微小な違いを見分ける新たな信号解析法

私たちが発する声は、さまざまな周波数の音が混じり合っている。富山大学大学院の廣林茂樹教授は、音声や光などの信号に隠されている周期的な成分を精度よく拾い出せるよう、新しい信号解析法を研究している。医療用の断層撮影装置などに応用すれば、現在広く使われている方法に比べて、はるかに鮮明な画像も得ることができる画期的な技術だ。



廣林さんが開発した信号解析法「NHA」は、音響や画像の解析をはじめ、医学、宇宙、さらに経済分野への応用まで、幅広い可能性を秘めている。

正確な解析が、未知の世界をとらえる

「信号解析は、さまざまな製品で使われている基盤技術です。工学の世界ではフーリエ変換による解析が常識的でした」と語る廣林さんは、もともと音響研究を専門にしていた。

音や光など、波の性質を持つアナログ情報をコンピューターで扱うには、まずデジタルデータに変換する必要がある。多くの場合、1811年にジョゼフ・フーリエというフランス人が提唱した「フーリエ変換」と呼ばれる特殊な計算手法が使われている。その後1965年にアメリカの数学者が発見した「FFT (Fast Fourier Transform: 高速フーリエ変換)」がコンピューターの発展に伴い広く普及するようになった。

FFTを使えば、波の大きさや遅れによってできるさまざまな信号を抽出して、音や光の情報を周波数の波形として可視化することができる。しかし、長年使用されてきたこの方式に、廣林さんは満足できなかった。「時間的に変動する音を解析しているうちに、音の先には何があるのかを考えるようになりました」。正確に解析したいと思うと、近似値を出すFFTでは限界があった。音から画像

や映像へと研究の幅を広げ、約15年前からFFTに代わる手法の開発に乗り出した。

そして7年前に「NHA (Non-Harmonic Analysis: 非調解析)」という新しい信号解析法を完成させた。「NHAは、FFTを超高精度化した技術で、10万～100億倍の解析精度があります」と言う。例えば、目を指先ほどの距離(4センチメートル弱)に近づけて見たものを、10万倍は地上から富士山の頂上までの距離(3776メートル)、100億倍は地上から月までの距離(約38万キロメートル)を隔てても同じように見えるくらいの精度の向上だ。

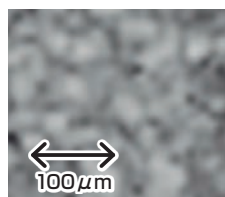
特許を取得し、JSTのシンポジウムで発表したところ、「OCT (光干渉断層計)」を開発する企業から声がかかった。OCTは、医療用の断層撮影装置で、生体や試料に光を当ててその反射光の干渉を検出する。撮像時に試料を破壊することなく内部構造を可視化することができ、目の角膜や網膜の検査で使われている。

OCTの信号処理をFFTからNHAに置き換えたところ、従来に比べ、より鮮明な画像を得ることができた。「現在の信号解析方法は、すりガラスを通して見ているようなものです。NHAを使うと、それを取り払って見ているような、すっきりとした鮮明な画像が得られるようになりました」。

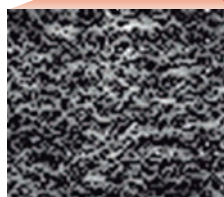
OCTによる指の腹の画像 (FFTとNHAの比較)

OCTは、生体表皮下5mmの深さの断層像を10μm程度の空間分解能でイメージングすることができ、主に医療や工学の分野で用いられている。この装置に従来のFFTに換えてNHAを組み込むことで、さらに詳細なデータを得ることができる。

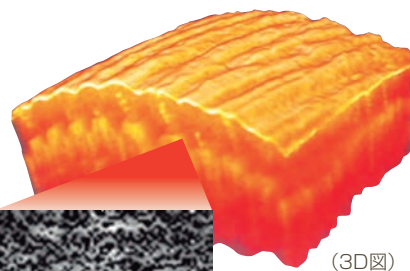
一部を拡大し、2D画像で比較したもの。NHAの解析(右)は点であるため、拡大しても鈍らないのが特徴だ。



FFT



NHA



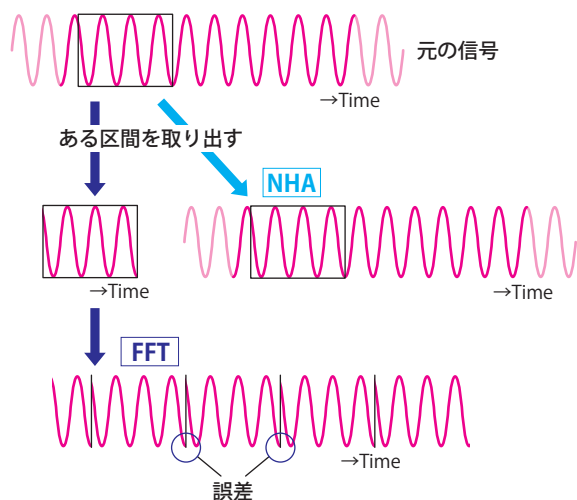
(3D図)



OCT (光干渉断層計)
写真提供: santeck株式会社



解析例



FFTは、取り出した信号を1つの単位としてずっと繰り返すものとみなして計算する。そのため、つなぎ目で不連続につながってしまい誤差の要因になる。NHAは、取り出した信号を解析して、その形に合わせて描いていく。いわばアナログ的に形状を特定するので、どのような信号にも柔軟に対応できる。

NHAで解析すれば、信号のノイズやゆがみを除去し、特徴的な信号を抽出することで通常見られない現象を見ることが出来る。廣林さんは新手法を使い「既存のハードウェアの性能を極限まで引き上げるソフトウェア技術」の実現を目指している。

計算時間の高速化を目指す

FFTでは、ある区間の信号を切り出して、それを1つの単位としてずっと繰り返すものとみなして計算する。例えば、0.8周期分を切り出したときでも1周期分とみなすため、どうしても誤差が生じてしまう。その誤差のために、画像が不鮮明にならざるをえない。

フーリエ変換を使用するFFTに対して、NHAでは「最小二乗法」という数学的な手法を使う。これを使うと、FFTのように信号を切り出す単位（区間）は関係なく解析できる。「おおよそを見るにはFFTが良いのですが、完全周期でなくても精度よく解析できないかと考えたとき、最小二乗法しかありませんでした」。

高精度で計測できることを生かし、これまでスピーカーやオーディオケーブルの評価も行ってきた。従来の方では見えなかったわずかな違いを定量的に把握することが可能になり、製品開発に生かされた。

ただし、NHAは計算量が膨大で処理時間が非常に長いのが大きな課題になっている。例えばOCTの場合、FFTを利用すればリアルタイムで画像化することができるが、NHAでは30分ほどかかってしまう。「コンピューター分野で研究が進んでいる手法を取り入れながら、高速化を目指している

廣林 茂樹 ひろばやし・しげき

富山大学大学院理工学研究部 教授
1968年生まれ。博士(工学)。95年、金沢大学工学部助手、99年、富山大学工学部講師、00年、同助教授、07年、同大学院理工学研究部准教授を経て、08年から現職。

ところです」。製品化に向けては、ハードウェアと組み合わせることも考えている。

計測技術への貢献は、宇宙まで及ぶ

新しい信号解析法であるNHAの応用範囲は、非常に幅広い。なかでも、成分分析など計測技術では大きく貢献できるとみている。産業用では身の回りにある工業製品に、医療用に展開できればがんの早期発見にもつながる。

OCTについては、応用開始から3年が経過した。「そろそろ試作機を構築して、製品化に向けた検証実験を行いたい」と抱負を語る。将来的には、断層撮影で細胞単位で見えるようにする。「例えば、iPS細胞のような幹細胞を体内に入れて、それがどのように成長するかをモニタリングする技術にできればと思っています」。

さらに興味深いものとして、宇宙がある。東京大学宇宙線研究所では現在、岐阜県の神岡鉱山の地下に「KAGRA（大型低温重力波望遠鏡）」という重力波望遠鏡を建設している。重力波は、アインシュタインが1916年に発表した一般相対性理論から予想された現象で、その発見はノーベル賞級と言われている。しかし、非常に微小なために、これまで直接観測に成功した例はない。このKAGRAプロジェクトに、廣林さんの研究室は2013年2月頃から参加している。「重力波はととても小さくてノイズに弱いのです。NHAを使って検出できないかということで、私たちが作成したソフトウェアを提供しています」。

画像の解析や圧縮の研究も進行中で、意外なところでは株価変動の解析までも視野に入れている。「信号の正確な解析」が役立てられていくことが廣林さんの使命感につながる。長年使われてきた手法を覆す高精度な信号解析が何をもたらすのか、「まだ知らない分野への期待をもって、さまざまな企業や人との出会いを求めています」と締めくくった。

