

生物の機能を創出する電気機械システム ～先端的メカトロニクスの創成～

黒澤 実 研究室

- 専門分野：メカトロニクス、アクチュエータ工学、音響工学
- Home Page： <http://www.kurosawa.ip.titech.ac.jp/>



研究目的

我々の研究室では、独自に研究開発を進めた成果であるアクチュエータ・センサ、信号処理技術を用いた、先進的なメカトロニクスシステムの研究に取り組んでいる。他には無い独自のデバイス・アルゴリズムを基礎とした研究として進めていくことで、他では決して真似のできない独創的なシステムを構築していく。また、生物が有している合理的な特長を取り入れることで、先端的なシステムを創出していく。

研究テーマ

1. “手” の創成

人間の手のように精緻に・自由に・力強く動作する人工の手を創出することを目指した研究を行う。人の手には骨格とともにおよそ60の筋肉があり、手の動きを実現している。人の筋肉は単位断面積あたり20～100N/cm²の力を発生することができ、非常に優れたアクチュエータとして、手の動作を実現している。これまで、筋肉のような優れたアクチュエータを実現できなかったため、人間の手と同じ機構で同等の動きを実現することが不可能であった。

この10数年間に渡り我々が研究している弾性表面波モータは、100N/cm²の力を発生することが可能となった。さらに、1m/s以上の速度と1nm以下の微細な動きを実現している。この独創的なアクチュエータを使うことで、人の手を創成する研究を行う。60個ものアクチュエータを協調させて複雑な動作を実現するためには、新たな制御アルゴリズムの研究も必要となる。そして、精緻な動きを習得し学習していく知能の獲得のアルゴリズムに関しても研究していく。知能と力を兼ね備えた“手”を創出することがこの研究の課題である。

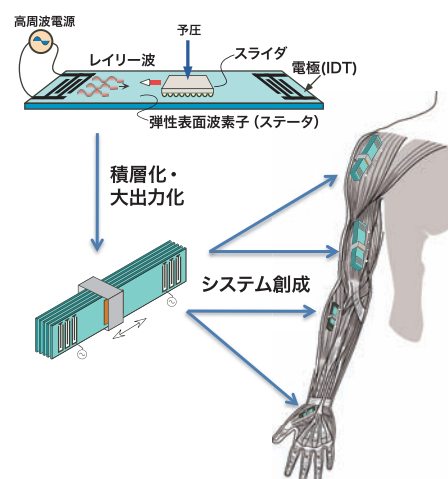
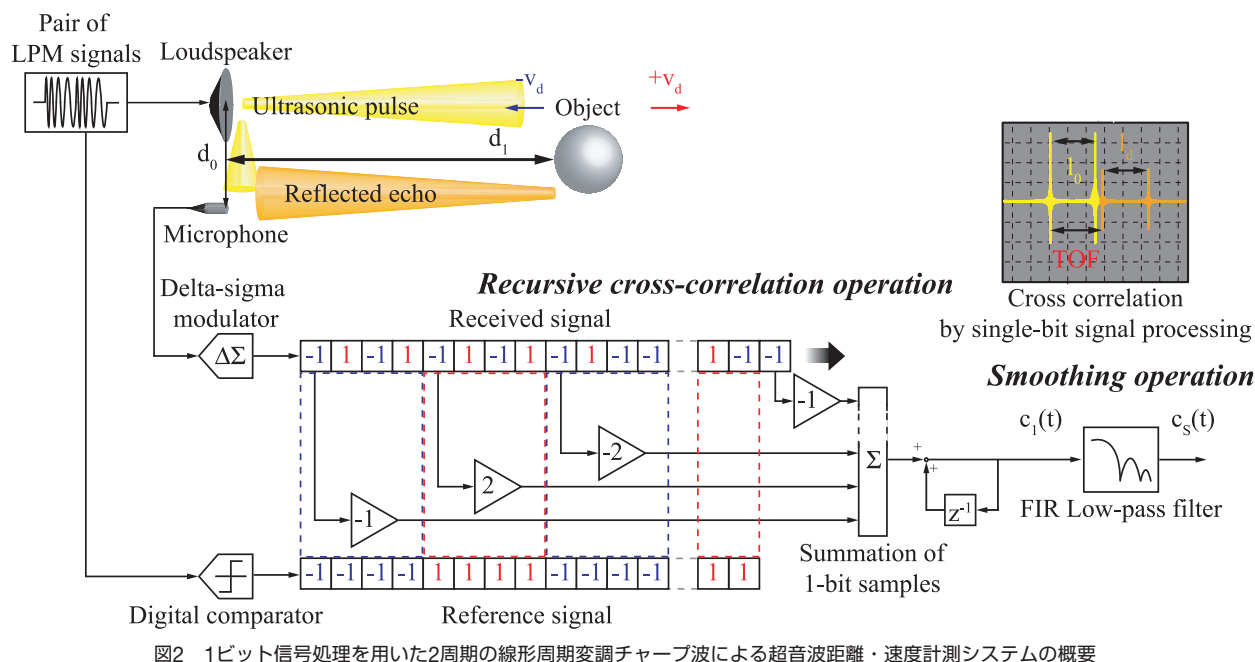


図1 弾性表面波モータの原理（上）、大出力型の積層型弾性表面波モータ（左下）、および人の“手”への応用（右）

2. “口” と “耳” の創成

コウモリのエコーロケーションは、口腔で発した音波を対象物で反射させ、反射波を聞き取ることで対象物の空間情報を取得している。このエコーロケーションを実現するためには、音源となるデバイスと、受波した信号を簡単な仕組みで高速に処理する必要がある。コウモリの小さな口腔と小さな脳で行っている物理現象と信号処理を、如何にして人工的な装置で実現するかが研究課題である。

口腔に関しては、空気の流れを制御することで音波を発生させるデバイスを研究している。新しい流体音源は、20～50kHzに渡る広帯域の超音波を、100dB以上の高音圧の音波として発生することを目指している。信号処理の一つの方法として、1ビット $\Delta\Sigma$ 変調信号を用いた簡便な相互相関処理による方法を提案して



いる。1ビット信号処理の方法を、FPGAを用いて実装し、実時間で対象物体の2次元的な位置と速度ベクトルを検知するシステムについて研究を進めている。さらに進んだ信号処理の方法として、まず受波信号を周波数帯域毎に分解し、その後1ビット信号処理により認知する方法など、生物の信号認識に模した手法について検討を進めている。

3. トランスデューサの研究

水熱合成法によるPZT膜を用いることで、微小な圧電トランスデューサによるアクチュエータやセンサを実現している。この圧電材料は大振幅動作が可能であることからこの特長を活かし、例えば図3の写真に示す、内視鏡とともに用いて非侵襲手術を実現するマイクロスマートメスへの応用研究を進めている。厚み振動を用いると数MHz～数10MHzの広帯域にわたり超音波を発生することができる。このようなデバイスを医用診断装置や高周波強力音源として用いるための研究を行っている。



図3 内視鏡下の手術向けに研究中のマイクロスマートメス

また、現在広く用いられている振動ジャイロに代わるデバイスとして、波動を用いたジャイロセンサを実現する方法に関する研究を進めている。

● 教員からのメッセージ

自分の手を動かして何かを作り上げる喜びと、成功したときの感動を大切に。そのために自ら考え学ぶ努力を。そして世の中に役に立つ技術とは何かを考え実践しよう。研究においてはたくさんの失敗を経験することが大事である。そしてその失敗の原因が何であったのかを突き詰めて、原因と結果の因果関係を明らかにできる能力と表現力を培ってほしい。

● 参考文献

1. S. Hirata, M. K. Kurosawa, and T. Katagiri, Cross-Correlation by Single-bit Signal Processing for Ultrasonic Distance Measurement, IEICE Trans. Fundamentals, Vol. E91-A, No.4, pp.1031-1037, 2008.
2. T. Shigematsu and M. K. Kurosawa, "Friction Drive of an SAW motor Part I - V," IEEE Trans. Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, vol. 55, no. 9, pp. 2266-2297, 2008.
3. 黒澤実, "弾性表面波モータの電力密度と機械出力," 日本機械学会, Vol. 111, No. 1074, pp. 424-427, 2008.
4. "Next-Generation Actuators Leading Breakthroughs," (分担), Springer, (2010.1)