

「先進的統合センシング技術」

平成 18 年度採択研究代表者

伊藤 寿浩

(独) 産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門・研究グループ長

安全・安心のためのアニマルウォッチセンサの開発

1. 研究実施の概要

本研究では、動物の病態変化解析をもとに、健康状態をモニタする無線センサ端末と、動物集団の健康管理を行うアニマルウォッチセンサネットを開発する。平成 19 年度は、特に、端末に用いるセンサおよび端末の最適設計に不可欠な感染動物実験・病態解明を進めるとともに、端末を構成する要素デバイスの設計開発を行い、プロトタイプ端末の設計を行うことを目的とした。

感染動物実験・病態解明においては、発熱の程度および死亡時間は山口株<イタリア株<オランダ株<横浜株の順番で高くまたは長くなる傾向があり、死亡時間が長いウイルス株ほど高熱を誘発することや、高病原性鳥インフルエンザウイルスの特徴的な症状や病変は、感染 48 時間後から次第に出現し、死亡時間が長い株ほど症状、病変が顕著に現れることなどが明らかになった。また、鶏の運動状態から、その健康状態を推定するための動体追跡システムを構築した。

無線センサ端末を構成する要素デバイスに関しては、大容量セラミックコンデンサや 300MHz 帯域の超小型アンテナの設計を行うとともに、SiP 型 MEMS 血流センサ・超低消費電力温度センサ・加速度センサの試作・評価・改良設計、およびそれらのための実装技術として、接点材料探索・常温封止接合プロセス条件探索などを行った。また、超低消費電力マイコンの低周波発振回路を用い、無線用 RF-IC や加速度センサの電力をタイムシーケンス制御させる方式のプロトタイプ端末を設計した。

平成 20 年度は、平成 21 年度前期末のプロトタイプシステム実現に向けて、センサネットワークシステムの設計に不可欠な感染動物実験・病態解明を進め病態変化モデルの構築を図るとともに、無線センサ端末を構成する要素デバイスの開発を進め、プロトタイプ端末とネットワークシステムを試作する。

2. 研究実施内容

(文中にある参照番号は 4. (1)に対応する)

本年度は、センサおよび端末の最適設計に不可欠な感染動物実験・病態解明を進めるとともに、無線センサ端末を構成する要素デバイスの設計・開発・評価、およびプロトタイプ端末の設計・試作を行った。

A) アニマルウォッチセンシングシステムの開発

動物の健康状態をモニタする無線センサ端末(アニマルウォッチセンサ)と、この端末を用いて動物集団の健康管理を行うアニマルウォッチセンサネットワークシステムを実現するため、以下の研究を行った。

- ・センサデバイス用常温封止実装技術の検討: 原子間力顕微鏡 (AFM) で取得した接合表面形状データを基にしたモンテカルロ法による常温封止性能シミュレーション手法を用いて、接合プロセス条件の探索を行うとともに[1]、常温封止接合に適した封止枠構造の設計を行った。
- ・温度センサ用マイクロ接点構造の開発: 平成 18 年度に開発を行った原子間力顕微鏡を利用した環境制御可能な接点評価システムを用いて、Pt 薄膜を接点に用いれば、接点形状や周囲の湿度に関係なく、200nN 以下の凝着力に抑えることができることを明らかにした。
- ・長期装着および埋入可能な高機能性膜の開発: 生体親和性の高いアルギン酸/セロウロン酸複合膜を Ca イオンによる架橋により作製し、セロウロン酸溶液の含有量が多い程、体積膨張率が抑えられることおよび弾性率が増加することが分かった。
- ・無線端末用要素デバイスの開発: 10mF レベルの大容量セラミックコンデンサの設計・製造プロセス開発を行うとともに、300MHz 帯域で 17mm 角以下のサイズの超小型アンテナの設計を行った。
- ・プロトタイプ端末の設計: 超低消費電力マイコンの低周波発振回路を用い、無線用 RF-IC や加速度センサの電力をタイムシーケンス制御させる方式のプロトタイプ端末を設計した。
- ・鶏動体追跡システム: 鶏の運動状態から、その健康状態を推定するために、可視光を対象とした画像処理の方法(鶏認識、姿勢認識、症状認識)を用いた動体追跡システムを構築した。

B) 鳥インフルエンザ感染動物における病態変化の解析

- ・H7 亜型の高病原性鳥インフルエンザウイルス(イタリア株、オランダ株)に感染した鶏における体温変動を調べたところ、イタリア株で $0.8 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、オランダ株で $1.2 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ で、また平均死亡時間はイタリア株で 38 ± 8 時間、オランダ株で 49 ± 11 時間であった。
- ・これらの成績と、昨年度に得られた山口株と横浜株の成績を合わせると、発熱の程度および死亡時間は山口株 < イタリア株 < オランダ株 < 横浜株の順番で高くまたは長くなる傾向があり、死亡時間が長いウイルス株ほど高熱を誘発することが明らかになった。
- ・また、高病原性鳥インフルエンザウイルスの特徴的な症状や病変は、感染鶏を短時間で死亡さ

せた山口株やイタリア株では認められず、死亡時間が比較的長いオランダ株では低率に、死亡時間が最も長い横浜株では高率に認められた。これらのことから、症状、発熱、病変は感染 48 時間後から次第に出現し、死亡時間が長い株ほど症状、病変が顕著に現れることが明らかになった。

- ・センサを用いることによって、4 株の高病原性鳥インフルエンザウイルスの鶏病原性の程度は、山口株 > イタリア株 > オランダ株 > 横浜株の順であることが明らかとなった。

- ・高病原性鳥インフルエンザウイルス(山口株、横浜株、茨城株)を感染させた鶏の肺におけるサイトカイン遺伝子(IFN-a, IFN-b, IFN-g, IL-4, IL-6, IL-8, IL-15, IL-18)の発現をリアルタイム PCR で定量、比較した。その結果、山口株と横浜株では鶏のサイトカイン応答に違いがあることが明らかになった。

C)超低消費電力・光 MEMS バイタルセンサの開発

平成 18 年度に、低消費電力血流速度センサの原理確認・構造設計を行って、試作した結果に基づいて、1) 更なる小型化の検討として SiP(システムインパッケージ)実装した MEMS 血流センサの試作、2) 装着圧測定の可否の検討のための加圧導電性ゴムによる装着圧測定実験、3) 更なる低消費電力化のため、血流量センサに対しても 315MHz 帯域の無線通信方式適用の検討、低消費電力の発光素子である面発光レーザ(VCSEL)内蔵センサの設計を行った。

その結果、SiP 実装により、体積比で更に6分の1の小型化を実現可能なこと、加圧導電性ゴムの使用で装着圧測定が可能であり、かつ静電気防止にも有益であること、これまでの 2.4GHz 帯域に代えて、315MHz 帯域による遅延時間を許容したデータ転送が低消費電力化に有効であることなどが判明した。

D)ネットワーク MEMS デバイスの開発

- ・超低消費電力温度センサの開発:スパッタ堆積法で成膜した Al 単層膜, Mo 単層膜, Au 単層膜, W 単層膜および Mo/Au 二層膜, Mo/Al 二層膜の残留応力制御について検討し、図1に示すような3本梁型のバイメタル温度センサの試作・評価を行った。そして梁の初期変位を減少させるためにポストアニーリングプロセスの導入を行った。

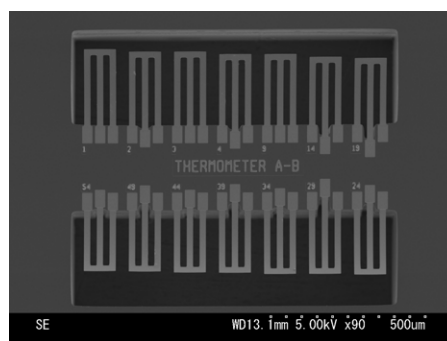


図1 試作したバイメタル型温度センサ

- ・超低消費電力加速度センサの開発:平成 18 年度に行った設計に基づいて試作・評価を行い、カンチレバーの一体化による出力レベルの改善を図るとともに、プロセスダメージの低減を検討した。具体的には、圧電薄膜を分割したまま、カンチレバーと錘部分については一体化した構造を採用し、マイクロマシニングプロセス後にデバイスに 450°C で 30 分間熱処理するリカバリーアニーリングを施すことにより、各圧電薄膜からの出力のばらつきを大幅に低減できることが判明した。

- ・発電素子の開発:圧電発電素子の基本構造に関しておもにバルクセラミックスを対象に検討した。そして、組成をソフト化させること、および単位体積当たりの電極数を増加させることによる発電特

性の向上に関して新しい知見を得た。さらに、薄膜構造に展開するためのデバイス作成を行い、形状形成プロセスを確立した。

3. 研究実施体制

(1)「システムインテグレーション」グループ

①研究分担グループ長:伊藤 寿浩 (東京大学、准教授、～H19.6)

須賀 唯知 (東京大学、教授、H19.7～)

②研究項目

- ・フレキシブルマイクロシステム実装技術(MEMS センサ実装技術, 薄型システムインパッケージ技術, 動物適合性実装技術)の開発
- ・フィルムアンテナの開発
- ・無線センサ端末設計, センサネットワーク設計・構築(鶏ウォッチセンサネット)
- ・生体インターフェース型センサの検討
- ・鶏のデジタルアニマルビヘイビア構築

(2)「感染実験」グループ

①研究分担グループ長:塚本 健司 (農業・食品産業技術総合研究機構、上席研究員)

②研究項目

- ・強毒タイプ (H7 亜型) の鳥インフルエンザウイルスに感染した鶏における体温変動と死亡時間の検討
- ・強毒タイプの鳥インフルエンザウイルスに感染した鶏における生体反応 (サイトカイン遺伝子の変動) の検討

(3)「光 MEMS バイタルセンサ」グループ

①研究分担グループ長:澤田 廉士 (九州大学、教授)

②研究項目

- ・SiP (システムインパッケージ) 実装した MEMS 血流センサの検討
- ・装着圧測定用歪センサ形成し、装着圧測定の可否の検討
- ・装着部に LD 駆動回路を内蔵させるための予備検討としての外付けセンサの設計試作
- ・低消費電力の発光素子である面発光レーザ (VCSEL) を内蔵させたセンサ設計試作、評価

(4)「ネットワーク MEMS」グループ

①研究分担グループ長:池原 毅 (産業技術総合研究所、主任研究員、～H19.6)

伊藤 寿浩（産業技術総合研究所、研究グループ長、H19.7～）

②研究項目

- ・ バイメタルを使用したスイッチ型センサの試作・評価
- ・ 昨年度に行った設計に基づいた試作、及び加速度センサの基本特性の評価
- ・ 前年度に見出したバルク素子による発電の基本特性の結果に基づいて発電素子の基本構造を確立

4. 研究成果の発表等

(1) 論文発表(原著論文)

[1] Hironao Okada, Toshihiro Itoh, Tadatomo Suga, The influence of surface profiles on leakage in room temperature seal-bonding, Sens. and Actuat. A(accepted)