

C-003

マイコンと半導体ガスセンサを利用した小型匂い検出システムにおける機械学習の実装と評価

Implement and Evaluate a Machine Learning of a Compact Artificial Olfactory System in an Embedded Processor

荒木英夫[†] 大浦 真大[‡]
Hideo Araki Mahiro Oura

1. はじめに

これまでにコンピュータと人間の五感とのインターフェイスは活発に研究が行われており、特に視覚と聴覚についての研究は進んでいる。嗅覚についても研究が行われており、嗅覚を模倣する装置として人工嗅覚等が、嗅覚を刺激する装置として嗅覚ディスプレイ等が研究されている[1][2]。しかし、消費者が利用可能な形では実用化されていない。このことから我々は消費者でも利用可能な人工嗅覚装置の実現を目指して研究を行っている。人工嗅覚を実現するためには、空気中の化学物質を測定する必要があり、主にガスセンサを用いた研究がおこなわれている。利用可能なガスセンサには、半導体ガスセンサの他に quartz crystal microbalance (QCM) センサなどがあるが、本研究では安価で取り扱いが容易な半導体ガスセンサを用いている。半導体ガスセンサは反応するガスが異なる種類が提供されており、我々の研究では複数の特性が異なる半導体ガスセンサとマイコンを組み合わせた小型で取扱いが簡単な人工嗅覚装置の実現を目指して研究を行っている。

また、半導体ガスセンサの利用にはヒータの温度を管理する必要があるが、このヒータの温度を変更することにより感度を変化させることができる。これを利用して、一つのセンサからできるだけ多くの情報を取り出すことを目標としたハードウェアについて研究を行ってきた。これにより、現在のシステムでは 4 種類のガスセンサを利用し、処

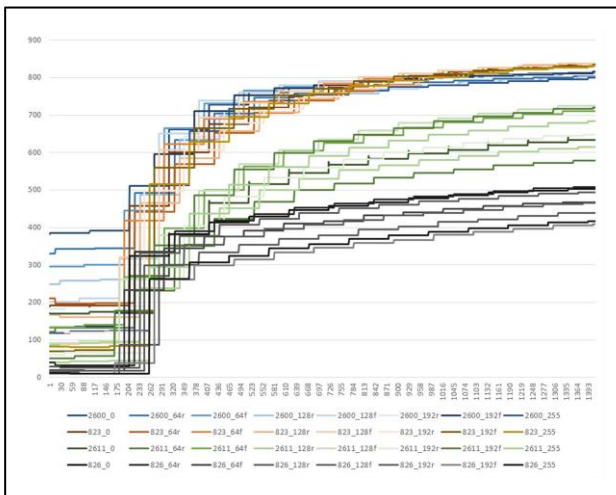


図 1 ガスセンサの出力を処理した結果

[†] 大阪工業大学 情報科学部 Osaka Institute of Technology[‡] 大阪工業大学 大学院 情報科学研究科 Graduate School of Osaka Institute of Technology

表 1 センサの種類(フィガロ技研社製)

Sensor Name	Detect Gas
TGS816 (Outside)	Methane, Butane, Propane
TGS2600	Hydrogen, Ethanol
TGS823	Alcohol, Solvent vapors
TGS2611	Methane
TGS 826	Ammonia

理を行う事により、図 1 に示すような出力を得ることができた[3]。本発表では、この取り出した情報から匂いの種類を分類するために、機械学習を取り入れた認識システムを実現し評価を行った結果を示す。

2. 半導体ガスセンサと評価システム

2.1 半導体ガスセンサとその応用

本章では本研究で用いた半導体ガスセンサについて述べる。半導体ガスセンサは、基板上に酸化スズが積層された構成を持ち、これをヒータにより全体を加熱した状態で使用する。酸化スズは、清浄な空気中では酸素が表面に吸着し自由電子を吸着することにより電子の動きが妨げられる。これにより酸化スズの電気抵抗は大きくなる。この状態のセンサに還元性ガスを暴露すると、酸化スズ表面の酸素が取り除かれ、電子が自由に動けるようになり電気抵抗は低下する。半導体ガスセンサは、センサ毎に検知する還元性ガスを設定し、これに応じた表面処理などが行われている。そして、用途に適した利用のために電気的條件は推奨値を利用した設計を行う。しかし、半導体ガスセンサはヒータ電圧を変化させることにより、ガスの検出特性が変化する。これを利用することにより、あるガス（匂いの成分を含む空気）による反応の状態を、ヒータを固定した場合に比べて、多くの出力信号として検出することが可能である。

表 1 に本研究で用いているセンサの種類と図 2 にシステム全体及びセンサ部の写真を示す。

2.2 評価で用いたセンサの構成と回路

次に、実験システムの回路構成を図 3 に示す。センサは密閉が可能な筐体内にあり、制御用の電源回路及び制御用

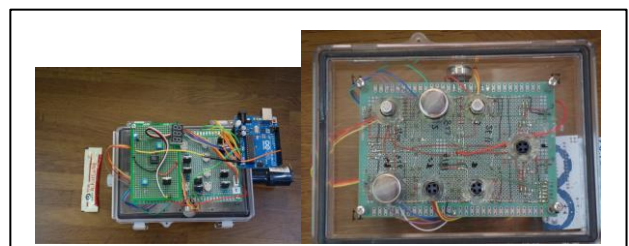


図 2 システムの全体とセンサ部

マイコンは外部に配置されている。筐体の外部に配置されたセンサは、実験中に筐体外部の空気に大きな影響を及ぼすような要素が無いことを監視するものであり匂いの検知には用いていない。実験システムは電源が入ると自動的に動作を開始する。動作を始めると、マイコンは各ヒータの電圧制御を行い、内蔵の A/D コンバータからセンサの出力値を読み取る。電源回路は、それぞれのセンサで独立しており、他のセンサへ影響が及ばないようにしている。このシステムを用いて、消毒液（アルコール）により得られたセンサの出力を図 4 に示す。この出力では、ヒータ電圧の変化に伴いセンサの感度が変化していることが確認できる。さらに、出力の全体としては、センサがアルコールに反応して出力電圧が増加している。この出力結果をヒータ電圧の制御が同じ状態のものを分類して、それぞれを別にプロットした波形が図 1 に示したものである。

2.3 判別処理

次にデータの測定とデータセットの作成方法を示す。4 種類のセンサの出力から得られたデータ（図 4 参照）の中から 5 段階のヒータ電圧（ただし中間の電圧では上昇時と

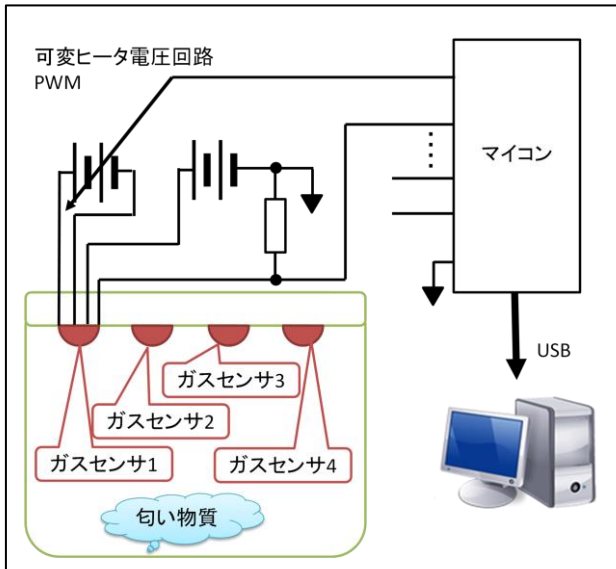


図 3 実験システムの構成

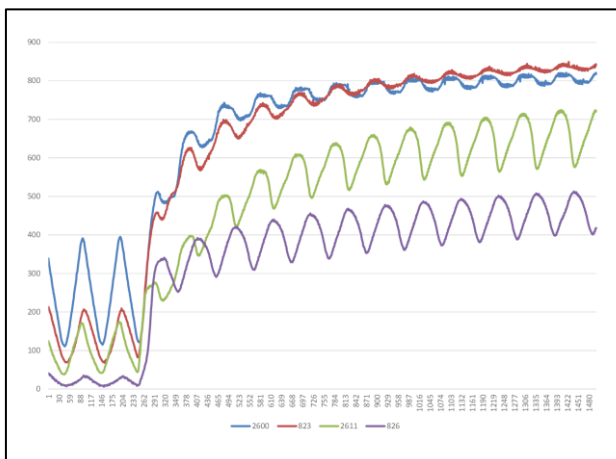


図 4 半導体ガスセンサのヒータを変化させた出力

下降時の 2 回) に対応する値を取り出し、計 8 種類 4 組のデータセットを作成する（図 1 参照）。この 32 組のデータセットから、さらにそれぞれ振幅と傾きの最大値を求め、最終的に 1 回の測定から 64 次元のデータを生成する。

得られたデータの判別には、Multi-Layer Perceptron (MLP)を用いた。

3. 実験と結果

2 章で述べたシステムと手法を用いて、評価用の学習データを得るために、3 種類の醤油（薄口醤油、濃口醤油、減塩醤油）の測定をそれぞれ 3 回ずつ行い、それぞれから得られたデータセットを用いて学習を行った。測定対象として醤油を選んだのは、評価システムの用途として、食品管理への応用を目指しているためである。その後、改めて別の種類の濃口醤油の測定 4 回行い、4 セットのデータを作成し、このデータセットの判別を行った。

MLP を用いたデータの評価には最初に PC 上で、ニュージーランドのワイカト大学が開発し、公開と配布を行っている Weka(Waikato Environment for Knowledge Analysis v.3.8.0)を用いた。その後、マイコンで使用するプログラムを用いて評価を行った。この実験結果を表 2 に示す。この結果として、評価用に測定した 4 セットのデータを判別した結果、すべてのデータが濃口醤油として出力され、このことから 3 種類の醤油のうち、濃口醤油と薄口醤油・減塩醤油（薄口）の判別に成功した。

4. まとめ

実験結果より、半導体ガスセンサを用いて、提案手法を用いて多様な半導体ガスセンサの出力を得ることができ、またこれを利用した匂い判別システムを実現した。今後の課題としては、現在マイコン上で動いているプログラムは、Weka の MLP で行った学習による重みづけの計算結果を用いて、判別を行うプログラムが稼働しており、正常に動作しているが、センサに接続されたマイコン（ATMEL 社製 ATMEGA328P）では RAM の制限が 2Kbyte であるため、実装が難しく、ルネサス製 RX63n を用いた評価システムを作成中であり、これを用いて認識機能までを含んだコンパクトな人工匂い検出システムの実現を目指す。そしてさらに、他の匂い物質についても評価を行う。

表 2 MLP の条件と判別結果

学習データ名	学習データ数
薄口醤油	3 セット
濃口醤油	3 セット
減塩醤油	3 セット
判別評価用データ名	判別用データ数 (正解数)
濃口醤油 (B)	4 セット (4)

参考文献

- [1] Minoru SAKAIRI, Ayano NISHIMURA, Daisuke SUZUKI, "Olfaction System Using Odor Scanner and Odor-Emitting Apparatus Coupled with Chemical Capsules of Alginic Acid Polymer", IEICE TRANS. FUNDAMENTALS, Vol.E92-A, No.2 (2009).
- [2] 中本高道, "嗅覚ディスプレイの最新動向", 電学論 E, vol. 133, No.6 (2013)
- [3] 荒木英夫, 大松繁, "ヒータ電圧による特性変化を利用した複数の半導体ガスセンサによる匂い検出用センサシステム", IEICE 2014 年ソサイエティ大会講演論文集, A-1-4, (2014)