

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 31 日現在

機関番号：34406

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2012

課題番号：22656089

研究課題名（和文）匂い情報処理の高度化のための QCM 匂い計測装置の開発と匂い情報処理への応用

研究課題名（英文）Development of a QCM Smell Measurement System for Intelligent Smell Information Processing and Application to Smell Information Processing

研究代表者

大松 繁 (OMATU SIGERU)

大阪工業大学・工学部・教授

研究者番号：30035662

研究成果の概要(和文):本研究では、水晶振動子(QCM)を用いた匂い計測装置を新たに開発し、計測データに独立成分分析による匂い信号の独立成分を抽出した。さらに、それらの独立成分で類似したものを自己組織化特徴地図法でクラスタリングし、匂いの基本成分を求めた。また、ガスクロマトグラフィ(ガスクロ)を用いて、匂いの基本要素の化学組成の抽出を行った。匂いの基本成分で匂いを表現する匂い分解および匂いの基本要素の化学組成を匂いの分解係数で重み付けを行った匂い合成を行った。

研究成果の概要(英文): In this research we have developed a smell measurement system by using quartz crystal microbalances and we have found the fundamental components from smell data by using an independent component analysis. Using the self-organizing feature map, we have clustered the independent components and using gas-chromatography, we have identified chemical components of the fundamental elements. Using orthogonal representation of the smell by the fundamental components, we have derived the orthogonal representation of the smell (the smell decomposition). By superposing the chemical components according to the ratio of the weighting factors of the decomposition, we have produced a smell (smell composition).

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2010年度 | 1,200,000 | 0 | 1,200,000 |
| 2011年度 | 1,000,000 | 300,000 | 1,300,000 |
| 2012年度 | 900,000 | 270,000 | 1,170,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,100,000 | 570,000 | 3,670,000 |

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学、システム工学

キーワード：匂い計測、匂い情報処理、知的クラスタリング、匂い分解、匂い合成、匂い通信、匂い基本要素、ニューラルネットワーク

1. 研究開始当初の背景

匂い情報処理の研究は、国内外とも視覚・聴覚情報処理と比較してかなり遅れていたが、R. Axel & L. Buck 博士が2004年にノーベル生理学・医学賞を受賞後、次第に注目され始めた。申請者は過去約10年間、金属酸化物半導体ガスセンサ(MOSGS)を用いた匂い計測装置の作成と匂い識別の研究を行い、その研究成果を著書や論文として国内外で発表し、2009年電気学会学術振興賞・進歩賞およびIARIA論文賞を受賞し、平成19年~21年度萌芽研究に採択された。この萌芽研究で、匂い識別の精度向上を達成できたが、匂い基本要素の抽出が不十分であった。これは、匂いセンサとして市販のMOSGSを用いたため、匂い計測データの信頼性が低いことが原因であると思われた。

そこで、本研究では匂い計測用センサの信頼性を高めるため、QCMによる匂いセンサを新たに自作して信頼性の高い計測データを収集し、これらのデータを蓄積・解析して匂いの素の検出を行い、匂い情報処理の体系化とその高度利用を図ることとした。

2. 研究の目的

研究目的は、水晶振動子(QCM)を用いた匂い計測装置を新たに開発し、匂い計測データに知的信号処理やガスクロマトグラフィ(ガスクロ)を用いて、匂いの基本要素やその化学組成である匂いの素を決定し、匂いの分解、匂いの合成、匂いの識別を行い、匂い情報処理を体系化することである。

3. 研究の方法

本研究の方法の概要は、匂い情報処理の高度化を図るためのQCM匂い計測装置の開発とそれを用いた匂い情報処理の高度化を行うもの

であり、(1)QCM匂い計測装置の開発、(2)匂いの基本要素の抽出と化学組成の同定、(3)匂い合成・分解・識別手法の開発について研究する。

(1) QCM匂い計測装置の開発

まず、匂い計測装置について述べる。匂い計測装置の開発として、申請者は金属酸化物半導体ガスセンサによる匂い計測装置を自作し、さらに計測装置の精度向上を図るために、匂い濃度、温度、湿度を変化可能なパーミエータを購入し、サンプリングボックスも高精度な匂い拡散が可能な装置を自作した。本研究ではこれらの装置を改変して、サンプリングボックスの天井QCMを用いた匂いセンサを4x6個(合計24個)アレイ状に配置した計測装置に変更する。QCMを数多く購入し、その表面に塗布する匂い膜は匂い吸着性があると考えられる成分をゾルゲルコーティング法で塗布し、熱処理を施して、安定化させたものを使用する。さらに、匂い計測データ数を24個のセンサで同時可能とするために高速な周波数カウンタが必要となり、FPGAによる計測回路を作成し、パソコンとのFPGAによるデータ交換を高速に行えるようにUSB-JTAGインタフェースを設計する。

(2) 匂いの基本要素の抽出と化学組成の同定

匂い計測装置から得られる24個の匂い計測データから、独立成分分析(ICA)で独立成分を抽出する。ICAは入力信号が同じ個数の独立な未知の原信号を混合行列と呼ばれる結合重みによって線形結合して与えられているという前提条件であり、入力信号(匂い計測データ)の個数と同数の独立成分が求められる。したがって、24個の匂いセンサから得られた匂い計測データは24個の独立成分の線形結合であるという仮定で、ICAによって24個の独

立成分を求める。匂いとして、様々な紅茶や珈琲、ビールや日本酒に対する匂い計測データを計測する。この操作を様々な匂いに対して行い、匂いの独立成分を求める。これらの独立成分を競合型ニューラルネットワークへ入力し、SOMによって様々な匂いの独立成分をクラスタに分類する。このクラスタの重心を求め、各クラスタの匂い要素の独立成分とする。クラスタの個数は、様々な実験および匂いの化学組成などを基に試行錯誤で決めるものとする。また、ニューラルネットワークの入力層は上記に示した様々な匂いの独立成分であり、競合層のニューロン数は、入力に用いる匂いの独立成分の総数の平方根以下の数で、クラスタリングの結果を考慮しながら、経験的に決めるものとする。様々な匂い要素の独立成分に対応する匂いの基本要素を匂い計測データの線形結合で求め、それをガスクロで分析して化学組成を求め、それを匂いの素とする。

(3) 匂い合成・分解・識別手法の開発

与えられた匂いデータに対して、匂いデータと匂い要素ベクトルの内積を重み係数とする匂い要素ベクトルの線形結合で匂いデータを表現し、匂いの分解を行う。この結合重み係数は匂いデータの中に匂いの素が混入している割合を示すものである。この重み係数を遠隔地へ送信し、受信側では結合重み係数の割合で、匂いの素を混合すると送信側で送った匂いを受信側で再生することが可能になり、匂い合成が実現できる。さらに、匂い計測データを匂いの基本要素に分解し、その要素の大きさ（分解した匂い基本要素の係数）を競合型ニューラルネットワークの入力として用い、競合型ニューラルネットワークの出力が、匂い識別を正しく行うように学習ベクトル量子化(LVQ)による学習を行う。競合層ニューロン数は、学習用の匂いをすべて識別できる

ように、学習段階で調整する。つぎに、識別すべき未知の匂いが与えられたとき、匂い計測データを匂い基本要素に分解し、その結合重み係数ベクトルを入力し、最大出力のニューロンが属する匂いを未知の匂いであると判定する。

4. 研究成果

(1) 水晶振動子(QCM)を用いた匂い計測装置を新たに開発し、計測データに知的信号処理を用いて、匂いの基本要素の算出やその化学組成の抽出を行うために、QCM センサの作製と匂い計測装置の開発を行った。

とくに、化学的知見やQCM センサに関する知識や経験に基づき、匂い分子をQCMの表面に吸着させる超薄膜を作成し、吸着する匂い分子数によるQCMの固有振動数の変化量で匂いを計測するセンサを新たに作製した。また、金属酸化物半導体ガスセンサで、QCMセンサの識別精度を向上させるために、市販の金属酸化物半導体も購入した。

図1はQCMセンサの構造を示しており、図2は構築したQCM匂いセンサアレイを示している。

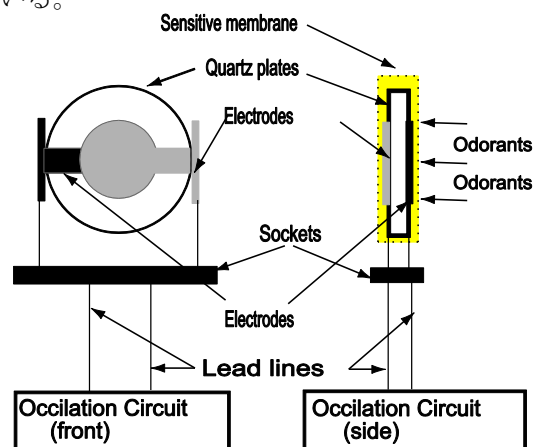


図1. QCMセンサの原理

これらのQCM匂いセンサおよび金属酸化物半導体センサをアレイ状に多数配置した計測装置を作製した。とくに、QCMの高周波計測のために必要な電子回路をFPGAで行い、パ

ソコンとはUSB 接続でデータ転送するシステムとし、様々な匂い膜や匂いの種類に対する匂いデータベースを構築することができる状況までになっている。

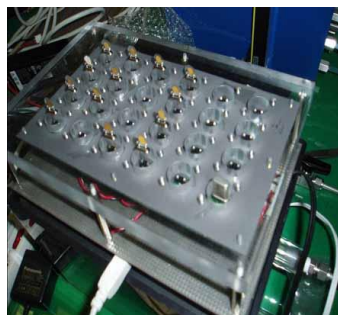


図 2. 作製した QCM 匂いセンサアレイ

また、図 3 は匂い計測装置の全体構成図を示し、図 4 は実際の匂い計測装置を示している。

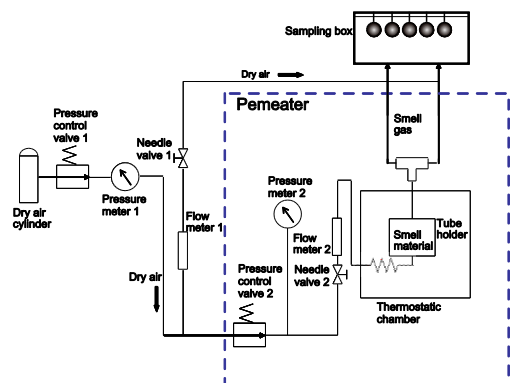


図 3. 匂い計測装置設計図



図 4. 製作した匂い計測装置

(2) 匂いデータの計測と匂いデータベースの構築：QCM センサをアレイ状に多数配置した計測装置を用いて、匂いデータベースを作

成した。

(3) 匂いデータベースの構築と独立成分分析 (ICA) による基本要素の考察：様々な匂い膜や匂いの種類に対するデータベースを構築し、匂いデータに ICA を適用して独立成分を求め、競合型ニューラルネットワークの自己組織化特徴地図 (SOM) でクラスタに分類し、匂いの基本要素を算出した。また、ガスクロマトグラフィを用いて基本要素の化学組成を求めた。同じ処理を種々の匂いに対して行い、それらの基本要素の化学組成をクラスタリングして、匂いの素を抽出した。さらに、匂いを基本要素で表現する匂い分解、分解係数の割合で匂いの素を混合する匂い合成、分解係数を特徴量とする競合型ニューラルネットワークの学習ベクトル量子化 (LVQ) で識別する匂い識別を行って、種々の匂い識別問題へ応用してその有用性を検証した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

- ① Yi Y. Leong, Chen K. Chong, Sigeru Omatu, and Mohd S. Mohamad, Simulation of Fermentation Pathway Using Bees Algorithm, Advances in Distributed Computing and Artificial Intelligence Journal, 査読有, Vol. 2, 2012, 13-20 adcaij.usal.es/sites/default/files/issue02_0_0.pdf
- ② Hideo Araki and Sigeru Omatu, Measurement System for Quartz Crystal Microbalance Sensors, Artificial Life and Robotics, 査読有, Vol. 17, 2012, 270-274
DOI:10.1007/s10015-012-0055-z
- ③ Sigeru Omatu, Michifumi Yoshioka, and Toru Fujinaka, Neuro-PID Control for Electric Vehicle, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, 査読有, Vol. 1

5、2011、pp. 846-853 http://www.iariajournals.org/intelligent_systems/index.html

- ④ Kenichi Ogata, Hideaki Dobashi, Paul Russel, Kazuto Koike, Shigehiko Sasa, Masataka Inoue, Mitsuaki Yano, Electric Properties of Aqueous Grown ZnO Nanorods on Au/Ti/Si Substrates, *Physica Status Solidi (c)*, Vol. 8, 2011, pp. 522-524 DOI: 10.1002/pssc.201000521
- ⑤ 大松 繁、匂い情報処理、*Journal of Signal Processing*、査読有、Vol. 14、2010、pp. 167-175
<http://www.risp.jp/Product.html>
- ⑥ 大松 繁、匂い情報処理、*Journal of Signal Processing*、査読有、Vol. 14、2010、pp. 329-338
<http://www.risp.jp/Product.html>

〔学会発表〕(計 10 件)

- ① 児玉 知也、大松 繁、荒木英夫、ベイズの理論によるぼけ画像の復元、第 56 回システム制御情報学会研究発表講演会、京都テルサ(京都市)、2012 年 05 月 22 日
- ② 三谷 禎勇、大松 繁、吉岡 理文、中澄 博行、前田 壮志、藤中 透、水晶振動子質量センサを用いたエチレンの検出、第 54 回システム制御情報学会研究発表講演会、京都リサーチパーク(京都市) 2010 年 5 月 19 日

〔図書〕(計 2 件)

- ① Sigeru Omatu、*Human Olfactory Displays and Interfaces*、IGI Global、2012、pp. 105-140
- ② 小池一歩、佐々誠彦、矢野満明、*バイオセンサ(酸化亜鉛の最先端技術と将来)*、シー・エム・シー出版、2010、pp. 181-195

〔産業財産権〕

○出願状況(計 2 件)

①名称：匂い識別方法

発明者：大松 繁、吉岡 理文

権利者：同上

種類：特許

番号：特願 2010-35391

取得年月日：2010-08-09

国内外の別：国内

②名称：水晶振動子用コーティング液、ガス検出素子、エチレン検出素子およびガス検出素子の製造方法

発明者：中澄 博行、前田 壮志、大松 繁

権利者：同上

種類：特許

番号：特願 2010F049

出願年月日：2010-5-11

国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://www12.ofc.oit.ac.jp/gyo/servlets/kensakumenu.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大松 繁 (OMATU SIGERU)

大阪工業大学・工学部・教授

研究者番号：30035662

(2) 研究分担者

矢野 満明 (YANO MITSUAKI)

大阪工業大学・工学部・教授

研究者番号：40200563

(3) 連携研究者

なし