ニオイセンサを用いた嗜好飲食物の口臭消臭特性

正 員 瀬戸 就一* 正 員 大藪多可志**
 正 員 蔡 奎千*** 正 員 勝部 昭明****

Deodorant Characteristics of Breath Odor Occurred from Favorite Foods Using Metal Oxide Gas Sensors

Shuichi Seto*, Member, Takashi Oyabu**, Member, Kuiqian Cai***, Member,
 Teruaki Katsube****, Member

Three types of metal oxide gas sensors were adopted to detect the degree of breath odor. Various sorts of information are included in the odor. Each sensor has different sensitivities to gaseous chemical substances and the sensitivities also differ according to human behaviors, for example taking a meal, teeth-brushing and drinking something. There is also a possibility that the sensor can detect degrees of daily fatigue. Sensor sensitivities were low for the expiration of the elderly when the subject drank green tea. In this study, it is thought that the odor system can be incorporated into a healing robot. The robot can communicate with the elderly using several words and also connect to Internet. As for the results, the robot can identify basic human behaviors and recognize the living conditions of the resident. Moreover, it can also execute a kind of information retrieval through the Internet. Therefore, it has healing capability for the aged, and can also receive and transmit information.

キーワード：ニオイセンサ，口臭，センサシステム，癒しロボット

Keywords : Odor Sensors, Breath Odor, Sensory System, Healing Robot

1. はじめに

先進諸国においては，高齢者の急激な人口増加と生産人口の減少が重要な問題となってきた。このため，年金や医療など社会保障制度の改革が必要である。日本においては，70才以上の高齢者に対する医療費は11兆円を越え，高齢者が生きがいを持ち元気に生活できる環境の形成が必須事項となっている。また，一人暮らし高齢者世帯数も増

加し，高齢者に対するデジタルディバイドを考慮し外部と円滑にコミュニケーション出来るシステムの構築も必要である。さらに，高齢者世帯においては，いつも通りの生活をおくっているかプライバシーを侵害しないで監視することも福祉コストの低減に繋がる。

本研究においては，以上の2点を考慮し，ニオイセンサを具備した癒しロボットの構築について検討してきた。各種物理センサが組み込まれたロボットは開発されているが，ニオイや味などの化学センサを組み込んだロボットは未だ開発されていない⁽¹⁾。ここでは，ニオイセンサをロボットに組み込むことを目的に，ヒトの口臭により日常的な振舞いを何処までサーベイできるかについて調べた。この時，嗜好飲食物により口臭が発生したり消臭されたりする。これらの特性を把握しておくことが口臭センサを具備したロボットを製作する時の必要事項となる。さらに，簡単な会話とインターネットを経由し外部と情報を受発信できるモデルについても検討した。結果として，食事の摂取など基本的な振舞いが同定可能であり，ロボットと10語程度の簡単な会話とセンサ特性のデータベース化が可能となった。

* 金城大学短期大学部
〒924-8511 石川県松任市笠間町 1200
Kinjo College.

** 金沢星稜大学地域経済システム研究科
〒920-8620 石川県金沢市御所町丑 10-1
Graduate School of Regional Economic Systems,
Kanazawa Seiryo University.

*** 新コスモス電機
〒532-0036 大阪府大阪市淀川区三津屋中 2-5-4
New Cosmos Electric Co., Ltd.

**** 埼玉大学工学部
〒338-8570 埼玉県浦和市下大久保 255
Saitama University.
Shimookubo, Urawa, Saitama 338-8570

2. 実験システム

(2・1) ニオイセンサ ニオイセンサは少なくとも ppb レベルの化学物質を検知できる能力が要求される^{(2)~(6)}。センサの性能はシステム全体の性能に大きく左右する。口臭の主成分は定常的には水素とメタン (9 : 1) である。これに、 H_2S などの成分が含まれてくると不快な口臭となるため、水素、メタンと硫化水素などを選択的に検知することができれば広い応用範囲と精度あるシステム構築が可能となる。また、常時メンテナンスフリーで、信頼性よくモニタリングする必要があるため、実験には金属酸化物系センサを採用した。ガス選択性については、各ガスの感度特性を鑑み、現時点で必要と考えられる最少の個数 3 個を選出し実験に供した。それらは母材料として、 SnO_2 膜に TiO_2 触媒を添加したもの (センサ 1)、 SnO_2 膜に ZnO 触媒を添加したもの (センサ 2)、 In_2O_3 膜を用いたもの (センサ 3) である。図 1 に代表的な 6 種類のガスに対する感度特性を示す。水素に対してはセンサ 3 が高い感度を示した。いずれのセンサもメタンや二酸化炭素に対しては感度を有していなかった。アンモニアに対しては低い感度を示した。水素は口臭に多く含まれており、疲れやストレスによりその含有量が増えるといわれている。センサ 3 の特性は、ヒトの生理的な要因により強く影響を受ける。

(2・2) 口臭検知 口臭が強くなる場合としては、①起床時、②食物カスの口内残留、③空腹時、④緊張やストレス、⑤ニオイのきつい食物を摂取、⑥生理・妊娠中などが挙げられる。また、胃腸疾患、糖尿病、肝臓疾患な

どによっても口臭が強くなる⁽⁷⁾。漢方医学においては、ニオイで診察する「嗅覚診断 (嗅診)」が行われてきた。

本研究においては、高齢者などが日常的にストレスを感じないで口臭をチェックすることで、被験者の生活スタイルを監視し、さらに長期間に亘る病気の進行などを検知するためにシステムを構築した。この時、口臭データを基にロボットと限られた言葉でコミュニケーションするとともに、デジタルディバイドを軽減することも考慮し、インターネットと接続し外部と情報を受発信できるシステムを目標としている。

ニオイセンサからの信号 (DC0~5V) が制御回路を介して A-D コンバータに入力されデジタル信号に変換される。その信号が携帯型コンピュータに取り込まれ処理される。ニオイセンサは、約 150cc の瓶の上部に取り付けられ、呼吸をこの中に管を通して導入し同時に排気させる。センサ部の写真を図 2 に示す。口臭測定は、30 秒間ベースレベルを測定し、その後、5 秒間呼吸を注入する。この時、呼吸注入により 3 つのセンサの出力が上昇する。一般には、測定を開始してから 60 秒後、あるいは 120 秒後にデータの収集を終了する。通常は、ベースレベルから終了時まで増加した出力値を解析に用いる。その例を図 3 に示す。被験者は健康な女性 (75 才) と男性 (53 才) である。実験に供したシステムの概観を図 4 に示す。

図 2 3つのセンサ表面写真

Fig. 2. A photograph of the three adopted sensors.

図 1 各種ガスに対するセンサ感度特性
Fig. 1. Sensor-output characteristics for important substances.

図 3 食事後の口臭に対する 3 つのセンサ特性
Fig. 3. Characteristics of the three odor sensors for expiration after a meal.

図4 口臭検知のための実験システム

Fig. 4. Experimental system for detecting of breath odor.

3. 実験結果

〈3・1〉 口臭の日周変動 高齢者（女性，75才）の口臭によるニオイセンサ出力の日周変動を図5に示す。これは，冬期に測定した例である。起床時から就寝まで12回の測定を行った。実験中の振舞いの概要を表1に示す。被験者は食事中や食後すぐに緑茶を飲んでいる。このため，比較的食べ物によるニオイが少ない。図5においてセンサ1とセンサ2の出力は，食事後に増加している。センサ3の出力も幾分食事により増加している。センサ3の出力の特徴としては，起床から就寝時に向かって増加する傾向があることである。センサ3は水素に高い感度を示しており，被験者の疲れなどによる呼気中の水素濃度の増加が考えられる。

同時期における健康な被験者（男性，53才）の口臭の日周変動測定結果を図6に示す。起床から就寝まで16回の測定を行った。表2にその振舞いの概要を示す。朝食に対して余り変化が認められない。歯磨きによりセンサ1と2の出力が大きく増加している。この日の朝食は，ご飯と味噌汁を軽く摂取した。油などにより炒めた食事はなく，出力の変動は余り認められない。夕食はカレーであり，その影響によりセンサ1と2が幾分増加した。その後，緑茶を飲むことにより出力が減少している。センサ3の出力には緑茶の影響が認められない。夕食後の歯磨きにより，センサ1と2の出力が上昇する。被験者は朝食後と夕食後に歯磨きをしている。その時のセンサ出力はほぼ同程度であった。このように，歯磨き，食事，飲物により口臭のグレードが変動する。特に，振舞いとして食事の摂取を同定する場合は飲物による消臭効果を明らかにする必要がある。

〈3・2〉 飲食物による口臭の強さとその消臭効果 口臭は，疲れや歯磨きなどの振舞いばかりではなく食事の摂取時に増加する。一方，ミルクや緑茶，水を飲む事により，一時的に消臭効果が認められる。ニオイセンサを具備した癒しロボットを製作し，高齢者などの振舞いお認知する場合，これらの特性を十分に把握しておく必要がある。このため，食事による口臭が飲物により消臭される効果を調べた。

消臭を評価する場合，ニオイセンサの出力が如何に減少するかを調べなければならない。そこで，飲物を飲む前のセ

図5 高齢者の口臭によるニオイセンサ出力の日周変動
Fig. 5. Characteristics of the three odor sensors for daily behaviors of an elderly person.

表1 高齢者の1日における振舞い概要

Table 1. An example of daily behaviors of an elderly person.

Time	Behavior
8:01	Awakening
8:48	Before breakfast
9:15	After taking a meal (rice and miso-soup)
10:14	After brushing teeth
11:35	After house cleaning
12:30	Before lunch
12:57	After taking a meal (curried pork stew with rice)
16:27	Return from a spa
18:40	Before supper
19:18	After supper (rice and miso-soup)
20:23	After watching TV
22:58	Before going to bed

ンサの出力 v_1 と飲んだ後の出力 v_2 を比較することとした。図7にその概要を示す。この時，消臭率(d_r)を式1と定義する。

$$d_r = (v_1 - v_2) / v_1 \dots\dots\dots (1)$$

図8にカレーを摂取後に緑茶を飲むことによる消臭効果を示す。センサ3はほとんど変化しない。センサ2の出力が最も減少していることがわかる。

同様にミルクを飲むことによる消臭効果も調べた。結果を図9に示す。ミルクの場合は，センサ3の出力が増加する。センサ1と2は，図8と同様に減少し，センサ2の減少率が高い。コーヒを飲んだ場合の効果も調べた。コーヒ

図6 健康な被験者の口臭によるニオイセンサ出力の日周変動

Fig. 6. Characteristics of the three odor sensors for daily behaviors of a middle-aged person.

表2 健康な被験者の1日における振舞い概要
Table 2. An example of daily behaviors of a middle-aged person.

Time	Behavior
7:04	Awakening
7:44	After walking
7:59	Reading a newspaper
8:26	At breakfast
8:36	After taking breakfast
8:57	Watching TV
9:15	Teeth brushing
9:44	Reading a newspaper
11:52	After taking lunch (Oshiruko)
13:46	Homecoming
16:48	Watching TV
17:32	Take a bath
18:26	Reading a book
19:17	At supper (Curry)
19:36	After taking supper (drink Green tea)
20:48	Teeth brushing

の場合は、各センサの値が幾分増加する傾向がある。インスタントコーヒーの場合は減少した。インスタントの場合は、かなり香り成分が少なく水を飲むのと同じ状態であると思われる。

ミルクを飲んだ場合、時間とともに消臭効果に変化する様子を図10に示す。食事後ミルクを飲むことにより一時的

図7 消臭率の定義

Fig. 7. Definition of deodorization ratio dr .

図8 緑茶による消臭効果

Fig. 8. Deodorization effect by drinking a cup of green tea.

図9 ミルクによる消臭効果

Fig. 9. Deodorization effect by drinking a glass of milk.

に各センサ出力が減少する。しかしながら、15 分後には食事直後より増加する。飲物による消臭効果は一時的なものと言える。通常は食事後 80 分経過後より口臭が減少するものと思われる。また、食事後に何も飲まない場合は各センサが幾分増加し、60 分後位にピークに達する。これは、食物の消化作用などにより、食後 1 時間経過時に体内における口臭が強くなっているものと思われる。

歯磨きによりセンサ 1 と 2 の出力が増加することを図 6 で示した。歯磨きによる口臭が自然に消臭される様子を図 11 に示す。歯磨き後 15 分経過するとグレードが半分に減少する。60 分後には、定常的な生理的口臭のグレードに戻る。他の実験において、食物や生理状態によりセンサ 3 の出力が増加する場合も認められた。

このように、口臭は様々な要因により発生する。従って、その特性を解析することにより様々な知見が得られるものと思われる。

〈3・3〉 癒しロボットとネットワーク 高齢者は、外部とのコミュニケーション手段に電話を多用する。このため、急速なネットワーク社会の形成と人口の高齢化比率の向上はデジタルディバイドなどの社会問題を派生しつつある。情報のほとんどがインターネットを介して行われつつあり、高齢者にとっては非常に使いにくいインフラが整備されつつある。

このため、本研究で構築するロボットを通信の手段としても応用することも目的の一つとしている。将来は、各高齢者世帯にこのようなロボットを設置しまとめて観視するシステムを構築する予定でいる。ネットワークシステムの概要を図 12 に示す。

金属酸化物ガスセンサの特徴を活かしながら癒しロボットにそれらを組み込む時に問題点として考えられることは、＜電源・センサ素子温度・口臭の導入方法＞である。電源については、高性能なバッテリーを採用し、就寝時に固定位置に戻ると充電する方法を検討している。また、素子が小さいとはいえ数百度になるため、ある程度の空間を保ちながら耐熱ガラスにより断熱する予定であり、本実験においてもガラス瓶の中に素子を組み込み、常時通電して測定したが問題なかった。また、口臭の導入方法は、ロボット自体が口臭を高齢者に催促し超小型ファンなどにより口臭を導入する方法を採用する。センサの大きさと機能については、現時点での特性を継承したものを用いるための設計を試みており、口臭センサを組み込んだ多機能癒しロボットの設計がある程度完了している。

癒しロボットには、20 語程度の単語を用いて外部との通信を図る。高齢者になる程、語彙が減少して 20 語で 90%以上の会話が行われていることが我々の調査で明らかとなった。これらの語彙の中の主なものとして次のものが挙げられた。

- ①ちょっと。②おねがい。③大小便がしたい。④食べたい。
⑤来て下さい。⑥疲れた。⑦やすみたい。⑧ねむりたい。
⑨苦しい。⑩痛い。

図 10 ミルクの消臭効果の持続性

Fig. 10. Deodorization effect of milk as a function of time.

図 11 歯磨きによる口臭が自然に消臭される様子
Fig. 11. Deodorization characteristic of breath odor after teeth brushing. The odor grade is decreased naturally without drinking something.

図 12 癒しロボットを用いたネットワークシステム

Fig. 12. Survey system for the aged using the healing robot.

これはあるケアセンタにおいて要望を語彙カードで伝える方法により調べたものである。これらの語彙をさらに調査し、外部との情報交換に必要なものをまとめ、ロボットに組み込む必要がある。

4. まとめ

3つのニオイセンサを用いて、ヒトの口臭から食事の摂取などの基本的な振舞いを検知することを試みた。食事には様々なニオイ成分が含まれており、センサにより高い感度が認められる。また、緑茶やミルクの飲用により幾分そのニオイグレードが低くなることも明らかとなった。

今後は、ネットワークとの有効な接続やヒトとロボットとのコミュニケーションを図る語彙の種類や数などについて検討していく。さらに、高齢社会を迎え、社会保障費の軽減を図りながら高齢者の社会参加可能なシステムのあり方について調査を行っていく予定である。

謝 辞

本研究を進める上でご協力を頂いた金沢工業大学高度材料科学研究開発センター南戸秀仁先生、実験を手伝っていただいた同大学大学院工学研究科修士課程材料設計工学専攻小林壮志君に深く感謝する。

(平成 14 年 12 月 20 日受付, 平成 15 年 3 月 10 日再受付)

文 献

- (1) 大藪多可志・沢田史子・瀬戸就一・下村有子・蔡 奎千・中野康英：「ガスセンサによる口臭検知システムの開発と福祉分野への応用」, 電気学会ケミカルセンサ研究会, CHS-01-37, pp.53-58 (Nov. 2001)
- (2) T. Oyabu, H. Nanto, and T. Onodera : "Odor sensing characteristics of a lavatory in a general domicile", *Sensors & Actuators B*77, pp.1-6 (Jul. 2001)
- (3) K. Toko : *Biomimetic Sensor Technology*, Cambridge University Press, Cambridge (2000)
- (4) 元木澤文昭, においの科学, 中央印刷, 東京 (1998)
- (5) 栗岡 豊・外池光雄 : 匂いの応用工学, 朝倉書店, 東京 (1997)
- (6) J.D.Winefordner : *Principles of Chemical and Biological Sensors*, John Wiley & Sons, New York (1998)

- (7) 酒井・元岡・三浦・山添 : 「糖尿病診断を目指した呼気中アセトン検出用薄膜型酸化物半導体ガスセンサ」, 電学論 E, **120**, 10, pp.476-481 (2000-10)

瀬 戸 就 一

(正員) 1985 年金沢工業大学情報処理工学科卒, 87 年同大学大学院情報工学専攻修士課程修了。同年, 金城短期大学講師。01 年同大学助教授。02 年埼玉大学大学院理工学研究科情報数理学専攻博士後期課程に入学し, 現在に至る。化学センサを用いた介護支援システムの研究に従事。電子情報通信学会, 情報処理学会各会員。

大 藪 多可志

(正員) 1973 年工学院大学修士課程修了。75 年早稲田大学第二文学部英文科卒業。80 年金沢女子短期大学講師, 助教授, 教授を経て 94 年富山国際大学人文学部教授。98 年金沢星稜大学経済学部教授。現在, 植物の環境浄化能力の評価に関する研究に従事(工学博士)。電子情報通信学会, 計測自動制御学会, 電気化学会, 日本設備管理学会各会員。

蔡 奎 千

(正員) 1998 年 3 月富山大学大学院博士後期課程修了。工学博士。1998 年 4 月新コスモス電機株式会社入社。主任研究員。半導体ガスセンサ, ガスセンサアレイを用いたガス識別システムの開発に従事。

勝 部 昭 明

(正員) 1965 年名工大電気卒, 1974 年東大博士課程修了。工博。同年埼玉大・工・助教授。1980-1981 年米国ペンシルバニア大研究員。現在は埼玉大情報システム工学科教授。主な研究分野は半導体表面物性, 電子情報デバイス, 化学・バイオセンサ。