

## 香りを語るコンピュータ

相川 清明†、三田地 成幸‡、飯田 朱美†

東京工科大学 {†メディア学部、‡バイオニクス学部}  
〒192-0982 八王子市片倉町 1404-1  
aik@media.teu.ac.jp

あらまし 半導体ニオイセンサのベクトルデータをオンラインリアルタイムで取り込み、バラの種別を音声合成で回答するシステムを作成した。観測値と基準データの類似度に基づき、回答の確信度を「かもしれない」などにより表現する機能、複数のバラの種類の候補を回答する機能を持たせた。同一種類のバラの香りでも、時間とともにベクトルデータは変化する。また、基準データ分布も複雑な形状を示すことがある。このため、マルチテンプレートを用いた判別方法を用いた。

## Fragrance Reporter System

Kiyoaki Aikawa†, Seiko Mitachi‡, and Akemi Iida†

{†School of Media Science, ‡School of Bionics,}

Tokyo University of Technology

1404-1 Katakuracho, Hachioji, Tokyo 192-0982, Japan

**Abstract** This paper reports the fragrance reporting system which reports the measured rose fragrance using text-to-speech synthesis. The system captured the vector data from semiconductor-type fragrance sensors via the USB interface. The fragrance vector data showed temporal changes. The time-contour varied among individual flowers even within the same species. The system used a multi-template-based decision method. The system generated a short sentence including the name of the rose and the phrase showing the level of confidence of the decision. The system was capable of reporting a couple of species for ambiguous data.

## 1. はじめに

ICT の高度化と共に、人とコンピュータの間で情報を媒介するインタフェースの高機能化が求められている。人にとってわかりやすい情報をコンピュータが伝えられること、人がストレスなく情報をコンピュータに伝えられることの2点が重要である。人の近くに居て人と同じように身軽に動き回るロボットにおいては、音声や音による情報伝達が、表示器などの道具を使わなくて済むため便利であろうと考えられる。その場合、冗長でない情報伝達効率の良い表現で対話しなければならないであろう。

人は五感で感じ取った情報を直感的にわかりやすい表現を用いて相手に伝えている。直感的な表現は、言葉を選べば様々な環境条件を短い表現で的確に伝えられるという利点がある。今までに、このメカニズムをベクトル空間法を用いて模擬する方法について報告してきた。その実現例が、温度や湿度などの気象情報を「さわやか」「うっとおしい」などの相手に直感的に理解しやすい表現に置き換えて出力するシステム、Weather Reporter である[1-7]。なお、ベクトル空間法は言語をキーワードのベクトルとして表現して発話意図などを判別する方法で、コールーティングなどで用いられた[9-10]。

Weather Reporter システムでは、気象情報表現用語を温度や湿度などから構成されるベクトルで表現し、センサから取り込んだ観測データのベクトルに最も近いベクトルを選び、それに対応する気象情報表現用語を出力する。ベクトルの近さを測る類似度は余弦距離を用いた。観測データのベクトルと選ばれた気象情報表現用語のベクトルの類似度の値は与えられた観測データと選ばれた気象情報表現用語の適合の度合いを示している。従って、類似度の値は、選ばれた表現を用いて良いかどうかの一種の確信度と考えられる。そこで、この類似度に応じて「かもしれない」などの確信度を表す表現を付加するようにした[1-3]。また、このとき、2つの気象情報表現用語のベクトルの和が観測データのベクトルに近い場合、2つの表現を併用して表現する機能を持たせた。このとき、2つの用語に対応するベクトル間の非類似度を求めて、接続詞を自動決定する方法についても報告した[6]。Weather Reporter システムは地域に依存した表現への対応も可能なため、バイリンガルシステムや大阪方言システムについても検討を行った[4-5,7]。また、感性表現のベクトルを用い、ベクトル空間法により音を検索する方法も提案した[8]。

一方、三田地らはニオイセンサとして、水晶振動子を用いたバラの香りの高精度識別法を開発してきた[11-12]。しかし、オンラインリアルタイムの香り計測を行うため、半導体ニオイセンサについての検討を行い、感度は水晶振動子型に劣るものの、応答時間は比較的速く、携帯可能であることから、本システムの目的に最適であると判断した。

本報告は、バラの香りを半導体ニオイセンサからおい信号をオンラインリアルタイムで取り込み、その計測結果をわかりやすい言葉で人に説明する「香りを語るコンピュータ」について述べる。

## 2. 半導体ニオイセンサ

半導体ガスセンサは、酸素を吸着する酸化スズ(SnO)などで多孔質体を構成し、吸着した酸素が還元物質で消費されると、電気抵抗が変化することで、ガス濃度を測定する。今回用いた、ニオイセンサユニットである「ハンディにおいモニターOMX-SR」は内蔵されている2つの半導体ガスセンサによってニオイを測定している。2つのセンサをそれぞれ A、B とすると、A センサの値=X と B センサの値=Y からなるベクトルの長さを「強度」、このベクトルが作る角度を「識別」として表示する。ある香りに対する2つのニオイセンサの出力は濃度により変化するが、2つの測定値は比例すると考えられるので、ベクトルの長さや角度を用いた表示が適切であると考えられる。図2は OMX-SR の表示パネルである。

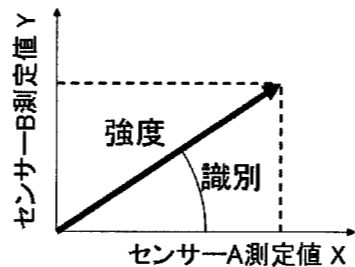


図1 ニオイセンサのベクトルパラメータ



図2 半導体ニオイセンサの表示、72.9が「強度」、33が「識別」を示す。

水晶振動子タイプは高感度で応答速度も速いが特殊な信号フォーマットを使用しており、汎用的なコンピュータへの適用には向かないことが分かった。一方、酸化半導体ニオイセンサは、感度は水晶振動子タイプに及ばないが、応答速度は比較的速く、USB接続により簡単に汎用コンピュータとのインタフェースが確立できる。図3はデシケータ中で測定したバラ：カトリースドヌーブの香りの応答グラフを示す。一定時間間隔で得られた「強度」と「識別」の組をプロットしたものである。香りの時間変化傾向は類似しているが、新鮮なものと(5月31日)と熟したもの(6月2日)で曲線の出現位置が異なることを示している。

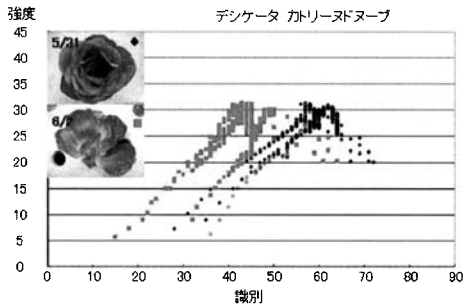


図3 デシケータ中で測定したバラ：カトリースドヌーブの香りパターン

図4は酸化半導体センサ、サンプルからの香りガス分子を集める集気ビン、ガス流切り替えコックから成る「香りを語るコンピュータ」予備実験用システムを示す。このシステムを用いて予備実験を行った。被測定対象のバラは切り花として購入した2種の赤いバラ、ローズメグとザ・テレサである。センサの測定したそれぞれの香りの「強度」と「識別」を座標とするグラフを図5に示す。同様の赤いバラながらニオイの変化特性が異なることが分かる。

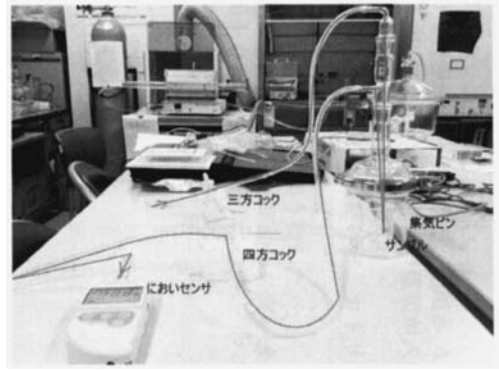
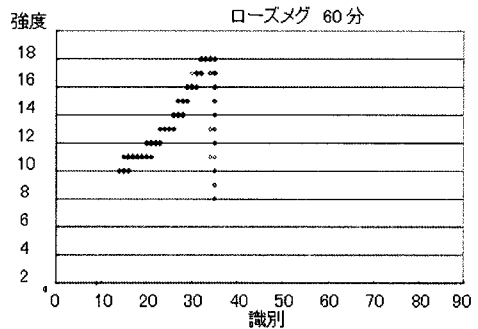
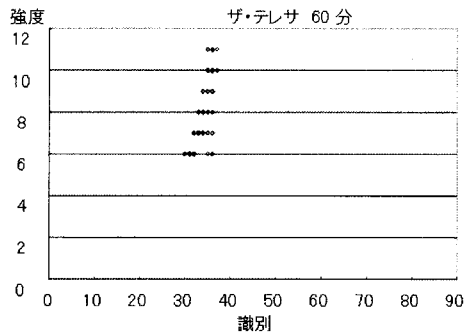


図4 「香りを語るコンピュータ」予備実験用セットアップ、手前がニオイセンサユニット



(a) ローズメグ



(b) ザ・テレサ

図5 半導体ニオイセンサによる赤いバラのニオイ計測結果の経時変化データ例

### 3. システム構成

2種の半導体ニオイセンサを持つハンディにおいモニターOMX-SRは2種のセンサの出力を2

次元平面上のベクトルとし、その「強度」(長さ)と「識別」(角度)の情報を出力する。この値の組は時間とともに変化し、例えば図6のような曲線をたどる。分布の形状により様々な判別法が考えられる。

① 測定値の分布が多次元正規分布状であれば、線形判別関数やマハラノビス距離が利用できる。  
 ② 広い広がりを持ち判別境界が複雑であるが、分布の重複が少なければ、ニューラルネットやサポートベクターマシンが利用できる。

③ 1本の曲線状に分布するのであれば近似関数を求めて、それからの距離が利用できる。実際の測定値曲線は物質により異なり、物質間での交叉部分は比較的少ない。この曲線は同種のバラでも常に同じというわけではなく、測定条件により、曲線が二股になることもある。そこで、このような特性に対応するため、マルチテンプレート型の判別機構を用いることにした。各ニオイのマルチテンプレート学習データは、表1に模式的に示すような、ニオイによりサンプル数が異なる一連の測定値として与える。一定時間間隔でサンプルが収集されるので、サンプル数の違いは計測時間による。検体やニオイの性質により減衰時間は異なり、計測時間も変わってくる。表1のように、「強度」の値は最高で1000程度を示すのに対し、「識別」は90が最大である。このようなダイナミックレンジの大幅な違いは、距離に基づく判別方法において、ダイナミックレンジの大きい軸に主として依存した結果となってしまう。そこで、2種の 변수を均等に扱うため、それぞれの軸を全学習データの分散で正規化した。すなわち、強度、識別ともに全データのそれぞれの標準偏差で除して正規化した。この学習データから一定数の代表点を選ぶ。これには、一般的なクラスタリングの手法を用いた。すなわち、学習データ中の近傍の測定点間の距離を計測し、距離が最も近い2点を選んでその2点を2点の平均値である1点に置き換える。この演算を指定した数の代表点数になるまで繰り返す。このアルゴリズムを図示したものが図7である。距離は二次元平面上のユークリッド距離を用いた。実際のシステムにおいては代表点数を50とした。

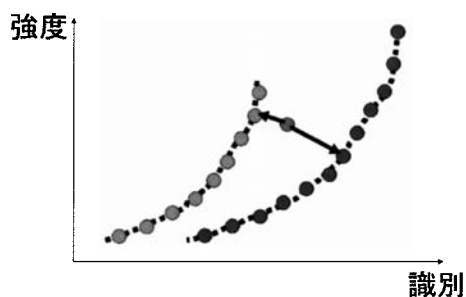


図6 マルチテンプレート判別機構。2つの曲線は別種のバラの測定値で、●は代表点。

表1 模式的なマルチテンプレート学習データ

バラ名	画像ファイル名	強度	識別
バラ1	写真1	1000	20
...	...	...	...
バラ1	写真1	0	40
バラ2	写真2	500	30
...	...	...	...
バラ2	写真2	0	60

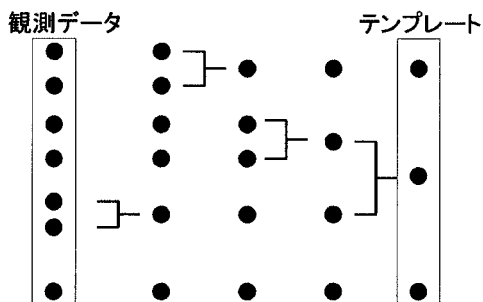


図7 学習データからクラスタリングによりテンプレートを作成する手順。

図8に香りを語るコンピュータのシステム構成を示す。システムはノートパソコン上に構築した。半導体ニオイセンサからの情報はRS-232CとUSBを経てパソコンに一定時間ごとに送信され、インタフェースソフトが測定値をテキストファイルに書き込む。香りを語るコンピュータシステムはMATLABを用いて構築された。システムはExcelファイルとして記述された学習データを読み込み、ク

ラスタリングして、マルチテンプレート判別機構を構築する。一方、表2に示すテンプレートとの距離と、測定結果報告文の語尾の確信度表現の対応表を別の Excel ファイルから読み込み、言語生成部の準備を行う。

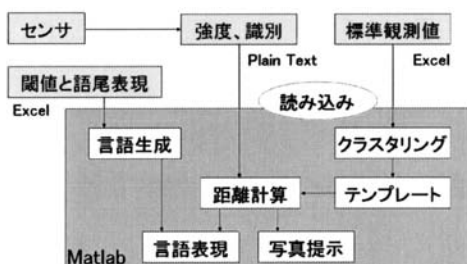


図8 「香りを語るコンピュータ」の構成

表2 最近傍テンプレートとの距離による語尾の確信度表現

語尾確信度表現	距離の範囲	
	最小値	最大値
だ。	0	0.25
と思う。	0.25	0.5
でしょう。	0.5	0.75
みたい。	0.75	1
かもしれない。	1	100000

香りを語るコンピュータシステムは GUI を持ち、実行ボタンを押すと、最新の測定値をニオイセンサからの出力が書き込まれているテキストファイルから読み取り、テンプレートとの距離計算を行い、バラの種類を判別すると共に、確信度のスコアから語尾表現を生成する。例えば、

「マリアカラスかもしれない。」

のような表現の文を生成する。距離が 0.5 以上で、第 10 位までに他のバラの種類が入っている場合には、

「マリアカラスみたい だけど カトリーヌドヌーブ かもしれない。」

という表現を生成するようにした。システムは音声合成器を駆動して文を読み上げる。図10は香りを語るコンピュータの GUI の動作イメージを示している。

#### 4. 実験

ニオイセンサを装着し、ニオイセンサインタフェースとニオイ判別表現機構をインストールしたコンピュータシステムを図9に示す。

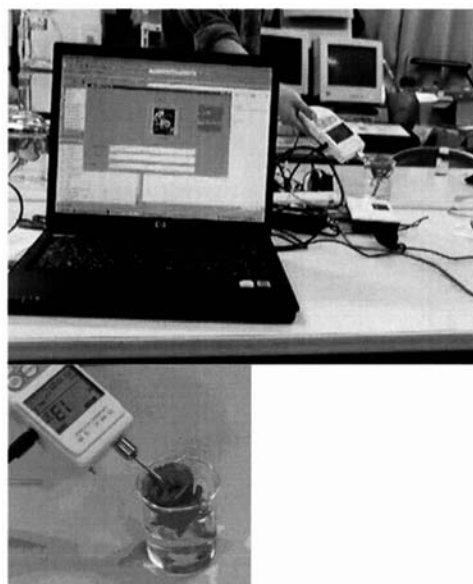


図9 (上) ノートPCに実装した「香りを語るコンピュータ」。後方のニオイセンサとはUSBで接続。(下) ニオイ直接計測の様子

リアルタイムの測定結果が予めデータベースとして記録したバラの香りのパターンに近いかなを判断し、「x x x ローズの香りかな」、「x x x ローズかもしれない」、「x x x ローズのようでもあり、△△△ローズでもあるような」、「x x x x ローズのようだ」、「x x x x x ローズである」のように曖昧さから確信を持てる範囲までの表現を音声で行うことができることを実験的に確認した。また、図9(下)に示すように直接バラに近づけてバラの香りの測定を行っても、同様の言語表現応答と曖昧な表現からバラの名前を確信して語る表現の時間変化が適切に起こることを確認した。

#### 5. 結論

「香りを語るコンピュータ」を、半導体ニオイセンサからのベクトル信号を判別処理し、言語生成部において人に分かりやすい表現を音声で生成するという形で実現した。センサ技術においては、従来の水晶振動子型のニオイセンサによる信号抽出、判別方法に代わって、半導体ニオイセンサに基づくオンラインリアルタイム



計測法を確立した。また、情報処理部分においては、ニオイのような時間変化を伴うベクトル信号でも判別可能なマルチテンプレート型の判別方法に基づき、判別結果の言語生成を行った。判別結果があいまいな場合には2種のバラの可能性を語るようにした。また、ベクトル空間法による言語生成で開発した類似度に依存した確信度表現を生成するようにした。

## 謝辞

本研究は東京工科大学学内共同プロジェクト資金により行われた。

## 参考文献

- [1] 飯田朱美, 上野嘉人, 松浦良平, 相川清明, “ベクトル空間法を用いたイメージを想起させるお天気表現システム”, 情報処理学会 第109回ヒューマンインタフェース・第52回音声言語情報処理共催研究会, Vol.SLP52, No.14, (H-2004-127), pp.67-72, (2004-07).
- [2] 相川 清明, 飯田朱美, 高野 光雄, 三田地 成幸, “ベクトル空間法による環境センサー情報の効率的表現”, 日本音響学会講演論文集, Vol. I, pp.135-136, (2004-09).
- [3] Iida, A., Ueno, Y., Matsuura, R., Aikawa, K. “A Vector-based Method for Efficiently Representing Multivariate Environmental Information”, Proceedings of ICSLP 2004, pp.269-272, (2004-09).
- [4] 飯田朱美, 相川清明, “Weather Reporter II 微妙なニュアンスを共通語と大阪方言で語るお天気表現システム”, インタラクシオン 2005, C-327, (2005-02).
- [5] 飯田朱美, 相川清明, “微妙なニュアンスを伝える表現を自動生成するバイリンガルお天気表現システム”, 日本音響学会講演論文集, Vol. I, pp.657-658, (2005-03).
- [6] 飯田朱美, 相川清明, “ベクトルの非類似度を用いて複数表現の接続詞を自動決定するお天気情報システム”, 音声言語情報処理, Vol. 2005-SLP-57, No.24, pp. 141-146, (2005-07).
- [7] Kiyooki Aikawa and Akemi Iida, “Vector-based language generation for associatively evoking environmental images”, J. Acoust. Soc. Am., Vol. 120, No. 5, Pt. 2, pp.3038, (2006-11).
- [8] 相川清明, 谷島加奈子, “ベクトル空間法を用いた相対的感性表現による音検索”, 情報処理学会研究報告, 2006-SLP-65, pp.5-10, (2007-02).
- [9] Zitouni I., Jeff Kuo H.-K., and Lee C.-H., “Boosting and combination of classifiers for natural language call routing systems”, Speech Communication, Vol.41, No.4, pp. 647-661, (2003-11).
- [10] Kuo, H. -K. J. and Lee, C.-H., “A portability study on natural language call steering”, In: Proceedings of the Eurospeech-01, Aalborg, Denmark, 2001.
- [11] S. Mitachi, K. Sasaki, M. Kondoh, and I. Sugimoto, “Odor Sensing in Natural Environment Using a Quartz Crystal Resonators: Application to the Aroma Sensing of Roses Cultivated in an Outside Garden”, ISHS Acta Horticulturæ, Number 679, pp.113-118, (2005.4).
- [12] 佐々木, 武藤, 高野, 杉本, 三田地, “ニオイセンサを用いた自然環境下における植物の香りの測定”, 第52回応用物理学関係連合講演会, paper No.1a-Y N-6, p.1469, (2005.4).

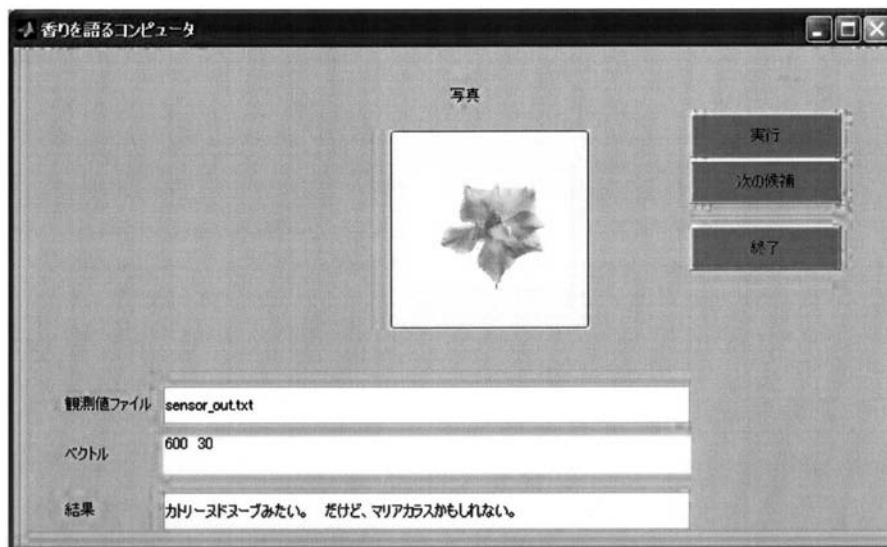


図10 香りを語るコンピュータのGUI