

## センサネットワークによるアロマセラピーシステムの検討

### Investigation of aromatherapy systems using a sensor network

○澤口千紘\*, 久慈憲夫\*

○ Chihiro Sawaguchi \*, Norio Kuji \*

\*八戸工業高等専門学校

\*Hachinohe National College of Technology

キーワード: アロマセラピー (aromatherapy), 無線通信 (wireless communication), センサネットワーク (sensor network), においセンサ (odor sensor), 脳波 (brain waves)

連絡先: 〒039-1192 八戸市田面木字上野平 16-1 八戸工業高等専門学校 電気情報工学科  
久慈憲夫, Tel.: (0178)27-7288, Fax.: (0178)27-7288, E-mail: kuji-e@hachinohe-ct.ac.jp

## 1. はじめに

現代はストレスの時代であり、心の癒し(リラクゼーション)を日常的に行う方法が求められている。音楽や照明の色に心の癒しの効果があることが指摘され、その効果について評価が進められている<sup>1)</sup>。一方、手軽でよりリラックス効果の高いリラクゼーションの方法として、アロマセラピーが注目されている<sup>2)</sup>。アロマセラピーに用いる香りには、体全体の自律神経の働きを整える作用が期待でき、リラックス効果があるといわれており、様々な香りの心への影響が調べられている。しかし、香りの数は膨大な数に上り、専門家でないと匂いの選択ができない問題がある。また、心の状態に合わせた匂いの発生は自分で行うしかなく、心が沈んだ状態の時にそのようなことを行うことは負荷が大きい。また匂いを発生させても部屋全体で不均等な拡散となり、仕事時に室内での移動を伴う場合に心の癒しを期待することは難しい。

そこで我々はこれらを解決する方法として、センサネットワークを用いたアロマセラピーシステムの検討を行った。センサネットワークを用いることで、脳波による心の状態の監視、部屋の各所の匂いの分布の計測、計測に基づいたアロマ発生源の最適制御が可能になる。本報告では、これらの要素技術を検討し、プロトタイプシステムを構築したので、報告する。

## 2. 基本構想

本システムの基本的な考え方は、脳波測定器により心のリラックス状態を判定し<sup>3)</sup>、脳波の状態に対応して発生するアロマを決定し、アロマの発生を自動制御することでリラックス効果を確認することにある。システムの基本構想を Fig.1 に示す。まず、脳波測定器の測定データをセンサネットワークの子機を介して、解析用 PC に送る。PC では脳波の状態を解析しアロマランプをオンオフするタイミングを決める。PC よりセンサネットワークを介してアロマランプ

をオンオフし、アロマの発生を制御し、癒し効果を得る。これを実現するには、1) アロマオイルの匂いによる癒し効果を計測し脳波との関係をデータベース化すること、2) アロマランプをセンサノードにより制御する方法を実現すること、3) 匂い拡散を計測しかつシミュレーションすることで、匂いの拡散を最適化すること、4) 移動の自由度を保った脳波測定を行うため脳波測定器を携帯化できること、が必要である。

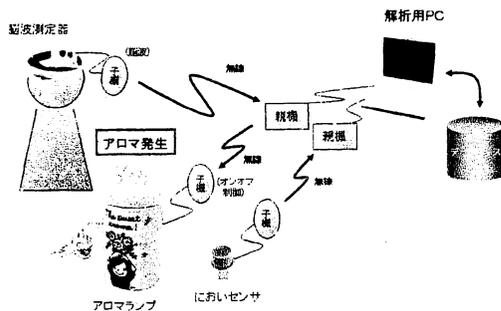


Fig. 1 全体構成

### 3. 実験システム

#### 3.1 センサネットワーク

センサネットワークは、市販センサノード Mote (クロスボー社) を使用し構成した。子機と親機の外観を Fig.2 に示す。Zigbee 無線タイプで無線周波数 2.4GHz であり、10 m 以上の距離からの通信が可能である。

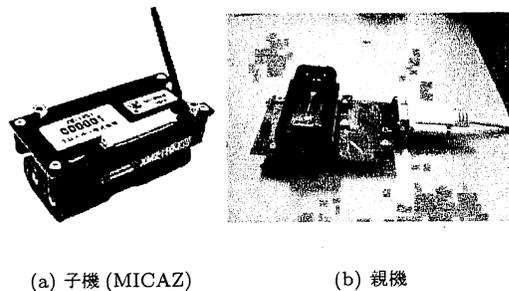


Fig. 2 センサノードと基地局

#### 3.2 脳波測定器の携帯化

脳波測定器の携帯化のため、BlueTooth により無線通信が可能な NeuroSky の Fig.3(a) の MindSet を使用した。MindSet はヘッドフォン型になっており、左耳部分とセンサーアームの先端についている金属端子によって左耳と額の電圧差を読み取り、脳波を解析する装置である。この MindSet とセンサノードを用いてセンサネットワークを構成した。概要図を Fig.3(b) に示す。脳波測定器で脳波を測定し、BlueTooth を通じて測定データを PIC マイコンに送信する。そして、PIC マイコンからセンサノードを介してパソコンにデータを送信し送られてきた測定データを解析するという仕組みである。

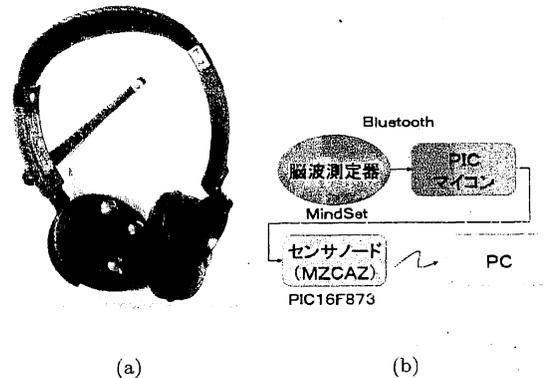


Fig. 3 脳波測定器の携帯化 (a) 脳波測定器の外観 (b) センサネットワークとのインターフェース図

#### 3.3 アロマ発生制御及び匂い測定

脳波測定器により取り込んだ脳波の状態に基づいてアロマランプをオンオフを制御する回路を開発した。アロマ発生制御回路の外観を Fig.4(a)、アロマポットをオンオフする機構を Fig.4(b) に示す。センサノードは SoftBaugh 社の DZ1611 を使用した。

パソコンから RS232C を通じて親機にアロマポットをオン信号またはオフ信号を送信する。アロマオ

イルに接続しているセンサノードに信号を送り、アロマポットをオンオフする。この回路により、センサノード子機による制御が可能であることを確認した。また、においセンサを内蔵したにおい測定回路を用いてにおいの測定も行った。においセンサは感ガス素子でにおいを検知する TGS2450 を使用する。パソコンからプログラム開始の信号を読み取り、においセンサでにおいを計測、パソコンに値を表示する<sup>4)</sup>。同時に、アロマポットの電球のオンオフ制御を行いアロマオイルの蒸発の度合いを制御する。測定の際、電球が熱くなりすぎて破損してしまわないよう、オン時間：オフ時間を 5 秒：3 秒で測定を行った。

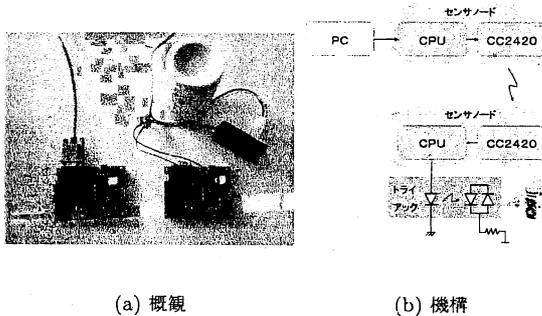


Fig. 4 アロマ発生制御回路

### 3.4 匂いデータベース

癒し効果を評価するために脳波の測定器を用いる。脳波に含まれる下記の周波数成分により、心の状態を推測する。

- θ波 (4~6Hz) 深いリラックスの浅い睡眠状態
- α波 (7~14Hz) 瞑想・集中状態
- β波 (15~23Hz) 不安で集中できない状態

匂いを発生していない状態で測定する平常時の脳波の値を 100 とし、匂いを発生させた時の脳波がどう変化するかを測定し、それをデータベース化していく。アロマオイル選択の概要図を Fig.5 に示す。前準備として、匂いを発生していない状態での脳波 ( $\alpha \beta \theta$ ) を  $\alpha_0 \beta_0 \theta_0$  として個人個人のデータをデータベース

1 に保存しておく。また、鎮静効果と興奮効果を促す 2 つのアロマオイルを発生させた時の脳波データを個々の情報としてあらかじめデータベース 2 に入れておく。(鎮静効果を促すアロマオイルをアロマ 1、興奮効果を促すアロマオイルをアロマ 2 とする)。まず、測定した脳波のデータをパソコンに送る。データベース 1 を参照し  $\alpha_0 \beta_0 \theta_0$  と測定データの  $\alpha \beta \theta$  を比較し発生させるアロマオイルを決定する。 $\alpha < \alpha_0$  かつ  $\beta > \beta_0$  の時は沈静効果を促すアロマ 1 を選択し、 $\alpha < \alpha_0$  かつ  $\theta > \theta_0$  の時は興奮効果を促すアロマ 2 を選択する。選択したアロマをデータベース 2 にて参照し発生するアロマオイルを検索する。

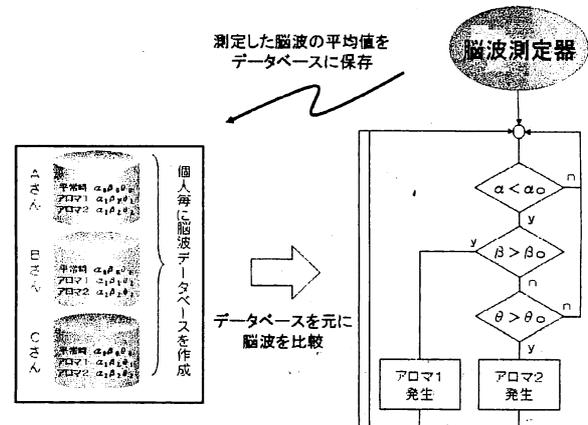


Fig. 5 アロマオイル選択の概要図

## 4. 匂いの脳波への効果の評価

データベース化のため匂いの脳波への効果のデータ収集を行った。アロマオイルはピーチ (桃)、オーキッド (蘭の花)、ジャスミン (モクセイ科の花) の三種類を用いる<sup>2)</sup>。アロマオイルの発生は、アロマキャンドルによるキャンドル式芳香拡散法により行う。測定には、能力開発研究所製の Brain Builder Unit を使用する。パソコンのシリアルポートに接続し、脳波センサーバンドについている電極を額に接触させ脳波を分析する。なお、この測定器は脳波だけでなく筋電図計測回路を含んでいる。測定場所は、遮光カーテンで四方を囲んだ部屋の一角であり、被験者は 3 人

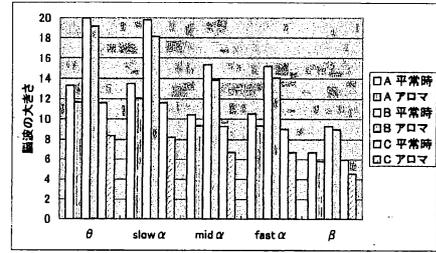
(A, B, C) である。測定方法は以下の手順で行う。

脳波測定器のセンサーバンドを頭にイヤークリップを耳に装着する。アロマキャンドルに、水3：アロマオイル2の割合で垂らして、キャンドルに火を下から熱する。平常時とアロマオイルを焚いた状態とでそれぞれ3回ずつ測定し評価する。平常時とアロマオイルの脳波を比較したグラフを、Fig.6 に示す。ピーチの脳波は、3人ともθ波α波β波共に平常時より減少している。オーキッドの脳波は被験者BとCはθ波・α波・β波共に減少している。しかし被験者Aはβ波が減少しているがθ波・slow α波が増加した。ジャスミンの脳波は、被験者AとBはθ波・α波・β波共に減少している。被験者Cはθ波・slow α波は減少しているが他はほとんど変化ない。被験者Aのオーキッドと被験者Cのジャスミンでは、全ての脳波が減少しなかったが、個人差のためと考えられる。今後、被験者を増やして更に検証する必要があるが、3人中2人に同じ傾向が見られることから脳波への効果があったといえる。今回測定したデータを用いて匂いデータベースの製作を検討した。測定データの平常時の脳波を100とした時、アロマオイルをたいた状態の脳波の割合をそれぞれの脳波ごとにまとめたものをTable.1に示す。変化の割合が大きいアロマオイルがリラックス効果の高いアロマオイルだとすると、被験者AとBはジャスミン、被験者Cはピーチが適していると判断できる。また、変化の少なかった被験者Aのオーキッド、被験者Bのピーチ、被験者Cのジャスミンは適さないアロマオイルだと思われる。

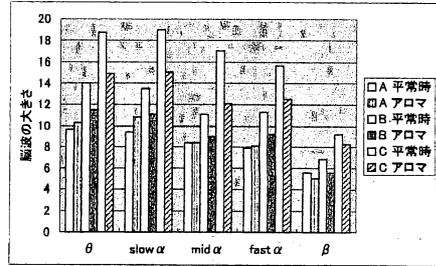
## 5. におい拡散シミュレーション

### 5.1 シミュレーションプログラム

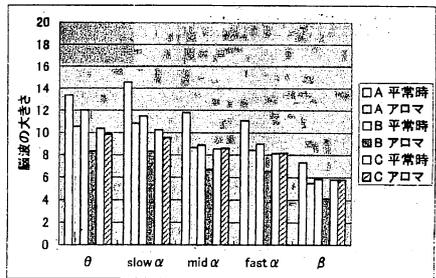
においの広がりを最適化する手段として、エクセルのVBAを用いてにおい拡散シミュレータを製作した。部屋をメッシュ分割し下記の拡散方程式を用い、においの濃度  $u(x,y,t)$  を二次元シミュレーション



(a) ピーチ



(b) オーキッド



(c) ジャスミン

Fig. 6 脳波の比較

する。

$$\frac{\partial u(x, y, t)}{\partial t} = \alpha \left( \frac{\partial^2 u(x, y, t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u(x, y, t)}{\partial y^2} \right) \quad (1)$$

差分解法を用い、横方向を  $i$ 、縦方向を  $j$  とすると、拡散方程式は次式で近似される。

$$u_{i,j}(t+1) = u_{i,j}(t) + \alpha \frac{\Delta t}{(\delta x)^2} (u_{i+1,j}(t) + u_{i-1,j}(t) + u_{i,j+1}(t) + u_{i,j-1}(t) - 4u_{i,j}(t)) \quad (2)$$

周囲に壁がある場合、の境界条件として、下記の変形を行う。

Table 1 脳波の割合

	$\theta$	$\alpha$	$\beta$
A	88	89	87
B	96	91	96
C	72	72	76

(a) ビーチ

(b) オーキッド

	$\theta$	$\alpha$	$\beta$
A	79	74	75
B	69	73	71
C	95	98	99

(c) ジャスミン

- ・上方の壁  $u_{i,j-1}(t) + u_{i,j+1}(t) \rightarrow 2u_{i,j+1}(t)$
- ・下方の壁  $u_{i,j-1}(t) + u_{i,j+1}(t) \rightarrow 2u_{i,j+1}(t)$
- ・右方の壁  $u_{i,j-1}(t) + u_{i,j+1}(t) \rightarrow 2u_{i,j+1}(t)$
- ・左方の壁  $u_{i,j-1}(t) + u_{i,j+1}(t) \rightarrow 2u_{i,j+1}(t)$

## 5.2 拡散係数の推定

シミュレーションと実験データの対比のため、レモンのアロマオイルを用いて匂いの測定を行った。アロマ発生位置から 10 cm 高い場所においてセンサを設置し測定を行った。徐々に増加し約 3600 秒で飽和した。拡散係数を推定するため、高さ方向を考慮した部屋の断面図 (Fig.7) を想定し拡散係数 0.001 から 0.01 の時のシミュレーションを行い、実測値と比較した。結果を Fig.8 に示す。このグラフより、拡散係数を大きくするほど飽和までの時間が長くなるのがわかる。実測値は、実測結果の最終値を 100 として値を計算し直して 5 分ごとの平均を求めてグラフ化してる。実測値とシミュレーション結果を合わせると、拡散係数が 0.002 の時に最もよく両者が一致した。これにより、測定を行ったレモンのアロマオイルの拡散係数は約 0.002 であると推定した。5-3 以降では拡散係数を 0.002 としてシミュレーションを行う。

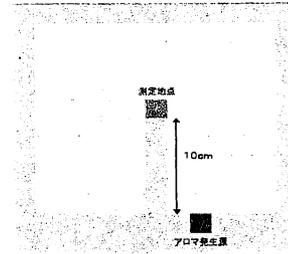


Fig. 7 部屋断面図 (高さ方向を考慮)

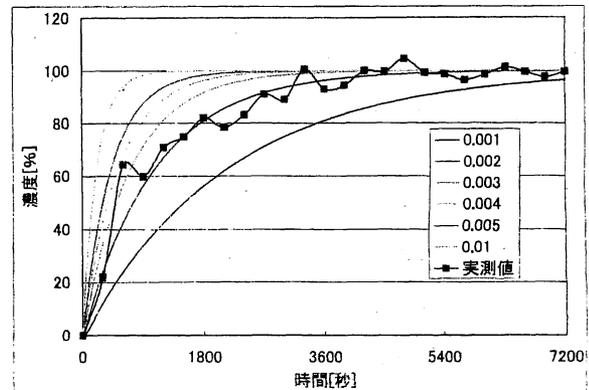


Fig. 8 拡散係数の違いと実測値

## 5.3 形状の違いによる拡散効果

5-1 の方法により、周りを壁で囲んだ Fig.9 の部屋を想定しシミュレーションを行った。シミュレーション条件は以下の通りである。

- 測定時間：1 時間 (3600 秒)
- アロマオイルの数：1 ~ 4 個 (A,B,C,D)
- 測定箇所：5 箇所 (①~⑤)

中央に仕切りのある場合と仕切りのない場合、アロマオイルの配置個数を 1 個から 4 個まで増やした場合でそれぞれ測定した。濃度 90% に達した時の時間をまとめた結果を Fig.10 に示す。個数を増やすほど濃度 90% に達する時間が早くなった。また、個数が 4 個の時は、濃度が 90% に達するまでの時間が一番長かった①(壁なし) の場所で 424 秒、一番短かった②(壁あり) で 287 秒で、差は 137 秒であった。これに対し、個数が 1 個の時は、濃度が 90% に達するまでの時間が一番長かった⑤(壁あり) の場所で 2274 秒、

一番短かった②(壁あり)で1389秒で、差は885秒であり、個数が少ないほど測定箇所によって時間の差があることが分かった。この結果より、アロマオイルの数、測定箇所による違いをシミュレーションすることで、部屋の形状効果を評価できることが分かった。

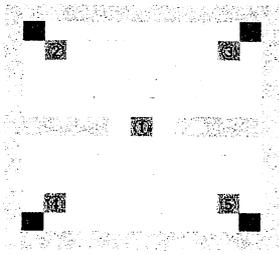


Fig. 9 部屋形状

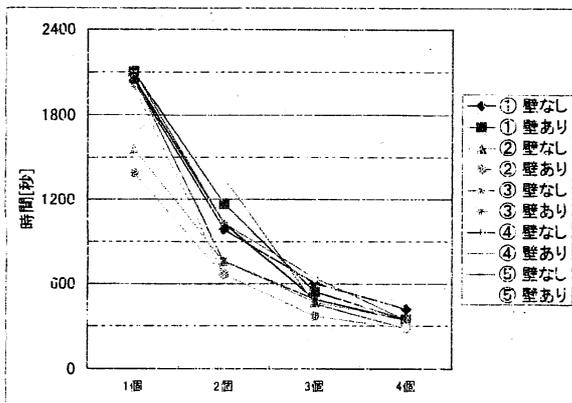


Fig. 10 濃度 90%地点の時間の比較

#### 5.4 加熱ランプの点滅効果

匂い発生量を制御するため、加熱ランプのオンオフ時間のデューティ比を変えることの効果を評価した。デューティ比Dは、

$$D = \frac{\text{パルス幅}}{\text{周期}} = \frac{\text{オン時間}}{\text{オン時間} + \text{オフ時間}} \quad (3)$$

で表している。四限のますにアロマオイルを配置し中央を測定箇所とし、on/off = 1(D=0.5)で固定し、周期を5秒~120秒まで変えてシミュレーションを行った。結果を Fig.11 に示す。時間間隔を狭めるほど濃度の変動が小さくなった。変動が1%以下となった1~10秒内で時間を変えたとし、on/offを1~10まで

変更してシミュレーションを行なった結果、デューティ比を小さくするほど飽和した時の濃度も低くなることがわかった。飽和している1800秒~3600秒の間の濃度の平均を取り(これを飽和濃度とする)、デューティ比との関係を表したものを Fig.12 に示す。この結果より、デューティ比と濃度が比例関係にあり、ランプの点滅を調節して選ぶことによって、匂いの濃度を制御できることが分かった。

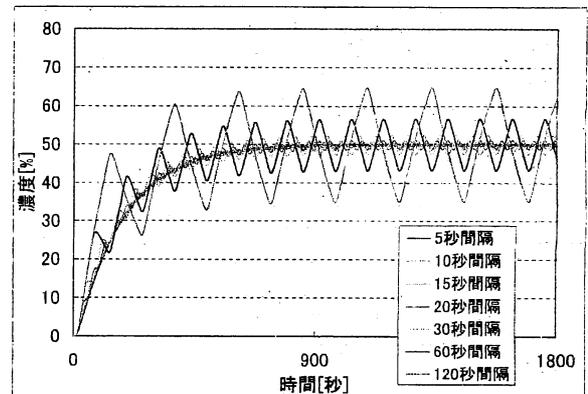


Fig. 11 時間間隔と濃度の関係 (on/off=1)

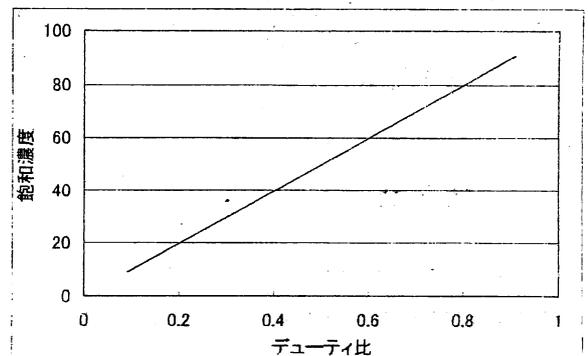


Fig. 12 デューティ比と飽和濃度の関係

#### 6. 考察

シミュレーションでは、部屋を11メッシュ分割した部屋を想定してシミュレーションを行った。この11メッシュ分割の精度を評価するため、3メッシュ分割、5メッシュ分割、21メッシュ分割、33メッシュ分割と比較した。時間が180秒の時の濃度とメッシュ

幅の関係を Fig.13 に示す。メッシュ幅を大きくするほど濃度 40 % に近づいたことから、180 秒の実際の濃度は約 40 % と思われる。この濃度とそれぞれのメッシュ幅の濃度の誤差は、3 メッシュ分割で 150 %、5 メッシュ分割で 108 %、11 メッシュ分割で 50 %、21 メッシュ分割で 20 %、33 メッシュ分割で 5 % であった。実際のシミュレーションで扱っていた 11 メッシュ分割は誤差が 50 % と高めであったが、Excel の VBA ではメッシュ幅を大きくするほどシミュレーションの時間がかかりすぎてしまうため、11 メッシュ分割とした。今後は、メッシュをさらに細かくするため C 言語によるシミュレータの高速化も検討したい。

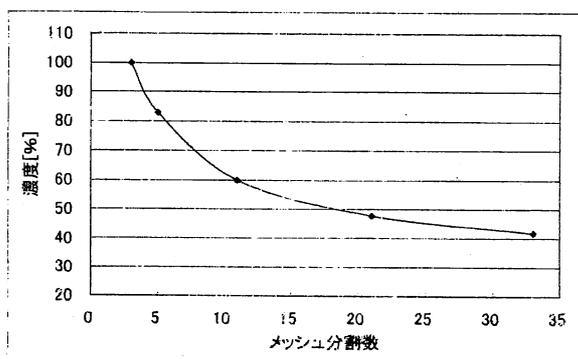


Fig. 13 メッシュ幅による違い

## 7. まとめ

センサネットワークを用いたアロマセラピーシステムを実現するため、匂いの脳波への効果の計測とデータベース化の検討、アロマランプのオンオフ制御、脳波測定器の携帯化、匂い拡散シミュレータの製作・評価を行った。シミュレーションにより、部屋の形状による拡散効果の違い、デューティ比の変更によるにおいの濃度調整が行なえるという結果が得られた。

## 参考文献

- 1) 中村達郎、今野紀子、島田尊正、宮保憲治『1/f ゆらぎを適用した癒し環境空間の検討』電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文 2007 年
- 2) 佐々木薫『アロマセラピー図鑑』主婦の友社
- 3) 一井亮介、前田陽一郎、高橋泰岳『脳波特徴抽出を用いたリラクゼーション効果測定手法』日本知能情報ファジィ学会
- 4) 後閑哲也『基礎入門センサ活用の素』技術評論社