

アロマセラピーのための エッセンシャルオイル・データベースを対象とした 香りと心理的効果の関連性計量機構の実現

佐保田 恵[†] 佐々木 史織[‡] 清木 康[†]

[†]慶應義塾大学 環境情報学部 〒252-0805 神奈川県藤沢市遠藤 5322

[‡]慶應義塾大学 政策・メディア研究科 〒252-0805 神奈川県藤沢市遠藤 5322

E-mail: † ‡ {t08462ks, sashiori, kiyoki} @sfc.keio.ac.jp

あらまし 本稿では、アロマセラピー（芳香療法）において使用されるエッセンシャルオイル（精油）の心理的効果に着目し、エッセンシャルオイル利用者の心理状態とエッセンシャルオイルがもつ心理的効果の関係をマトリクスの形式で知識表現し、それらを対象とした関連性計量機構を実現する方法、および、自然療法（芳香療法を含む）の知識を反映した意味的検索空間の構成方法を示す。さらに、意味の数学モデルによる意味的連想検索方式を適用した意味的検索空間を作成し、実際にアロマセラピーで使用されているエッセンシャルオイルの心理的効果と検索者の意図に合致したエッセンシャルオイルを相関量計算によって検索する方法、および、その実現システムを示し、実際の検索実験により、本方式の実現可能性と有用性を示す。

キーワード データベース、感性データベース、ベクトル空間、意味的検索空間方式、情報推薦

1. はじめに

我々は、日々生活する上で五感（視覚、聴覚、触覚、味覚、嗅覚）を働かせて外界を感知している。例えば、目の前にあるマグカップから湯気が出ていて（視覚）コーヒーの香り（嗅覚）がしており、美味しそうだったのでマグカップを手にして（触覚）飲んでみると予想通り美味しかった（味覚）というように日常生活の何気ない動作でも五感を使用しているということが分かる。しかし、そのように日常的に使っている五感にも関わらず、視覚、聴覚の研究は進んでいる一方で、嗅覚は五感の中でも最も研究の遅れた分野といわれてきた。なぜなら、同じような化学構造をもっている物質でもにおいがまったく異なる場合や、例えうまく数値化できたとしてもにおいはその影響が長く残ってしまう場合があり、実験には大きな時間と苦労がともなうためである[3]。しかし、嗅覚によって得られる香り成分は、人間の記憶、感情、言語といった学習能力を飛躍的に向上させる可能性を秘めていること、癌等の病気の早期発見に臭気システムが注目されていること[4]等により、近年では研究分野として注目が集まるようになってきた。特にアロマセラピー（芳香療法）等の体調と精神の乱れを目的とした製品の研究開発は、現代社会において潜在的な重要が大きいと考えられる。

アロマセラピーとは、「芳香療法」と訳される自然療法の一つであり、芳香植物から抽出したエッセンシャルオイル（精油）を使って、健康や美容に役立てる

ものである。最近では病院や鍼灸治療院等でもアロマセラピーを利用して治療を行う機関が多数あり、医学的見地から薬理効果が検証されている[1]。また、ストレス社会といわれる現代社会において香りから精神状態を安定させ、心理的効果を生み出すものとして、個人がアロマセラピーを気軽に利用する機会も増やすことも期待される。

アロマセラピーの個人的な利用方法としては、バスhtubにエッセンシャルオイルを落として入浴し、鼻と皮膚から芳香成分を取り込むアロマバスや、電球の熱でエッセンシャルオイルを温めるアロマライト（芳香浴専用のグッズ）により、鼻から芳香成分を取り込む等、多くの利用方法がある。このようにアロマセラピーは身近に利用できるものであるが、一方で、使用するエッセンシャルオイルに関して正しい知識をユーザが持たない場合、求める効果を得られないこともあり、それより、敷居が高くなっていることも指摘される。実際に、アロマセラピーで使用されるエッセンシャルオイルは、植物の花や葉、種子、果皮、樹皮等から抽出された芳香物質がエッセンシャルオイルとなるため、芳香植物は約 3000 種以上あり、流通するものでも約 200 種あるといわれている。

そこで、本稿では、アロマセラピーで使用されるエッセンシャルオイルの心理的効果に着目し、エッセンシャルオイルがもつ心理的効果、および、検索者の心理状態の関係をマトリクスの形式で知識表現することにより、それらを対象とした関連性計量機構を作成し、

自然療法（芳香療法を含む）の知識を反映した意味的検索空間を示す。さらに、意味の数学モデル[5][6]による意味的連想検索方式を適用した意味的検索空間を作成し、実際にアロマセラピーで使用されているエッセンシャルオイルの心理的効果と検索者の意図に合致したエッセンシャルオイルを相関量計算によって検索する方法、および、その実現システムを示す。本システムを用いることにより、利用者は、それぞれのエッセンシャルオイルと似た心理的効果をもつエッセンシャルオイルの情報を獲得することが可能になる。また、現在の心理・精神状態から回復・改善、および、求める心理・精神状態に関連するエッセンシャルオイルの情報を獲得することも可能となる。

2. 基本方式

2.1 意味的検索空間の生成方式

ここでは、意味の数学モデル[5][6][7][8]による意味的連想検索方式へ適用するためのアロマセラピーを対象とした意味的検索空間の生成方式を述べる。本稿における「特徴語 (feature)」とは、意味的検索空間生成のためのマトリクスにおいて行要素にあたるエッセンシャルオイルがもつ心理的効果の単語をさし、「基本データ」とはマトリクスの列要素にあたるエッセンシャルオイルの種類、および、検索者の心理的状態や求める心理的効果を表す単語などのデータを示す。これらの特徴語と基本語を用いてマトリクスを作成し、その相関行列を固有値分解し、正規化することで意味的検索空間が生成される。また、検索対象となるエッセンシャルオイルのデータ、および、検索語のそれぞれについても同様にマトリクスを生成、ベクトル化し、意味的検索空間へ写像する。意味の数学モデルでは、検索対象となるベクトル表現されたデータをマッピングするための正規直交空間(以下、メタデータ空間)を設定する。

意味の数学モデルは、検索者(利用者)のもつ印象、および、内容によるメディアデータの意味的連想検索を実現する。このモデルでは、正規直交空間上に、検索者が獲得したい対象データの内容あるいは印象を表現するために使用する検索語に対応するベクトル(検索語ベクトル)、および、各対象データ(メディアデータ)の特徴を表す言葉(単語群)に対応するベクトルとして写像する。そして、対象データの内容あるいは検索者の印象を表す文脈として複数の検索語が与えられると、その文脈に対応する正規直交空間の部分空間を選択する。その部分空間における対象ベクトルの位置により、その文脈と相関の強いデータを動的に抽出する。

本モデルでは、設定されたメタデータ空間へデータのメタデータをベクトル化し写像することにより、同じ空間に検索対象データのメタデータが配置されることになり、検索対象データ間の意味的な関係を空間上

での距離として計算することが可能となる。

本論文が検索対象とするエッセンシャルオイルのデータ O には、メタデータとして t 個の印象語 w_1, w_2, \dots, w_t が以下のように付与されていることを前提とする。

$$O = \{w_1, w_2, \dots, w_t\} \quad (1)$$

各印象語は、ベクトル表現された特徴で表される。

$$w_i = (f_{i1}, f_{i2}, \dots, f_{in}) \quad (2)$$

各検索対象エッセンシャルオイルのデータは、メタデータとして付与されている t 個の印象語が合成されベクトル表現された後、メタデータ空間へ写像される。

2.2 意味的連想検索方式の適用

エッセンシャルオイル検索者は現在の心理・精神状態にあった求める効果や求める心理的効果などを単語もしくは複数の単語を用いて表現する。この検索者が与える単語の集合をコンテキストと呼ぶ。このコンテキストを用いてメタデータ空間に各コンテキストに対応するベクトルを写像する。これらのベクトルは、メタデータ空間において合成され、意味重心を表すベクトルが生成される。意味重心から各軸への射影値を相関とし、閾値を超えた相関値を持つ軸からなる部分空間が選択される。

選択されたメタデータ空間の部分空間において、データベクトルのノルムを検索語列との相関として計量する。これにより、与えられコンテキストと各メディアデータとの相関の強さを定量化している。この意味空間における検索結果は、各メディアデータを相関の強さについてソートしたリストとして与えられる。

3. 実現方式

3.1 基本ステップ

ここでは、アロマセラピーにおけるエッセンシャルオイルと心理的効果の関係、および、利用者が求める心理・精神状態の関係をマトリクスで表現することによる意味的検索空間の実現方式を述べる。本方式により実現された意味的検索空間は、利用者が現在の心理・精神状態から回復・改善、求める心理・精神状態に関連するオイルの情報を検索することを可能とする。また、それぞれのエッセンシャルオイルから類似する心理的効果をもつエッセンシャルオイルの情報を獲得することも可能にしている。

なお、本来アロマセラピーでは複数のエッセンシャルオイルを専門知識に従って調合することにより使用するが、本稿では個々のエッセンシャルオイルの効果に注目した検索方式の実現を行う。

本実現では、以下のステップにより意味的検索空間方式の実現を行った。空間の構成図を図1に示す。

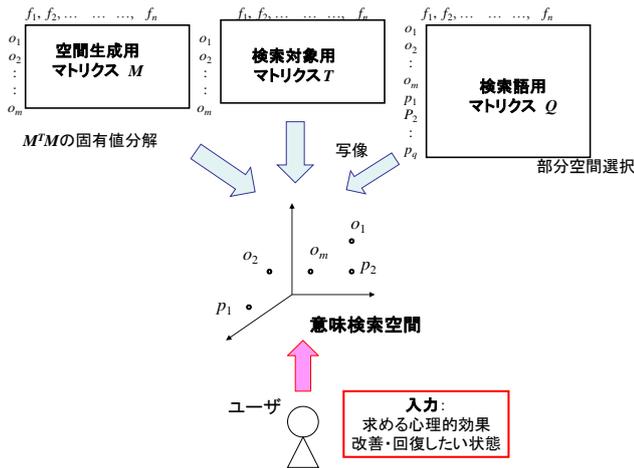


図 1. アロマセラピーを対象とした意味検索空間の構成図

Step-1: 基本データと特徴語の選定

文献[1]を参照し、アロマセラピーにおいて主に利用されている 118 種のエッセンシャルオイル $\{o_1, o_2, \dots, o_{118}\}$, および、利用者が必要と思われる心理的效果 $\{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ (たとえば, “「怒り」を解消する”, “「前向き」にする”, “「イライラ」をやわらげる” 等) を基本データとする. また, オープンソース形態素解析エンジンの MeCab[2]を使用して形容詞・名詞を抽出し, 文献[1]において示されているエッセンシャルオイルの心理的效果に関連する単語の出現回数を求め, 上位に位置づけられた単語 28 語 $\{p_1, p_2, \dots, p_{28}\}$ を特徴語とする. たとえば, 「怒り」, 「不安」, 「バランス」等が特徴語として設定される.

Step-2: 空間生成用マトリクス M の作成

基本データであるエッセンシャルオイル 118 種について, 関連のある特徴語に「1」を, 関連性の無い特徴語には「0」を, 否定的な関連をもつ特徴語には「-1」を設定する. 以下に, マトリクス作成の例を示す.

	anger[p1]	anxiety[p2]	balance[p3]	...	uplift[p28]
Allspice	0	0	0	...	0
Angelica root	0	0	1	...	0
Anis seed	0	0	0	...	0
Balsam true	0	0	0	...	0
Basil sweet	0	0	1	...	0
Benzoin	0	0	0	...	1
Bergamot	-1	-1	0	...	0

Step-3: 検索対象用マトリクス T の作成

基本データであるエッセンシャルオイル 118 種についても Step-2 と同様に, 関連のある特徴語においては「1」, 関連性の無い特徴語には「0」を, 否定的な関連をもつ特徴語に「-1」とする. 例えば, 「Ginger (ジンジャー)」のエッセンシャルオイルには「冷めた心を明るく盛り

上げる」という心理的效果がある. この場合「明るく」「盛り上げる」という心理的效果をもつため, 特徴語の「明るく」「盛り上げる」に対して関係性をもつ「1」が設定される. また, 「Rose (ローズ)」のエッセンシャルオイルは「1, ネガティブな感情をほぐす. 2, 緊張およびストレスの解消を助け, 眠りを促す.」という心理的效果をもっている. この場合「ネガティブ」ならびに「緊張」「ストレス」という感情を解消するという効果をもつため, 特徴語「ネガティブ」「緊張」「ストレス」には「-1」が設定される.

Step-4: 検索語用マトリクス Q の作成

検索語用マトリクス作成のプロセスでは, 基本データとして, エッセンシャルオイルだけでなく利用者が必要とすると思われる心理的效果もデータ項目に設定する. Step-2, 3 と同様にしてエッセンシャルオイルにおいて特徴語を設定する. 検索者の効果においては, エッセンシャルオイルの時のように関連をみせるものは「1」とし, 関連性の無い特徴語には「0」を, 否定的な関連をもつ特徴語には「-1」とする. 例えば, エッセンシャルオイルがもつ心理的效果の中に「元気になる (促す)」という効果がある. この場合, 「元気」という特徴語に対してプラスの意味をもつ関連性があるため「1」と設定される. 一方, 他の心理的效果として「ストレス」という特徴語については, ストレスを解消する効果をもつため否定的な関係を示す「-1」, と設定される.

生成された行列の項目 (基本データ) は 118 種 (空間生成用, 検索対象用), 148 種 (検索語用), 特徴語は 28 語 (空間生成・検索対象・検索語共通) となった.

特徴語として使用した単語 28 語を表 2 に示す.

表 2 検索空間生成、検索対象、検索語に共通して使用される特徴語：エッセンシャルオイルの効果を表現するために重要な語として抽出された 28 語

特徴語		
1	anger	怒り
2	anxiety	不安
3	balance	バランス
4	calm	冷静
5	cheerful	元気
6	clear	クリア
7	clearheaded	頭脳明晰
8	composed	落ち着く
9	concentrate	集中力
10	confidence	自信
11	courage	勇気
12	depression	うつ
13	fatigue	疲労
14	happy	幸福

15	irritation	イライラ
16	light	明るく
17	motivation	やる気
18	negative	ネガティブ
19	panic	動揺
20	positive	前向き
21	refresh	リフレッシュ
22	relax	リラックス
23	sleep	安眠
24	sleeplessness	不眠
25	stimulus	刺激
26	strain	緊張
27	stress	ストレス
28	uplift	高揚

3.2 プロトタイプシステム実装

プロトタイプシステムを Web アプリケーションとして Perl と CGI を用いて実装し、実際に検索を行った際の検索結果の出力の様子を図 2 に示す。



図 2. アロマセラピー・エッセンシャルオイルデータベースを対象とした香りと心理的効果の関連性計量機構プロトタイプシステムのユーザインタフェースおよび検索結果出力例

4. 実験

3 章で示した実現方式によってプロトタイプシステムを構築し、実際に検索を行うことにより、本方式の実現可能性と有効性を検証した。

4.1 実験 1: 検索精度の検証

ここでは、構築した実験システムの検索精度を検証するため、まずエッセンシャルオイルから似た効果のあるエッセンシャルオイルの検索を行う。

- (1) クエリを Perilla (シソ) とし、これに似た効果を持つエッセンシャルオイルを検索する。

結果を表 3 に示す。Perilla の心への働きは「緊張をやわらげる。」というものだが、第 2 位に検索された Taget (タジェット) の心への働きは「意識をクリアにし、緊張をほぐす.」、第 3 位に検索された Yarrow (ヤロウ) は「極度の緊張をほぐす. 気力が衰えたとき、勇気を奮い起させる.」という効果をもたらす。Perilla の特徴語を「緊張」と定めていたため上位 3 位についてはもちろん、上位 10 位に検索されたエッセンシャルオイルについてもすべてに含まれ、妥当な結果であると判断できる。

表 3. クエリをエッセンシャルオイル名「Perilla(シソ)」とした場合の類似する効果を持つオイル名検索結果

順位	検索結果	相関量
1	Perilla	0.718284
2	Taget	0.617662
3	Yarrow	0.573289
4	Balsam true	0.481166
5	Lavender	0.433555
6	Tangerine	0.433555
7	Vetiver	0.428948
8	Cedar wood	0.416756
9	Spike lavender	0.416756
10	Cardamon	0.404026

- (2) クエリを Angelica root (アンジェリカ・ルート) とし、これに似た効果を持つエッセンシャルオイルを検索する。

結果を表 2 に示す。Angelica root の心への働きは「無気力や精神疲労から脱する手助けになる。弱った精神を安定させ、ストレスをやわらげる。」というものだが、第 2 位に検索された Allspice (オールスパイス) の心への働きは「疲れた心を元気づけ、気力を高める.」、第 3 位に検索された Pine needle (パイン・ニードル) は「疲れた心をやわらげ、元気にさせる。」という効果をもたらす。Angelica root の特徴語を「やる気」、「疲労」、「バランス」、「ストレス」と定めていたため上位 3 位についてはもちろん、上位 10 位に検索されたエッ

センシャルオイルについてもいずれかの特徴語を有しており、妥当な結果であると判断できる。

9	Citronerlla	0.428310
10	Spearmint	0.425909

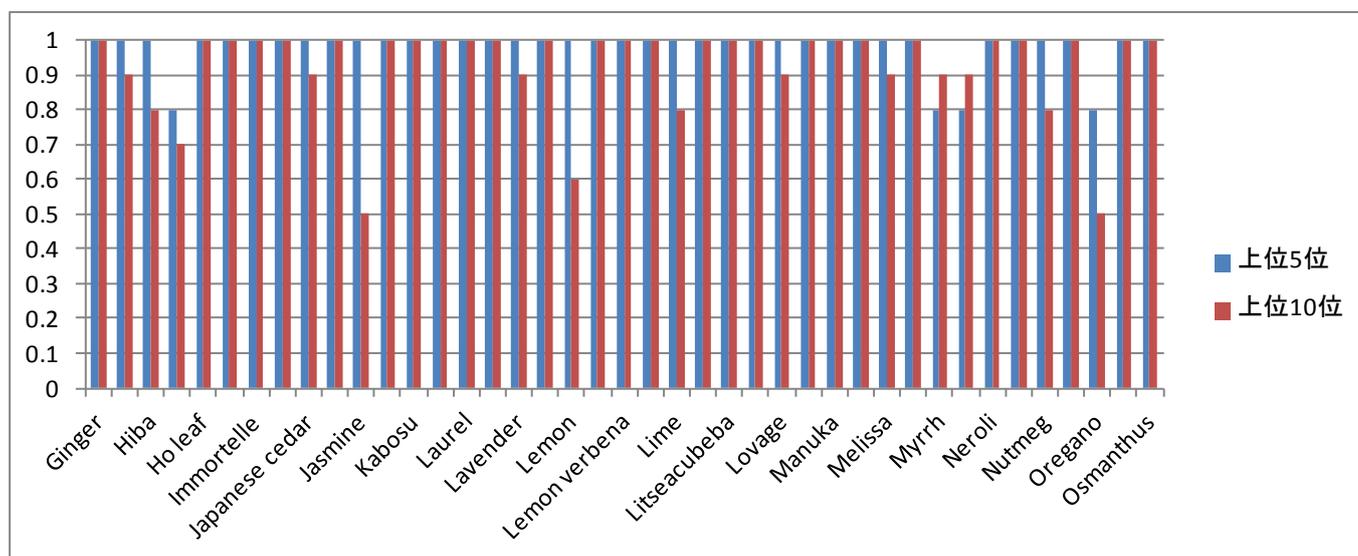
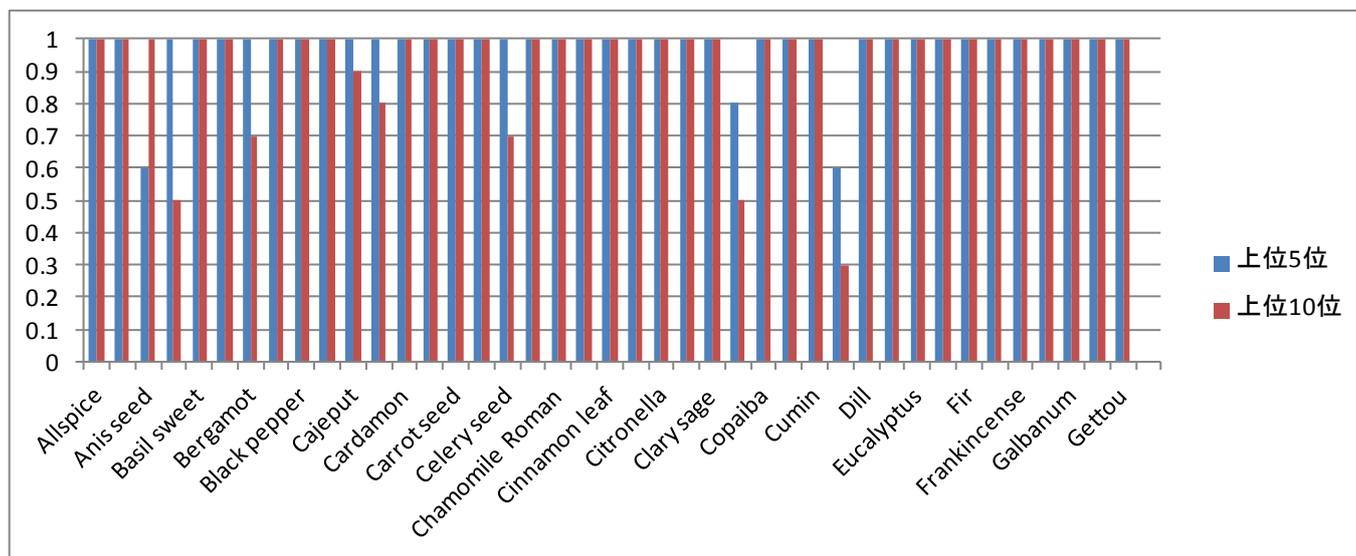
表 4. クエリをエッセンシャルオイル名「Angelica root(アンジェリカ・ルート)」とした場合の類似する効果を持つオイル名検索結果

順位	検索結果	相関量
1	Angelica root	0.691145
2	Allspice	0.647818
3	Pine needle	0.484229
4	Carrot seed	0.468744
5	Myrrh	0.460997
6	Lemongrass	0.441944
7	Spikenard	0.441186
8	Ylang ylang	0.430379

以上の検索例と同様に、すべてのエッセンシャルオイル名 118 種をクエリとして類似する効果をもつエッセンシャルオイル名を検索した結果を図 3 に示す。検索結果にクエリのもつ特徴語と同じ特徴語をもつかどうかで判断した結果、検索結果上位 5 位では平均適合率 0.9830508, 上位 10 位では 0.94407 と高い精度をもっていることがわかる。

しかし、上位に出力されないものもある。それはエッセンシャルオイルがもつ特徴語が複数ある場合、相対的に重みが下がってしまうため、他のエッセンシャルが上位に出力される場合があると考えられる。

(縦軸：適合率，横軸：エッセンシャルオイル)



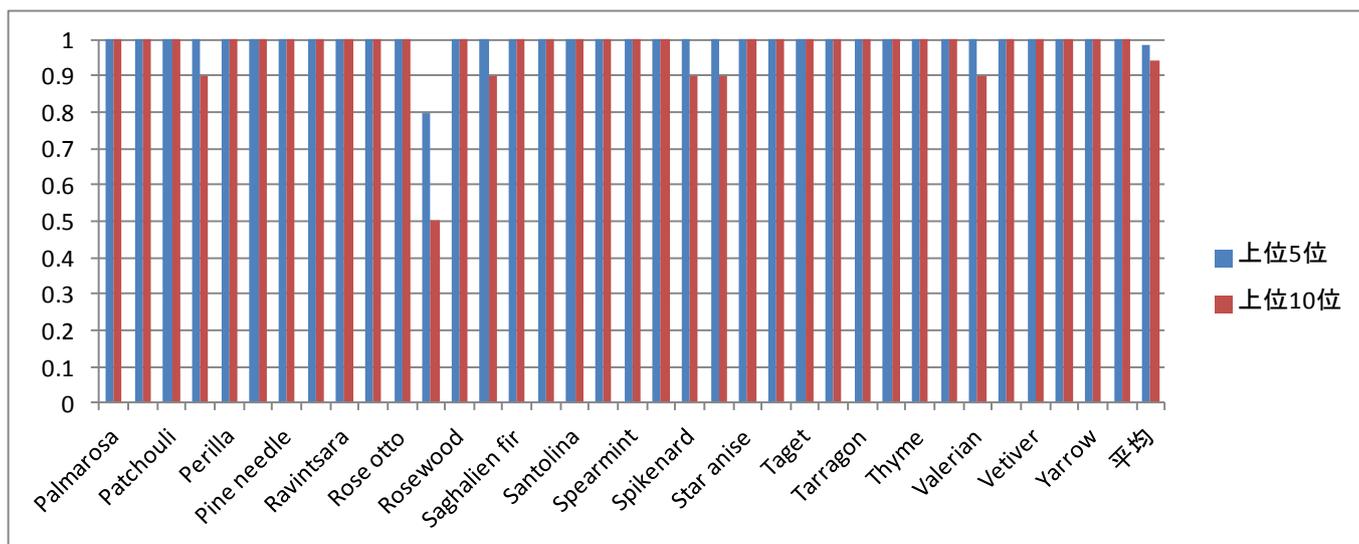


図 3. すべてのエッセンシャルオイル名 118 種をクエリとして類似する効果を持つエッセンシャルオイルを検索した場合の適合率: 上位 5 位と上位 10 位中に同様の特徴語を含むエッセンシャルオイルが検索された割合を計算した。検索結果上位 5 位では平均適合率が 0.9830508, 上位 10 位では平均適合率が 0.94407 となっている。

4.2 実験 2: ユーザの心理・精神状態に合ったエッセンシャルオイルの検索

本方式の目的である, ユーザが求める心理・精神状態に合ったエッセンシャルオイルの検索を行う。

(1) ユーザが stress (ストレス) を解消, および, やわらげたいと思った時を想定し, これをクエリとして検索を行った。

結果を表 5 に示す. 第 1 位に検索された Japanese mint (ハッカ/ジャパニーズ・ミント) の心への働きは「ストレスをやわらげる。」となっている。また, 第 2 位に検索されている Marjoram sweet (マージョラム・スイート) の心への働きは「不安や孤独感, ストレスをやわらげる。」となっている。また, 第 3 位に検索された Rosewood (ローズウッド) の心への働きは「ストレスを解消し, 憂鬱な気分をやわらげる。」となっており, 上位の検索結果はユーザの求めるものを促すものとなっているといえる。

また, このクエリについての上位 10 位の検索結果の適合性を検証すると, 10 位すべてのエッセンシャルオイルは特徴語「ストレス」を有しており, 妥当な結果であると判断できる。

表 5. ユーザが stress(ストレス)を解消, および, やわらげたいと思った場合のエッセンシャルオイル検索結果

順位	検索結果	相関量
1	Japanese mint	0.726360
2	Marjoram sweet	0.633110
3	Rosewood	0.604999
4	Elemi	0.602608

5	Hiba	0.580095
6	Carnation	0.566203
7	Carrot seed	0.565431
8	Lemongrass	0.563198
9	Petitgrain	0.489688
10	Tangerine	0.483238

(2) ユーザが anxiety (不安) を解消, および, やわらげたいと思った時を想定し, これをクエリとして検索を行った。

結果を表 6 に示す. 第 1 位に検索された Frankincense (フランキンセンス) の心への働きは「哀しい心をなぐさめ, 不安をやわらげる。」となっている。第 2 位に検索された Cedar wood (シダー・ウッド) と Spike lavender (スパイクラベンダー) の心への働きは「不安をやわらげ, 緊張をほぐす。」「緊張をほぐし, 不安をやわらげる。」となっており, 上位の検索結果はユーザの求めるものを促すものとなっているといえる。

また, このクエリについての上位 10 位の検索結果の適合性を検証すると, 10 位すべてのエッセンシャルオイルは特徴語「不安」を有しており, 妥当な結果であると判断できる。

表 6. ユーザが anxiety(不安)を解消, およびやわらげたいと思った場合のエッセンシャルオイル検索結果

順位	検索結果	相関量
1	Frankincense	0.698144
2	Cedar wood	0.610287
	Spike lavender	0.610287

4	Carnation	0.532168
5	Violet leaf	0.514661
6	Mandarin	0.511837
7	Neroli	0.488660
8	Marjoram sweet	0.482941
9	Lemongrass	0.473215
10	Hyssop	0.469943

以上の検索例と同様に、検索空間生成、検索対象、検索語に共通して使用される特徴語、すなわち、エッセンシャルオイルの効果を表現するために重要な語として抽出された 28 語をクエリとして、ユーザの心理・精神状態に合ったエッセンシャルオイルを検索した場合を図 4 に示す。検索結果にクエリのもつ特徴語と同じ特徴語をもつかどうかで判断した結果、上位 5 位では平均適合率 0.9071429、上位 10 位では 0.73571 の高い精度をもつことがわかる。

(3)また、意味的検索では、複数の心理・精神状態を表すキーワードを用いてコンテキストを融合させた検索が可能となっている。そのため、ユーザが anxiety (不安) を解消し、strain (緊張) を解消したいと思った時を想定し、これらをクエリとして検索を行い、その結果を表 6 に示す。第 1 位に検索された Spike lavender (スパイクラベンダー) の心への働きは「緊張をほぐし、不安をやわらげる。」となっている。また Cedar wood (シダー・ウッド) の心への働きは「緊張

をほぐし、不安をやわらげる。」となっており、上位の検索結果はユーザの求めるものを促すものとなっているといえる。

このクエリについての上位 10 位の検索結果の適合性を検証すると、上位 10 件の検索結果の適合率をとって見たところ第 1 位の Spike lavender, Cedar wood, 第 4 位の Hyssop, 第 5 位の Bergamot, 第 6 位の Neroli1 に関して「不安」「緊張」というキーワードが含まれその他の 5 件に関して特徴語「不安」もしくは「緊張」を有していた。上位の検索結果はユーザが求めるものを促すものとなっているといえる。

表 7. ユーザが anxiety(不安)を解消し, strain(緊張)をやわらげたいと思った場合のエッセンシャルオイル検索結果

順位	検索結果	相関量
1	Spike lavender	0.708143
	Cedar wood	0.708143
3	Frankincense	0.634516
4	Hyssop	0.632924
5	Bergamot	0.617157
6	Neroli	0.616152
7	Violet leaf	0.598285
8	Perilla	0.558870
9	Tangerine	0.537871
	Lavender	0.537871

(縦軸：適合率、横軸：エッセンシャルオイル)

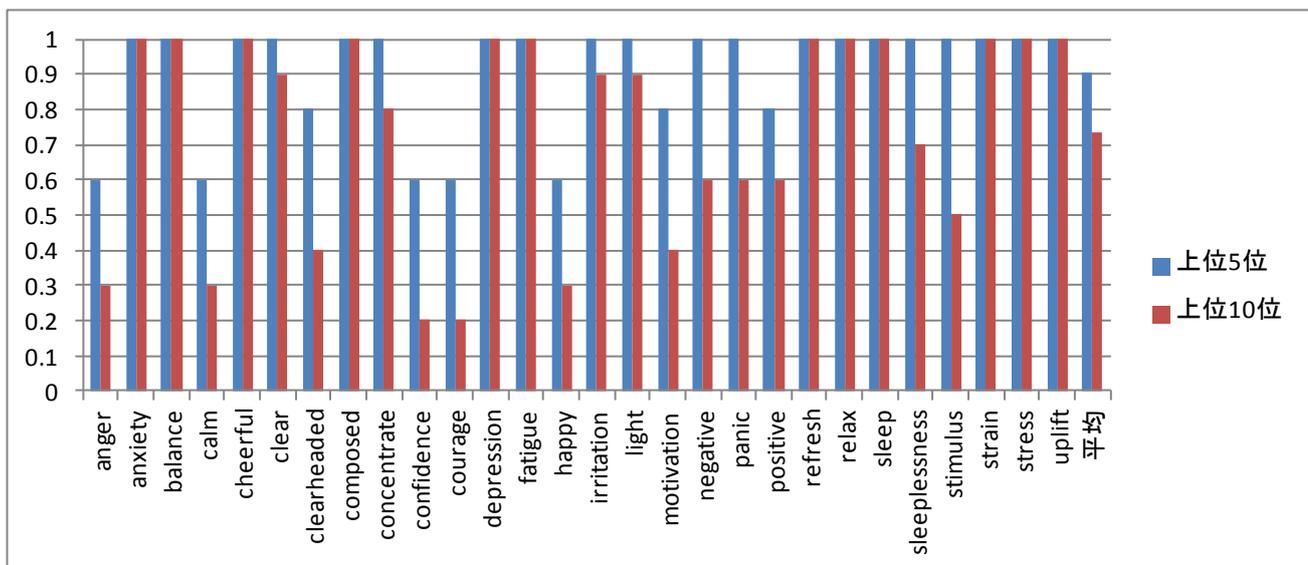


図 4. エッセンシャルオイルの効果を表現するために重要な語として抽出された 28 語をクエリとして、ユーザの心理・精神状態に合ったエッセンシャルオイルを検索した結果：検索結果上位 5 位では平均適合率 0.9071429、上位 10 位では平均適合率 0.73571 の高い精度をもつことがわかる。

5. 結論

本稿では、アロマセラピーにおいて使用されるエッセンシャルオイルの心理的効果に着目し、エッセンシャルオイルがもつ心理的効果と検索者の心理状態の関係をマトリクスの形式で知識表現することにより、それらを対象とした関連性計量機構を作成し、自然療法の知識を反映した意味的検索空間の実現方式を示した。さらに、意味の数学モデルによる意味的連想検索方式を適用した意味的検索空間を作成し、実際にアロマセラピーで使用されているエッセンシャルオイルの心理的効果と検索者の意図に合致したエッセンシャルオイルを相関量計算によって計算する方法、および、その実現システムを示し、実際の検索実験により、本方式の実現可能性と有用性を示した。本システムを用いることにより、検索者は、現在の心理・精神状態から回復・改善、および、求める心理・精神状態に関連するエッセンシャルオイルの情報を獲得することが可能となる。また、それぞれのエッセンシャルオイルと似た心理的効果をもつエッセンシャルオイルの情報を獲得することも可能になった。

アロマセラピーで使用するエッセンシャルオイルは1種類で使用するはもちろん、複数種を混ぜて使用することが多い。そのため、複数のエッセンシャルオイルの調合効果、時間的変化等を反映したシステムを実現することで、より実用的なものになると思われる。今後の展開としては、香りの心理的作用の関連性を計量するシステムの応用として、空間デザインや、絵画・音楽・映像といったマルチメディア・デザインとのミックスや変換など、触覚・視覚・聴覚との融合を考えている。

参 考 文 献

- [1] 佐々木薫 (監修), 『最新版アロマセラピー図鑑』主婦の友社, 2009.
- [2] 日本香料協会編『香りの百科』2009.
- [3] 外崎肇一, 『「におい」と「香り」の正体』, 青春出版
- [4] Michael McCulloch, Tadeusz Jezierski, Michael Broffman, Alan Hubbard, Kirk Turner, and Teresa Janecki “Diagnostic Accuracy of Canine Scent Detection in Early-and Late-Stage lung and Breast Cancers,” 2006.
- [5] Kiyoki, Y., Kitagawa, T. and Hayama, T. : “A Metadatabase System for Semantic Image Search by a Mathematical Model of Meaning,” ACMSIGMOD Record, vol. 23, no. 4, pp. 34-41, 1994.
- [6] 清木 康, 金子 昌史, 北川 高嗣, “意味の数学モデルによる画像データベース探索方式とその学習機構”, 電子情報通信学会論文誌, D-II, Vol. J79-D-II, No. 4, pp. 509--519, Apr. 1996.
- [7] Kitagawa, T. and Kiyoki, Y. :The mathematical model of meaning and its application to multidatabase systems , proceedings of 3rd IEEE International Workshop on Research Issues on data Engineering : Interoperability in Multidatabase Systems, pp.130-135, April 1993.
- [8] Kiyoki, Y., Kitagawa, T. and Hayama, T. : A fundamental framework for realizing semantic interoperability in a multidatabase environment, Journal of Integrated Computer-Aided Engineering, Vol. 2, No. 1, pp. 3-20, John Wiley & Sons, Jan. 1995.
- [9] 石原 冴子, 清木 康 : “異分野データベース群を対象とした意味的検索空間統合方式とその実現,” 情報処理学会論文誌 : データベース, Vol.43, No.SIG5(TOD14), pp.37-53. 2002.
- [10] 曾根由希子, 吉田尚史, 清木 康 : “精神医学分野データベースを対象とした抽象度依存量空間と因果関係計量空間の実現方式,” 情報処理学会研究報告, 2005-DBS-137 (II), pp. 607-614, (電子情報通信学会技術研究報告 Vol.105, No. 172), July 2005