

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-62720

(P2014-62720A)

(43) 公開日 平成26年4月10日(2014.4.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
F 2 4 F 11/02 (2006.01)	F 2 4 F 11/02 S	3 L 2 6 0
A 6 1 B 5/1455 (2006.01)	F 2 4 F 11/02 A	4 C 0 3 8
	F 2 4 F 11/02 1 O 3 A	
	A 6 1 B 5/14 3 2 2	

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2012-209365 (P2012-209365)
 (22) 出願日 平成24年9月24日 (2012.9.24)

(71) 出願人 504190548
 国立大学法人埼玉大学
 埼玉県さいたま市桜区下大久保255
 (74) 代理人 100104204
 弁理士 峯岸 武司
 (72) 発明者 綿貫 啓一
 埼玉県さいたま市桜区下大久保255 国立大学法人埼玉大学内
 (72) 発明者 侯 磊
 埼玉県さいたま市桜区下大久保255 国立大学法人埼玉大学内
 (72) 発明者 近藤 祐樹
 埼玉県さいたま市桜区下大久保255 国立大学法人埼玉大学内

最終頁に続く

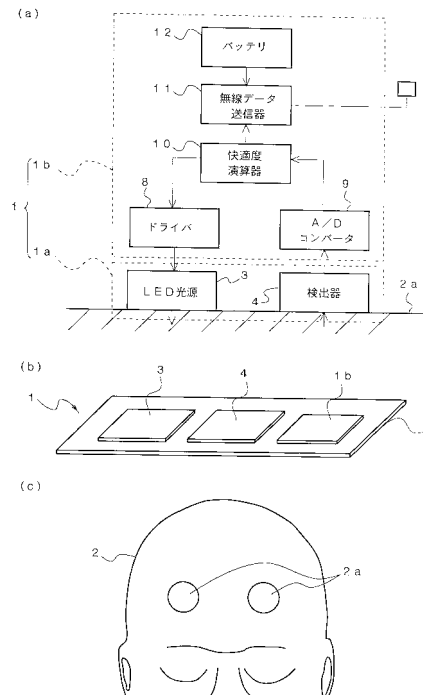
(54) 【発明の名称】 快適度センサおよびこれを用いた空気調和装置

(57) 【要約】

【課題】 人の感じる快適度を忠実かつ容易に指標することの出来る快適度センサ、および真に快適な空調制御を経済的に行うことが可能な空気調和装置を提供する。

【解決手段】 LED光源3によって脳の前頭前野部2aへ近赤外光を送出し、前頭前野部2aの脳表を透過した近赤外光を検出器4によって受光する。そして、検出器4で受光された近赤外光を近赤外分光法によって分析して、前頭前野部2aの脳表におけるoxy-HBの濃度変化を快適度演算器10によって算出する。快適度センサ1は、この快適度演算器10によって算出されたoxy-HBの濃度変化に基づいて前頭前野部2aの脳賦活反応を解析し、解析したこの脳賦活反応から人の感じる快適度を推測する。空気調和装置21は、快適度センサ1によって検知される、人の感じる快適度を忠実に反映した快適度に基づいて、部屋31の空調制御を無駄なく行う。

【選択図】 図1



また、空調機器は現在の人々の生活に不可欠なものとなっているが、空調機器が占める電力消費の割合は大きなものとなっている。このため、空調の設定温度を高くすることで電力消費の削減を試みているが、上記従来の空気調和装置によっては温熱的に不快に感じる人が多い。従って、電力消費を抑制しつつ、人の温熱的快適性を保つことができる空気調和装置の実現が望まれている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明はこのような課題を解決するためになされたもので、
脳の前頭前野部へ近赤外光を送出する送光手段と、この送光手段から送われて前頭前野部の脳表を透過した近赤外光を受光する受光手段と、この受光手段で受光された近赤外光を近赤外分光法によって分析して前頭前野部の脳表における酸素化ヘモグロビンの濃度変化を算出する演算手段とを備え、この演算手段によって算出される酸素化ヘモグロビンの濃度変化に基づいて人の感じる快適度を推測する快適度センサを構成した。

10

【0008】

人は、快感や不快感を得ると思考や感情に關与する脳の前頭前野部が賦活する。つまり、前頭前野部で神経活動が起きると、その領域で前頭前野部が賦活して、その周辺の限られた領域の血管が拡張して血流が増加する。これに従い、組織に含まれる血液量が増加し、血液中の酸素化ヘモグロビン(oxy-HB)濃度と脱酸素化ヘモグロビン(deoxy-HB)濃度との比率が変わる。このoxy-HB濃度は、局所脳血流と關連があり、脳の賦活を最も反映するパラメータであるとされている。また、本願の発明者らは、前頭前野部における血液中のoxy-HBの濃度変化が人の感じる快適度と相関性があることを見出した。また、ヘモグロビンは酸素の含有濃度によって近赤外光の吸収度合いが異なるという特徴を持つ。

20

【0009】

このため、本発明では、送光手段によって脳の前頭前野部へ近赤外光を送出し、前頭前野部の脳表を透過した近赤外光を受光手段によって受光する。そして、受光手段で受光された近赤外光を近赤外分光法によって分析して、前頭前野部の脳表におけるoxy-HBの濃度変化を演算手段によって算出する。これら送光手段、受光手段および演算手段は本発明の快適度センサを構成し、本発明の快適度センサは、この演算手段によって算出されるoxy-HBの濃度変化に基づいて前頭前野部の脳賦活反応を解析し、解析したこの脳賦活反応から人の感じる快適度を推測する。

30

【0010】

前頭前野部の脳表におけるoxy-HBの濃度変化は、演算手段によってリアルタイムに高精度に算出することが出来る。従って、本発明の快適度センサによれば、時間的・心理的に影響され、絶えず変化する人が感じる快適度は、その時々動的かつ高精度に把握されて表現される。よって、煩わしさを伴う設定が必要であると共に正確に測定するのが困難な要素を含む従来の温熱環境6要素を用いることなく、人の感じる快適度を忠実かつ容易に指標することの出来る快適度センサを提供することが可能となる。

【0011】

また、本発明は、上記の快適度センサによって検知される快適度に基づいて空調制御する空気調和装置を構成した。

40

【0012】

本構成によれば、上記の快適度センサによって検知される、人の感じる快適度を忠実に反映した快適度に基づいて、無駄なく空調制御が行われる。このため、真に快適な空調制御を経済的に行うことが可能な空気調和装置が提供される。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、上記のように、人の感じる快適度を忠実かつ容易に指標することの出来る快適度センサ、および真に快適な空調制御を経済的に行うことが可能な空気調和装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 1 4 】

【図 1】(a)は、本発明の一実施の形態による快適度センサの概略の機能ブロック図、(b)は、(a)に示す快適度センサの概略の外観斜視図、(c)は、(a)に示す快適度センサによって快適度が計測される人の頭部の部分正面図である。

【図 2】図 1 に示す快適度センサを用いた空気調和装置の構成を示すブロック図である。

【図 3】図 1 に示す快適度センサに用いられるoxy-Hb濃度変化を調べる基礎的実験で光脳機能計測装置によって計測される箇所を示す人の頭部の部分正面図である。

【図 4】(a)は、基礎的実験におけるタスクデザインを示すタイムチャート、(b)は、PMVで用いられる7段階評価を示す表図である。

【図 5】タスク期間で空調を切り替えるタイミングを200sに設定した場合の基礎的実験結果を示し、(a)はoxy-Hb濃度変化、(b)は恒温室内の温度変化、(c)は被験者による温冷感申告、(d)はPMVの被験者間による平均と標準誤差を示すグラフである。

【図 6】タスク期間で空調を切り替えるタイミングを250sに設定した場合の基礎的実験結果を示し、(a)はoxy-Hb濃度変化、(b)は恒温室内の温度変化、(c)は被験者による温冷感申告、(d)はPMVの被験者間による平均と標準誤差を示すグラフである。

【図 7】室内温度を変化させずに送風のみを行う対照実験結果を示し、(a)はoxy-Hb濃度変化、(b)は恒温室内の温度変化、(c)は被験者による温冷感申告、(d)はPMVの被験者間による平均と標準誤差を示すグラフである。

【図 8】室内温度変化によるoxy-Hb濃度変化と室内温度を変化させない場合のoxy-Hb濃度変化との比較実験結果を示し、(a)はタスク期間で空調を200sで切り替えた場合における比較結果、(b)はタスク期間で空調を250sで切り替えた場合における比較結果を示したグラフである。

【図 9】瞬時心拍と温度変化との比較実験結果を示し、(a)はタスク期間で空調を200sで切り替えて計測した場合の比較結果、(b)はタスク期間で空調を250sで切り替えて計測した場合の比較結果を示したグラフである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

次に、本発明による快適度センサおよびこれを用いた空気調和装置の一実施の形態について説明する。

【 0 0 1 6 】

図 1 (a) は、本実施の形態による快適度センサ 1 の概略の機能ブロック図である。

【 0 0 1 7 】

快適度センサ 1 は、センサ部 1 a と快適度演算部 1 b とから構成される。快適度演算部 1 b はバッテリー 1 2 を備えており、このバッテリー 1 2 から各部へ電源が供給されることで、快適度センサ 1 は動作する。センサ部 1 a には、脳の前頭前野部 2 a へ近赤外光を送出する送光手段を構成するLED光源 3 と、このLED光源 3 から送出されて前頭前野部 2 a の脳表を透過した近赤外光を受光する受光手段を構成する検出器 4 とが備えられている。本実施の形態では、LED光源 3 は、780[nm]、805[nm]および830[nm]の3波長の近赤外光を出射し、検出器 4 はこれら波長の近赤外光を検知する。しかし、用いる近赤外光の波長はこれら3波長に限られるものではなく、例えば、780[nm]および830[nm]の2波長の近赤外光を用いるようにしてもよい。また、送光手段は、LED光源 3 に限られるものではなく、近赤外光を出射する他の光源であってもよい。

【 0 0 1 8 】

同図(b)は快適度センサ 1 の概略の外観斜視図を示す。快適度センサ 1 は、LED光源 3、検出器 4 および快適度演算部 1 b がフレキシブルな回路基板 7 上に実装されて、一体に構成されている。LED光源 3 および検出器 4 間の距離は30[mm]になるように回路基板 7 上に配置されている。なお、本実施の形態では、快適度演算部 1 b がLED光源 3 および検出器 4 と並ぶように配置されているが、この配置は一例であり、例えば、LED光源 3 および検出器 4 の上方にこれらと重なるように快適度演算部 1 b を設けるように構成してもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 9 】

同図(c)は、快適度センサ1によって人の感じる快適度が計測される人の頭部2の部分正面図を示す。本実施の形態では、LED光源3および検出器4がおおよそ同図の円に示される箇所の右または左の前頭前野部2aに接せられて、快適度が計測される。

【 0 0 2 0 】

LED光源3は、快適度演算部1bに設けられたドライバ8によって駆動される。また、検出器4で検知された近赤外光は、快適度演算部1bに設けられたA/Dコンバータ9によってアナログデータからデジタルデータに変換される。快適度演算器10はCPU(中央演算装置)を備えて構成されており、ドライバ8によってLED光源3を発光制御すると共に、検出器4で検知されてA/Dコンバータ9によって変換されたデジタルデータを解析する。この快適度演算器10は、前頭前野部2aの脳表におけるoxy-HBの濃度変化を算出する演算手段を構成しており、A/Dコンバータ9によって変換されたデジタルデータの解析により、検出器4で受光された近赤外光を既知の近赤外分光法(NIRS: Near-Infrared Spectroscopy)によって分析して、前頭前野部2aの脳表におけるoxy-HBの濃度変化を算出する。快適度センサ1は、この快適度演算器10によって算出されたoxy-HBの濃度変化に基づいて、人の感じる快適度を推測する。快適度演算器10によって算出されたoxy-HBの濃度変化は、人の感じる快適度の指標データとして無線データ送信器11から無線で送出される。

10

【 0 0 2 1 】

図2は、上記の快適度センサ1を用いた空気調和装置21の構成を示すブロック図である。

20

【 0 0 2 2 】

空気調和装置21は、図1に示す快適度センサ1と、無線データ受信器22、コントローラ23および空調機24とから構成される。快適度センサ1は、空調が行われる部屋31の中に居る人32の頭部2の図1(c)に示す前頭前野部2aに、そのセンサ部1aが接せられている。部屋31の内部は、空調機24によって冷暖房の空調が集中して行われるタスク域31aと、それ以外のアンビエント域31bとに分割される。空調機24は部屋31の床下へ空調制御された空気を給気として供給し、部屋31の天井から空調を終えた空気を排気として回収する。

【 0 0 2 3 】

無線データ受信器22は、快適度センサ1の無線データ送信器11から無線で送出される快適度の指標データを受信する。コントローラ23は、無線データ受信器22で受信される指標データに基づき、部屋31の内部のタスク領域31aにおける空気の温度、および風向・流速を決定する。そして、決定した温度を制御信号A、決定した風向・流速を制御信号Bとして、空調機24へ出力する。空調機24は、入力した制御信号Aに基づいて冷却コイルまたは加熱コイルへの通電を制御して、タスク領域31aにおける空気の温度を調節する。また、入力した制御信号Bに基づいて給気ファンの回転を制御して、タスク領域31aにおける空気の風向・流速を調節する。この結果、空気調和装置21は、快適度センサ1によって検知される快適度に基づいて、部屋31の内部のタスク領域31aにおける空調を制御する。

30

40

【 0 0 2 4 】

人32は、快感や不快感を得ると思考や感情に関与する脳の前頭前野部2aが賦活する。つまり、前頭前野部2aで神経活動が起きると、その部位が賦活して、その周辺の限られた領域の血管が拡張して血流が増加する。これに従い、組織に含まれる血液量が増加し、血液中のoxy-HB濃度とdeoxy-HB濃度との比率が変わる。このoxy-HB濃度は、局所脳血流と関連があり、脳の賦活を最も反映するパラメータであるとされている。また、本願の発明者らは、前頭前野部2aにおける血液中のoxy-HBの濃度変化が人の感じる快適度と相関性があることを、以下の基礎的実験によって見出した。また、ヘモグロビンは酸素の含有濃度によって近赤外光の吸収度合いが異なるという特徴を持つ。

【 0 0 2 5 】

50

基礎的実験は、光脳機能計測装置を用いて室内温度変化に伴うoxy-Hbの濃度変化を計測することで行い、温熱的快適性の変化に対する脳賦活反応を調べた。この光脳機能計測装置には、(株)島津製作所製の近赤外光イメージング装置(FOIRE-3000)を使用した。また、拍動による血流変化の影響を調べるため、脈拍計を用いて瞬時心拍を計測した。計測部位は、図3に示す人の頭部2の前頭前野部2 aにおける、四角で囲まれた数字で示される1~34チャンネルとした。送光プローブと受光プローブとを国際式10-20(テン-トゥエンティ)基準電極法に基づいて30[mm]間隔で3×7の格子状に配置し、皮膚血流を計測するためにプローブ間隔を十分に短くした。送光プローブの配置位置は白抜きの円で囲まれた1~11の黒数字で示され、受光プローブの配置位置は黒塗りの円で囲まれた1~12の白数字で示される。被験者は頭部にホルダを装着し、送光プローブおよび受光プローブをホルダに挿入して、同図に示す各位置に保持した。また、視覚による影響を防ぐため、被験者はアイマスクを装着して実験を行った。実験は、室温・湿度・風速の設定が可能な恒温室内で行い、外乱を防ぐため室内の照明を消灯した。

10

【0026】

近赤外光の照射から検出までの光路長は計測できないため、近赤外光イメージング装置で計測されるデータは相対値であり絶対値ではない。近赤外光は人体に無害であり、完全な非侵襲で繰り返しの測定が可能である。また、時間分解能が優れており、脳の血流変化をリアルタイムに反映することが可能である。近赤外光イメージング装置により計測されるデータは相対値であるため、oxy-Hbの濃度変化基準を取るために、室温を変化させないレスト期間と、室温を変化させるタスク期間とを設定した。これをタスクデザインと呼ぶ。

20

【0027】

本実験のタスクデザインは、図4(a)に示すように、タスク期間を600s(秒)に設定し、その前後にそれぞれ30sと20sのレスト期間を設けた。そして、600sのタスク期間中において恒温室内の室温を変化させた。本実験で使用した恒温室は、送風による空気の循環がなければ室内温度は変化しない。そこで、温度調節した風を送風し、恒温室内で循環させることにより、室内温度を変化させた。本実験では、タスク開始時に暖房により室温を上昇させ、その後タスク期間中のあるタイミングで空調を冷房に切り替え、室温を下降させた。この空調を切り替えるタイミングは、タスク開始後200sの場合と250sの場合の2種類で行った。切り替えのタイミングが200sの実験では、被験者は健康な20代の男性6名および女性1名とし、切り替えのタイミングが250sの実験では、健康な20代男性4名とし、合計11名で実験を行った。実験前に実験目的および内容について口頭で説明し、実験への同意を確認した後、実験を行った。温度設定は事前に被験者には知らせずに実験を行った。また、被験者にキーボードを用いた入力によって30sごとに温冷感の申告をさせた。申告は図4(b)に示すPMVを参考に7段階評価とした。また、室内の初期温度は 25.8 ± 1.3 、初期湿度は $62.7 \pm 2.7\%$ 、風速は 0.46 m/s に設定した。また、温度、湿度、放射温度の測定、着衣量の算出によりPMVを計算し、温熱的快適性を評価した。

30

【0028】

近赤外光イメージング装置により計測されるoxy-Hb濃度は相対的な変化であるため、各チャンネル間で値を直接比較したり平均したりすると誤った結果を導くことがある。そのため、本実験ではチャンネル間および被験者間でoxy-Hb濃度の変化を比較するため、計測されたデータをZスコアに変換した。Zスコアへの変換には、まず、タスク期間前のレスト期間におけるoxy-Hb濃度 oxy の平均 μ および標準偏差 σ を求める。そして、これらの値を用いてタスク期間における各時刻 t のoxy-Hb濃度 $\text{oxy}(t)$ を以下の式(1)によりZスコア化する。

40

$$\text{oxy}(t)_{z\text{score}} = (\text{oxy}(t) - \mu) / \sigma \quad \dots (1)$$

【0029】

本実験および後述する各実験におけるすべてのデータに、Zスコア化、平滑フィルタおよびバンドパスフィルタによるノイズ除去処理を行った。加えてタスク開始時におけるoxy-Hb濃度の値が0となるようにベースライン補正をした。

50

【 0 0 3 0 】

まず、空調を切り替えるタイミングを200sに設定した場合における実験結果について、述べる。

【 0 0 3 1 】

図5(a)は、前頭前野部2aにおけるoxy-Hb濃度変化の被験者間による平均と標準誤差SE(Standard Error)を示すグラフである。このグラフの横軸はタスク期間におけるTime(時間)[s]、縦軸はoxy-Hb濃度の式(1)によりZスコア化された値 $Zscore \pm SE$ を表す。Zscoreの平均値は特性線Aとして表され、その標準誤差 $\pm SE$ は特性線Aに垂直に交差する線分として表されている。また、同図(b)は恒温室内の温度変化、同図(c)は被験者による温冷感申告、同図(d)はPMVの被験者間による平均と標準誤差SEを同図(a)のoxy-Hb濃度変化と比較して示すグラフである。これら各グラフの横軸は同図(a)に示すグラフの横軸と同じTime(時間)[s]、左側の縦軸は同図(a)に示すグラフの縦軸と同じ $Zscore \pm SE$ を表す。また、同図(b)に示すグラフの右側の縦軸は恒温室内のTemperature(温度) $\pm SE$ を表し、温度の平均値は特性線B、その標準誤差 $\pm SE$ は特性線Bに垂直に交差する線分として表されている。また、同図(c)に示すグラフの右側の縦軸は図4(b)に示す7段階評価によるDeclaration(温冷感申告)値 $\pm SE$ を表し、温冷感申告値の平均値は特性線C、その標準誤差 $\pm SE$ は特性線Cに垂直に交差する線分として表されている。また、同図(d)に示すグラフの右側の縦軸は、気温・湿度・気流・熱放射・代謝量・着衣量の温熱環境6要素によって算出されるPMV値 $\pm SE$ を表し、PMV値の平均値は特性線D、その標準誤差 $\pm SE$ は特性線Dに垂直に交差する線分として表されている。

10

20

【 0 0 3 2 】

oxy-Hb濃度は、同図(b)のグラフに示すように、室内温度上昇に伴い増加し、室内温度下降に伴い減少している。この実験結果から、室内温度変化とoxy-Hb濃度変化に相関性があることがわかる。また、被験者による温冷感申告も、oxy-Hb濃度変化と相関性があることが同図(c)のグラフに示されている。PMVについても同様に、oxy-Hb濃度変化と相関性があることが同図(d)のグラフに示されている。

【 0 0 3 3 】

次に、空調を切り替えるタイミングを250sに設定した場合の実験結果について、述べる。

【 0 0 3 4 】

図6(a)はこの場合の前頭前野部2aにおけるoxy-Hb濃度変化の被験者間による平均と標準誤差SEを示すグラフである。このグラフの横軸および縦軸は図5(a)に示すグラフと同じであり、Zscoreの平均値は特性線A'として表され、その標準誤差 $\pm SE$ は特性線A'に垂直に交差する線分として表されている。また、同図(b)は恒温室内の温度変化、同図(c)は被験者による温冷感申告、同図(d)はPMVの被験者間による平均と標準誤差SEを同図(a)のoxy-Hb濃度変化と比較して示すグラフである。これら各グラフの横軸および左側の縦軸は同図(a)に示すグラフと同じである。また、同図(b)に示すグラフの右側の縦軸は図5(b)に示すグラフと同じTemperature(温度) $\pm SE$ を表し、温度の平均値は特性線B'、その標準誤差 $\pm SE$ は特性線B'に垂直に交差する線分として表されている。また、同図(c)に示すグラフの右側の縦軸は図5(c)に示すグラフと同じDeclaration(温冷感申告)値 $\pm SE$ を表し、温冷感申告値の平均値は特性線C'、その標準誤差 $\pm SE$ は特性線C'に垂直に交差する線分として表されている。また、同図(d)に示すグラフの右側の縦軸は、図5(d)に示すグラフと同じPMV値 $\pm SE$ を表し、PMV値の平均値は特性線D'、その標準誤差 $\pm SE$ は特性線D'に垂直に交差する線分として表されている。

30

40

【 0 0 3 5 】

この実験では、図5に測定結果を示す上記の実験よりも空調の切り替えを50s遅らせた。それに伴い、図6(a)に示すoxy-Hb濃度の変化や、同図(b)に示す温度変化、同図(c)に示す被験者の申告、同図(d)に示すPMVの傾向が変化した。すなわち、空調を切り替えるタイミングを変化させても、oxy-Hb濃度の変化は、室内温度変化およびPM

50

Vと相関性があり、被験者による温冷感申告とも定性的に一致した。

【0036】

上記各実験で使用した恒温室は、送風による空気の循環がなければ室内温度が変化しない。よって、上記各実験の室内温度変化に伴う脳賦活反応計測では、温度調節した風を送風し、恒温室内で循環させることにより、室内温度を上昇させた。その際、被験者は送風による風を受けているため、風による脳賦活反応への影響を調べる必要がある。そこで、室内温度変化に伴う脳賦活反応の計測との対照実験として、室内温度を変化させずに送風のみを行う実験を行った。本対照実験では、温度調節をしていない風を被験者にあてた場合の脳賦活反応を計測した。その他の実験条件は上記各実験の室内温度変化に伴う脳賦活反応計測と同様にした。また、計測部位は図3に示す前頭前野部2aにおける1~34チャンネルとし、被験者にはアイマスクをした状態で図4(b)に示す温冷感の申告をキーボードによって30sごとに入力させた。タスクデザインは図4(a)と同様に30s-600s-20sと設定した。被験者には事前に内容を知らせないで実験を行った。また、被験者は健康な20代前半男性1名、女性1名とした。

10

【0037】

図7(a)はこの対照実験時の前頭前野部2aにおけるoxy-Hb濃度変化の被験者間による平均と標準誤差SEを示すグラフである。このグラフの横軸および縦軸は図5(a)に示すグラフと同じであり、Zscoreの平均値は特性線A"として表され、その標準誤差±SEは特性線A"に垂直に交差する線分として表されている。また、同図(b)は恒温室内の温度変化、同図(c)は被験者による温冷感申告、同図(d)はPMVの被験者間による平均と標準誤差SEを同図(a)のoxy-Hb濃度変化と比較して示すグラフである。これら各グラフの横軸および左側の縦軸は同図(a)に示すグラフと同じである。また、同図(b)に示すグラフの右側の縦軸は図5(b)に示すグラフと同じTemperature(温度)±SE[]を表し、温度の平均値は特性線B"、その標準誤差±SEは特性線B"に垂直に交差する線分として表されている。また、同図(c)に示すグラフの右側の縦軸は図5(c)に示すグラフと同じDeclaration(温冷感申告)値±SEを表し、温冷感申告値の平均値は特性線C"、その標準誤差±SEは特性線C"に垂直に交差する線分として表されている。また、同図(d)に示すグラフの右側の縦軸は、図5(d)に示すグラフと同じPMV値±SEを表し、PMV値の平均値は特性線D"、その標準誤差±SEは特性線D"に垂直に交差する線分として表されている。

20

30

【0038】

同図(b)に示すグラフより、本対照実験においては室温の変化が小さいことがわかる。また、同図(a)に示すoxy-Hb濃度、同図(c)に示す被験者による温冷感の申告、同図(d)に示すPMVも、変化が小さいことがわかる。

【0039】

図8は、室内温度変化によるoxy-Hb濃度変化と、室内温度を変化させない場合のoxy-Hb濃度変化とを比較したグラフである。同図(a)は空調を200sで切り替えた場合におけるoxy-Hb濃度変化との比較、同図(b)は空調を250sで切り替えた場合におけるoxy-Hb濃度変化との比較を示している。各グラフの横軸および縦軸は図5(a)に示すグラフと同じZscore±SEおよびTime[s]である。室内温度変化によるoxy-Hb濃度変化は同図(a)では特性線E、同図(b)では特性線E'で表しており、室内温度を変化させない場合のoxy-Hb濃度変化は同図(a)では特性線F、同図(b)では特性線F'で表している。

40

【0040】

同図(a)のグラフにおいて、空調を200sで切り替えた場合におけるoxy-Hb濃度変化と室内温度を変化させない場合のoxy-Hb濃度変化を1%の有意水準でt検定を行うと、 $p = 0.0001 < 0.01$ となり、有意差が得られた。同様に同図(b)のグラフにおいて、空調を250sで切り替えた場合におけるoxy-Hb濃度変化と室内温度を変化させない場合のoxy-Hb濃度変化を1%の有意水準でt検定を行うと、 $p = 0.0016 < 0.01$ となり、有意差が得られた。よって、室内温度変化によるoxy-Hb濃度変化と室内温度無調整時のoxy-Hb濃度変化に有意差があり、送風による脳賦活反応への影響は小さいことが示された。

50

【 0 0 4 1 】

室内温度変化に伴う脳賦活反応の計測において、図5 (b) および図6 (b) のグラフに示すように、室内温度変化に伴いoxy-Hb濃度が変化した。加えて、oxy-Hb濃度変化と、図5 (c) および図6 (c) のグラフに示す被験者による温冷感申告、並びに、図5 (d) および図6 (d) のグラフに示す従来の温熱的快適性評価法であるPMVとも、相関性があった。一方、室内温度無調節時の送風による脳賦活反応の計測においては、図7 (b) のグラフに示すように、oxy-Hb濃度に有意な変化は見られなかった。また、この場合には、図7 (c) のグラフに示す被験者による温冷感申告、図7 (d) のグラフに示すPMVも、変化は見られなかった。この結果から、室内温度変化、被験者による温冷感申告、およびPMVと、oxy-Hb濃度変化とは相関性があることがわかった。

10

【 0 0 4 2 】

一方、室内温度変化の実験において、皮膚血流計測チャンネルでoxy-Hb濃度の変化が見られたため、その影響について検討する。近赤外光イメージング装置は頭皮において血流の変化が発生すると、計測されるoxy-Hb濃度変化に皮膚血流によるoxy-Hb濃度変化が混在する可能性がある。皮膚血流が変化する原因としては、拍動による血流増減の影響や人間の自律性体温調節による影響の可能性があると考えられる。

【 0 0 4 3 】

図9は、空調を200sで切り替えた場合と、250sで切り替えた場合において計測した瞬時心拍と温度変化との比較の一例を示すグラフである。同図 (a) は空調を200sで切り替えた場合における比較結果、同図 (b) は空調を250sで切り替えた場合における比較結果を示している。各グラフの横軸は図5 (a) に示すグラフと同じTime[s]である。また、左側の縦軸はInstantaneous heart rate(瞬時心拍)[ms]、右側の縦軸はTemperature(温度)[]を表している。瞬時心拍は同図 (a) では特性線G、同図 (b) では特性線G'で表しており、温度変化は同図 (a) では特性線H、同図 (b) では特性線H'で表している。

20

【 0 0 4 4 】

これらの結果から、室内温度変化により瞬時心拍は変化していないことがわかる。したがって、拍動による血流増減のoxy-Hb濃度変化への影響は少ないと考えられる。皮膚血流計測チャンネルで計測されたoxy-Hb濃度変化は、人の自律性体温調節による皮膚血流の変化による影響であると考えられる。

30

【 0 0 4 5 】

皮膚血流がタスクに大きく依存している場合、独立成分分析(Independent Component Analysis: ICA)などを用いてその信号を除去すると、本来の脳賦活反応による信号も除去される可能性が高い。そのため、本実験では皮膚血流を除去せずにoxy-Hb濃度変化を生体の信号として扱った。その計測されたoxy-Hb濃度変化は被験者による温冷感申告やPMVと相関性があり、人の温熱的快適性を示す可能性があると考えられる。よって、このoxy-Hb濃度変化を利用することで、温熱的快適性の評価が可能になると考えられる。

【 0 0 4 6 】

このため、本実施の形態の図1に示す快適度センサ1では、前述したように、LED光源3によって脳の前頭前野部2 aへ近赤外光を送出し、前頭前野部2 aの脳表を透過した近赤外光を検出器4によって受光する。そして、検出器4で受光された近赤外光を近赤外分光法によって分析して、前頭前野部2 aの脳表におけるoxy-HBの濃度変化を快適度演算器10によって算出する。これらLED光源3、検出器4および快適度演算器10によって構成される快適度センサ1は、快適度演算器10によって算出されるoxy-HBの濃度変化に基づいて前頭前野部2 aの脳賦活反応を解析し、解析したこの脳賦活反応から人の感じる快適度を推測する。

40

【 0 0 4 7 】

前頭前野部2 aの脳表におけるoxy-HBの濃度変化は、快適度演算器10によってリアルタイムに高精度に算出することが出来る。従って、本実施の形態の快適度センサ1によれば、時間的・心理的に影響され、絶えず変化する人が感じる快適度は、その時々動的か

50

つ高精度に非侵襲に把握されて、表現される。よって、煩わしさを伴う設定が必要であると共に正確に測定するのが困難な要素を含む従来の温熱環境 6 要素を用いることなく、人の感じる快適度を忠実かつ容易に指標することの出来る、小型で頭部 2 に容易に装着可能な快適度センサ 1 を提供することが可能となる。

【 0 0 4 8 】

また、図 2 に示す本実施の形態の空気調和装置 2 1 によれば、上記の快適度センサ 1 によって検知される、人の感じる快適度を忠実に反映した快適度に基づいて、部屋 3 1 の空調制御が無駄なく行われる。このため、人の温熱的快適性を感知することで自律的に快適な室内環境を実現することが可能で、真に快適な空調制御を経済的（エコ）に行うことが可能な空気調和装置 2 1 が提供される。

10

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 4 9 】

本発明の快適度センサおよびこれを用いた空気調和装置は、業務用および家庭用エアコン（エアコンディショナ）や、自動車用のカーエアコンなどに利用することが可能である。自動車に利用する場合は、快適度センサを運転者の頭部に直接貼付する他、運転者の頭部に近いシートヘッドレストなどに設置しておき、着座すると快適度センサのセンサ部に運転者の前頭前野部が接するようにしておくことで、容易に利用することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 0 】

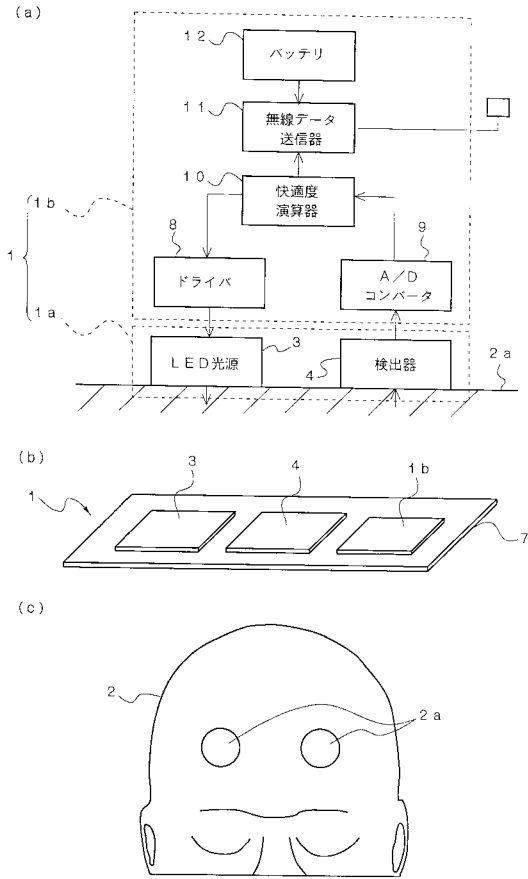
- 1 ... 快適度センサ
- 1 a ... センサ部
- 1 b ... 快適度演算部
- 2 ... 頭部
- 2 a ... 前頭前野部
- 3 ... L E D 光源
- 4 ... 検出器
- 7 ... フレキシブル回路基板
- 8 ... ドライバ
- 9 ... A / D コンバータ
- 1 0 ... 快適度演算器
- 1 1 ... 無線データ送信器
- 1 2 ... バッテリ
- 2 1 ... 空気調和装置
- 2 2 ... 無線データ受信器
- 2 3 ... コントローラ
- 2 4 ... 空調機
- 3 1 ... 部屋
- 3 1 a ... タスク域
- 3 1 b ... アンビエント域
- 3 2 ... 人

20

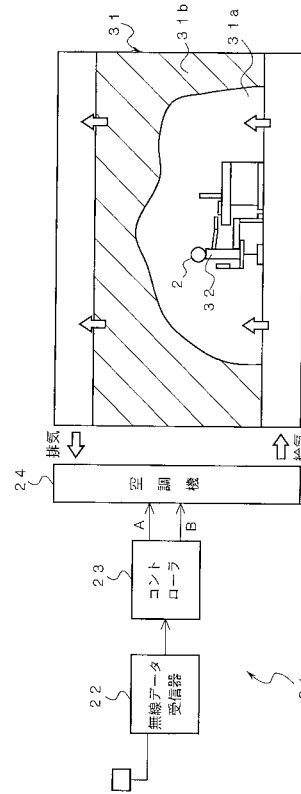
30

40

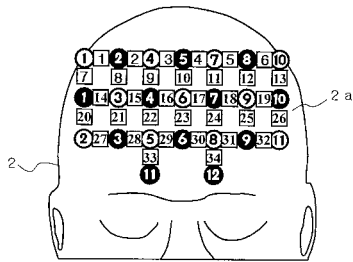
【図1】



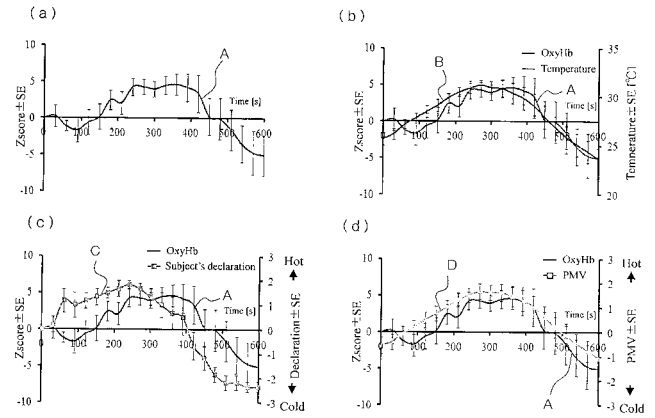
【図2】



【図3】

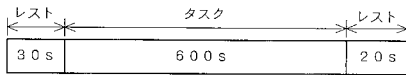


【図5】



【図4】

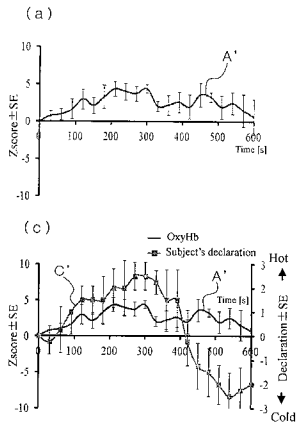
(a)



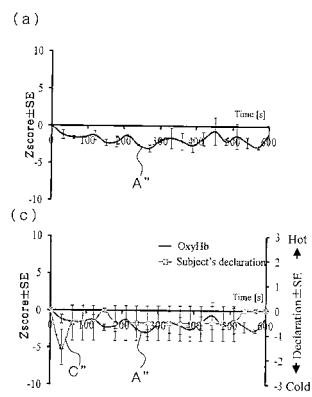
(b)

寒い	涼しい	やや涼しい	快適	やや暖かい	暖かい	暑い
-3	-2	-1	±0	+1	+2	+3

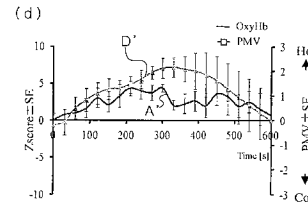
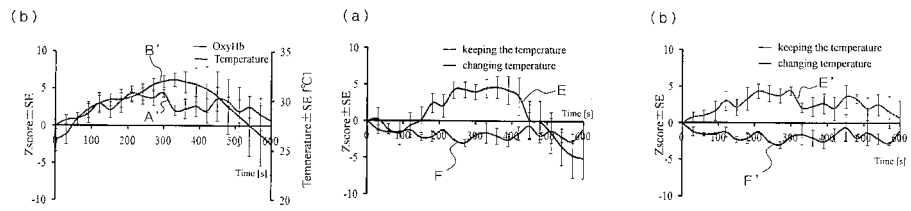
【 6 】



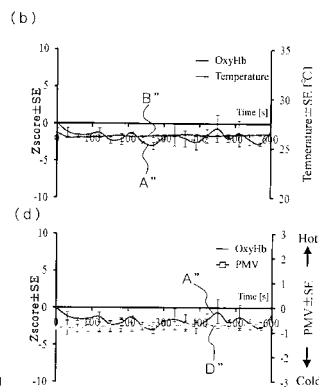
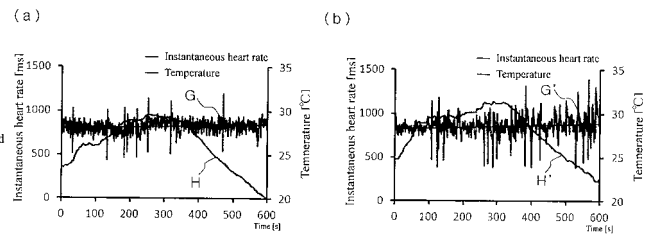
【 7 】



【 8 】



【 9 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3L260 BA25 CA04 CB23 EA02 FA03 FA07 FA08 FB12 HA01
4C038 KK01 KL05 KL07