

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5578028号
(P5578028)

(45) 発行日 平成26年8月27日(2014.8.27)

(24) 登録日 平成26年7月18日(2014.7.18)

(51) Int.Cl.

G01K 7/00 (2006.01)

F 1

G01K 7/00 381G

請求項の数 15 (全 44 頁)

(21) 出願番号 特願2010-243272 (P2010-243272)
 (22) 出願日 平成22年10月29日 (2010.10.29)
 (65) 公開番号 特開2012-98037 (P2012-98037A)
 (43) 公開日 平成24年5月24日 (2012.5.24)
 審査請求日 平成25年10月28日 (2013.10.28)

(73) 特許権者 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号
 (74) 代理人 100090479
 弁理士 井上 一
 (74) 代理人 100104710
 弁理士 竹腰 昇
 (74) 代理人 100124682
 弁理士 黒田 泰
 (72) 発明者 清水 輿子
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
 審査官 深田 高義

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 温度測定装置および温度測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基材と、

前記基材の外表面上または内部の第1測定点における第1温度を測定するための第1温度センサーと、前記基材の外表面上または内部の第2測定点における第2温度を測定するための第2温度センサーと、を有する温度測定部と、

前記基材の周囲の温度を第3温度として取得する周囲温度取得部と、

を備え、

前記第1温度、前記第2温度、および前記第3温度に基づいて、前記被測定体の深部温度を決める。

10

ことを特徴とする温度測定装置。

【請求項 2】

請求項1記載の温度測定装置であって、

前記温度測定部、前記周囲温度取得部、および前記演算部の動作を制御する制御部を備え、

前記制御部が、複数の時間帯において前記温度測定を実行させ、

前記温度測定によって得られたデータの平均演算によって、前記各時間帯の前記第1温度ならびに前記第2温度を決定し、前記決定された各時間帯の前記第1温度ならびに前記第2温度を用いて、前記深部温度を決める、

ことを特徴とする温度測定装置。

20

【請求項 3】

請求項 1 記載の温度測定装置であって、

前記環境の温度を変化させることができる環境温度調整部をさらに備え、

前記第 1 温度センサーおよび前記第 2 温度センサーによる 1 回の測定が終了する毎に、前記環境温度調整部によって前記環境の温度を変化させる、

ことを特徴とする温度測定装置。

【請求項 4】

請求項 1 記載の温度測定装置であって、

前記温度測定を実行するタイミングを決めるタイミング制御情報を入力するタイミング制御情報入力部をさらに備え、

10

前記タイミング制御情報が入力される毎に、前記温度測定を実行させる、
ことを特徴とする温度測定装置。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の温度測定装置であって、

測定された前記第 1 温度、前記第 2 温度および前記第 3 温度に基づいて、当該第 1 ~ 第 3 温度の関係を規定する関数の定数を算出し、当該定数を用いた前記深部温度の演算式に基づき、前記深部温度を決めることを特徴とする温度測定装置。

【請求項 6】

請求項 5 記載の温度測定装置であって、

前記第 1 温度は、前記第 2 温度を変数とし、第 1 の傾きと第 1 の切片を有する第 1 の 1 次関数によって表され、

20

前記第 1 の切片は、前記第 3 温度を変数とし、第 2 の傾きと第 2 の切片を有する第 2 の 1 次関数によって表され、

前記定数は、前記第 1 の傾きと、前記第 2 の傾きと、前記第 2 の切片とに相当し、

前記第 1 測定で得られた前記第 1 温度を T_{b1} とし、前記第 2 温度を T_{p1} とし、前記第 3 温度を T_{out1} とし、

前記第 2 測定で得られた前記第 1 温度を T_{b2} とし、前記第 2 温度を T_{p2} とし、前記第 3 温度を T_{out2} とし、

前記第 3 測定で得られた前記第 1 温度を T_{b3} とし、前記第 2 温度を T_{p3} とし、前記第 3 温度を T_{out3} として、

30

前記第 1 測定で得られた前記第 1 温度 T_{b1} 、前記第 2 温度 T_{p1} および前記第 3 温度 T_{out1} と、前記第 2 測定で得られた前記第 1 温度 T_{b2} 、前記第 2 温度 T_{p2} および前記第 3 温度 T_{out2} と、前記第 3 測定で得られた前記第 1 温度 T_{b3} 、前記第 2 温度 T_{p3} および前記第 3 温度 T_{out3} と、に基づいて、前記第 1 の傾きと、前記第 2 の傾きと、前記第 2 の切片の値とを算出し、算出された前記第 1 の傾きと、前記第 2 の傾きと、前記第 2 の切片の値とを用いた前記演算式に基づき、前記深部温度を決める、

ことを特徴とする温度測定装置。

【請求項 7】

請求項 6 記載の温度測定装置であって、

前記第 1 の傾き a と、前記第 2 の傾き c と、前記第 2 の切片 d とを、

40

【数 2 3】

$$\begin{pmatrix} a \\ c \\ d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} T_{p1} & T_{out1} & 1 \\ T_{p2} & T_{out2} & 1 \\ T_{p3} & T_{out3} & 1 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} T_{b1} \\ T_{b2} \\ T_{b3} \end{pmatrix}$$

によって算出し、

前記深部温度 T_c を、

【数24】

$$Tc = \frac{d}{1-a-c}$$

によって表される前記演算式に基づいて決める、
ことを特徴とする温度測定装置。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の温度測定装置であって、
第 1 測定で得られた前記第 1 温度を T_{b1} とし、前記第 2 温度を T_{p1} とし、前記第 3 温度を T_{out1} とし、
第 2 測定で得られた前記第 1 温度を T_{b2} とし、前記第 2 温度を T_{p2} とし、前記第 3 温度を T_{out2} として、
前記第 1 測定で得られた前記第 1 温度 T_{b1} および前記第 2 温度 T_{p1} と、前記第 2 測定で得られた前記第 1 温度 T_{b2} および前記第 2 温度 T_{p2} と、前記第 3 測定で得られた前記第 1 温度 T_{out1} および前記第 2 温度 T_{out2} と、

前記第1測定で得られた前記第1温度 T_{b1} より前記第2温度 T_{p1} と、前記第2測定で得られた前記第1温度 T_{b2} より前記第2温度 T_{p2} を用いた前記深部温度の演算式に基づき、前記深部温度 T_c を決め、

前記演算式は、

【数25】

$$Tc = \frac{Tb2(Tb1 - Tp1) - Tb1(Tb2 - Tp2)}{(Tb1 - Tp1) - (Tb2 - Tp2)}$$

によって表されることを特徴とする温度測定装置。

【請求項9】

請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の温度測定装置であって、
第 1 ユニットと、前記第 1 ユニットとは別体の第 2 ユニットを備え、
前記第 1 ユニットは、前記温度測定部と、前記環境温度取得部と、を含み、
前記第 2 ユニットは、前記演算部と、前記制御部と、を含むことを特徴とする温度測定
装置。

【請求項 10】

請求項 9 記載の温度測定装置であって、
前記第 1 ユニットは、第 1 無線通信部を含み、
前記第 2 ユニットは、第 2 無線通信部を含み、

前記第1温度の情報と前記第2温度の情報、または、前記第1温度の情報、前記第2温度の情報および前記第3温度の情報は、前記第1無線通信部から前記第2無線通信部に送信され、

前記第2無線通信部によって受信された、前記第1温度の情報と前記第2温度の情報、または、前記第1温度の情報、前記第2温度の情報および前記第3温度の情報に基づいて前記深部温度を決めることを特徴とする温度測定装置。

【請求項 11】

請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の温度測定装置であって、
前記基材は、前記被測定体の表面に貼付する貼付構造を有することを特徴とする温度測定装置。

【請求項 1 2】

基材の外表面上、または前記基材の内部における異なる位置の第1測定点および第2測定点における温度を測定する工程と、

前記測定によって得られた前記第1測定点の温度および前記第2測定点の温度、ならびに前記基材の周囲の温度に基づいて、被測定体の深部温度を決める工程と、

を言ひことを
「禁じて」と

【請求項 13】
請求項 1-2 記載の温度測定方法であって、
前記第 1 測定部の温度を第 1 温度とし、前記第 2 測定部の温度を第 2 温度とし、前記固

囲の温度を第3温度としたとき、前記第1温度は、前記第2温度ならびに前記第3温度を変数とし、かつ、複数の定数を含む関数により表され、

前記第1温度は、前記第2温度を変数とし、第1の傾きと第1の切片を有する第1の1次関数によって表され、

前記第1の切片は、前記第3温度を変数とし、第2の傾きと第2の切片を有する第2の1次関数によって表され、

前記複数の定数は、前記第1の傾きと、前記第2の傾きと、前記第2の切片とに相当し、

前記温度を測定する工程における第1測定によって、前記第1温度としてのT_{b1}、前記第2温度としてのT_{p1}、前記第3温度としてのT_{out1}を取得し、第2測定によって、前記第1温度としてのT_{b2}、前記第2温度としてのT_{p2}、前記第3温度としてのT_{out2}を取得し、第3測定によって、前記第1温度としてのT_{b3}、前記第2温度としてのT_{p3}、前記第3温度としてのT_{out3}を取得し、

前記深部温度を決めるでは、前記第1測定で得られた前記第1温度T_{b1}、前記第2温度T_{p1}および前記第3温度T_{out1}と、前記第2測定で得られた前記第1温度T_{b2}、前記第2温度T_{p2}および前記第3温度T_{out2}と、前記第3測定で得られた前記第1温度T_{b3}、前記第2温度T_{p3}および前記第3温度T_{out3}と、に基づいて、前記第1の傾きと、前記第2の傾きと、前記第2の切片の値とを算出し、算出された前記第1の傾きと、前記第2の傾きと、前記第2の切片の値とを用いた前記深部温度の演算式に基づき、前記深部温度を決める、

ことを特徴とする温度測定方法。

【請求項14】

請求項13記載の温度測定方法であって、

前記深部温度を決める工程では、

前記第1の傾きaと、前記第2の傾きcと、前記第2の切片dとを、

【数26】

$$\begin{pmatrix} a \\ c \\ d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Tp1 & Tout1 & 1 \\ Tp2 & Tout2 & 1 \\ Tp3 & Tout3 & 1 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} Tb1 \\ Tb2 \\ Tb3 \end{pmatrix}$$

によって算出し、

また、前記深部温度T_cを、

【数27】

$$Tc = \frac{d}{1-a-c}$$

によって表される前記演算式に基づいて決める、

ことを特徴とする温度測定方法。

【請求項15】

請求項12記載の温度測定方法であって、

前記第1測定点の温度を第1温度とし、前記第2測定点の温度を第2温度とし、前記周囲の温度を第3温度としたとき、前記第1温度は、前記第2温度ならびに前記第3温度を変数とし、かつ、複数の定数を含む関数により表され、

前記温度を測定する工程における第1測定では、第3温度T_{out1}の下で、前記第1温度としてのT_{b1}および前記第2温度としてのT_{p1}を取得し、また、第2測定では、前記第1測定に対応する第3温度T_{out1}とは異なる値の第3温度T_{out2}の下で、前記第1温度としてのT_{b2}および前記第2温度としてのT_{p2}を取得し、

前記深部温度を決める工程では、前記第1測定で得られた前記第1温度T_{b1}および前記第2温度T_{p1}と、前記第2測定で得られた前記第1温度T_{b2}および前記第2温度T_{p2}と、を用いて、前記深部温度の演算式に基づき、前記深部温度T_cを決め、

10

20

30

40

50

前記演算式は、

【数28】

$$T_c = \frac{Tb2(Tb1 - Tp1) - Tb1(Tb2 - Tp2)}{(Tb1 - Tp1) - (Tb2 - Tp2)}$$

によって表されることを特徴とする温度測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、温度測定装置および温度測定方法等に関する。

10

【背景技術】

【0002】

例えば、基本的なバイタル情報である体温からは健康状態・基礎代謝状態・精神状態などの生体情報が得られる。人体あるいは動物の体温に基づいて、人または動物の健康状態・基礎代謝状態あるいは精神状態を推定する場合には、表層部の温度ではなく、深部の温度（深部温度）の情報が必要である。

【0003】

また、例えば、炉や配管等の内部における温度を測定する場合に、炉や配管の外側に設けられた温度計測装置によって内部温度（すなわち深部温度）を測定できれば、温度測定装置を、炉や配管等の内部に設置するための工事が不要となり、また、内部の物質によって、温度測定装置が腐食する等の問題も生じない。

20

【0004】

深部温度を測定する体温計は、例えば、特許文献1に記載されている。特許文献1では、人体上において、距離Lを隔てて並列に2つの温度測定部（第1温度測定部および第2温度測定部）を配置する。第1温度測定部の環境（大気）側には第1の断熱材が設けられており、第2温度測定部の環境（大気）側にも第2の断熱材が設けられており、第2の断熱材の材料を、第1の断熱材の材料とは異なる材料とすることによって、2つの温度測定部の熱抵抗値を異ならせ、これによって、2つの異なる熱流束を生じさせる。第1温度測定部は、第1の体表面温度ならびに第1の中間温度を測定し、第2温度測定部は、第2の体表面温度ならびに第2の中間温度を測定する。そして、これらの4点の温度データを用いて、所定の演算式によって深部温度を測定する。

30

【0005】

すなわち、第1の熱流束に関して、第1温度測定部を流れる熱流束と、人体の深部から体表面に至るまでの熱流束が等しい点に着目し、これによって、深部温度と、測定された温度および熱抵抗とを関連付ける一つ目の式が得られる。同様に、第2の熱流束についても、深部温度と、測定された温度および熱抵抗とを関連付ける二つ目の式が得られる。連立方程式を解くことによって、人体の熱抵抗値が不明であったとしても、精度よく深部温度を求めることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0006】

【特許文献1】特開2006-308538号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

特許文献1に記載される技術では、深部温度の算出に関して、温度測定部と、その周囲の環境（大気）との間における熱収支が考慮されていない。つまり、特許文献1に記載される技術では、熱収支が生じない、理想的な系を形成できることを前提としている。

【0008】

しかし、温度測定部の小型化を、さらに促進した場合には、例えば、温度測定部の側面

50

と環境（大気）との間での熱収支が顕在化し、熱収支の差分に対応する測定誤差を無視できなくなる。この点で、わずかながら測定誤差が生じるのは否めない。

【0009】

本発明の少なくとも一つの態様によれば、より高精度な深部温度の測定が可能となる。

【課題を解決するための手段】

【0010】

(1) 本発明の温度測定装置の一態様は、温度測定部と、環境温度取得部と、演算部と、前記温度測定部および前記演算部の動作を制御する制御部と、を含み、前記温度測定部は、被測定体に接触する接触面としての第1面を有する、熱媒体としての基材と、前記基材の第1測定点における温度を第1温度として測定する第1温度センサーと、前記基材の、前記第1測定点とは異なる第2測定点における温度を第2温度として測定する第2温度センサーと、有し、前記環境温度取得部は、前記基材の周囲の環境の温度を第3温度として取得し、前記第1測定点および前記第2測定点は、前記基材の外表面上、または前記基材の内部に位置し、前記第1温度センサーおよび前記第2温度センサーは、前記第3温度が異なるという条件の下で、前記第1温度および前記第2温度を複数回、測定し、前記演算部は、前記複数回の測定によって得られた前記第1温度および前記第2温度、ならびに前記複数回の測定に対応する前記異なる値の前記第3温度に基づいて、前記第1面から離れた、前記被測定体の深部における深部温度を、深部温度の演算式に基づいて求める。10

【0011】

従来例では、環境温度が一定であるという条件の下で、2つの温度測定部における断熱材の種類を異ならせて、2つの異なる熱流束を生成していたが、本態様では、環境温度が異なる、少なくとも2つの系において熱流束を生成する。なお、以下の説明で環境という用語を使用するが、環境は、例えば大気等の熱媒体であり、周囲媒体あるいは環境媒体と言い換えることができる。20

【0012】

従来例における熱流のモデルでは、2つの温度測定系における環境温度 T_{out} は同じ値（つまり一定）となっている。よって、各系における深部温度 T_c と環境温度 T_{out} 間に生じる熱流が一定であり、従来例は、このことを前提条件としている。被測定体から環境に向かう、例えば鉛直方向の熱流が一定であるということは、その鉛直方向の熱流の一部が、例えば基材の側面を経由して環境に逃げるといった熱収支が生じないことを前提として成立する。30

【0013】

しかし、温度測定装置の小型化が促進され、基材のサイズが小さくなると、被測定体と環境との間の熱収支（例えば、基材の側面からの熱の逃げ等）が顕在化する。この場合、深部温度 T_c と環境温度 T_{out} 間に生じる熱流が一定であるという前提が満足されなくなる。

【0014】

これに対して、本態様では、複数の熱流の系において、各熱流の一端は、温度変動が許容されている環境であり、例えば、第1の系では、環境温度は T_{out1} （任意の温度）であり、第2の系では環境温度は T_{out2} （ T_{out1} とは異なる任意の温度）である。よって、複数の熱流の系の間で、環境温度（ T_{out} ）と深部温度（ T_c ）との間で生じる熱流が一定でなければならない、という、従来例のような制約が生じない。つまり、各系の熱流束には、熱収支による熱の移動が本来的に含まれており、環境温度 T_{out} （任意の温度）と被測定体の深部温度 T_c との間で、その熱収支の成分も含むような熱流が生じるだけである。40

【0015】

そして、このような熱流の系のモデルでは、基材における任意の2点（第1測定点と第2測定点）の温度は、環境温度（ T_{out} ）を変数（パラメーター）として含む式によって表すことができる。

【0016】

50

また、深部温度 T_c と環境温度 T_{out} とが等しいときは、熱収支はゼロとなる。よって、例えば、深部温度 T_c の演算を行う際に、深部温度 T_c と環境温度 T_{out} とが等しいという条件を与えることによって、熱収支による測定誤差をゼロとすることができます。

【0017】

また、深部温度を演算する演算式として、系が異なる2つの熱流束に基づいて測定された温度情報の差（の比）をとる形式の演算式を使用したとき、各系から得られた温度情報に含まれている、熱収支に対応する成分は相殺されて見えなくなる。つまり、基材と環境との間で熱収支が発生すること、あるいは、被測定体と環境との間で熱収支が発生することは、何ら問題とならない。

【0018】

このような測定原理によって、被測定体の深部温度を、より高精度に測定することができる。熱収支が測定に与える影響は、一般に、温度測定装置を小型にするほど顕在化するが、本態様では、熱収支による誤差を抑制することができるため、温度測定装置の小型化と、極めて高精度な測定とを両立することができる。

【0019】

また、本態様の温度測定装置では、異なる環境温度の下で、複数回の温度測定（温度情報の取得）を実行し、得られた複数の温度データを用いて演算を実行することによって、深部温度を求めることができる。よって、基本的には、基材は一つ設ければよく、特許文献1に記載される従来例のように、2つの基材（2つの温度測定部）を設ける必要がない。よって、この点でも、温度測定装置の小型化が可能である。また、特許文献1の体温計では、各温度測定部の熱抵抗値を異ならせるために、温度測定部の表層部に、材料が異なる断熱材を設ける必要があったが、本態様では、基本的には、熱を伝達する熱媒体としての基材が一つあればよく、この点で、温度測定装置の構成を簡素化することができる。基材としては、例えば、所定の熱伝導率（あるいは熱抵抗）をもつ材料（例えばシリコンゴム）を使用することができる。

【0020】

(2) 本発明の温度測定装置の他の態様では、前記制御部は、前記第1温度および前記第2温度の測定のための時間帯を、複数の時間帯に分割し、前記第1温度センサーおよび前記第2温度センサーに、一つの時間帯毎に所定間隔で複数回の温度測定を実行させ、また、前記演算部は、前記複数回の測定によって得られた複数の温度の測定データを用いた平均演算によって、一つの時間帯毎に、前記第1温度ならびに前記第2温度を決定し、前記一つの時間帯毎に決定された前記第1温度ならびに前記第2温度を用いて、前記深部温度の算出式による演算を実行して、前記被測定体の深部における深部温度を求める。

【0021】

本態様では、「第3温度（環境温度 T_{out} ）の値が異なるという条件の下で、第1温度 T_b および第2温度 T_p を複数回、測定する」ことを担保するための測定方法の一例を明確化している。

【0022】

「第3温度（環境温度 T_{out} ）の値を異ならせる」ための方法としては、空調器等を利用する積極方法と、時間軸上での環境温度のゆらぎ（微小な変動）に着目して、測定タイミングを調整するという消極的な方法がある。本態様は、後者の消極的な方法に関係する。

【0023】

例えば、「基材の第1測定点における第1温度 T_b 、ならびに基材の第2測定点における第2温度 T_p を3回測定する」とき、3回の測定間の時間間隔があまりに短いと、「異なる環境温度（第3温度）の下で3回測定する」という条件を満たすことができない場合がある。よって、本態様では、このような場合に、第1回目の測定用の第1時間帯と、第2回目の測定用の第2時間帯と、第3回目の測定用の第3時間帯と、を設ける。そして、第1時間帯において、複数回の温度測定を実行し、各測定結果の平均演算（単純な加算平均でもよく、重み付け平均でもよい）によって、第1回目の温度測定値（ T_{b1}, T_{p1}

10

20

30

40

50

)を決定する。なお、「平均演算」という用語は広義に解釈するものとし、例えば複雑な演算式を利用する場合も含むものとする。

【0024】

例えば、第1時間帯において、第1温度測定を、所定間隔で3回行って、第1温度 T_b に関して、3個の温度データが得られた場合に、その3個の温度データに基づく平均演算によって、第1回目の測定における第1温度 T_{b1} を決定する。第2温度 T_{p1} についても同様である。なお、第3温度(環境温度)についても、第1時間帯において3回の測定を実行して、各測定によって得られた温度データに基づく平均演算によって、第1回目の測定に関する環境温度(第3温度) T_{out1} を得ることができる。

【0025】

10

また、第2時間帯においても、複数回の温度測定を実行し、各測定結果の平均演算(単純な加算平均でもよく、重み付け平均でもよい)によって、第2回目の温度測定値(T_{b2} , T_{p2})を決定する。環境温度(第3温度) T_{out2} についても同様である。また、第3時間帯においても、複数回の温度測定を実行し、各測定結果の平均演算(単純な加算平均でもよく、重み付け平均でもよい)によって、第3回目の温度測定値(T_{b3} , T_{p3})を決定する。環境温度(第3温度) T_{out3} についても同様である。以上の例は一例であり、この例に限定されるものではない。

【0026】

本態様の方法によれば、空調器等を用いて積極的に環境の温度を変化させることなく、第1温度および第2温度に関して、異なる環境温度下で測定された複数の温度データを得ることができる。

20

【0027】

(3) 本発明の温度測定装置の他の態様は、前記環境の温度を変化させることができるもの温度調整部を、さらに有し、前記制御部は、前記第1温度センサーおよび前記第2温度センサーに、前記複数回の測定を実行させるとき、1回の測定が終了する毎に、前記環境温度調整部によって前記環境の温度を変化させる。

【0028】

本態様では、「第3温度(環境温度 T_{out})の値が異なるという条件の下で、第1温度 T_b および第2温度 T_p を複数回、測定する」ことを担保するための測定方法の他の例を明確化している。

30

【0029】

本態様では、温度測定部が、さらに、環境温度調整部を備える。環境温度調整部は、環境温度(第3温度)を変化させる機能をもつ。環境温度調整部として、例えば、温度測定装置の外に設けられる外部の空調器の設定温度の調整器を使用することができる。また、環境温度調整部として、例えば、温度測定装置の内部に設けたファン(扇風機)や、気流を生じさせる気流生成部等を使用することができる。環境温度調整部を利用することによって、測定毎に、環境温度を確実に異ならせることができる。また、環境温度を正確な温度に設定することができる。また、例えば、第1測定時の環境温度 T_{out1} と第2測定時の環境温度 T_{out2} との差を、大きく設定することができる。

【0030】

40

(4) 本発明の温度測定装置の他の態様では、前記第1温度センサーおよび前記第2温度センサーが、前記複数回の測定を実行するタイミングを決めるタイミング制御情報を入力するタイミング制御情報入力部を、さらに有し、前記制御部は、タイミング制御情報入力部から前記タイミング制御情報が入力される毎に、前記第1温度センサーおよび前記第2温度センサーに温度測定を実行させる。

【0031】

本態様では、温度測定部に、複数回の測定を実行するタイミングを決めるタイミング制御情報を入力するタイミング制御情報入力部を設ける。本態様では、「第3温度(環境温度 T_{out})の値が異なるという条件の下で、第1温度 T_b および第2温度 T_p を複数回、測定する」ことは、ユーザー自身の行為によって担保されることを前提としている。

50

【0032】

例えば、ユーザーは、第1回目の測定を行うとき、温度測定装置の外に設けられる外部の空調器の温度を第1の温度に設定し、設定から所定の時間が経過すると、タイミング制御情報入力部を経由して、タイミング制御情報を入力する。制御部は、タイミング制御情報入力部からタイミング制御情報が入力される毎に、第1温度センサーおよび第2温度センサーに、1回の温度測定を実行させる。以降、ユーザーは、空調器の温度を第2の温度に設定した後、タイミング制御情報を入力する、といった動作を繰り返し行えばよい。

【0033】

本態様では、ユーザー自身が、各測定毎の環境温度を異ならせることから、温度測定装置自体が、環境温度を管理する負担が生じない。なお、以上の例は一例である。

10

【0034】

(5) 本発明の温度測定装置の他の態様では、前記第1温度が、前記第2温度ならびに前記第3温度を変数とし、かつ、複数の定数を含む関数により表されるとき、前記演算部は、測定された前記第1温度、前記第2温度および前記第3温度に基づいて前記複数の定数を算出し、算出された前記複数の定数を用いた、前記深部温度の算出式による演算によって、前記被測定体の深部温度を算出する。

【0035】

被測定体の温度が変化すると、基材における被測定体側の第1温度が変化し、基材における環境側の第2温度も変化する。従来は、このような被測定体を起点とした、基材における2点の温度の変化のみに着目していた。本態様では、逆に、環境を起点とした、基材における温度の変化にも着目する。

20

【0036】

つまり、環境(大気等)の温度が変化すれば、基材における環境側の第2温度が変化し、そして、基材における被測定体側の第1温度も変化する。コンピューターシミュレーションによって、この環境を起点とした、基材における2点の温度変化には、所定の規則性があることがわかった。

【0037】

つまり、第1温度は、第2温度ならびに第3温度を変数とし、かつ、複数の定数を含む関数により表すことができる。また、深部温度(T_c)と環境温度(T_{out})とが等しいときは、熱収支はゼロとなる点に着目して、上述の関数を変形することによって、深部温度の算出式が得られる。

30

【0038】

但し、算出式に基づいて深部温度を算出するためには、上述の関数に含まれる複数の定数の値を決める必要がある。そこで、演算部は、まず、例えば、複数回の測定の結果として得られた各温度データに基づいて、上述の複数の定数の値を算出する。次に、演算部は、各定数の値を用いて、算出式による演算を実行して、深部温度を算出する。これによって、熱収支による影響が除去された、理想に近い深部温度が求められる。

【0039】

(6) 本発明の温度測定装置の他の態様では、前記第1温度は、前記第2温度を変数とし、第1の傾きと第1の切片を有する第1の1次関数によって表され、前記第1の1次関数の前記第1の切片は、前記第3温度を変数とし、第2の傾きと第2の切片を有する第2の1次関数によって表され、前記複数の定数は、前記第1の傾きと、前記第2の傾きと、前記第2の切片に相当し、第1測定で得られた前記第1温度を T_{b1} とし、前記第2温度を T_{p1} とし、前記第3温度を T_{out1} とし、第2測定で得られた前記第1温度を T_{b2} とし、前記第2温度を T_{p2} とし、前記第3温度を T_{out2} とし、第3測定で得られた前記第1温度を T_{b3} とし、前記第2温度を T_{p3} とし、前記第3温度を T_{out3} としたとき、前記演算部は、前記第1測定で得られた前記第1温度 T_{b1} 、前記第2温度 T_{p1} および前記第3温度 T_{out1} と、前記第2測定で得られた前記第1温度 T_{b2} 、前記第2温度 T_{p2} および前記第3温度 T_{out2} と、前記第3測定で得られた前記第1温度 T_{b3} 、前記第2温度 T_{p3} および前記第3温度 T_{out3} と、に基づいて、前記第1

40

50

の傾きと、前記第2の傾きと、前記第2の切片の値を算出し、算出された前記第1の傾きと、前記第2の傾きと、前記第2の切片の値を用いた、前記深部温度の演算式による演算によって、前記被測定体の深部温度を算出する。

【0040】

コンピューターシミュレーションによって、第1温度（基材の被測定体側の温度）は、第2温度（基材の環境側の温度）に対して線形性を有し、よって、第1温度は、第2温度を変数とし、第1の傾きと第1の切片を有する第1の1次関数によって表すことができることがわかった。すなわち、（第1温度） = （第1の傾き）・（第2温度） + （第1の切片）と表すことができる。

【0041】

また、コンピューターシミュレーションによって、第1の1次関数における第1の切片は、第3温度（環境温度）に対して線形性を有し、よって、第1の1次関数の第1の切片は、第3温度を変数とし、第2の傾きと第2の切片を有する第2の1次関数によって表わすことができることがわかった。すなわち、（第1の切片） = （第2の傾き）・（第3温度） + （第2の切片）と表すことができる。

【0042】

この結果、（第1温度） = （第1の傾き）・（第2温度） + （第2の傾き）・（第3温度） + （第2の切片）と表すことができる。この関係式が、上述の（5）の態様において記載されている、「第2温度と第3温度を変数とし、かつ、複数の定数を含む関数」に相当する。したがって、「複数の定数」は、上述の式における、「第1の傾き」と、「第2の傾き」と、「第2の切片」に相当する。つまり、3つの定数の値を求める必要が生じる。
20

【0043】

そこで、例えば、少なくとも3回の温度測定（温度情報の取得）を実行し、温度測定（温度情報の取得）毎に、一組の第1温度、第2温度ならびに第3温度を得る。得られた温度値を、上述の関数、すなわち、（第1温度） = （第1の傾き）・（第2温度） + （第2の傾き）・（第3温度） + （第2の切片）という関係式に代入すると、3つの方程式、つまり、（第1の傾き）、（第2の傾き）ならびに（第2の切片）という3つの変数を含む3元連立方程式が得られる。この3元連立方程式を解くことによって、「複数の定数」、すなわち、「第1の傾き」と、「第2の傾き」と、「第2の切片」の値を決定することができる（但し、この方法に限定されるものではない）。
30

【0044】

（7）本発明の温度測定装置の他の態様では、前記演算部は、前記第1の傾きをaとし、前記第2の傾きをcとし、前記第2の切片をdとしたとき、前記a, c, dの値を、
【数1】

$$\begin{pmatrix} a \\ c \\ d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Tp1 & Tout1 & 1 \\ Tp2 & Tout2 & 1 \\ Tp3 & Tout3 & 1 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} Tb1 \\ Tb2 \\ Tb3 \end{pmatrix}$$

によって算出し、前記演算部は、前記深部温度Tcを、
40

【数2】

$$Tc = \frac{d}{1-a-c}$$

によって表される、前記深部温度の演算式としての第1算出式によって算出する。

【0045】

本態様では、上記（5）の態様で説明した複数の定数としての、第1の傾きをaとし、第2の傾きをcとし、第2の切片をdとする。

【0046】

上述した、（第1温度） = （第1の傾き）・（第2温度） + （第2の傾き）・（第3温
50

度) + (第2の切片) という関数は、具体的には、「 $T_b = a \cdot T_p + c \cdot T_{out} + d$ 」と表すことができる。 T_b は第1温度であり、 T_p は第2温度であり、 T_{out} は環境温度(第3温度)であり、 a , c , d は定数である。よって、上述した3元連立方程式は、下記の式によって表すことができる。

【数3】

$$\begin{pmatrix} Tb1 \\ Tb2 \\ Tb3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Tp1 & Tout1 & 1 \\ Tp2 & Tout2 & 1 \\ Tp3 & Tout3 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ c \\ d \end{pmatrix}$$

ゆえに、複数の定数(a , c , d)は、上述の逆行列を含む式によって求めることができる。 10

【0047】

また、求められた、 a , c , d の各値を、第1算出式に代入して、演算を実行することによって、熱収支の影響を受けない、ほぼ理想的に補正された深部温度 T_c が得られる。

【0048】

(8) 本発明の温度測定装置の他の態様は、第1測定で得られた前記第1温度を T_b1 とし、前記第2温度を T_p1 とし、前記第3温度を $T_{out}1$ とし、第2測定で得られた前記第1温度を T_b2 とし、前記第2温度を T_p2 とし、前記第3温度を $T_{out}2$ とし、かつ、前記 $T_{out}2$ の値が前記 $T_{out}1$ とは異なる値であるとき、前記演算部は、前記第1測定で得られた前記第1温度 T_b1 および前記第2温度 T_p1 と、前記第2測定で得られた前記第1温度 T_b2 および前記第2温度 T_p2 と、を用いて、前記深部温度の演算式としての第2算出式による演算を実行して、前記深部温度 T_c を算出し、前記第2算出式は、 20

【数4】

$$T_c = \frac{Tb2(Tb1 - Tp1) - Tb1(Tb2 - Tp2)}{(Tb1 - Tp1) - (Tb2 - Tp2)}$$

によって表される。

【0049】

本態様では、少なくとも2回の温度測定(温度情報の取得)を実行し、各温度測定では、第3温度(環境温度) T_{out} の値を異ならせる。環境温度(第3温度)を異にして、2回の温度測定を実行したとき、第1測定では、始端を被測定体の深部とし、終端を環境(大気等)とする第1の熱流束の系が構成されることになる。また、第2測定では、始端を被測定体の深部とし、終端を環境(大気等)とする第2の熱流束の系が構成される。第3温度(環境温度) T_{out} は、各系で異なることから、各系の熱流束は互いに異なる熱流束である。 30

【0050】

これらの熱流束の系では、終端が環境であることから、従来例にて問題となる熱収支の差分という概念が生じない。つまり、その熱収支も含めて、環境温度 T_{out} ($T_{out}1$, $T_{out}2$)が一義的に定まるというだけである。 40

【0051】

また、使用している基材の熱特性(例えば熱伝導率)は、第1の熱流束の系、第2の熱流束の系で同じである(これは、共通の基材を使用しているのだから、当然のことである)。つまり、熱抵抗の分布は、第1の系と第2の系との間で、何ら変化しない。よって、基材に第1測定点と第2測定を設定したとき、(第1測定点と第2測定点の温度の差)/(被測定体の深部温度 T_c と第1測定点の温度の差)は、第1の熱流束の系、第2の熱流束の系ともに同じである。よって、下記の式が成立する。

【数5】

$$\frac{(Tb1 - Tp1)}{(Tc - Tb1)} = \frac{(Tb2 - Tp2)}{(Tc - Tb2)}$$

この式を、 T_c について解くと、上述の第2算出式が得られる。従来例における、 T_c という誤差成分の概念自体が生じないことから、第2算出式によれば、ほぼ理想的な深部温度 T_c が得られる。

【0052】

すなわち、第2算出式は、系が異なる2つの熱流束に基づいて測定された温度情報の差の比をとる形式の演算式であることから、各温度情報に含まれている、熱収支に対応する成分は相殺されて見えなくなる。つまり、基材と環境との間で熱収支が発生すること、あるいは、被測定体と環境との間で熱収支が発生することは、何ら問題とならない。10

【0053】

第2算出式は、形式的には従来例における算出式と同じように見えるが、第2算出式は、従来例の算出式とは、根本的に異なる算出式である。つまり、第2算出式は、環境を終端とする2つの熱流束の系から得られたデータに基づいて、基材における熱抵抗の比が同じ（共通）であるという観点から導き出される算出式であり、根本的に異なるものである。。

【0054】

なお、本態様では、第3温度（環境温度） T_{out} は、深部温度 T_c の算出自体には直接的には関係しない。但し、上述のとおり、第1測定における T_{out1} と、第2測定における T_{out2} とは異なっている必要があり、 $T_{out1} = T_{out2}$ であるときは、正確な深部温度の算出ができない。よって、第3温度センサーで測定された第3温度 T_{out} は、算出可能条件（第1測定と第2測定における第3温度が異なるという条件）が満足されているかを確認するために、つまり、演算の可否の判断に使用することができる。20

【0055】

(9) 本発明の温度測定装置の他の態様は、第1ユニットと、前記第1ユニットとは別体の第2ユニットを有し、前記第1ユニットは、前記温度測定部と、前記環境温度取得部と、を含み、前記第2ユニットは、前記演算部と、前記制御部と、を含む。

【0056】

本態様では、第1ユニットと第2ユニットを分離した、別体の構成が採用されている。したがって、例えば、第1ユニット（例えば温度測定装置の本体）の構成部品の数を、最小限に抑制することができ、第1ユニットの軽量化が実現される。したがって、例えば、被測定体6としての被検者の体表面に、第1ユニットを長時間、接触させた場合であっても、被検者に大きな負担を与えることがない。よって、例えば、長時間にわたって、連続的に温度をモニタリングすることが可能となる。30

【0057】

(10) 本発明の温度測定装置の他の態様では、前記第1ユニットは、第1無線通信部を含み、前記第2ユニットは、第2無線通信部を含み、前記第1温度の情報と前記第2温度の情報、または、前記第1温度の情報、前記第2温度の情報および前記第3温度の情報は、前記第1無線通信部から前記第2無線通信部に送信され、前記演算部は、前記第2無線通信部によって受信された、前記第1温度の情報と前記第2温度の情報、または、前記第1温度の情報、前記第2温度の情報および前記第3温度の情報に基づいて演算を実行して、前記被測定体の深部温度を求める。40

【0058】

本態様では、第1ユニットと第2ユニットとの間で、無線通信による温度データの送受信を行うことができる。よって、第2ユニットを、第1ユニットからある程度、離して設置することができる。また、無線通信を利用することから、通信用の配線が不要である。よって、第1ユニットの取扱い性が向上する。また、第1ユニットを、第2ユニットから完全に分離できることから、第1ユニットの軽量化を、より促進することができる。50

【0059】

(11) 本発明の温度測定装置の他の態様では、前記基材の前記第1面を、前記被測定体の表面に貼付する貼付構造を有する。

【0060】

本態様では、温度測定装置を、被測定体の表面に貼付することができる。したがって、温度測定装置の操作性ならびに携帯性が向上する。また、例えば、温度測定装置を、幼児や乳幼児などの体温の計測のために使用する場合、幼児等は、頻繁に体を動かすことから、温度測定装置と体表面との接触を、所定時間、良好に保持することが困難である。しかし、このような場合でも、本態様の温度測定装置は、被測定体の表面に貼付可能であることから、幼児や乳幼児が体を動かしたとしても、体表面と温度測定装置との接触状況を良好に維持できる。よって、正確かつ安定した温度測定な可能である。

10

【0061】

(12) 本発明の温度測定方法の一態様は、基材の外表面上、または前記基材の内部における異なる位置の第1測定点および第2測定点における温度を、前記環境の温度が異なるという条件の下で複数回、測定する温度情報取得工程と、前記複数回の測定によって得られた前記第1測定点の温度と前記第2測定点の温度に基づいて、または、前記複数回の測定によって得られた前記第1測定点の温度および前記第2測定点の温度、ならびに前記複数回の測定に対応する前記異なる値の前記環境の温度に基づいて、前記第1面から離れた、前記被測定体の深部における深部温度を、深部温度の演算式に基づいて求める演算工程と、を含む。

20

【0062】

本態様の温度測定方法では、例えば、環境温度（第3温度）が異なるという条件の下で、時間を異にして複数回の温度測定（温度情報の取得）を実行し、得られた複数の温度データを用いて演算を実行することによって、深部温度を求めることができる。

【0063】

従来例では、環境温度が一定であるという条件の下で、2つの温度測定部における断熱材の種類を異ならせて、2つの異なる熱流束を生成していたが、本態様では、環境温度が異なる複数の系において熱流束を生成する。

【0064】

基材と環境（例えば大気等の熱媒体であり、周囲媒体あるいは環境媒体と言い換えることができる）との間で熱収支が発生する。従来例では、2つの温度測定部が同時に温度測定を実行することから、2つの温度測定系における環境温度 T_{out} は同じ値（つまり一定）である。よって、各系における深部温度 T_c と環境温度 T_{out} 間に生じる熱流が一定であり、従来例は、このことを前提条件としている。被測定体から環境に向かう、例えば鉛直方向の熱流が一定であるということは、その鉛直方向の熱流の一部が、例えば基材の側面を経由して環境に逃げるといった熱収支が生じないことを前提として成立する。

30

【0065】

しかし、温度測定装置の小型化が促進され、基材のサイズが小さくなると、被測定体と環境との間の熱収支が顕在化する。この場合、深部温度 T_c と環境温度 T_{out} 間に生じる熱流が一定であるという前提が満足されなくなる。

40

【0066】

これに対して、本態様では、複数の熱流の系において、各熱流の一端は、温度変動が許容されている環境であり、例えば、第1の系では、環境温度は T_{out1} （任意の温度）であり、第2の系では環境温度は T_{out2} (T_{out1} とは異なる任意の温度) である。よって、複数の熱流の系の間で、環境温度 (T_{out}) と深部温度 (T_c) との間で生じる熱流が一定でなければならない、という、従来例のような制約が生じない。つまり、各系の熱流束には、熱収支による熱の移動が本来的に含まれており、環境温度 T_{out} （任意の温度）と被測定体の深部温度 T_c との間で、その熱収支の成分も含むような熱流が生じるだけである。

【0067】

50

そして、このような熱流の系では、基材における任意の 2 点（第 1 測定点と第 2 測定点）の温度は、環境温度 (T_{out}) を変数（パラメーター）として含む式によって表すことができる。

【 0 0 6 8 】

また、深部温度と環境温度とが等しいときは、熱収支はゼロとなる。よって、例えば、深部温度の演算を行う際に、深部温度と環境温度とが等しいという条件を加えることによつて、熱収支による測定誤差をゼロとすることができます。

【 0 0 6 9 】

また、深部温度を演算する演算式として、系が異なる 2 つの熱流束に基づいて測定された温度情報の差（の比）をとる形式の演算式を使用したとき、各温度情報に含まれている、熱収支に対応する成分は相殺されて見えなくなる。つまり、基材と環境との間で熱収支が発生すること、あるいは、被測定体と環境との間で熱収支が発生することは、何ら問題とならない。

10

【 0 0 7 0 】

このような測定原理によって、被測定体の深部温度を、より高精度に測定することができる。熱収支が測定に与える影響は、一般に、温度測定装置を小型にするほど顕在化するが、本態様では、熱収支による誤差を抑制することができるため、温度測定装置の小型化と、極めて高精度な測定とを両立することができる。

【 0 0 7 1 】

また、本態様の温度測定装置では、異なる環境温度の下で、複数回の温度測定（温度情報の取得）を実行し、得られた複数の温度データを用いて演算を実行することによって、深部温度を求めることができる。よって、基本的には、基材は一つ設ければよく、特許文献 1 に記載される従来例のように、2 つの基材（2 つの温度測定部）を設ける必要がない。よって、この点でも、温度測定装置の小型化が可能である。また、特許文献 1 の体温計では、各温度測定部の熱抵抗値を異ならせるために、温度測定部の表層部に、材料が異なる断熱材を設ける必要があったが、本態様では、基本的には、熱を伝達する熱媒体としての基材が一つあればよく、この点で、温度測定装置の構成を簡素化することができる。基材としては、例えば、所定の熱伝導率（あるいは熱抵抗）をもつ材料（例えばシリコンゴム）を使用することができる。

20

【 0 0 7 2 】

(1 3) 本発明の温度測定方法の他の態様では、前記第 1 測定点の温度を第 1 温度とし、前記第 2 測定点の温度を第 2 温度とし、前記環境の温度を第 3 温度としたとき、前記第 1 温度は、前記第 2 温度ならびに前記第 3 温度を変数とし、かつ、複数の定数を含む関数により表され、前記第 1 温度は、前記第 2 温度を変数とし、第 1 の傾きと第 1 の切片を有する第 1 の 1 次関数によって表され、前記第 1 の 1 次関数の前記第 1 の切片は、前記第 3 温度を変数とし、第 2 の傾きと第 2 の切片を有する第 2 の 1 次関数によって表され、前記複数の定数は、前記第 1 の傾きと、前記第 2 の傾きと、前記第 2 の切片に相当し、前記温度情報取得工程における第 1 測定によって、前記第 1 温度としての T_{b1} 、前記第 2 温度としての T_{p1} 、前記第 3 温度としての T_{out1} を取得し、第 2 測定によって、前記第 1 温度としての T_{b2} 、前記第 2 温度としての T_{p2} 、前記第 3 温度としての T_{out2} を取得し、第 3 測定によって、前記第 1 温度としての T_{b3} 、前記第 2 温度としての T_{p3} 、前記第 3 温度としての T_{out3} を取得し、前記演算工程では、前記第 1 測定で得られた前記第 1 温度 T_{b1} 、前記第 2 温度 T_{p1} および前記第 3 温度 T_{out1} と、前記第 2 測定で得られた前記第 1 温度 T_{b2} 、前記第 2 温度 T_{p2} および前記第 3 温度 T_{out2} と、前記第 3 測定で得られた前記第 1 温度 T_{b3} 、前記第 2 温度 T_{p3} および前記第 3 温度 T_{out3} と、に基づいて、前記第 1 の傾きと、前記第 2 の傾きと、前記第 2 の切片の値を算出し、算出された前記第 1 の傾きと、前記第 2 の傾きと、前記第 2 の切片の値を用いた、前記深部温度の演算式による演算によって、前記被測定体の深部温度を算出する。

40

【 0 0 7 3 】

本態様の温度測定方法では、例えば、少なくとも 3 回の温度測定（温度情報の取得）を

50

実行し、1回の温度測定（温度情報の取得）で、一組の第1温度、第2温度ならびに第3温度を得る。また、第1温度は、第2温度ならびに第3温度を変数として含み、かつ、複数の定数を含む関数により表わすことができる。3回の温度測定によって得られた各温度値を、上述の関数に代入すると、3つの変数を含む3元連立方程式が得られる。この3元連立方程式を解くことによって、複数の定数を得ることができる（この方法に限定されるものではない）。次に、求められた各定数の値を用いて、第1算出式による演算を実行して、深部温度を算出する。これによって、熱収支による影響が除去された、理想に近い深部温度を求めることができる。

【0074】

(14) 本発明の温度測定方法の他の態様では、前記演算工程では、前記第1の傾きを
aとし、前記第2の傾きをcとし、前記第2の切片をdとしたとき、前記a, c, dを、
【数6】

$$\begin{pmatrix} a \\ c \\ d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Tp1 & Tout1 & 1 \\ Tp2 & Tout2 & 1 \\ Tp3 & Tout3 & 1 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} Tb1 \\ Tb2 \\ Tb3 \end{pmatrix}$$

によって算出し、また、前記深部温度Tcを、

【数7】

$$Tc = \frac{d}{1-a-c}$$

10

20

によって表される、前記第1算出式によって算出する。

【0075】

本態様では、複数の定数a, c, d(aは第1の傾き、cは第2の傾き、dは第2の切片)は、上述の逆行列を含む式によって求めることができる。

【0076】

また、上述した演算式(環境温度を変数として含む)を、深部温度Tcと環境温度(第3温度)Toutとが等しいという条件の下で解くと、第1算出式が得られる。よって、求められた、a, c, dの各値を、第1算出式に代入して、演算を実行することによって、熱収支の影響を受けない、ほぼ理想的に補正された深部温度Tcが得られる。

30

【0077】

(15) 本発明の温度測定方法の他の態様では、前記温度情報取得工程における第1測定では、第3温度Tout1の下で、前記第1温度としてのTb1および前記第2温度としてのTp1を取得し、また、第2測定では、前記第1測定に対応する第3温度Tout1とは異なる値の第3温度Tout2の下で、前記第1温度としてのTb2および前記第2温度としてのTp2を取得し、また、前記演算工程では、前記第1測定で得られた前記第1温度Tb1および前記第2温度Tp1と、前記第2測定で得られた前記第1温度Tb2および前記第2温度Tp2と、を用いて、前記深部温度の演算式としての第2算出式による演算を実行して、前記深部温度Tcを算出し、前記第2算出式は、

【数8】

40

$$Tc = \frac{Tb2(Tb1-Tp1)-Tb1(Tb2-Tp2)}{(Tb1-Tp1)-(Tb2-Tp2)}$$

によって表される。

【0078】

本態様の温度測定方法では、第3温度(環境温度)Toutの値を異ならせる。環境温度(第3温度)を異にして、2回の温度測定を実行したとき、第1測定では、例えば、始端を被測定体の深部とし、終端を環境(大気等)とする第1の熱流束の系が構成される。また、第2測定では、例えば、始端を被測定体の深部とし、終端を環境(大気等)とする第2の熱流束の系が構成される。第3温度(環境温度)Toutは、各系で異なることか

50

ら、各系の熱流束は互いに異なる熱流束である。

【0079】

これらの熱流束の系では、終端が、温度の変動が許容された環境であることから、従来例にて問題となる熱収支の差分という概念が生じない。つまり、その熱収支も含めて、環境温度 T_{out} (T_{out1} , T_{out2}) が一義的に定まるというだけである。

【0080】

また、使用している基材の熱伝導率は、第1の熱流束の系、第2の熱流束の系で同じである（共通の基材を使用しているのだから、当然のことである）。つまり、熱抵抗の分布は、第1の系と第2の系との間で、何ら変化しない。よって、基材に第1測定点と第2測定を設定したとき、（第1測定点と第2測定点の温度の差）/（被測定体の深部温度 T_c と第1測定点の温度の差）は、第1の熱流束の系、第2の熱流束の系ともに同じである。よって、下記の式が成立する。

【数9】

$$\frac{(Tb1 - Tp1)}{(Tc - Tb1)} = \frac{(Tb2 - Tp2)}{(Tc - Tb2)}$$

この式を、 T_c について解くと、上述の第2算出式が得られる。従来例における、 T_c という誤差成分の概念自体が生じないことから、第2算出式によれば、ほぼ理想的な深部温度 T_c が得られる。

【0081】

すなわち、第2算出式は、系が異なる2つの熱流束に基づいて測定された温度情報の差の比をとる形式の演算式であることから、各温度情報に含まれている、熱収支に対応する成分は相殺されて見えなくなる。つまり、基材と環境との間で熱収支が発生すること、あるいは、被測定体と環境との間で熱収支が発生することは、何ら問題とならない。

【0082】

第2算出式は、形式的には従来例における算出式と同じように見えるが、第2算出式は、従来例の算出式とは、根本的に異なる算出式である。つまり、第2算出式は、環境を終端とする2つの熱流束の系から得られたデータに基づいて、基材における熱抵抗が同じ（共通）であるという観点から導き出される算出式であり、根本的に異なるものである。

【0083】

なお、本態様では、第3温度（環境温度） T_{out} は、深部温度 T_c の算出自体には直接的には関係しない。但し、上述のとおり、第1測定における T_{out1} と、第2測定における T_{out2} とは異なっている必要があり、 $T_{out1} = T_{out2}$ であるときは、正確な深部温度の算出ができない。よって、第3温度 T_{out} は、算出可能条件（第1測定と第2測定における第3温度が異なるという条件）が満足されているかを確認するために、つまり、演算の可否の判断に使用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0084】

【図1】図1(A)～図1(C)は、第1の実施形態における、深部温度の測定方法を説明するための図

【図2】図2(A)および図2(B)は、温度測定方法の一例、ならびに、その温度測定方法を実施するための温度測定装置の構成の一例を示す図

【図3】図3(A)および図3(B)は、温度測定方法の他の例、ならびに、その温度測定方法を実施するための温度測定装置の構成の他の例を示す図

【図4】図4(A)および図4(B)は、温度測定方法の他の例、ならびに、その温度測定方法を実施するための温度測定装置の構成の他の例を示す図

【図5】図5(A)～図5(C)は、環境温度が一定であるという条件下における、第1温度と第2温度との間の関係、ならびに、その関係を深部温度の算出式に適用した場合の結果を示す図

【図6】図6(A)～図6(D)は、環境温度を変化させた場合における、第1温度と第

10

20

30

40

50

2 温度との間の関係を示す図

【図7】図7(A)～図7(D)は、第1実施形態における、深部温度の測定方法を示す図

【図8】図8(A)～図8(C)は、温度測定装置の全体構成の例を示す図

【図9】図9(A)および図9(B)は、無線通信を利用した温度測定装置の使用例を説明するための図

【図10】第1実施形態における、深部温度の測定手順を示す図

【図11】深部温度の算出結果の一例を示す図

【図12】深部温度の算出結果の他の例を示す図

【図13】深部温度の算出結果の他の例を示す図

10

【図14】深部温度の算出結果の他の例を示す図

【図15】図15(A)および図15(B)は、基材の内部における温度分布と測定結果との関係の一例を示す図

【図16】図16(A)および図16(B)は、基材の内部における温度分布と測定結果との関係の他の例を示す図

【図17】第2の実施形態における、深部温度の測定方法を説明するための図

【図18】図18(A)および図18(B)は、特許文献1に示される従来例において、熱収支に起因する誤差成分が生じる理由を説明するための図

【図19】図19(A)および図19(B)は、本発明の第2実施形態において、熱収支に起因する誤差成分が生じない理由を説明するための図

20

【図20】図20(A)および図20(B)は、第2実施形態における、深部温度の測定手順と、第2実施形態における深部温度の算出結果例を示す図

【図21】図21(A)～図21(E)は、温度センサーを基材に設ける方法の一例について説明するための図

【図22】図22(A)～図22(C)は、特許文献1(特開2006-308538号公報)の図5に記載される体温計の例を説明するための図

【図23】熱流束が定常状態であるときの体温計の接触部モデルと、深部温度の算出式を示す図

【図24】従来例における熱収支による測定誤差について説明するための図

【発明を実施するための形態】

30

【0085】

本発明の実施形態について説明する前に、特許文献1に記載される、深部温度を求めるための演算式について、簡単に説明する。

【0086】

図22(A)～図22(C)は、特許文献1(特開2006-308538号公報)の図5に記載される体温計の例を説明するための図である。図22(A)では、特許文献1の図7の内容を、そのまま記載している。図22(B)および図22(C)は、特許文献1の図7に記載される例の動作を説明するために、今回、新規に追加した補助的な図である。

【0087】

40

図22(A)に示されるように、体温計本体3は、人体2上に設けられている。体温計本体3は、第1温度測定部3Aと第2温度測定部3Bを備えている。第1温度測定部3Aは、人体2の体表面2Aに接触する接触面300Aを有している断熱材37と、熱流束調整手段として、断熱材37と外気との間に設けられた第1の断熱材としての断熱材38Aとを備えている。また、温度測定部3Bは、温度測定部3Aの接触位置から距離Lだけ離れた位置における体表面2Aに接触する接触面300Bを有している断熱材37と、熱流束調整手段として、断熱材37と外気との間に第2の断熱材としての断熱材38Bを備えている。すなわち、断熱材37は、第1温度測定部3Aと第2温度測定部3Bとで共通しており、共通の熱抵抗値を有している。

【0088】

50

第1温度測定部3Aは、体表面2Aの温度を第1の基準温度として測定する第1基準温度測定部としての体表面センサー31Aと、断熱材37と断熱材38Aとの界面301Aの温度を第1の参照温度として測定する第1参照温度測定部としての中間センサー32Aとを備えている。

【0089】

また、温度測定部3Bは、体表面2Aの温度を第2の基準温度として測定する第2基準温度測定部としての体表面センサー31Bと、断熱材37と断熱材38Bとの界面301Bの温度を第2の参照温度として測定する第2の参照温度測定部としての中間センサー32Bとを備えている。断熱材38の材料は、断熱材37の材料とは異なっている。したがって、第1温度測定部3Aと第2温度測定部3Bとの間の熱抵抗値を異なり、各温度測定部には、異なる熱流束が生じることになる。10

【0090】

図22(B)では、図22(A)に示される体温計本体の構造を簡略化して示している。図22(C)では、図22(B)に示される第1温度測定部3Aおよび2温度測定部3Bにおける、熱抵抗と熱流束とが記載されている。

【0091】

図22(C)に示されるように、人体2の表層部の熱抵抗はRsであり、また、各温度測定部3A, 3Bと人体2との接触箇所には、接触抵抗Rtが存在する。(Rs + Rt)の値は不明である。また、共通の断熱材37の熱抵抗はRu0(既知)である。また、第1温度測定部3Aの大気側に設けられる断熱材38Aの熱抵抗は(Ru1 + RV)である。20 なお、RVは大気に近い表層部の熱抵抗である。また、第2温度測定部3Bの大気側に設けられる断熱材38Bの熱抵抗は(Ru2 + RV)である。

【0092】

また、図22(C)では、体表面センサー31A, 31Bによって測定された温度をTb1, Tb3とし、中間センサー32A, 32Bによって測定された温度をTb2, Tb4とする。

【0093】

図22(C)の左側に太線の矢印で示されるように、第1温度測定部3Aには、人体2の深部から、断熱材37と断熱材38Aとが接触する界面301Aに向かう熱流束が生じる。この熱流束は、人体2の深部(温度Tcore)から体表面2Aに向かう熱流束Q(s+t)と、体表面2Aから界面301Aに向かう熱流束Qu1と、に分けることができる。また、第2温度測定部3Bにおいても、人体2の深部から、断熱材37と断熱材38Aとが接触する界面301Aに向かう熱流束が生じ、この熱流束は、人体2の深部(温度Tcore)から体表面2Aに向かう熱流束Q(s+t)と、体表面2Aから界面301Aに向かう熱流束Qu2と、に分けることができる。30

【0094】

熱流束は、2点の温度の差を、2点間の熱抵抗値で除算して求めることができる。よって、熱流束Q(s+t)は、下記の式(A)で示され、熱流束Qu1は、下記の式(B)で示され、熱流束Qu2は、下記の式(C)で示される。

$$Q(s+t) = (T_{core} - Tb1) / (Rs + Rt) \dots (A) \span style="float: right;">40$$

$$Qu1 = (Tb1 - Tb2) / Ru0 \dots (B)$$

$$Qu2 = (Tb3 - Tb4) / Ru0 \dots (C)$$

ここで、人体2における熱流束と、温度測定部3A, 3Bにおける熱流束とは等しい。よって、Q(s+t) = Qu1が成立し、同様に、Q(s+t) = Qu2が成立する。

したがって、式(A)ならびに式(B)から、下記(D)式が得られ、式(A)と式(C)から、下記の式(E)が得られる。

$$T_{core} = \{ (Rs + Rt) / Ru0 \} \cdot (Tb1 - Tb2) + Tb1 \dots (D)$$

$$T_{core} = \{ (Rs + Rt) / Ru0 \} \cdot (Tb3 - Tb4) + Tb3 \dots (E)$$

図23は、熱流束が定常状態であるときの体温計の接触部モデルと、深部温度の算出式を示す図である。この図23の上側に示される図は、特許文献1の図4の内容を、ほぼそ50

のまま記載した図である。図23の上側の図に示されるように、2つの異なる熱流束($Q(s+t)$)と Qu_1 、 $Q(s+t)$ と Qu_2 は、各々、傾きが異なる直線で示される。各熱流束において、人体2における熱流束と、温度測定部3A, 3Bにおける熱流束とは等しいという条件より、上述のとおり、深部温度 T_{core} の算出式である(D)式と(E)式とが得られる。

【0095】

式(D)と式(E)に基づいて、 $\{(Rs+Rt)/Ru_0\}$ の項を除去することができる。この結果、深部温度 T_{core} の算出式である、下記の式(F)が得られる。

【数10】

$$T_{core} = \frac{Tb3(Tb1-Tb2)-Tb1(Tb3-Tb4)}{(Tb1-Tb2)-(Tb3-Tb4)} \dots \dots \dots (F)$$

10

この式(F)によれば、人体2における熱抵抗値に関係なく、人体2の深部温度 T_{core} を精度よく求めることができる。

【0096】

図24は、図22に示した従来例において、熱収支による測定誤差が生じる様子を示している。なお、図24では、説明の便宜上、各体表面センサー31A～32Bの測定温度を、T1～T4と表記している。

【0097】

図24において、人体2と環境(ここでは大気)7との間、あるいは、温度測定部3A, 3Bと環境7との間に生じる熱収支(熱の授受)が、太線の破線の矢印で示されている。上述のとおり、人体2の深部から温度測定部3A, 3Bに向かう熱流束が生じるが、実際の温度測定に際して、熱流束の一部は、例えば、温度測定部3A, 3Bから環境(大気)7に逃げ、また、例えば、環境(大気)7から温度測定部3A, 3Bに熱が流入する。先に説明した、特許文献1に記載される技術では、熱収支が生じない、理想的な熱流束を前提としているため、この点で、わずかながら測定誤差が生じるのは否めない。

20

【0098】

図24の下側に示される式(F)では、従来例における深部温度 T_{core} を、真の深部温度 T_c と、熱収支による誤差成分 T_c とに分けて記載してある。つまり、特許文献1に記載される測定方法では、測定された深部温度 T_{core} には、熱収支に伴う測定誤差が、わずかながら存在することになる。この熱収支に伴う誤差成分を、例えば、補正演算等によって除去することができれば、深部温度の測定精度を、さらに向上させることができる。

30

【0099】

次に、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

【0100】

(第1の実施形態)

図1(A)～図1(C)は、第1の実施形態における、深部温度の測定方法を説明するための図である。図1では、本実施形態における温度測定装置の要部(温度測定部)のみが記載されている。なお、温度測定装置の全体の構成例については、図8を用いて後述する。

40

【0101】

まず、図1(A)を参照する。本実施形態における温度測定装置は、基材40と、基材40の第1測定点p1における温度を、第1温度 T_b として測定する第1温度センサー50と、基材40の、第1測定点p1とは異なる第2測定点p2における温度を第2温度 T_p として測定する第2温度センサー52と、基材40の周囲の環境(ここでは大気)7の温度を第3温度として取得する環境温度取得部53と、を有する。

【0102】

基材40は、被測定体6に接触する接触面である第1面SR1と、第1面SR1に対向する面であって、環境側の面(つまり、基材40の上面)である第2面SR2と、を有す

50

る。基材 4 0 の第 1 面 S R 1 は、被測定体 6 の表層部 5 の表面に接触した状態となっている。

【 0 1 0 3 】

基材 4 0 の第 2 面 S R 2 は、例えば、第 1 面 S R 1 に対して平行な面である。また、基材 4 0 は、熱を伝達する熱媒体である。基材 4 0 としては、例えば、所定の熱伝導率（あるいは熱抵抗）をもつ材料（例えばシリコンゴム）を使用することができる。基材 4 0 の材料としては、例えば、シリコンゴムを使用することができる。被測定体 6 は、人体であってもよく、また、炉や配管等の無機的な構造物であってもよい。

【 0 1 0 4 】

また、第 1 温度センサー 5 0 、第 2 温度センサー 5 2 ならびに第 3 温度センサー 5 4 としては、例えば、温度値を抵抗値に変換するタイプの温度センサーを使用することができる、また、温度値を電圧値に変換するタイプの温度センサー等を使用することができる。なお、温度値を抵抗値に変換するタイプの温度センサーとしては、チップサーミスター や、サーミスター パターンがプリントされたフレキシブル基板、白金測温抵抗体等を採用することができる。また、温度値を電圧値に変換するタイプの温度センサーとしては、熱電対素子や、P N 接合素子、ダイオード等を採用することができる。

【 0 1 0 5 】

被測定体 6 の深部 4 の深部温度は T_c であり、この深部温度 T_c が測定対象となる温度である。図 1 (A) の例では、破線の矢印で示されるように、被測定体 6 の深部 4 から環境 7 に向かう熱流（熱流束） Q_a が生じている。

【 0 1 0 6 】

環境 7 は、例えば、大気等の熱媒体であり、周囲媒体あるいは環境媒体と言い換えることができる。基材 4 0 の周囲の媒体に、大気の構成成分ではないガス成分が含まれるような場合であっても、その媒体は環境（周囲媒体、環境媒体）7 ということができる。また、その媒体は、気体に限定されるものではない。

【 0 1 0 7 】

また、第 1 測定点 p_1 および第 2 測定点 p_2 は、基材 4 0 の外表面上、または基材 4 0 の内部に設けることができる。つまり、第 1 測定点 p_1 および第 2 測定点 p_2 は、基材 4 0 の外表面上、または基材 4 0 の内部に位置する任意の 2 点である。

【 0 1 0 8 】

また、第 1 温度センサー 5 0 および第 2 温度センサー 5 2 は、第 3 温度 T_{out} の値が異なるという条件の下で、第 1 温度 T_p および第 2 温度 T_b を複数回（ここでは 3 回とする）、測定する。

【 0 1 0 9 】

第 1 測定点 p_1 の温度 T_p （すなわち第 1 温度）ならびに第 2 測定点 p_2 の温度 T_b （すなわち第 2 温度）は、共に、熱源としての深部温度 T_c の影響を受けて変動し、かつ、熱流の終端である環境 7 の温度 T_{out} （すなわち第 3 温度）の影響を受けて変動する。

【 0 1 1 0 】

例えば、第 1 温度 $T_p = T_{p_A}$ としたとき、第 2 温度 $T_b = a T_{p_A} + b$ と表すことができる。 a は一次関数の傾き（第 1 の傾き）であり、 b は、切片（第 1 の切片）である。また、第 1 の切片 b は、環境温度（第 3 温度） T_{out} によって線形に変化する。すなわち、 $b = c T_{out} + d$ と表すことができる。 c は一次関数の傾き（第 2 の傾き）であり、 d は、切片（第 2 の切片）である。

【 0 1 1 1 】

温度測定部に含まれる演算部（図 1 では不図示、図 2 ~ 図 4 における参照符号 7 4 ）は、本実施形態においては、3 回の測定によって得られた第 1 温度（ $T_{b1} \sim T_{b3}$ ）および第 2 温度（ $T_{p1} \sim T_{p3}$ ）、ならびに 3 回の測定に対応する異なる値の第 3 温度（ $T_{out1} \sim T_{out3}$ ）に基づいて、第 1 面 S R 1 から離れた、被測定体 6 の深部 4 における深部温度 T_c を、深部温度の演算式である第 1 算出式（式（1））による演算によって求める。つまり、 $T_c = d / (1 - a - c)$ となる。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 2 】

第1算出式(式(1))は、深部温度(T_c)と環境温度(T_{out})とが等しいときは、熱収支はゼロとなるという点に着目して導出される(詳しい導出過程については後述する)。3回の測定によって得られた温度データから、定数 a , c , d を決定し、式(1)に代入することによって、深部温度 T_c が求まる。これが本実施形態における深部温度 T_c の算出方法である。

【 0 1 1 3 】

従来例では、環境温度が一定であるという条件の下で、2つの温度測定部における断熱材の種類を異ならせて、2つの異なる熱流束を生成していたが、本態様では、環境温度が異なる、少なくとも2つの系において熱流束を生成する。なお、以下の説明で環境という用語を使用するが、環境は、例えば大気等の熱媒体であり、周囲媒体あるいは環境媒体と言ひ換えることができる。10

【 0 1 1 4 】

従来例における熱流のモデルでは、2つの温度測定系における環境温度 T_{out} は同じ値(つまり一定)となっている。よって、各系における深部温度 T_c と環境温度 T_{out} 間に生じる熱流が一定であり、従来例は、このことを前提条件としている。被測定体から環境に向かう、例えば鉛直方向の熱流が一定であるということは、その鉛直方向の熱流の一部が、例えば基材の側面を経由して環境に逃げるといった熱収支が生じないことを前提として成立する。

【 0 1 1 5 】

しかし、温度測定装置の小型化が促進され、基材のサイズが小さくなると、被測定体と環境との間の熱収支(例えば、基材の側面からの熱の逃げ等)が顕在化する。この場合、深部温度 T_c と環境温度 T_{out} 間に生じる熱流が一定であるという前提が満足されなくなる。20

【 0 1 1 6 】

これに対して、本実施形態では、複数の熱流の系において、各熱流の一端は、温度変動が許容されている環境であり、例えば、第1の系では、環境温度は T_{out1} (任意の温度)であり、第2の系では環境温度は T_{out2} (T_{out1} とは異なる任意の温度)である。よって、複数の熱流の系の間で、環境温度(T_{out})と深部温度(T_c)との間で生じる熱流が一定でなければならない、という、従来例のような制約が生じない。つまり、各系の熱流束には、熱収支による熱の移動が本来的に含まれており、環境温度 T_{out} (任意の温度)と被測定体の深部温度 T_c との間で、その熱収支の成分も含むような熱流が生じるだけである。30

【 0 1 1 7 】

そして、このような熱流の系では、基材における任意の2点(第1測定点と第2測定点)の温度は、環境温度(T_{out})を変数(パラメーター)として含む式によって表すことができる。

【 0 1 1 8 】

また、深部温度 T_c と環境温度 T_{out} とが等しいときは、熱収支はゼロとなる。よって、例えば、深部温度 T_c の演算を行う際に、深部温度 T_c と環境温度 T_{out} とが等しいという条件を与えることによって、熱収支による測定誤差をゼロとすることができる、上述した第1算出式(式(1))が得られる。40

【 0 1 1 9 】

また、第1測定点 p_1 (第1温度センサー50が設けられる位置)、ならびに、第2測定点 p_2 (第2温度センサー52が設けられる位置)に関しては、種々のバリエーションが考えられる。ここで、図1(B)を参照する。

【 0 1 2 0 】

第1測定点 p_1 および第2測定点 p_2 は、基材40の表面上や側面上、すなわち基材40の外表面上に位置することができ、また、基材40の内部に位置することもできる。また、いずれか一方が、基材40の表面上や側面上に位置し、いずれか他方が、基材40の50

内部に位置することもできる。なお、第1測定点 p_1 と第2測定点 p_2 を種々、変化させて、深部温度を測定した結果については、図11～図16を用いて後述する。

【0121】

本実施形態では、第1測定点 p_1 は、被測定体6側の測定点とし、第2測定点 p_2 は、環境(大気)7側の測定点とする。

【0122】

図1(B)に示すように、基材40の接触面SR1に垂直な垂線の方向における、第1面(接触面)SR1からの距離を考え、第1測定点 p_1 の距離をLAとし、第2測定点 p_2 の距離をLBとする。基材40の高さ(第1面SR1から第2面SR2までの距離)をLCとする。

10

【0123】

距離LAおよび距離LBについては、 $0 \leq LA, LB \leq LC$ が成立し、かつ、 $LA = LB$ が成立する。つまり、第1測定点 p_1 および第2測定点 p_2 の、基材40の第1面SR1からの距離LA, LBは、0以上であり、基材40の高さ(頂部における高さ)はLC以内である。また、第1測定点 p_1 の、基材40の第1面SR1からの距離LAと、第2測定点 p_2 の、基材40の第1面からの距離LBとを比較した場合、 $LA < LB$ であってもよく、また、 $LA = LB$ であってもよい。

10

【0124】

また、 $LA < LB$ のときは、第1測定点 p_1 の方が、第2測定点 p_2 よりも被測定体6の近くに位置している。 $LA = LB$ のときは、第1測定点 p_1 と第2測定点 p_2 とは、横一線の位置にあり、距離に関しては優劣がない。但し、第1測定点 p_1 と第2測定点 p_2 とは、空間において同じ位置ではなく、必ず異なる位置にある。なお、 $LA = LB$ の場合でも、深部温度Tcを正確に測定可能である点に関しては、図14を用いて後述する。

20

【0125】

次に、図1(C)を参照する。図1(C)の例では、点x1と点x2は、横一線の位置にある。しかし、点x1から、基材40の側面までの最小距離はL1であり、一方、点x2から、基材40の側面までの最小距離はL2であり、 $L1 < L2$ である。点x1の方が、環境(大気)との熱交換が容易である。よって、例えば、点x1を、環境側の測定点である第2測定点 p_2 とし、点x2を、被測定体側の測定点である第1測定点 p_1 とすることができます。

30

【0126】

次に、図2～図4を用いて、「第3温度(環境温度Tout)の値が異なるという条件の下で、第1温度Tbおよび第2温度Tpを複数回、測定する」ことを担保するための測定方法の例について説明する。

【0127】

図2(A)および図2(B)は、温度測定方法の一例、ならびに、その温度測定方法を実施するための温度測定装置の構成の一例を示す図である。

【0128】

図2(A)に示される温度測定装置は、温度測定部43と、環境温度取得部53と、演算部74と、温度測定部43および演算部74の動作を制御する制御部73と、を含む。図2(A)の例では、環境温度取得部53は、無線通信部CBを有している。よって、外部の空調器57から、無線通信によって環境温度(第3温度)の情報を取得することができる。また、環境温度取得部53は、環境温度センサー(第3温度センサー)54によって、自ら環境温度(第3温度)を測定することができる。

40

【0129】

なお、空調器57は、大気温度センサー55と、無線通信部CAと、を有している。また、制御部73は、演算部74と、測定タイミング制御部75と、を有している。測定タイミング制御部75は、タイミング制御信号ST1を出力し、このタイミング制御信号ST1によって、第1温度センサー50および第2温度センサー52による、第1温度Tbならびに第2温度Tpの測定タイミングと、環境温度取得部53による、第3温度Tou

50

t の取得タイミングとを制御する。

【0130】

図2(B)に示されるように、第1温度および第2温度の測定ならびに環境温度の情報の取得のために、第1測定期間(第1時間帯)～第3測定期間(第3時間帯)が設けられる。制御部73は、各測定期間毎に、複数回の温度測定あるいは温度情報の取得を実行し、得られたデータに基づいて、第1算出式(式(1))による演算を実行して、深部温度 T_c を求める。

【0131】

「第3温度(環境温度 T_{out})の値を異ならせる」ための方法としては、空調器等を利用する積極方法と、時間軸上での環境温度のゆらぎ(微小な変動)に着目して、測定タイミングを調整するという消極的な方法とがあるが、図2の例では、後者の消極的な方法が採用されている。

【0132】

例えば、基材40の第1測定点 p_1 における第1温度 T_b 、ならびに基材40の第2測定点 p_2 における第2温度 T_p を3回測定するとき、各測定間の時間間隔があまりに短いと、「異なる環境温度(第3温度)の下で3回測定する」という条件を満たすことができない場合がある。よって、本例では、第1回目の測定用の第1時間帯(つまり第1測定期間)と、第2回目の測定用の第2時間帯(つまり、第2測定期間)と、第3回目の測定用の第3時間帯(つまり、第3測定期間)とを設ける。

【0133】

各時間帯(測定期間)は、例えば1分(3つの時間帯の合計が3分)とすることができる。第1時間帯(第1測定期間)は、時刻 t_1 ～時刻 t_4 の期間であり、例えば、20毎に温度測定が実行される。つまり、時刻 t_1 、時刻 t_2 、時刻 t_3 において、3回の温度測定が実行され、図示されるような9個のデータが得られる。そして、これらのデータの平均演算(単純な加算平均でもよく、重み付け平均でもよい)によって、第1回目の温度測定値(T_{b1} , T_{p1} , T_{out1})が決定される。

【0134】

また、第2時間帯(第2測定期間)は、時刻 t_4 ～時刻 t_7 の時間帯である。第2時間帯においても、3回の温度測定が実行され、各測定結果の平均演算(単純な加算平均でもよく、重み付け平均でもよい)によって、第2回目の温度測定値(T_{b2} , T_{p2} , T_{out2})が決定される。

【0135】

第3時間帯(第3測定期間)は、時刻 t_7 ～ t_{10} の時間帯である。第3時間帯においても、3回の温度測定が実行され、各測定結果の平均演算(単純な加算平均でもよく、重み付け平均でもよい)によって、第2回目の温度測定値(T_{b3} , T_{p3} , T_{out3})が決定される。以上の処理を、第1ステップST1の処理とする。平均演算という用語は、最も広義に解釈するものとする。

【0136】

次に、ステップS2において、得られたデータに基づいて、先に図1(A)に示した、定数 a , c , d を算出する。次に、ステップS3において、第1算出式(式(1))に基づいて、深部温度 T_c を測定する。

【0137】

図2に示される例では、空調器等を用いて積極的に環境の温度を変化させることなく、第1温度および第2温度(ならびに第3温度)に関して、異なる環境温度下で測定された複数の温度データを、比較的容易に得ることができる。

【0138】

図3(A)および図3(B)は、温度測定方法の他の例、ならびに、その温度測定方法を実施するための温度測定装置の構成の他の例を示す図である。図3(A)に示される温度測定装置には、複数回の温度測定を実行するタイミングを決めるための、タイミング制御情報を入力するタイミング制御情報入力部83が設けられている。制御部73は、タイ

10

20

30

40

50

ミング制御情報入力部 8 3 から、タイミング制御情報（ここでは、測定指示トリガー T G とする）が入力される毎に、例えば、第 1 温度センサー 5 0 、第 2 温度センサー 5 2 ならびに第 3 温度センサー 5 4 に、温度測定を実行させる。

【 0 1 3 9 】

図 3 の例では、「第 3 温度（環境温度 T_{out} ）の値を異なるという条件の下で、第 1 温度 T_b および第 2 温度 T_p を複数回、測定する」ことは、ユーザー自身の行為によって担保される。

【 0 1 4 0 】

例えば、ユーザーは、第 1 回目の測定を行うとき、温度測定装置の外に設けられる外部の空調器 5 7 の温度を第 1 の温度に設定し、設定から所定の時間が経過すると、タイミング制御情報入力部を経由して、タイミング制御情報としての測定指示トリガー T G) を入力する。上述したように、制御部 7 3 は、タイミング制御情報入力部 8 3 からタイミング制御情報が入力される毎に、例えば、第 1 温度センサー 5 0 、第 2 温度センサー 5 2 ならびに第 3 温度センサー 5 4 に温度測定を実行させる。測定タイミングは、測定タイミング制御部 7 5 によって制御される。

10

【 0 1 4 1 】

温度測定は、例えば、タイミング制御情報（測定指示トリガー T G ）の入力毎に 1 回行うことができ、また、タイミング制御情報の入力毎に複数回の温度測定を実行して、得られた測定値を平均する等して、測定値を求めてよい。以降、ユーザーは、空調器 5 7 の温度を第 2 の温度に設定した後、タイミング制御情報を入力し、次に、空調器 5 7 の温度を第 3 の温度に設定した後、タイミング制御情報を入力する。例えば、ユーザーは、3 回のタイミング制御情報を入力する。

20

【 0 1 4 2 】

3 回分の温度情報が取得されると、演算部 7 4 は、取得された温度情報に基づく、深部温度 T_c を求めるための演算（算出式に基づく演算）を自動的に実行し、この結果、深部温度 T_c が求められる。求められた深部温度 T_c は、例えば、ユーザーに報知（表示、音声による通知等を含む）される。図 3 の例では、ユーザー自身が、各測定毎の環境温度を異ならすことから、温度測定装置自体が、環境温度を管理する負担が生じない。

【 0 1 4 3 】

測定手順は、図 3 (B) のステップ S 4 ~ ステップ S 6 のとおりである。なお、以上の例は一例である。

30

【 0 1 4 4 】

図 4 (A) および図 4 (B) は、温度測定方法の他の例、ならびに、その温度測定方法を実施するための温度測定装置の構成の他の例を示す図である。図 4 の例では、温度測定部が、環境の温度（第 3 温度）を変化させることができる環境温度調整部 C D を有している。制御部 7 3 は、そして、1 回の温度測定が終了する毎に、環境温度調整部 C D によって環境の温度（第 3 温度）を変化させる。

【 0 1 4 5 】

環境温度調整部 C D は、環境温度（第 3 温度 T_{out} ）を変化させる機能をもつ。図 4 (A) の例では、環境温度調整部 C D として、例えば、温度測定装置の外に設けられる外部の空調器 5 7 の設定温度を、遠隔制御によって調整する機能をもつ調整器 C C 1 を使用することができる。調整器 C C 1 の動作は、測定タイミング制御部 7 5 からの制御信号 S T 2 によって制御される。

40

【 0 1 4 6 】

また、図 4 (B) の例では、環境温度調整部 C D として、例えば、温度測定装置の内部に設けられた、気流生成部（例えば、気流の温度を変化させる機能を有する） C C 2 を使用する。気流生成部 C C 2 は、ファン（扇風機）や、気流を噴射する微小ノズル等によって構成することができる。気流生成部 C C 2 の動作は、測定タイミング制御部 7 5 からの制御信号 S T 3 によって制御される。

【 0 1 4 7 】

50

環境温度調整部 C D を利用することによって、測定毎に、環境温度 T_{out} を確実に異ならせることができる。また、環境温度 T_{out} を正確な温度に設定することができる。また、例えば、第 1 測定時の環境温度 T_{out1} と第 2 測定時の環境温度 T_{out2} との差を、大きく設定することもできる。なお、以上の例は一例である。

【 0 1 4 8 】

次に、第 1 算出式（図 1（A）の式（1）を用いた深部温度 T_c の演算）について、図 5～図 7 を用いて、具体的に説明する。

【 0 1 4 9 】

図 5（A）～図 5（C）は、環境温度が一定であるという条件下における、第 1 温度と第 2 温度との間の関係、ならびに、その関係を深部温度の算出式に適用した場合の結果を示す図である。10

【 0 1 5 0 】

図 5（A）において、基材 40、第 1 温度センサー 50 および第 2 温度センサー 52 は、温度測定部 43 を構成する。基材 40 は、第 1 面（接触面）SR1 と第 2 面（基材 40 の上面）SR2 とを有している。この温度測定部 43 は、被測定体 6（例えば人体）6 に、例えば、貼り付けられている。第 1 温度センサー 50 によって測定される第 1 温度は T_b と表記されている。また、第 2 温度センサー 52 によって測定される第 2 温度は T_p と表記されている。

【 0 1 5 1 】

図 5（B）は、第 2 温度 T_p と第 1 温度 T_b との関係を示す図である。図 5（B）において、横軸は T_p であり、縦軸は、第 2 温度 T_p および第 1 温度 T_b の温度 T である。環境温度（第 3 温度 T_{out} ）が一定である状態で、第 1 温度 T_p が線形に変化すると、第 2 温度 T_b も線形に変化する。つまり、第 1 温度 T_b は、第 2 温度 T_p に対して線形性を有する。20

【 0 1 5 2 】

図 5（B）に示されるように、第 1 温度 T_b は、第 2 温度 T_p を変数とする 1 次関数によって表される。つまり、下記の式（2）が成立する。

【 数 1 1 】

$$\left. \begin{array}{l} T_p = T_p \\ T_b = aT_p + b \end{array} \right\} \quad \dots \quad (2)$$

30

ここで、 a は第 1 の傾きであり、 b は第 1 の切片（または第 1 のオフセット値）であり、いずれも定数である。 T_p が T_{pA} であるとき、 $T_b = aT_{pA} + b$ となり、また、 T_p が T_{pB} であるとき、 $T_b = aT_{pB} + b$ となる。

【 0 1 5 3 】

図 5（C）は、2 回の温度測定によって得られた温度データ T_1 ～ T_4 を、先に説明した深部温度の算出式に適用した場合の結果を示す図である。時刻 t_1 における温度測定によって、第 1 温度 T_1 と第 2 温度 T_2 が得られたとする。また、時刻 t_2 における温度測定によって、第 1 温度 T_3 と第 2 温度 T_4 が得られたとする。 T_1 ～ T_4 は、下記式（3）によって表される。40

【 数 1 2 】

$$\left. \begin{array}{l} T_1 = aT_{pA} + b \\ T_2 = T_{pA} \\ T_3 = aT_{pB} + b \\ T_4 = T_{pB} \end{array} \right\} \quad \dots \quad (3)$$

ここで、式（3）の各値を、式（4）に代入する。式（4）は、深部温度 T_{core} を求めるための算出式であるが、先に説明したように、熱収支による誤差 T_c が含まれている。

【数13】

$$T_c + \Delta T_c = \frac{T_3(T_1 - T_2) - T_1(T_3 - T_4)}{(T_1 - T_2) - (T_3 - T_4)} \quad \cdots (4)$$

この結果、式(5)が得られる。

【数14】

$$\begin{aligned} T_c + \Delta T_c &= \frac{(aT_{PB} + b)[(aT_{PA} + b) - T_{PA}] - (aT_{PA} + b)[(aT_{PB} + b) - T_{PB}]}{[(aT_{PA} + b) - T_{PA}] - [(aT_{PB} + b) - T_{PB}]} \\ &= \frac{b}{1-a} \cdot \frac{T_{PA} - T_{PB}}{T_{PA} - T_{PB}} \\ &= \frac{b}{1-a} \quad \cdots (5) \end{aligned} \quad 10$$

次に、図6を参照して、環境温度 T_{out} を変化させた場合における、第1温度 T_b と、第2温度 T_p との関係について考察する。図6(A)～図6(D)は、環境温度を変化させた場合における、第1温度と第2温度との間の関係、ならびに、その関係を深部温度の算出式に適用した場合の結果を示す図である。

【0154】

図6(A)に示すように、変動する環境温度(第3温度) T_{out} は、環境温度取得部53に含まれる第3温度センサー54によって測定される。先に説明したように、第2温度 T_p を T_{PA} としたとき、 $T_b = aT_{PA} + b$ と表すことができる。定数 b は、第1切片(第1オフセット値)であり、この第1切片 b は、環境温度(第3温度) T_{out} に対する線形性を有する。 20

【0155】

つまり、図6(B)に示すように、 T_{out} が変動すると、第1切片 b の値は、環境温度(第3温度) T_{out} にしたがって、線形に変化する。したがって、下記の式(6)の関係が成立する。

【数15】

$$b = cT_{out} + d \quad \cdots (6)$$

ここで、 c , d は共に定数である。 c は、第2の傾きであり、 d は、第2の切片である。環境温度(第3温度) T_{out} が T_{out1} であるとき、第1の切片 b は、 $b_1 (= cT_{out1} + d)$ となり、環境温度(第3温度) T_{out} が T_{out2} であるとき、第1の切片 b は、 $b_2 (= cT_{out2} + d)$ となる。 30

【0156】

図6(C)は、 T_{out1} における、第2温度 T_p と第1温度 T_b ($= T_{b1}$) との関係、ならびに、 T_{out2} における、第2温度 T_p と第1温度 T_b ($= T_{b2}$) との関係を示している。 T_{out} が、 T_{out1} から T_{out2} に変化したとき、1次関数の傾き(第1の傾き a)には変化がないが、第1の切片 b の値が、 b_1 から b_2 に変化することから、 T_p と T_b との関係を示す1次関数は、 b_1 と b_2 の差分の分だけ、平行にシフトされる。 40

【0157】

このように、第1温度 T_b は第2温度 T_p だけでなく、環境温度(第3温度) T_{out} に対しても線形の関係を示す。上記式(6)を、上記式(3)に示される $T_b = aT_p + b$ という式に代入すると、下記の式(7)が得られる。

【数16】

$$T_b = aT_p + cT_{out} + d \quad \cdots (7)$$

この式(7)が、第2温度 T_p と、第3温度 T_{out} を変数として含み、かつ、複数の定数 a , b , c を含む関数である。この関数によって、第1温度 T_b と、第2温度 T_p およ 50

び第3温度 T_{out} とが関係付けされる。

【0158】

また、上記の式(6)を、式(5)に代入すると、式(8)が得られる。

【数17】

$$Tc + \Delta Tc = \frac{c}{1-a} T_{out} + \frac{d}{1-a} \quad \dots \quad (8)$$

ここで、熱の移動が温度差によって起こることから、熱収支による誤差 T_c は、環境温度(第3温度) T_{out} と深部体温 T_c の値が等しくなる場合には生じない。よって、式(8)において、 $T_{out} = T_c$ とし、 $T_c = 0$ とする。すると、式(8)は、式(1)のように変形される。
10

【数18】

$$\begin{aligned} Tc &= \frac{c}{1-a} Tc + \frac{d}{1-a} \dots (1) \\ Tc &= \frac{d}{1-a-c} \end{aligned}$$

この式(1)が、熱収支による誤差を含まない深部温度 T_c を示している。但し、式(1)を解くためには、複数の定数 a , c , d の各値を定める必要がある。複数の定数 a , c , d は、上記の式(7)で表される関数によって、相互に関連付けられている。3つの定数の値を求めるためには、3元の連立方程式を解けばよい。よって、時間を異にして、少なくとも3回の温度測定を実行する。
20

【0159】

ここで、第1回目の測定時に、第1温度としての T_{b1} 、第2温度としての T_{p1} 、第3温度としての T_{out1} が得られ、第2回目の測定時に、第1温度としての T_{b2} 、第2温度としての T_{p2} 、第3温度としての T_{out2} が得られ、第3回目の測定時に、第1温度としての T_{b3} 、第2温度としての T_{p3} 、第3温度としての T_{out3} が得られたとする。

【0160】

これらの9個の測定データは、式(9)の行列式によって表現することができる
30

【数19】

$$\begin{pmatrix} Tb1 \\ Tb2 \\ Tb3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Tp1 & T_{out1} & 1 \\ Tp2 & T_{out2} & 1 \\ Tp3 & T_{out3} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ c \\ d \end{pmatrix} \dots \dots \dots (9)$$

よって、逆行列を含む式(10)によって、複数の定数 a , c , d を求めることができる。

【数20】

$$\begin{pmatrix} a \\ c \\ d \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Tp1 & T_{out1} & 1 \\ Tp2 & T_{out2} & 1 \\ Tp3 & T_{out3} & 1 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} Tb1 \\ Tb2 \\ Tb3 \end{pmatrix} \dots \dots \dots (10)$$

複数の定数 a , c , d の各値が決定されると、各値を、式(1)に代入する。これによつて、深部温度 T_c が得られる。

【0161】

図7(A)～図7(D)は、第1実施形態における、深部温度の測定方法を示す図である。図7(A)に示すように、3点の温度、すなわち、第1温度 T_b 、第2温度 T_p 、第3温度 T_{out} を、少なくとも3回測定する。得られた9個の測定データ(T_{b1} , T_{p1} , T_{out1} , T_{b2} , T_{p2} , T_{out2} , T_{b3} , T_{p3} , T_{out3})は、図7(B)に示される行列式(9)によって、関係付けることができる。よつて、複数の定数
40
50

a, c, d は、図 7 (C) に示される、行列式 (10) によって求めることができる。そして、図 7 (D) に示される式 (1) によって、深部温度 T_c を算出することができる。

【0162】

次に、温度測定装置の全体構成について説明する。図 8 (A) ~ 図 8 (C) は、温度測定装置の全体構成の例を示す図である。

【0163】

図 8 (A) の例では、第 1 温度センサー 50 および第 2 温度センサー 52 は、基材 40 の内部に埋め込まれている。また、断熱材 20a 上に、環境温度取得部 53 としての第 3 温度センサー 54 が設けられている。第 1 温度センサー 50、第 2 温度センサー 52、基材 40、環境温度取得部 53 としての第 3 温度センサー 54 は、第 1 ユニット 100 を構成する。
10

【0164】

また、断熱材 20b 上には、第 2 ユニット 200 が設けられる。第 2 ユニット 200 は、制御部 73 および演算部 74 を含む。なお、演算部 74 は、機能ブロックとして、定数算出部や深部温度算出部を含むことができる。また、第 2 ユニット 200 には、図示はしないが、演算結果を報知する報知部（例えば表示部）を設けることもできる。

【0165】

また、図 8 (A) の温度測定装置は、基材 40 における第 1 面（接触面）SR1 を、被測定体 6 の表面に貼付するための貼付構造 10 を有している。貼付構造 10 は、例えば、粘着テープにより構成することができる。粘着テープは、剥離紙 8 と、支持層（粘着層）9 とを有することができる。
20

【0166】

貼付構造 10 によって、第 1 ユニット 100 を、被測定体 6 の表面に貼付することができる。したがって、温度測定装置の操作性ならびに携帯性が向上する。また、例えば、温度測定装置を、幼児や乳幼児などの体温の計測のために使用する場合、幼児等は、頻繁に体を動かすことから、温度測定装置と体表面との接触を、所定時間、良好に保持することが困難である。しかし、このような場合でも、貼付構造 10 を用いて、温度測定装置の全体を、被測定体 6 の表面に貼付可能であることから、幼児や乳幼児が体を動かしたとしても、体表面と温度測定装置との接触状況を良好に維持できる。よって、正確かつ安定した温度測定な可能である。
30

【0167】

図 8 (B) の例では、環境温度取得部 53 は、大気温度センサー 55 から環境温度の情報を受け取る。大気温度センサー 55 としては、例えば、環境の温度を制御する空調器に設けられている温度センサーを使用することができる（図 2 ~ 図 4 を参照）。

【0168】

図 8 (C) の例では、第 1 ユニット 100 と、第 2 ユニット 200 とを分離した、別体の構成が採用されている。第 1 ユニット 100 は、第 1 無線通信部 CA を含み、第 2 ユニット 200 は、第 2 無線通信部 CB を含む。

【0169】

第 1 温度 (T_b) の情報と第 2 温度 (T_p) の情報、または、第 1 温度 (T_b) の情報、第 2 温度 (T_p) の情報および第 3 温度 (T_{out}) の情報は、第 1 無線通信部 CA から第 2 無線通信部 CB に送信される。第 2 ユニットに設けられている演算部 74 は、第 2 無線通信部 CB によって受信された、第 1 温度 (T_b) の情報と第 2 温度 (T_p) の情報、または、第 1 温度 (T_b) の情報、第 2 温度 (T_p) の情報および第 3 温度 (T_{out}) の情報に基づいて演算を実行して、被測定体 6 の深部温度 T_c を求める。
40

【0170】

図 8 (C) の構成によれば、第 1 ユニット 100（例えば温度測定装置の本体）の構成部品の数を、最小限に抑制することができ、第 1 ユニット 100 の軽量化が実現される。したがって、例えば、被測定体 6 としての被検者の体表面に、第 1 ユニット 100 を長時間、接触させた場合であっても、被検者に大きな負担を与えることがない。よって、例え
50

ば、長時間にわたって、連続的に温度をモニタリングすることが可能となる。

【0171】

また、第1ユニット100と第2ユニット200との間で、無線通信による温度データの送受信を行うことができることから、第2ユニット200を、第1ユニット100からある程度、離して設置することが可能となる。また、無線通信を利用することから、通信用の配線が不要である。よって、第1ユニットの取扱い性が向上する。また、第1ユニット100を、第2ユニット200から完全に分離することができることから、第1ユニット100の軽量化を、より促進することができる。

【0172】

図9(A)および図9(B)は、無線通信を利用した温度測定装置の使用例を説明するための図である。図9(A)では、被測定体6としての幼児の胸部の体表面6Aに、第1ユニット100が装着(貼付)されている。また、第2ユニット200は、被測定体6としての幼児を抱いた保護者(温度測定装置のユーザー)MAの左手首に装着されている。ここでは、第2ユニット200は、表示部としても機能するものとする。

10

【0173】

図9(B)に示されるように、第1ユニット100は、第1温度センサー50と、第2温度センサー52と、環境温度取得部53としての第3温度センサー54と、A/D変換部56と、無線通信部CAと、アンテナAN1とを有している。また、第2ユニット200は、無線通信部CBと、制御部73と、演算部74と、表示部77と、操作部79と、記憶部81とを有している。操作部79は、図3に示されるタイミング制御情報入力部83を兼ねることができる。

20

【0174】

演算部74には、上述した複数の定数a, c, dを算出するための算出式や、深部体温Tcを算出するための算出式が記憶されている。また、記憶部81には、受信された第1温度Tb、第2温度Tp、環境温度Toutが記憶され、また、算出された複数の定数a, c, dの値も記憶され、また、求められた深部体温Tcも記憶される。

【0175】

記憶部81は、複数の被測定体(ここでは被検者)に関する温度情報を記憶可能に構成されている。したがって、深部体温Tc等のデータを、被検体である幼児毎に記憶することができる。なお、記憶部81には、温度情報以外にも、例えば、被測定体6(ここでは被検者である幼児)の氏名、年齢、測定日時などの測定情報を記憶させてもよい。この場合、これらの測定情報は、保護者(温度測定装置のユーザー)MAが、操作部79を操作して入力することができる。

30

【0176】

温度測定装置は、例えば、以下のように動作する。保護者MAが、第2ユニット200の操作部79を操作することによって、第2ユニット200の電源がオンされる。すると、無線通信部CBから電波を送信する。この電波による電磁誘導によって、アンテナAN1に起電力を発生させ、この起電力によって、第1ユニット100内の電源(電池)をチャージする。すると、第1ユニット100が起動し、第1温度センサー50と、第2温度センサー52と、環境温度センサー(第3温度センサー)54が起動する。そして、第1ユニット100は、第2ユニット200に向けて、スタンバイ信号を送信する。

40

【0177】

次に、第1ユニット100内の制御部73は、スタンバイ信号を受信すると、温度測定開始信号の送信を無線通信部CBに指示する。第1ユニット100は、温度測定開始信号を受信すると、第1温度センサー50、第2温度センサー52ならびに環境温度センサー(第3温度センサー)54による温度測定を開始する。なお、第1温度Tbと、第2温度Tpの測定は、被検者6の深部から体表面6Aまでの伝熱が定常状態(平衡状態)となっている状態で行うのが好ましい。よって、温度測定開始信号の受信タイミングから、平衡状態が実現されるのに必要な時間が経過したタイミングで、温度測定を開始するのが好ましい。

50

【0178】

測定された温度情報（第1温度 T_b 、第2温度 T_p 、第3温度 T_{out} ）は、A/D変換部56でアナログ信号からデジタル信号に変換され、無線通信部CAによって、第2ユニット200に送信される。温度測定は、複数回実行され、測定毎に、測定データが送信される。各測定の実行間隔は、環境（大気等）の状況や傾向等を考慮して、適宜、調整することができる。

【0179】

第2ユニット200内の演算部74は、所定間隔で送られてくる、一組の第1温度 T_b 、第2温度 T_p 、第3温度 T_{out} のデータを記憶部81に一旦、格納する。そして、必要な温度データがすべて得られると、上述した手順で、所定の演算を実行して、被検者（幼児）6の深部温度 T_c を測定する。測定された深部温度 T_c は、例えば、表示部77に表示される。10

【0180】

図10は、第1実施形態における、深部温度の測定手順を示す図である。まず、温度データが取得される（ステップS10）。温度データには、第1測定で得られた第1温度 T_b1 、第2温度 T_p1 、第3温度 $T_{out}1$ と、第2測定で得られた第1温度 T_b2 、第2温度 T_p2 、第3温度 $T_{out}2$ と、第3測定で得られた第1温度 T_b3 、第2温度 T_p3 、第3温度 $T_{out}3$ と、が含まれる。

【0181】

次に、複数の定数 a 、 c 、 d が、算出される（ステップS20）。次に、先に説明した第1算出式を用いて、深部温度を演算する（ステップS30）。20

【0182】**（深部温度の測定結果の例）**

次に、一例として、環境温度 T_{out} を3段階で変化させたときの、第1温度 T_b および第2温度 T_p のデータ例と、そのデータ例に基づいて算出された深部温度の例（算出結果例）について、図11～図16を用いて説明する。

【0183】**（図11の例）**

図11は、深部温度の算出結果の一例を示す図である。図11では、被測定体6として人体を想定しており、深部4の温度 T_c を37に設定している。この実験では、表層部5に相当する構造体の材料として、ポリ塩化ビニール（PVC）を使用している。ポリ塩化ビニールの熱伝導率は、0.144283である。30

【0184】

この表層部5に相当するPVC構造体（直方体）の厚みは20mmに設定している。また、このPVC構造体の上面の中央に、シリコンゴムで構成され、かつ、円柱形状を有する基材40を設けている。シリコンゴムの熱伝導率は、0.05である。

【0185】

また、基材40の断面は円形状であり、その円の直径は20mmである。また、基材40の高さは2mmである。第1温度センサー50と第2温度センサー52は、基材40の底面（つまり接触面）SR1に垂直な垂線L1上にある2点（第1測定点と第2測定点）の位置に設けられている。第1温度センサー50と第2温度センサー52との距離は2mmである。つまり、第1測定点は、基材40の底面（接触面）SR1上に設定されており、第2測定点は、基材40の上面SR2上に設定されている。40

【0186】

また、図11の例において、環境（大気）7における熱伝達係数（大気の熱の移動度に比例する定数）は、0.01W/m²·Kに設定されている。環境温度（第3温度） T_{out} 、第1温度 T_b ならびに第2温度 T_p は、n回測定される。本例では、3回の温度測定を実行する。よって、nは、1, 2, 3のいずれかである。

【0187】

$T_{out}1$ は、23であり、 $T_{out}2$ は30であり、 $T_{out}3$ は35である50

。Tb1は、29.2884であり、Tb2は、33.1442であり、Tb3は、35.8983である。Tp1は、27.4605であり、Tp2は、32.2303であり、Tb3は、35.6327である。

【0188】

測定(算出)された深部温度は、36.99986であり、実際の深部温度Tc(=37)と比較して、わずかの誤差しか含まない。つまり、小型化された基材40を用いて、極めて高精度に深部温度を測定できることがわかった。

【0189】

(図12の例)

図12は、深部温度の算出結果の他の例を示す図である。図12の例における測定環境や測定条件は、基本的には、図11の例と同じである。但し、図12の例では、第1温度センサー50および第2温度センサー52が、基材40の側面上、かつ、垂線L2上に設けられている。第1温度センサー50および第2温度センサー52との距離は、2mmである。

10

【0190】

Tout1は、23であり、Tout2は30であり、Tout3は35である。Tb1は、28.7516であり、Tb2は、32.8758であり、Tb3は、35.8217である。Tp1は、26.2482であり、Tp2は、31.6241であり、Tb3は、35.464である。

【0191】

測定(算出)された深部温度は、37.00000であり、実際の深部温度Tc(=37)と比較して、誤差は認められなかった。つまり、小型化された基材40を用いて、極めて高精度に深部温度を測定できることがわかった。

20

【0192】

(図13の例)

図13は、深部温度の算出結果の他の例を示す図である。図13の例における測定環境や測定条件は、基本的には、前掲の例と同じである。但し、図13の例では、第1温度センサー50は、基材40の接触面SR1の中心付近に設けられ、また、第2温度センサー52は、基材40の側面上に設けられている。

30

【0193】

Tout1は、23であり、Tout2は30であり、Tout3は35である。Tb1は、29.2884であり、Tb2は、33.1442であり、Tb3は、35.8983である。Tp1は、26.2482であり、Tp2は、31.6241であり、Tb3は、35.464である。

【0194】

測定(算出)された深部温度は、37.00000であり、実際の深部温度Tc(=37)と比較して、誤差は認められなかった。つまり、小型化された基材40を用いて、極めて高精度に深部温度を測定できることがわかった。

【0195】

(図14の例)

40

図14は、深部温度の算出結果の他の例を示す図である。図14の例における測定環境や測定条件は、基本的には、前掲の例と同じである。但し、図14の例では、第1温度センサー50は、基材40の上面SR2上に設けられている。第2温度センサー52は、基材40の側面上に設けられている。第2温度センサー52は、第1温度センサー50を通り、かつ、接触面SR2に平行な直線L3上に設けられている。つまり、第1温度センサー50と第2温度センサー52は、横一線の位置にある。

【0196】

Tout1は、23であり、Tout2は30であり、Tout3は35である。Tb1は、28.7516であり、Tb2は、32.8758であり、Tb3は、35.8217である。Tp1は、26.2482であり、Tp2は、31.624

50

1 であり、 T_b 3 は、35.464 である。

【0197】

測定(算出)された深部温度は、37.00000 であり、実際の深部温度 T_c (= 37) と比較して、誤差は認められなかった。つまり、小型化された基材 40 を用いて、極めて高精度に深部温度を測定できることがわかった。

【0198】

以上の実験結果から、第1温度センサー 50 および第2温度センサー 52 の相対位置関係は、特に問題とならないことがわかる。つまり、第1温度センサー 50 および第2温度センサー 52 が、熱源(被測定体の深部)を通る鉛直線上にあってもよく、また、第1温度センサー 50 および第2温度センサー 52 が、横一線の位置にあってもよい。

10

【0199】

すなわち、第1温度センサー 50 が設けられる第1測定点および第2温度センサー 52 が設けられる第2測定点は、基材 40 の外表面(上記の例でいえば、底面である瀬接触面 SR1、上面 SR2 ならびに側面のいずれか)上、または、基材 40 の内部に位置する2点であればよい。但し、行列式を使用した深部温度の算出を行うためには、少なくとも、環境温度(第3温度) T_{out1} , T_{out2} , T_{out3} のいずれかに対応する一組の T_b と T_p が同じ値ではない($T_b = T_p$)という条件を満足する必要がある。すなわち、3組の第1温度 T_b と第2温度 T_p のうち、少なくとも1組の T_b と T_p に温度差が生じていることが必要である。よって、この条件を満足するように、第1ユニット 100 を設計する。

20

【0200】

次に、基材 40 の内部における温度分布と測定結果との関係について考察する。図 15(A) および図 15(B) は、基材の内部における温度分布と測定結果との関係の一例を示す図である。図 15(A) に示されるデータ例は、図 11 に示したデータ例と同じである。図 15(B) は、 T_{out1} (= 23) における、基材 40 の垂線方向の温度分布を示す図である。図 15(B) では、横軸が、接触面 SR1 を基準とした、垂線 L1 方向の距離であり、縦軸が、基材 40 の温度である。図 15(B) に示されるように、基材 40 の温度は、熱源(被測定体 6 の深部 4) から離れるにつれて、直線状に低下する。

【0201】

図 15(A) のデータ例は、図 15(B) に示すような、基材 40 の熱分布の下で深部温度を算出した結果であり、先に説明したように、極めて高精度な測定結果が得られている。

30

【0202】

図 16(A) および図 16(B) は、基材の内部における温度分布と測定結果との関係の他の例を示す図である。図 16(A) の例における測定環境や測定条件は、基本的には、図 15(A) の例と同じである。但し、図 16(A) の例では、基材 40 の高さを 20 mm とし、図 15(A) の例における基材 40 の高さ(2 mm) の 10 倍としている。このように、基材 40 の高さを高くすると、円柱の側面の面積が増加することから、円柱状の基材 40 の側面からの放熱が増加する。そして、その側面からの放熱の量は、熱源(被測定体 6 の深部 4) からの距離に対応して変化する。

40

【0203】

図 16(B) は、 T_{out1} (= 23) における、基材 40 の垂線方向の温度分布を示す図である。図 16(B) では、横軸が、接触面 SR1 を基準とした、垂線 L1 方向の距離であり、縦軸が、基材 40 の温度である。図 16(B) に示されるように、基材 40 の温度は、熱源(被測定体 6 の深部 4) から離れるにつれて低下するが、温度分布を示す特性線は直線とはならず、曲線となる。先に説明したように、基材 40 の高さを高くすると、円柱の側面の面積が増加し、円柱状の基材 40 の側面からの放熱が増加し、そして、その側面からの放熱の量は、熱源(被測定体 6 の深部 4) からの距離に対応して変化するからである。

【0204】

50

図16(A)のデータ例は、図16(B)に示すような、基材40の熱分布の下で深部温度を算出した結果である。T_{out1}は、23であり、T_{out2}は30であり、T_{out3}は35である。T_{b1}は、29.62274であり、T_{b2}は、33.31137であり、T_{b3}は、35.94611である。T_{p1}は、23.29526であり、T_{p2}は、30.14763であり、T_{b3}は、35.04218である。測定(算出)された深部温度は、37.00000であり、実際の深部温度T_c(=37)と比較して、誤差は認められなかった。つまり、基材40の内部の温度分布が、曲線で表される場合であっても、本実施形態の温度測定方法を使用すれば、極めて高精度に深部温度を測定できることがわかった。したがって、基材40の高さに制約はなく、また、接触面の面積と基材40の高さの比に関する制限もない。よって、かなり自由に、第1ユニット100を構成することができる。
10

【0205】

(第2の実施形態)

本実施形態では、深部温度の算出式として、前掲の実施形態とは異なる第2の算出式を使用する。また、本実施形態では、温度の測定(温度情報の取得)を、少なくとも2回、実行する。

【0206】

図17は、第2の実施形態における、深部温度の測定方法を説明するための図である。図17に示すように、本実施形態では、第1測定と第2測定を実行し、第1測定における環境温度(第3温度)T_{out1}と、第2測定における環境温度(第3温度)T_{out2}とを異ならせる。
20

【0207】

第1測定で得られた第1温度をT_{b1}とし、第2温度をT_{p1}とし、第3温度をT_{out1}とし、第2測定で得られた第1温度をT_{b2}とし、第2温度をT_{p2}とし、第3温度をT_{out2}とする。

【0208】

演算部74は、第1測定で得られた第1温度T_{b1}および第2温度T_{p1}と、第2測定で得られた第1温度T_{b2}および第2温度T_{p2}と、を用いて、第2算出式による演算を実行して、深部温度T_cを算出する。前記第2算出式は、下記の式(11)によって表される。
30

【数21】

$$T_c = \frac{Tb2(Tb1 - Tp1) - Tb1(Tb2 - Tp2)}{(Tb1 - Tp1) - (Tb2 - Tp2)} \dots \dots (11)$$

式(11)による第2算出式を使用するときは、上述のとおり、第2測定における環境温度(第3温度)T_{out2}の値が、第1測定における環境温度(第3温度)T_{out1}とは異なる値である必要がある。

【0209】

式(11)で示される第2算出式によると、熱収支に起因する誤差成分を生じさせずに、深部温度を測定できる理由について、図18および図19を用いて説明する。
40

【0210】

図18(A)および図18(B)は、特許文献1に示される従来例において、熱収支に起因する誤差成分が生じる理由を説明するための図である。図18(A)は、従来例の温度測定部における、6点の温度(T₁, T₂, T_{t1}, T_{t2}, T₄, T_{t2})および熱抵抗の状態を示している。図18(B)は、図18(A)に示される温度測定部における、環境温度(第3温度)T_{out}と深部温度T_cと間の、熱抵抗と熱流束の状態を示している。

【0211】

従来例では、並列に配置された2つの温度測定部を使用して、2つの熱流の系を形成している。また、環境温度(第3温度)T_{out}は一定であり、また、基材37の上面に設
50

けられた第1断熱材38Aおよび第2断熱材38Bによって、温度測定部は、環境(大気)から、熱的に遮断されている。また、環境(大気)における熱伝達係数(気体中の熱の移動度に比例する定数)はnである。また、被測定体の表層部の熱抵抗をR_bとし、基材37の熱抵抗をR₁とし、第1断熱材38Aの熱抵抗をR₂とし、第2断熱材38Bの熱抵抗をR₃としている。

【0212】

従来例では、環境温度(第3温度)T_{out}が一定であるという前提の下で、断熱材38Aと断熱材38Bとを異ならすことによって、異なる2つの熱流束を形成している。つまり、従来例では、熱流束Q_{b1}と、熱流束Q₁₁と、熱流束Q₁₂との間に、Q_{b1}=Q₁₁=Q₁₂という関係が成立し、また、熱流束Q_{b2}と、熱流束Q₂₁と、熱流束Q₂₂との間に、Q_{b2}=Q₂₁=Q₂₂という関係が成立することを前提としている。
10

【0213】

しかし、温度測定部の小型化が促進されると、第1の系の3点の温度(T₁, T₂, T_{t1})ならびに第2の系における3点の温度(T₂, T₄, T_{t2})は、環境温度(第3温度)T_{out}の影響を受けるようになる。よって、Q_{b1}=Q₁₁=Q₁₂、ならびに、Q_{b2}=Q₂₁=Q₂₂であるという前提が成立しなくなる。この場合には、従来例の算出式である式(F)の左辺は、T_c+T_cとなり、熱収支の差分に相当する測定誤差T_cが生じる。

【0214】

つまり、特許文献1に記載される温度計では、温度測定部を、表層部に設けられた断熱材によって環境(大気)から遮断した構成となっており、したがって、熱流束は温度測定部の頂部にて終端し、環境(大気)との間の熱収支はほとんどなく、無視できるという設計思想の下で設計されている。しかし、温度計の小型化を、さらに促進した場合には、例えば、温度測定部の側面と環境(大気)との間での熱収支が顕在化し、熱収支の差分に対応する測定誤差を無視できなくなる。
20

【0215】

図19(A)および図19(B)は、本発明の第2実施形態において、熱収支に起因する誤差成分が生じない理由を説明するための図である。図19(A)は、第2実施形態にかかる温度測定部における温度と熱抵抗の状態を示している。図19(B)は、図19(A)に示される温度測定部における、環境温度(第3温度)T_{out1}, T_{out2}と、深部温度T_cと間の、熱抵抗と熱流束の状態を示している。
30

【0216】

本実施形態では、少なくとも2回の温度測定(温度情報の取得)を実行し、各温度測定では、第3温度(環境温度)T_{out}の値を異ならせている(T_{out1}, T_{out2})。環境温度(第3温度)を異にして、2回の温度測定を実行したとき、第1測定では、始端を被測定体の深部4とし、終端を環境(大気等)とする第1の熱流束の系が構成されることになる。また、第2測定では、始端を被測定体の深部とし、終端を環境(大気等)とする第2の熱流束の系が構成される。第3温度(環境温度)T_{out}は、各系で異なることから、各系の熱流束は互いに異なる熱流束である。
40

【0217】

また、環境(大気)7における熱伝達係数(気体中の熱の移動度に比例する定数)はnである。第1温度はT_{b1}(あるいはT₁), T_{b2}(あるいはT₃)である。また、第2温度はT_{p1}(あるいはT₂), T_{p2}(あるいはT₄)である。被測定体6の表層部5における熱抵抗はR_bであり、基材40の熱抵抗はR₁である。また、図19(B)に示されるように、第1の系においては、熱流束Q_{b1}と、熱流束Q₁₁と、熱流束Q_{a1}が生じている。第2の系においては、熱流束Q_{b2}と、熱流束Q₂₁と、熱流束Q_{a2}が生じている。

【0218】

これらの2つの熱流束の系では、熱流束の終端が、温度の変動が許容されている環境7であることから、従来例において問題となる熱収支の差分という概念が生じない。つまり
50

、その熱収支も含めて、環境温度 T_{out} (T_{out1} , T_{out2}) が一義的に定まる（適宜、変動する）というだけである。

【0219】

また、使用している基材 40 の熱伝導率（つまり熱抵抗）は、第 1 の熱流束の系、第 2 の熱流束の系で同じである。つまり、熱抵抗の分布は、第 1 の系と第 2 の系との間で、何ら変化しない。よって、基材に第 1 測定点と第 2 測定を設定したとき、（第 1 測定点と第 2 測定点の温度の差）/（被測定体の深部温度 T_c と第 1 測定点の温度の差）は、第 1 の熱流束の系、第 2 の熱流束の系ともに同じである。よって、下記の式が成立する。

【数22】

$$\frac{(Tb1 - Tp1)}{(Tc - Tb1)} = \frac{(Tb2 - Tp2)}{(Tc - Tb2)} \dots \dots (12)$$

10

この式（12）を、 T_c について解くと、上述の第 2 算出式（上記の式（11））が得られる。従来例における、 T_c という誤差成分の概念自体が生じないことから、第 2 算出式によれば、ほぼ理想的な深部温度 T_c が得られる。

【0220】

第 2 算出式（式（11））は、形式的には従来例における算出式（式（F））と同じように見えるが、第 2 算出式（式（11））は、従来例の算出式（式（F））とは、根本的に異なる算出式である。つまり、第 2 算出式（式（11））は、環境を終端とする 2 つの熱流束の系から得られたデータに基づいて、基材における熱抵抗の比が同じであるという観点から導き出される算出式であり、根本的に異なるものである。

20

【0221】

なお、本実施形態では、第 3 温度（環境温度） T_{out} は、深部温度 T_c の算出自体には直接的には関係しない。但し、上述のとおり、第 1 測定における T_{out1} と、第 2 測定における T_{out2} とは異なっている必要があり、 $T_{out1} = T_{out2}$ であるときは、正確な深部温度の算出ができない。

【0222】

よって、第 3 温度センサー 54 で測定された第 3 温度 T_{out3} （あるいは、環境温度取得部 53 によって取得された第 3 温度 T_{out3} ）は、算出可能条件（第 1 測定と第 2 測定における第 3 温度が異なるという条件）が満足されているかを確認するために、つまり、演算の可否の判断に使用することができる。

30

【0223】

図 20 (A) および図 20 (B) は、第 2 実施形態における、深部温度の測定手順と、第 2 実施形態における深部温度の算出結果例を示す図である。まず、温度データが取得される（ステップ S40）。温度データには、第 1 測定で得られた第 1 温度 T_{b1} 、第 2 温度 T_{p1} 、第 3 温度 T_{out1} と、第 2 測定で得られた第 1 温度 T_{b2} 、第 2 温度 T_{p2} 、第 3 温度 T_{out2} (T_{out1}) と、が含まれる。次に、第 2 算出式を用いて、深部温度を演算する（ステップ S50）。

【0224】

図 20 (B) は、第 2 実施形態における深部温度の算出結果例を示す図である。ここでは、図 11 に示される測定環境を使用する。第 1 測定における環境温度（第 3 温度） T_{out1} が 23 のとき、第 1 温度 T_{b1} は 28.371 であり、第 2 温度 T_{p1} は 26.2482 となる。第 2 測定における環境温度（第 3 温度） T_{out2} が 30 のとき、第 1 温度 T_{b2} は 32.6855 であり、第 2 温度 T_{p2} は 31.6241 となる。熱源となる深部温度 T_c は 37 に設定されている。この深部温度に対する算出結果は 37.00000 であり、誤差は生じなかった。よって、本実施形態によれば、極めて高精度に、深部温度を測定できることがわかった。

40

【0225】

（第 3 の実施形態）

次に、温度センサーを基材 40 に設ける方法の一例について説明する。図 21 (A) ~

50

図21(E)は、温度センサーを、基材に設ける方法の一例について説明するための図である。ここでは、第1温度センサー50(例えば熱電対素子で構成される)を例にとって説明する。以下に説明する方法は、第2温度センサー52ならびに第3温度センサー55についても、同様に適用することができる。

【0226】

図21(A)は、基材40(第1温度センサー50を含む)の平面図および断面図を示している。平面図に示されるように、基材40は、平面視で正方形の形状をしており、縦Y1ならびに横X1は共に、例えば50mmである。また、断面図に示されるように、基材の高さY3は、例えば5mmである。また、第1温度センサー50は、基材40に埋設されている。第1温度センサー50の横X2は例えば0.5mmであり、縦(高さ)Y2は例えば0.5mmである。基材40としては、例えば、発砲ゴム(例えば天然のラテックスゴム)や発泡樹脂(例えば発砲ウレタン)を使用することができる。

10

【0227】

図21(B)および図21(C)は、第1温度センサー50を基材40に埋め込む方法の一例を示している。図21(B)では、基材40の側面から中央に向う横穴47aを形成し、その横穴47aを経由して、第1温度センサー50を基材40の内部に搬送し、そして、第1温度センサー50を、基材40のほぼ中央に設置する。

【0228】

また、図21(C)の例では、図21(B)における横穴47aの代わりに、縦穴47bを形成している。

20

【0229】

図21(D)および図21(E)は、第1温度センサー50を基材40に埋め込む方法の、他の例を示している。図21(D)および図21(E)の例では、基材40が、下側部分40aと上側部分40bとに分割されている。下側部分40aと上側部分40bとを貼り合わせる際に、第1温度センサー50を、両部分40a, 40bによって挟み込むことによって、結果的に、第1温度センサー50を、基材40の内部に位置させることができる。

【0230】

図21(D)の例の第1工程では、基材40の上側部分40bの一部に凹部39を形成する。第2工程では、基材40の上側部分40bに形成されている凹部39に、第1温度センサー50を埋め込み、かつ、基材40の下側部分40aの、上側部分40bに対向する面上に、接着材50を形成する。第3工程では、基材40の下側部分40aと上側部分40bとを貼り合わせる。但し、発砲ゴムや発泡樹脂は柔軟性があるため、凹部39を設けずに、第1温度センサー50を、基材40の下側部分40aと上側部分40bとで直接的に挟むこともできる。この例を図21(E)に示す。

30

【0231】

図21(E)の例の第1工程では、基材40の下側部分40aには、凹部を形成しない。そして、第2工程では、基材40の下側部分40aの、上側部分40bに対向する面上に、接着材50を形成し、その接着材50上に、第1温度センサー50を載置する。第3工程では、基材40の下側部分40aと上側部分40bとを貼り合わせる。基材40は、柔らかい素材で構成される。よって、貼り合わせ時に、基材40の上側部分40bの中央部は、第1温度センサー50を包み込むように変形する。なお、以上の例は一例であり、これらの方に限定されるものではない。

40

【0232】

以上説明したように、本発明の少なくとも一つの実施形態によれば、より高精度な深部温度の測定が可能となる。また、温度測定部の小型化と、高精度な測定とを両立することができる。

【0233】

以上、いくつかの実施形態について説明したが、本発明の新規事項および効果から実体的に逸脱しない多くの変形が可能であることは当業者には容易に理解できるものである。

50

従って、このような変形例はすべて本発明の範囲に含まれるものとする。例えば、明細書又は図面において、少なくとも一度、より広義または同義な異なる用語と共に記載された用語は、明細書又は図面のいかなる箇所においても、その異なる用語に置き換えることができる。

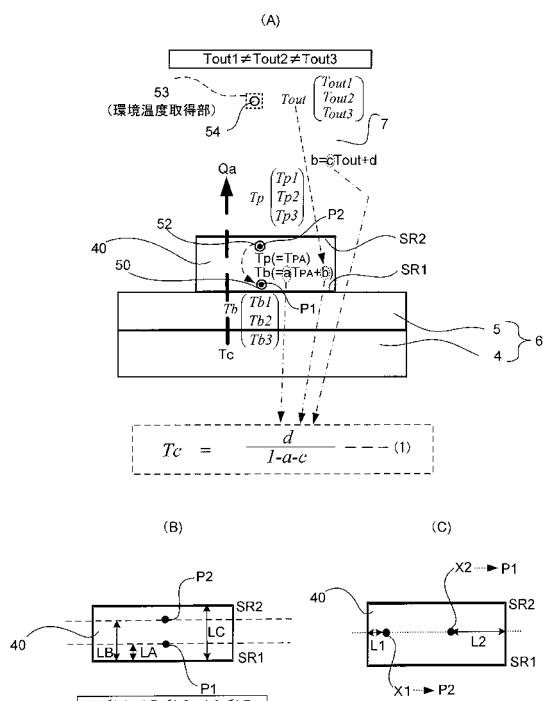
【符号の説明】

[0 2 3 4]

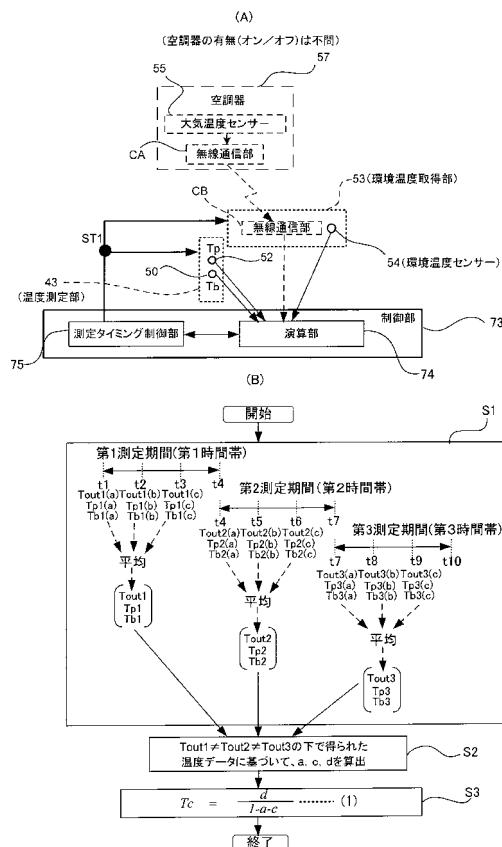
- 4 深部、5 表層部、6 被測定体（人体等）、7 環境（周囲媒体、環境媒体）、
8 剥離テープ、9 粘着層、10 貼付構造（粘着テープ）、
20a, 20b 断熱材、40 基材、43 温度測定部、50 第1温度センサー、
52 第2温度センサー、53 環境温度取得部、
54 環境温度取得部の構成要素である第3温度センサー、
55 大気温度センサー、100 第1ユニット、200 第2ユニット

10

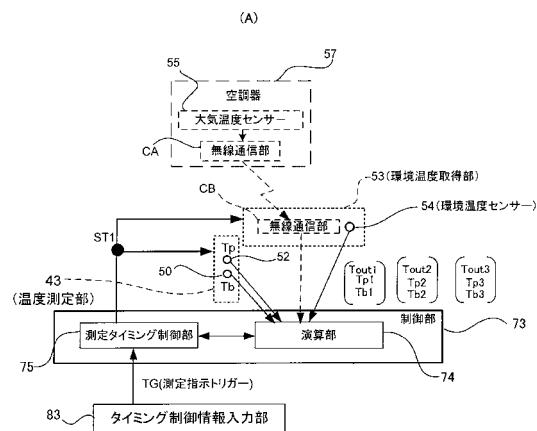
(1)



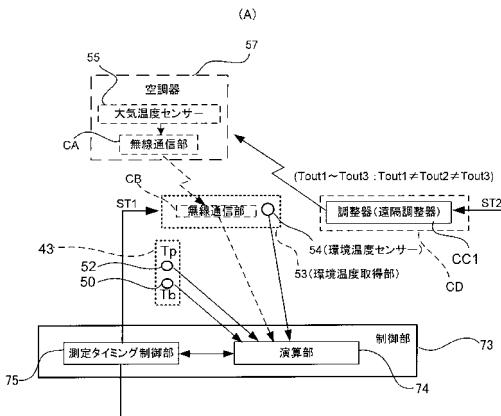
(2)



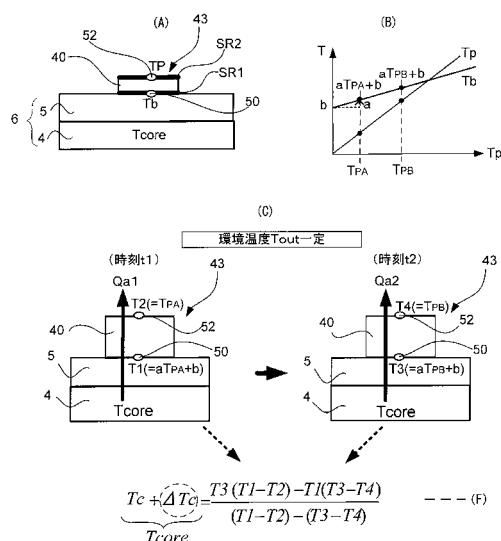
【図3】



【 四 4 】



【図5】

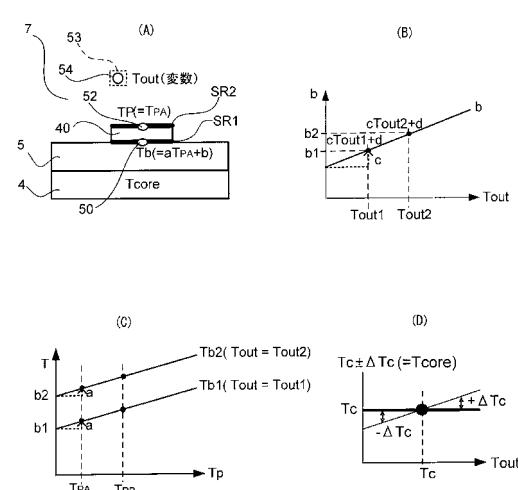


$$T_C + \Delta T_C = \frac{(aTP_A + b) \left[(aTP_A + b) - TP_A \right] - (aTP_A + b) \left[(aTP_B + b) - TP_B \right]}{(aTP_A + b) - TP_A} - \frac{(aTP_B + b) - TP_B}{(aTP_B + b) - TP_B}$$

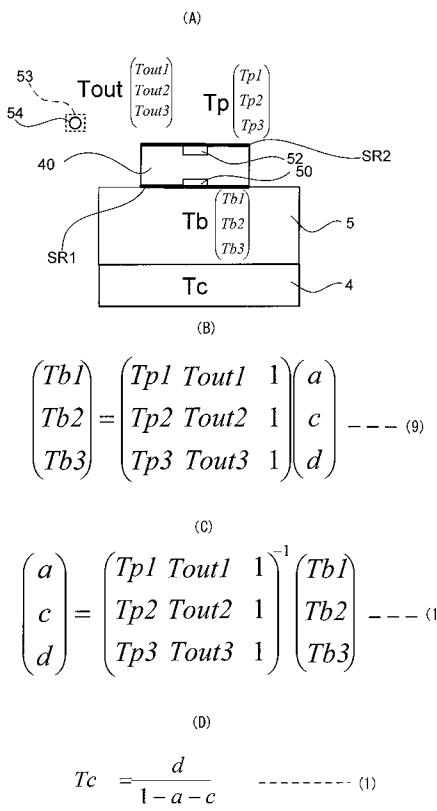
$$= \frac{b}{1-a} \bullet \frac{TP_A - TP_B}{TP_A - TP_B}$$

$$= \frac{b}{1-a} \quad \text{--- (1)}$$

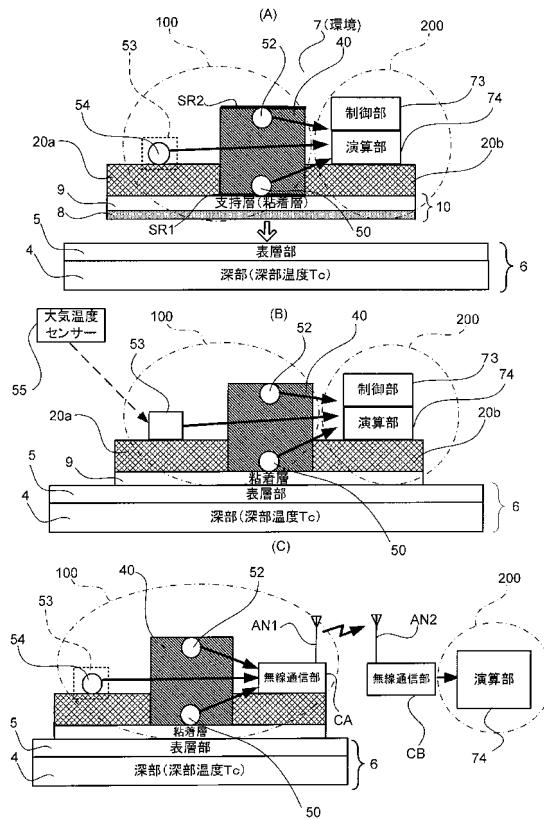
【 义 6 】



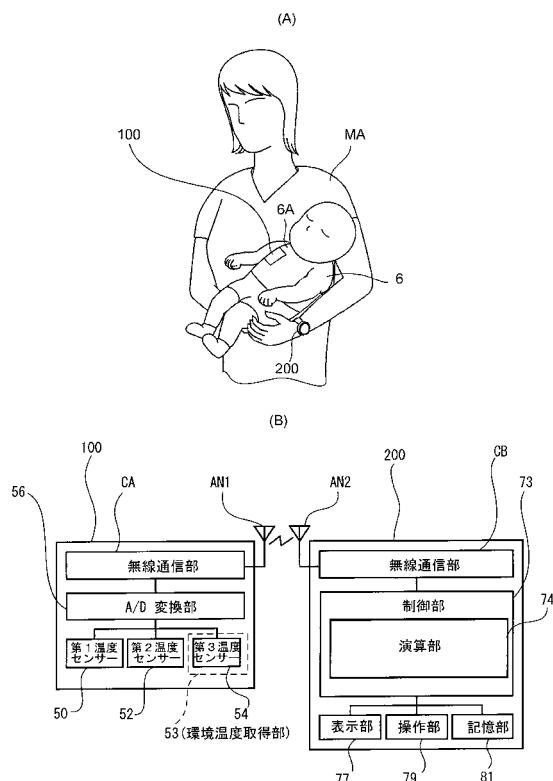
【図7】



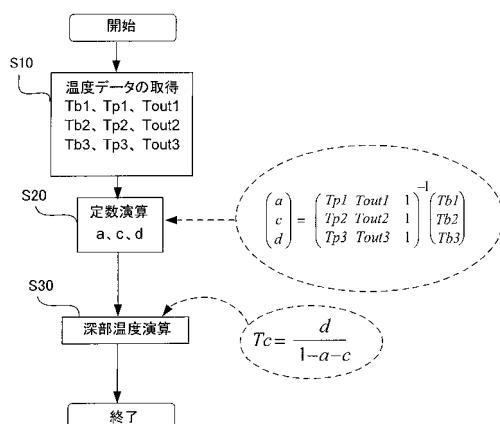
【図8】



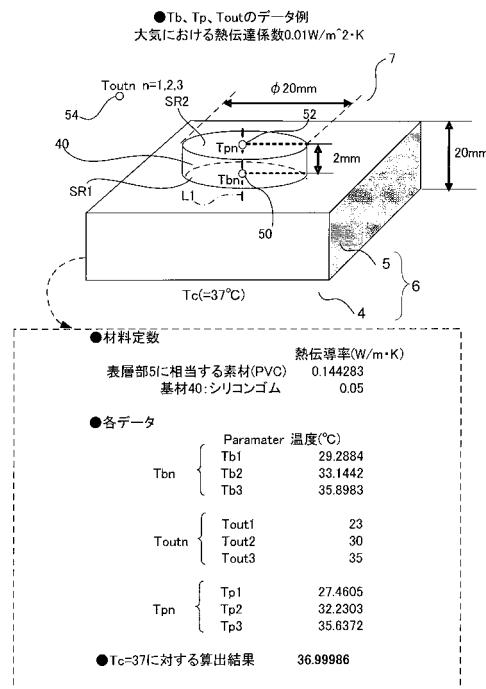
【図9】



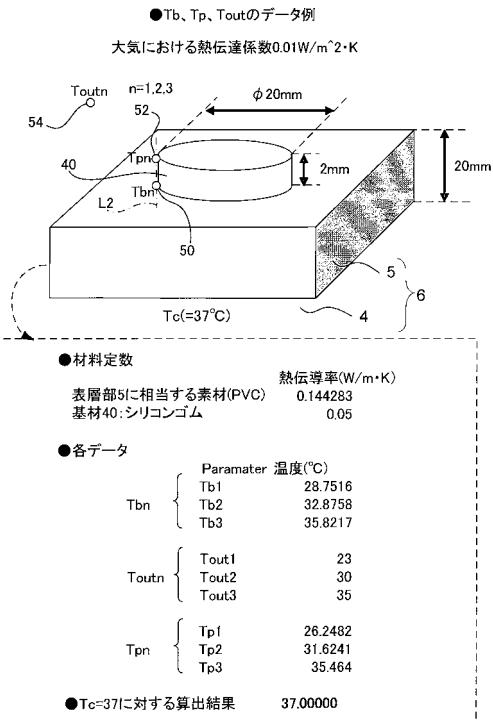
【図10】



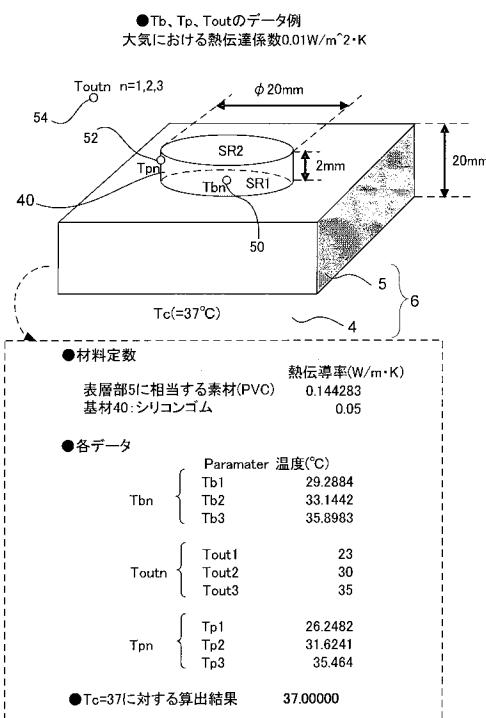
【図11】



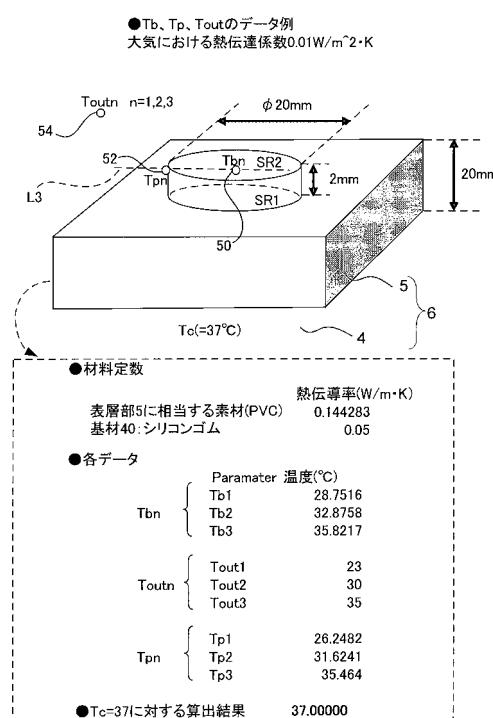
【図12】



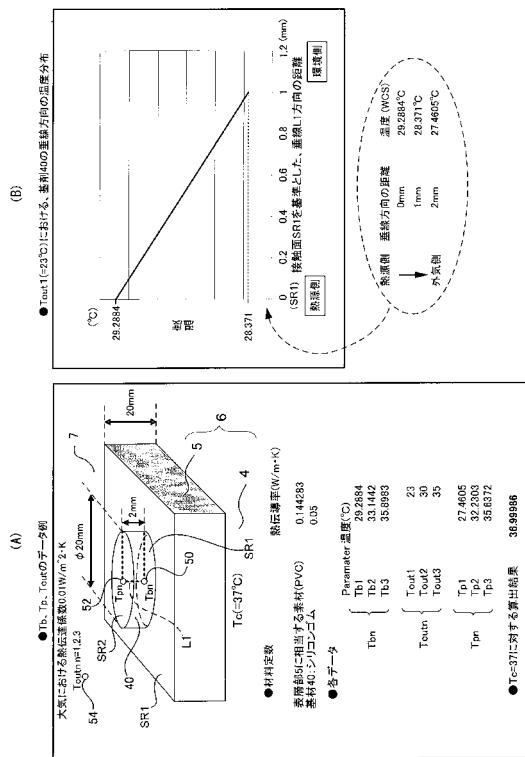
【図13】



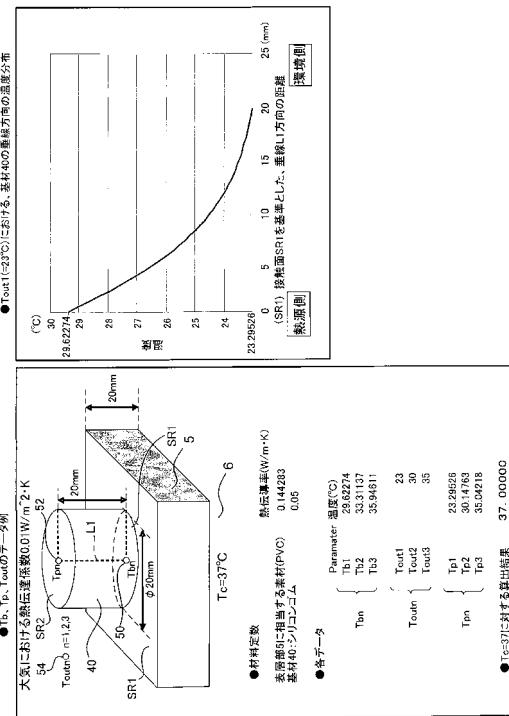
【図14】



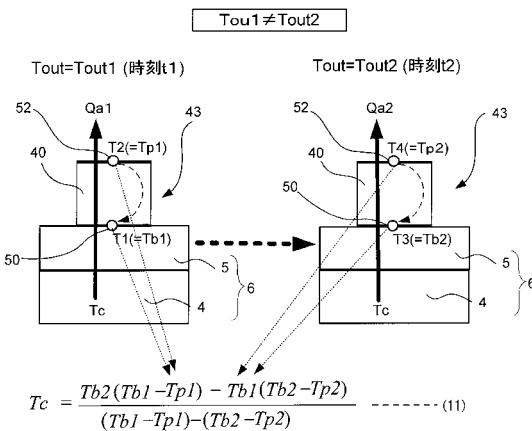
【図15】



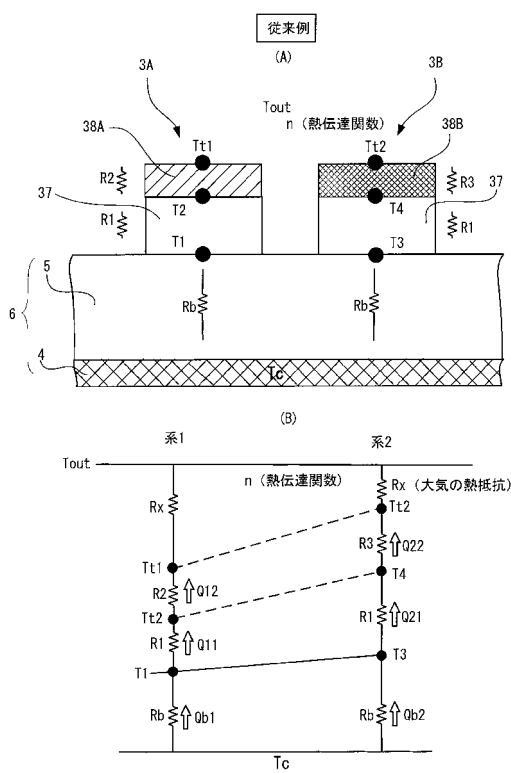
【図16】



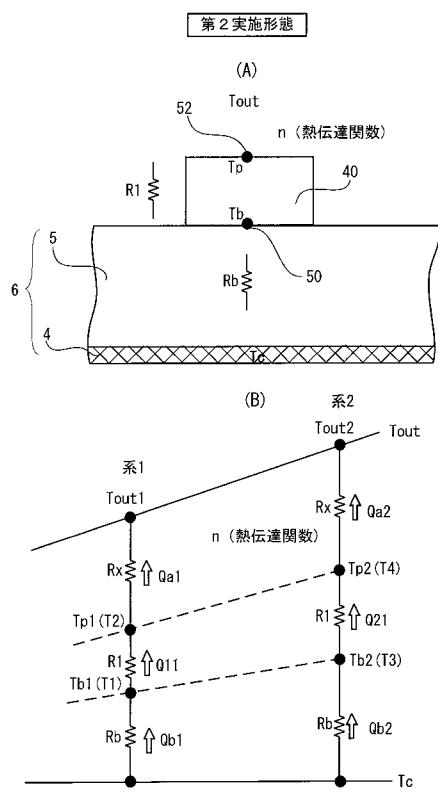
【図17】



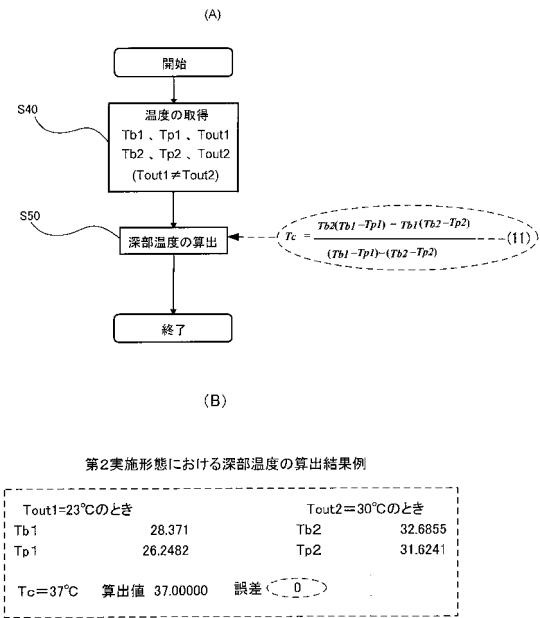
【図18】



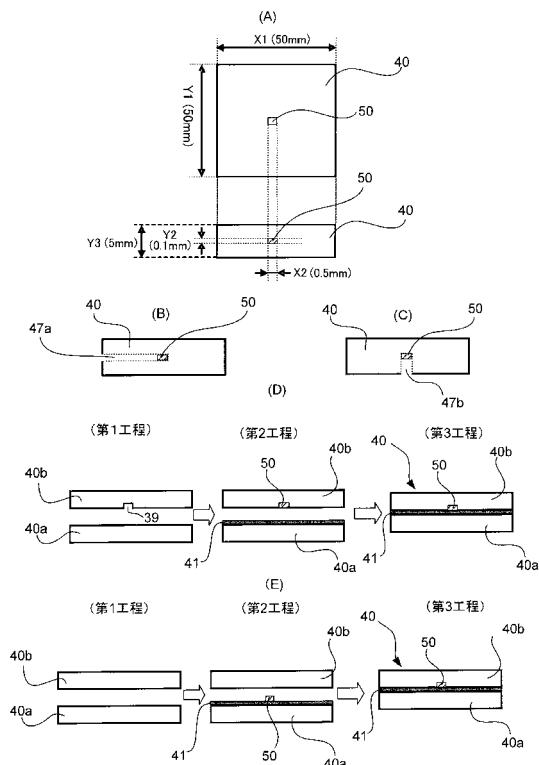
【図19】



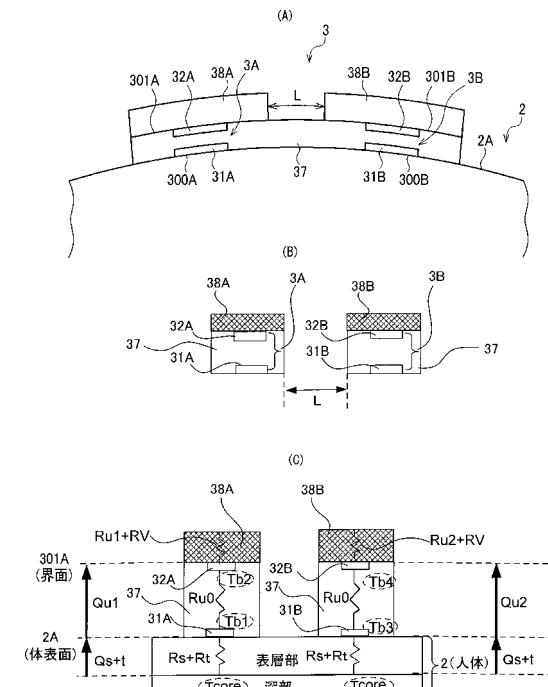
【図20】



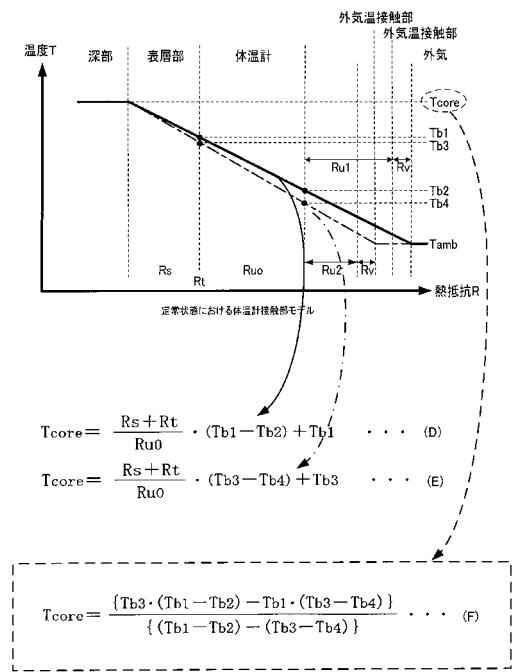
【図21】



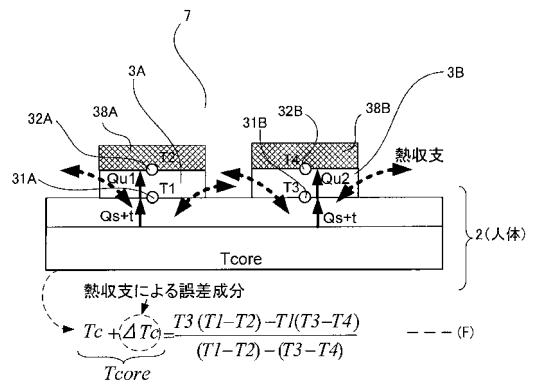
【図22】



【図23】



【図24】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2010-236897(JP,A)
特開昭50-127679(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G 01 K 7 / 00