

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年1月20日(20.01.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/013911 A1

(51) 国際特許分類:
G01K 7/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/027224

(22) 国際出願日: 2020年7月13日(13.07.2020)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 松永大地 (MATSUNAGA, Daichi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

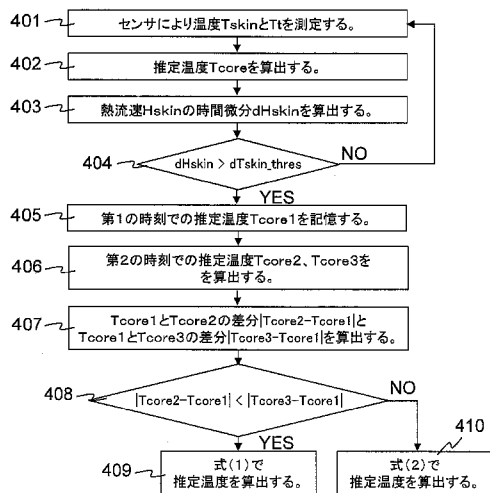
田中 雄次郎 (TANAKA, Yujiro); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 山川 茂樹, 外 (YAMAKAWA, Shigeki et al.); 〒1006104 東京都千代田区永田町2丁目11番1号 山王パークタワー4階 山川国際特許事務所内 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: TEMPERATURE MEASUREMENT DEVICE, METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 温度測定装置、方法およびプログラム



401... Measure temperatures Tskin and Tt by means of sensor
402... Calculate estimated temperature Tcore
403... Calculate time derivative dHskin of heat flux Hskin
404... Is dHskin > dTskin_thres?
405... Store estimated temperature Tcore1 at first time
406... Calculate estimated temperatures Tcore2, Tcore3 at second time
407... Calculate difference between Tcore1 and Tcore2, |Tcore2-Tcore1|, and difference between Tcore1 and Tcore3, |Tcore3-Tcore1|
408... Is |Tcore2-Tcore1| < |Tcore3-Tcore1|?
409... Calculate estimated temperature by means of formula (1)
410... Calculate estimated temperature by means of formula (2)

(57) Abstract: With a temperature measurement method according to the present invention, the temperature inside a living body is measured on the basis of the temperature detected by means of a sensor (31), wherein: an estimated temperature for the temperature inside the living body is calculated, in the sensor (31), by means of a first formula, which is based on a heat flux calculated on the basis of the difference between the temperature at a site in the vicinity of the living body and the temperature at another site or by means of a second formula, which corrects the estimated temperature calculated by means of the first formula; the difference between a first estimated temperature at a first time, which is before the time at which the time derivative of the heat flux exceeds a reference value, and a second estimated temperature calculated by means of the first formula at a second time, which is after the time at which the time derivative of the heat flux exceeds the reference value, and the difference between the first estimated temperature and a third estimated temperature calculated by means of the second formula at the second time are calculated; and the formula for calculating the estimated temperature is determined to be the first formula or the second formula on the basis of the two differences. As a result, the temperature

MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

measurement method according to the present invention is capable of precisely measuring the temperature inside a living body in a non-invasive manner.

(57) 要約：本発明の温度測定方法は、生体の内部の温度を、センサ（31）により検出された温度を基に測定する温度測定方法であって、前記生体の内部の温度の推定温度を、前記センサ（31）における前記生体近傍の一の箇所の温度と他の箇所の温度との差分により算出される熱流束に基づく第1の式と、前記第1の式による推定温度を補正する第2の式とのいずれかにより算出し、前記熱流束の時間微分が基準値を超える時刻より前の第1の時刻での第1の推定温度と、前記熱流束の時間微分が基準値を超える時刻以降の第2の時刻での前記第1の式による第2の推定温度との差分と、前記第1の推定温度と、前記第2の時刻での前記第2の式による第3の推定温度との差分を算出して、前記推定温度の算出式を、前記2つの差分に基づき、前記第1の式と前記第2の式とのいずれかに決定する。これにより、本発明の温度測定方法は、生体内部の温度を非侵襲に精度良く測定できる。

明 細 書

発明の名称： 温度測定装置、方法およびプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、生体内部の温度を非侵襲に精度良く測定する温度測定装置、方法およびプログラムに関する。

背景技術

[0002] 従来、生体の内部（深部を含む）体温を非侵襲に測定する技術が知られている。例えば、特許文献１（特開２０２０－００３２９１号公報）は、生体と、複数の温度計素子からなる熱流束センサを備える温度測定センサ（以下、「センサ」という。）と、外気における疑似的な一次元モデルを仮定して、生体の深部体温を推定する技術を開示している。

[0003] 図７に、生体７１内部の温度測定における疑似的な一次元モデルの模式図を示す。被測定物（生体）７１の内部の温度 T_{core} は、被測定物（生体）７１の表面に熱抵抗 R_s を有する物体（センサ）を置いたとき、センサ７２における表面（その物体と接する面）近傍の温度 T_{skin} 、センサ７２における裏面（外気と接する側の面）近傍の温度 T_t から以下の式を用いて推定できる。

[0004]
$$T_{core} = T_{skin} + R_{body} \times H_{skin}$$

[0005] ここで、 H_{skin} は熱流束であり、 $H_{skin} = (T_{skin} - T_t) / R_s$ で表される。また、 R_{body} は生体の熱抵抗、 R_s はセンサの熱抵抗である。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献１：特開２０２０－００３２９１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、この推定方法では、外気への熱の輸送形態を一定と仮定す

るため、扇風機などで風を当てる場合や、被測定物がランニングなどにより動く場合には推定温度に誤差が生じる。

[0008] 図8に、扇風機で風を当てた時の真の内部温度 T_{in} と推定温度 T_{est} との比較を示す。この真の内部温度 T_{in} と推定温度 T_{est} の差（誤差）は、風がある閾値を超えて当てられると、熱の輸送形態が熱伝導から対流熱伝達に変化し、熱が外に伝わる量が大きく変化することに起因する。

[0009] また、対流が生じることにより熱流束 H_{skin} はセンサの外部へも流れるため、対流時の R_{body} が変化し、誤差が生じる。

[0010] このように、生体内部の温度の測定において、推定温度に誤差が生じることが問題となっている。また、推定温度の誤差において、誤差が長い時間継続すること、誤差の原因となる熱の対流時に生体の熱抵抗 R_{body} が変化することが問題となる。

課題を解決するための手段

[0011] 上述したような課題を解決するために、本発明に係る温度測定方法は、生体の内部の温度を、センサにより検出された温度を基に測定する温度測定方法であって、前記生体の内部の温度の推定温度を、前記センサにおける前記生体近傍の一の箇所の温度と他の箇所の温度との差分により算出される熱流束に基づく第1の式と、前記第1の式による推定温度を補正する第2の式とのいずれかにより算出し、前記熱流束の時間微分が基準値を超える時刻より前の第1の時刻での第1の推定温度と、前記熱流束の時間微分が基準値を超える時刻以降の第2の時刻での前記第1の式による第2の推定温度との差分と、前記第1の推定温度と、前記第2の時刻での前記第2の式による第3の推定温度との差分を算出して、前記推定温度の算出式を、前記2つの差分に基づき、前記第1の式と前記第2の式とのいずれかに決定することを特徴とする。

[0012] また、本発明に係る温度測定方法は、生体の内部の温度を、センサにより検出された温度を基に測定する温度測定方法であって、前記センサにおいて、前記生体に接触する面近傍の第1の温度を測定し、前記第1の温度が測定

される位置と異なる位置で第2の温度を測定するステップと、前記第1の温度と前記第2の温度の差を基に熱流束を算出するステップと、前記熱流束の時間微分が基準値を超える時刻を検出するステップと、前記熱流束に基づき推定温度を算出する第1の式と、前記第1の式による推定温度を補正する第2の式とのいずれかにより前記推定温度を算出するステップと、前記熱流束の時間微分が基準値を超える時刻より前の第1の時刻での第1の推定温度と、前記熱流束の時間微分が基準値を超える時刻以降の第2の時刻での前記第1の式による第2の推定温度と、前記第2の時刻での前記第2の式による第3の推定温度とを比較して、前記推定温度の算出式を決定するステップとを備える。

[0013] また、本発明に係る温度測定装置は、生体の内部の温度を、センサにより検出された温度を基に測定する温度測定方法であって、前記センサにおいて、前記生体に接触する面近傍の第1の温度を測定し、前記第1の温度が測定される位置と異なる位置で第2の温度を測定するステップと、前記第1の温度と前記第2の温度の差を基に熱流束を算出するステップと、前記熱流束の時間微分が基準値を超える時刻を検出するステップと、前記熱流束に基づき推定温度を算出する第1の式と、前記第1の式による推定温度を補正する第2の式とのいずれかにより前記推定温度を算出するステップと、前記熱流束の時間微分が基準値を超える時刻より前の第1の時刻での第1の推定温度と前記熱流束の時間微分が基準値を超える時刻以降の第2の時刻での前記第1の式による第2の推定温度との差分と、前記第1の推定温度と前記第2の時刻での前記第2の式による第3の推定温度との差分とを比較して、前記推定温度の算出式を決定するステップとを備える

[0014] また、本発明に係る温度測定プログラムは、生体の内部の温度を、センサにより検出された温度を基に測定する温度測定装置に対し、前記生体の内部の温度の推定温度を、前記センサにおける前記生体近傍の一の箇所の温度と他の箇所の温度との差分により算出される熱流束に基づく第1の式と、前記第1の式による推定温度を補正する第2の式とのいずれかにより算出し、前

記熱流束の時間微分が基準値を超える時刻より前の第１の時刻での第１の推定温度と、前記熱流束の時間微分が基準値を超える時刻以降の第２の時刻での前記第１の式による第２の推定温度との差分と、前記第１の推定温度と、前記第２の時刻での前記第２の式による第３の推定温度との差分を算出して、前記推定温度の算出式を、前記２つの差分に基づき、前記第１の式と前記第２の式とのいずれかに決定する処理を実行させることを特徴とし、温度測定装置を機能させる。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、生体内部の温度を非侵襲に精度良く測定する温度測定装置、方法およびプログラムを提供できる。

図面の簡単な説明

[0016] [図１]図１は、本発明の第１の実施の形態に係る温度測定方法を説明するための温度の経時変化の概要図である。

[図２]図２は、本発明の第１の実施の形態に係る温度測定方法を説明するための熱流束の時間微分の経時変化を示す図である。

[図３]図３は、本発明の第１の実施の形態に係る温度測定装置の構成を示すブロック図である。

[図４]図４は、本発明の第１の実施の形態に係る温度測定方法のフローチャート図である。

[図５]図５は、本発明の第１の実施の形態に係る温度測定方法の実施例を示す図である。

[図６]図６は、本発明の実施の形態におけるコンピュータの構成例を示す図である。

[図７]図７は、従来の生体内部の温度測定における疑似的な一次元モデルの模式図である。

[図８]図８は、従来法により測定される深部温度の経時変化を示す図である。

発明を実施するための形態

[0017] 図１は、本実施の形態に係る方法を説明するための温度の経時変化の概要

図である。図 1 は、前述の図 8 に基づくものであり、風を当てた時の温度変化を示す。実線 11 は真の内部温度、点線 12 は式 (1) により算出される推定温度 T_{core} を示す。

[0018] $T_{core} = T_{skin} + R_{body} \times H_{skin} \quad (1)$

[0019] ここで、 H_{skin} は熱流束であり、 $H_{skin} = (T_{skin} - T_t) / R_s$ で表され、 T_{skin} と T_t の差分より算出される。また、 T_{skin} はセンサにおける表面（例えば、生体と接する面）近傍の温度、 T_t はセンサにおける裏面（外気と接する側の面）近傍の温度であり、 R_{body} は生体の熱抵抗、 R_s はセンサの熱抵抗である。

[0020] 風を当てることにより、対流の開始にともなう熱輸送形態の変化が生じると、推定温度 12 には正のピーク（上に凸）が発現する。また、風を停止して対流の終了にともなう熱輸送形態（対流）の変化が生じると、推定温度 12 には負のピーク（下に凸）が発現する。

[0021] このように、推定温度 12 には、内部温度 11 に比べて、誤差が生じるので、正確な推定温度を算出するためには、この誤差を含む推定温度 12 を補正する必要がある。

[0022] 推定温度の補正においては、まず、補正を要するとき、すなわち熱輸送形態（対流）の変化が生じるときを検知する必要がある。図 1 に示すように、推定温度 12 の変化は、生体やセンサの熱容量に依存するため、緩やかである。そこで、推定温度 12 の変化により熱輸送形態を検出して、推定温度 12 を補正することは難しい。そこで、本実施の形態においては、熱流束 H_{skin} の時間微分 dH_{skin} を用いて熱輸送形態の変化を検出して、推定温度 12 における誤差を補正する。

[0023] 図 2 に、図 1 に示す温度の経時変化における熱流束 H_{skin} の時間微分 dH_{skin} を示す。推定温度の変化と異なり、時間微分 dH_{skin} は熱輸送形態が変化すると鋭敏に変化し急峻なピーク 21、22 を発現するので、その時刻を特定することが容易になる。

[0024] また、推定温度 T_{core} は、以下の式により、補正して算出することが

できる。

$$[0025] \quad T_{core} = T_{skin} + \alpha \times R_{body} \times H_{skin} \quad (2)$$

[0026] ここで、 α は補正係数であり、1.03以上1.15以下であることが望ましい。本実施の形態では、 $\alpha = 1.05$ とする。このように、式(2)は式(1)による推定温度を補正するものである。

[0027] 以上のように、推定温度には対流変化により誤差が生じるため、対流変化の検知を契機に補正を行う。具体的には、熱流束 H_{skin} の時間微分 dH_{skin} が基準値(閾値)を超えた場合に対流変化が生じたと判定して補正を行う。

[0028] しかしながら、外気温や室内温度などのセンサ外部の環境温度(以下、「外部温度」という。)が変化したときも同様に、 H_{skin} の時間微分 dH_{skin} が閾値を超える。その結果、対流変化が生じていないにもかかわらず、対流変化が生じたものと誤認識(検知)することになる。この場合には、本来用いるべき式(1)ではなく式(2)を用いて推定温度が算出されるため、誤差が生じる。

[0029] この誤差を解消するために、本実施の形態では、式(1)と式(2)両方の式で推定温度を算出して、対流変化の検知前の推定温度と比較して、より正確な推定温度を算出する式を決定する。以下に、詳細を説明する。

[0030] <第1の実施の形態>

本発明の第1の実施の形態について図1～図6を参照して説明する。

[0031] <温度測定装置の構成>

図3に、本実施の形態に係る温度測定装置30の構成のブロック図を示す。温度測定装置30は、測定部(センサ)31と、記憶部32と、演算部33と、出力部34とを備える。

[0032] 測定部(センサ)31は、被測定物(例えば、生体)の表面と接触する面近傍に配置され、測定部(センサ)31の表面近傍での温度 T_{skin} (第1の温度)を測定する第1の温度計素子と、測定部31の裏面(例えば、外

気と接する側の面)近傍での温度 T_t (第2の温度)を測定する第2の温度計素子を備える。

[0033] ここで、温度 T_t を測定する箇所は、測定部31の裏面に限らず、温度 T_{skin} を測定する箇所とは異なる箇所であればよく、温度 T_{skin} を測定する箇所すなわち第1の温度計素子から離れた箇所であることが望ましい。第2の温度計素子は、第1の温度と第2の温度から正確に熱流束を算出できる程度離れた箇所に配置されればよい。

[0034] また、本実施の形態では、2個の温度計素子を用いるが、2個に限らず複数であればよい。複数の温度計素子を用いた方が精度よく熱流束を測定できる。

[0035] 記憶部32において、温度等記憶部321は、測定部31で測定される測定時刻と測定温度を記憶し、本実施の形態に係る温度測定に必要な時定数、基準値(閾値)、補正係数、などの数値等を記憶する。また、推定温度記憶部322は、演算部33の算出部331で式(1)と式(2)により算出される推定温度を記憶する。

[0036] 演算部33において、算出部331は、式(1)と式(2)により推定温度を算出する。また、熱流束の変化の検知時刻の前後での推定温度の差分を算出する。また、算出部331は、熱流束やその時間微分などの本実施の形態に係る温度測定に必要な数値等について算出、演算する。

[0037] また、比較部332は、算出部331で算出される熱流束の時間微分 dH_{skin} を基準値と比較する。また、算出部331で算出される推定温度の差分について、式(1)に基づく差分と式(2)に基づく差分を比較する。また、比較の結果に基づき、推定温度の算出式を決定する。

[0038] 出力部34は、式(1)と式(2)により算出される推定温度を出力(表示)する。正確な温度を出力できない場合には、ブランク(何も表示しない状態)や正確な温度を測定できないことを出力(表示)することもできる。

[0039] <温度測定方法>

本実施の形態に係る方法の概要を、図4を参照して説明する。図4に、本

実施の形態に係る温度測定方法のフローチャート図を示す。

[0040] 初めに、センサ（測定部）により、センサの表面（生体と接する面）近傍の温度（第1の温度） T_{skin} と、センサの裏面（外気と接する側の面）近傍の温度（第2の温度） T_t を測定する（ステップ401）。

[0041] 次に、式（1）により、推定温度を算出する（ステップ402）。

[0042] 次に、熱流束 H_{skin} の時間微分 dH_{skin} を算出する（ステップ403）。 dH_{skin} は、隣接するサンプリング（測定）時刻での熱流束 H_{skin} の差分として算出する。ここで、例えば、隣接するサンプリング（測定）時刻の間隔は1秒程度である。

[0043] 例えば、時刻 t_a で $T_{skin}(t_a)$ と $T_t(t_a)$ が測定されるとき、 $H_{skin}(t_a)$ は、 $H_{skin}(t_a) = \{T_{skin}(t_a) - T_t(t_a)\} / R_s$ で算出される。

[0044] 同様に、時刻 t_a に引き続き、時刻 t_b で $T_{skin}(t_b)$ と $T_t(t_b)$ が測定されるとき、 $H_{skin}(t_b)$ は、 $H_{skin}(t_b) = \{T_{skin}(t_b) - T_t(t_b)\} / R_s$ で算出される。

[0045] このとき、 dH_{skin} は、 $dH_{skin} = H_{skin}(t_b) - H_{skin}(t_a)$ で算出される。

[0046] ここで、 t_a と t_b は隣接するサンプリング（測定）時刻でなくてもよく、所定の間隔を有してもよい。

[0047] 次に、 dH_{skin} の値が基準値（以下、「対流検出閾値」という。） dH_{skin_thres} を比較する（ステップ404）。

[0048] dH_{skin} が対流検出閾値 dH_{skin_thres} 以下の場合には（ $|dH_{skin}| \leq dH_{skin_thres}$ ）、対流によって熱伝達の形態が変化していないと判定して、以下のステップを行わず、上述の T_{core} を、この時刻での推定温度と決定して、引き続き、次の時刻で測定を実行する。

[0049] 一方、 dH_{skin} が対流検出閾値 dH_{skin_thres} を上回る（ $|dH_{skin}| > dH_{skin_thres}$ ）場合、すなわち熱流束の変

化が検出される場合には、この $dHsk_{in}$ の変化が対流の変化によるものか、外部温度の変化など他の要因によるものかを、以下の通り、判定する。ここで、対流検出閾値 $dHsk_{in_thres}$ は、例えば、 $0.02^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ とする。

[0050] まず、推定温度記憶部322に記憶される推定温度において、熱流束の変化が検出される時刻 t_0 より所定時間 τ_1 遡った時刻 $t_0 - \tau_1$ （以下、「第1の時刻」という。）での推定温度 T_{core1} （以下、「第1の推定温度」という。）を選択（取得）する（ステップ405）。ここで、 τ_1 は、60秒間～300秒間を設定できる。

[0051] 次に、 $dHsk_{in}$ の変化が外部温度の変化などの要因によると想定して、式（1）に基づき推定温度を算出する。

[0052] 同時に、 $dHsk_{in}$ の変化が対流の変化などの要因によると想定して、式（2）により補正して、推定温度を算出する。

[0053] 次に、熱流束の変化が検出される時刻 t_0 より所定時間 τ_2 後の時刻 $t_0 + \tau_2$ （以下、「第2の時刻」という。）での、式（1）により算出される推定温度 T_{core2} （以下、「第2の推定温度」という。）と、式（2）により算出される推定温度 T_{core3} （以下、「第3の推定温度」という。）を取得する（ステップ406）。ここで、 τ_2 は、600秒間程度に設定できる。 τ_2 は、300秒～1200秒であることが望ましい。

[0054] 次に、第1の推定温度と第2の推定温度との差分（ $|T_{core1} - T_{core2}|$ ）を算出する。また、第1の推定温度と第3の推定温度（ $|T_{core1} - T_{core3}|$ ）との差分を算出する（ステップ407）。

[0055] 次に、第1の推定温度と第2の推定温度との差分と、第1の推定温度と第3の推定温度との差分とを比較する（ステップ408）。

[0056] これらの差分を比較した結果、第2の推定温度と第3の推定温度とのいずれかのうち、差分の小さい方を算出する式、すなわち式（1）、式（2）のいずれかを推定温度の算出式として採用する。

[0057] 採用した算出式を用いて、温度の測定、推定温度の算出を継続する（ステ

ップ409、410)。

[0058] <実施例>

本実施の形態に係る温度測定方法の一例としての実施例を、図5を参照に説明する。

[0059] 図5に、本実施の形態に係る実施例の温度測定方法における、熱流束の時間微分 dH_{skin} の経時変化51と推定温度の経時変化52を示す。推定温度の経時変化52は、本実施例の温度測定方法を説明するために、式(1)により算出される推定温度521と式(2)により算出される推定温度522とを示す。

[0060] また、推定温度の経時変化53は、本実施の形態に係る実施例の温度測定方法による推定温度531と、比較例として、外部温度の変化を考慮しない温度測定方法による推定温度532を示す。また、真の内部温度530として、鼓膜で測定される温度を示す。

[0061] 対流変化が生じていない状態から温度測定を開始する場合を一例として説明する。初めに、推定温度52は、対流が生じていないので、式(1)で算出される。

[0062] 次に、時刻 t_1 で dH_{skin} 51が基準値(閾値)511を超えたとき、推定温度記憶部322に記憶される推定温度において、時刻 $t_1 - \tau_1$ での推定温度 T_{core1} (第1の推定温度)が選択(取得)される(図中、白丸)。

[0063] 引き続き、式(1)による推定温度521と式(2)による推定温度522が算出され、時刻 $t_1 + \tau_2$ で、式(1)による推定温度521である第2の推定温度 T_{core2} (図中、黒三角)と、式(2)による推定温度522である第3の推定温度 T_{core3} (図中、黒丸)が算出される。

[0064] 次に、第1の推定温度 T_{core1} と第2の推定温度 T_{core2} との差分と、第1の推定温度 T_{core1} と第3の推定温度 T_{core3} との差分とを比較した結果、第1の推定温度 T_{core1} と第3の推定温度 T_{core3} との差分の方が小さいので、第3の推定温度 T_{core3} を算出する式

(2) を、推定温度を算出する式に採用して、温度の測定、推定温度の算出を継続する。

[0065] 次に、時刻 t_2 で $dH_{skin}51$ が基準値（閾値） 511 を超えたとき、推定温度記憶部 322 に記憶される推定温度において、時刻 $t_2 - \tau_1$ での推定温度（第1の推定温度）が選択（取得）される（図中、白丸）。

[0066] 引き続き、式（1）による推定温度 521 と式（2）による推定温度 522 が算出され、時刻 $t_1 + \tau_2$ で、式（1）による推定温度 521 である第2の推定温度 $T_{core}2$ （図中、黒三角）と、式（2）による推定温度 522 である第3の推定温度 $T_{core}3$ （図中、黒丸）が算出される。

[0067] 次に、第1の推定温度 $T_{core}1$ と第2の推定温度 $T_{core}2$ との差分と、第1の推定温度 $T_{core}1$ と第3の推定温度 $T_{core}3$ との差分とを比較した結果、第1の推定温度 $T_{core}1$ と第3の推定温度 $T_{core}3$ との差分の方が小さいので、第3の推定温度 $T_{core}3$ を算出する式（2）を、推定温度を算出する式に採用して、温度の測定、推定温度の算出を継続する。

[0068] 本実施の形態に係る実施例の温度測定方法により算出される推定温度 531 では、時刻 t_1 以降、推定温度は対流変化による補正を含む式（2）により算出されて、内部温度 530 と同等の温度を示す。また、時刻 t_2 で、 $dH_{skin}51$ の変化が外部温度の変化によるものであり、対流状態は変化せず、すなわち、対流は終了しないので、 t_2 以前と同様に、推定温度は式（2）より算出されて、内部温度 530 と同等の温度を示す。

[0069] 一方、比較例の推定温度 532 では、時刻 t_1 以降、推定温度は対流変化による補正を含む式（2）により算出されて、内部温度 530 と同等の温度を示す。しかしながら、時刻 t_2 で、 $dH_{skin}51$ の変化が外部温度の変化によるものであるにもかかわらず、対流状態の変化によるものと誤認識される。その結果、対流が終了したものとみなされ、推定温度は式（1）より算出されるので、内部温度 530 と差異（誤差）が生じる。

[0070] このように、本実施の形態に係る温度測定方法によれば、気温変化発生時

に对流变化の誤認識をすることなく、高精度で生体内部の温度を測定できる。

[0071] 本発明に係る実施の形態では、熱流束の時間微分 dH_{skin} の変化を正負で測定することにより、対流発生と対流終了を検出できる。例えば、 dH_{skin} の変化が0以上の時に、対流開始にともなう熱伝導の形態の変化を検出して、 dH_{skin} の変化が0未満の時に、対流終了にともなう熱伝導の形態の変化を検出することにより、対流期間を検出できる。

[0072] 本発明に係る実施の形態では、熱流束の時間微分の変化が検知されずに対流が生じていない場合には、測定部（センサ）31で測定された温度を基に、順次演算部33で算出される推定温度が、出力部34に出力される。

[0073] 一方、熱流束の時間微分の変化が検知される場合には、測定部（センサ）31で測定された後に、記憶部32で記憶された温度データを、演算部33で読み出して（読み込んで）算出式が決定され、推定温度が算出され、出力部34に出力される。その結果、測定から推定温度の出力まで、例えば、20分間程度要する。

[0074] また、測定部（センサ）で測定された温度をまとめて記憶部に記憶してから、温度データを読み出して（読み込んで）推定温度を算出してもよい。

[0075] 本実施の形態に係る温度測定装置は、ウェアラブルデバイス一体としてユーザの身体に装着されてもよい。

[0076] または、本発明に係る実施の形態に係る温度測定装置は、測定部（センサ）31をウェアラブルデバイスとしてユーザの身体に装着して、ウェアラブルデバイス外部のスマートフォンやサーバ等に記憶部32、演算部33を備えてもよい。この場合、温度測定装置はウェアラブルデバイスと外部のサーバ等それぞれに送受信部を備え、ウェアラブルデバイスで測定される測定温度をサーバ等に送信し、サーバ等で記憶、計算を行う。最後に、推定温度等（深部温度は測定されないことの表示等を含む）はサーバ等に出力されてもよいし、ウェアラブルデバイス等に送信されて出力されてもよい。

[0077] <コンピュータの構成例>

図6に、本発明の実施の形態に係る温度測定装置におけるコンピュータ60の構成例を示す。温度測定装置は、CPU（Central Processing Unit）63、記憶装置（記憶部）62およびインタフェース装置61を備えたコンピュータ60と、これらのハードウェア資源を制御するプログラムによって実現することができる。ここで、インタフェース装置に、測定部と、出力部が接続される。CPUは、記憶装置に格納された温度測定プログラムに従って本発明の実施の形態における処理を実行する。このように、温度測定プログラムは温度測定装置を機能させる。

[0078] 本発明の実施の形態に係る温度測定装置では、コンピュータを装置内部に備えてもよいし、コンピュータの機能の少なくとも1部を外部コンピュータを用いて実現してもよい。また、記憶部も装置外部の記憶媒体64を用いてもよく、記憶媒体64に格納された温度測定プログラムを読み出して実行してもよい。記憶媒体64には、各種磁気記録媒体、光磁気記録媒体、CD-ROM、CD-R、各種メモリを含む。また、温度測定プログラムはインターネットなどの通信回線を介してコンピュータに供給されてもよい。

[0079] 以上のように、本実施の形態に係る温度測定装置、方法およびプログラムによれば、生体内部の温度を非侵襲に精度良く測定できる。

[0080] 本発明の実施の形態では、温度測定装置の構成および温度測定方法等において、各構成部の構造、寸法、材料等の一例を示したが、これに限らない。温度測定装置の構成および温度測定方法等の機能を発揮し効果を奏するものであればよい。

産業上の利用可能性

[0081] 本発明は、作業、競技等の体温管理に用いる深部温度計に適用することができる。

符号の説明

[0082] 30 温度測定装置
31 測定部（センサ）
32 記憶部

- 3 2 1 温度等記憶部
- 3 2 2 推定温度記憶部
- 3 3 演算部
- 3 3 1 算出部
- 3 3 2 比較部
- 3 4 出力部

請求の範囲

[請求項1] 生体の内部の温度を、センサにより検出された温度を基に測定する温度測定方法であって、

前記生体の内部の温度の推定温度を、前記センサにおける前記生体近傍の一の箇所の温度と他の箇所の温度との差分により算出される熱流束に基づく第1の式と、前記第1の式による推定温度を補正する第2の式とのいずれかにより算出し、

前記熱流束の時間微分が基準値を超える時刻より前の第1の時刻での第1の推定温度と、前記熱流束の時間微分が基準値を超える時刻以降の第2の時刻での前記第1の式による第2の推定温度との差分と、前記第1の推定温度と、前記第2の時刻での前記第2の式による第3の推定温度との差分を算出して、

前記推定温度の算出式を、前記2つの差分に基づき、前記第1の式と前記第2の式とのいずれかに決定する温度測定方法。

[請求項2] 生体の内部の温度を、センサにより検出された温度を基に測定する温度測定方法であって、

前記センサにおいて、前記生体に接触する面近傍の第1の温度を測定し、前記第1の温度が測定される位置と異なる位置で第2の温度を測定するステップと、

前記第1の温度と前記第2の温度の差を基に熱流束を算出するステップと、

前記熱流束の時間微分が基準値を超える時刻を検出するステップと、

前記熱流束に基づき推定温度を算出する第1の式と、前記第1の式による推定温度を補正する第2の式とのいずれかにより前記推定温度を算出するステップと、

前記熱流束の時間微分が基準値を超える時刻より前の第1の時刻での第1の推定温度と前記熱流束の時間微分が基準値を超える時刻以降

の第2の時刻での前記第1の式による第2の推定温度との差分と、前記第1の推定温度と前記第2の時刻での前記第2の式による第3の推定温度との差分とを比較して、前記推定温度の算出式を決定するステップと

を備える温度測定方法。

[請求項3] 前記第1の式と前記第2の式とのいずれかのうち、前記差分の小さい方を算出する式を、前記推定温度の算出式として決定するステップと

を備える請求項2に記載の温度測定方法。

[請求項4] 前記第1の式が、

$$T_{core} = T_{skin} + R_{body} \times (T_{skin} - T_t) / R_s$$

であり、前記第2の式が、

$$T_{core} = T_{skin} + \alpha \times R_{body} \times (T_{skin} - T_t) / R_s$$

であり、 T_{skin} が第1の温度であり、 T_t が第2の温度であり、 R_{body} は生体の熱抵抗であり、 R_s はセンサの熱抵抗であり、 α が補正係数である、

請求項1から請求項3のいずれか一項に記載の温度測定方法。

[請求項5] 前記第2の式における補正係数が1.03以上1.15以下であることを特徴とする請求項4に記載の温度測定方法。

[請求項6] 前記熱流束の時間微分が0以上のときに対流の開始にともなう熱輸送形態の変化を判定し、前記熱流束の時間微分が0より小さいときに前記対流の終了にともなう熱輸送形態の変化を判定することを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか一項に記載の温度測定方法。

[請求項7] 生体の内部の温度を、センサにより検出された温度を基に測定する温度測定装置であって、

前記生体に接触する面近傍に配置され、第1の温度を測定する第1

の温度計素子と、第1の温度計素子から離れた位置に配置され、第2の温度を測定する第2の温度計素子とを有する前記センサと、

前記センサにおける前記生体近傍の一の箇所の温度と他の箇所の温度との差分により算出される熱流束に基づく第1の式と、前記第1の式による推定温度を補正する第2の式と、それぞれにより推定温度を算出する算出部と、

前記差分の時間微分が基準値を超える時刻より前の第1の時刻での第1の推定温度を記憶する推定温度記憶部と、

前記第1の推定温度と、前記差分の時間微分が基準値を超える時刻以降の第2の時刻での前記第1の式による推定温度と、前記第2の時刻での前記第2の式による推定温度とを比較する比較部と

を備える温度測定装置。

[請求項8]

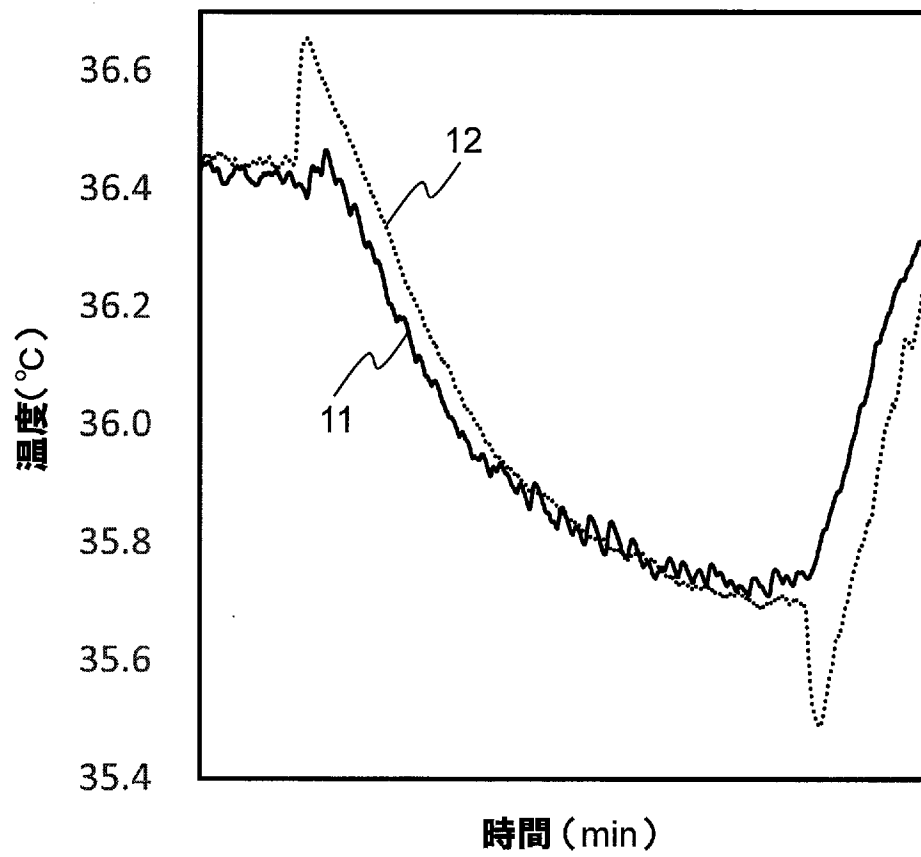
生体の内部の温度を、センサにより検出された温度を基に測定する温度測定装置に対し、

前記生体の内部の温度の推定温度を、前記センサにおける前記生体近傍の一の箇所の温度と他の箇所の温度との差分により算出される熱流束に基づく第1の式と、前記第1の式による推定温度を補正する第2の式とのいずれかにより算出し、

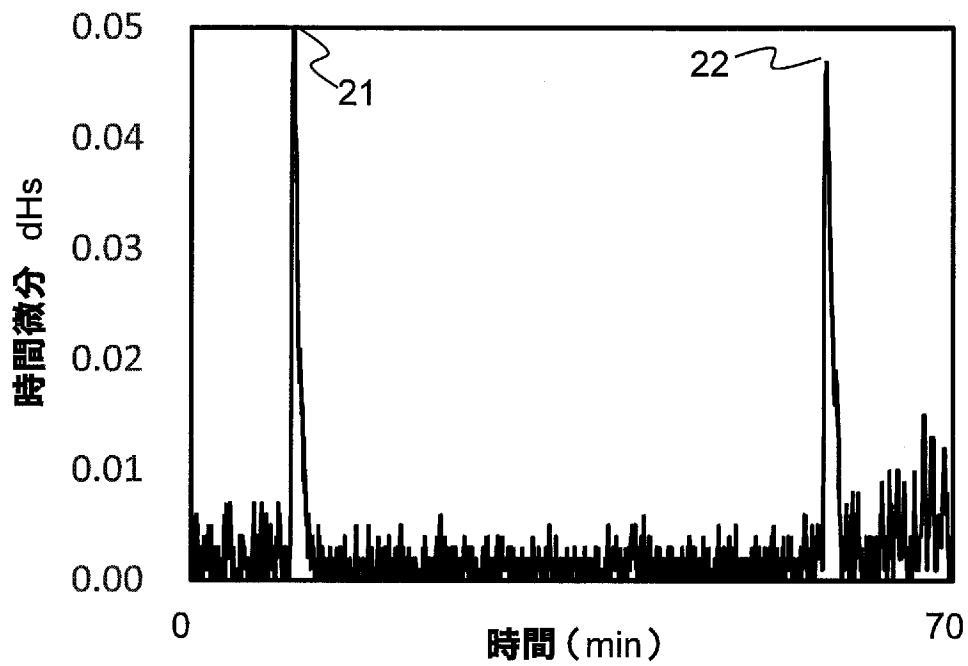
前記熱流束の時間微分が基準値を超える時刻より前の第1の時刻での第1の推定温度と、前記熱流束の時間微分が基準値を超える時刻以降の第2の時刻での前記第1の式による第2の推定温度との差分と、前記第1の推定温度と、前記第2の時刻での前記第2の式による第3の推定温度との差分を算出して、

前記推定温度の算出式を、前記2つの差分に基づき、前記第1の式と前記第2の式とのいずれかに決定する処理を実行させることを特徴とする、温度測定装置を機能させるための温度測定プログラム。

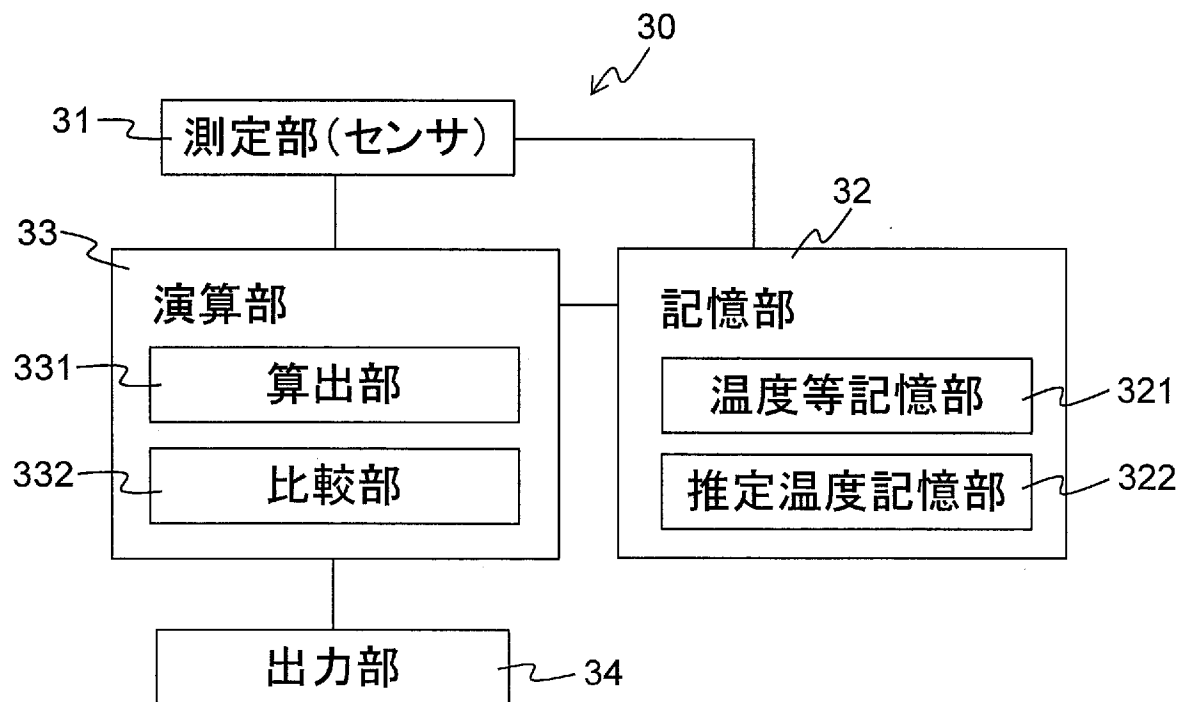
[図1]



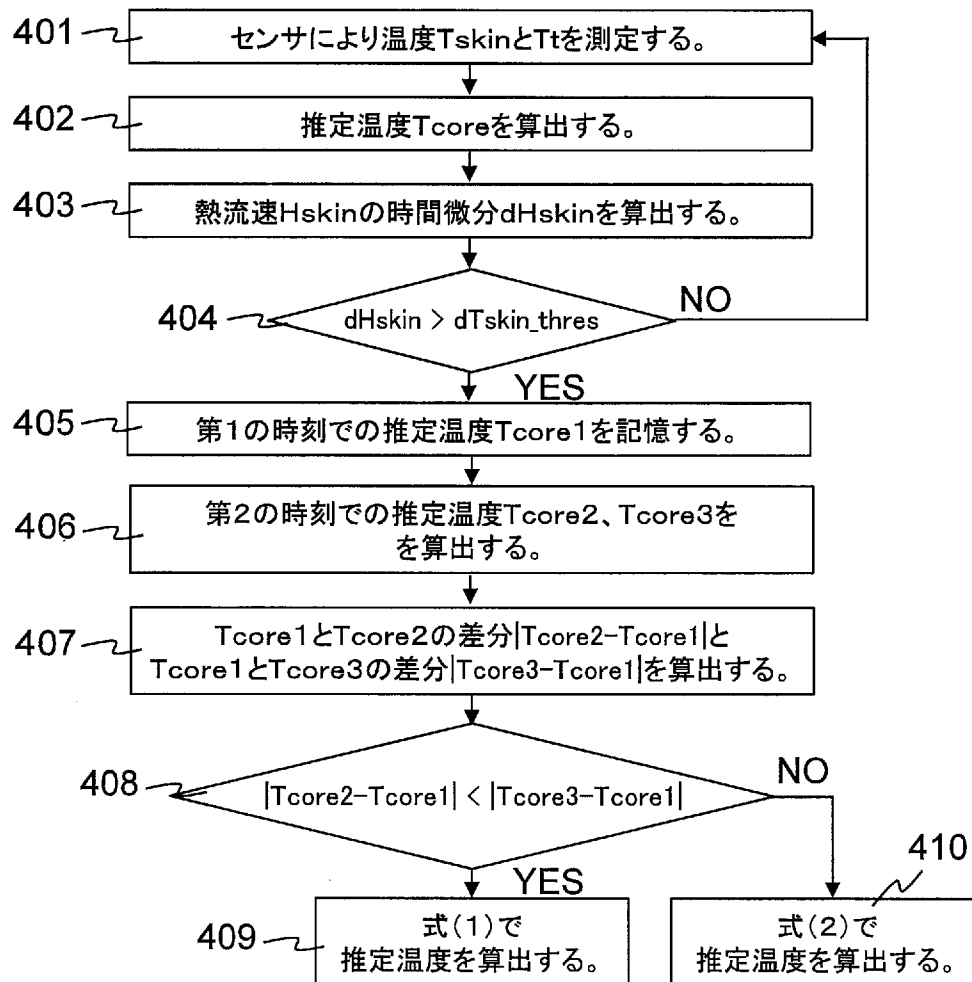
[図2]



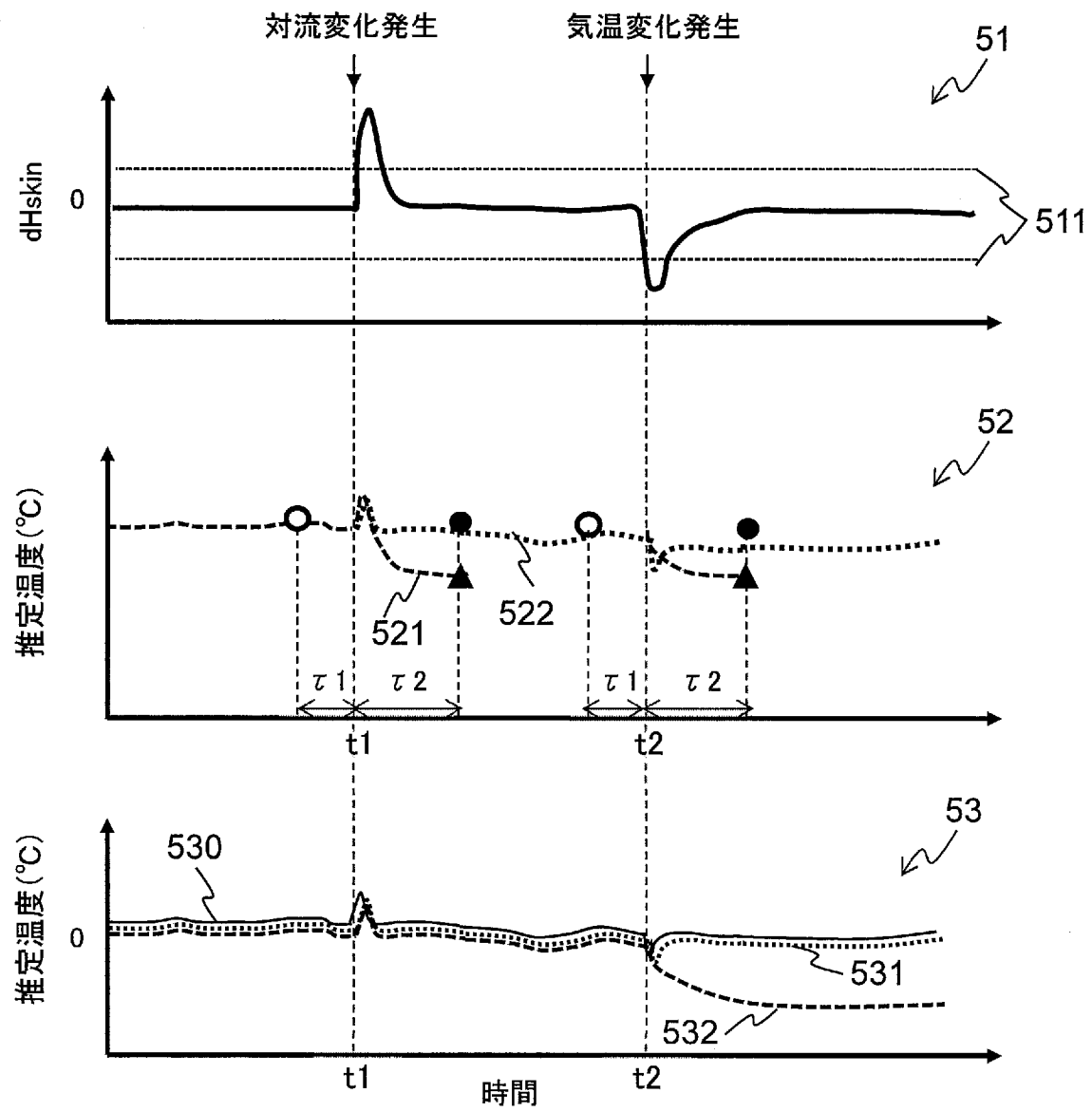
[図3]



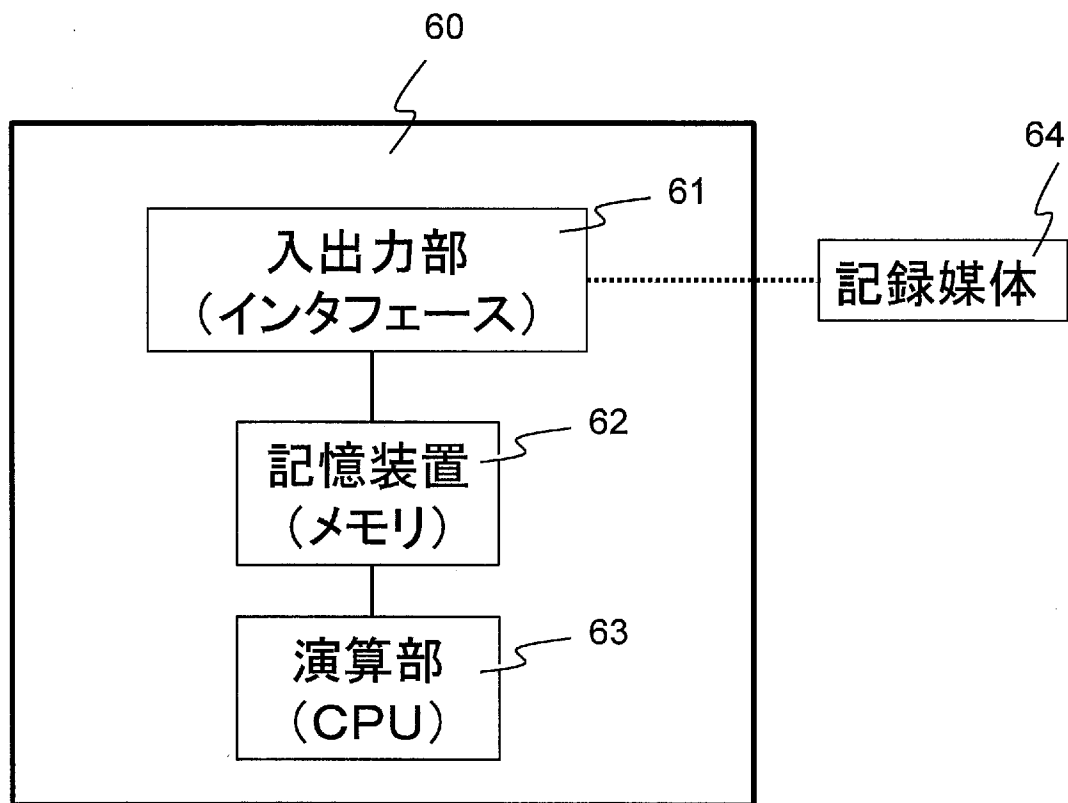
[図4]



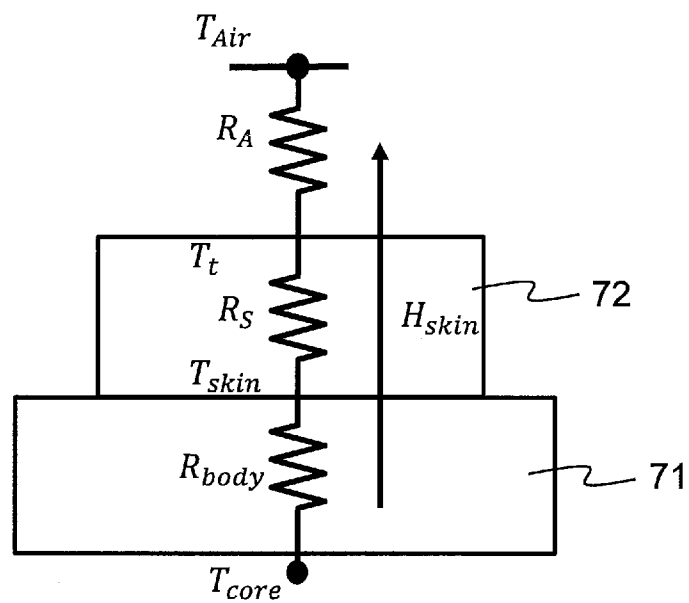
[図5]



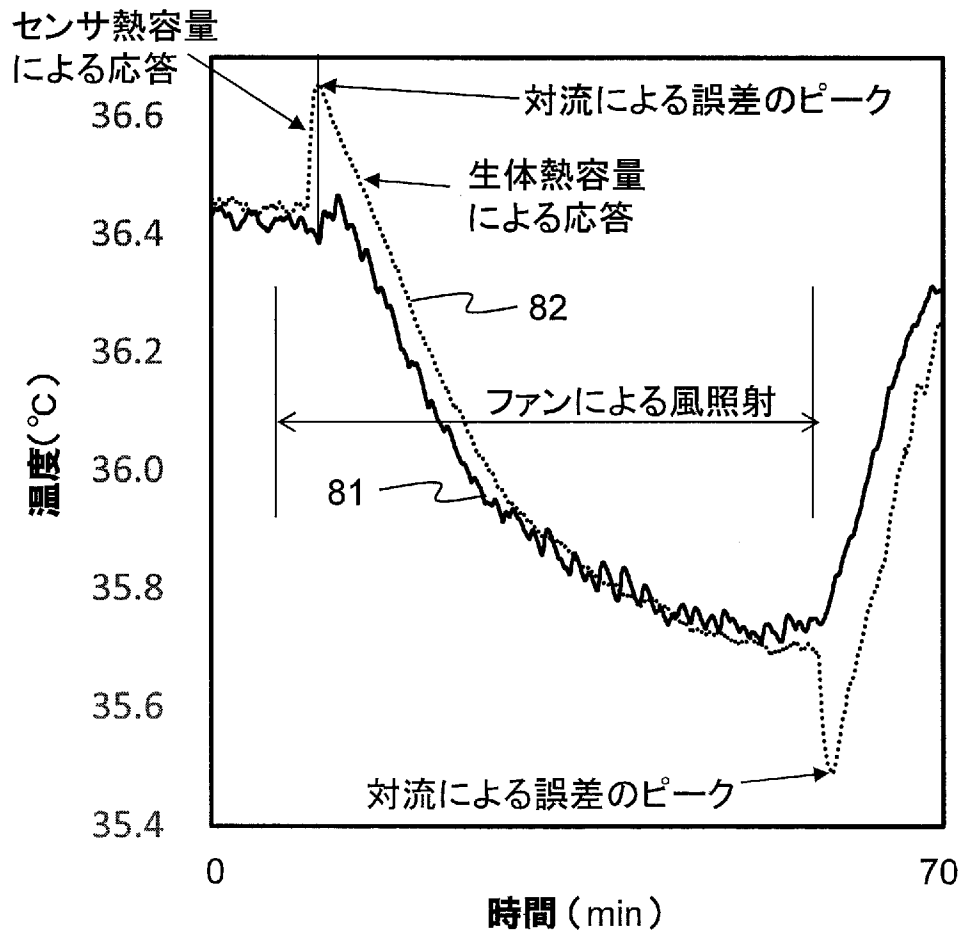
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/027224

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G01K7/00 (2006.01) i

FI: G01K7/00 381D

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. G01K1/00-19/00, A61B5/01

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII); Scopus

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2019-097819 A (TECHNO COMMONS INC.) 24 June 2019, paragraphs [0087]-[0097], [0118]-[0157], fig. 10 (a)-12 (b), 15 (a)-18 (b)	1-8
A	WO 2019/129469 A1 (MEDECTIS IP LTD.) 04 July 2019, p. 14, line 1 to p. 26, line 18, fig. 4-12	1-8
A	JP 2020-008521 A (OLYMPUS CORP.) 16 January 2020, paragraphs [0105]-[0114], fig. 8 (a)-9 (b)	1-8
A	WO 2019/026439 A1 (TEIJIN LTD.) 07 February 2019, paragraphs [0064]-[0081]	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
30.07.2020

Date of mailing of the international search report
11.08.2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/027224

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2019-097819 A	24.06.2019	US 2019/0159680 A1 paragraphs [0149]- [0159], [0185]- [0218], fig. 10 (a)- 12 (b), 16 (a)-18 (b) CN 109855755 A KR 10-2019-0064511 A	
WO 2019/129469 A1	04.07.2019	EP 3505891 A1 paragraphs [0054]- [0112], fig. 4-12	
JP 2020-008521 A	16.01.2020	(Family: none)	
WO 2019/026439 A1	07.02.2019	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01K 7/00(2006.01)i FI: G01K7/00 381D														
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G01K1/00-19/00, A61B5/01 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table> 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語） JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamII); Scopus			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2020年	日本国実用新案登録公報	1996-2020年	日本国登録実用新案公報	1994-2020年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2020年													
日本国実用新案登録公報	1996-2020年													
日本国登録実用新案公報	1994-2020年													
C. 関連すると認められる文献														
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号												
A	JP 2019-097819 A (株式会社テクノ・コモンズ) 24.06.2019 (2019-06-24) [0087]-[0097], [0118]-[0157], [図10](a)-[図12](b), [図15](a)-[図18](b)	1-8												
A	WO 2019/129469 A1 (MEDECTIS IP LTD.) 04.07.2019 (2019-07-04) 第14頁第1行-第26頁第18行, 図4-図12	1-8												
A	JP 2020-008521 A (オリンパス株式会社) 16.01.2020 (2020-01-16) [0105]-[0114], [図8](a)-[図9](b)	1-8												
A	WO 2019/026439 A1 (帝人株式会社) 07.02.2019 (2019-02-07) [0064]-[0081]	1-8												
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</td> <td>“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献	“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの													
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの													
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献														
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献														
国際調査を完了した日 30.07.2020		国際調査報告の発送日 11.08.2020												
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 清水 靖記 2F 3605 電話番号 03-3581-1101 内線 3216												

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/027224

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2019-097819	A	24.06.2019	US 2019/0159680 A1 [0149]-[0159], [0185]- [0218], Fig.10(a)- Fig.12(b), Fig.16(a)- Fig.18(b) CN 109855755 A KR 10-2019-0064511 A	
WO	2019/129469	A1	04.07.2019	EP 3505891 A1 [0054]-[0112], FIG.4- FIG.12	
JP	2020-008521	A	16.01.2020	(ファミリーなし)	
WO	2019/026439	A1	07.02.2019	(ファミリーなし)	