

(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 2022/013912 A1

(51) 国際特許分類:
G01K 7/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/027225

(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9-1 1 1 N T T 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9-1 1 1 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

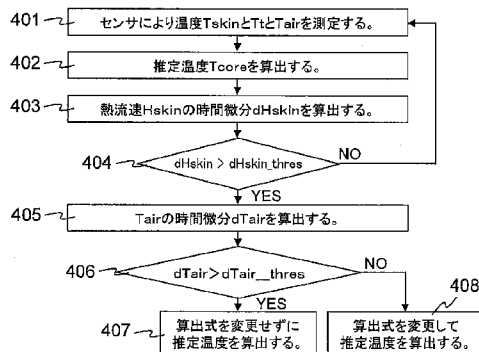
(74) 代理人: 山川 茂樹, 外 (YAMAKAWA, Shigeki et al.); 〒1006104 東京都千代田区永田町2丁目11番1号 山王パークタワー4階 山川国際特許事務所内 Tokyo (JP).

(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, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(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

[図4]



401 Measure temperatures Tskin, Tt, Tair using sensor
402 Calculate estimated temperature Tcore
403 Calculate time differential dHskin of thermal flux Hskin
405 Calculate time differential dTair of Tair
407 Calculate estimated temperature without modifying calculation formula
408 Modify calculation formula and calculate estimated temperature

(57) Abstract: This temperature measurement method involves measuring the temperature inside a living body on the basis of a temperature detected by a sensor (31), wherein a determination is made, on the basis of a time differential of external temperatures, as to whether an estimated temperature calculation formula for the temperature inside the living body is to be a first formula based on a thermal flux calculated according to the difference between the temperature of one location in the sensor (31) that is near the living body and the temperature of another location, or a second formula for correcting the estimated temperature yielded by the first formula, to calculate the estimated temperature. As a result, this temperature measurement method makes it possible to accurately measure 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、外部温度の時間微分に基づいて、生体の内部の温度の推定温度の算出式を、センサ(31)における生体近傍の一の箇所の温度と他の箇所の温度との差分より算出される熱流束に基づく第1の式と、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決定して、推定温度を算出する。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。

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))

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、外気と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、外部温度の時間微分に基づいて、前記生体の内部の温度の推定温度の算出式を、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決定して、前記推定温度を算出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の温度を測定し、センサ被覆部の表面近傍で外部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を算出するステップと、前記熱流束の時間微分が対流検出閾値を超える場合に、前記外部温度の時間微分を算出するステップと、前記外部温度の時間微分を温度検出閾値と

比較することにより、前記生体の内部の温度の推定温度の算出式を決定するステップとを備え、前記推定温度の算出式が、前記熱流束に基づく第1の式と、前記第1の式による推定温度を補正する第2の式とのいずれかであることを特徴とする。

[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、前記センサの被覆部に配置され、外部温度を測定する第3の温度計素子と、前記外部温度の時間微分に基づいて、前記生体の内部の温度の推定温度の算出式を、前記第1の温度と前記第2の温度との差分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決定して、前記推定温度を算出する演算部とを備える。

[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、外部温度の時間微分に基づいて、前記生体の内部の温度の推定温度の算出式を、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決定して、前記推定温度を算出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3A]図3 A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3B]図3 Bは、本発明の第1の実施の形態に係る温度測定装置における測定部の構成を示す図である。

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

[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（例えば、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] 風を当てたことにより、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1

2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。

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

[0026] ここで、 α は補正係数であり、1.03～1.15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

s k i n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] この測定誤差を解消するために、本実施の形態では、外部温度を測定する温度計をさらに備え、この温度計による測定温度 $T_{a i r}$ の時間微分 $d T_{a i r}$ を用いて、 $d H s k i n$ の変化が対流変化によるものか、外部温度の変化によるものかを判定する。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５を参照して説明する。

[0031] <温度測定装置の構成>

図３Ａ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] 図３Ｂに、温度測定装置３０における測定部３１の構成を示す。測定部３１は、第１の温度計素子３１１１と、第２の温度計素子３１１２とを有するセンサ３１１と、第３の温度計素子３１２１を有するセンサ被覆部３１２とを備える。

[0033] センサ３１１において、第１の温度計素子３１１１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、センサ３１１の表面近傍での温度 $T_{s k i n}$ （第１の温度）を測定する。また、第２の温度計素子３１１２は、センサ３１１の裏面（表面に対向する面）近傍で、温度 T_t （第２の温度）を測定する。

[0034] ここで、温度 T_t を測定する箇所は、測定部３１の裏面近傍に限らず、温度 $T_{s k i n}$ を測定する箇所とは異なる箇所であればよく、温度 $T_{s k i n}$ を測定する箇所すなわち第１の温度計素子３１１１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３１１２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。

[0035] センサ被覆部 3 1 2 は、通気性が良いメッシュ状等の素材で構成され、対流を妨げない。

メッシュ状等の素材には、布製のメッシュシート、空気メッシュ状に空気孔の樹脂または金属膜などを用いることができる。

[0036] センサ被覆部 3 1 2 の表面（外気などのセンサ外部環境と接する面）近傍に、第 3 の温度計素子 3 1 2 1 が配置され、外部温度 T_{air} を測定する。

[0037] また、本実施の形態では、3 個の温度計素子を用いるが、3 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。

[0038] 記憶部 3 2 は、測定部 3 1 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、演算部 3 3 の算出部 3 3 1 で式（1）と式（2）により算出される推定温度を記憶することもできる。

[0039] 演算部 3 3 において、算出部 3 3 1 は、式（1）と式（2）により推定温度を算出する。また、算出部 3 3 1 は、熱流束やその時間微分、外部温度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。

[0040] また、比較部 3 3 2 は、算出部 3 3 1 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 3 3 1 で算出される外部温度の時間微分 dT_{air} を基準値と比較する。また、比較の結果に基づき、推定温度の算出式を決定する。

[0041] 出力部 3 4 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。

[0042] <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。

[0043] 初めに、センサ（測定部）により、センサの表面温度（生体と接する部分

の温度、第1の温度) T_{skin} と、センサの裏面温度(第2の温度) T_t 、外部温度(第3の温度) T_{air} を測定する(ステップ401)。

[0044] 次に、式(1)により、推定温度を算出する(ステップ402)。

[0045] 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。

[0046] 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。

[0047] 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。

[0048] このとき、 dH_{skin} は、 $dH_{skin} = H_{skin}(t_b) - H_{skin}(t_a)$ で算出される。

[0049] 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。

[0050] 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)。

[0051] 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。

[0052] 一方、 dH_{skin} が対流検出閾値 dH_{skin_thres} を上回る場合には ($|dH_{skin}| > dH_{skin_thres}$)、この dH_{skin} 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 dH_{skin_thres}

res は、例えば、 $0.02^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ とする。

[0053] 次に、外部温度 T_{air} の時間微分 dT_{air} を算出する（ステップ405）。 dT_{air} は、隣接するサンプリング（測定）時刻での外部温度 T_{air} の差分として算出する。

[0054] 例えば、時刻 t_c で $T_{air}(t_c)$ が測定され、引き続き、時刻 t_d で $T_{air}(t_d)$ が測定されるとき、 dT_{air} は、 $dT_{air}=T_{air}(t_d)-T_{air}(t_c)$ で算出される。

[0055] ここで、 t_c と t_d 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。

[0056] 次に、 dT_{air} の値が基準値（以下、「温度検出閾値」という。） dT_{air_thres} を比較する（ステップ406）。

[0057] dT_{air} が温度検出閾値 dT_{air_thres} を上回る場合には（ $|dT_{air}|>dT_{air_thres}$ ）、熱流束の変化が外部温度の変化によるものであり、対流変化によるものでないと判定する。そこで、推定温度の算出式を変更することなく、推定温度を算出する（ステップ407）。

[0058] この場合、例えば、対流変化が生じていない状態で式（1）により推定温度を算出しているときには、対流状態は変化しないので、判定後も式（1）により推定温度を算出する。同様に、対流変化が生じている状態で式（2）により推定温度を算出しているときには、判定後も式（2）により推定温度を算出する。

[0059] ここで、温度検出閾値 dT_{air_thres} は、例えば、 $0.02^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ とする。

[0060] 一方、 dT_{air} が温度検出閾値 dT_{air_thres} 以下の場合には（ $|dT_{air}|\leq dT_{air_thres}$ ）、熱流束の変化が外部温度の変化によるものでなく、対流変化によるものと判定する。そこで、対流変化にともない推定温度の算出式を変更して、推定温度を算出する（ステップ408）。

[0061] この場合、例えば、対流変化が生じていない状態で式（1）により推定温

度を算出しているときには、対流の開始が判定されるので、判定後は式（２）により推定温度を算出する。また、対流変化が生じている状態で式（２）により推定温度を算出しているときには、対流の終了が判定されるので、判定後は式（１）により推定温度を算出する。

[0062] ＜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。

[0063] 図５に、本実施の形態に係る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 と外部温度の時間微分 dT_{air} の経時変化 ５２ を示す。

[0064] 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。

[0065] 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。

[0066] 次に、時刻 t_1 で dH_{skin} ５１ が基準値（閾値） ５１１ を超えるとき、外部温度の時間微分 dT_{air} ５２ は変化しない。したがって、 dH_{skin} ５１ の変化は対流変化によるものと判定し、算出式を変更して、式（２）により推定温度を算出する。

[0067] 次に、時刻 t_2 で dH_{skin} ５１ が基準値（閾値） ５１１ を超えたとき、外部温度の時間微分 dT_{air} ５２ が変化して基準値（閾値） ５２１ を超える。したがって、 dH_{skin} ５１ の変化は外部温度の変化によるものであり、対流変化によるものでないと判定し、算出式を変更することなく、式（２）により推定温度を算出する。

[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される。その結果、対流が終了したものみなされ、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、気温変化発生時に対流変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、演算部 33 で外部温度の時間微分を基に判定して算出式が決定され、推定温度が算出され、出力部 34 に出力される。このように、本発明に係る実施の形態では、記憶部 32 を必ずしも必要としない。

[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、作業者、競技者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] 3 0 温度測定装置
3 1 測定部（センサ）
3 2 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、

外部温度の時間微分に基づいて、前記生体の内部の温度の推定温度の算出式を、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決定して、前記推定温度を算出する温度測定方法。

[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の温度を測定し、センサ被覆部の表面近傍で外部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を算出するステップと、

前記熱流束の時間微分が対流検出閾値を超える場合に、前記外部温度の時間微分を算出するステップと、

前記外部温度の時間微分を温度検出閾値と比較することにより、前記生体の内部の温度の推定温度の算出式を決定するステップとを備え、

前記推定温度の算出式が、前記熱流束に基づく第1の式と、前記第1の式による推定温度を補正する第2の式とのいずれかである温度測定方法。

[請求項3] 前記外部温度の時間微分が温度検出閾値を超える場合に、前記推定温度の算出式を変更することなく、前記推定温度が算出され、

前記外部温度の時間微分が温度検出閾値以下の場合に、前記推定温度の算出式を変更して、前記推定温度が算出される、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、

前記センサの被覆部に配置され、外部温度を測定する第3の温度計素子と、

前記外部温度の時間微分に基づいて、前記生体の内部の温度の推定温度の算出式を、前記第1の温度と前記第2の温度との差分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決定して、前記推定温度を算出する演

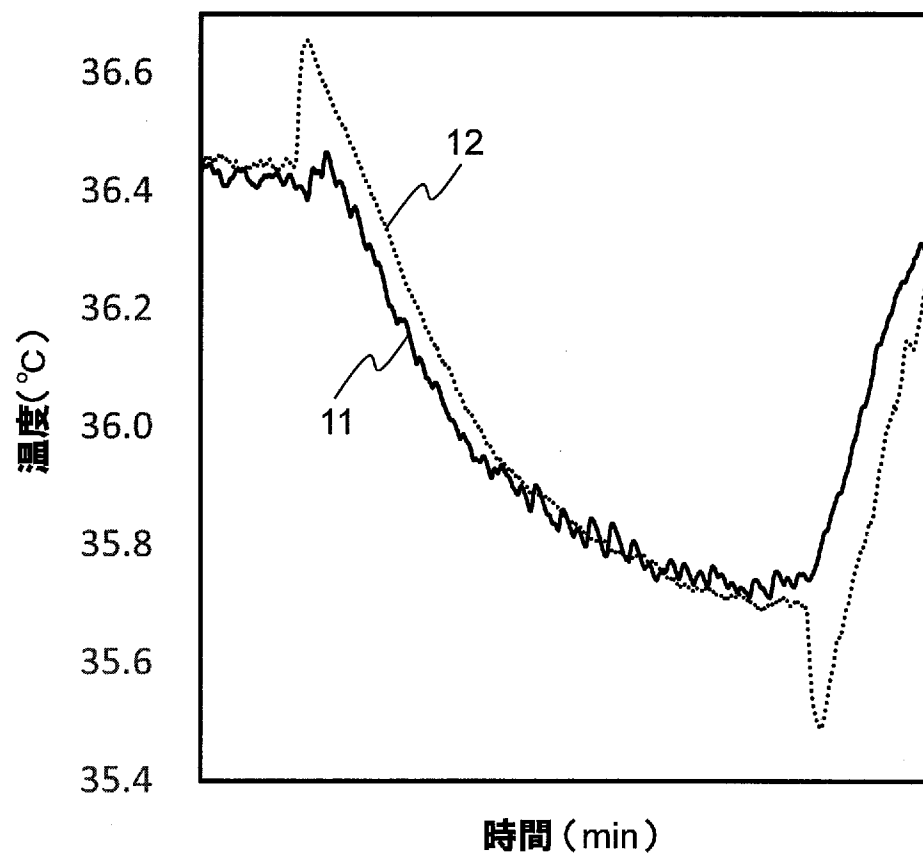
算部と

を備える温度測定装置。

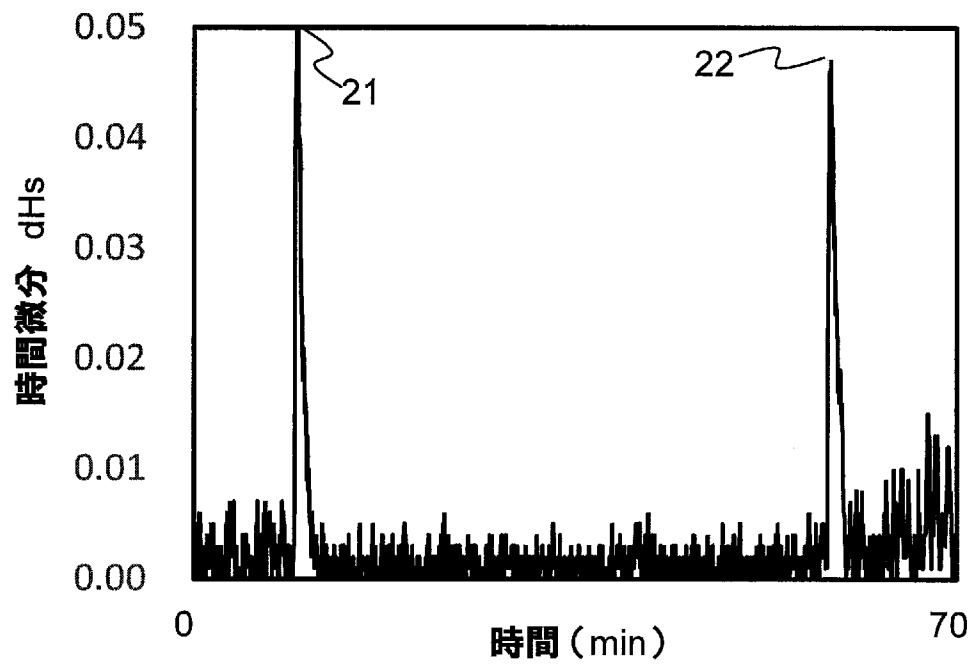
[請求項8] 生体の内部の温度を、センサにより検出された温度を基に測定する温度測定装置に対し、

外部温度の時間微分に基づいて、前記生体の内部の温度の推定温度の算出式を、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決定して、前記推定温度を算出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。

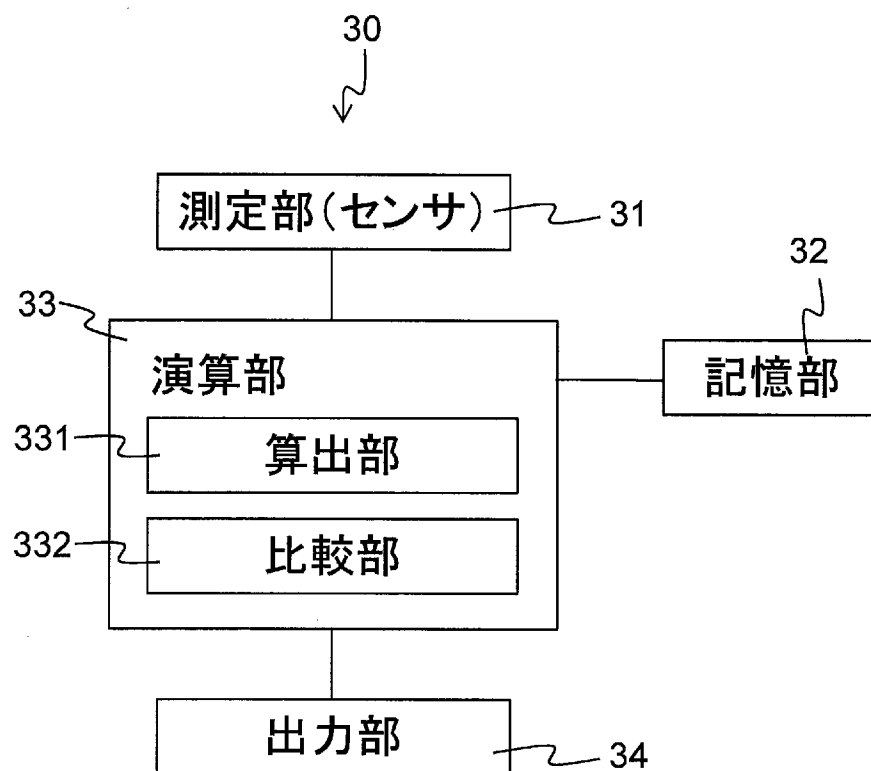
[図1]



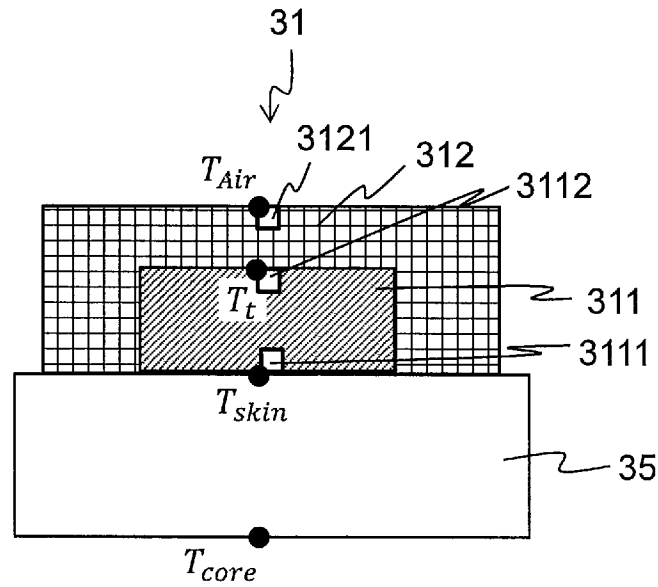
[図2]



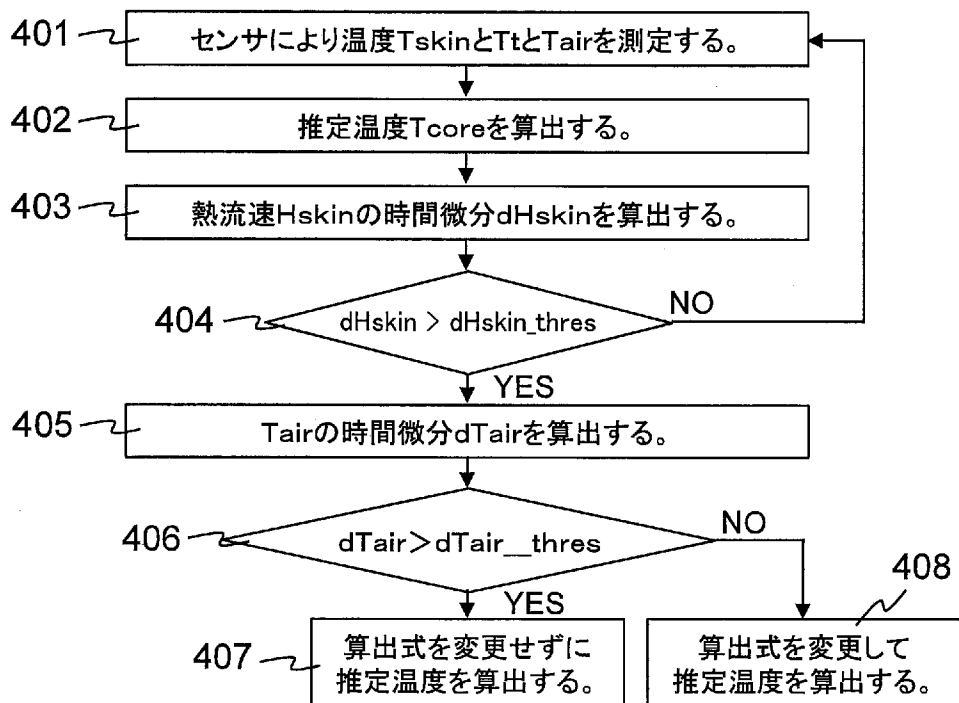
[図3A]



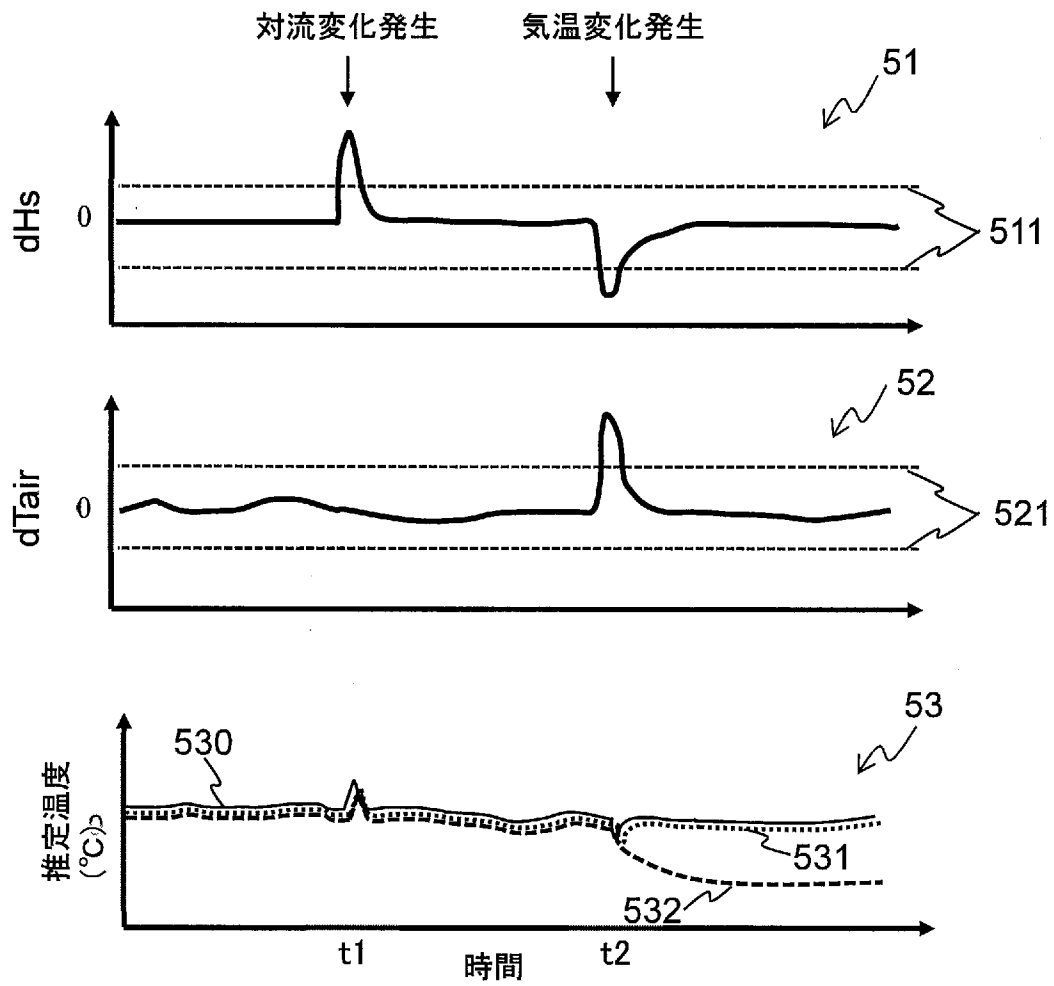
[図3B]



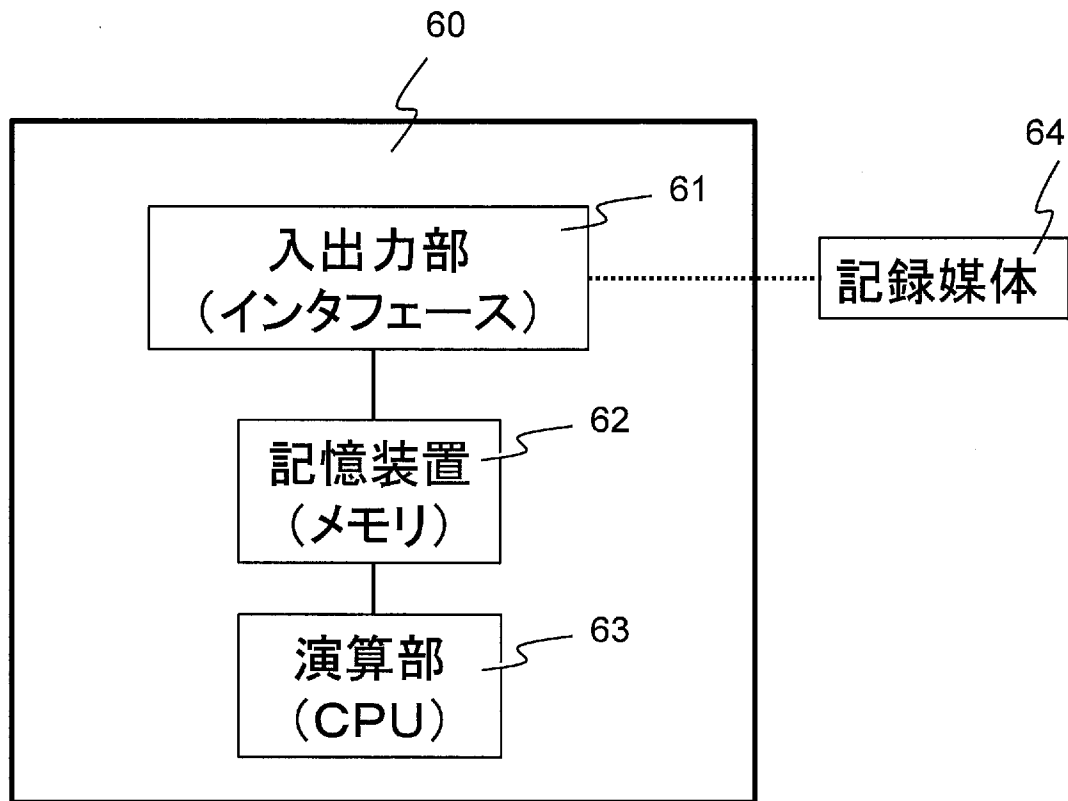
[図4]



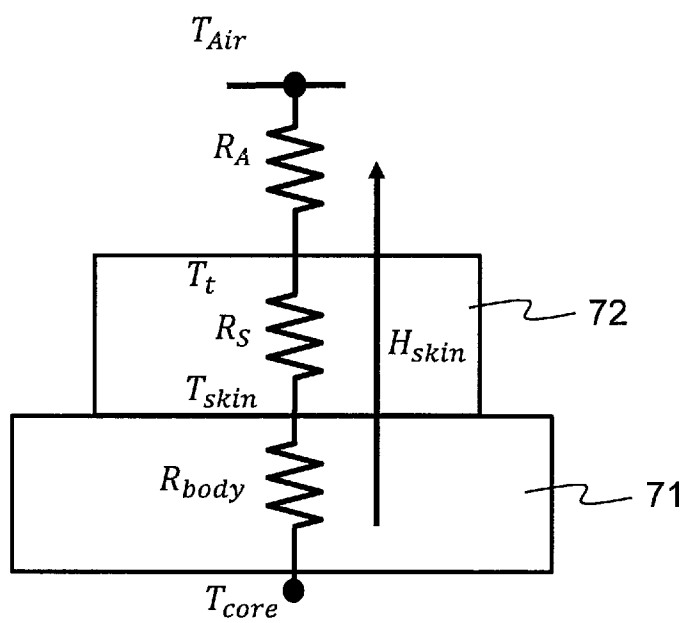
[図5]



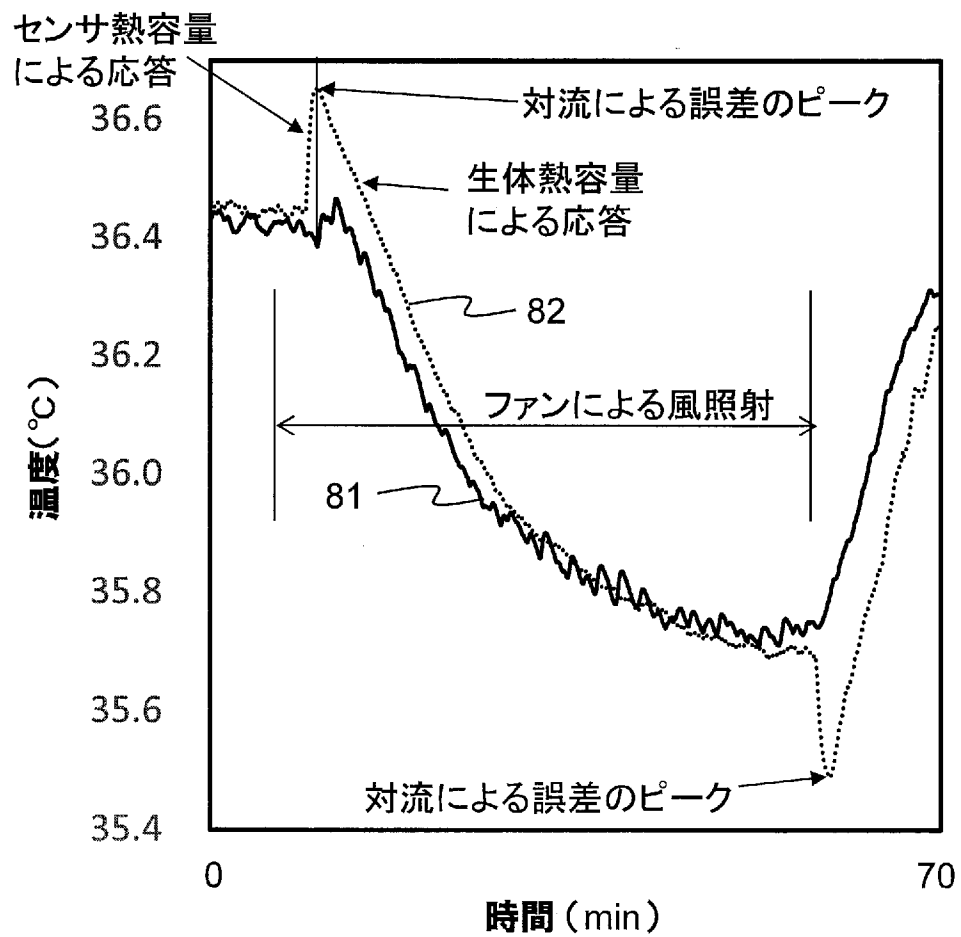
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/027225

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G01K7/00 (2006.01) i

FI: G01K7/00 361C

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

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)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2007-212407 A (NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION KANAZAWA UNIVERSITY) 23 August 2007, paragraphs [0015]-[0022], fig. 1	1, 4, 7-8 2-3, 5-6
Y A	JP 2019-211270 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORP.) 12 December 2019, paragraphs [0004]-[0060], fig. 1-10	1, 4, 7-8 2-3, 5-6
A	JP 2012-154859 A (TERUMO CORP.) 16 August 2012, paragraphs [0011]-[0057], fig. 1-5	1-8
A	JP 2017-55968 A (CASIO COMPUTER CO., LTD.) 23 March 2017, paragraphs [0010]-[0048], fig. 1-4	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
25.09.2020

Date of mailing of the international search report
13.10.2020

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

International application No.

PCT/JP2020/027225

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2007/0282218 A1 (YARDEN, Moshe) 06 December 2007, paragraphs [0053]-[0095], fig. 1-5	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/027225

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2007-212407 A	23.08.2007	(Family: none)	
JP 2019-211270 A	12.12.2019	WO 2019/230392 A1	
JP 2012-154859 A	16.08.2012	(Family: none)	
JP 2017-55968 A	23.03.2017	(Family: none)	
US 2007/0282218 A1	06.12.2007	US 7597668 B2	

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 361C														
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 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）			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												
Y A	JP 2007-212407 A (国立大学法人金沢大学) 23.08.2007 (2007 - 08 - 23) 段落[0015]-[0022], 図1	1, 4, 7-8 2-3, 5-6												
Y A	JP 2019-211270 A (日本電信電話株式会社) 12.12.2019 (2019 - 12 - 12) 段落[0004]-[0060], 図1-10	1, 4, 7-8 2-3, 5-6												
A	JP 2012-154859 A (テルモ株式会社) 16.08.2012 (2012 - 08 - 16) 段落[0011]-[0057], 図1-5	1-8												
A	JP 2017-55968 A (カシオ計算機株式会社) 23.03.2017 (2017 - 03 - 23) 段落[0010]-[0048], 図1-4	1-8												
A	US 2007/0282218 A1 (YARDEN, Moshe) 06.12.2007 (2007 - 12 - 06) 段落[0053]-[0095], FIGs. 1-5	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 25.09.2020		国際調査報告の発送日 13.10.2020												
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） 吉田 久 2F 3902 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/JP2020/027225

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2007-212407	A	23.08.2007	(ファミリーなし)	
JP	2019-211270	A	12.12.2019	WO	2019/230392 A1
JP	2012-154859	A	16.08.2012	(ファミリーなし)	
JP	2017-55968	A	23.03.2017	(ファミリーなし)	
US	2007/0282218	A1	06.12.2007	US	7597668 B2