

(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
2020年1月2日(02.01.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/003360 A1

(51) 国際特許分類:
A61B 18/10 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/024061

(22) 国際出願日: 2018年6月25日(25.06.2018)

(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: オリンパス株式会社 (**OLYMPUS CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1928507 東京都八王子市石川町2951番地 Tokyo (JP).

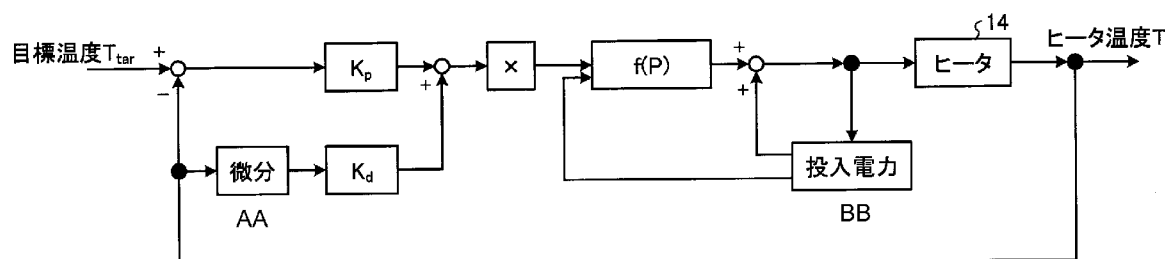
(72) 発明者: 鶴田 尚英(**TSURUTA, Shoei**); 〒1928507 東京都八王子市石川町2951番地 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP). 安永 新二(**YASUNAGA, Shinji**); 〒1928507 東京都八王子市石川町2951番地 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所 (**SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE**); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 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, 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, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) **Title:** TREATMENT SYSTEM, CONTROL METHOD, AND CONTROL PROGRAM

(54) 発明の名称: 処置システム、制御方法、及び制御プログラム



14 Heater
T Heater temperature
 T_{tar} Target temperature
AA Differential
BB Input power

(57) **Abstract:** A treatment system 1 comprises: a heater 14 that generates heat through the provision of power thereto; a treatment member that transmits the heat from the heater 14 to biological tissue; and a control unit 32 that executes feedback control to modulate the power being supplied to the heater 14 such that the temperature of the heater 14 follows a target temperature. The control unit 32 calculates the power to be supplied next to the heater 14 by adding, to the power currently being supplied to the heater 14, control power obtained by multiplying, by a compression term, a feedback control term that was calculated in feedback control. The compression term is a variable which changes in accordance with the currently supplied power, and which reaches the upper limit value thereof when the currently supplied power is the maximum power capable of being supplied to the heater 14, and becomes larger as the currently supplied power increases from 0 to a predetermined power between 0 and the maximum power.

[続葉有]

(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))

(57) 要約: 処置システム 1 は、通電によって発熱するヒータ 1 4 と、ヒータ 1 4 の熱を生体組織に伝達する処置部材と、ヒータ 1 4 の温度が目標温度に追従する状態にヒータ 1 4 に対して供給する電力を変調するフィードバック制御を実行する制御部 3 2 と、を備える。制御部 3 2 は、フィードバック制御において算出したフィードバック制御項に対して圧縮項を乗算した制御電力とヒータ 1 4 に対して供給している現在の電力とを加算することによって、ヒータ 1 4 に対して次に供給する電力を算出する。圧縮項は、現在の電力に応じて変わる変数であって、当該現在の電力がヒータ 1 4 に対して供給可能な最大電力である時に上限値となり、当該現在の電力が 0 から当該 0 と当該最大電力との間の既定電力まで大きくなるにしたがって大きくなる変数である。

明 細 書

発明の名称： 処置システム、制御方法、及び制御プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、処置システム、制御方法、及び制御プログラムに関する。

背景技術

[0002] 従来、生体組織に対して熱エネルギーを付与することによって当該生体組織を処置する処置システムが知られている（例えば、特許文献1参照）。

特許文献1に記載の処置システムは、通電によって発熱するヒータと、当該ヒータの熱を生体組織に伝達する処置部材と、当該ヒータの温度（以下、ヒータ温度と記載）が目標温度に追従する状態に当該ヒータに対して供給する電力を変調するフィードバック制御を実行する制御部とを備える。

ここで、特許文献1に記載の処置システムでは、フィードバック制御として、微分項と比例項とを加算した制御電力と、ヒータに対して供給している現在の電力とを加算することによって、当該ヒータに対して次に供給する電力を算出するPD制御を採用している。なお、微分項は、ヒータ温度の時間微分に対して微分ゲインを乗算したものである。また、比例項は、目標温度及びヒータ温度の偏差に対して比例ゲインを乗算したものである。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2013-34614号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、フィードバック制御における制御周期が非常に短い場合には、短時間でヒータ温度を目標温度に収束させることが可能である。しかしながら、実際には、当該制御周期は、有限の長さを持つ。このため、短時間でヒータ温度を目標温度に収束させることが難しい、という問題がある。

[0005] 本発明は、上記に鑑みなされたものであって、短時間でヒータ温度を目標

温度に収束させることができる処置システム、制御方法、及び制御プログラムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0006] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る処置システムは、通電によって発熱するヒータと、前記ヒータの熱を生体組織に伝達する処置部材と、前記ヒータの温度が目標温度に追従する状態に前記ヒータに対して供給する電力を変調するフィードバック制御を実行する制御部と、を備え、前記制御部は、前記フィードバック制御において算出したフィードバック制御項に対して圧縮項を乗算した制御電力と前記ヒータに対して供給している現在の電力とを加算することによって、前記ヒータに対して次に供給する電力を算出し、前記圧縮項は、前記現在の電力に応じて変わる変数であって、当該現在の電力が前記ヒータに対して供給可能な最大電力である時に上限値となり、当該現在の電力が0から当該0と当該最大電力との間の既定電力まで大きくなるにしたがって大きくなる変数である。
- [0007] 本発明に係る制御方法は、通電によって発熱するヒータと、前記ヒータの熱を生体組織に伝達する処置部材と、を備えた処置システムの制御部が実行する制御方法であって、前記ヒータの温度が目標温度に追従する状態に前記ヒータに対して供給する電力を変調するフィードバック制御を実行し、前記フィードバック制御では、当該フィードバック制御において算出したフィードバック制御項に対して圧縮項を乗算した制御電力と前記ヒータに対して供給している現在の電力とを加算することによって、前記ヒータに対して次に供給する電力を算出し、前記圧縮項は、前記現在の電力に応じて変わる変数であって、当該現在の電力が前記ヒータに対して供給可能な最大電力である時に上限値となり、当該現在の電力が0から当該0と当該最大電力との間の既定電力まで大きくなるにしたがって大きくなる変数である。
- [0008] 本発明に係る制御プログラムは、通電によって発熱するヒータと、前記ヒータの熱を生体組織に伝達する処置部材と、を備えた処置システムの制御部に実行させる制御プログラムであって、当該制御プログラムは、前記制御部

に対して以下の実行を指示する：前記ヒータの温度が目標温度に追従する状態に前記ヒータに対して供給する電力を変調するフィードバック制御を実行し、前記フィードバック制御では、当該フィードバック制御において算出したフィードバック制御項に対して圧縮項を乗算した制御電力と前記ヒータに対して供給している現在の電力とを加算することによって、前記ヒータに対して次に供給する電力を算出し、前記圧縮項は、前記現在の電力に応じて変わる変数であって、当該現在の電力が前記ヒータに対して供給可能な最大電力である時に上限値となり、当該現在の電力が0から当該0と当該最大電力との間の既定電力まで大きくなるにしたがって大きくなる変数である。

発明の効果

[0009] 本発明に係る処置システム、制御方法、及び制御プログラムによれば、短時間でヒータ温度を目標温度に収束させることができる、という効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、本実施の形態に係る処置システムを示す図である。

[図2]図2は、把持部を示す図である。

[図3]図3は、ヒータ抵抗とヒータ温度との関係を示す図である。

[図4]図4は、制御装置及びフットスイッチの構成を示すブロック図である。

[図5]図5は、制御方法を示すフローチャートである。

[図6]図6は、制御部によるフィードバック制御を示すブロック線図である。

[図7]図7は、投入電力及びヒータ温度の挙動を示す図である。

[図8]図8は、投入電力及びヒータ温度の挙動を示す図である。

[図9]図9は、本実施の形態の変形例1を示す図である。

[図10]図10は、本実施の形態の変形例2を示す図である。

[図11]図11は、本実施の形態の変形例3を示す図である。

[図12]図12は、本実施の形態の変形例4を示す図である。

[図13]図13は、本実施の形態の変形例5を示す図である。

[図14]図14は、本実施の形態の変形例6を示す図である。

[図15]図15は、本実施の形態の変形例7を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下に、図面を参照して、本発明を実施するための形態（以下、実施の形態）について説明する。なお、以下に説明する実施の形態によって本発明が限定されるものではない。さらに、図面の記載において、同一の部分には同一の符号を付している。

[0012] 〔処置システムの概略構成〕

図1は、本実施の形態に係る処置システム1を示す図である。

処置システム1は、管腔や血管等の生体組織における処置の対象となる部位（以下、対象部位LT（図2参照）と記載）に対してエネルギーを付与することによって、当該対象部位LTを処置する。ここで、当該処置とは、例えば、対象部位LTの接合及び切開を意味する。この処置システム1は、図1に示すように、処置具2と、制御装置3と、フットスイッチ4とを備える。

[0013] 〔処置具の構成〕

処置具2は、例えば、腹壁を通した状態で対象部位LTを処置するための外科医療用処置具である。この処置具2は、図1に示すように、ハンドル5と、シャフト6と、把持部7とを備える。

ハンドル5は、術者が手で持つ部分である。そして、このハンドル5には、図1に示すように、操作ノブ51が設けられている。

シャフト6は、略円筒形状を有し、一端がハンドル5に対して接続されている（図1）。また、シャフト6の他端には、把持部7が取り付けられている。そして、このシャフト6の内部には、術者による操作ノブ51の操作に応じて、把持部7を構成する第1、第2の把持部材8、9（図1）を開閉させる開閉機構（図示略）が設けられている。また、このシャフト6の内部には、制御装置3に対して接続された電気ケーブルC（図1）がハンドル5を経由することによって一端側から他端側まで配設されている。

[0014] 〔把持部の構成〕

なお、以下で記載する「先端側」は、把持部7の先端側であって、図1中

、左側を意味する。また、以下で記載する「基端側」は、把持部 7 のシャフト 6 側であって、図 1 中、右側を意味する。

図 2 は、把持部 7 を示す図である。具体的に、図 2 は、対象部位 L T を把持した閉状態の把持部 7 を当該把持部 7 の先端から基端に向かう長手方向に直交する平面によって切断した断面図である。

把持部 7 は、対象部位 L T を把持した状態で当該対象部位 L T を処置する部分である。この把持部 7 は、図 1 または図 2 に示すように、第 1、第 2 の把持部材 8、9 を備える。

第 1、第 2 の把持部材 8、9 は、術者による操作ノブ 5 1 の操作に応じて、矢印 Y 1（図 1）方向に開閉可能に構成されている。

[0015] 〔第 1 の把持部材の構成〕

第 1 の把持部材 8 は、第 2 の把持部材 9 に対向する位置に配設されている。この第 1 の把持部材 8 は、図 2 に示すように、第 1 のジョー 1 0 と、支持部材 1 1 と、処置部 1 2 とを備える。

第 1 のジョー 1 0 は、シャフト 6 を先端側に延在させた部分にあり、把持部 7 の長手方向に延在する長尺形状を有する。また、第 1 のジョー 1 0 は、図 2 中、上方側の面によって、支持部材 1 1 及び処置部 1 2 を支持する。そして、第 1 のジョー 1 0 は、開閉操作の際の機械的強度を担保する機能を有する。当該機能を実現するために、第 1 のジョー 1 0 を構成する材料としては、S U S 6 3 0 や S U S 3 0 4 等のステンレス鋼、超ジュラルミン等のアルミニウム系材料を例示することができる。

[0016] 支持部材 1 1 は、把持部 7 の長手方向に延在する長尺状に形成され、第 1 のジョー 1 0 における図 2 中、上方側の面に対して固定される。この支持部材 1 1 を構成する材料としては、高い耐熱性を有し、かつ、熱伝導率が低い材料、例えば、P T F E（ポリテトラフルオロエチレン）、P F A（テトラフルオロエチレン・パーフルオロアルキルビニルエーテル共重合体）、P E E K（ポリエーテルエーテルケトン）、P B I（ポリベンゾイミダゾール）等の樹脂材料を例示することができる。なお、支持部材 1 1 を構成する材料

としては、当該樹脂材料に限らず、アルミナ、ジルコニア等のセラミック等を採用しても構わない。また、それらの表面に対して、生体への非粘着性を有するPTFE、DLC (Diamond-Like Carbon)、セラミック系、シリカ系、シリコン系等のコーティング材を設けても構わない。

[0017] 処置部12は、制御装置3による制御の下、熱エネルギーを発生する部分であり、支持部材11における図2中、上方側の面に対して固定されている。この処置部12は、図2に示すように、伝熱板13と、ヒータ14とを備える。

伝熱板13は、本発明に係る処置部材に相当する。この伝熱板13は、把持部7の長手方向に延在する長尺状に形成されている。そして、伝熱板13を構成する材料としては、銅、アルミニウム等の金属材料、窒化アルミニウム等のセラミック、あるいはカーボン系複合材等を例示することができる。ここで、伝熱板13の幅寸法（図2中、左右方向の長さ寸法）は、支持部材11の幅寸法（図2中、左右方向の長さ寸法）よりも小さく設定されている。また、伝熱板13の幅方向における中心位置は、支持部材11の幅方向における中心位置に対して合致する。

[0018] この伝熱板13において、図2中、上方側の面は、第1、第2の把持部材8、9によって対象部位LTを把持した状態で、当該対象部位LTに対して接触するとともに、当該対象部位LTに対して熱エネルギーを付与する第1の面131として機能する。なお、「対象部位LTに対して熱エネルギーを付与する」とは、ヒータ14からの熱を対象部位LTに対して伝達することを意味する。本実施の形態では、第1の面131は、図2に示すように、幅方向中央部分が上方側に突出した凸状の断面形状を有する。ここで、第1の面131における幅方向中央部分の突端131aは、閉状態に設定された第1、第2の把持部材8、9における互いに対向する方向A1（図2中、上下方向）に対して直交する平坦面によって構成されている。なお、対象部位LTに対して接触するため、第1の面131に対して、生体への非粘着性を有するPTFEやセラミック系の薄いコーティング材を設けても構わない。

また、伝熱板 13 において、第 1 の面 131 と表裏をなす第 2 の面 132 の幅方向中央部分には、図 2 に示すように、当該伝熱板 13 の長手方向に沿って基端側から先端側まで凹部 133 が形成されている。

[0019] ヒータ 14 は、凹部 133 の底面に対して固定される。このヒータ 14 は、具体的な図示は省略したが、2つの端子を有する。当該2つの端子には、電気ケーブル C を構成する一対のリード線 C1（図 4 参照）が接続される。そして、ヒータ 14 は、制御装置 3 による制御の下、当該一対のリード線 C1 を経由することによって、電力が供給される。これによって、ヒータ 14 は、発熱するとともに、伝熱板 13 を加熱する。当該ヒータ 14 としては、例えば、ポリイミド等によって構成された基板上に金属箔がパターンニングされたシートヒータ、窒化アルミニウム等のセラミック基板上に白金薄膜がパターンニングされたセラミックヒータ、あるいは、その他の印刷ヒータ等を例示することができる。

[0020] 図 3 は、ヒータ抵抗とヒータ温度との関係を示す図である。

ここで、ヒータ 14 は、図 3 に示すように、当該ヒータ 14 の温度（以下、ヒータ温度と記載）の増加に伴い、当該ヒータ 14 の抵抗（以下、ヒータ抵抗と記載）が単調に増加する抵抗温度特性を有する。

[0021] [第 2 の把持部材の構成]

第 2 の把持部材 9 は、図 2 に示すように、第 2 のジョー 15 と、対向部材 16 とを備える。

第 2 のジョー 15 は、把持部 7 の長手方向に延在する長尺形状を有する。そして、第 2 のジョー 15 は、基端側が支点 P0（図 1）を中心としてシャフト 6 に対して回動可能に軸支され、回動することによって第 1 の把持部材 8 に対して開閉する。また、第 2 のジョー 15 は、図 2 中、下方側の面によって、対向部材 16 を支持する。そして、第 2 のジョー 15 は、開閉操作の際の機械的強度を担保する機能を有する。当該機能を実現するために、第 2 のジョー 15 を構成する材料としては、SUS630 や SUS304 等のステンレス鋼、超ジュラルミン等のアルミニウム系材料を例示することができる。

る。

[0022] なお、本実施の形態では、第1の把持部材8（第1のジョー10）がシャフト6に対して固定され、第2の把持部材9（第2のジョー15）がシャフト6に対して軸支された構成としているが、これに限らない。例えば、第1、第2の把持部材8、9の双方がシャフト6に対して軸支され、それぞれ回転することによって第1、第2の把持部材8、9が開閉する構成を採用しても構わない。また、例えば、第1の把持部材8がシャフト6に対して軸支され、第2の把持部材9がシャフト6に対して固定され、第1の把持部材8が回転することによって第2の把持部材9に対して開閉する構成を採用しても構わない。

[0023] 対向部材16は、把持部7の長手方向に延在する長尺状に形成され、第2のジョー15における図2中、下方側の面に対して固定される。この対向部材16を構成する材料としては、高い耐熱性を有し、かつ、熱伝導率が低い材料、例えば、PTFE、PFA、PEEK、PBI等の樹脂材料を例示することができる。なお、対向部材16を構成する材料としては、当該樹脂材料に限らず、アルミナ、ジルコニア等のセラミック等を採用しても構わない。また、それらの表面に対して、生体への非粘着性を有するPTFE、DLC、セラミック系、シリカ系、シリコン系等のコーティング材を設けても構わない。

[0024] この対向部材16において、図2中、下方側の面は、第1の面131との間で対象部位LTを把持する第3の面161として機能する。本実施の形態では、第3の面161は、図2に示すように、方向A1に対して直交する平坦面によって構成されている。ここで、第3の面161の幅寸法は、図2に示すように、突端131aの幅寸法よりも大きく設定されている。

[0025] 〔制御装置及びフットスイッチの構成〕

図4は、制御装置3及びフットスイッチ4の構成を示すブロック図である。

フットスイッチ4は、術者が足を使うことによって操作する部分である。

そして、フットスイッチ 4 への当該操作に応じて、制御装置 3 は、対象部位 L T の処置を開始する。

なお、対象部位 L T の処置を開始させる手段としては、フットスイッチ 4 に限らず、その他、手を使うことによって操作するスイッチ等を採用しても構わない。

制御装置 3 は、CPU (Central Processing Unit) 等を含んで構成され、所定の制御プログラムにしたがって、処置具 2 の動作を統括的に制御する。この制御装置 3 は、図 4 に示すように、ヒータ駆動回路 3 1 と、制御部 3 2 と、入力部 3 3 と、表示部 3 4 と、記憶部 3 5 とを備える。

[0026] ヒータ駆動回路 3 1 は、制御部 3 2 による制御の下、一对のリード線 C 1 を経由することによって、ヒータ 1 4 に対して電力を供給する。ここで、当該電力としては、直流電力であってもよく、あるいは、交流電力であってもよい。また、ヒータ駆動回路 3 1 は、制御部 3 2 による制御の下、ヒータ 1 4 に対して供給されている電圧値及び電流値を検出することによって、ヒータ抵抗を測定するヒータ抵抗測定部 3 1 1 (図 4) を備える。

制御部 3 2 は、例えば、CPU や FPGA (Field-Programmable Gate Array) 等であり、記憶部 3 5 に記憶されたプログラムにしたがってヒータ駆動回路 3 1 の動作を制御する。なお、制御部 3 2 の詳細な機能については、後述する「制御部が実行する制御方法」において説明する。

[0027] 入力部 3 3 は、例えば、キーボード、マウス、タッチパネル、各種スイッチ等の各種入力装置によって構成され、操作入力に応じた入力信号を制御部 3 2 に対して出力する。

表示部 3 4 は、LCD (Liquid Crystal Display) や EL (Electro Luminescence) ディスプレイ等の表示装置によって構成され、制御部 3 2 による制御の下、各種画像を表示する。

記憶部 3 5 は、制御部 3 2 が実行するプログラム (本発明に係る制御プログラムを含む) や制御部 3 2 の処理に必要な情報等を記憶する。

[0028] [制御部が実行する制御方法]

次に、制御部 3 2 が実行する制御方法について説明する。

図 5 は、制御方法を示すフローチャートである。

術者は、処置具 2 を手で持ち、当該処置具 2 の先端部分（把持部 7 及びシャフト 6 の一部）を、例えば、トロッカ等を用いて腹壁を通してから腹腔内に挿入する。また、術者は、操作ノブ 5 1 を操作し、把持部 7 によって対象部位 L T を把持する。さらに、術者は、フットスイッチ 4 を操作し、対象部位の処置を開始させる。

制御部 3 2 は、術者によるフットスイッチ 4 への操作（処置開始指示）に応じて、ヒータ 1 4 に対して供給する電力（以下、投入電力 P と記載）を既定の初期電力に設定する。そして、制御部 3 2 は、一対のリード線 C 1 を経由することによって、ヒータ駆動回路 3 1 からヒータ 1 4 に対して当該初期電力を供給する（ステップ S 1）。ここで、当該初期電力は、0 ではない電力である。

[0029] ステップ S 1 の後、制御部 3 2 は、以下に示すように、ヒータ温度が目標温度に追従する状態に投入電力 P を変調するフィードバック制御を実行する（ステップ S 2 ～ S 8）。なお、本実施の形態では、当該フィードバック制御として、PD 制御を採用している。

制御部 3 2 は、ヒータ抵抗測定部 3 1 1 によってヒータ抵抗を測定する（ステップ S 2）とともに、当該ヒータ抵抗に基づいて、例えば、図 3 に示した抵抗温度特性を用いることによってヒータ温度を算出する（ステップ S 3）。

ステップ S 3 の後、制御部 3 2 は、以下の式（1）によって、ヒータ 1 4 に対して次に供給する投入電力 P_{next} を算出する（ステップ S 4）。

[数1]

$$P_{next} = \left(K_d \cdot \frac{dT}{dt} + K_p \cdot (T_{mr} - T) \right) \cdot f(P) + P \quad \dots (1)$$

[0030] 式（1）において、「 K_d 」は、微分ゲインである。「 K_p 」は、比例ゲインである。「 T 」は、現在のループ（ステップ S 2 ～ S 8 のループ）のステ

ップS3において算出された現在のヒータ温度である。「 T_{tar} 」は、ヒータ温度 T の目標温度であり、例えば、 $100[^\circ\text{C}] \sim 300[^\circ\text{C}]$ である。「 dT/dt 」は、現在のヒータ温度 T から前回のループ（ステップS2～S8のループ）のステップS3において算出された前回のヒータ温度を差し引いた値をフィードバック制御の制御周期で除したヒータ温度 T の時間微分である。そして、「 $K_d \cdot (dT/dt)$ 」は、微分項であり、本発明に係るフィードバック制御項（第1のフィードバック制御項）に相当する。また、「 $K_p \cdot (T_{tar} - T)$ 」は、比例項であり、本発明に係るフィードバック制御項（第2のフィードバック制御項）に相当する。「 P 」は、ヒータ14に対して供給している現在の投入電力である。「 $f(P)$ 」は、具体的な説明は後述するが、現在の投入電力 P に応じて変わる変数であって、本発明に係る圧縮項に相当する。

[0031] 図6は、制御部32によるフィードバック制御を示すブロック線図である。

すなわち、制御部32は、式(1)及び図6に示すように、ヒータ温度 T の時間微分と微分ゲイン K_d とを乗算した微分項と、目標温度 T_{tar} と現在のヒータ温度 T との偏差に対して比例ゲイン K_p を乗算した比例項とを加算する。また、制御部32は、当該微分項と当該比例項とを加算したのに対して圧縮項 $f(P)$ を乗算することによって、制御電力を得る。すなわち、当該制御電力は、微分項に対して圧縮項 $f(P)$ を乗算した第1の制御電力と比例項に対して圧縮項 $f(P)$ を乗算した第2の制御電力とを加算した電力である。そして、制御部32は、当該制御電力に対して現在の投入電力 P を加算することによって、ヒータ14に対して次に供給する投入電力 P_{next} を算出する。

[0032] ステップS4の後、制御部32は、対象部位LTの処置を終了するか否かを判断する（ステップS5）。

例えば、制御部32は、術者によるフットスイッチ4への操作（処置終了指示）があった場合、ステップS1を実行してからの経過時間が既定時間を

超えた場合、あるいは、エラーを含む各種の信号を検知した場合には、ステップS5において、「Yes」と判断する。一方、制御部32は、術者によるフットスイッチ4への操作（処置終了指示）がない場合、ステップS1を実行してからの経過時間が既定時間を超えていない場合、あるいは、エラーを含む各種の信号を検知していない場合には、ステップS5において、「No」と判断する。

[0033] 対象部位LTの処置を継続すると判断した場合（ステップS5：No）には、制御部32は、ステップS4において算出した投入電力 P_{next} が最大電力 P_{max} よりも大きいかなんかを判断する（ステップS6）。

ここで、最大電力 P_{max} は、予め設定されるヒータ14に対して供給可能な最大電力である。言い換えれば、最大電力 P_{max} は、ヒータ14が破損しない程度の投入電力であり、例えば、10[W]～100[W]である。

[0034] 投入電力 P_{next} が最大電力 P_{max} よりも大きいと判断した場合（ステップS6：Yes）には、制御部32は、投入電力Pを最大電力 P_{max} に設定する。そして、制御部32は、一对のリード線C1を経由することによって、ヒータ駆動回路31からヒータ14に対して最大電力 P_{max} を供給する（ステップS7）。この後、制御部32は、ステップS2に戻る。

一方、投入電力 P_{next} が最大電力 P_{max} 以下であると判断した場合（ステップS6：No）には、制御部32は、投入電力PをステップS4において算出した投入電力 P_{next} に設定する。そして、制御部32は、一对のリード線C1を経由することによって、ヒータ駆動回路31からヒータ14に対して投入電力 P_{next} を供給する（ステップS8）。この後、制御部32は、ステップS2に戻る。

[0035] そして、対象部位LTの処置を終了すると判断した場合（ステップS5：Yes）には、制御部32は、ヒータ駆動回路31の動作を停止する（ステップS9）。すなわち、制御部32は、ヒータ14に対する電力の供給を停止する。

[0036] 以上説明したフィードバック制御によって、ヒータ温度は、目標温度 T_{tar} に

制御される。そして、伝熱板 13 に対して接触している対象部位 L T は、目標温度 T_{tar} に加熱され、凝固する。さらに、把持部 7 による把持力に応じて対象部位 L T が圧迫されることによって当該対象部位 L T が切開される。

[0037] 〔投入電力及びヒータ温度の挙動〕

次に、上述したフィードバック制御による投入電力 P 及びヒータ温度 T の挙動について説明する。

図 7 及び図 8 は、投入電力 P 及びヒータ温度 T の挙動を示す図である。具体的に、図 7 では、圧縮項 $f(P)$ を 1（図 7（a））とした一般的なフィードバック制御を実行した場合における投入電力 P 及びヒータ温度 T の挙動を図 7（b）に示している。また、図 8 では、本実施の形態のフィードバック制御において用いる圧縮項 $f(P)$ と投入電力 P との関係を図 8（a）に示すとともに、当該フィードバック制御を実行した場合における投入電力 P 及びヒータ温度 T の挙動を図 8（b）に示している。なお、図 7（b）及び図 8（b）では、投入電力 P を破線によって示し、ヒータ温度 T を実線によって示している。

[0038] 先ず、図 7（b）を参照しつつ、圧縮項 $f(P)$ を 1 とした一般的なフィードバック制御を実行した場合における投入電力 P 及びヒータ温度 T の挙動について説明する。

当該一般的なフィードバック制御を開始すると、ヒータ温度 T は、徐々に上昇する。ここで、投入電力 P は、ステップ S 4 において式（1）によって順次、算出される。そして、当該開始後しばらくは、投入電力 P として、大きな値が設定される。ヒータ温度 T が目標温度 T_{tar} に近付くと、投入電力 P は、減少する。これは、ヒータ温度 T が目標温度 T_{tar} に近付くと、式（1）の比例項は正の値を取りながらも減少傾向にあり、式（1）の微分項は途中で大きな負の値を取るためである。そして、ヒータ温度 T が目標温度 T_{tar} を超えると、投入電力 P はさらに減少し、それに遅れてヒータ温度 T も低下する。また、ヒータ温度 T が目標温度 T_{tar} を下回りそうになる、あるいは下回ると、投入電力 P は増加し、それに遅れてヒータ温度 T も上昇する。そして、ヒータ

温度 T は、これらの挙動を繰り返しながら、目標温度 T_{tar} に収束していく。すなわち、ヒータ温度 T は、ある幅の振動を繰り返すこととなり、目標温度 T_{tar} に収束するまでに時間が掛かる。

[0039] 次に、本実施の形態のフィードバック制御を実行した場合における投入電力 P 及びヒータ温度 T の挙動について説明する。

まず、本実施の形態のフィードバック制御において用いる圧縮項 $f(P)$ は、図 8 (a) に示すように、以下の式 (2) によって規定される変数である。

[数2]

$$f(P) = \frac{P}{P_{max}} \quad \dots (2)$$

[0040] すなわち、圧縮項 $f(P)$ は、現在の投入電力 P が最大電力 P_{max} である時に上限値である 1 となり、当該現在の投入電力 P が 0 から当該 0 と最大電力 P_{max} との間の既定電力 P_0 (図 8 (a)) まで大きくなるにしたがって大きくなる変数である。本実施の形態では、圧縮項 $f(P)$ として、現在の投入電力 P が 0 から最大電力 P_{max} まで大きくなった場合における当該投入電力 P に対する増加率が一定値 $(1/P_{max})$ となる変数を採用している。

[0041] 本実施の形態のフィードバック制御の開始後しばらくは、上述した一般的なフィードバック制御と同様に、投入電力 P として、大きな値が設定される。すなわち、圧縮項 $f(P)$ は、比較的に大きい値となる。このため、微分ゲイン K_d 及び比例ゲイン K_p は、ほとんど圧縮されない。したがって、本実施の形態のフィードバック制御の開始後しばらくは、投入電力 P 及びヒータ温度 T は、図 8 (b) に示すように、上述した一般的なフィードバック制御と同様の挙動となる。

一方、ヒータ温度 T が目標温度 T_{tar} に近付くと、ステップ S 4 において式 (1) によって算出される投入電力 P は、徐々に減少する。ここで、投入電力 P が最大電力 P_{max} の 20% まで低下した場合を想定する。この場合には、圧縮項 $f(P)$ は、0.2 となる。すなわち、式 (1) において、圧縮項 $f(P)$

) = 0. 2 によって微分ゲイン K_d 及び比例ゲイン K_p が圧縮されるため、現在の投入電力 P に対して小さい制御電力が加算されることとなる。このため、ヒータ温度 T が目標温度 T_{tar} に近付くことによって、投入電力 P が低下していくと、図 7 (b) と図 8 (b) とを比較して分かるように、当該投入電力 P の変動が小さくなる。これによって、ヒータ温度 T は、短時間で目標温度 T_{tar} に収束する。

[0042] 以上説明した本実施の形態によれば、以下の効果を奏する。

本実施の形態に係る処置システム 1 では、式 (2) によって規定された圧縮項 $f(P)$ を用い、式 (1) によってヒータ 14 に対して次に供給する投入電力 P_{next} を算出する。

すなわち、圧縮項 $f(P)$ を 1 とした一般的なフィードバック制御では、当該フィードバック制御の開始直後のヒータ温度 T の昇温時においても、当該ヒータ温度 T が目標温度 T_{tar} 近傍となった時においても、圧縮項 $f(P)$ が常時、1 である。このため、常時、同一の微分ゲイン K_d 及び比例ゲイン K_p を用いて、ヒータ 14 に対して次に供給する投入電力 P_{next} が算出されることとなる。その結果、図 7 (b) に示すように、ヒータ温度 T は、ある幅の振動を繰り返すこととなり、目標温度 T_{tar} に収束するまでに時間が掛かる。

これに対して、本実施の形態では、ヒータ温度 T が目標温度 T_{tar} 近傍となった時において特に、圧縮項 $f(P)$ によって微分ゲイン K_d 及び比例ゲイン K_p が圧縮される。このため、図 8 (b) に示すように、ヒータ温度 T が目標温度 T_{tar} 近傍となった時において、投入電力 P を低い状態で安定化させることができる。その結果、ヒータ温度 T は、短時間で目標温度 T_{tar} に収束する。

[0043] また、圧縮項 $f(P)$ を 1 とした一般的なフィードバック制御では、投入電力 P が低い状態で安定化している際に、外乱によって、ヒータ温度 T が低下した場合には、ヒータ 14 に対して大きな投入電力 P が供給される。その結果、ヒータ 14 は、当該ヒータが耐え得る上限温度を一瞬超えてしまい、故障してしまう虞がある。

これに対して、本実施の形態では、投入電力 P が低い状態で安定化してい

る際には、圧縮項 $f(P)$ によって微分ゲイン K_d 及び比例ゲイン K_p が圧縮される。このため、投入電力 P は、短時間で大きく変動しない。すなわち、本実施の形態によれば、外乱への耐性が高く、ヒータ 14 が故障するリスクを低減することができる。

[0044] (実施の形態の変形例 1)

図 9 は、本実施の形態の変形例 1 を示す図である。具体的に、図 9 では、本変形例 1 に係る圧縮項 $f(P)$ と投入電力 P との関係を図 9 (a) に示すとともに、当該圧縮項 $f(P)$ を用いてフィードバック制御を実行した場合における投入電力 P 及びヒータ温度 T の挙動を図 9 (b) に示している。なお、図 9 (b) では、投入電力 P を破線によって示し、ヒータ温度 T を実線によって示している。

上述した実施の形態において、圧縮項 $f(P)$ として、図 9 (a) に示した圧縮項 $f(P)$ を採用しても構わない。

具体的に、本変形例 1 に係る圧縮項 $f(P)$ は、以下の式 (3) によって規定される変数である。

[数3]

$$f(P) = \frac{1 - \exp\left(-\frac{a \cdot P}{P_{\max}}\right)}{1 - \exp(-a)} \quad \dots (3)$$

[0045] すなわち、本変形例 1 では、圧縮項 $f(P)$ として、現在の投入電力 P が 0 から既定電力 P_0 まで大きくなった場合における当該投入電力 P に対する増加率が、現在の投入電力 P が既定電力 P_0 から最大電力 $P_{\max}$ まで大きくなった場合における当該投入電力 P に対する増加率よりも大きい変数を採用している。

ここで、既定電力 P_0 としては、最大電力 $P_{\max}$ の 3 割から 5 割程度の電力を例示することができる。

[0046] 以上説明した本変形例 1 によれば、上述した実施の形態と同様の効果の他、以下の効果を奏する。

ところで、上述した実施の形態では、投入電力 P が低下した状態で安定化

している際には、圧縮項 $f(P)$ によって微分ゲイン K_d 及び比例ゲイン K_p が圧縮される。このため、投入電力 P は、短時間で大きく変動しない。その結果、ヒータ温度 T が目標温度 T_{tar} を下回った場合には、当該ヒータ温度 T を目標温度 T_{tar} まで上昇させる時間が長くなる。一方、ヒータ温度 T が目標温度 T_{tar} を上回った場合には、当該ヒータ温度 T を目標温度 T_{tar} まで低下させる時間が長くなる。すなわち、圧縮項 $f(P)$ によってヒータ温度 T を目標温度 T_{tar} に復帰する制御が緩慢となる。

[0047] これに対して、本変形例 1 では、式 (3) によって規定された圧縮項 $f(P)$ を採用している。すなわち、本変形例 1 に係る圧縮項 $f(P)$ は、上述した実施の形態と同様に現在の投入電力 P が 0 である場合に 0 となり現在の投入電力 P が最大電力 P_{max} である場合に 1 となるものの、投入電力 P の増加に伴い急激にその大きさが大きくなる関数である。例えば、式 (3) において、 $a = 4$ の場合で、かつ、投入電力 P が最大電力 P_{max} の 20% まで低下した場合を想定する。この場合には、圧縮項 $f(P)$ は、上述した実施の形態では 0.2 であるのに対し、本変形例 1 では 0.56 程度となる。すなわち、本変形例 1 では、上述した実施の形態に対して、その制御性が 2.8 倍高い。

そして、本変形例 1 におけるヒータ温度 T の目標温度 T_{tar} への収束性は、投入電力 P が低下し始めたあたりで、上述した実施の形態 1 よりも高く、特に投入電力 P を低下させる量が多い特徴がある。その結果、図 9 (b) に示すように、ほぼオーバーシュートがなく、かつ、ヒータ温度 T を目標温度 T_{tar} へと高速に収束させることができる。

また、投入電力 P が低下した状態で安定化している際には、上述した実施の形態よりも大きい値の圧縮項 $f(P)$ となるため、ヒータ温度 T が目標温度 T_{tar} を下回った場合や上回った場合でも、ヒータ温度 T を目標温度 T_{tar} に素早く復帰させることができる。

[0048] (実施の形態の変形例 2)

図 10 は、本実施の形態の変形例 2 を示す図である。具体的に、図 10 は、本変形例 2 に係る圧縮項 $f(P)$ と投入電力 P との関係を示している。

上述した実施の形態において、圧縮項 $f(P)$ として、図 10 に示した圧縮項 $f(P)$ を採用しても構わない。

具体的に、本変形例 2 に係る圧縮項 $f(P)$ は、以下の式 (4) によって規定される変数である。

[数4]

$$f(P) = 1 - \left(\frac{P_{\max} - P}{P_{\max}} \right)^b \quad \dots (4)$$

[0049] 式 (4) において、「 b 」は、1 よりも大きい値を用いることが好ましい。例えば、 $b = 4$ の場合で、かつ、投入電力 P が最大電力 $P_{\max}$ の 20% まで低下した場合には、圧縮項 $f(P)$ は、0.59 となる。

[0050] すなわち、本変形例 2 においても、上述した変形例 1 と同様に、圧縮項 $f(P)$ として、現在の投入電力 P が 0 から既定電力 P_c まで大きくなった場合における当該投入電力 P に対する増加率が、現在の投入電力 P が既定電力 P_c から最大電力 $P_{\max}$ まで大きくなった場合における当該投入電力 P に対する増加率よりも大きい変数を採用している。

以上説明した本変形例 2 によれば、上述した変形例 1 と同様の効果を奏する。

[0051] (実施の形態の変形例 3)

図 11 は、本実施の形態の変形例 3 を示す図である。具体的に、図 11 は、本変形例 3 に係る圧縮項 $f(P)$ と投入電力 P との関係を示している。

上述した実施の形態において、圧縮項 $f(P)$ として、図 11 に示した圧縮項 $f(P)$ を採用しても構わない。

具体的に、本変形例 3 に係る圧縮項 $f(P)$ は、以下の式 (5) によって規定される変数である。なお、式 (5) において、「 d 」は、 $2/P_{\max}$ 以上であることが好ましい。

[数5]

$$f(P) = \begin{cases} d \cdot P & \text{while } P < P_c \\ 1 & \text{while } P \geq P_c \end{cases} \quad \dots (5)$$

[0052] すなわち、本変形例 3 においても、上述した変形例 1 と同様に、圧縮項 $f(P)$ として、現在の投入電力 P が 0 から既定電力 P_c まで大きくなった場合における当該投入電力 P に対する増加率が、現在の投入電力 P が既定電力 P_c から最大電力 $P_{\max}$ まで大きくなった場合における当該投入電力 P に対する増加率よりも大きい変数を採用している。

以上説明した本変形例 3 によれば、上述した変形例 1 と同様の効果を奏する。

[0053] (実施の形態の変形例 4)

図 1 2 は、本実施の形態の変形例 4 を示す図である。具体的に、図 1 2 は、本変形例 4 に係る圧縮項 $f(P)$ と投入電力 P との関係を示している。

上述した実施の形態において、圧縮項 $f(P)$ として、図 1 2 に示した圧縮項 $f(P)$ を採用しても構わない。

具体的に、本変形例 4 に係る圧縮項 $f(P)$ は、以下の式 (6) によって規定される変数である。なお、式 (6) において、「 e 」は、1 よりも大きい値を用いることが好ましい。

[数6]

$$f(P) = \begin{cases} e \cdot P & \text{while } P < P_c \\ \frac{1 - e \cdot P_c}{P_{\max} - P_c} \cdot P + P_c \cdot \frac{e \cdot P_{\max} - 1}{P_{\max} - P_c} & \text{while } P \geq P_c \end{cases} \quad \dots (6)$$

[0054] すなわち、本変形例 4 においても、上述した変形例 1 と同様に、圧縮項 $f(P)$ として、現在の投入電力 P が 0 から既定電力 P_c まで大きくなった場合における当該投入電力 P に対する増加率が、現在の投入電力 P が既定電力 P_c から最大電力 $P_{\max}$ まで大きくなった場合における当該投入電力 P に対する増加率よりも大きい変数を採用している。

以上説明した本変形例 4 によれば、上述した変形例 1 と同様の効果を奏する。

[0055] (実施の形態の変形例 5)

図 1 3 は、本実施の形態の変形例 5 を示す図である。具体的に、図 1 3 は、本変形例 5 に係る圧縮項 $f(P)$ と投入電力 P との関係を示している。

上述した実施の形態において、圧縮項 $f(P)$ として、図 13 に示した圧縮項 $f(P)$ を採用しても構わない。

具体的に、本変形例 5 に係る圧縮項 $f(P)$ は、以下の式 (7) によって規定される変数である。

[数7]

$$f(P) = \begin{cases} \frac{P}{P_{\max}} & \text{while } P < P_c \\ 1 & \text{while } P \geq P_c \end{cases} \quad \dots (7)$$

[0056] すなわち、本変形例 5 においても、上述した変形例 1 と同様に、圧縮項 $f(P)$ として、現在の投入電力 P が 0 から既定電力 P_c まで大きくなった場合における当該投入電力 P に対する増加率が、現在の投入電力 P が既定電力 P_c から最大電力 $P_{\max}$ まで大きくなった場合における当該投入電力 P に対する増加率よりも大きい変数を採用している。

以上説明した本変形例 5 によれば、上述した変形例 1 と同様の効果を奏する。

[0057] (実施の形態の変形例 6)

図 14 は、本実施の形態の変形例 6 を示す図である。具体的に、図 14 は、本変形例 6 に係る圧縮項 $f(P)$ と投入電力 P との関係を示している。

上述した実施の形態において、圧縮項 $f(P)$ として、図 14 に示した圧縮項 $f(P)$ を採用しても構わない。

具体的に、本変形例 6 に係る圧縮項 $f(P)$ は、以下の式 (8) によって規定される変数である。なお、式 (8) において、「 g 」は、1 よりも大きい値を用いることが好ましい。

[数8]

$$f(P) = \begin{cases} \left(\frac{P}{P_c}\right)^g & \text{while } P < P_c \\ 1 & \text{while } P \geq P_c \end{cases} \quad \dots (8)$$

[0058] すなわち、本変形例 6 においても、上述した変形例 1 と同様に、圧縮項 $f(P)$ として、現在の投入電力 P が 0 から既定電力 P_c まで大きくなった場合

における当該投入電力 P に対する増加率が、現在の投入電力 P が既定電力 P_0 から最大電力 $P_{\max}$ まで大きくなった場合における当該投入電力 P に対する増加率よりも大きい変数を採用している。

以上説明した本変形例 6 によれば、上述した変形例 1 と同様の効果を奏する。

[0059] (実施の形態の変形例 7)

図 15 は、本実施の形態の変形例 7 を示す図である。具体的に、図 15 は、本変形例 7 に係る制御部 32 によるフィードバック制御を示すブロック線図である。

上述した実施の形態に係るステップ S4 において、式 (1) の代わりに、以下の式 (9) によって、次にヒータ 14 に対して供給する投入電力 P_{next} を算出しても構わない。

[数9]

$$P_{\text{next}} = K_d \cdot \frac{dT}{dt} \cdot g(P) + K_p \cdot (T_{\text{tar}} - T) \cdot f(P) + P \quad \dots (9)$$

[0060] 式 (9) において、「 $g(P)$ 」及び「 $f(P)$ 」は、上述した実施の形態及び変形例 1～6 において説明した圧縮項 $f(P)$ と同様に、現在の投入電力 P に応じてそれぞれ変わる変数である。そして、「 $g(P)$ 」は、本発明に係る圧縮項（第 1 の圧縮項）に相当する。また、「 $f(P)$ 」は、本発明に係る圧縮項（第 2 の圧縮項）に相当する。なお、「 $g(P)$ 」及び「 $f(P)$ 」は、例えば、 $g(P) < f(P)$ 等、同一の現在の投入電力 P に対して異なる値となるものである。

[0061] すなわち、本変形例 7 に係る制御部 32 は、式 (9) 及び図 15 に示すように、ヒータ温度 T の時間微分と微分ゲイン K_d とを乗算した微分項に対して圧縮項 $g(P)$ をさらに乗算することによって第 1 の制御電力を算出する。また、制御部 32 は、目標温度 T_{tar} と現在のヒータ温度 T との偏差に対して比例ゲイン K_p を乗算した比例項に対して圧縮項 $f(P)$ をさらに乗算することによって第 2 の制御電力を算出する。さらに、制御部 32 は、当該第 1 の制

御電力と当該第2の制御電力とを加算することによって、制御電力を得る。
そして、制御部32は、当該制御電力に対して現在の投入電力 P を加算することによって、次にヒータ14に対して供給する投入電力 P_{next} を算出する。

以上のように、本変形例7では、複数のフィードバック制御項に対して互いに異なる第1、第2の圧縮項をそれぞれ乗算している。

なお、式(9)において、圧縮項 $g(P)$ 及び圧縮項 $f(P)$ の一方を現在の投入電力 P にかかわらず、一定の「1」の値としても構わない。すなわち、複数のフィードバック制御項のうち特定のフィードバック制御項にのみ圧縮項を乗算しても構わない。

[0062] 以上説明した本変形例7のように式(1)の代わりに式(9)を採用した場合であっても、上述した実施の形態と同様の効果を奏する。

[0063] (実施の形態の変形例8)

上述した実施の形態及び変形例1～6において、圧縮項 $f(P)$ として、特定の条件を満足する場合にのみ式(2)～(8)によって既定される値を用い、当該特定の条件を満足しない場合には「1」の値を用いる構成を採用しても構わない。

ここで、当該特定の条件としては、以下の条件を例示することができる。

当該特定の条件としては、現在のヒータ温度 T が特定の範囲内の温度であるという条件である。例えば、 $0.8 T_{\text{tar}} < T < 1.2 T_{\text{tar}}$ である場合や $(T_{\text{tar}} - 1.5^\circ\text{C}) < T < (T_{\text{tar}} + 1.5^\circ\text{C})$ である場合に、当該特定の条件を満足する。

また、当該特定の条件としては、現在の投入電力 P が増加から減少に転じた後、所定の時間が経過したという条件である。

[0064] 以上説明した本変形例8によれば、上述した実施の形態と同様の効果の他、以下の効果を奏する。

例えば現在のヒータ温度 T が目標温度 T_{tar} 近傍である場合にのみフィードバック制御項を圧縮する構成とすれば、フィードバック制御の開始直後におけるヒータ14の昇温を迅速に行うことができ、ヒータ温度 T を目標温度 T_{tar} に

早期に到達させることができる。

[0065] (その他の実施形態)

ここまで、本発明を実施するための形態を説明してきたが、本発明は上述した実施の形態及びその変形例 1～8 によってのみ限定されるべきものではない。

上述した実施の形態及びその変形例 1～8 において、第 1 の面 131 の突端 131a は、平坦面によって構成されていたが、これに限らず、曲面形状を有していても構わない。また、第 3 の面 161 は、平坦面によって構成されていたが、凸形状や凹形状等によって構成しても構わない。

[0066] 上述した実施の形態及びその変形例 1～8 では、対象部位 LT に対して熱エネルギーのみを付与していたが、これに限らず、当該熱エネルギーの他、高周波エネルギー及び超音波エネルギー等の他のエネルギーを付与する構成を採用しても構わない。なお、対象部位 LT に対して高周波エネルギーを付与するとは、対象部位 LT に対して高周波電流を流すことを意味する。また、対象部位 LT に対して超音波エネルギーを付与するとは、対象部位 LT に対して超音波振動を付与することを意味する。

[0067] 上述した実施の形態及びその変形例 1～8 では、本発明に係る圧縮項の上限値を 1 として説明したが、これに限らない。例えば、式 (1) において、微分ゲイン K_d 及び比例ゲイン K_p の値を従来の設定値に対して $1/2$ の値とし、圧縮項を実施の形態 1 での値の 2 倍の値としてもよい。この場合、圧縮項の上限値は 2 となる。このような場合においても、フィードバック制御項と圧縮項との乗算によって得られる制御電力は、従来のフィードバック制御の場合に比べ、投入電力 P の変動が小さくなり、ヒータ温度 T は、短時間で目標温度 T_{tar} に収束するという効果を奏する。

[0068] 上述した実施の形態及びその変形例 1～8 では説明を省略したが、制御電力と現在の投入電力 P とを加算した結果、負の値となった場合には、次に供給する投入電力 P_{next} として所定の最小電力値を採用する。これにより、負の値となった場合にも、ヒータの温度制御を停止することなく、継続すること

ができる。

[0069] 上述した実施の形態及びその変形例 1 ～ 7 では、本発明に係る圧縮項として、現在の投入電力 P に応じて変わる変数を採用していたが、これに限らず、現在のヒータ温度 T や現在のヒータ抵抗に応じて変わる変数を採用しても構わない。

例えば、現在のヒータ温度 T に応じて変わる変数とした場合には、圧縮項 $f(T)$ を以下の式 (10) によって規定することが考えられる。

[数10]

$$f(T) = \left| \frac{T_{tar} - T}{T_{tar}} \right| \quad \dots (10)$$

このような圧縮項 $f(T)$ を採用することによって、現在のヒータ温度 T が目標温度 T_{tar} 近傍である場合にのみ微分ゲイン K_d 及び比例ゲイン K_p が圧縮され、現在のヒータ温度 T が目標温度 T_{tar} から大きくずれた場合には微分ゲイン K_d 及び比例ゲイン K_p が圧縮されないため、目標温度 T_{tar} に早期に復帰させることが可能となる。

[0070] 上述した実施の形態及びその変形例 1 ～ 8 では、フィードバック制御として、 PD 制御を採用したが、これに限らない。例えば、本発明に係るフィードバック制御としては、 PD 制御の他、 P 制御、 PI 制御、 PID 制御等を採用しても構わない。

ここで、フィードバック制御として P 制御を採用した場合には、本発明に係るフィードバック制御項は、比例項の 1 つのみとなる。また、フィードバック制御として PI 制御を採用した場合には、本発明に係るフィードバック制御項は、比例項と積分項との 2 つとなる。さらに、フィードバック制御として PID 制御を採用した場合には、本発明に係るフィードバック制御項は、比例項、積分項、及び微分項の 3 つとなる。

符号の説明

- [0071] 1 処置システム
 2 処置具

- 3 制御装置
- 4 フットスイッチ
- 5 ハンドル
- 6 シャフト
- 7 把持部
- 8 第1の把持部材
- 9 第2の把持部材
- 10 第1のジョー
- 11 支持部材
- 12 処置部
- 13 伝熱板
- 14 ヒータ
- 15 第2のジョー
- 16 対向部材
- 31 ヒータ駆動回路
- 32 制御部
- 33 入力部
- 34 表示部
- 35 記憶部
- 51 操作ノブ
- 131 第1の面
- 131a 突端
- 132 第2の面
- 133 凹部
- 161 第3の面
- 311 ヒータ抵抗測定部
- A1 方向
- C 電気ケーブル

C 1 リード線

L T 対象部位

P O 支点

P_c 既定電力

P_{max} 最大電力

T_{tar} 目標温度

Y 1 矢印

請求の範囲

- [請求項1] 通電によって発熱するヒータと、
前記ヒータの熱を生体組織に伝達する処置部材と、
前記ヒータの温度が目標温度に追従する状態に前記ヒータに対して供給する電力を変調するフィードバック制御を実行する制御部と、
を備え、
前記制御部は、
前記フィードバック制御において算出したフィードバック制御項に対して圧縮項を乗算した制御電力と前記ヒータに対して供給している現在の電力とを加算することによって、前記ヒータに対して次に供給する電力を算出し、
前記圧縮項は、
前記現在の電力に応じて変わる変数であって、当該現在の電力が前記ヒータに対して供給可能な最大電力である時に上限値となり、当該現在の電力が0から当該0と当該最大電力との間の既定電力まで大きくなるにしたがって大きくなる変数である、処置システム。
- [請求項2] 前記圧縮項は、
前記現在の電力が0から前記最大電力まで大きくなった場合における当該電力に対する増加率が一定値となる変数である、請求項1に記載の処置システム。
- [請求項3] 前記圧縮項は、
前記現在の電力が0から前記既定電力まで大きくなった場合における当該電力に対する増加率が、前記現在の電力が前記既定電力から前記最大電力まで大きくなった場合における当該電力に対する増加率よりも大きい変数である、請求項1に記載の処置システム。
- [請求項4] 前記フィードバック制御項は、
第1のフィードバック制御項と、
第2のフィードバック制御項と、を含み、

前記制御部は、

前記第 1 のフィードバック制御項に対して前記圧縮項を乗算した第 1 の制御電力と前記第 2 のフィードバック制御項に対して前記圧縮項を乗算した第 2 の制御電力とを加算することによって、前記制御電力を算出する、請求項 1 に記載の処置システム。

[請求項5]

前記フィードバック制御項は、

第 1 のフィードバック制御項と、

第 2 のフィードバック制御項と、を含み、

前記圧縮項は、

互いに異なる値である第 1 の圧縮項と第 2 の圧縮項とを含み、

前記制御部は、

前記第 1 のフィードバック制御項に対して前記第 1 の圧縮項を乗算した第 1 の制御電力と前記第 2 のフィードバック制御項に対して前記第 2 の圧縮項を乗算した第 2 の制御電力とを加算することによって、前記制御電力を算出する、請求項 1 に記載の処置システム。

[請求項6]

前記フィードバック制御項は、

第 1 のフィードバック制御項と、

第 2 のフィードバック制御項と、を含み、

前記制御部は、

前記第 1 のフィードバック制御項に対して前記圧縮項を乗算した第 1 の制御電力と前記第 2 のフィードバック制御項とを加算することによって、前記制御電力を算出する、請求項 1 に記載の処置システム。

[請求項7]

通電によって発熱するヒータと、前記ヒータの熱を生体組織に伝達する処置部材と、を備えた処置システムの制御部が実行する制御方法であって、

前記ヒータの温度が目標温度に追従する状態に前記ヒータに対して供給する電力を変調するフィードバック制御を実行し、

前記フィードバック制御では、

当該フィードバック制御において算出したフィードバック制御項に対して圧縮項を乗算した制御電力と前記ヒータに対して供給している現在の電力とを加算することによって、前記ヒータに対して次に供給する電力を算出し、

前記圧縮項は、

前記現在の電力に応じて変わる変数であって、当該現在の電力が前記ヒータに対して供給可能な最大電力である時に上限値となり、当該現在の電力が0から当該0と当該最大電力との間の既定電力まで大きくなるにしたがって大きくなる変数である、制御方法。

[請求項8]

通電によって発熱するヒータと、前記ヒータの熱を生体組織に伝達する処置部材と、を備えた処置システムの制御部に実行させる制御プログラムであって、

当該制御プログラムは、前記制御部に対して以下の実行を指示する：

前記ヒータの温度が目標温度に追従する状態に前記ヒータに対して供給する電力を変調するフィードバック制御を実行し、

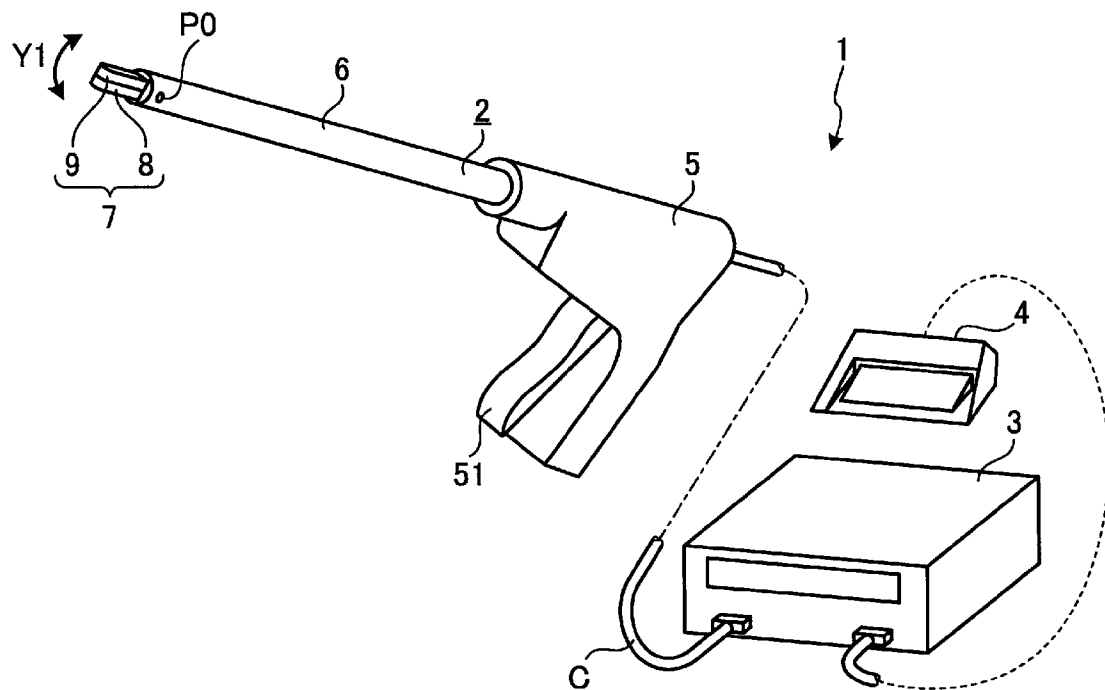
前記フィードバック制御では、

当該フィードバック制御において算出したフィードバック制御項に対して圧縮項を乗算した制御電力と前記ヒータに対して供給している現在の電力とを加算することによって、前記ヒータに対して次に供給する電力を算出し、

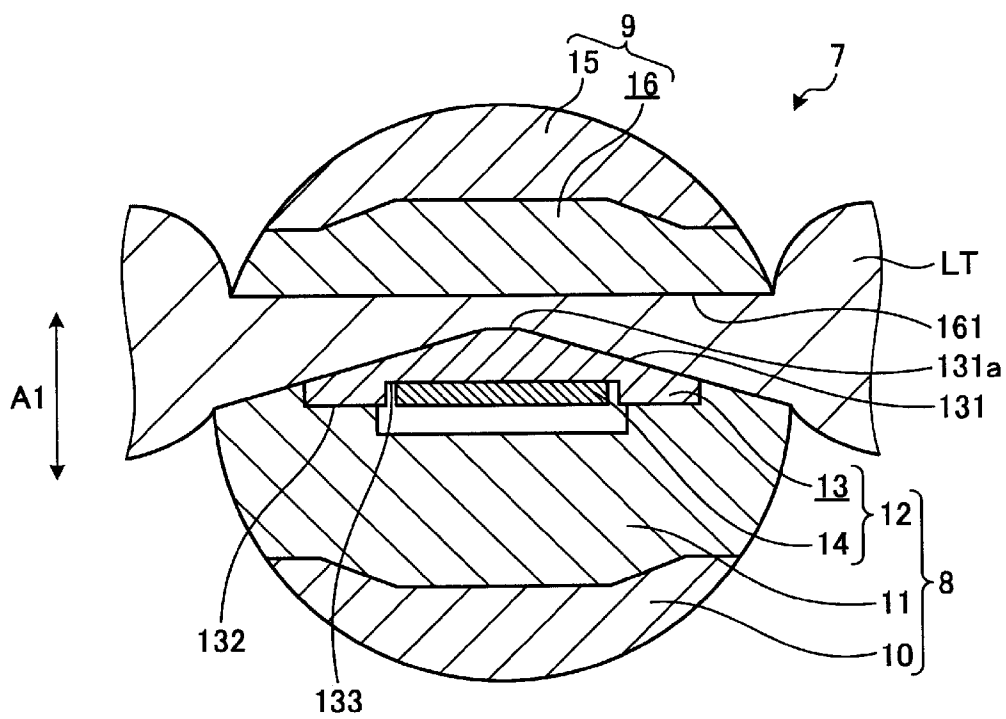
前記圧縮項は、

前記現在の電力に応じて変わる変数であって、当該現在の電力が前記ヒータに対して供給可能な最大電力である時に上限値となり、当該現在の電力が0から当該0と当該最大電力との間の既定電力まで大きくなるにしたがって大きくなる変数である、制御プログラム。

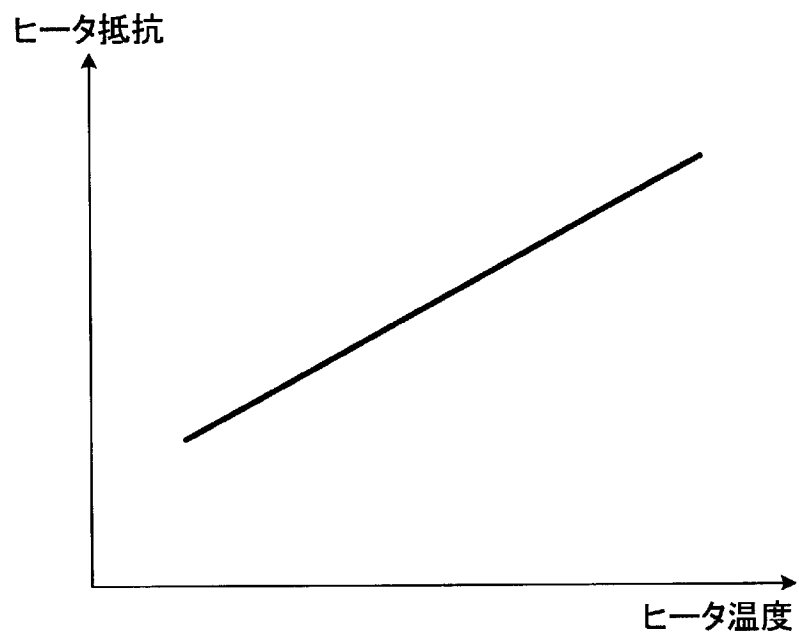
[図1]



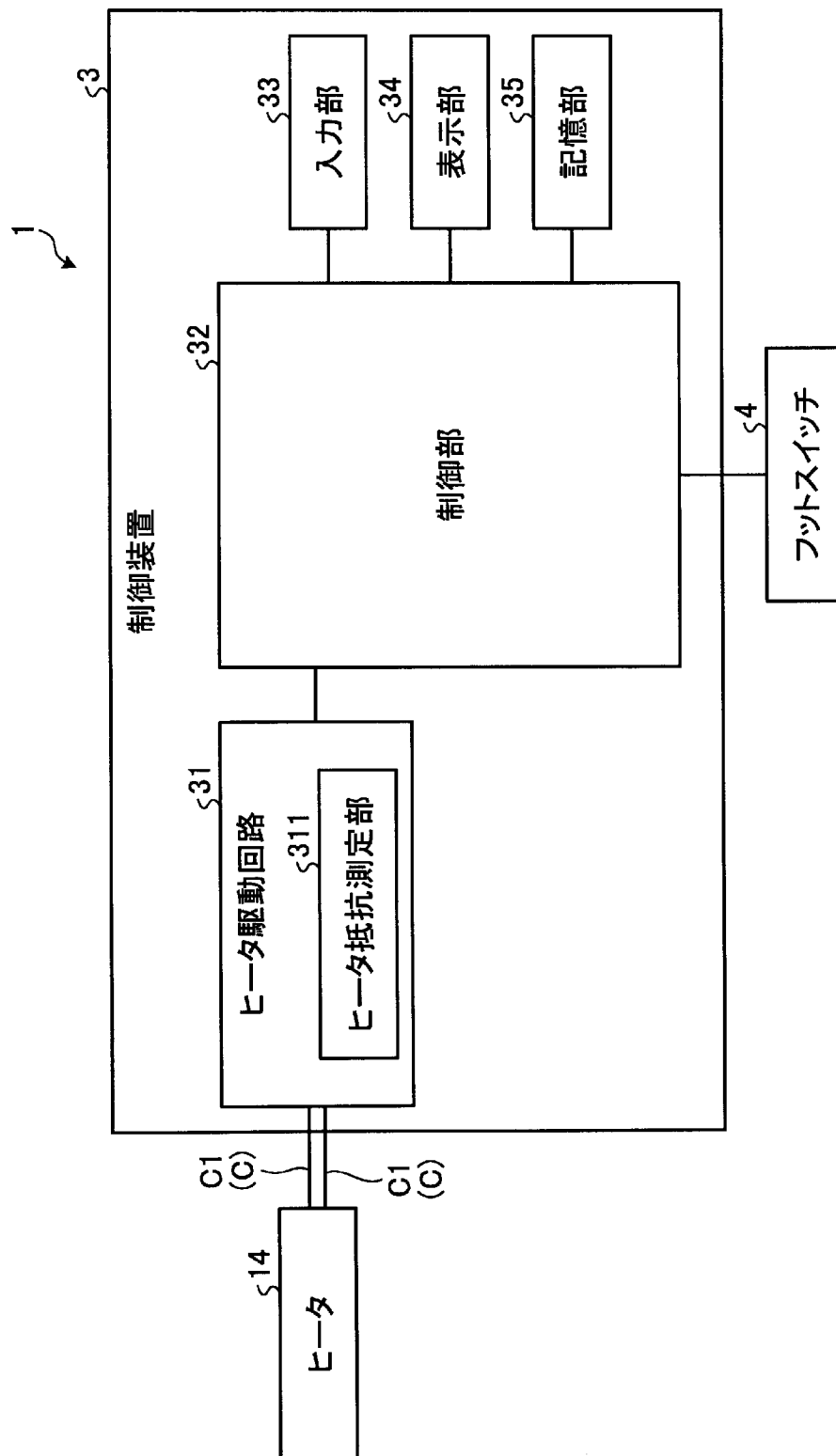
[図2]



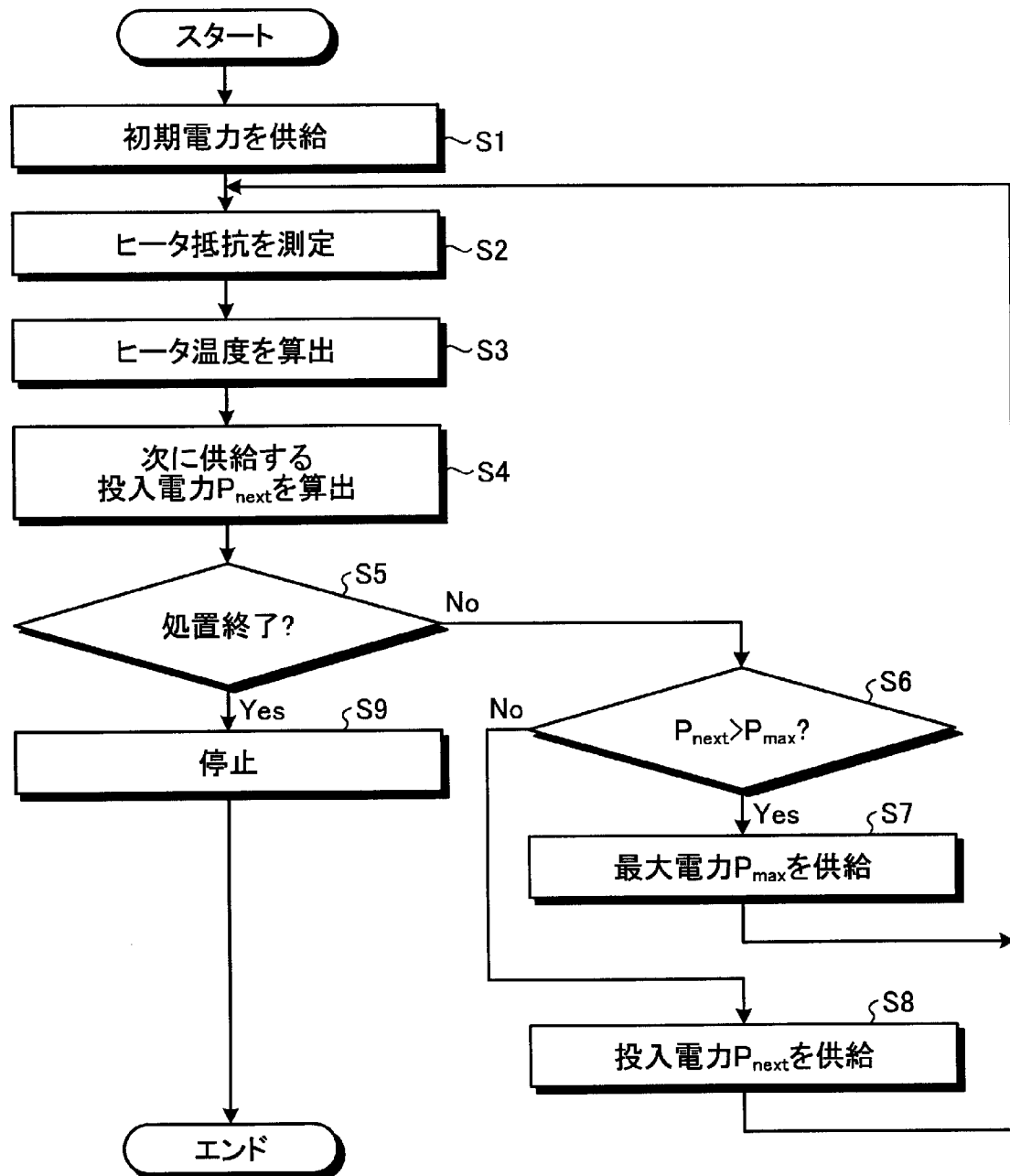
[図3]



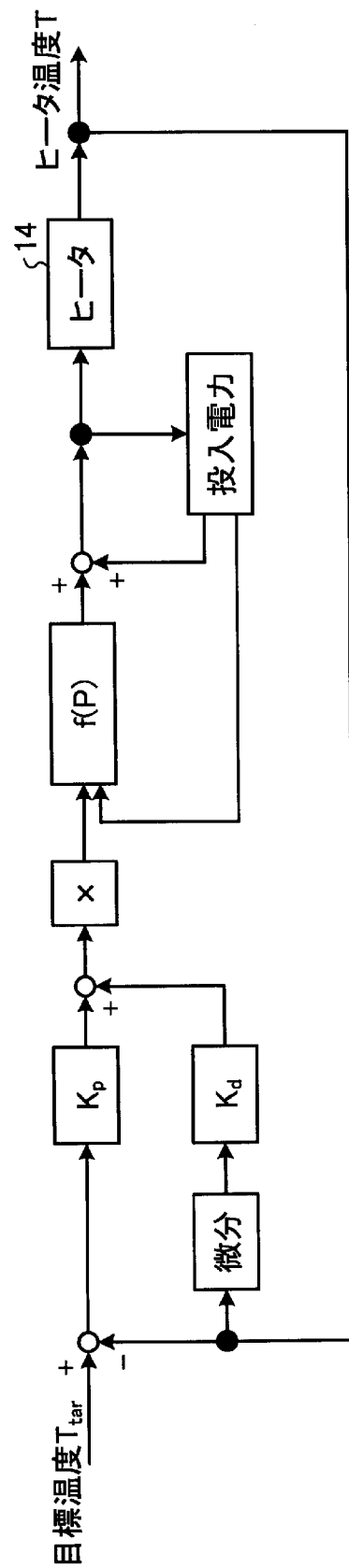
[図4]



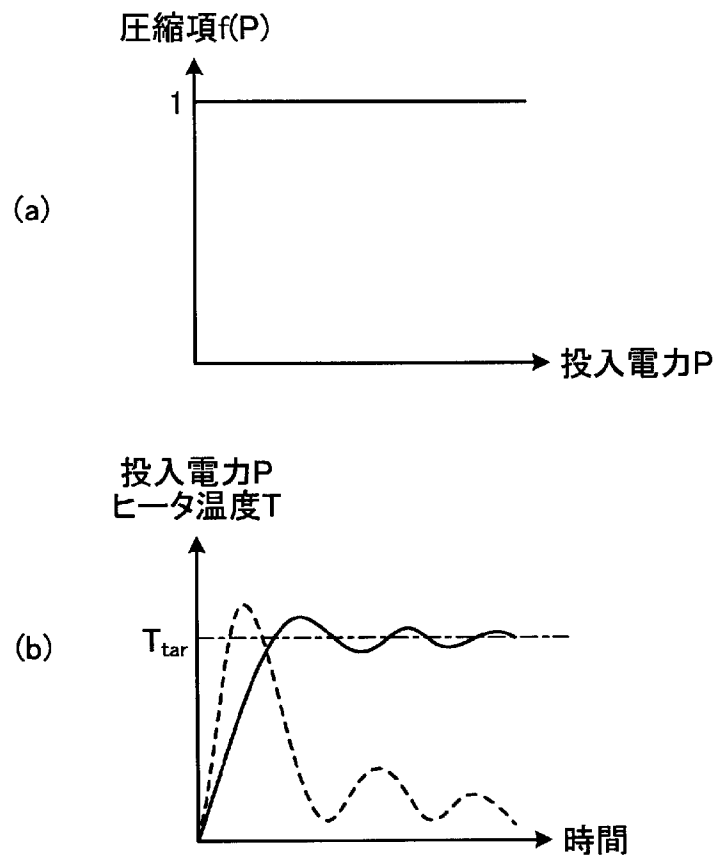
[図5]



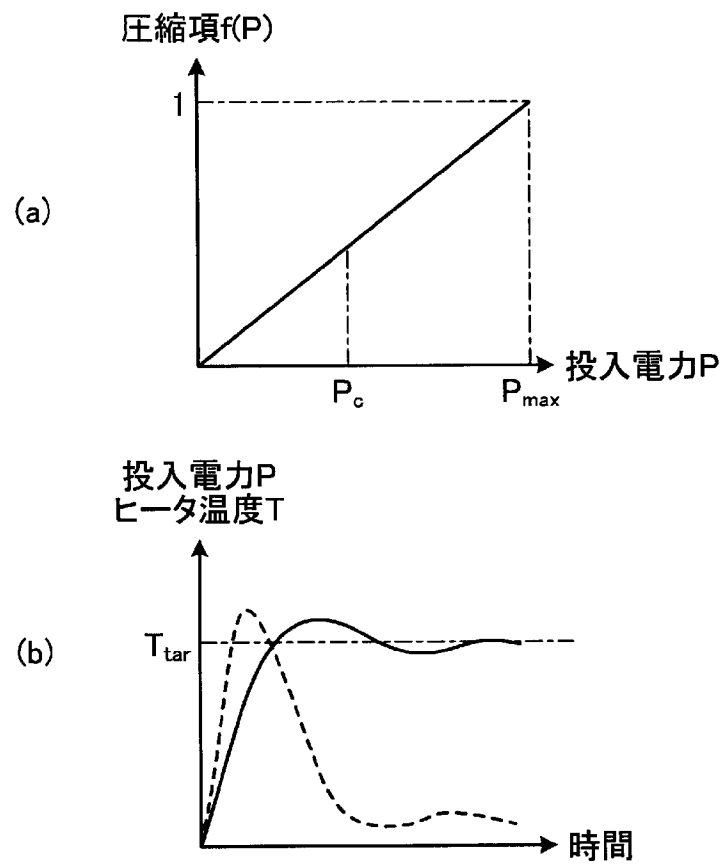
[図6]



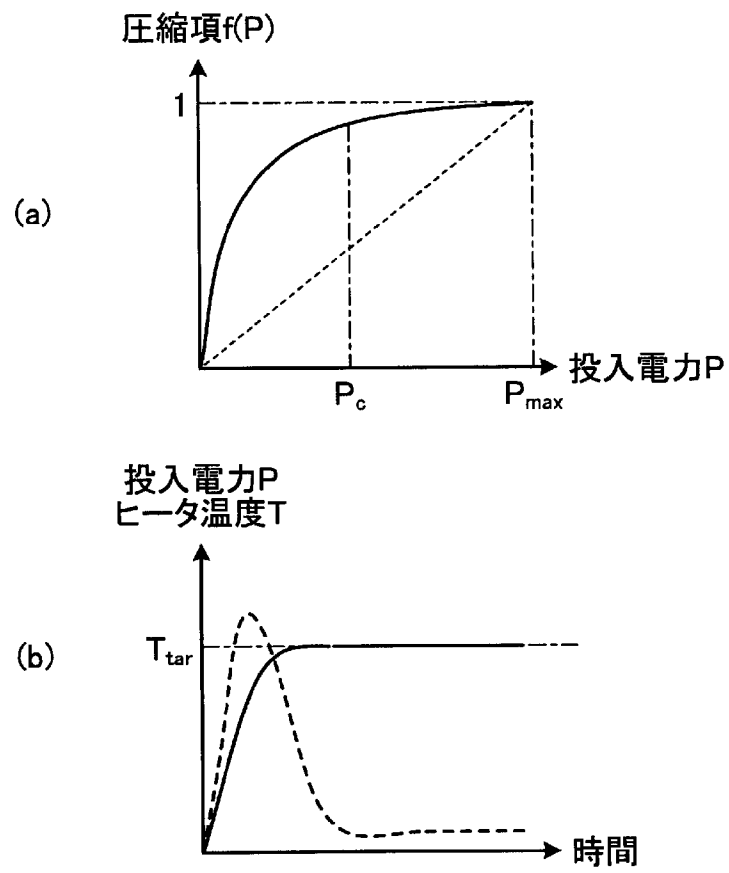
[図7]



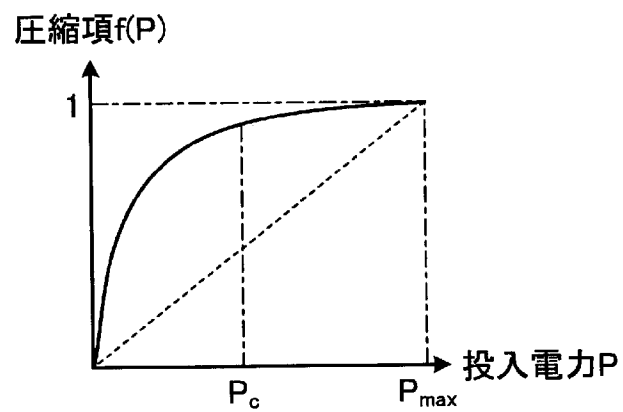
[図8]



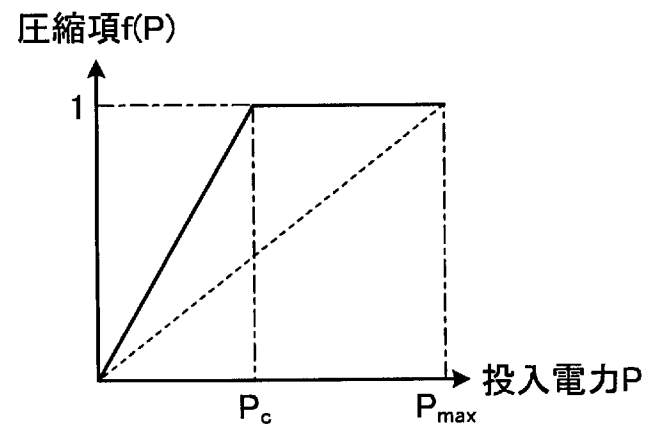
[図9]



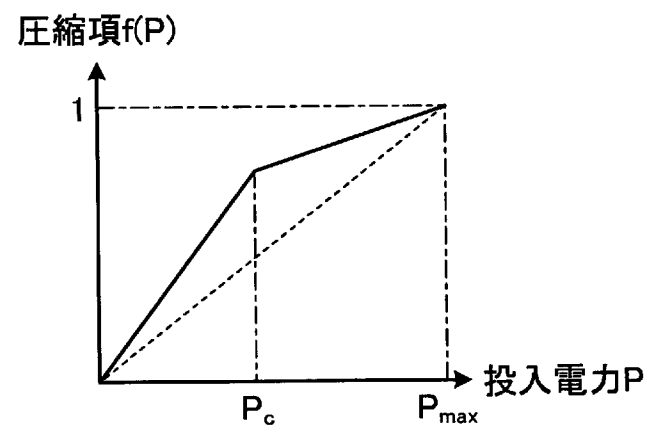
[図10]



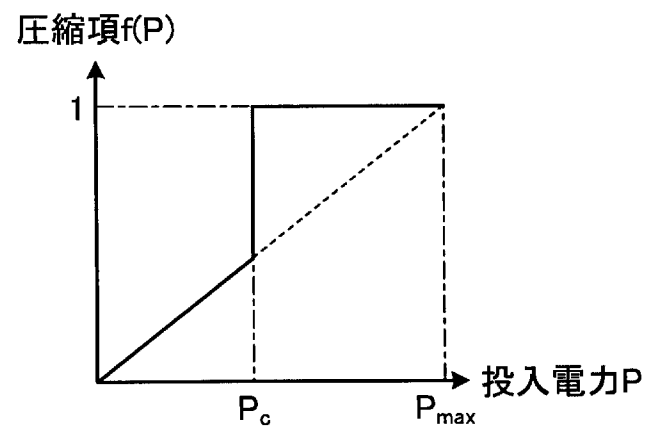
[図11]



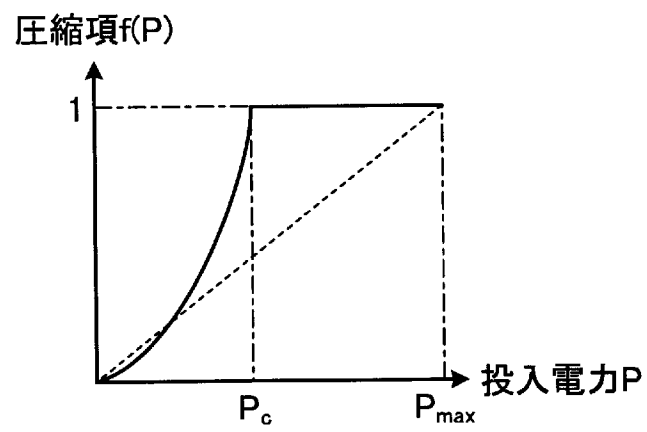
[図12]



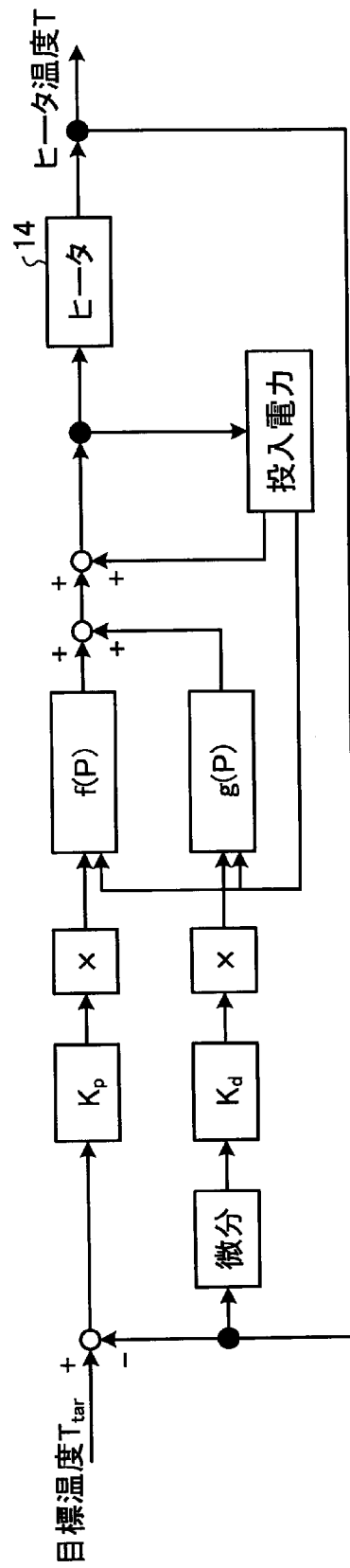
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/024061

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. A61B18/10 (2006.01) i

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. A61B18/08-18/10, G05B11/36, G05D23/19

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 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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.
A	JP 2015-506729 A (DOMAIN SURGICAL INC.) 05 March 2015, fig. 8 & WO 2013/086045 A1, fig. 8 & CA 2857180 A1 & US 2013/0158535 A1 & US 2014/0074082 A1 & CN 104039255 A	1-8
A	JP 2012-239831 A (OLYMPUS CORP.) 10 December 2012, paragraphs [0052]-[0055], fig. 8 & US 2014/0074087 A1, paragraphs [0072]-[0076], fig. 8 & WO 2012/161163 A1	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
29.08.2018

Date of mailing of the international search report
11.09.2018

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. A61B18/10(2006.01)i

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））

Int.Cl. A61B18/08-18/10, G05B11/36, G05D23/19

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

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

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）

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 2015-506729 A（ドメイン・サージカル，インコーポレーテッド） 2015.03.05，図8 & WO 2013/086045 A1、図8 & CA 2857180 A1 & US 2013/0158535 A1 & US 2014/0074082 A1 & CN 104039255 A	1-8
A	JP 2012-239831 A（オリンパス株式会社）2012.12.10，[0052] －[0055]、図8 & US 2014/0074087 A1、[0072]-[0076]、図8 & WO 2012/161163 A1	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。

* 引用文献のカテゴリー

「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

「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

「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）

「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

「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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「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

「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

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

29.08.2018

国際調査報告の発送日

11.09.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

槻木澤 昌司

31

9326

電話番号 03-3581-1101 内線 3386