

(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7月2日(02.07.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/138077 A1

- (51) 国際特許分類:
F28D 15/02 (2006.01) *F28D 15/06* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/050595
- (22) 国際出願日: 2019年12月24日(24.12.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2018-245270 2018年12月27日(27.12.2018) JP
- (71) 出願人: 川崎重工業株式会社 (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒6508670 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 春木 悠 (HARUKI, Yu). 坂川 佳司 (SAKAGAWA, Keiji). 袴田 和英 (HAKAMADA, Kazuhide). 三谷 亮介 (MITANI, Ryosuke).
- (74) 代理人: 特許業務法人 有古特許事務所 (PATENT CORPORATE BODY ARCO PATENT OFFICE); 〒6500031 兵庫県神戸市中央区東町123番地の1 貿易ビル3階 Hyogo (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, KE, KG, KH,

(54) Title: HEAT CONVEYANCE SYSTEM AND CONVEYANCE MACHINERY

(54) 発明の名称: 熱輸送システム及び輸送機

[図1]

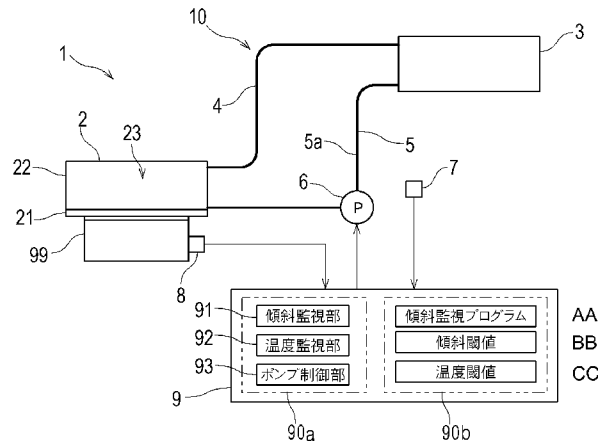


FIG.1

- 91 Tilt monitoring unit
92 Temperature monitoring unit
93 Pump control unit
AA Tilt monitoring program
BB Tilt threshold value
CC Temperature threshold value

(57) Abstract: A purpose of the present invention is to achieve both the attainment of a stable quantity of heat conveyance even if the position of a loop-type heat pipe changes, and the suppression of external energy consumption, in a heat conveyance system using a loop-type heat pipe and in conveyance machinery comprising said heat conveyance system. This heat conveyance system comprises: a two-phase closed loop-type heat pipe; a pump that is provided to a liquid pipe or a vapor pipe of the loop-type heat pipe, and provides a circulation-driving force to an operating fluid; a tilt sensor

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.

- (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)）

that detects the tilt of the position of the loop-type heat pipe; and a controller that causes the pump to operate when the tilt surpasses a prescribed tilt threshold value, and causes the pump to stop when the tilt is less than or equal to the tilt threshold value.

(57) 要約：本発明の目的は、ループ型ヒートパイプを利用した熱輸送システム及びそれを備える輸送機において、ループ型ヒートパイプの姿勢が変化しても安定した熱輸送量が得られること、及び、外部エネルギーの消費量を抑えることを両立するものである。熱輸送システムは、二相閉ループ型ヒートパイプと、ループ型ヒートパイプの液管又は蒸気管に設けられて作動流体へ循環駆動力を与えるポンプと、ループ型ヒートパイプの姿勢の傾きを検出する傾斜センサと、傾きが所定の傾き閾値を超えるときはポンプを動作させ、傾きが傾き閾値以下のときはポンプを停止させるコントローラとを備える。

明 細 書

発明の名称：熱輸送システム及び輸送機

技術分野

[0001] 本発明は、ループ型ヒートパイプを利用した熱輸送システム、及び、それを備えた輸送機に関する。

背景技術

[0002] 従来、作動流体の相変化を利用して高密度な熱輸送を行うループ型ヒートパイプの技術が知られている。このようなループ型ヒートパイプを利用した熱輸送システムは、例えば、コンピュータや家電などの電子機器の冷却に利用されてきた。ループ型ヒートパイプとしては、毛細管力及び／又は重力を利用して作動流体を循環させるものがある。

[0003] ループ型ヒートパイプは、蒸発器、凝縮器、蒸発器と凝縮器とを連絡する蒸気管、及び、凝縮器と蒸発器とを連絡する液管によって形成された閉ループを有する。閉ループには、作動流体が封入される。蒸発器では、液相の作動流体が発熱体から伝わる熱で加熱されて、その一部が気体に変化する。気液二相の作動流体は圧力差や浮力によって蒸気管内を移動し、凝縮器に到達する。凝縮器では、作動流体が冷却されて液体に変化する。液相の作動流体は毛細管力及び／又は重力によって蒸発器へ還流する。このようにして、ループ型ヒートパイプでは、作動流体が二相閉ループを循環することで蒸発器から凝縮器へ熱が輸送され、蒸発器と熱的に接続された発熱体が冷却される。

[0004] 上記のループ型ヒートパイプのうち、作動流体の循環に重力を利用するものにおいては、凝縮器よりも蒸発部を下方に配置することで効果的な熱輸送能力が得られるが、それが設置の制約となる。そこで、特許文献1では、ループ型ヒートパイプの設置自由度を高めるために、ループ型ヒートパイプの戻り液管にポンプを設置し、ポンプで作動流体を強制循環させることが提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2017-17199号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 電子機器の高性能化及び小型化が急速に進み、近年では、これらの機器を多数搭載した船舶、鉄道車両、自動車、及び航空機などの輸送機におけるサーマルマネジメントへの要求も高まりつつある。上記のような作動流体の循環に重力を利用したループ型ヒートパイプを含む熱輸送システムを搭載した輸送機では、機体の姿勢が時々刻々と変化することから、姿勢の変化により作動流体を循環させる駆動力が低下し、熱輸送量が低下するという課題がある。

[0007] 特許文献1のようにポンプを備えたループ型ヒートパイプであれば、作動流体が定量的に循環することから安定した熱輸送量が確保されるが、ポンプの駆動のために外部エネルギーを常時必要とする。

[0008] 本発明は以上の事情に鑑みてされたものであり、その目的は、ループ型ヒートパイプを利用した熱輸送システム及びそれを備える輸送機において、ループ型ヒートパイプの姿勢が変化しても安定した熱輸送量が得られること、及び、外部エネルギーの消費量を抑えることを両立するものを提案することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の一態様に係る熱輸送システムは、輸送機に搭載される熱輸送システムであって、

熱源からの受熱により液相の作動流体の少なくとも一部を気体に変化させる蒸発器、前記蒸発器より上方に配置され気相の前記作動流体を液体に変化させる凝縮器、前記蒸発器の出口と前記凝縮器の入口とを連絡する蒸気管、及び、前記凝縮器の出口と前記蒸発器の入口とを連絡する液管を含み、前記

作動流体が封入されたループ型ヒートパイプと、
前記液管又は前記蒸気管に設けられて、前記作動流体へ循環駆動力を与えるポンプと、
前記ループ型ヒートパイプの姿勢の傾きを検出する傾斜センサと、
前記傾きに基づいて前記ポンプの動作を制御するコントローラとを備え、
前記液管内の前記作動流体は、前記ポンプの停止時に、前記ポンプからの作用を受けずに前記凝縮器から前記蒸発器へ流れ、前記ポンプの稼働時に、前記ポンプからの作用を受けて前記凝縮器から前記蒸発器へ強制的に流れるものである。
そして、前記コントローラは、前記傾きが所定の傾き閾値を超えるときは前記ポンプを稼働させ、前記傾きが前記傾き閾値以下のときは前記ポンプを停止させる。

[0010] 上記の熱輸送システムによれば、ループ型ヒートパイプの姿勢の傾きが閾値以下のとき、つまり、定常運転時は、ポンプは停止しており、外部エネルギーを必要とすることなく作動流体がループ型ヒートパイプを巡る。ループ型ヒートパイプの姿勢の傾きが閾値を超えるときは、重力による作動流体の循環駆動力が低下するが、それを補うようにポンプによって作動流体に循環駆動力が与えられる。このようにして、熱輸送システムでは、ループ型ヒートパイプの姿勢の変化に拘わらず、安定して作動流体が循環するので、安定した熱輸送量が得られる。また、上記の熱輸送システムではポンプの稼働のために外部エネルギーを必要とするが、ポンプは所定の条件のときにのみ稼働しそれ以外では停止しているので、ポンプが常時稼働する場合と比較して外部エネルギーの消費量を抑えることができる。このように、本発明の熱輸送システムでは、ループ型ヒートパイプの姿勢が変化しても安定した熱輸送量を得ること、及び、外部エネルギーの消費量を抑えることを両立できる。

[0011] また、本発明の一態様に係る熱輸送システムは、輸送機に搭載される熱輸送システムであって、
熱源からの受熱により液相の作動流体の少なくとも一部を気体に変化させる

蒸発器、前記蒸発器より上方に配置され気相の前記作動流体を液体に変化させる凝縮器、前記蒸発器の出口と前記凝縮器の入口とを連絡する蒸気管、及び、前記凝縮器の出口と前記蒸発器の入口とを連絡する液管を含み、前記作動流体が封入されたループ型ヒートパイプと、

前記液管又は前記蒸気管に設けられて、前記作動流体へ循環駆動力を与えるポンプと、

前記ループ型ヒートパイプの姿勢の傾きを検出する傾斜センサと、

前記熱源の温度を検出する温度センサと、

前記ポンプの動作を制御するコントローラとを備え、

前記液管内の前記作動流体は、前記ポンプの停止時に、前記ポンプからの作用を受けずに前記凝縮器から前記蒸発器へ流れ、前記ポンプの稼働時に、前記ポンプからの作用を受けて前記凝縮器から前記蒸発器へ強制的に流れるものである。

そして、前記コントローラは、

前記傾きが所定の傾き閾値を超えた場合に、前記熱源の温度が所定の第1の温度閾値を超えていれば前記ポンプを稼働させ、前記熱源の温度が第1の温度閾値以下であれば前記ポンプを停止させ、

前記傾きが所定の傾き閾値以下の場合に、前記熱源の温度が所定の第2の温度閾値を超えていれば前記ポンプを稼働させ、前記熱源の温度が前記第2の温度閾値以下であれば前記ポンプを停止させる。

[0012] 上記の熱輸送システムでは、ループ型ヒートパイプの姿勢の傾きが傾き閾値を超える場合であっても、熱源の温度が第1の温度閾値以下であれば、冷却が十分であるとしてポンプを停止させる又は停止を継続させることにより、外部エネルギーを必要とすることなく作動流体がループ型ヒートパイプを巡る。よって、より経済的にループ型ヒートパイプの熱輸送量を安定化させることができる。一方、上記の熱輸送システムでは、ループ型ヒートパイプの姿勢の傾きが傾き閾値以下の場合であっても、熱源の温度が第2の温度閾値を超えていれば、ポンプを稼働させる又は稼働を継続させることにより、

作動媒体の循環駆動力が補助される。よって、蒸発器による熱源の冷却能力を安定化させることができる。このように、上記の熱輸送システムでは、ポンプの稼働のために外部エネルギーを必要とするが、ポンプは所定の条件のときにのみ稼働しそれ以外では停止しているので、ポンプが常時稼働する場合と比較して外部エネルギーの消費量を抑えることができる。よって、上記の熱輸送システムでは、ループ型ヒートパイプの姿勢が変化しても安定した伝熱特性を発揮すること、及び、外部エネルギーの消費量を抑えることを両立できる。

[0013] また、本発明の一態様に係る輸送機は、発熱体と、前記発熱体を熱源として前記作動流体を蒸発させる前記蒸発器を含む前記熱輸送システムとを備えることを特徴としている。

[0014] 前述の通り、熱輸送システムでは、ループ型ヒートパイプの姿勢の変化に拘わらず、安定して作動流体が循環し、安定した熱輸送量が得られる。よって、このような熱輸送システムは、姿勢が逐次変化する輸送機に搭載された発熱体の冷却のために好適である。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、ループ型ヒートパイプを利用した熱輸送システム及びそれを備える輸送機であって、ループ型ヒートパイプの姿勢が変化しても安定した熱輸送量を得ること、及び、外部エネルギーの消費量を抑えることを両立するものを提供できる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]図1は、本発明の一実施形態に係る熱輸送システムの概略構成を示す図である。

[図2]図2は、図1のポンプとして電動式ポンプを採用した熱輸送システムの概略構成を示す図である。

[図3]図3は、図1のポンプとして磁性流体駆動式ポンプを採用した熱輸送システムの概略構成を示す図である。

[図4]図4は、図1のポンプとしてタンク圧式ポンプを採用した熱輸送システ

ムの概略構成を示す図である。

[図5]図5は、熱輸送システムにおける傾き監視処理の流れを示すフローチャートである。

[図6]図6は、熱輸送システムにおける温度監視処理の流れを示すフローチャートである。

[図7]図7は、熱輸送システムにおける温度監視処理の流れの変形例を示すフローチャートである。

[図8]図8は、熱輸送システムを航空機に適用した例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0017] 〔熱輸送システム1の構成〕

次に、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。図1は、本発明の一実施形態に係る熱輸送システム1の概略構成を示す図である。

[0018] 図1に示す熱輸送システム1は、ループ型ヒートパイプ10と、ループ型ヒートパイプ10に設けられたポンプ6と、傾斜センサ7と、温度センサ8と、コントローラ9とを備える。

[0019] 〔ループ型ヒートパイプ10〕

ループ型ヒートパイプ10は、自然循環型のループ型サーモサイフォン式ヒートパイプである。ループ型ヒートパイプ10は、蒸発器2、蒸気管4、凝縮器3、及び、戻り液管5により形成された二相閉ループを有する。二相閉ループ内は、空気などの非凝縮性ガスが脱気されたうえで、作動流体が封入されている。作動流体は、特に限定されず、従来ヒートパイプの作動流体として使用されている凝縮性の流体（例えば、水、アルコール、アンモニア、フルオロカーボン、ハイドロフルオロカーボン、ハイドロフルオロエーテル、及び、それらの混合液など）であってよい。

[0020] 蒸発器2は、例えば、伝熱板21と、内部に作動流体収容室23を形成するハウジング22とを備える。伝熱板21は、例えばサーマルグリスや伝熱シートを介して熱源99と熱的に接続される。熱源99は、例えば、電子部品などの発熱体であってよい。この蒸発器2では、作動流体収容室23内の

作動流体が伝熱板 21 を介して熱源 99 から吸熱し、その一部が沸騰して気体に変化する。このようにして沸騰蒸気と液体の二相の作動流体は、蒸発器 2 の出口と凝縮器 3 の入口とを連絡する蒸気管 4 内を圧力差や浮力によって移動し、凝縮器 3 へ到達する。

[0021] 凝縮器 3 は、蒸発器 2 よりも上方に設置される。凝縮器 3 には冷却流路（図示略）が形成されており、二相の作動流体は冷却流路を通過するうちに放熱し、冷却されて液体に変化する。液相の作動流体は、凝縮器 3 の出口と蒸発器 2 の入口とを連絡する液管 5 内を重力によって降下し、蒸発器 2 へ還流する。

[0022] 上記のループ型ヒートパイプ 10 は、作動流体の循環方式をパッシブモードとアクティブモードとに切り替え可能である。パッシブモードでは、ポンプ 6 は停止しており、作動流体は相変化と重力を利用してループ型ヒートパイプ 10 を自然循環する。つまり、パッシブモードのループ型ヒートパイプ 10 では、ヘッドによる圧力差によって作動流体が循環する。また、アクティブモードでは、ポンプ 6 が稼働しており、作動流体はポンプ 6 から与えられた循環駆動力と重力とによってループ型ヒートパイプ 10 を循環する。

[0023] [ポンプ 6]

ポンプ 6 は、ループ型ヒートパイプ 10 の液管 5 に設けられるが、ポンプ 6 は気体が通過すると動作が不安定となるため、確実に液相の作動流体が流れる液管 5 の下流側部分に設けられるとよい。液管 5 には、ポンプ 6 の停止時に、作動流体がポンプ 6 からの作用を受けずに凝縮器 3 から蒸発器 2 へ流れ、ポンプ 6 の稼働時に、作動流体がポンプ 6 からの作用を受けて凝縮器 3 から蒸発器 2 へ強制的に流れるように流路 5a が形成されている。

[0024] ポンプ 6 は、作動流体にループ型ヒートパイプ 10 を流れる駆動力（循環駆動力）を与える装置と定義される。ポンプ 6 は、特に限定されないが、例えば、電動式ポンプ 6A（図 2、参照）、磁性流体駆動式ポンプ 6B（図 3、参照）、又は、タンク圧式ポンプ 6C（図 4、参照）が採用されてよい。また、本実施形態においては、ポンプ 6 は液管 5 に設けられているが、ポン

プ6は蒸気管4に設けられていてもよい。

[0025] 図2は、図1のポンプ6として電動式ポンプ6Aを採用した熱輸送システム1の概略構成を示す図である。図2に示す電動式ポンプ6Aは、液管5中に配置されたケーシング65と、ケーシング65に収容された羽根車66と、羽根車66を回転駆動する電動モータ67とを含む。但し、電動式ポンプ6Aの構成はこれに限定されず、公知の電動式ポンプが採用されてよい。電動モータ67の駆動と停止、即ち、電動式ポンプ6Aの稼働と停止は、コントローラ9によって制御される。停止中の電動式ポンプ6Aは作動流体の流れを阻害することから、液管5には作動流体が電動式ポンプ6Aを迂回して蒸発器2へ流れるバイパス管59が設けられている。

[0026] 上記構成のポンプ6Aが設けられたループ型ヒートパイプ10において、液管5の作動流体は、パッシブモードではポンプ6Aを迂回してバイパス管59を流れ、アクティブモードではポンプ6Aによって蒸発器2へ圧送される。

[0027] 図3は、図1のポンプ6として磁性流体駆動式ポンプ6Bを採用した熱輸送システム1の概略構成を示す図である。図3に示す磁性流体駆動式ポンプ6Bは、液管5を流れる作動流体を加熱するヒータ62と、液管5を流れる作動流体に磁場を印加する電磁石61とを含む。なお、電磁石61は永久磁石であっても良い。ヒータ62の加熱と非加熱との切り替え、及び、電磁石61による磁場の印加と非印加との切り替えは、コントローラ9によって制御される。作動流体は、母液に磁性微粒子が分散した感温性磁性流体であって、常温域において温度上昇に伴い磁化が著しく減少する性質をもつ。液管5のうちヒータ62で加熱されている部分を加熱領域と称し、電磁石61により磁場が印加されている部分を磁場印加領域と称する。磁気印加領域の下流側部分と加熱領域の上流側部分とが重複している。但し、液管5において凝縮器3と接続される側を上流側とし、蒸発器2と接続される側を下流側とする。

[0028] 上記構成のポンプ6Bにおいて、アクティブモード（即ち、ポンプ稼働時

）では、電磁石 6 1 によって磁気印加領域に非一様磁場が印加され、当該磁気印加領域のうち磁場の強さが最大の位置よりも下流側がヒータ 6 2 によって加熱される。感温性磁性流体は、その感温磁化特性により温度上昇に伴って磁化の大きさが減少し、磁気体積力が小さくなる。そのため、加熱領域の作動流体は下流側へ向かうに従って磁気体積力が減少し、これによって作動流体を下流側へ流す駆動力が生じる。なお、作動流体の循環駆動力の大きさは、加熱領域の加熱の程度（温度）によって調整することが可能である。

[0029] また、上記構成のポンプ 6 B において、パッシブモード（即ち、ポンプ停止時）では、電磁石 6 1 による磁気印加とヒータ 6 2 による加熱とが停止される。これにより、作動流体はポンプ 6 B から何らの作用を受けることなく液管 5 を流れる。なお、電磁石 6 1 が永久磁石である場合は、ヒータ 6 2 による加熱が停止されることで、上流と下流の磁気体積力の差が無くなり、作動流体の循環が停止される。

[0030] 図 4 は、図 1 のポンプ 6 としてタンク圧式ポンプ 6 C を採用した熱輸送システム 1 の概略構成を示す図である。図 4 に示すタンク圧式ポンプ 6 C は、液管 5 の途中に設けられたタンク 6 4 と、液管 5 においてタンク 6 4 よりも上流側に設けられたヒータ 6 3 とを含む。ヒータ 6 3 の加熱と非加熱との切り替えは、コントローラ 9 によって制御される。

[0031] 上記構成のポンプ 6 C において、アクティブモード（即ち、ポンプ稼働時）では、ヒータ 6 3 によって液管 5 を流れる作動流体が加熱される。これにより、作動流体の一部が気体に変化し、気泡を含む作動流体がタンク 6 4 へ流入してタンク 6 4 内の圧力が上昇し、タンク 6 4 から蒸発器 2 へ作動流体が強制的に流れる。

[0032] また、上記構成のポンプ 6 C において、パッシブモード（即ち、ポンプ停止時）では、ヒータ 6 3 による加熱が停止される。これにより、作動流体はポンプ 6 C から何らの作用を受けることなく液管 5 を流れる。

[0033] [傾斜センサ 7]

傾斜センサ 7 は、ループ型ヒートパイプ 1 0 の所定の基準姿勢からの傾き

を計測するための傾き情報を検出する。ループ型ヒートパイプ１０では、重力の作用で作動流体を循環させるために、作動流体循環に伴う圧力損失と、蒸発器２よりも凝縮器３に液作動流体が偏ることで生じるヘッド差とが釣り合っていないなければならない。一般に、ループ型ヒートパイプ１０は、水平面に設置され、蒸発器２と凝縮器３とが上記ヘッド差が釣り合うような高低差をもって配置される。そこで、ループ型ヒートパイプ１０の基準姿勢は、例えば、ループ型ヒートパイプ１０が水平面に設置されたときのループ型ヒートパイプ１０の姿勢としてよい。傾斜センサ７は、ループ型ヒートパイプ１０自身に取り付けられていてよい。或いは、傾斜センサ７は、ループ型ヒートパイプ１０が据え付けられる床などの、ループ型ヒートパイプ１０と一体的に挙動する要素に取り付けられていてよい。傾斜センサ７として、加速度センサ、又はジャイロセンサを利用したものが知られている。

[0034] 一般的な輸送機は、機体の傾きを検出する傾斜センサと、その傾斜センサの検出値に基づいて機体の傾きを表示する指示計とを備える。そこで、熱輸送システム１が輸送機に搭載される場合には、機体の傾きを表示する指示計の値が傾き情報として用いられてよい。

[0035] また、一般的な輸送機は、機体の姿勢を変化させるために、その指令を入力する操縦器（例えば、操縦桿、操舵輪など）を備える。そこで、熱輸送システム１が輸送機に搭載される場合には、操縦器に入力された機体の操縦指令（浮上指令、潜水指令、降下指令、旋回指令など）が傾き情報として用いられてよい。

[0036] [温度センサ８]

温度センサ８は、蒸発器２へ熱を与える熱源９９（即ち、冷却対象）の温度を計測するための温度情報を検出する。温度センサ８は、様々な種類の公知の温度センサの中から熱源９９の温度を計測するために適したものが選択される。

[0037] [コントローラ９]

コントローラ９は、傾斜センサ７及び温度センサ８と有線又は無線で電気

的に接続されており、これらの検出値を取得する。また、コントローラ 9 は、ポンプ 6 と有線又は無線で電氣的に接続されており、ポンプ 6 に制御信号を送信することにより、ポンプ 6 の動作を制御する。

[0038] コントローラ 9 は、いわゆるコンピュータであって、例えば、マイクロコントローラ、CPU、MPU、PLC、DSP、ASIC又はFPGA等の演算処理装置 90a（プロセッサ）と、ROM、RAM等の揮発性及び不揮発性の記憶装置 90bとを有する（いずれも図示せず）。記憶装置 90bには、演算処理装置が実行するプログラム、各種固定データ等が記憶されている。コントローラ 9 では、記憶装置 90bに記憶されたプログラム等のソフトウェアを演算処理装置 90aが読み出して実行することにより、前述の機能部を実現するための処理が行われる。なお、コントローラ 9 は単一のコンピュータによる集中制御により各処理を実行してもよいし、複数のコンピュータの協働による分散制御により各処理を実行してもよい。

[0039] [傾き監視処理の流れ]

ここで、コントローラ 9 によるループ型ヒートパイプ 10 の傾き監視処理の流れを説明する。コントローラ 9 では、演算処理装置 90aが記憶装置 90bから傾き監視プログラムを読み出してそれを実行することにより、傾き監視部 91、温度監視部 92、及び、ポンプ制御部 93としての機能するための各種処理を行う。傾き監視プログラムは、傾き監視モジュール、温度監視モジュール、及びポンプ制御を含み、コントローラ 9 に傾き監視処理を行わせる。図 5 は、コントローラ 9 による傾き監視処理の流れを示すフローチャートである。

[0040] 図 5 に示すように、コントローラ 9 の傾き監視部 91 は、傾斜センサ 7 から傾きに係る情報を取得する（ステップ S1）。傾き監視部 91 は、取得した傾きと所定の傾き閾値とを比較することにより、ループ型ヒートパイプ 10 の傾きを監視する（ステップ S2）。

[0041] ループ型ヒートパイプ 10 では、基準姿勢から姿勢が変化すると、蒸発器 2 と凝縮器 3 との高低差の変化によりヘッド差が変化し、作動流体の流動特

性の低下や熱抵抗の変化に伴って伝熱性能が低下する。このようなループ型ヒートパイプ10の伝熱性能の低下の許容範囲に基づいて、傾き閾値が設定されてよい。ループ型ヒートパイプ10の傾きが増大すると、やがてドライアウト（蒸発器2に作動流体が戻らなくなる現象）が生じ、熱輸送が停止する。このようなドライアウトが生じないように、傾き閾値が設定されてもよい。傾き閾値は、ループ型ヒートパイプ10に固有の値であり、ループ型ヒートパイプ10の設計値（即ち、蒸発器2及び凝縮器3の構造、基準姿勢における蒸発器2と凝縮器3との高低差、蒸気管4及び液管5の長さや径、作動流体封入量など）に基づいて実験により又はシミュレーションにより求められ、コントローラ9に設定される。

[0042] 定常状態の熱輸送システム1はパッシブモードにある。ループ型ヒートパイプ10の傾きが傾き閾値以下であれば（ステップS2でNO）、熱輸送システム1はパッシブモードとされ、ポンプ6が停止（又は、停止が維持）される（ステップS3）。一方、ループ型ヒートパイプ10の傾きが傾き閾値を超える値であれば（ステップS2でYES）、熱輸送システム1はアクティブモードとされ、ポンプ6が稼働（又は、稼働が維持）される（ステップS4）。具体的には、傾き監視部91は、傾きが傾き閾値を超える値であれば、ポンプ制御部93にポンプ6を稼働させる信号を出力する。ここで、ポンプ6は、作動流体の循環流量が所定の値に維持されるように、作動流体に循環駆動力を与えてよい。傾き監視部91は、処理をステップS1に戻して、ループ型ヒートパイプ10の傾きの監視を継続し、求めた傾きが傾き閾値以下となれば、ポンプ制御部93にポンプ6を停止させる信号を出力する。

[0043] 〔温度監視処理の流れ〕

続いて、コントローラ9による温度監視処理の流れを説明する。図6は、コントローラ9による温度監視処理の流れを示すフローチャートである。前述の傾き監視処理と温度監視処理とは、並行して行われてもよいし、それらのうち一方の処理が優先されてもよい。

[0044] 図6に示すように、コントローラ9の温度監視部92は、温度センサ8か

ら熱源 9 9 の温度情報を取得し（ステップ S 1 1）、取得した温度情報に基づいて熱源 9 9 の温度を求める（ステップ S 1 2）。ここで、温度監視部 9 2 は、温度センサ 8 から取得した情報が熱源 9 9 の温度を直接的に示すものであれば、上記のステップ S 1 1、S 1 2 は温度センサ 8 から熱源 9 9 の温度を取得するステップとして併合されてよい。温度監視部 9 2 は、熱源 9 9 の温度と所定の温度閾値とを比較することにより、熱源 9 9 の温度を監視する（ステップ S 1 3）。

[0045] 定常状態の熱輸送システム 1 はパッシブモードにある。熱源 9 9 の温度が温度閾値以下であれば（ステップ S 1 3 で N O）、熱輸送システム 1 はパッシブモードとされ、ポンプ 6 が停止（又は、停止が維持）される（ステップ S 1 4）。一方、熱源 9 9 の温度が温度閾値を超える値であれば（ステップ S 1 3 で Y E S）、熱輸送システム 1 はアクティブモードとされ、ポンプ 6 が稼働（又は、稼働が維持）される（ステップ S 1 5）。具体的には、温度監視部 9 2 は、取得した温度が温度閾値を超える値であれば、ポンプ制御部 9 3 にポンプ 6 を稼働させる信号を出力する。温度監視部 9 2 は、処理をステップ S 1 1 に戻して熱源 9 9 の温度の監視を継続し、求めた温度が温度閾値以下となれば、ポンプ制御部 9 3 にポンプ 6 を停止させる信号を出力する。

[0046] 以上に説明したように、本実施形態に係る熱輸送システム 1 は、熱源 9 9 からの受熱により液相の作動流体の少なくとも一部を気体に変化させる蒸発器 2、蒸発器 2 より上方に配置され気相の作動流体を液体に変化させる凝縮器 3、蒸発器 2 の出口と凝縮器 3 の入口とを連絡する蒸気管 4、及び、凝縮器 3 の出口と蒸発器 2 の入口とを連絡する液管 5 を含み、作動流体が封入されたループ型ヒートパイプ 1 0 と、液管 5 又は蒸気管 4 に設けられて、作動流体へ循環駆動力を与えるポンプ 6 と、ループ型ヒートパイプ 1 0 の姿勢の傾きを検出する傾斜センサ 7 と、傾きに基づいてポンプ 6 の動作を制御するコントローラ 9 とを備える。液管 5 内の作動流体は、ポンプ 6 の停止時に、ポンプ 6 からの作用を受けずに凝縮器 3 から蒸発器 2 へ流れ、ポンプ 6 の稼

働時に、ポンプ6からの作用を受けて凝縮器3から蒸発器2へ強制的に流れる。コントローラ9は、傾きが所定の傾き閾値を超えるときはポンプ6を稼働させ、傾きが傾き閾値以下のときはポンプ6を停止させる。

[0047] 換言すれば、コントローラ9は、傾き監視プログラム及び傾き閾値を記憶した記憶装置90bと、傾き監視プログラムを実行する演算処理装置90aとを備え、傾き監視プログラムは、演算処理装置90aに、傾きが所定の傾き閾値を超えるときはポンプ6を稼働させ、傾きが傾き閾値以下のときはポンプ6を停止させるように構成されている。

[0048] 上記の熱輸送システム1によれば、ループ型ヒートパイプ10の姿勢の傾きが閾値以下のとき、つまり、定常運転時は、ポンプ6は停止しており、外部エネルギーを必要とすることなく作動流体がループ型ヒートパイプ10を巡る。ループ型ヒートパイプ10の姿勢の傾きが閾値を超えるときは、重力による作動流体の循環駆動力が低下するが、それを補うようにポンプ6によって作動流体に循環駆動力が与えられる。このようにして、熱輸送システム1では、ループ型ヒートパイプ10の姿勢の変化に拘わらず、安定して作動流体が循環するので、安定した熱輸送量が得られる。また、上記の熱輸送システム1ではポンプ6の稼働のために外部エネルギーを必要とするが、ポンプ6は所定の条件のときにのみ稼働しそれ以外では停止しているので、ポンプ6が常時稼働する場合と比較して外部エネルギーの消費量を抑えることができる。このように、本発明の熱輸送システム1では、ループ型ヒートパイプ10の姿勢が変化しても安定した伝熱特性を発揮すること、及び、外部エネルギーの消費量を抑えることを両立できる。

[0049] 本実施形態に示したように、上記の熱輸送システム1は、蒸発器2の作動流体へ熱を与える熱源99の温度を検出する温度センサ8を更に備えていてよい。この場合、コントローラ9は、温度センサ8から熱源99の温度を取得して、温度が所定の温度閾値を超えるときはポンプ6を動作させ、温度が温度閾値以下のときはポンプ6を停止させる。

[0050] このように、作動流体の自然循環流量では熱源99を十分に冷却できない

とき、即ち、作動流体の循環流量が不足しているときには、不足する循環流量を補うようにポンプ 6 によって作動流体に駆動力が与えられることにより、作動流体の循環流量が増大し、熱輸送システム 1 の熱輸送量を増大させることができる。その結果、熱輸送システム 1 の伝熱特性を高め、熱源 9 9 を確実に所望の温度へ冷却することができる。

[0051] また、本実施形態に示したように、上記の熱輸送システム 1 において、ポンプ 6 は液管 5 に設けられた電動式ポンプ 6 A であって、液管 5 はポンプ 6 を迂回して作動流体を流すバイパス管 5 9 を含んでいてよい。

[0052] これにより、ポンプ 6 A の停止時は、作動流体はポンプ 6 A を迂回してバイパス管 5 9 を流れるので、作動流体の流れがポンプ 6 A によって阻害されない。

[0053] また、本実施形態に示したように、上記の熱輸送システム 1 において、作動流体が感温性磁性流体であり、ポンプ 6 B は、液管 5 を流れる作動流体に非一様磁場を印加する磁石 6 1 と、磁場の印加によって磁化された作動流体を加熱するヒータ 6 2 とを有していてよい。

[0054] このようなポンプ 6 B では、停止中のポンプ 6 B が当該ポンプ 6 B が設置された液管 5 を流れる作動流体に作用しない。よって、ポンプ 6 A を迂回するバイパス管 5 9 を備える場合と比較して、圧力損失を抑え、その結果、熱輸送システム 1 の伝熱特性を高めることができる。また、作動流体が磁石 6 1 やヒータ 6 2 と直接に接触しなく、機械駆動部がないためメンテナンスが容易であり、耐久性も高い。その上、上記構成のポンプ 6 B は、電動ポンプを使用する場合と比較して、省電力である。

[0055] また、本実施形態に示したように、上記の熱輸送システム 1 において、ポンプ 6 C は、液管の途中に設けられたタンク 6 4 と、タンク 6 4 内又はタンク 6 4 よりも作動流体の流れの上流側に設けられたヒータ 6 3 とを含み、ヒータ 6 3 の加熱により発生した蒸気の圧力によって作動流体へ循環駆動力を与えるものであってよい。

[0056] このようなポンプ 6 C では、停止中のポンプ 6 C が当該ポンプ 6 C が設置

された液管 5 を流れる作動流体に作用しない。よって、ポンプ 6 A を迂回するバイパス管 5 9 を備える場合と比較して、圧力損失を抑え、その結果、熱輸送システム 1 の伝熱特性を高めることができる。また、ポンプ 6 C は駆動部を含まないのでメンテナンスが容易であり、高寿命である。

[0057] 〔傾き監視処理の流れの変形例〕

前述の通り、熱輸送システム 1 で傾き監視処理と温度監視処理とが独立して行われてもよいが、これらの処理を組み合わせることによって、より経済的にループ型ヒートパイプ 1 0 の熱輸送量を安定化させることができ、蒸発器 2 による熱源 9 9 の冷却能力を安定化させることができる。

[0058] 図 7 は、コントローラ 9 による傾き監視処理の流れの変形例を示すフローチャートである。なお、コントローラ 9 の記憶部には、傾き閾値、第 1 の温度閾値、及び、第 2 の温度閾値が予め記憶されている。

[0059] 図 7 に示すように、コントローラ 9 の傾き監視部 9 1 は、傾斜センサ 7 から傾きに係る情報を取得する（ステップ S 3 1）。傾き監視部 9 1 は、取得した傾きと所定の傾き閾値とを比較することにより、ループ型ヒートパイプ 1 0 の傾きを監視する（ステップ S 3 2）。

[0060] 傾き監視部 9 1 は、傾きが所定の傾き閾値を超えた場合に（ステップ S 3 2 で Y E S）、温度センサ 8 から熱源 9 9 の温度を取得して（ステップ S 3 3）、熱源 9 9 の温度と所定の第 1 の温度閾値とを比較する（ステップ S 3 4）。傾き監視部 9 1 は、熱源 9 9 の温度が第 1 の温度閾値を超えていれば（ステップ S 3 4 で Y E S）、ポンプ制御部 9 3 にポンプ 6 を稼働させる信号を出力して（ステップ S 3 5）、処理をステップ S 3 1 に戻す。傾き監視部 9 1 は、熱源 9 9 の温度が第 1 の温度閾値以下であれば（ステップ S 3 4 で N O）、ポンプ制御部 9 3 にポンプ 6 を停止させる信号を出力する（ステップ S 3 6）、処理をステップ S 3 1 に戻す。

[0061] 一方、傾き監視部 9 1 は、傾きが所定の傾き閾値以下の場合に（ステップ S 3 2 で N O）、温度センサ 8 から熱源 9 9 の温度を取得して（ステップ S 3 7）、熱源 9 9 の温度と所定の第 2 の温度閾値とを比較する（ステップ S

38)。傾き監視部91は、熱源99の温度が第9の温度閾値を超えていれば（ステップS38でYES）、ポンプ制御部93にポンプ6を稼働させる信号を出力して（ステップS39）、処理をステップS31に戻す。傾き監視部91は、熱源99の温度が第1の温度閾値以下であれば（ステップS38でNO）、ポンプ制御部93にポンプ6を停止させる信号を出力して（ステップS40）、処理をステップS31に戻す。

[0062] ループ型ヒートパイプ10の傾きが傾き閾値を超えた場合は、傾きが傾き閾値以下の場合と比較して熱輸送能力が低いので、後者の場合よりも熱源99の温度が低いときから作動媒体の循環駆動力をポンプ6で補助して熱輸送能力を高めておくのがよい。そこで、第1の温度閾値は、第2の温度閾値と同じであるか、それよりも低いことが望ましい。これにより、作動媒体の循環駆動力が低下して熱源99の冷却が不十分となる前にポンプ6を動作させることができるので、熱源99の過度な温度上昇を予防することができる。

[0063] 以上に説明した通り、熱輸送システム1のコントローラ9は、傾きが所定の傾き閾値を超えた場合に、熱源99の温度が所定の第1の温度閾値を超えていればポンプ6を稼働させ、熱源99の温度が第1の温度閾値以下であればポンプ6を停止させ、傾きが所定の傾き閾値以下の場合に、熱源99の温度が所定の第2の温度閾値を超えていればポンプ6を稼働させ、熱源99の温度が第2の温度閾値以下であればポンプ6を停止させる。

[0064] 換言すれば、コントローラ9は、変形例に係る傾き監視プログラム、傾き閾値、第1温度閾値及び第2温度閾値を記憶した記憶装置90bと、変形例に係る傾き監視プログラムを実行する演算処理装置90aとを備え、変形例に係る傾き監視プログラムは、演算処理装置90aに、傾きが所定の傾き閾値を超えた場合に、熱源99の温度が所定の第1の温度閾値を超えていればポンプ6を稼働させ、熱源99の温度が第1の温度閾値以下であればポンプ6を停止させ、傾きが所定の傾き閾値以下の場合に、熱源99の温度が所定の第2の温度閾値を超えていればポンプ6を稼働させ、熱源99の温度が第2の温度閾値以下であればポンプ6を停止させるように構成されている。

[0065] 上記の熱輸送システム１では、ループ型ヒートパイプ１０の姿勢の傾きが傾き閾値を超える場合であっても、熱源９９の温度が第１の温度閾値以下であれば、冷却が十分であるとしてポンプ６を停止させる又は停止を継続させることにより、外部エネルギーを必要とすることなく作動流体がループ型ヒートパイプを巡る。よって、より経済的にループ型ヒートパイプ１０の熱輸送量を安定化させることができる。一方、上記の熱輸送システム１では、ループ型ヒートパイプ１０の姿勢の傾きが傾き閾値以下の場合であっても、熱源９９の温度が第２の温度閾値を超えていれば、ポンプ６を稼働させる又は稼働を継続させることにより、作動媒体の循環駆動力が補助される。よって、蒸発器２による熱源９９の冷却能力を安定化させることができる。このように、上記の熱輸送システム１では、ポンプ６の稼働のために外部エネルギーを必要とするが、ポンプ６は所定の条件のときにのみ稼働しそれ以外では停止しているので、ポンプ６が常時稼働する場合と比較して外部エネルギーの消費量を抑えることができる。よって、上記の熱輸送システム１では、ループ型ヒートパイプ１０の姿勢が変化しても安定した伝熱特性を発揮すること、及び、外部エネルギーの消費量を抑えることを両立できる。

[0066] [熱輸送システム１を搭載した輸送機]

次に、上記の熱輸送システム１を輸送機に適用した例を説明する。熱輸送システム１は、船舶（潜水艇を含む）、鉄道車両、自動車、及び航空機などの輸送機に搭載された発熱体を冷却するために利用することができる。図８は、熱輸送システム１を輸送機の一例としての航空機５０に適用した例を示す図である。

[0067] 図８には、航空機５０の胴体５１及び主翼５３の一部が示されている。胴体５１は、外板５２と、外板５２より客室側に設けられた内壁５４とを含む複層構造を有する。外板５２と内壁５４との間には、冷却室５５が形成されている。冷却室５５内は、飛行中に地上よりも著しく低温の外気（外部流体の一例）に晒される外板５２から伝わる冷熱によって低温となっている。或いは、外板５２に冷却室５５と連通される空気入口と空気出口とが設けられ

、飛行中の冷却室 55 にラムエアが導入されてもよい。また、飛行中に地上よりも著しく低温の外気に晒される主翼 53 の内部には燃料タンク 57 が設けられている。燃料タンク 57 及びそれに貯溜された燃料は外気によって冷却される。

[0068] 上記の航空機 50 には、2 組の熱輸送システム 1 が搭載されている。一方の熱輸送システム 1 は、胴体 51 の床上に設置された熱源 99 を冷却するためのものであり、熱源 99 と熱的に接続された蒸発器 2 と、冷却室 55 内に配置された凝縮器 3 と、蒸発器 2 と凝縮器 3 との間を接続する蒸気管 4 及び液管 5 と、液管 5 に設けられたポンプ 6 とを含む。冷却室 55 内には、凝縮器 3 に強制的に通気させるためのファン 56 が設けられている。この凝縮器 3 は、外気により冷却される冷却室 55 内の気体に放熱する。換言すれば、凝縮器 3 では、外気の冷熱を利用して作動流体を凝縮させることができる。しかも、航空機 50 では、飛行中に外気が常温よりも著しく低くなるので、蒸発器 2 が熱的に接続された熱源 99 と凝縮器 3 が放熱する媒体（冷却室 55 内の気体）との温度差が大きくなり、熱輸送システム 1 で高効率な熱輸送を行うことができる。

[0069] もう一方の熱輸送システム 1 は、胴体 51 内の床下に設置された熱源 99 を冷却するためのものであり、熱源 99 と熱的に接続された蒸発器 2 と、燃料タンク 57 内の液相内に配置された凝縮器 3 と、蒸発器 2 と凝縮器 3 との間を接続する蒸気管 4 及び液管 5 と、液管 5 に設けられたポンプ 6 とを含む。この凝縮器 3 は、外気により冷却される燃料に放熱する。換言すれば、凝縮器 3 では、外気の冷熱を利用して作動流体を凝縮させることができる。しかも、航空機 50 では、飛行中に外気が常温よりも著しく低くなるので、蒸発器 2 が熱的に接続された熱源 99 と凝縮器 3 が放熱する媒体（燃料）との温度差が大きくなり、熱輸送システム 1 で高効率な熱輸送を行うことができる。但し、燃料タンク 57 は外部流体と積極的な熱交換を行うものでなくてもよい。

[0070] 以上に説明したように、本実施形態に係る輸送機（例えば、航空機 50）

は、熱源 9 9 と、熱源 9 9 からの受熱により作動流体を蒸発させる蒸発器 2 を含む熱輸送システム 1 とを備える。前述の通り、熱輸送システム 1 では、ループ型ヒートパイプ 1 0 の姿勢の変化に拘わらず、安定して作動流体が循環し、安定した熱輸送量が得られる。よって、このような熱輸送システム 1 は、姿勢が逐次変化する輸送機に搭載された熱源 9 9 の冷却のために好適である。なお、熱源 9 9 は、特に限定されないが、例えば、制御盤やエンジンコントロールユニット（ECU）やその他コンピュータなどの発熱部品を含む電子機器、軸受などの摩擦熱が生じる機械部品、及び、電池などの発熱体や、客室空気などが挙げられる。

[0071] 本実施形態に示したように、上記輸送機は、外部流体に晒される外板 5 2、及び、外板 5 2 の内側に配置された室内壁 5 4 を有し、外板 5 2 と室内壁 5 4 との間に形成された冷却室 5 5 に凝縮器 3 が配置されていてよい。

[0072] このように、輸送機に搭載される熱輸送システム 1 では、外部流体（外気）の冷熱を利用して作動流体を凝縮させることができる。特に、外気が常温よりも著しく低くなるような環境で使用する輸送機では、蒸発器 2 が熱的に接続された熱源 9 9 と凝縮器 3 が放熱する媒体との温度差が大きくなり、熱輸送システム 1 で高効率な熱輸送を行うことができる。

[0073] また、本実施形態に示したように、上記輸送機は、燃料タンク 5 7 を有し、燃料タンク 5 7 の液相内に凝縮器 3 が配置されていてよい。

[0074] このように、輸送機に搭載される熱輸送システム 1 では、熱容量の大きい燃料タンク 5 7 を利用して作動流体を凝縮させることができる。特に、燃料タンク 5 7 が低温の外部流体と積極的な熱交換を行う場合には、蒸発器 2 が熱的に接続された熱源 9 9 と凝縮器 3 が放熱する媒体との温度差が大きくなり、熱輸送システム 1 でより高効率な熱輸送を行うことができる。

[0075] 以上に本発明の好適な実施の形態を説明したが、本発明の思想を逸脱しない範囲で、上記実施形態の具体的な構造及び／又は機能の詳細を変更したのも本発明に含まれ得る。

[0076] 例えば、上記実施形態のループ型ヒートパイプ 1 0 はサーモサイフォン式

に限られずウィック式が採用されてもよい。ウィック式のループ型ヒートパイプでは、凝縮器 3 から蒸発器 2 への作動流体を還流させるために、ウィックにおける作動流体の毛細管力を利用するが、重力も利用する。よって、本発明をウィック式のループ型ヒートパイプを備える熱輸送システムに適用しても前述と同様の効果が得られる。

符号の説明

[0077]	1	: 熱輸送システム
	2	: 蒸発器
	3	: 凝縮器
	4	: 蒸気管
	5	: 液管
	5 a	: 流路
	6	: ポンプ
	7	: 傾斜センサ
	8	: 温度センサ
	9	: コントローラ
	9 0 a	: 演算処理装置
	8 9 b	: 記憶装置
	1 0	: ループ型ヒートパイプ
	2 1	: 伝熱板
	2 2	: ハウジング
	2 3	: 作動流体収容室
	5 0	: 航空機（輸送機の一例）
	5 1	: 胴体
	5 2	: 外板
	5 3	: 主翼
	5 4	: 内壁
	5 5	: 冷却室

- 5 6 : ファン
- 5 7 : 燃料タンク
- 5 9 : バイパス管
- 6 1 : 電磁石
- 6 2, 6 3 : ヒータ
- 6 4 : タンク
- 6 5 : ケーシング
- 6 6 : 羽根車
- 6 7 : 電動モータ
- 9 1 : 傾き監視部
- 9 2 : 温度監視部
- 9 3 : ポンプ制御部
- 9 9 : 熱源

請求の範囲

[請求項1]

輸送機に搭載される熱輸送システムであって、

熱源からの受熱により液相の作動流体の少なくとも一部を気体に変化させる蒸発器、前記蒸発器より上方に配置され気相の前記作動流体を液体に変化させる凝縮器、前記蒸発器の出口と前記凝縮器の入口とを連絡する蒸気管、及び、前記凝縮器の出口と前記蒸発器の入口とを連絡する液管を含み、前記作動流体が封入されたループ型ヒートパイプと、

前記液管又は前記蒸気管に設けられて、前記作動流体へ循環駆動力を与えるポンプと、

前記ループ型ヒートパイプの姿勢の傾きを検出する傾斜センサと、
前記傾きに基づいて前記ポンプの動作を制御するコントローラとを
備え、

前記液管内の前記作動流体は、前記ポンプの停止時に、前記ポンプからの作用を受けずに前記凝縮器から前記蒸発器へ流れ、前記ポンプの稼働時に、前記ポンプからの作用を受けて前記凝縮器から前記蒸発器へ強制的に流れ、

前記コントローラは、前記傾きが所定の傾き閾値を超えるとときは前記ポンプを稼働させ、前記傾きが前記傾き閾値以下のときは前記ポンプを停止させる、

熱輸送システム。

[請求項2]

輸送機に搭載される熱輸送システムであって、

熱源からの受熱により液相の作動流体の少なくとも一部を気体に変化させる蒸発器、前記蒸発器より上方に配置され気相の前記作動流体を液体に変化させる凝縮器、前記蒸発器の出口と前記凝縮器の入口とを連絡する蒸気管、及び、前記凝縮器の出口と前記蒸発器の入口とを連絡する液管を含み、前記作動流体が封入されたループ型ヒートパイプと、

前記液管又は前記蒸気管に設けられて、前記作動流体へ循環駆動力を与えるポンプと、

前記ループ型ヒートパイプの姿勢の傾きを検出する傾斜センサと、

前記熱源の温度を検出する温度センサと、

前記ポンプの動作を制御するコントローラとを備え、

前記液管内の前記作動流体は、前記ポンプの停止時に、前記ポンプからの作用を受けずに前記凝縮器から前記蒸発器へ流れ、前記ポンプの稼働時に、前記ポンプからの作用を受けて前記凝縮器から前記蒸発器へ強制的に流れ、

前記コントローラは、

前記傾きが所定の傾き閾値を超えた場合に、前記熱源の温度が所定の第1の温度閾値を超えていれば前記ポンプを稼働させ、前記熱源の温度が第1の温度閾値以下であれば前記ポンプを停止させ、

前記傾きが所定の傾き閾値以下の場合に、前記熱源の温度が所定の第2の温度閾値を超えていれば前記ポンプを稼働させ、前記熱源の温度が前記第2の温度閾値以下であれば前記ポンプを停止させる、

熱輸送システム。

[請求項3] 前記第1の温度閾値は前記第2の温度閾値より低い、請求項2に記載の熱輸送システム。

[請求項4] 前記液管は、前記ポンプを迂回して前記作動流体を流すバイパス管を含む、
請求項1又は2に記載の熱輸送システム。

[請求項5] 前記作動流体が感温性磁性流体であり、前記ポンプは、前記液管を流れる前記作動流体に非一様磁場を印加する磁石と、磁場の印加によって磁化された前記作動流体を加熱するヒータとを有する、
請求項1又は2に記載の熱輸送システム。

[請求項6] 前記ポンプは、前記液管の途中に設けられたタンクと、前記タンク内又は前記タンクよりも前記作動流体の流れの上流側に設けられたヒ

ータとを含み、前記ヒータの加熱により発生した蒸気の圧力によって前記作動流体へ循環駆動力を与える、

請求項 1 又は 2 に記載の熱輸送システム。

[請求項7] 前記熱源の温度を検出する温度センサを更に備え、

前記コントローラは、前記温度センサから前記熱源の温度を取得して、前記温度が所定の温度閾値を超えるときは前記ポンプを動作させ、前記温度が前記温度閾値以下のときは前記ポンプを停止させる、
請求項 1 に記載の熱輸送システム。

[請求項8] 発熱体と、前記発熱体を熱源として前記作動流体を蒸発させる前記蒸発器を含む請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の熱輸送システムとを備える、
輸送機。

[請求項9] 外部流体に晒される外板、及び、前記外板の内側に配置された室内壁を有し、前記外板と前記室内壁との間に形成された冷却室に前記凝縮器が配置されている、
請求項 8 に記載の輸送機。

[請求項10] 燃料タンクを有し、前記燃料タンクの液相内に前記凝縮器が配置されている、
請求項 8 に記載の輸送機。

[図1]

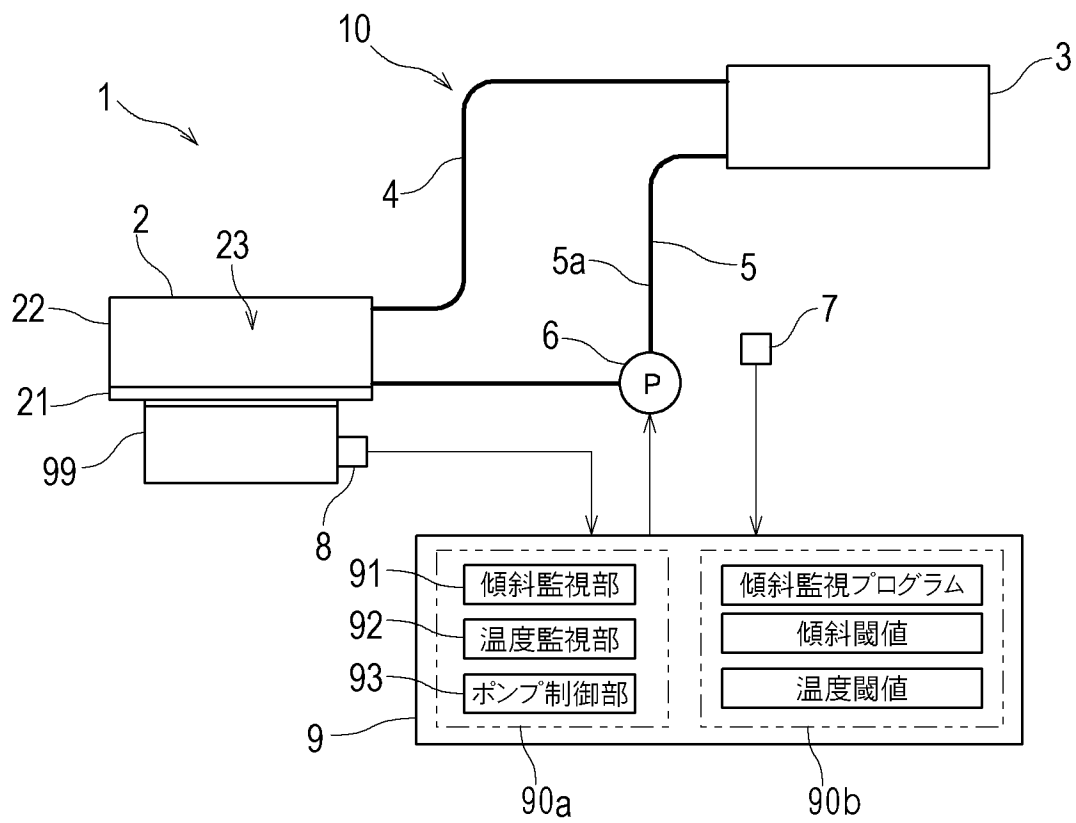


FIG.1

[図2]

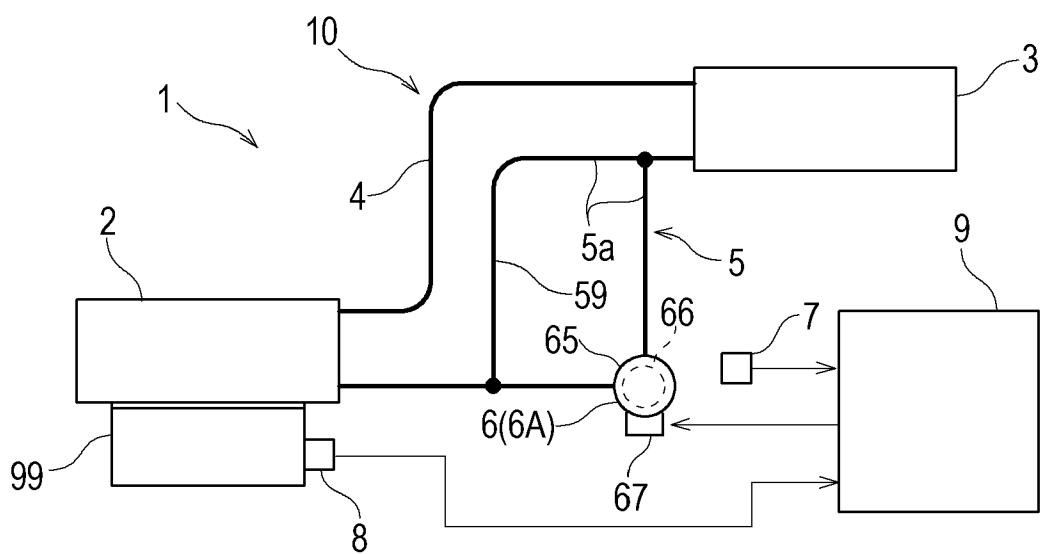


FIG.2

[図3]

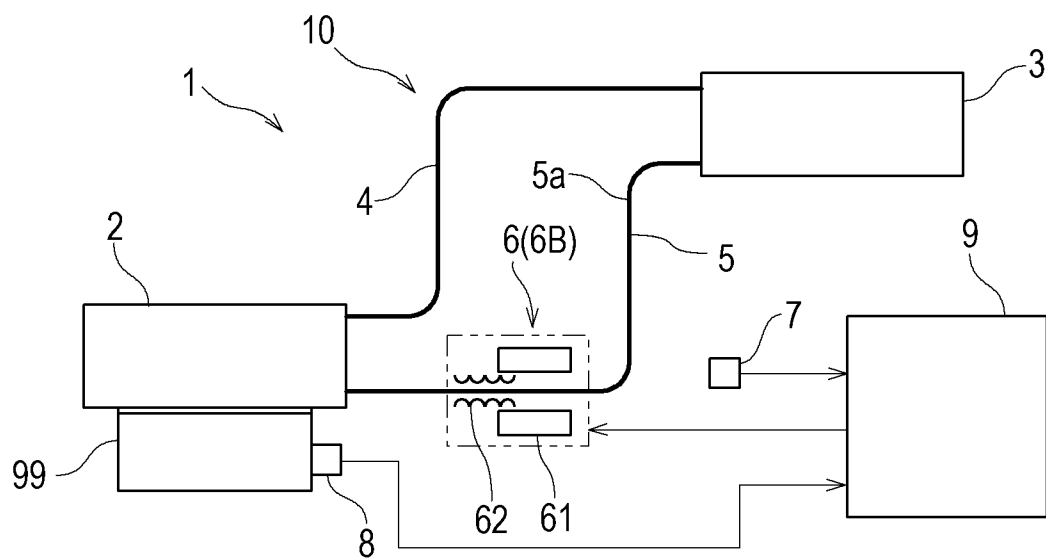


FIG.3

[図4]

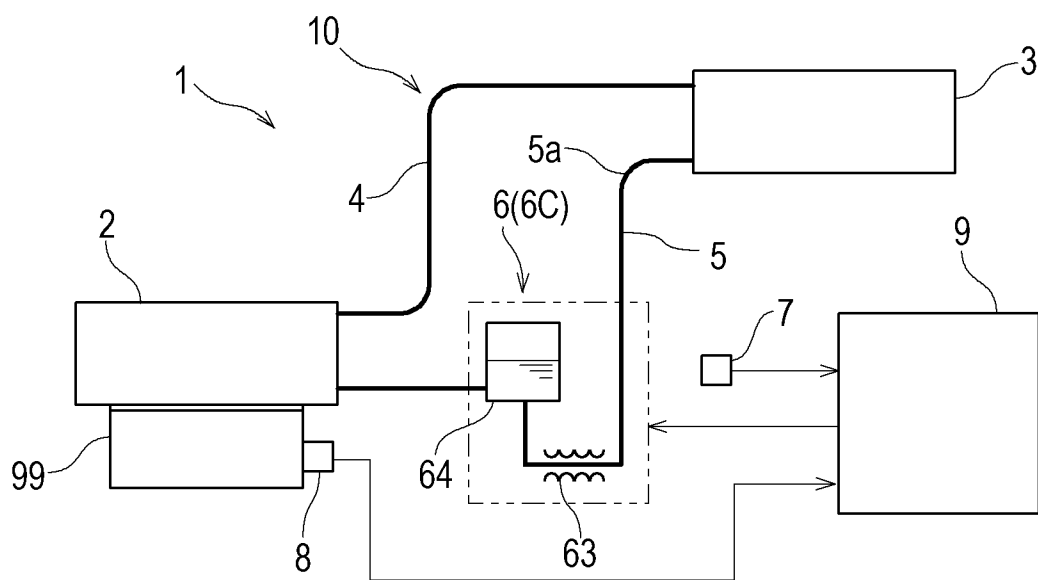


FIG.4

[図5]

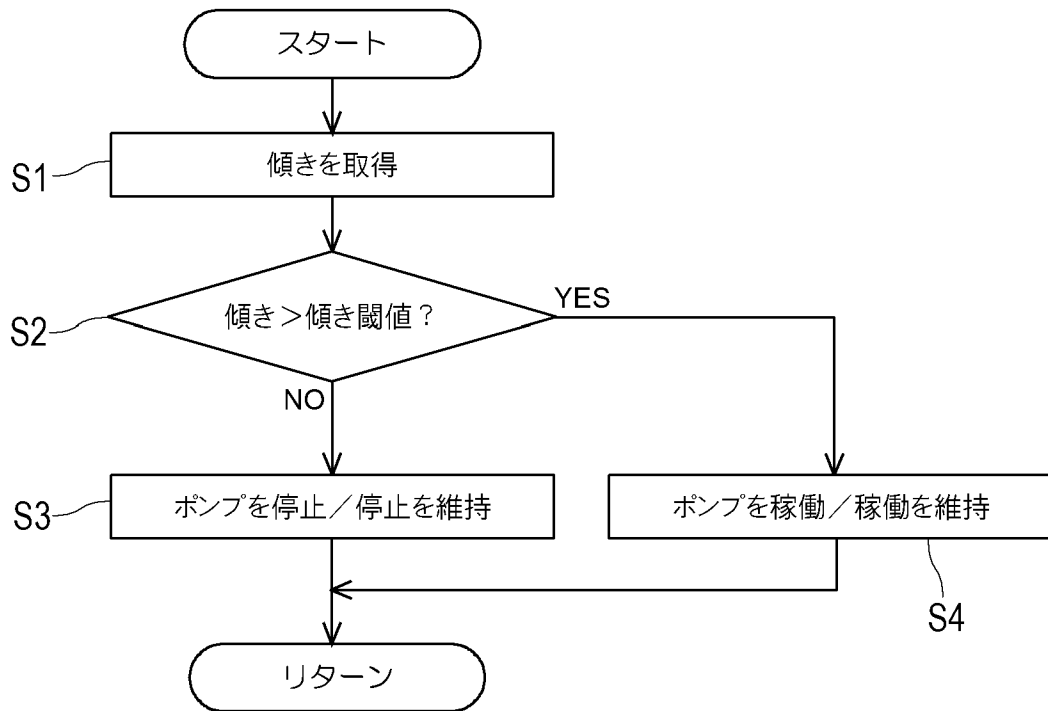


FIG.5

[図6]

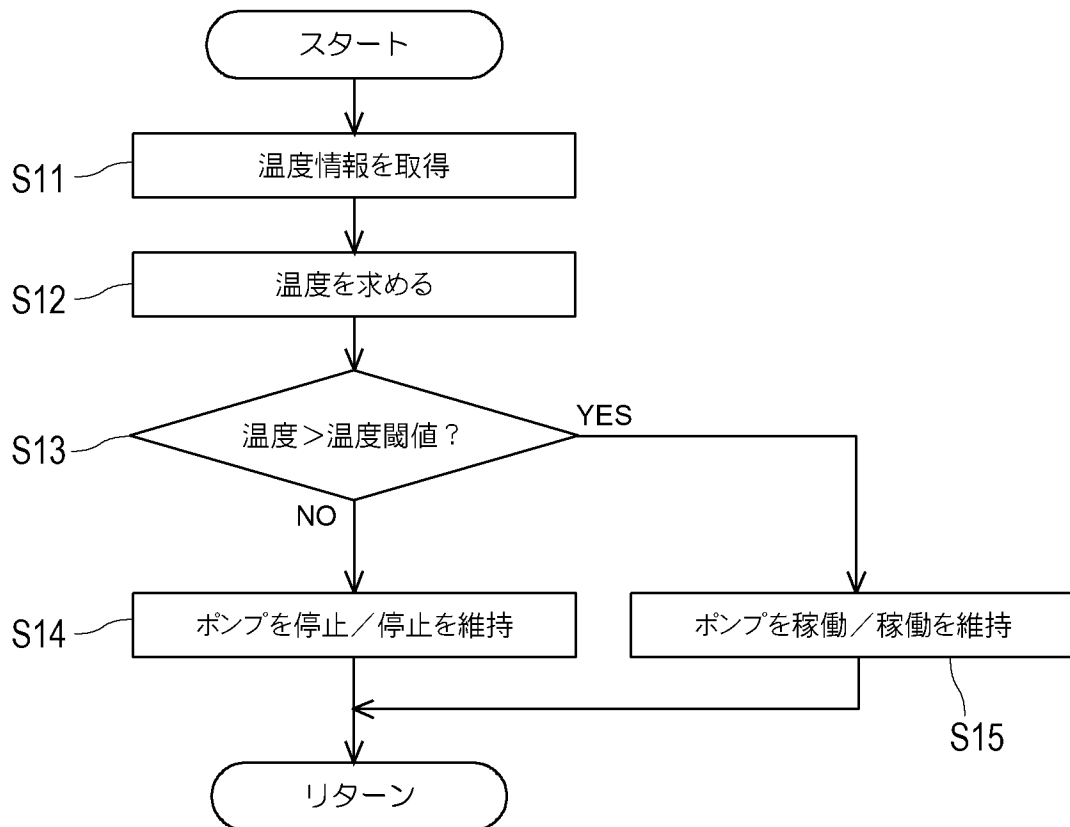


FIG.6

[図7]

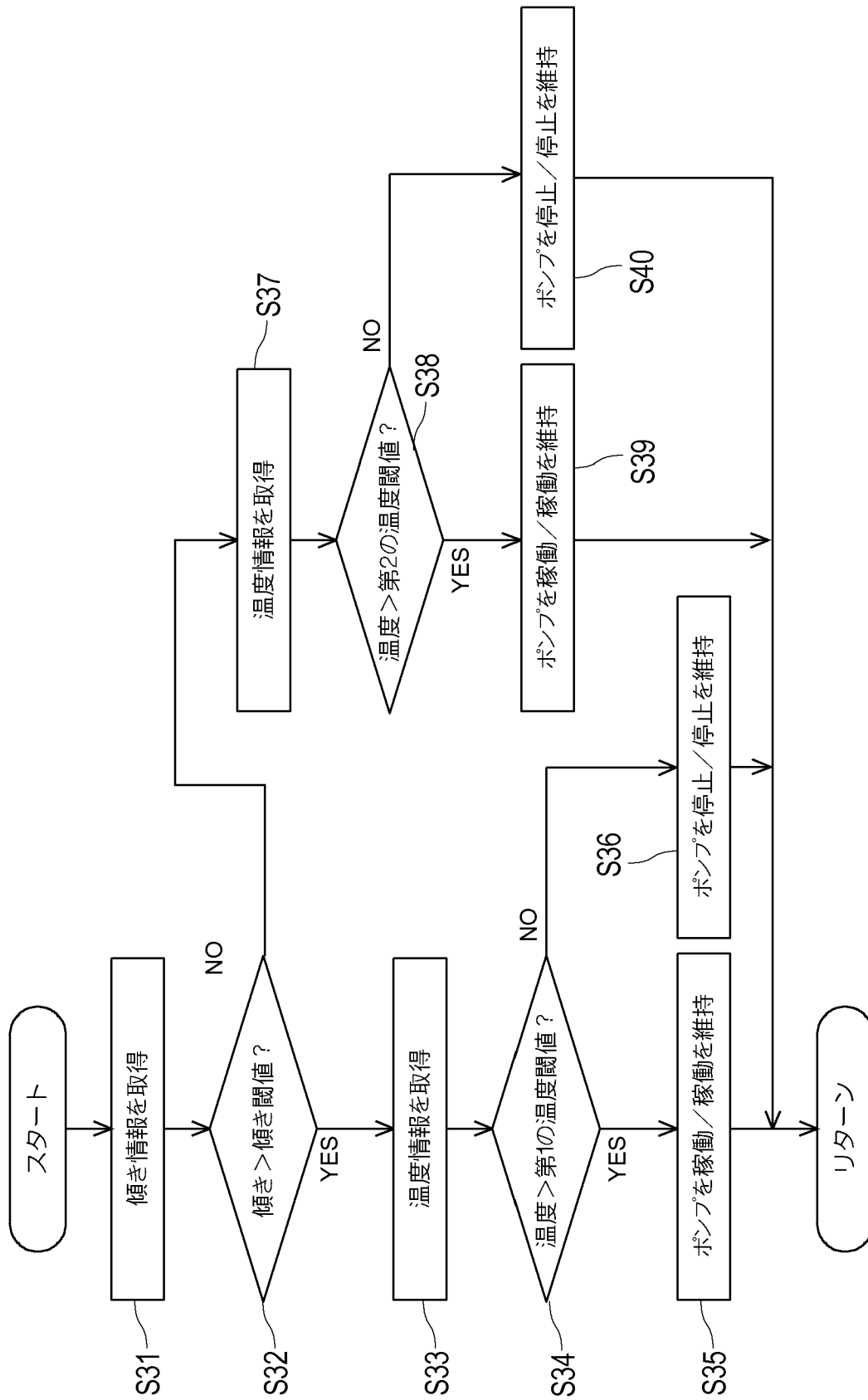


FIG.7

[図8]

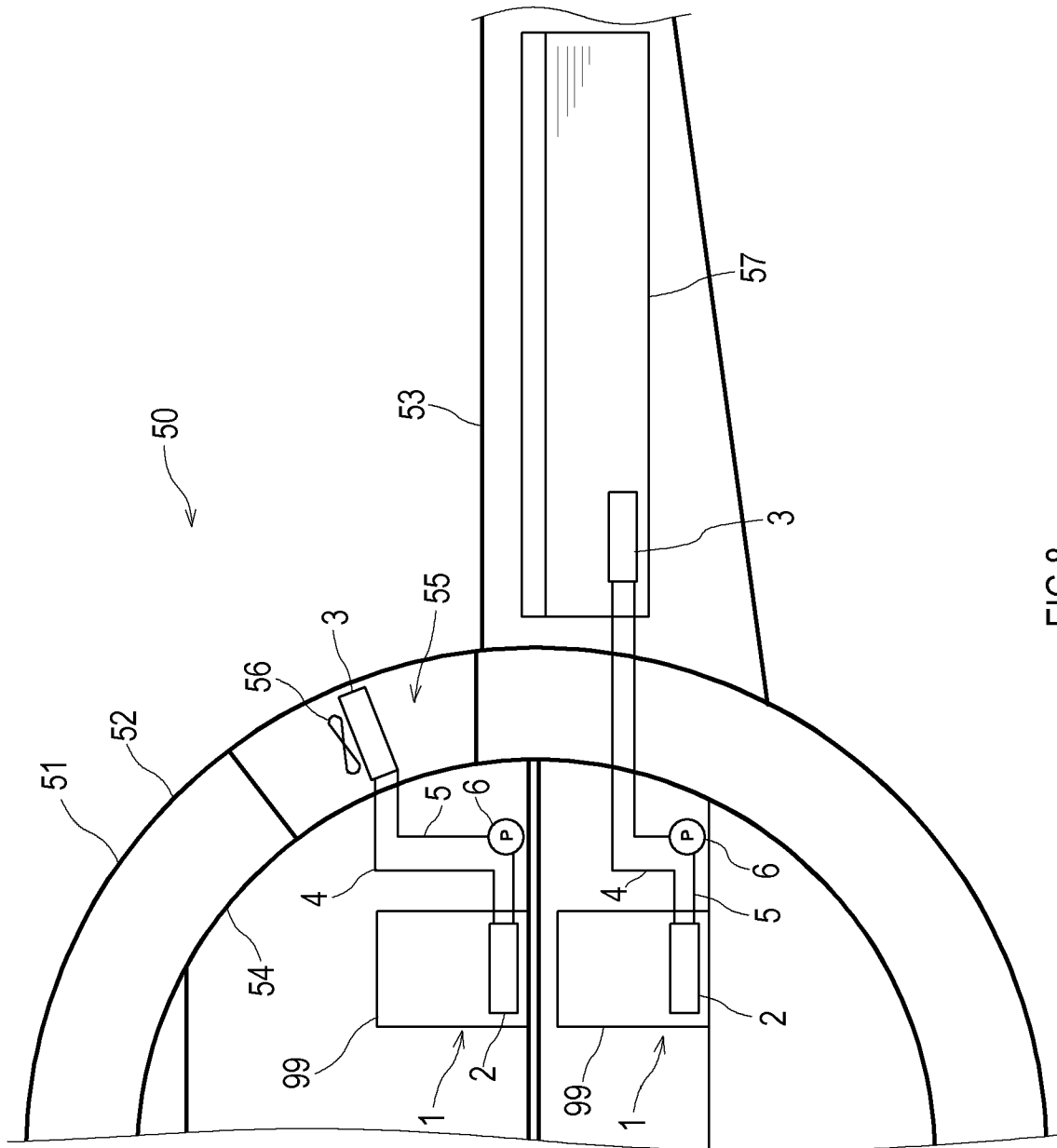


FIG. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/050595

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. F28D15/02 (2006.01) i, F28D15/06 (2006.01) i
FI: F28D15/06 D, F28D15/02 101L, F28D15/02 101C

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. F28D15/02, F28D15/06

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	WO 2018/047529 A1 (DENSO CORP.) 15 March 2018, paragraphs [0021]-[0063], [0121]-[0125], fig. 1-5, 8, 9	1-2, 4-10 3
Y A	JP 2013-191545 A (THE BOEING CO.) 26 September 2013, paragraphs [0020]-[0023], [0049], fig. 1, 2, 7	1-2, 4-10 3
Y A	JP 60-159565 A (SHIMADZU CORP.) 21 August 1985, page 2, lower right column, line 3 to page 3, upper left column, line 12, all drawings	1-2, 4-10 3
Y	JP 5-39963 A (SANKI ENGINEERING CO., LTD.) 19 February 1993, paragraphs [0015], [0019], [0020], fig. 1-3	4, 8-10

☒ 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
25.02.2020

Date of mailing of the international search report
10.03.2020

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 REPORTInternational application No.
PCT/JP2019/050595

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2014-134335 A (KRI INC.) 24 July 2014, paragraphs [0013]-[0018], fig. 1	5, 8-10
A	JP 2003-314910 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 06 November 2003, entire text, all drawings	1-10
A	JP 11-183066 A (TOSHIBA CORP.) 06 July 1999, entire text, all drawings	1-10
A	JP 10-231814 A (TDK CORP.) 02 September 1998, entire text, all drawings	1-10
A	JP 1-111197 A (ACTRONICS KK) 27 April 1989, entire text, all drawings	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2019/050595

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2018/047529 A1	15.03.2018	US 2019/0186843 A1 paragraphs [0027]- [0069], [0127]-[0130], fig. 1-5 CN 109690221 A	
JP 2013-191545 A	26.09.2013	US 2013/0189594 A1 paragraphs [0016]- [0019], fig. 1, 2, 7 US 2016/0380279 A1 EP 2621010 A1 CN 104457362 A	
JP 60-159565 A	21.08.1985	(Family: none)	
JP 5-39963 A	19.02.1993	(Family: none)	
JP 2014-134335 A	24.07.2014	(Family: none)	
JP 2003-314910 A	06.11.2003	US 2003/0200758 A1 entire text, all drawings CN 1458687 A	
JP 11-183066 A	06.07.1999	(Family: none)	
JP 10-231814 A	02.09.1998	(Family: none)	
JP 1-111197 A	27.04.1989	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F28D 15/02(2006.01)i; F28D 15/06(2006.01)i FI: F28D15/06 D; F28D15/02 101L; F28D15/02 101C		
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）） F28D15/02; F28D15/06		
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 1971-2020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		
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
Y A	WO 2018/047529 A1（株式会社デンソー） 15.03.2018（2018-03-15） 段落0021-0063, 0121-0125, 図1-5, 8-9	1-2, 4-10 3
Y A	JP 2013-191545 A（ザ・ボーイング・カンパニー） 26.09.2013（2013-09-26） 段落0020-0023, 0049, 図1-2, 7	1-2, 4-10 3
Y A	JP 60-159565 A（株式会社島津製作所） 21.08.1985（1985-08-21） 第2ページ右下欄第3行-第3ページ左上欄第12行, 図面	1-2, 4-10 3
Y	JP 5-39963 A（三機工業株式会社） 19.02.1993（1993-02-19） 段落0015, 0019-0020, 図1-3	4, 8-10
Y	JP 2014-134335 A（株式会社KR I） 24.07.2014（2014-07-24） 段落0013-0018, 図1	5, 8-10
A	JP 2003-314910 A（松下電器産業株式会社） 06.11.2003（2003-11-06） 全文, 全図	1-10
☒ 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、一般的な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 “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 25.02.2020		国際調査報告の発送日 10.03.2020
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） 田中 一正 3M 3532 電話番号 03-3581-1101 内線 3377

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 11-183066 A (株式会社東芝) 06.07.1999 (1999 - 07 - 06) 全文, 全図	1-10
A	JP 10-231814 A (ティーディーケイ株式会社) 02.09.1998 (1998 - 09 - 02) 全文, 全図	1-10
A	JP 1-111197 A (アクトロニクス株式会社) 27.04.1989 (1989 - 04 - 27) 全文, 全図	1-10

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/JP2019/050595

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2018/047529	A1	15.03.2018	US 2019/0186843 A1 段落 0027-0069, 0127-0130, FIGs. 1-5 CN 109690221 A	
JP	2013-191545	A	26.09.2013	US 2013/0189594 A1 段落0016-0019, FIGs. 1-2, 7 US 2016/0380279 A1 EP 2621010 A1 CN 104457362 A	
JP	60-159565	A	21.08.1985	(ファミリーなし)	
JP	5-39963	A	19.02.1993	(ファミリーなし)	
JP	2014-134335	A	24.07.2014	(ファミリーなし)	
JP	2003-314910	A	06.11.2003	US 2003/0200758 A1 全文, 全図 CN 1458687 A	
JP	11-183066	A	06.07.1999	(ファミリーなし)	
JP	10-231814	A	02.09.1998	(ファミリーなし)	
JP	1-111197	A	27.04.1989	(ファミリーなし)	