

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-44715

(P2010-44715A)

(43) 公開日 平成22年2月25日(2010.2.25)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
G 0 6 F 1 7 / 5 0 (2006.01) G O 6 F 1 7 / 5 0 6 5 O C 5 B O 4 6
 G O 6 F 1 7 / 5 0 6 3 4 C

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 43 頁)

(21) 出願番号	特願2008-210089 (P2008-210089)	(71) 出願人	000169499 高砂熟学工業株式会社
(22) 出願日	平成20年8月18日 (2008.8.18)	(74) 代理人	100100549 弁理士 川口 嘉之
		(74) 代理人	100090516 弁理士 松倉 秀実
		(74) 代理人	100089244 弁理士 遠山 勉
		(74) 代理人	100123098 弁理士 今堀 克彦
		(72) 発明者	今野 一富 東京都千代田区神田駿河台4丁目2番地5 高砂熟学工業株式会社内

最終頁に続く

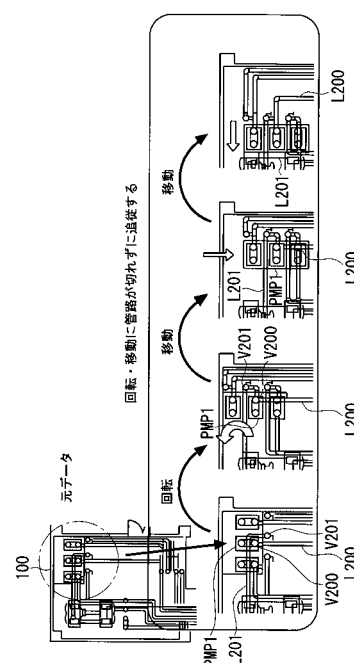
(54) 【発明の名称】 機器と配管を備えた設備の設計支援装置、プログラム、および方法

(57) 【要約】

【課題】設計対象を表示する表示画面上で配管に接続される機器を移動あるいは回転するときに、配管の接続状態を維持し、あるいは、切断された配管の接続状態を回復する。

【解決手段】画面上に、機器を示す図形と、機器に接続される配管を示す図形とを表示する表示制御手段と、画面上で機器を移動または回転する操作を受け付ける入力手段と、機器に接続される配管のうちで操作に応じて機器とともに移動または回転すべき配管の連動範囲を、配管と機器との接続部からの延伸距離または配管を構成する部材種類を基準にして確定する連動範囲確定手段と、連動範囲の境界にて、配管の切断点を設定し、機器および連動範囲の配管を操作にしたがって移動または回転する手段と、移動または回転後に、連動範囲側の配管の端部となる連動側切断点と連動範囲外の配管の端部となる固定側切断点とを管路で接続する管路形成手段とを備える。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

画面上に、機器を示す図形と、前記機器に接続される配管を示す図形とを表示する表示制御手段と、

前記画面上で前記機器を移動または回転する操作を受け付ける入力手段と、

前記機器に接続される配管のうちで前記操作に応じて前記機器とともに移動または回転すべき配管の連動範囲を、前記配管と前記機器との接続部からの延伸距離または前記配管を構成する部材の種類を基準にして確定する連動範囲確定手段と、

前記連動範囲の境界にて、前記配管の切断点を設定し、前記機器および前記連動範囲の配管を前記操作にしたがって移動または回転する配置手段と、

前記移動または回転後に、前記連動範囲側の前記配管の端部となる連動側切断点と前記連動範囲外の前記配管の端部となる固定側切断点とを管路で接続する管路形成手段とを備える設計支援装置。

【請求項 2】

前記連動範囲確定手段は、前記機器と配管との接続点から所定の延伸長さの範囲を第 1 の基準にして前記連動範囲を絞り込む手段を有する請求項 1 に記載の設計支援装置。

【請求項 3】

前記連動範囲確定手段は、前記機器から延伸する配管上で所定の部材が含まれる範囲を第 2 の基準にして前記連動範囲を絞り込む手段を有する請求項 1 または 2 に記載の設計支援装置。

【請求項 4】

前記連動側切断点と前記固定側切断点のいずれか一方の切断点が、配管の延伸方向を前記配管の中心軸に対して所定角度で、かつ、前記配管の中心軸周りに任意の方向に変更する継手上で前記配管に接続される相手配管側の接続口に位置する場合に、前記一方の切断点での前記継手からの相手配管の延伸方向を前記中心軸周りに回転する継手調整手段と、

前記管路形成手段が、前記継手からの相手配管の延伸方向が前記中心軸周りに回転した状態で、前記連動側接続点と前記固定側接続点との間に形成した管路の複雑さを、少なくとも管路の長さや管路が屈曲する節点の数とによって評価する評価手段と、をさらに備える請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の設計支援装置。

【請求項 5】

前記中心軸周りでの継手からの相手配管の延伸方向の指定を受け付ける手段をさらに備える請求項 4 に記載の設計支援装置。

【請求項 6】

コンピュータが、画面上に、機器を示す図形と、前記機器に接続される配管を示す図形とを表示する表示制御ステップと、

前記画面上で前記機器を移動または回転する操作を受け付ける入力ステップと、

前記機器に接続される配管のうちで前記操作に応じて前記機器とともに移動または回転すべき配管の連動範囲を、前記配管と前記機器との接続部からの延伸距離または前記配管を構成する部材の種類を基準にして確定する連動範囲確定ステップと、

前記連動範囲の境界にて、前記配管の切断点を設定し、前記機器および前記連動範囲の配管を前記操作にしたがって移動または回転するステップと、

前記移動または回転後に、前記連動範囲側の前記配管の端部となる連動側切断点と前記連動範囲外の前記配管の端部となる固定側切断点とを管路で接続する管路形成ステップと、を実行する設計支援方法。

【請求項 7】

画面上に、機器を示す図形と、前記機器に接続される配管を示す図形とを表示する表示制御ステップと、

前記画面上で前記機器を移動または回転する操作を受け付ける入力ステップと、

前記機器に接続される配管のうちで前記操作に応じて前記機器とともに移動または回転すべき配管の連動範囲を、前記配管と前記機器との接続部からの延伸距離または前記配管

10

20

30

40

50

を構成する部材の種類を基準にして確定する連動範囲確定ステップと、

前記連動範囲の境界にて、前記配管の切断点を設定し、前記機器および前記連動範囲の配管を前記操作にしたがって移動または回転するステップと、

前記移動または回転後に、前記連動範囲側の前記配管の端部となる連動側切断点と前記連動範囲外の前記配管の端部となる固定側切断点とを管路で接続する管路形成ステップと、をコンピュータに実行させるための設計支援プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、設備の設計支援技術に関する。

【背景技術】

【0002】

空調機、熱交換器、エアーコンプレッサ、流体を駆動するポンプ等の機器では、機器の周囲に多数の配管が配置され、設計が極めて複雑となる。さらに、そのような配管に接続される機器を含む設備の設計では、機器の配置を変更し、あるいは、最適化することが試みられる。そのような機器配置の変更、あるいは、最適化のための過程では、機器（または機器グループ）を移動し、あるいは、回転し、配置についての検討を繰り返して行なうことも多い。そのような設備の設計を支援する現在の設計支援装置（CAD）では、上記検討時に画面上の機器を操作する際に、配管と機器との接続状態が切れてしまい、つなぎ直しに多大な時間を要する場合もある。

【特許文献1】特開2001-188809号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明の課題は、配管に接続される機器を含む設備が一旦設計され、あるいは、そのような設備の設計途中において、設計対象を表示する表示画面上で配管に接続される機器（または機器グループ）を移動あるいは回転するときに、配管の接続状態を維持する機能、あるいは、切断された配管の接続状態を回復し、設計を支援する機能を実現することにある。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明は前記課題を解決するために、以下の手段を採用した。すなわち、本発明は、画面上に、機器を示す図形と、機器に接続される配管を示す図形とを表示する表示制御手段と、画面上で機器を移動または回転する操作を受け付ける入力手段と、機器に接続される配管のうちで操作に応じて機器とともに移動または回転すべき配管の連動範囲を、配管と機器との接続部からの延伸距離または配管を構成する部材の種類を基準にして確定する連動範囲確定手段と、連動範囲の境界にて、配管の切断点を設定し、機器および連動範囲の配管を操作にしたがって移動または回転する手段と、移動または回転後に、連動範囲側の配管の端部となる連動側切断点と連動範囲外の配管の端部となる固定側切断点とを管路で接続する管路形成手段とを備える設計支援装置として例示される。

【0005】

本設計支援装置は、機器とともに移動または回転すべき配管の連動範囲を確定し、その連動範囲の配管を機器とともに移動または回転する。さらに、移動または回転後に、連動範囲側の配管の端部となる連動側切断点と連動範囲外の配管の端部となる固定側切断点とを管路で接続する。したがって、設計対象の設備内で機器を移動しても、機器と配管との接続を維持した状態が表示される。

【0006】

この場合に、連動範囲確定手段は、機器と配管との接続点から所定の延伸長さの範囲を第1の基準にして連動範囲を絞り込むようにすればよい。また、連動範囲確定手段は、機器から延伸する配管上で所定の部材が含まれる範囲を第2の基準にして連動範囲を絞り込

10

20

30

40

50

むようにしてもよい。このように、機器からの距離、あるいは、機器に接続される配管上の部材に応じて、連動範囲を確定するので、機器との関連性の深い部分を絞り込むことができる。

【 0 0 0 7 】

また、本設計支援装置は、連動側切断点と固定側切断点のいずれか一方の切断点が、配管の延伸方向を配管の中心軸に対して所定角度で、かつ、配管の中心軸周りに任意の方向に変更する継手上で配管に接続される相手配管側の接続口に位置する場合に、一方の切断点での継手からの相手配管の延伸方向を中心軸周りに回転する手段と、管路形成手段が、継手からの相手配管の延伸方向が中心軸周りに回転した状態で、連動側接続点と固定側接続点との間に形成した管路の複雑さを、少なくとも管路の長さや管路が屈曲する節点の数によって評価する手段と、をさらに備えるようにしてもよい。

10

【 0 0 0 8 】

本設計支援装置によれば、接続されている配管の中心軸周りで回転できる継手の方向を変更するとともに、変更された方向での管路の複雑さを評価することで、複雑さの低い管路を形成するユーザの設計作業を支援できる。その場合に、中心軸周りでの継手からの相手配管の延伸方向の指定を受け付ける手段をさらに備えてもよい。すなわち、ユーザが設計支援装置に継手の望ましい方向を指示するようにしてもよい。

【 発明の効果 】

【 0 0 0 9 】

本発明によれば、設計対象を表示する表示画面上で配管に接続される機器を移動あるいは回転するときに、配管の接続状態を維持し、あるいは、切断された配管の接続状態を回復し、設計を支援できる。

20

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 0 】

以下、図面を参照して本発明を実施するための最良の形態（以下、実施形態という）に係る設計支援装置について説明する。以下の実施形態の構成は例示であり、本発明は実施形態の構成には限定されない。

【 0 0 1 1 】

< システムの概要 >

本設計支援装置は、配管に接続される機器を含む設備の設計を支援する。本設計支援装置は、画面に表示された設備中の機器をポインティングデバイス等によって選択し、画面上で移動、あるいは、回転する操作を受け付ける。すると、本設計支援装置は、機器を画面上で移動、あるいは、回転するとともに、その機器に近接する所定範囲の配管を機器と一体のものとして、画面上で移動、あるいは、回転する。さらに、移動あるいは回転後の機器および機器と一体のものとされた配管と、その配管の周囲の配管との境界部分に発生した配管の切断点を新たな経路の配管で接続する。その結果、画面上では、機器に追従して周囲の配管が移動あるいは回転するとともに、配管が新たな経路に沿って延伸されたように表示される。ここで、本実施形態で、移動および回転は、主として設計対象の設備中の機器に対する画面上の操作である。このうち、回転は、原則、操作対象である機器の向き（接続口の座標）が変化するが、機器の座標は変わらない。一方、移動では、機器の向き（接続口の方向）が変わらずに、機器の座標が変更される操作とすることができる。さらに、機器が回転しかつ移動する場合は、回転に含まれる。ただし、回転しかつ移動する場合は、回転操作と、移動操作とに、操作を分離組み合わせる処理してもよい。その場合に、移動が先か、回転が先かで、操作後の設計態様の状態が異なることになる。

30

40

【 0 0 1 2 】

図 1 に、このような機器および機器に一体化された配管の移動操作、回転操作の例を示す。図 1 では、3 台のポンプを含む機器 1 0 0 が画面上に表示されている。この場合、例えば、中央のポンプ P M P 1 に着目すると、画面（紙面）に対して垂直な方向にレベル差（高さの差）を有する 2 本の配管 L 2 0 0（ここでは、送液管）および L 2 0 1（ここでは、還液管）が配置されている。配管 L 2 0 0 は、バルブ V 2 0 0 によって、流路を開閉

50

可能となっている。また、バルブV200の下部には、図示されない90度継手が、ポンプPMP1との間に設けられ入る。また、配管L201は、バルブV201によって、流路を開閉可能となっている。また、図示されない縦管（画面に垂直な方向の管）が設けられ、縦管にバルブV201が横向きに設けられている。以下、画面上、ユーザが設計対象の機器を回転、あるいは、移動操作した場合に、本設計支援装置が、機器に接続されていた配管を追従して回転、あるいは、移動し、さらには、配管のつなぎ直しをする処理例を説明する。

【0013】

回転によって、ポンプPMP1については、バルブ201を備えた還液管縦管の入り口から送液管縦管の出口までの配管が、ポンプPMP1とともに回転し、バルブ201から元の配管L201に接続されている。一方、バルブV200につながる配管L200に関しては、回転後の配管は、基本的な処理では、回転前のバルブV200から画面で右方向に向かって延伸すべきである。しかし、継手は、機器側（ポンプPMP1側）の配管を回転軸として360度回転する自由度を有してプログラミングされている。したがって、機器の回転、あるいは、移動によって、機器とともに配管の一部が回転、移動し、その後、元の他方の接続点との間で配管を形成する場合にも、継手部分に関しては、配管を短くし、あるいは、途中の屈曲点に存在する継手を少なくすることを目的とする最適化処理が実行される。そこで、配管L200に関しては、最適化処理の結果、すでに描画されていた管路である配管L200をできるだけ活用すべく継手の次の配管の延伸方向が、画面内で下方向に変更され、元の配管L200がほぼ維持される形で、回転後のつなぎ直しが実行されている。図1では、次の操作で機器100が画面に下方に移動され、さらに、画面左方に移動されている。さらに、ポンプPMP1等の移動に伴って、例えば、配管L200、L201が追従して変更されている。なお、図1は、機器に接続されていた配管を機器に追従して回転、あるいは、移動し、さらには、配管のつなぎ直しをした処理結果である。本設計支援装置は、機器が所定の範囲に位置する配管を機器と一体にして移動するので、機器と一体にして移動される配管と、移動しない固定側の配管とは、処理上は、一旦破断する。その後、破断部分につなぎ直しの処理を実行することによって、図1のように、機器に追従して経路が変更された配管が画面に表示される。

【0014】

< ハードウェア構成 >

図2に、本設計支援装置のハードウェア構成を例示する。この設計支援装置は、例えば、パーソナルコンピュータと、パーソナルコンピュータで実行されるコンピュータプログラムによって実現される。また、この設計支援装置は、複数のパーソナルコンピュータにサービスを提供するサーバ上のプログラムとして実現してもよい。また、本設計支援装置は、複数のコンピュータが連携して機能を提供するコンピュータシステムとして実現してもよい。例えば、1以上のデータベースサーバと、1以上のシミュレータと、1以上のウェブサーバとによって、設計支援装置を実現してもよい。

【0015】

図2は、本設計支援装置を構成するコンピュータの一例である。本設計支援装置は、CPU1と、メモリ2と、各種インターフェース3、5、7、9、11と、これらのインターフェースを通じてCPU1に接続される周辺装置とを含む。図2では、周辺装置の例として、ハードディスク4、入力装置6、表示装置8、ネットワークインターフェース10、および着脱可能記憶媒体駆動装置12が示されている。

【0016】

CPU1は、メモリ2に展開されたプログラムを実行し、設計支援装置の機能を提供する。メモリ2は、CPU1が実行可能な形式でプログラムを保持する。また、メモリ2は、CPU1が処理するデータを保持する。メモリ2は、DRAM（ダイナミックランダムアクセスメモリ）、ROM（リードオンリーメモリ）等である。ただし、メモリ2として、フラッシュメモリを用いてもよい。

【0017】

ハードディスク駆動装置 4 は、ハードディスクにアクセスし、CPU 1 が処理したデータ、CPU 1 で実行されるプログラム等を記憶する。入力装置 6 は、例えば、キーボード等の文字入力装置、マウス等のポインティングデバイスなどである。表示装置 8 は、例えば、液晶ディスプレイ、エレクトロルミネッセンスパネル等である。

【0018】

ネットワークインターフェース 10 は、例えば、LAN（ローカルエリアネットワーク）基板である。着脱可能媒体駆動装置 12 は、例えば、CD-ROM、DVD、フラッシュメモリカード等の駆動装置である。なお、CPU 1 で実行されるプログラムは、通常、ネットワークインターフェース 10、あるいは、着脱可能記憶媒体駆動装置 12 を通じて、ハードディスクに保存され、メモリ 2 に展開される。

10

【0019】

< 機能ブロック >

図 3 に、本設計支援装置の機能ブロック図を例示する。図 3 のように、本設計支援装置の機能は、表示装置 8 および入力装置 6 を制御し、設計支援装置の機能を提供する制御部 20 によって実現される。制御部 20 は、例えば、図 2 に示した CPU 1、メモリ 2 等の構成と、図 2 のメモリ 2 に展開され、CPU 1 で実行されるコンピュータプログラムとによって実現される。このプログラムは、コンピュータが読み取り可能で、コンピュータから着脱可能な記憶媒体に格納し、コンピュータにインストールするようにしてもよい。また、ネットワーク上のサーバからコンピュータにダウンロードし、インストールするようにしてよい。また、プログラム自体は、ネットワーク上のサーバにインストールしておき、プログラムの機能だけをコンピュータを利用するユーザに提供してもよい。

20

【0020】

図 3 のように、本設計支援装置の制御部 20 は、表示制御手段 21、入力手段 22、制御手段 20A、連動範囲確定手段 23、配置手段 24、管路形成手段 25、継手調整手段 26、評価手段 27 および記憶装置 28 を有している。

【0021】

このうち、表示制御手段 21 は、CPU 1 からの指令にしたがって、CPU 1 が処理した情報を表示装置 8 に表示する。表示制御手段 21 は、例えば、部材を表す図形要素を位置関係にしたがって配置することによって管路を画面上に表示する。

【0022】

また、入力手段 22 は、入力装置 6 に対するユーザ操作を検知し、CPU 1 に伝達する。入力手段 22 は、例えば、画面上で機器を移動または回転する操作を受け付ける。

30

【0023】

表示装置 8、入力装置 6、表示制御手段 21、および入力手段 22 は、例えば、画面上の GUI（グラフィックスユーザインターフェース）部品の表示と、GUI 部品に対する操作を検知し、ユーザインターフェースを構成する。

【0024】

制御手段 20A は、例えば、設計支援装置を構成する演算処理部分に相当する。より具体的には、制御手段 20A は、演算処理部分のメインプログラムによって実現される。この制御手段 20A に、多数の演算処理の部品、例えば、コンピュータプログラムのモジュールが組み合わされている。以下、そのような演算処理の部品を例示する。

40

【0025】

連動範囲確定手段 23 は、機器に接続される配管のうちで操作に応じて機器とともに移動または回転すべき配管の連動範囲を確定する。この連動範囲は、例えば、配管と機器との接続部からの延伸距離または配管を構成する部材の種類を基準にして確定すればよい。

【0026】

機器にはその廻りの管路に弁や流量計・温度計・圧力計等の計器が付設される。現場施工の都合や竣工後の改修時に機器を動かす作図をするとき、これら弁・計器等機器の作動のための部材（機器の運転管理をする保守員にとっては対象の近傍での操作・点検が望ましい）と一緒に移動できれば CAD 機能として有用である。一方、制限なく連動すること

50

を考えると、例えばポンプと接続される冷凍機や空調機の入口からの配管から連動して移動すると、設備の他の配管・配線との干渉までチェックし直さなくてはならない。このため、すでに検討した結果を活かすためには連動範囲を制限できる指定ができることが望ましい。

【 0 0 2 7 】

配置手段 2 4 は、連動範囲の境界にて、配管の切断点を設定し、機器および連動範囲の配管を操作にしたがって移動または回転する。管路形成手段 2 5 は、移動または回転後に、連動範囲側の配管の端部となる連動側切断点と連動範囲外の配管の端部となる固定側切断点とを管路で接続する。このようにして、機器の移動、または、回転に伴った、配管が分離された場合も、再度接続され得る。この場合、管路の切断->再接続の過程を必ずしもユーザが視認できるとは限らない。例えば、配管が分離された後の再接続処理が、ユーザの介入を待たずに自動実行されるモードでは、コンピュータの処理速度によっては、再接続されたか否かは、ユーザからは視認できない。一方、再接続前にユーザの介入を待つモード、あるいは、再接続処理をスローモーションで実行するモードでは、再接続されたか否かが、ユーザから視認できる。

【 0 0 2 8 】

継手調整手段 2 6 で扱う継手は、配管の延伸方向を配管の中心軸に対して所定角度（90度、45度、その他）で、かつ、配管の中心軸周りに任意の方向（0～360度の範囲）に変更する部材である。継手調整手段 2 6 は、回転、移動側切断点と固定側切断点のいずれか一方の切断点が、そのような継手上に位置する場合に、その一方の切断点での継手からの相手配管への延伸方向を、接続元の配管の中心軸周りに回転する。これによって、継手の相手配管への方向が設定される。

【 0 0 2 9 】

一方、評価手段 2 7 は、中心軸周りに継手からの相手配管の延伸方向が回転した状態で、連動側接続点と固定側接続点との間に形成した管路の複雑さを、少なくとも管路の長さや管路が屈曲する節点の数とによって評価する。したがって、継手の向きを設定した場合に、その継手から形成される管路の複雑さが評価され、形成された管路を採用するか否かの判断基準となる情報が提供される。

【 0 0 3 0 】

以上の制御手段 2 0 A の部品（モジュール）は、記憶装置 2 8 のデータを参照しつつ、演算処理を実行する。記憶装置 2 8 には、本設計支援装置の様々な管理情報、機器の属性情報、配管および部材の接続関係を示す情報等が格納される。

【 0 0 3 1 】

< データ構造 >

図 4 A から図 5 C に、本設計支援装置が処理する主要なデータの構造を示す。これらのデータ構造で示す情報はメモリ 2 またはハードディスク上のファイルに格納される。

【 0 0 3 2 】

図 4 A に、配管の経路を記述するルート情報のデータ構造例を示す。ルート情報は、単一のデータファイルに、ルート情報を格納してもよいし、個々の接点ごとに異なるファイルに情報を格納し、複数のファイルの集合によってルート情報を構成してもよい。

【 0 0 3 3 】

ルート情報は、節点と節点との接続関係を示すリスト構造 2 0 0 と、先頭節点へのポインタを示す先頭指示情報 2 0 1 とで構成される。先頭指示情報 2 0 1 は、ルート識別情報と、先頭節点へのポインタとを含む。ルート識別情報は、個々の経路をユニークに識別する情報である。

【 0 0 3 4 】

先頭節点へのポインタは、先頭の節点の要素情報 2 0 2 を指す情報であり、例えば、先頭節点の情報を有する要素情報 2 0 2 のアドレスである。また、要素情報 2 0 2 は、次の節点へのポインタ、上流へのポインタ、枝分かれ節点へのポインタ、および節点識別情報を含む。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 5 】

このうち、次の節点へのポインタは、当該節点に隣接する次の節点の要素情報を指すポインタである。また、上流へのポインタは、リスト構造をさかのぼる方向、すなわち、逆方向へのポインタである。また、枝分かれ節点へのポインタは、当該節点分岐しているときに、分岐経路の先頭を示すポインタである。また、節点識別情報は、図 4 C の節点定義ファイルで定義された節点の識別情報である。この節点識別情報をキーに節点情報ファイルを検索することで、当該節点の属性を読み出すことができる。

【 0 0 3 6 】

本設計支援装置は、このようなデータ構造で定義される配管のルートを検索し、配管に含まれる部材を抽出する。さらに、本設計支援装置は、その配管に代わる新たな管路を生成し、基の配管から抽出された部材を配置する。

10

【 0 0 3 7 】

図 4 B は、部材配置情報ファイルのデータ構造例を示す図である。部材配置情報ファイルは、管路を構成する部材の種類と、部材の接続点を記録するファイルである。部材配置情報ファイルは、配置識別情報と、基準座標、始点の節点識別情報、終点の節点識別情報および属性を有する。

【 0 0 3 8 】

配置識別情報は、配置された部材を個々に識別する識別情報である。部材は、管路上の区間を占有するので、配置識別情報は、部材の存在する区間の識別情報と考えることもできる。

20

【 0 0 3 9 】

基準座標は、部材ごとの原点の位置する座標である。部材ごとの原点は、部材内の座標系の原点である。始点の節点識別は、管路上で、当該部材が占有する区間の開始点に相当する節点を識別する情報である。また、終点の節点識別は、管路上で、当該部材が占有する区間の終了点に相当する節点を識別する情報である。これらの識別情報は、ルート情報で説明した節点識別情報と同一の情報である。したがって、始点の節点識別と終点の節点識別とによって、部材の管路上の占有区間が特定されることになる。さらに、節点定義ファイルを参照することによって、始点から終点への管路方向を特定できる。

【 0 0 4 0 】

また、属性は、接点と接点とで挟まれた管路部分の属性である。この管路部分には、1 つの部材が配置される。本実施形態では、属性として、部材、接続口の順序、および分岐ある場合の分岐の向きを有する。部材は、節点に配置されている部材の種類を特定する。

30

【 0 0 4 1 】

部材の種類は、例えば、機器（接続口）、バルブ、45 度継手、90 度継手、45 度の整数倍の角度以外の角度で経路を替える継手（任意角継手という）、レジューサ等が設定される。なお、部材の種類としては、部材マスタ（図 5 参照）に定義されている部材識別情報が指定される。また、接続口の順序は、その節点において管路（始点から終点）に対して部材が正方向に配置されるか、逆方向に配置されるかを記録する。各部材の正方向と逆方向とは、それぞれの部材ごとに、部材マスタに定義される。なお、接続される管路の方向に垂直な中心面に対して対称な部材の場合には、向きを記録する必要がない。

40

【 0 0 4 2 】

分岐のある場合の分岐の向きとしては、X Y Z 軸で定められる座標系での単位ベクトルが指定される。

【 0 0 4 3 】

図 4 C に、節点定義ファイルのデータ構造を示す。節点定義ファイルは、節点識別情報と、その節点識別情報で指定される節点の座標を定義したファイルである。節点定義ファイルの 1 レコードに 1 節点が定義される。図 4 C では、表の 1 行が 1 レコードに相当する。また、図 4 C の節点定義ファイルで定義されている節点の節点識別情報が、図 4 A および図 4 B の節点識別情報に使用される。

【 0 0 4 4 】

50

図 5 A に、部材マスタのデータ構造例を示す。部材マスタは、本設計支援装置が取り扱う部材を定義したファイルである。部材マスタの 1 つのレコードは、部材識別情報、部材名、およびそれぞれの部材別仕様テーブルへのポインタを含む。

【 0 0 4 5 】

部材識別情報は、本設計支援装置にてそれぞれの部材の種類をユニークに識別する情報である。部材名は、それぞれの部材の名称である。部材名としては、例えば、弁類、分岐継手（チーズともいい、以下単に「分岐」ともいう）、レギュレーサ（レギュレーサ継手ともいう）、フランジ、縦管等を例示できる。部材別仕様テーブルへのポインタは、弁類、分岐、レギュレーサ、フランジ、縦管等、それぞれの部材の仕様を定義したテーブルへの格納先を定義する。ここで、格納先とは、それぞれの部材の仕様を定義したテーブルのファイルパス名、あるいは、メモリ上の先頭アドレス等である。

10

【 0 0 4 6 】

このように、本設計支援装置は、部材マスタから、それぞれの部材別仕様テーブルへのポインタを検索し、それぞれの部材の寸法、管路方向の長さ、接続口の数、接続の向き、分岐の有無、分岐の方向、分岐方向の突き出し量、それぞれの部材を画面に表示するときのグラフィックスシンボル（画像パターン、部材を示す線図形）等を取得する。

【 0 0 4 7 】

図 5 B に、機器マスタのデータ構造例を示す。機器マスタは、個々の機器ごとにその機器の属性を記録した情報である。機器マスタは、機器固有の情報が登録され、機器が設置される設置現場、設置建物等によって影響を受ける情報は登録されない。また、機器マスタの情報は、新たな機器の追加にしたがってユーザにより順次登録される。図 5 B は、機器マスタの 1 レコード例であり、1 つの機器についての情報を示している。機器マスタは、機器識別情報、外形形状情報へのポインタ、配置基準点、接続口数、および接続口ごとの情報の並びを有する。

20

【 0 0 4 8 】

機器識別情報は、個々の機器をユニークに識別する情報である。外形形状情報へのポインタは、機器の外形を示す図形情報へのポインタであり、例えば、図形情報を格納したファイルのパス名である。外形形状情報は、例えば、頂点列、平面、曲面等サーフェイスの組み合わせ、ソリッド等で記述される。ソリッドは、立体形状であり、立体表面の法線ベクトルによって、表面の向き、および表面に囲まれた立体内部を識別可能なモデルである。

30

【 0 0 4 9 】

配置基準点は、設備内の座標系で機器を設置する位置（設備内配置点と呼ぶ）に対して、機器を位置付けるべき機器内の位置である。配置基準点が、（0，0）の場合には、機器の原点が、設備内配置点に位置付けられる。したがって、配置基準点は、機器を設備内に位置付けるときのシフト量の符号を反転したものとも考えることができる。このようなシフト量も、機器ごとに機器マスタに設定しておくことで、機器の種類ごとに、一括してシフト量を定義できるようにしている。なお、機器が設置される設置現場、設置建物等内の実際の位置は、別途、設備内の座標系で指定されることになる。

【 0 0 5 0 】

接続口数は、当該機器が有する接続口の個数である。接続口ごとの情報の並びは、接続口数だけ、接続口の座標、用途分類、サイズ、系統、方向、および接続点ベクトルを有する。接続口ごとの情報は、接続口の個数だけ列記される。なお、機器マスタの 1 レコードは、接続口の個数の最大値だけ接続口ごとの情報を格納可能な固定長レコードである。ただし、接続口の個数によってデータ長の異なる可変長レコードで機器マスタを構成してもよい。

40

【 0 0 5 1 】

接続口の座標は、機器内の座標系（U V W 座標系）での接続口の位置を示す座標値である。用途分類、サイズ、系統、および方向は、図 3 で説明したものと同様である。接続点ベクトルは、接続口に接続される配管の接続口から配管を見た、配管の配置方向を示す単

50

位ベクトルである。接続点ベクトルは、機器がソリッドモデル、あるいは、サーフェイスモデルで記述される場合には、通常、表面の法線ベクトルと一致する。したがって、接続点ベクトルは省略して、機器の外形の法線ベクトルから配管の配置方向を設定するようにしてもよい。機器マスタを格納するメモリ 2、あるいは、ハードディスクのファイルが、機器接続位置記憶手段 26、および機器属性記憶手段 27 に相当する。

【0052】

図 5C に、配置機器情報テーブルのデータ構造例を示す。配置機器情報は、それぞれの機器を作図画面中の設備に配置したときに設定される情報を含む。配置機器情報は、配置機器識別情報、機器識別情報、設備内配置点、向き、外形形状情報へのポインタ、接続口数、および接続口ごとの情報の並びを有する。

10

【0053】

このうち、配置機器識別情報は、作図画面内に配置された機器をユニークに識別する情報である。例えば、同一の種類の機器が、複数配置された場合には、それぞれ、配置された機器ごとに配置機器識別情報が付与される。また、機器識別情報は、機器マスタの機器識別情報と同様であり、機器の種類を特定するキーとして使用される。

【0054】

設備内配置点は、機器の配置基準点（図 5B 参照）を位置付けるべき設備の座標系での位置である。また、向き（方向余弦）は、機器が、配置されたときに、機器の座標系（UVW）と、図面上の座標系（XYZ）との相互の回転角を示す情報である。したがって、設備内配置点に機器の配置基準点を設定し、向きが示す回転角を設定することで、機器の位置と向きが確定する。

20

【0055】

配置口数、および接続口ごとの情報の並びは、機器マスタと同様である。しかし、配置機器情報では、接続口の座標は、図面の座標系（X, Y, Z）に変換される。また、接続点ベクトルは、機器マスタの接続点ベクトルを向きにしたがって、回転した情報である。配置機器識別情報を記憶するメモリ 2、あるいは、ハードディスクのファイルが、設備内機器情報記憶手段 27 に相当する。また、設備内配置点と向きとを格納するメモリ 2、あるいは、ハードディスクのファイルが、設置状態記憶手段 35 に相当する。

【0056】

なお、図 5C では、機器情報記憶手段 27 に相当する要素と、設置状態記憶手段 35 に相当する要素が、配置機器情報として、単一のレコードに格納されている。しかし、機器情報記憶手段 27 に相当する要素と、設置状態記憶手段 35 に相当する要素とをそれぞれ、異なるテーブル、異なるファイルに格納してもよい。その場合には、それぞれのテーブル、あるいはファイルを構成する各レコードに、図 5C の配置機器識別情報を格納することになる。

30

【0057】

さらに、図 5C では、個々の設備内配置点にて、接続口の座標、および接続点ベクトルが、設備内座標系に変換されている。しかし、配置機器情報から、接続口の座標、および接続点ベクトルを省略するようにしてもよい。その場合には、必要が生じるごとに逐一、本設計支援装置が、図 5B の機器マスタを基に、接続口の座標、および接続点ベクトルを算出するようにすればよい。

40

【実施例 1】

【0058】

以下、図 6 から図 41 の図面を参照して、本発明の実施例 1 を説明する。図 6 は、機器移動処理を例示するフローチャートである。この処理は、例えば、画面上の機器処理を起動するメニューの項目をユーザが選択することで起動される。このとき、画面上で、移動対象の機器の図形を選択するように促すメッセージが画面に表示される。ただし、処理が起動した後でも、ユーザが入力装置 6 のエスケープキーを押下すると（S1 で YES の場合）、処理が終了する（S2）。

【0059】

50

エスケープキーが押下されることなく（Ｓ１でＮＯの場合）、ユーザが、入力装置６を用いて、移動対象の機器（画面上の図形部分）を指定すると、本設計支援装置は、その指定を受け付ける（Ｓ３）。このとき、選択された機器を示す図形部分がハイライト表示される。なお、機器以外の画面上の図形、例えば、配管等は選択できない。

【００６０】

次に、ユーザが、入力装置６のエンターキーを押下すると、選択操作が確定する（Ｓ４、Ｓ５）。エンターキーを押下するまでは、ユーザは、複数の機器を選択することができる。また、エンターキーを押下するまでは、選択中の機器の選択を機器ごとに解除することができる。

【００６１】

機器の選択が確定すると、次に、本設計支援装置は、機器とともに移動する管路の探索処理を実行する（Ｓ６）。この探索では、上記で選択された機器の接続口から、図４Ａのルート情報にしたがって、ルートを辿り、図４Ｂの配置情報テーブルを探索する。そして、定義値で指定される範囲、または、所定の部材（例えば、縦管まで）の範囲で、機器とともに移動する管路を探索する。この処理を実行する設計支援装置のＣＰＵ１が、本発明の連動範囲確定手段に相当する。次に、本設計支援装置は、ユーザに、機器の移動先の指定を促す（Ｓ７）。移動先の指定では、まず、基準点の入力を促すメッセージが表示され、設計支援装置は、機器内の移動先の基準点の入力を受け付ける。基準点とは、入力装置６によって画面上でポインタを操作したときに、ポインタに追従する機器の位置である。基準点の入力後、指定点の入力を促すメッセージが表示される。指定点とは、ユーザによって確定される機器（の基準点）の移動先である。基準点から指定点までの距離によって移動距離が決定される。したがって、移動距離を決定するという目的においては、基準点および指定点の少なくとも一方は、ユーザが任意に選択できることとなる。これは、後述する、機器をグループ化した場合のグループ単位での操作でも同様である。本実施形態では、ユーザが入力装置６を操作して、ポインタを移動すると、移動中のポインタの位置に基準点が位置付けられて、機器が仮表示される。そして、ユーザが希望する箇所で入力装置６（例えば、ポインティングデバイスのボタン）を押下すると、本設計支援装置は、そのポインタの位置を指定点として受け付ける。この処理を実行する設計支援装置のＣＰＵ１が、本発明の配置手段に相当する。

【００６２】

次に、本設計支援装置は、移動後の機器（および機器とともに移動する配管）との接続対象となる配管と、配管上の接続点（ここでは管材の開口で、連動範囲から外れた管路の固定側の端点）を検索する（Ｓ８）。次に、本設計支援装置は、移動後の機器（および機器とともに移動する配管）と探索された接続点とのつなぎ直し処理を実行する（Ｓ９）。この処理を実行する設計支援装置のＣＰＵ１が、本発明の管路形成手段に相当する。

【００６３】

図７は、機器とともに移動する管路の探索処理（図６のＳ６）の詳細を例示するフローチャートである。なお、この例では、移動対象となる機器１つに対する処理が示されている。複数の機器が移動対象に選択されている場合には、図７の処理を選択された機器の台数分だけ繰り返せばよい。

【００６４】

ここでは、まず、本設計支援装置は、選択された機器の図形に付与されている配置機器識別情報を取得する（Ｓ６１）。そして、本設計支援装置は、配置機器識別情報をキーにして、配置機器情報テーブル（図５Ｃ）を検索する。

【００６５】

そして、本設計支援装置は、機器と一体となって移動する配管を検索する（Ｓ６２）。具体的には、本設計支援装置は、配置機器情報テーブルに定義されている、その機器の接続口の節点識別情報を読み出し、その接続口に接続される部材をルート情報（図４Ａ）にしたがって検索する。なお、機器の接続口が複数ある場合には、それぞれの接続口について、同様の処理を繰り返せばよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 6 】

本実施例では、この場合の検索は、機器のそれぞれの接続口から、所定の長さの配管の範囲とする。この所定の長さを定義値と呼ぶ。定義値は、本設計支援装置の設定パラメータの1つのであり、ユーザが定義する。定義値は、実際の距離、例えば、メートル単位、ミリ単位等での絶対的な値による指定で指定してもよい。また、管の内径等の倍数によって相対的な指定を行ってもよい。例えば、「10D」は、管の内径の10倍とする指定である。このような管の内径に対する相対的な指定を行うことによって、細い配管では短い距離で弁、計器類、継手、あるいは分岐等の部材が配置される一方で、太い管では、これら太さに相当する長さを有する部材を含んだ配管の長さを、より長く指定できる。

【 0 0 6 7 】

この検索では、本設計支援装置は、まず、定義値内の配管の範囲に縦管が存在するか否かを検索する（S63）。縦管が存在する場合（S64でYES場合）、本設計支援装置は、機器の接続口から見て最初に検索された縦管までを機器と連動して移動する配管とする。ただし、縦管の上下端の継手も連動して移動する配管に含める（S64）。

【 0 0 6 8 】

また、定義値内に縦管がない場合（S64でNOの場合）、本設計支援装置は、定義値内にある継手を検索する（S66）。継手がない場合（S67でNOの場合）、すなわち、接続口から直管だけが接続されている場合、例えば、接続口から直管の直径（D）の3倍の長さ（3D）までを機器とともに移動する範囲の配管とする（S68）。ただし、直径（D）の3倍の長さ（3D）は、処理例であり、例えば、ユーザの設定によって変更可能な設定パラメータとすればよい。以上の定義値の範囲あるいは直管に対する設定パラメータの範囲が本発明の第1の基準に相当する。

【 0 0 6 9 】

また、縦管がなく、継手が存在する場合（S67でYES）、定義値の範囲内で、機器から最も遠い位置の継手までを機器とともに移動する範囲の配管とする（S69）。このように処理することで、機器から所定の範囲の部材を機器と一体として移動するものとしてセットで編集できる。そして、本設計支援装置は、その範囲の管路に分岐があるか否かを判定する（S6A）。その範囲に分岐がある場合、本設計支援装置は、分岐先に、機器の接続口からの定義値の範囲内に部材があるかどうかを検索する（S6B）。ここで、部材とは、直管以外の配管の材料、例えば、継手、レギュレーサ継手、分岐、バルブ、計器（温度計等）をいう。なお、機器に関連のある部材を予め、機器ごとにテーブルに登録しておいてもよい。そして、それぞれの機器の移動、回転時に、そのような機器ごとの部材登録テーブルから、機器に関連のある配管の範囲を決定してもよい。

【 0 0 7 0 】

そして、分岐先の定義値範囲内に部材がある場合、本設計支援装置は、その最初の部材までを機器とともに移動する範囲の配管とする（S6D）。また、分岐先に直管以外の部材がない場合、分岐先であった直管と分岐との接続点までを機器とともに移動する範囲の配管とする（S6E）。以上のS63、S64およびS6BからS6Dの少なくとも1つの処理での判断基準が本発明の第2の基準に相当する。なお、本実施例の処理では、図7のように、まず、定義値によって機器からの延伸距離で機器とともに動く連動範囲を限定し、その次に、配管を構成する部材の種類を基準に連動範囲を確定した。しかし、このような手順に代えて、配管を構成する部材の種類を基準に連動範囲を確定してもよい。すなわち、上記第1の基準および第2の基準には、組み合わせて用いてもよいし、単独の基準として用いてもよい。

【 0 0 7 1 】

次に、本設計支援装置は、機器のすべての接続口について、定義値内の配管に対して、検索を終了したか否かを判定する（S6F）。まだ、未検索の配管がある場合、本設計支援装置は、制御をS62に戻し、定義値内で検索を続行する。一方、機器のすべての接続口について、定義値内の配管に対して、検索を終了すると、本設計支援装置は、処理を終了する。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 2 】

なお、この処理にしたがって、機器とともに移動する範囲の配管が確定する。そして、機器とともに移動する範囲の境界部分の配管には、接続点（本発明の切断点に相当）が設定される。接続点は、新たな節点として生成され、図 4 A に示したルート情報、および図 4 C の節点定義ファイルに定義される。また、接続点が直管上にある場合、直管は、機器とともに移動する直管と、移動しない直管に分割され、図 4 B の部材配置情報に登録される。また、接続点の情報は、図示しない固定接続点テーブルおよび移動接続点テーブルに登録される。固定接続点テーブルは、機器とともに移動しない接続点の節点識別情報の一覧を列記したテーブルである。移動接続点テーブルは、機器とともに移動する接続点の節点識別情報の一覧を列記したテーブルである。それぞれの節点識別情報に対応する座標は、節点定義ファイルに定義される。

10

【 0 0 7 3 】

さらに、機器の移動に伴って、その機器の配置機器情報テーブルの接続口の節点識別情報に対応する節点定義ファイル（図 4 C）の節点の座標が書き換えられる。これらの座標は、機器の移動に対応するマトリクスによって座標変換すればよい。

【 0 0 7 4 】

図 8 A に、定義値の範囲内に直管が存在する場合の処理例を示す。この例では、機器 2 0 0 の接続口 2 0 1 から延伸する配管 L 1 の定義値内に、縦管 L V 1 が存在するので、縦管 L V 1 の上下の継手 C 1 および C 2 までが、機器とともに移動する範囲の配管となる。また、機器 2 0 0 の接続口 2 0 2 には、縦管が接続されている。この場合には、縦管 L V 2 および上端の継手 C 3 までが、機器とともに移動する範囲の配管となる。

20

【 0 0 7 5 】

図 8 B に、機器とともに移動する範囲の対象とならない縦管の例を示す。この例では、縦管 L V 1 および継手 C 1 に、さらに配管 L 2 および L 3 が接続されている。配管 L 3 には、縦管が含まれている。しかしながら、配管 L 2 および L 3 は、定義値内の最初の縦管 L V 1 およびその上下の継手 C 1、C 2 より遠い位置にある。そこで、配管 L 2 および L 3 は、機器とともに移動する範囲の対象とはならない。同様に、縦管 L V 4 および継手 C 4 より遠い位置にある、配管 L 4 は、対象とはならない。

【 0 0 7 6 】

図 8 C に、継手と分岐の処理例を示す。定義値内の継手 C 5 までが、機器とともに移動する範囲の配管となる（図 8 C で太線部分）。また、その途中に分岐 T 1、T 2 がある場合には、分岐 T 1、T 2 の分岐側の直管との接続点までを機器とともに移動する範囲の配管とする。ただし、分岐 T 1 のさらに定義値内の範囲に当該直管との接続点に接してバルブ V L 1 等の部材が存在する場合、バルブ V L 1 までを機器とともに移動する範囲の配管とする。

30

【 0 0 7 7 】

図 8 D に、直管の処理例を示す。接続口に直管だけが接続されている場合、設定パラメータ（直管の内径 D の 3 倍）の範囲までを機器とともに移動する配管の範囲とする。

【 0 0 7 8 】

図 9 に、移動後の機器（および機器とともに移動する配管）との接続対象となる配管と、配管上の接続点を検索する処理（図 6 の S 8）の詳細を示す。この処理の前に管路の線が一旦破断されている。この処理は、機器とともに移動する範囲の境界に位置する固定側配管の接続点の代わりに、移動後の機器（および機器とともに移動する配管）から、より近い位置を新たな接続点とするために検索する処理である。

40

【 0 0 7 9 】

この処理では、本設計支援装置は、まず、移動後の機器と接続対象となる配管を S 6 2 の定義値の範囲で検索する（S 8 1）。これは、機器移動前の接続点の位置する配管を部材配置情報から検索する処理である。なお、接続点一覧は、図 7 の処理によって生成される固定接続点テーブルに列記されている。また、接続点の節点識別情報の位置は、図 4 A のルート情報および図 4 B の部材配置情報テーブルに登録されている。したがって、接続

50

点テーブルの節点識別情報を基に、機器とともに移動しなかった配管をたどることができる。

【 0 0 8 0 】

次に、本設計支援装置は、移動前の機器との接続点から、配管のつながりをたどる（S 8 2）。そして、本設計支援装置は、移動前の管路の分岐の有無を判定する（S 8 3）。そして、分岐がある場合には、分岐までを接続対象とする（S 8 4）。また、分岐がない場合には、接続点に接続されている配管全体が接続対象となる（S 8 5）。

【 0 0 8 1 】

そして、本設計支援装置は、接続対象の配管（切断された端点）と、機器とともに移動した配管の機器から遠い側の接続点との距離が最小の点を探索する（S 8 6）。そして、本設計支援装置は、移動後の機器との接続点を確定する（S 8 7）。本処理で確定された接続点によって、固定接続点テーブルの接続点の座標が更新される。

【 0 0 8 2 】

図 1 0 に、分岐までを接続点とする処理例を示す。この例では、機器 3 0 0 の移動前の接続点が機器の移動によって、機器側 P 3 0 0 A および機器から遠い配管側 P 3 0 0 B に分離している。接続点 P 3 0 0 B に接続される配管 L 6 に分岐 T 6 が存在する。接続点 P 3 0 0 B から分岐 T 6 までの間が、接続対象にとされる。

【 0 0 8 3 】

図 1 1 に、移動後の機器との接続点を確定する処理例を示す。この例では、移動前後の接続点 P 3 0 0（機器側 P 3 0 0 A および機器から遠い配管側 P 3 0 0 B）があり、機器の移動によって、接続点 P 3 0 0 A と P 3 0 0 B とが分離している。このような場合に、配管上で移動後の機器側の接続点 P 3 0 0 A からの距離が最も近い位置の点 P 3 0 0 C が新たな接続点となる。

【 0 0 8 4 】

図 1 2 に、機器の回転の処理例を示す。この処理は、機器の配置が、画面上で回転される点以外は、図 6 の機器の移動と同様である。すなわち、S 1 1 から S 1 5 の処理は、図 6 の S 1 - S 5 と同様である。回転の場合には、本設計支援装置は、機器の回転先の入力を促し、回転先を指定させる（S 1 6）。この処理では、入力装置 6 を通じて、回転中心の位置と、回転角が入力される。そして、機器が回転される。機器の回転に伴って、接続点に対応する節点の座標および接続点ベクトルが座標変換される。その後の処理（S 1 7 および S 1 8）は、図 6 の機器移動の処理（S 7 および S 8）と同様である。ただし、回転の場合には、機器の移動とは異なり、機器とともに移動する接続点の座標（節点定義ファイルの座標）の他、接続点ベクトルの方向が書き換えられる。図 1 3 に、移動・回転のつなぎ直し処理（図 6 の S 8 および図 1 2 の S 1 8 で実行されるサブプログラムの処理）のフローチャートを例示する。

【 0 0 8 5 】

この処理では、本設計支援装置は、図 7 の処理で作成した固定接続点テーブルから、機器とともに移動しなかった配管の接続点の節点識別情報を取得し、節点定義ファイルからその座標を取得する。また、その配管の方向から、方向ベクトルを取得する。さらに、本設計支援装置は、移動接続点テーブルから、機器とともに移動した接続点の節点識別情報を取得し、節点定義ファイルからその座標を取得する。また、その配管の方向から、方向ベクトルを取得する（S 1 0 0）。

【 0 0 8 6 】

次に、機器とともに移動した接続点の座標を起点 P 1、その配管の方向ベクトルを起点ベクトル V 1、機器とともに移動しなかった接続点の座標を終点 P 2、その配管の方向ベクトルを終点ベクトル V 2 に設定する（S 1 0 1）。

【 0 0 8 7 】

そして、本設計支援装置は、2 点間のつなぎ直し処理を実行する（S 1 0 2）。そして、本設計支援装置は、固定接続点テーブルと移動接続点テーブルとに設定されたすべての接続点について、処理を完了したか否かを判定する（S 1 0 3）。

【 0 0 8 8 】

すべての接続点の処理が完了していない場合、本設計支援装置は、制御を S 1 0 0 に戻す。一方、すべての接続点の処理が完了した場合には、本設計支援装置は、処理を終了する。

【 0 0 8 9 】

図 1 4 に、配管つなぎ替え処理（図 1 3 の S 1 5 4 ）で実行される処理の詳細を例示する。この処理は、例えば、コンピュータのサブプログラムとして実現される。このサブプログラムは、起点 P 1、起点ベクトル V 1、終点 P 2、および終点ベクトル V 2 を引き渡され、起点 P 1 から終点 P 2 との間を接続する管路を形成する。

【 0 0 9 0 】

このサブプログラムを実行する本設計支援装置は、まず、起点ベクトル V 1 と終点ベクトル V 2 とが同一平面上にあるいか否かを判定する（M 1）。2 つのベクトルが同一平面上にあるか否かは、それぞれのベクトルを含む 2 つの直線の方程式を設定し、2 つの直線が平行であるか、平行でない場合に交点を有するか否かで判定すればよい。

【 0 0 9 1 】

起点ベクトル V 1 と終点ベクトル V 2 とが同一平面上にある場合には、本設計支援装置は、共有平面上での二次元処理を実行する（M 2）。

【 0 0 9 2 】

また、起点ベクトル V 1 と終点ベクトル V 2 とが同一平面上にない場合には、本設計支援装置は、基点ベクトル V 1 と終点ベクトル V 2 とは、互いに段差のある X Y 平面、Y Z 平面、および Z X 平面のいずれかに平行な 2 つの平面上にあるか否かを判定する（M 1 A）。起点ベクトル V 1 と終点ベクトル V 2 とが同一平面上にない場合には、本設計支援装置は、基点ベクトル V 1 と終点ベクトル V 2 とは、互いに段差のある平行な 2 つの平面上にある場合、本設計支援装置は、2 つの平面を接続し、それぞれの水平面内での二次元処理を実行する（M 2 A）。

【 0 0 9 3 】

例えば、起点ベクトル V 1 と終点ベクトル V 2 とが、互いに段差を有する 2 つの水平面上（X Y 平面に平行な平面上）にある場合には、縦管を用いて、2 つの水平面を接続することにより、基本的には、管路がすべて 1 つの平面上にある場合の処理に帰着できる。例えば、起点 P 1 から 9 0 度継手、4 5 度継手、直管と 9 0 度継手との組み合わせ、または、直管と 4 5 度継手との組み合わせによって、縦管に接続すればよい。そして、縦管を終点ベクトル P 2 のある平面にまで延伸し、9 0 度継手または 4 5 度継手によって、終点ベクトル P 2 のある平面上の配管に接続すればよい。起点ベクトル V 1 と終点ベクトル V 2 とが、Y Z 平面、あるいは、Z X 平面に平行な 2 つの平面上にある場合も同様である。

【 0 0 9 4 】

この場合に、起点 P 1 からではなく、終点 P 2 から 9 0 度継手、4 5 度継手、直管と 9 0 度継手との組み合わせ、または、直管と 4 5 度継手との組み合わせによって、縦管に接続してもよい。そして、縦管を終点ベクトル P 2 のある平面にまで延伸し、9 0 度継手または 4 5 度継手によって、終点ベクトル P 2 のある平面上の配管に接続すればよい。

【 0 0 9 5 】

このように、縦管を設けることで、始点 P 1（および起点ベクトル V 1）のある平面上での始点から縦管までの管路のつなぎ直しと、終点 P 2（および終点ベクトル V 2）のある平面上での、縦管から終点 P 2 までの管路のつなぎ直しを実行すること、段差のある管路においても、水平面上の処理にて、管路のつなぎ直しを実行できる。また、起点ベクトル V 1 と終点ベクトル V 2 とが同一平面上にない場合には、

次に、本設計支援装置は、次に、起点ベクトル V 1 と終点ベクトル V 2 の一方は、X、Y または Z 軸に平行か否かを判定する（M 3）。これは、起点ベクトル V 1 と終点ベクトル V 2 のいずれかの X、Y、Z 成分のいずれかが、X、Y、Z 成分のいずれかだけを持つかどうか、すなわち、2 つの軸方向の成分が 0 か否かを判定する処理である。

【 0 0 9 6 】

そして、起点ベクトル V_1 と終点ベクトル V_2 の一方が、 X 、 Y または Z 軸に平行な場合、本設計支援装置は、座標軸に平行なベクトルを含む処理を実行する (M_4)。また、起点ベクトル V_1 と終点ベクトル V_2 のいずれもが、 X 、 Y または Z 軸上に平行でない場合、本設計支援装置は、起点ベクトル V_1 と終点ベクトル V_2 の一方が、 XY 、 YZ 、および ZX 平面のいずれかに平行な平面の上にあるか否かを判定する (M_5)。これは、起点ベクトル V_1 と終点ベクトル V_2 のいずれかの X 、 Y 、 Z 成分のいずれかが 0 であるか否かを判定する処理である。 M_1 、 M_3 、および M_5 の判定を実行する CPU 1 が、平面判定手段 30 に相当する。

【0097】

そして、起点ベクトル V_1 と終点ベクトル V_2 の一方が、 XY 、 YZ 、および ZX 平面のいずれかに平行な平面の上にある場合、本設計支援装置は、 XY 、 YZ 、および ZX 平面に平行な平面上のベクトルを含む処理を実行する (M_6)。また、起点ベクトル V_1 と終点ベクトル V_2 の両方が、 XY 、 YZ 、および ZX 平面のいずれにも平行でないとき、本設計支援装置は、2つのベクトルが XY 、 YZ 、および ZX 平面のいずれにも平行でない場合の処理を実行する (M_7)。

【0098】

図 15 に、共有平面上での二次元処理 (図 14 の M_2) の処理を例示する。この処理では、本設計支援装置は、まず、起点ベクトル V_1 と終点ベクトル V_2 とが平行かつ対向しているか否かを判定する (M_{21})。対向しているとは、ベクトルの向きが逆であることをいう。

【0099】

(A) 2つのベクトルが平行かつ対向している場合 (行き違いを除外) ;

図 16 に、起点ベクトル V_1 と終点ベクトル V_2 とが平行かつ対向している例を示す。2つのベクトルが平行か否かは、2つのベクトルの内積で判定できる。また、平行な2つのベクトルが対向しているか否かは、2つのベクトルに対して、それぞれ長さ 1 の単位ベクトルを求め、2つの単位ベクトルの加算結果がキャンセルして 0 (または 0 に近い許容値 ε 以下の値になるか)、2つの単位ベクトルの加算結果が単位ベクトルの 2 倍の大きさのベクトルに近づくか、によって判定すればよい。なお、ここでは、起点ベクトル V_1 と終点ベクトル V_2 とが行き違いの場合 (図 22 参照) を除外する。行き違いの状態にあるか、否かの判定方法は、(B) にて説明する。

【0100】

今、図 16 に示すように、起点 P_1 を通り、基点ベクトル V_1 に平行な直線 L_1 と、終点 P_2 を通り、終点ベクトル V_2 に平行な直線との距離を ΔD_1 とする。距離 ΔD_1 は、起点 P_1 を通り、起点ベクトル V_1 を含む直線が、終点 P_2 を含む終点ベクトル V_2 に垂直な平面 PLN_2 (基点ベクトル V_1 との直交面でもある) と交わる交点 P_3 を求めると、終点 P_2 と交点 P_3 との距離 ΔD_1 として算出できる。ただし、より一般的には、一方の直線 L_2 に垂直な平面 PLN_2 と、他方の直線 L_1 との交点から、一方の直線 L_2 に引いた垂線の長さとして求めることができる。

【0101】

また、起点 P_1 を通り、起点ベクトル V_1 に垂直な平面 PLN_1 と、起点 P_2 を通り、起点ベクトル V_2 に垂直な平面 PLN_2 との距離を ΔD_2 とする。

【0102】

距離 ΔD_2 は、起点 P_1 を通り、起点ベクトル V_1 を含む直線が、終点 P_2 を含む終点ベクトル V_2 に垂直な平面と交差する交点 P_3 を求めると、起点 P_1 から交点 P_3 までの距離として求めることができる。ただし、逆に、終点 P_2 を通り、終点ベクトル V_2 を含む直線が、起点 P_1 を通り起点ベクトル V_1 に垂直な平面と交差する点と終点 P_2 とから距離 ΔD_2 を求めてもよい。

【0103】

以下、この距離 ΔD_1 、 ΔD_2 によって、起点 P_1 と終点 P_2 とを以下のように分類する。)

起点ベクトル V_1 と終点ベクトル V_2 とが平行かつ対向している場合 (M21でYESの場合)、本設計支援装置は、対向ベクトル処理を実行する (M22)。対向ベクトル処理は、起点 P_1 と起点 P_2 との位置関係、および起点ベクトル V_1 と終点ベクトル V_2 と位置の関係を分類することで処理、例えば継手による接続の描画がされる。

(1) 距離 $\Delta D_1 = 0$ または距離 $D_1 < \text{所定の許容値 } \varepsilon$;

これは、起点 P_1 からの起点ベクトル V_1 と終点 P_2 からの終点ベクトル V_2 とが、同一直線上にある場合である。この場合には、起点 P_1 と終点 P_2 とを直管で接続する。図17に、起点 P_1 と、終点 P_2 とを直管で接続する例を示す。

(2) 許容値 $\varepsilon < \text{距離 } \Delta D_1 < L_{45RMIN}$;

L_{45RMIN} は、2つの平行な配管を45度継手で接続するための最低限必要な、配管に垂直な方向の距離である。 L_{45RMIN} は、45度継手の配管に垂直な方向の長さ、45度継手間の直管の最低長さ L_{MIN} から定まる値であり、継手の製造上の形状特性で決定されるカタログ値である。この場合に、接続すべき開口と開口との間の接続点ベクトル (起点ベクトル V_1 、終点ベクトル V_2) に平行な方向の距離によって以下のように、さらに場合分けする。

(2-1) $L_{APMIN} < \text{距離 } \Delta D_2$;

L_{APMIN} は、互いに対向する配管同士を任意角継手で接続するために必要な配管に平行な方向の最低限の距離である。 L_{APMIN} は、継手の配管に平行な方向の長さ、継手間の直管の最低長さ L_{MIN} から定まる値であり、継手の製造上の形状特性で決定されるカタログ値である。

【0104】

この条件を満足する場合には、起点 P_1 と終点 P_2 とを任意角継手で接続する。図18に、任意角継手で配管を接続する例を示す。この場合、起点 P_1 と終点 P_2 との距離に応じて、直管が挿入されることになる。

(2-2) 距離 $\Delta D_2 < L_{APMIN}$;

この場合には、任意角継手を起点 P_1 と終点 P_2 との間に配置できないため、90度継手を複数組み合わせ、迂回路を形成する。図19に、迂回路を形成して、起点 P_1 と終点 P_2 とを接続する例を示す。ここでは、起点 P_1 、直管1、90度継手、直管2、90度継手、直管3、90度継手、直管4、90度継手、終点 P_2 によって、迂回路が形成される。これによって、直管1によって、起点 P_1 の位置が P_{11} まで移動されることになる。なお、起点 P_1 を含む配管 $PIPE_1$ または終点 P_2 を含む配管 $PIPE_2$ と、迂回路とが干渉する場合、そのまま干渉が生じる状態で維持してもよいが、配管 $PIPE_1$ の中心軸および配管 $PIPE_2$ の中心軸を中心に、迂回路を揺動した位置に移動した上で直管2および直管4の長さを調整すればよい。すなわち、直管3を紙面に垂直な上下方向にシフトし、直管2および直管4を紙面に斜め方向にして接続すればよい。

【0105】

迂回路が形成された個所は、いずれ配管をつなぎ直すことになる場合も多いと想定されるが、システム上でこのような管路が形成されることで、管路が輻輳していることが操作者の目を引き、つなぎ忘れを防止できる。すなわち、形成された迂回路の表示が、接続し直しのガイダンスとなる。

(3) $L_{45RMIN} < \text{距離 } \Delta D_1 < L_{90RMIN}$;

この場合も、接続すべき開口と開口との間の接続点ベクトル (起点ベクトル V_1 、終点ベクトル V_2) に平行な方向の距離によって以下のように、さらに場合分けする。なお、 L_{90RMIN} は、2つの平行な配管を90度継手で接続するための最低限必要な、配管同士の距離である。 L_{90RMIN} は、90度継手の配管に垂直な方向の長さ、90度継手間の直管の最低長さ L_{MIN} から定まる値であり、継手の製造上の形状特性で決定されるカタログ値である。

(3-1) $L_{45PMIN} < \text{距離 } \Delta D_2$;

L_{45PMIN} は、対向する配管同士、平行な配管同士を45度継手で接続するために必要な配管に平行な方向の最低限の距離である。 L_{45PMIN} は、継手の配管に平行な

10

20

30

40

50

方向の長さと、継手間の直管の最低長さ L_{MIN} から定まる値であり、継手の製造上の形状特性で決定されるカタログ値である。

【0106】

この条件を満足する場合には、起点 P_1 と終点 P_2 とを 45° 継手で接続する。図 20 に、 45° 継手で配管を接続する例を示す。この場合、起点 P_1 と終点 P_2 との距離に応じて、直管が挿入されることになる。

(3-2) 距離 $\Delta D_2 < L_{45PMIN}$;

この場合には、 45° 継手を起点 P_1 と終点 P_2 との間に配置できないため、 90° 継手を複数組み合わせ、迂回路を形成する。迂回路の構成は、図 19 の場合と同様である。

10

(4) $L_{90RMIN} < \text{距離 } \Delta D_1$;

この場合も、接続すべき開口と開口との間の接続点ベクトル方向の距離によって以下のように場合分けする。

(4-1) $L_{90PMIN} < \text{距離 } \Delta D_2$;

L_{90PMIN} は、互いに対向する配管同士、平行な配管同士を 90° 継手で接続するために必要な配管に平行な方向の最低限の距離である。

【0107】

この条件を満足する場合には、起点 P_1 と終点 P_2 とを 90° 継手で接続する。図 21 に、 90° 継手で配管を接続する例を示す。

(4-2) 距離 $\Delta D_2 < L_{90PMIN}$;

この場合には、 90° 継手を起点 P_1 と終点 P_2 との間に配置できないため、次に示す起点ベクトル V_1 と終点ベクトル V_2 とが平行かつ対向していない場合 (P_2 で NO の場合) の処理と同様の処理を実行する。

20

【0108】

なお、以上の分類では、許容値 $\varepsilon = < L_{45RMIN} = < L_{90RMIN}$ の場合を例として説明した。例えば、 $L_{90RMIN} < L_{45RMIN}$ の場合には、 45° 継手を使用せず、 90° 継手を使用する条件だけを考慮すればよい。すなわち、(2) の判定で、 90° 継手の寸法 (L_{90RMIN}) で判定するとともに、(3) の処理をなくせばよい。

【0109】

(B) 2つのベクトルが平行かつ対向していない場合 ;

30

以下、図 15 に戻り、起点ベクトル V_1 と終点ベクトル V_2 とが平行かつ対向していない場合 (M_2 で NO の場合)、本設計支援装置は、起点ベクトル V_1 と終点ベクトル V_2 とが、対向していないが、平行であるか否かを判定する (M_2 3)。起点ベクトル V_1 と終点ベクトル V_2 とが、対向していないが、平行である場合、本設計支援装置は、起点 P_1 と終点 P_2 との間に、 90° 継手で迂回路を形成する。図 22 - 図 24 に、対向していないが、平行な起点ベクトル V_1 と終点ベクトル V_2 に対する処理例を示す。ここで、対向してないとは、起点ベクトル V_1 と、終点ベクトル V_2 とが行き違いの関係にあるか、または、方向が同一の場合ということができる。

【0110】

図 22 に、行き違いの関係にある起点ベクトル V_1 と、終点ベクトル V_2 の例を示す。この場合には、図 19 の場合と同様、迂回路を形成する。図 23 に、起点ベクトル V_1 と、終点ベクトル V_2 とが、行き違いの関係にあって迂回路を形成する例を示す。

40

【0111】

行き違いの関係にあるか、否かは、起点 P_1 を起点ベクトル V_1 方向に微量 Δ だけ移動した位置と、終点ベクトル P_2 と距離の変化 $\Delta L = \Delta D_2$ の変化量を求め、 ΔL が増加するか否かで判定できる。すなわち、始点 P_1 の始点ベクトル方向への移動とともに、距離 ΔD_2 が長くなるか、短くなるかで判定できる。なお、すでに上記 (4-2) で述べたように、本実施形態では、 $\Delta D_2 < L_{90PMIN}$ となる場合も、行き違いの場合と同様の処理を行う。

【0112】

50

なお、迂回路が、起点 P_1 を含む配管 $PIPE_1$ あるいは終点 P_2 を含む配管 $PIPE_2$ と干渉する場合には、図 19 で説明した手順と同様、 $PIPE_1$ および $PIPE_2$ の中心軸を中心に迂回路を揺動させた位置に設定すればよい。

【0113】

図 24 および図 25 に、平行な非対向ベクトルに対する処理例を示す。図 24 は、 $L_{90RMIN} < \text{距離 } \Delta D_1$ の場合である。この場合には、起点 P_1 と終点 P_2 とが、90度継手と直管で接続される。

【0114】

図 25 は、 $\text{距離 } \Delta D_1 < L_{90RMIN}$ の場合である。この場合には、起点 P_1 を通り起点ベクトル V_1 に平行な直線と、終点 P_2 を通り終点ベクトル V_2 に平行な直線との間に90度継手を配置できないので、90度継手を組み合わせて迂回路を形成して、起点 P_1 と終点 P_2 とを接続する。

【0115】

(C) 2つのベクトルが非平行な場合；

次に、図 15 に戻って、起点ベクトル V_1 と終点ベクトル V_2 とが、処理 M23 の条件を満たさなかった場合について説明する。これは、例えば、入れ替え機器の内部の流路が、接続口に対して斜めに形成されている場合である。この場合、本設計支援装置は、ベクトルの角度ごとの処理を実行する (M25)。ベクトルの角度ごとの処理は、以下のように、起点 P_1 と終点 P_2 との位置関係、および起点ベクトル V_1 と終点ベクトル V_2 のなす角度 θ に応じて継手と直管とを組み合わせる処理である。

【0116】

以下、起点 P_1 を通り起点ベクトル V_1 に平行な直線 L_1 と、終点 P_2 を通り終点ベクトル V_2 に平行な直線 L_2 のなす角度を θ とする。ただし、直線のなす角は、2通りに定義できるが、本実施形態では、起点ベクトル V_1 と終点ベクトル V_2 の逆方向ベクトルのなす角度として定義される。

【0117】

(1) 交点 P_X での角度 θ が 45度未満の場合；

(1-1) 交点 P_X の位置が、起点 P_1 と終点 P_2 との間に位置する場合には (図 26 参照)、任意角継手と直管で接続する (図 27 参照)。すなわち、交点 P_X に、角度 θ の任意角継手を配置し、始点 P_1 と交点 P_X および交点 P_X と終点 P_2 とを直管で接続する (図 27 参照)。ただし、始点 P_1 と交点 P_X との距離 ΔD_{A1} および交点 P_X と終点 P_2 との距離 ΔD_{A2} が、任意角継手の中心から一方の端部への最小寸法 L_{AMIN} より小さい場合には、(1-2) の処理による。

【0118】

(1-2) 交点 P_X の位置が、起点 P_1 と終点 P_2 との間に位置しない場合 (図 28 参照) には、90度継手と任意角継手の組み合わせによって迂回路を形成する (図 29 参照)。図 29 の例では、起点 P_1 、直管 1、90度継手、直管 2、90度継手、直管 3、90度継手、直管 4、任意角継手、終点 P_2 の迂回路が形成される。

【0119】

さらに、起点 P_1 を有する配管 $PIPE_1$ または終点 P_2 を有する配管 $PIPE_2$ のいずれか一方が迂回路と干渉する場合には、そのまま干渉が生じる状態で維持してもよいが、一旦、図の紙面に垂直な方向 (例えば、図が XY 平面を示す場合、 Z 軸方向) にレベルを移動する。例えば、図 28、図 29 が、 XY 平面上にある場合、直管 1 にて一旦 Z 軸方向にシフトする 90度継手と、直管 2 - 4 にて Z 軸方向にレベルを戻す 90度継手とを設ける。

(2) 交点 P_X での θ が 45度の場合；

(2-1) 交点 P_X の位置が、起点 P_1 と終点 P_2 との間に位置する場合には、45度継手と直管で接続する。すなわち、交点 P_X に、45度継手を配置し、始点 P_1 と交点 P_X および交点 P_X と終点 P_2 とを直管で接続する (図 30 参照)。ただし、始点 P_1 と交点 P_X との距離 ΔD_{451} および交点 P_X と終点 P_2 との距離 ΔD_{452} が、45度継手

10

20

30

40

50

の中心から一方の端部への最小寸法 L_{45MIN} より小さい場合には、(2-2)の処理による。

【0120】

(2-2) 上述の(2-1)ただし書きの場合、および、交点 P_X の位置が、起点 P_1 と終点 P_2 との間に位置しない場合(図31参照)には、90度継手と45度継手の組み合わせによって迂回路を形成する。図31の例では、起点 P_1 、直管1、90度継手、直管2、90度継手、直管3、90度継手、直管4、45度継手、終点 P_2 の迂回路が形成される。また、図30で、始点 P_1 と交点 P_X との距離 ΔD_{451} および交点 P_X と終点 P_2 との距離 ΔD_{452} が、45度継手の中心から一方の端部への最小寸法 L_{45MIN} より小さい場合も、同様に迂回路を形成する。

10

【0121】

さらに、起点 P_1 を有する配管 $PIPE_1$ または終点 P_2 を有する配管 $PIPE_2$ のいずれか一方が迂回路と干渉する場合には、直管1にて一旦、図の紙面に垂直な方向(例えば、図が XY 平面にある場合、 Z 軸方向)にレベルを移動する90度継手と、直管2にて Z 軸方向にレベルを戻す90度継手を設ける。

【0122】

(3) 交点 P_X での θ が45度より大きく90度未満の場合；
この場合には、任意角継手として45度より大きく90度未満のものを用いることで、(2)の場合と同様の処理を実行する。図32に迂回路を形成する構成例を示す。

【0123】

20

(4) 交点 P_X での θ が90度の場合；
(4-1) 交点 P_X の位置が、起点 P_1 と終点 P_2 との間に位置する場合には、90度継手と直管で接続する。すなわち、交点 P_X に、90度継手を配置し、始点 P_1 と交点 P_X および交点 P_X と終点 P_2 とを直管で接続する(図33参照)。ただし、始点 P_1 と交点 P_X との距離 ΔD_{901} および交点 P_X と終点 P_2 との距離 ΔD_{902} が、90度継手の中心から一方の端部への最小寸法 L_{90MIN} より小さい場合には、(4-2)の処理による。

(4-2) 交点 P_X の位置が、起点 P_1 と終点 P_2 との間に位置しない場合(図34参照)には、90度継手の組み合わせによって迂回路を形成する。図34の例では、起点 P_1 、直管1、90度継手、直管2、90度継手、直管3、90度継手、直管4、終点 P_2 の迂回路が形成される。ただし、図33で、始点 P_1 と交点 P_X との距離 ΔD_{901} および交点 P_X と終点 P_2 との距離 ΔD_{902} が、45度継手の中心から一方の端部への最小寸法 L_{90MIN} より小さい場合も、同様に迂回路を形成する。

30

【0124】

さらに、起点 P_1 を有する配管 $PIPE_1$ または終点 P_2 を有する配管 $PIPE_2$ のいずれか一方が迂回路と干渉する場合には、直管1にて一旦、図の紙面に垂直な方向(図が XY の場合には Z 軸方向)にレベルを移動する90度継手と、直管2にて Z 軸方向にレベルを戻す90度継手とを設ける。

【0125】

(5) 交点 P_X での θ が90度より大きく1350度未満の場合；
(5-1) 交点 P_X の位置が、起点 P_1 と終点 P_2 との間に位置する場合には、起点ベクトル V_1 と、終点ベクトル V_2 の逆方向ベクトルのなす角 θ に対して、角度 θ を外角とする直角三角形 TR_1 を設定する(図35参照)。直角三角形 TR_1 は、交点 P_X と起点 P_1 との間に起点ベクトル V_1 に直交する直線 L_1 を設定することで、設定できる。

40

【0126】

起点ベクトル V_1 を含む直線 L_1 と、起点ベクトル V_1 に垂直な直線 L_{H1} との交点を P_{X1} とし、終点ベクトル V_2 を含む直線 L_2 と起点ベクトル V_1 に垂直な直線 L_{H1} との交点を P_{X2} とすると、交点 P_X 、 P_{X1} 、 P_{X2} 三角形 TR_1 を形成する。このとき、交点 P_{X1} に90度継手を配置し、交点 P_{X2} に任意角継手(45度未満)を配置することで、起点 P_1 と終点 P_2 とを接続できる。

50

【 0 1 2 7 】

ただし、以下の条件の場合には、図 3 4 の接続ができない。すなわち、交点 P 1 と終点 P 2 との間に、90 度継手と任意角継手を配置できない。

(条件 1) 起点 P 1 から交点 P X 1 までの距離 $\Delta D X 1$ が、90 度継手の中心から一方の開口までの最小寸法 $L 90 M I N$ より小さい場合；

(条件 2) 終点 P 2 から交点 P X 2 までの距離 $\Delta D X 3$ が、任意角継手の中心から一方の開口までの最小寸法 $L A M I N$ より小さい場合；

(条件 3) 交点 P X 1 と交点 P X 2 との距離 $\Delta D X 2$ が、90 度継手と任意角継手のそれぞれの中心から一方の開口までの最小寸法の和である $L 90 M I N + L A M I N$ より小さい場合；

10

この場合には、90 度継手と任意角継手の位置関係を入れ替える。すなわち、直角三角形としては、交点 P X と終点 P 2 との間に終点ベクトル V 2 に直交する直線を設定し、同様の手順を実行する。そして、同様の手順のよって、交点 P 1 と終点 P 2 との間に、90 度継手と任意角継手を配置できるか否かを判定する。配置できる場合には、その配置にて接続する。配置できない場合には、(5 - 2) の手順によって迂回路を構成する。

【 0 1 2 8 】

(5 - 2) 交点 P X の位置が、起点 P 1 と終点 P 2 との間に位置しない場合 (図 3 6 参照) には、90 度継手と任意角継手の組み合わせによって迂回路を形成する。図 3 5 の例では、起点 P 1、直管 1、90 度継手、直管 2、90 度継手、直管 3、90 度継手、直管 4、任意角継手、終点 P 2 の迂回路が形成される。

20

【 0 1 2 9 】

さらに、起点 P 1 を有する配管 P I P E 1 または終点 P 2 を有する配管 P I P E 2 のいずれか一方が迂回路と干渉する場合には、直管 1 にて一旦、図の紙面に垂直な方向 (図が X Y 平面の場合、Z 軸方向) にレベルを移動する 90 度継手と、直管 1 ~ 直管 5 のいずれかにてレベルを戻す 90 度継手を設ける。以上によって、図 1 5 (共有平面上での二次元処理) のベクトルの角度ごとの処理を終了する。

【 0 1 3 0 】

(D) 2 つのベクトルの一方が座標軸に平行な場合；

図 3 7 に、座標軸に平行なベクトルを含む処理 (図 1 4 の M 4) の詳細を例示する。また、図 3 8 に、座標軸に平行なベクトルを含む処理の概念を例示する。理解を容易にするため、図 3 8 の例では、起点 P 1 が座標軸の原点 (0, 0, 0) にあり、起点ベクトル V 1 が、X 軸と平行であり、一方、終点ベクトル V 2 は、設定されたいずれの座標軸とも平行ではない場合を示している。この場合には、本設計支援装置は、まず、一方のベクトルである起点ベクトル V 1 が X Y 平面にあるものとして、終点 P 2 から X Y 平面の点 P 3 への経路を設定する。そして、その後、X Y 平面上の起点 P 1 と点 P 3 との間で、共有平面上での二次元処理を実行する。

30

【 0 1 3 1 】

この場合に、起点ベクトル V 1 を含む平面 (図 3 8 では、X Y 平面) を目標平面 T P 1 と呼ぶ。なお、起点 P 1 および起点ベクトル V 1 が X Y 平面上になく、起点ベクトル V 1 が X 軸に平行な場合、目標平面 T P 1 は、起点ベクトル V 1 を含む X Y 平面に平行な平面として一般化できる。

40

【 0 1 3 2 】

また、終点 P 2 の近傍に目標平面 T P 1 に平行な目標平面 T P 2 を設定する。目標平面 T P 2 の位置は、終点 P 2 から直管 R 0 と 90 度継手 C R 1 で、目標平面 T P 2 上の直管 R 1 に接続できる位置である。なお、直管 R 0 は、終点 P 2 に接続される直管であり、長さ 0 でも構わない。

【 0 1 3 3 】

以下、終点 P 2 の近傍で、直管 R 0 と 90 度継手 C R 1 で接続可能な位置に目標平面 T P 2 を設定する手順を説明する。まず、終点 P 2 から終点ベクトル V 2 方向に所定長さ (例えば、長さ 0 とし、直管を省略してもよい) の直管 R 0 の先端の位置 P 2 0 に終点ベク

50

トル V 2 に垂直な平面を想定する。また、位置 P 2 0 を通る目標平面 T P 1 に平行な目標平面 T P 2 を想定する。そして、終点ベクトル V 2 に垂直な平面と目標平面 T P 2 との交線の位置に直管 R 1 を設定する。目標平面 T P 2 は、図 3 8 で X 2 軸および Y 2 軸のなす平面である。直管 R 1 は、X Y 平面に平行な目標平面 T P 2 上にあり、かつ、終点ベクトル V 2 に直交する。したがって、終点 P 1 から終点ベクトル V 2 方向に直管 R 0 だけシフトした位置 P 2 0 に 9 0 度継手 C R 1 を設けることで、終点 P 2 と直管 R 3 を接続できる。

【 0 1 3 4 】

この場合に、目標平面 T P 1 および T P 2 は、第 1 には、X Y 平面に平行なものを候補して優先する。X Y 平面は、設備、配管が設けられる床と平行な平面であるため、図面の把握、および施工等において便宜であるからである。なお、入れ替え対象の機器によっては、X Y 平面の代わりに、壁、すなわち、Z X 平面、Y Z 平面を基準とすると便宜となるものもある。例えば、エアーコンディショナー等を入れ替える場合である。

10

【 0 1 3 5 】

以上のように、この処理では、本設計支援装置は、まず、座標軸に平行なベクトル（例えば、起点ベクトル V 1 ）から、目標平面 T P 1 を設定する（M 4 1 ）。

【 0 1 3 6 】

次に、本設計支援装置は、X Y Z 座標軸と平行でないベクトルの端点（終点 P 2 ）に 9 0 度継手 C R 1 を配置し、目標平面 T P 1 と平行な目標平面 T P 2 （X 2 Y 2 平面）上の直管 R 1 の経路を生成し、終点 P 2 と直管 R 1 とを接続する（M 4 2 ）。この場合に、端点（終点 P 2 ）と 9 0 度継手 C R 1 との間に、所定長さの直管 R 0 を設けてもよい。また、9 0 度継手 C R 1 に替えて、9 0 度継手 C R 1 の経路をバイパスする経路（9 0 度継手 C R 1 の経路のなす直角に曲がる通路に対して、直角三角形の斜辺となる経路）を構成する 4 5 度継手を設けてもよい。この場合に、端点（終点 P 2 ）と 4 5 度継手との間に、所定長さの直管 R 0 を設けてもよい。

20

【 0 1 3 7 】

さらに、直管 R 1 の延長線上の経路に 9 0 度継手 C R 2 を配置し、Z 軸に平行な直管 R 2 の経路を生成する（M 4 3 ）。この場合に、9 0 度継手 C R 1 と 9 0 度継手 C R 2 との間に直管 R 1 を設けてもよいし、直管 R 1 の長さを 0 として実質的に直管を省略してもよい。この直管 R 2 は、X Y 平面と X 2 Y 2 平面とのレベル差解消のために配置される。この処理を実行する C P U 1 が、第 1 のレベル間接続手段 3 3 に相当する。

30

【 0 1 3 8 】

さらに、本設計支援装置は、直管 R 2 と X Y 平面との交点 P 3 に 9 0 度継手 C R 3 を配置する（M 4 4 ）。この 9 0 度継手 C R 3 は、X Y 平面上で回転方向の設定自在である。以上の設定で、直管 R 2 の両端には 9 0 度継手 C R 2 および C R 3 が設けられ、目標平面 T P 1 （X Y 平面）上の経路と平行な目標平面 T P 2 （X 2 Y 2 平面）上の経路とが接続されることになる。なお、直管 R 2 の両端の 9 0 度継手 C R 2 および C R 3 のいずれか、または、その両方を 4 5 度継手としてもよい。すなわち、9 0 度継手 C R 2 または C R 3 の経路をバイパスする経路（9 0 度継手 C R 2 あるいは C R 3 の経路のなす直角に曲がる通路に対して、直角三角形の斜辺となる経路）を構成する 4 5 度継手を用いてもよい。

40

【 0 1 3 9 】

この状態では、目標平面上で、9 0 度継手 C R 3 の開口方向のベクトルと、始点 P 1 からの始点ベクトルが、目標平面を共有することになる。したがって、図 1 4 の処理 M 2 と同様、共有平面上での二次元処理を実行する（M 4 5 ）。

【 0 1 4 0 】

ただし、この 9 0 度継手 C R 3 は、X Y 平面上で回転方向の設定自在である。そこで、例えば、この例では、始点ベクトルと直交する方向に 9 0 度継手 C R 3 が設けてもよい。その結果、9 0 度継手の延長方向の直管 R 3 と起点ベクトル V 1 との交点に 9 0 度継手 C N 4 を設けることで、始点 P 1 と終点 P 2 との間の経路を完成するようにしてもよい。また、単純に 9 0 度継手 C N 4 を設けただけでは経路が設定できない場合に、共有平面上での

50

二次元処理（図 14 の M2 の処理）を実行してもよい。

【0141】

次に、本設計支援装置は、経路の設定が成功したか否かを判定する（M46）。そして、目標平面上での始点ベクトルと、90度継手の開口方向のベクトルとの間で経路の設定が成功しなかった場合、次に、本設計支援装置は、一方のベクトル（この例では、始点ベクトル V1）と平行な平面で、まだ、目標平面にしていな、未処理の平面（図 38 の場合の ZX 平面）が存在するか否かを判定する（M47）。そして、未処理の目標平面にしていな未処理平面（XY、YZ、または ZX 平面）が存在する場合、その残りの平面を目標平面に設定する（M48）。そして、本設計支援装置は、制御を P42 に戻し、処理を繰り返す。

10

【0142】

一方、P47 の判定で、未処理の目標平面がない場合、本設計支援装置は、ユーザ介入による作図処理を実行する（M49）。また、P46 の判定で、経路の設定に成功した場合には、本設計支援装置は、そのまま処理を終了する。

【0143】

なお、図 38 では、起点ベクトル V1 が X 軸に平行であり、起点 P1 が原点と一致する場合の例を示したが、起点 P1 が原点にない場合も同様に処理できる。例えば、起点 P1 の座標を（a, b, c）とすると、目標平面を $Z = a$ に設定して、図 38 と同様の処理を実行すればよい。

【0144】

また、図 38 では、起点ベクトル V1 が X 軸に平行な場合を例に説明し、その場合に、まず、目標表平面として、XY 平面を想定した。これは、起点ベクトル V1 が Y 軸に平行な場合も同様である。また、起点ベクトルが Z 軸に平行な場合には、目標平面としては、例えば、デフォルトで、まず、YZ 平面を目標平面として、その後に ZX 平面を目標平面にするようにしてもよい。

20

【0145】

また、図 38 では、最初の目標平面で経路の設定が成功した場合には、そのまま処理を終了した。しかし、最初の目標平面（例えば、XY 平面）の成功の有無に拘わらず、次の目標平面（例えば、XZ 平面）を設定し、再度、P42 - P45 の処理を繰り返してもよい。そして、最初の目標平面での経路の設定結果と、2つの目の目標平面での経路の設定結果を比較し、例えば、使用する継手の個数、接続のための経路の長さ等を基準にして、簡略に経路が設定できる方を選択するようにしてもよい。

30

【0146】

また、図 38 では、起点ベクトル V1 が X 軸に平行である場合を例に説明したが、終点ベクトル V2 がいずれかの座標軸に平行な場合も同様に処理できる。

【0147】

（E）2つのベクトルの一方が XY, YZ, ZX のいずれかの平面に平行な場合；

図 39 に、起点ベクトルまたは終点ベクトルが XY, YZ, ZX 平面のいずれかに平行な場合の処理（図 14 の M6）の詳細を例示する。この処理を実行する CPU1 が、単一目標平面経路設定手段 31 に相当する。この処理は、目標平面の選択の余地がない点を除いて、図 37 の処理と同様である。すなわち、起点ベクトル V1 または終点ベクトル V2 のいずれかが、XY, YZ または ZX に平行な面上にあるとすると、その XY, YZ または ZX に平行な面がそのまま目標平面（ここでは、TP1）となる。

40

【0148】

そして、本設計支援装置は、M62 から M65 の処理を実行する。この処理は、図 37 での M42 から M45 の処理と同様であるので、その説明を省略する。

【0149】

そして、本設計支援装置は、経路の設定が成功したか否かを判定する（M66）。そして、経路の設定に成功しなかった場合、本設計支援装置は、ユーザ介入による作図処理を実行する（M69）。また、M66 の判定で、経路の設定に成功した場合には、本設計支

50

援装置は、そのまま処理を終了する。

【0150】

(F) 起点ベクトルV1および終点ベクトルV2がいずれもXY、YZおよびZX平面のいずれにも平行でない場合；

図40に、起点ベクトルV1および終点ベクトルV2がいずれもXY、YZおよびZX平面のいずれにも平行でない場合の処理を例示する。この処理を実行するCPU1が、複数目標平面経路設定手段32に相当する。また、図41に、この場合の処理の概念を示す。図41の例では、起点P1の近傍で、直管R01と90度継手CR4で接続可能な位置に目標平面TP3を設定する。その手順は、まず、起点P1から起点ベクトルV1方向に所定長さ（例えば、長さ0とし、直管を省略してもよい）の位置P10に起点ベクトルV1に垂直な平面を想定する。また、位置P10を通るXY平面に平行な目標平面TP3を想定する。そして、起点ベクトルV1に垂直な平面と目標平面TP3との交線の位置に直管R1を設定する。直管R1は、XY平面に平行な目標平面TP3上にあり、かつ、起点ベクトルV1に直交する。したがって、起点P1から起点ベクトルV1方向に直管R01だけシフトした位置P10に90度継手CR4を設けることで、起点P1と直管R1を接続できる。また、90度継手CR4に替えて、90度継手CR4の経路をバイパスする経路（90度継手CR4の経路のなす直角に曲がる通路に対して、直角三角形の斜辺となる経路）を構成する45度継手を設けてもよい。この場合に、端点（起点P1）と45度継手との間に、所定長さの直管を設けてもよい。

10

20

【0151】

同様に、終点P2の近傍で、直管R02と90度継手CR1で接続可能な位置に目標平面TP4を設定する。その手順は、まず、終点P2から終点ベクトルV2方向に所定長さ（例えば、長さ0とし、直管を省略してもよい）の直管の先端の位置P20に終点ベクトルV2に垂直な平面を想定する。また、位置P20を通る目標平面TP3に平行な目標平面TP4を想定する。そして、終点ベクトルV2に垂直な平面と目標平面TP4との交線の位置に直管R3を設定する。直管R3は、XY平面に平行な目標平面TP4上にあり、かつ、終点ベクトルV2に直交する。したがって、終点P1から終点ベクトルV2方向に直管R02だけシフトした位置P20に90度継手CR1を設けることで、終点P2と直管R3を接続できる。また、90度継手CR1に替えて、90度継手CR1の経路をバイパスする経路（90度継手CR1の経路のなす直角に曲がる通路に対して、直角三角形の斜辺となる経路）を構成する45度継手を設けてもよい。この場合に、端点（終点P2）と45度継手との間に、所定長さの直管を設けてもよい。

30

【0152】

以上のように、目標平面TP3、目標平面TP3上の直管R1、目標平面TP4、目標平面TP4上の直管R3を設定した後、目標平面TP3と目標平面TP4との間でレベル差を解消すればよい。このレベル差解消の処理は、図38の場合と同様である。

【0153】

以上の処理では、例えば、XY、YZ、ZX平面の順に目標平面を設定し、それぞれのベクトル（起点ベクトルV1と終点ベクトルV2）の双方から、目標平面へのレベル差解消の経路を設定する。そして、目標平面上で、共有平面上での二次元処理を実行する。

40

【0154】

以下、図40により、手順の詳細を説明する。まず、本設計支援装置は、目標平面TP3、TP4の法線方向を設定する（M70）。法線方向は、例えば、Z軸方向である。次に、本設計支援装置は、目標平面TP3を設定する（M71）。目標平面TP3は、起点P1から起点ベクトル方向への直管R01と、90度継手CR4（または45度継手）によって、目標平面TP3上の直管R1に接続できる位置に設定する。この手順は、図41にしたがって説明した通りである。

【0155】

同様に、本設計支援装置は、目標平面TP4を設定する（M72）。目標平面TP4は、終点P2から終点ベクトルV2方向への直管R02と、90度継手CR1（または45

50

度継手)によって、目標平面TP4上の直管R3に接続できる位置に設定する。次に、本設計支援装置は、目標平面TP4から目標平面TP3に至るレベル差解消処理を実行する(M73)。この処理は、図37のM43と同様である。この処理を実行するCPU1が、第2のレベル間接続手段34に相当する。

【0156】

そして、本設計支援装置は、目標平面上で、共有平面上の二次元処理を実行する。この処理は、図14のM2と同様である。

【0157】

次に、本設計支援装置は、経路の設定が成功したか否かを判定する(M76)。そして、目標平面上で経路の設定が成功しなかった場合、次に、本設計支援装置は、まだ、目標平面にしてい、未処理の平面(法線ベクトル)が存在するか否かを判定する(M77)。そして、未処理の目標平面にしていない未処理平面(法線ベクトル)が存在する場合、その残りの平面(YZ平面、ZX平面)を目標平面に設定する(M78)。そして、本設計支援装置は、制御をP71に戻し、処理を繰り返す。

【0158】

一方、P77の判定で、未処理の目標平面がない場合、本設計支援装置は、ユーザ介入による作図処理を実行する(M79)。また、M76の判定で、経路の設定に成功した場合には、本設計支援装置は、そのまま処理を終了する。

【0159】

以上述べたように、本設計支援装置によれば、配管に接続される機器を画面上で、移動あるいは回転したときに、機器から定義値内の配管が検索され、機器と一体に移動あるいは回転される。さらに、機器と一体に移動した配管と、移動しなかった配管との接続点同士が、つなぎ直し処理によって接続される。したがって、機器と関連性の強い配管の接続が維持されるとともに、接続が維持されなかった接続点においても、つなぎ直しが行われる。このため、設計中の設備、設計済みの設備等の設計データ中で、機器の配置位置を変更しても、機器と配管とのつなぎ直し作業の負担が軽減される。

【0160】

なお、上記では、機器の接続口から定義値内の配管が検索の対象とされたが、移動・回転時に検索対象としない部分を指示できるようにしてもよい。例えば、ポインティングで、画面上で1以上の機器を選択しておき、その機器に接続される配管で接続口から、所定距離(設定パラメータで指定される距離)の範囲の配管については、検索の対象としないようにしてもよい。また、例えば、ポインティングデバイスの操作によって、矩形のカーソルを画面に表示し、その矩形で囲まれた範囲を検索の対象としないようにしてもよい。

【0161】

検索の対象から除外された範囲の配管、部材については、ルート情報(図4A)から、抹消した上で、上記で説明した機器の移動、回転処理を実行すればよい。このような処理によって、移動される機器、あるいは、回転される機器に追従する配管、および部材の範囲をユーザの指定にしたがって制限することができる。

【実施例2】

【0162】

上記実施例1では、移動および回転の対象となる機器をエンターキーが押下されるまで複数個指定するようにした。そのような移動および回転の対象となる機器については、事前にグループ化しておいてもよい。

【0163】

図42に、部材をグループ化するイメージを例示する。この例では、ポンプ400の周囲の部材を含めて、矩形枠401で示される範囲がグループ化される。さらに、矩形枠401でグループ化された部材のグループに、その周囲の配管を加えて、矩形枠402で示される範囲の部材が再度グループされる。

【0164】

10

20

30

40

50

図 4 3 は、グループ化の概念を示す図である。この例では、まず、部材 A , B , C が 1 つのグループにグループ化され、グループ G 1 が形成される。同様に、構成されたグループ G 2 と、G 1 とをさらに、グループ化し、グループ G 3 が構成される。

【 0 1 6 5 】

図 4 4 に、グループ化処理のフローチャートを例示する。この処理は、配置グループ化コマンドを実行することによって起動される。配置グループ化コマンドは、例えば、例えば、プルダウンメニューから選択される。ただし、エスケープキーが押下されると (S 1 2 1 で Y E S の場合)、処理は終了する (S 1 2 2)。

【 0 1 6 6 】

エスケープキーが押下されないと、本設計支援装置は、ユーザにオブジェクト、すなわち、グループ化対象の選択を促すメッセージを画面に表示する。ユーザは、エンターキーを押下するまでの間、複数のオブジェクトを選択することができる。そして、エンターキーが押下されると (S 1 2 4 で Y E S の場合)、グループ化対象が確定し、本設計支援装置は、グループ化処理を実行する (1 2 6)。

【 0 1 6 7 】

本実施例の設計支援装置によれば、機器の移動、および回転の対象を予めグループ化しておくことができ、機器の移動、および回転時の操作が容易となる。

【 0 1 6 8 】

ここで、図 1 を例にして説明する。図 1 には、画面上にポンプが 3 台表示されている。このような場合、ポンプとポンプを載せる防振架台上の 3 台分をまとめ、3 台分の基礎は 1 つの共通基礎として形成すると決めた場合を考える。そのような場合、共通基礎上のこの 3 台分を 1 つのグループとすれば、設計操作がスムーズになる。定義値から決まる距離 (定義値は管の内径に対する倍数を採用する場合は共通)、連動範囲、接続点は 3 台のポンプの管路ごとに異なる。しかし、上記グループ化によって、これらの機器を並行して、あたかも 1 台の機器として実施例 1 と同様に処理できる。さらに、1 つの機器 (例えば、ポンプ) の系統の管路の範囲に他の機器 (例えば冷凍機) につながる管があったとすると、これも一緒に処理できると都合がよい。このため、操作対象の機器の近傍に存在する他の機器とその付設管路についても共通グループとして処理すればよい。

【 実施例 3 】

【 0 1 6 9 】

図 4 5 から図 4 9 を参照して、本発明の実施例 3 を説明する。上記のような機器の移動、あるいは回転時の配管の追従処理において、機器とともに移動した接続点、または、機器とともに移動しなかった固定された配管側の接続点のいずれか一方が、継手上にある場合には、継手の次の延伸方向を継手が接続されている接続元の配管の中心軸周りに回転することで、次の配管の延伸方向、すなわち、接続点での方向ベクトルの向きを調整できる。すなわち、起点 P 1、または終点 P 2 が、継手上にある場合には、継手を回転することで、起点ベクトル V 1 または終点ベクトル V 2 の向きを調整し、つなぎ直し処理で、作成される配管の複雑さを低減し、配管を最適化する方向に調整できる。

【 0 1 7 0 】

図 4 5 に、そのような場合の機器と、機器に接続される配管の例を示す。図 4 5 の (A) は、平面図であり、(B) は、(A) を A 3 1 矢印方向から見た側面図である。図 4 5 では、機器に直管 L 3 1 が接続され、さらに、90 度継手 T 3 1、縦管、90 度継手 T 3 2 を介して、直管 L 3 2 が接続されている。この場合には、例えば、直管 L 3 1、90 度継手 T 3 1、縦管、および 90 度継手 T 3 2 が、機器とともに移動あるいは回転する範囲の配管となる。

【 0 1 7 1 】

図 4 6 は、図 4 5 の平面図 (A) で、配管の図形を簡略した上で、機器および機器とともに移動あるいは回転する配管を反時計周りに 90 度回転した場合の例を示す。ここで、機器の移動または回転によって機器とともに移動した接続点を起点 P 1、起点 P 1 における配管の方向 (接続口に向かう方向) の単位ベクトルを起点ベクトル V 1、機器とともに

10

20

30

40

50

移動しなかった接続点を終点 P 2、終点 P 2 における配管の方向（接続口に向かう方向）の単位ベクトルを終点ベクトル V 2 とする。この定義は、実施例 1 と同様である。

【 0 1 7 2 】

図 4 6 で、処理 1 は、実施例 1 と同様の処理によって、回転後、そのままつなぎ直し処理を実行した場合である。この場合には、起点ベクトル V 1 が、機器の回転とともに 90 度回転し、図面で右方向を向き、節点 P 3 1、直管 L 3 3、節点 P 3 2、節点 P 3 3 を通る管路が作成される。

【 0 1 7 3 】

一方、処理 2 は、起点ベクトル V 1 を終点ベクトル V 2 と対向する方向に向けた上で、つなぎ直し処理を実行した場合の例である。この場合には、節点 P 3 1 は消滅し、起点 P 1 から起点ベクトル V 1 方向に直管 L 3 4 が延伸し、節点 P 3 2 および P 3 3 を通る管路が作成され、配管の複雑さが低減する。本設計支援装置は、このようは継手上の方向ベクトル（起点ベクトル V 1、または終点ベクトル V 2）の向きの調整処理を実行し、調整前後の配管の複雑さを算出し、ユーザに調整前後の配管と、複雑さを示す評価関数の計算結果を提示する。ユーザは、調整前後で、表示された配管の形状と、複雑さを示す評価関数値とから、所望のつなぎ直し結果を選択すればよい。

【 0 1 7 4 】

図 4 7 および図 4 8 は、この場合の設計支援装置の処理を例示するフローチャートである。この処理は、例えば、図 6 の S 9 の処理（つなぎ直し処理）の次に実行すればよい。この処理では、まず、設計支援装置は、起点ベクトル V 1 と終点ベクトル V 2 とが同一平面上または互いに平行なレベル差のある平面上にあるか否かを判定する（S 2 0 1）。起点ベクトル V 1 と終点ベクトル V 2 とが S 2 0 1 の条件を満たさない場合、設計支援装置は、処理を終了する。また、起点ベクトル V 1 と終点ベクトル V 2 とが S 2 0 1 の条件を満たす場合、設計支援装置は、起点 P 1 は、継手上にあるか否かを判定する（S 2 0 2）。この判定は、起点の節点識別情報を基に、図 4 B の部材配置情報を探索すればよい。また、機器とともに移動、回転する配管の範囲を検索する処理（図 6 の S 6、その詳細である図 7 の処理、図 1 2 の S 1 2）を実行したときに、接続点での部材が、継手であるか否かをメモリ 2 に記憶しておけばよい。

【 0 1 7 5 】

そして、起点 P 1 は、継手上にない場合、本設計支援装置は、処理を終了する。また、起点 P 1 は、継手上にある場合、本設計支援装置は、接続点間（起点 P 1 と終点 P 2 との間）で、次の評価関数による配管の複雑さを算出する（S 2 0 3）。

（数 1）

評価関数 = 配管の距離 + 重み × 区間内の節点数；

ここで、配管の距離は、起点 P 1 から終点 P 2 に至る管路の長さである。また、区間内の節点数は、起点 P 1 と終点 P 2 との間の節点である。また、重みは、距離に対して、節点数をどのように評価するかを示す係数である。重みは、例えば、システムで固定した値（例えば、3）としてもよい。また、配管の半径、直径、あるいは、それらの整数倍の値を用いてもよい。重みは、ユーザが設定する設定パラメータとすればよい。その場合に、配管の半径、直径、あるいは、それらの整数倍のような、対象によって重みが増加する指定ができるようにしてもよい。

【 0 1 7 6 】

なお、評価関数は、節点に設けられた継手の種類ごとに異なる重みを付与して、評価するようにしてもよい。

（数 2）

評価関数 = 管路の距離 + K 1 × N 1 + K 2 × N 2 + K 3 × N 3；

ここで、K 1、K 2、および K 3 はそれぞれ、90 度継手、45 度継手、および任意角継手に対する重み係数である。また、N 1、N 2、および N 3 はそれぞれ、管路中の 90 度継手、45 度継手、および任意角継手の個数である。

【 0 1 7 7 】

10

20

30

40

50

次に、本設計支援装置は、起点ベクトルV1と終点ベクトルV2とが対向するように、継手を縦管の中心軸周りに回転する(S204)。ここで、対抗するとは、2つのベクトルが平行、かつ、逆向きであることをいう。そして、本設計支援装置は、接続点間で、次の評価関数による配管の複雑さを算出する(S205)。ただし、機器の移動あるいは回転後に、元々、起点ベクトルV1と終点ベクトルV2とが対向していた場合には、この処理(S204、S205)を省略する。

【0178】

次に、本設計支援装置は、起点ベクトルV1と終点ベクトルV2とが対向する方向から画面に平行な面内で90度回転する(S206)。これは、継手を配管の延伸方向に対して、配管の中心軸周りに90度回転することを意味する。そして、本設計支援装置は、接続点間で、数1の評価関数による配管の複雑さを算出する(S207)。ただし、機器の移動あるいは回転後に、元々、起点ベクトルV1が終点ベクトルV2と対向する向きから90度回転した方向に向いていた場合には、この処理(S206、S207)を省略する。

10

【0179】

次に、本設計支援装置は、起点ベクトルV1と終点ベクトルV2とが対向する方向から画面に平行な面内で180度回転する(S208)。そして、本設計支援装置は、接続点間で、数1の評価関数による配管の複雑さを算出する(S209)。ただし、機器の移動あるいは回転後に、元々、起点ベクトルV1が終点ベクトルV2と対向する向きから180度回転した方向に向いていた場合には、この処理(S208、S209)を省略する。

20

【0180】

次に、本設計支援装置は、起点ベクトルV1と終点ベクトルV2とが対向する方向から画面に平行な面内で270度回転する(S210)。そして、本設計支援装置は、接続点間で、数1の評価関数による配管の複雑さを算出する(S211)。ただし、機器の移動あるいは回転後に、元々、起点ベクトルV1が終点ベクトルV2と対向する向きから270度回転した方向に向いていた場合には、この処理(S210、S211)を省略する。

【0181】

次に、本設計支援装置は、継手を回転する前の配管、および上記評価関数によって、複雑さの最も少ない配管を、評価関数による評価値とともに表示する(S212)。そして、本設計支援装置は、ユーザの選択を待つ(S213)。ユーザが、継手を回転する前の配管、および、複雑さの最も少ない配管のうち、いずれかを選択した場合、その選択された配管を移動、回転後のつなぎ直し処理による配管とする(S214)。

30

【0182】

なお、図46～図48では、起点P1が、継手上のある例を示したが、終点V2が継手上にある場合も同様に処理できる。以上述べたように、本実施例によれば、つなぎ直し後の配管において、起点ベクトルV1および終点ベクトルV2のいずれか一方の向きを調整し、つなぎ直し後の配管の複雑さを低減できる。

【0183】

また、上記では、起点ベクトルV1を終点ベクトルV2に対して、対向する方向から、90度単位に回転し、配管の複雑さを評価した。しかし、本発明の実施はこのような処理に限定されるわけではない。他の角度、例えば、45度単位に評価してもよい。また、対向する方向および180度の方向で評価した後、2分法で、角度を分割して、評価してもよい。そして、評価関数値が最小となる角度を探索するようにしてよい。

40

【0184】

また、起点ベクトルV1の方向、あるいは、終点ベクトルV2の方向をユーザによる入力手段6(マウス等のポインティングデバイス)を通じた指定にしたがって、変更するようにしてもよい。すなわち、ユーザが、機器の移動、あるいは、回転後に、継手の方向を定めて、つなぎ直し処理を実行するようにしてもよい。

【0185】

また、図45、図46の例では、90度継手を例に示したが、上記処理は、45度継手

50

でも可能である。また、45度以外の任意角の継手でも可能である。

【実施例4】

【0186】

上記各実施例における、移動・回転時のつなぎ直し処理（例えば、図13等）において、2点間のつなぎ直し処理のときに、次の評価関数を導入し、つなぎ直し前後の管路を評価してもよい。

（数1）

評価関数 = 管路の距離 + 重み × 区間内の節点数；

評価関数は、節点に設けられた継手の種類ごとに異なる重みを付与して、評価するようにしてもよい。

10

（数2）

評価関数 = 管路の距離 + $K_1 \times N_1 + K_2 \times N_2 + K_3 \times N_3$ ；

ここで、 K_1 、 K_2 、および K_3 はそれぞれ、90度継手、45度継手、および任意角継手に対する重み係数である。また、 N_1 、 N_2 、および N_3 はそれぞれ、管路中の90度継手、45度継手、および任意角継手の個数である。

【0187】

すなわち、このような評価関数にて、管路のつなぎ直し効果を評価しつつ、機器を移動あるいは回転してもよい。そして、評価関数の結果が望ましくない場合には、ユーザに機器の移動を中止するように促してもよい。あるいは、評価関数の結果が望ましくない場合には、移動、回転後に、ユーザに、つなぎ直された2点間での配管の接続経路を変更するように促してもよい。

20

【図面の簡単な説明】

【0188】

【図1】設計支援装置の機能概要を例示する図である。

【図2】設計支援装置のハードウェア構成の例示する図である。

【図3】設計支援装置の機能ブロック図を例示する図である。

【図4A】配管の経路を記述するルート情報のデータ構造例を示す図である。

【図4B】部材配置情報ファイルのデータ構造例を示す図である。

【図4C】節点定義ファイルのデータ構造を示す図である。

【図5A】部材マスタのデータ構造例を示す図である。

30

【図5B】機器マスタのデータ構造例を示す図である。

【図5C】配置機器情報テーブルのデータ構造例を示す図である。

【図6】機器移動処理を例示するフローチャートである。

【図7】機器とともに移動する配管の探索処理の詳細を例示するフローチャートである。

【図8A】定義値の範囲内に直管が存在する場合の処理例を示す図である。

【図8B】機器とともに移動する範囲の対象とならない縦管の例を示す図である。

【図8C】継手と分岐の処理例を示す図である。

【図8D】直管の処理例を示す図である。

【図9】移動後の機器との接続対象となる配管と、配管上の接続点を検索する処理の詳細を示す図である。

40

【図10】分岐までを接続点とする処理例を示す図である。

【図11】移動後の機器との接続点を確定する処理例を示す図である。

【図12】機器の回転の処理例を示す図である。

【図13】移動・回転のつなぎ直し処理のフローチャートを例示する図である。

【図14】配管つなぎ替え処理で実行される処理の詳細を例示する図である。

【図15】共有平面上での二次元処理の処理を例示する図である。

【図16】起点ベクトル V_1 と終点ベクトル V_2 とが平行かつ対向している例を示す図である。

【図17】起点 P_1 と、終点 P_2 とを直管で接続する例を示す図である。

【図18】任意角継手で配管を接続する例を示す図である。

50

【図 19】迂回路を形成して、起点 P 1 と終点 P 2 とを接続する例を示す図である。

【図 20】45 度継手で配管を接続する例を示す図である。

【図 21】90 度継手で配管を接続する例を示す図である。

【図 22】対向していないが、平行な起点ベクトルと終点ベクトルを例示する図である。

【図 23】対向していないが、平行な起点ベクトルと終点ベクトルに対する処理例を示す図である。

【図 24】平行な非対向ベクトルに対する処理例を示す図である。

【図 25】平行な非対向ベクトルに対する処理例を示す図である。

【図 26】交点 P X の位置が、起点 P 1 と終点 P 2 との間に位置する場合を例示する図である。

【図 27】交点 P X の位置が、起点 P 1 と終点 P 2 との間に位置する場合に任意角継手と直管で接続する処理例を示す図である。

【図 28】交点 P X の位置が、起点 P 1 と終点 P 2 との間に位置しない場合を例示する図である。

【図 29】交点 P X の位置が、起点 P 1 と終点 P 2 との間に位置しない場合に、90 度継手と任意角継手の組み合わせによって迂回路を形成する処理例を示す図である。

【図 30】起点ベクトルと終点ベクトルの交点の位置が、起点と終点との間に位置する場合の処理例を示す図である。

【図 31】交点の位置が、起点 P 1 と終点 P 2 との間に位置しない場合に、迂回路を形成する処理例を示す図である。

【図 32】交点での交差角が 45 度より大きく 90 度未満の場合に、迂回路を形成する構成例を示す図である。

【図 33】交点 P X での θ が 90 度の場合に、90 度継手と直管で接続する処理例を示す図である。

【図 34】交点の位置が、起点と終点との間に位置しない場合に、90 度継手の組み合わせによって迂回路を形成する処理例を示す図である。

【図 35】交点での交差角が 90 度より大きく 135 度未満で、交点の位置が、起点と終点との間に位置する場合の処理例である。

【図 36】交点での交差角が 90 度より大きく 135 度未満で、交点の位置が、起点と終点との間に位置しない場合の処理例である。

【図 37】座標軸に平行なベクトルを含む処理の詳細を例示する図である。

【図 38】座標軸に平行なベクトルを含む処理の概念を例示する図である。

【図 39】起点ベクトルまたは終点ベクトルが X Y , Y Z , Z X 平面のいずれかに平行な場合の処理の詳細を例示する図である。

【図 40】起点ベクトルおよび終点ベクトルがいずれも X Y , Y Z および Z X 平面のいずれにも平行でない場合の処理を例示する図である。

【図 41】起点ベクトルおよび終点ベクトルがいずれも X Y , Y Z および Z X 平面のいずれにも平行でない場合の処理の外面を例示する図である。

【図 42】部材をグループ化するイメージを例示する図である。

【図 43】グループ化の概念を示す図である。

【図 44】グループ化処理のフローチャートを例示する図である。

【図 45】配管の複雑さを低減し、配管を最適化する方向に調整する対象となる配管を例示する図である。

【図 46】配管を簡略した上で、機器および機器とともに移動あるいは回転する配管を反時計周りに 90 度回転した場合の例を示す図である。

【図 47】配管を最適化する方向に調整する設計支援装置の処理を例示するフローチャート（その 1）である。

【図 48】配管を最適化する方向に調整する設計支援装置の処理を例示するフローチャート（その 2）である。

【符号の説明】

10

20

30

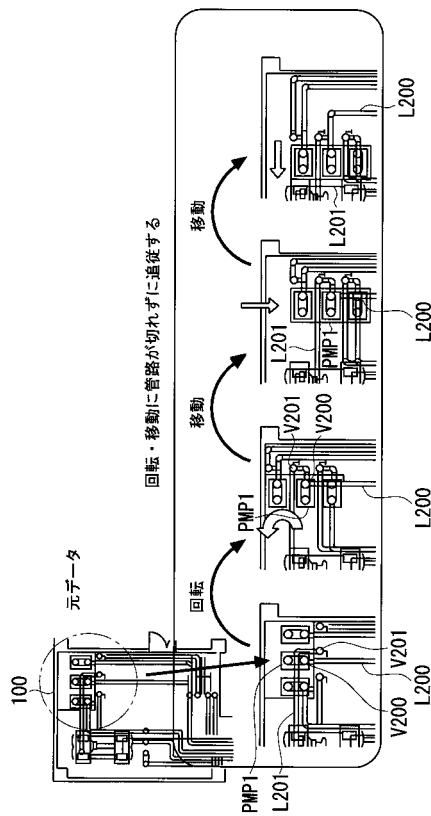
40

50

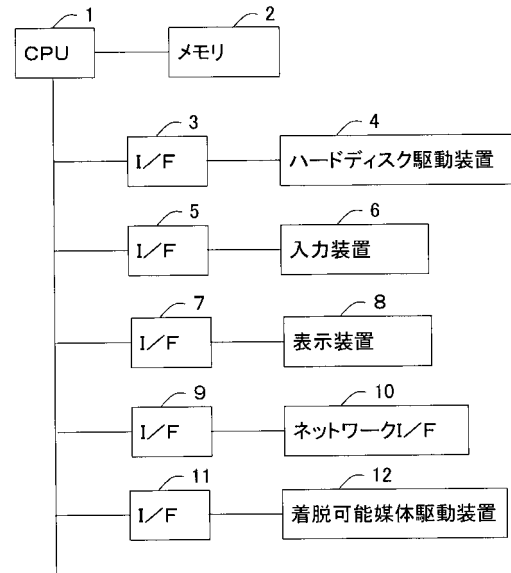
【 0 1 8 9 】

1	C P U	
2	メモリ	
4	ハードディスク駆動装置	
6	入力装置	
8	表示装置	
1 0	ネットワークインターフェース	
1 2	着脱可能記憶媒体駆動装置	
2 0	制御部	
2 1	表示制御手段	10
2 2	入力制御手段	
2 3	管路構成記憶手段	
2 4 A	部材属性記憶手段	
2 4 B	部材特定手段	
2 5	仮定経路生成手段	
2 6	管路形成手段	
2 7	配置可否判定手段	
2 8	管路延伸手段	
2 9	迂回延伸手段	
3 0	平面判定手段	20
3 1	単一目標平面経路設定手段	
3 2	複数目標平面経路設定手段	
3 3	第 1 のレベル間接続手段	
3 4	第 2 のレベル間接続手段	
3 6	評価手段	
3 7	中断点検出	

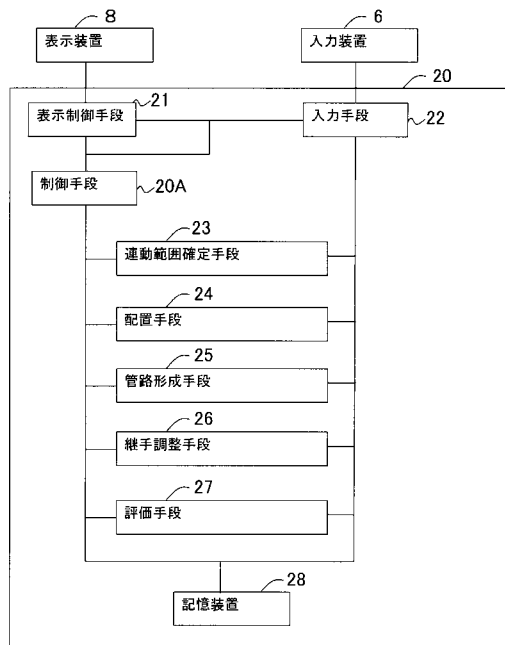
【図 1】



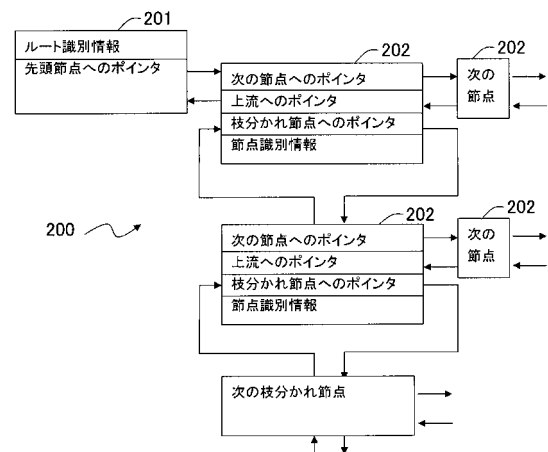
【図 2】



【図 3】



【図 4 A】



【図 4 B】

部材配置情報テーブル					
配置識別情報	基準座標	始点の節点識別情報	終点の節点識別情報	属性	
	XO YO ZO			部材	接続口の順序 分岐がある場合の分岐の向き(分岐方向の単位ベクトル)
A				機器(接続口)	正 なし
B				フランジ	正 なし
C				フランジ	逆 なし
D				分岐	正 Nx,Ny,Nz
E				バルブ	正 なし
F				継手	逆 なし
G				レジューサ	正 なし
H				直管	なし なし

【図 4 C】

節点定義ファイル			
節点識別情報	座標X	座標Y	座標Z

【図 5 A】

部材マスタ		
部材識別情報	部材名	部材別仕様テーブルへのポインタ
1	弁類	弁類仕様テーブルの格納先
2	分岐	分岐仕様テーブルの格納先
3	レジューサ	レジューサ仕様テーブルの格納先
4	フランジ	フランジ仕様テーブルの格納先
5	縦管	縦管仕様テーブルの格納先
:	:	:

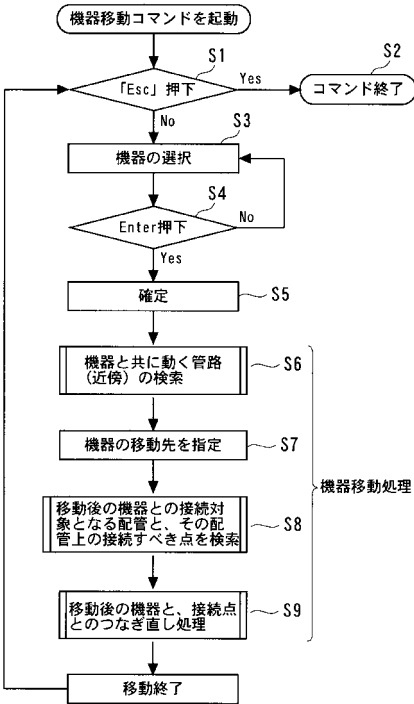
【図 5 B】

機器マスタ	
機器識別情報	
外形形状情報へのポインタ	
配置基準点	
接続口数	
接続口1の座標(U, V, W)	
接続口1の用途分類	
接続口1のサイズ	
接続口1の系統	
接続口1の方向	
接続点ベクトル(u, v, w)	
接続口2の座標(U, V, W)	
接続口2の用途分類	
接続口2のサイズ	
接続口2の系統	
接続口2の方向	
接続点ベクトル(u, v, w)	
:	

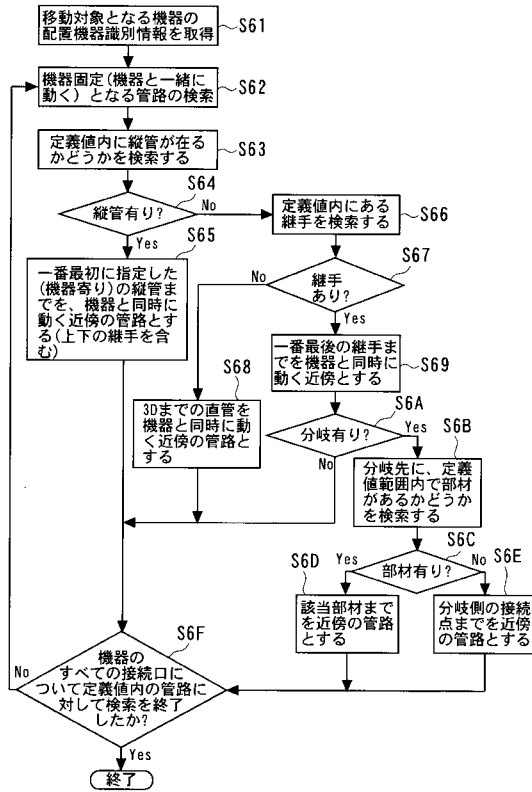
【図 5 C】

配置機器情報テーブル	
配置機器識別情報	
機器識別情報	
設備内配置点	
向き(方向余弦)	
外形形状情報へのポインタ	
接続口数	
接続口1の節点識別情報	
接続口1の用途分類	
接続口1のサイズ	
接続口1の系統	
接続口1の方向	
接続点ベクトル(x, y, z)	
接続口2の用途分類	
接続口2のサイズ	
接続口2の系統	
接続口2の方向	
接続点ベクトル(x, y, z)	
:	

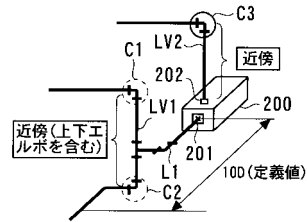
【図 6】



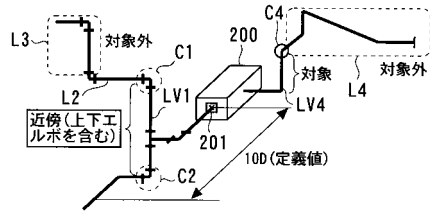
【図 7】



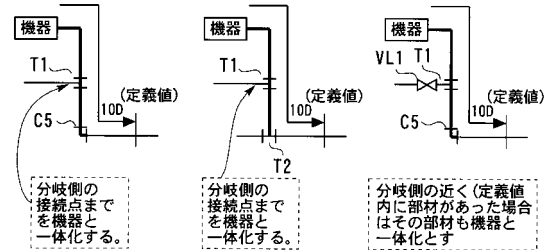
【図 8 A】



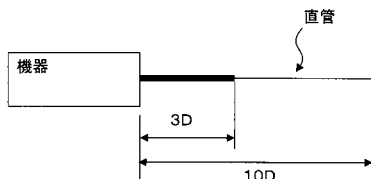
【図 8 B】



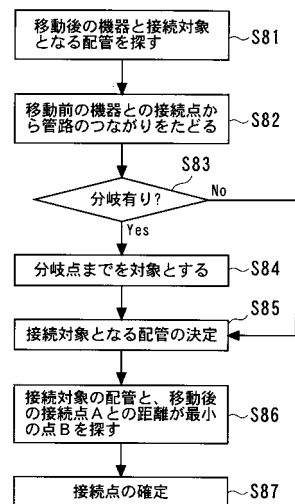
【図 8 C】



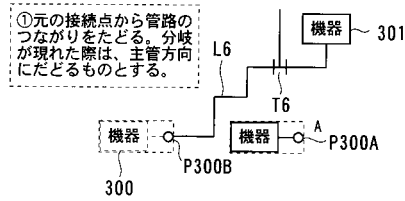
【図 8 D】



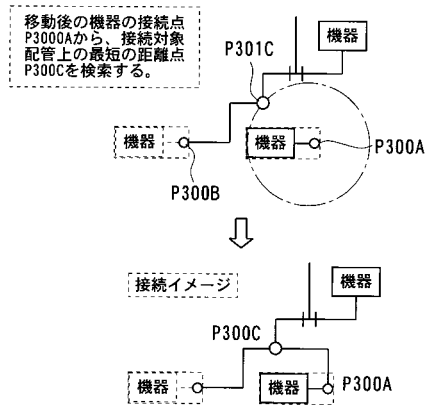
【図 9】



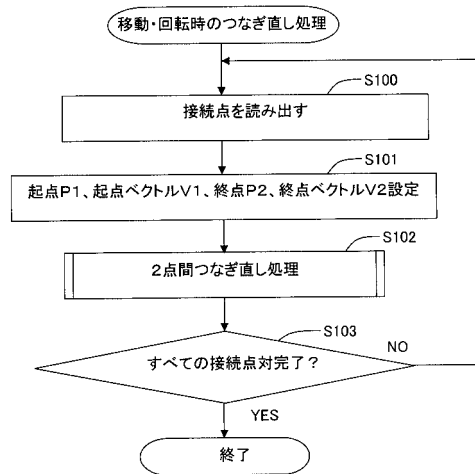
【図 10】



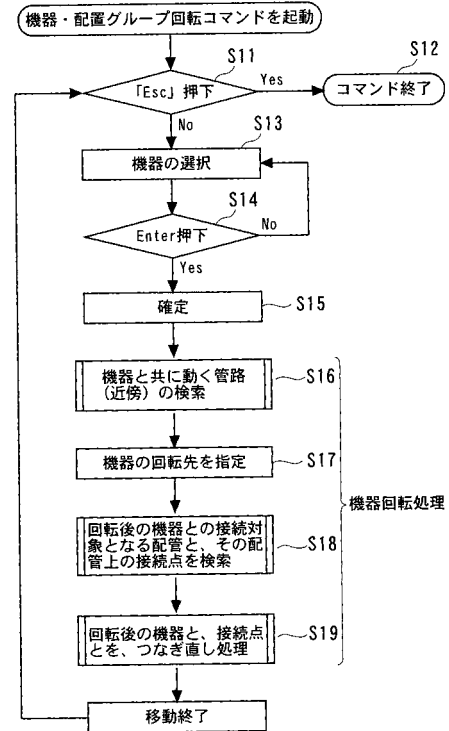
【図 11】



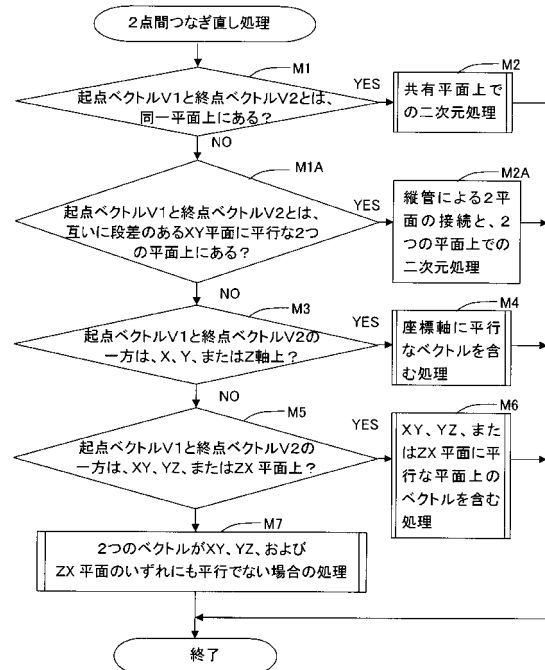
【図 13】



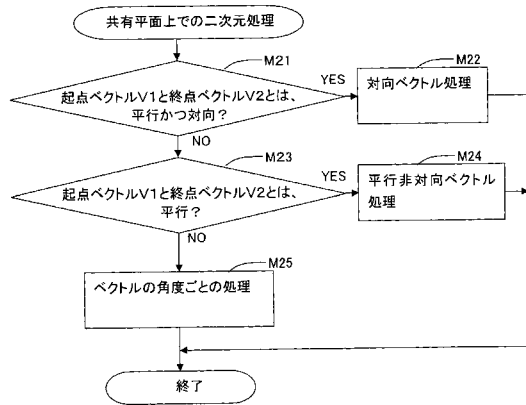
【図 12】



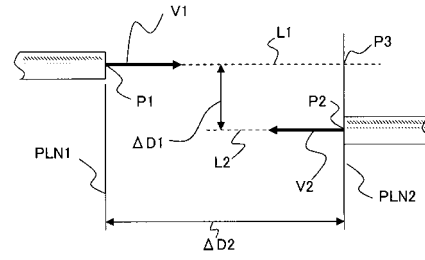
【図 14】



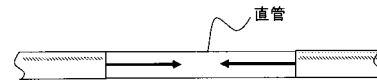
【図 15】



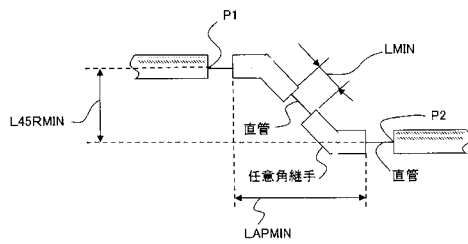
【図 16】



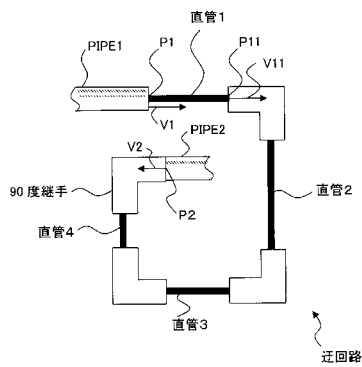
【図 17】



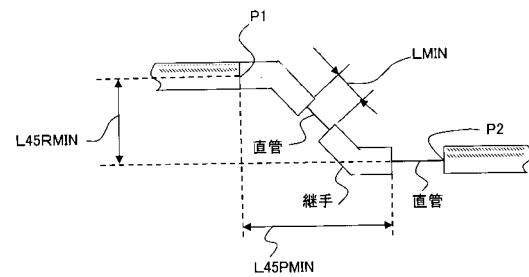
【図 18】



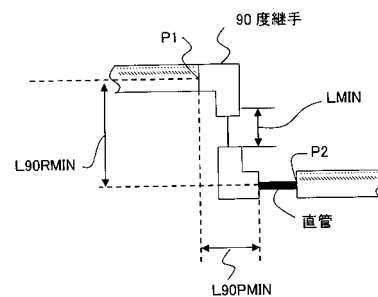
【図 19】



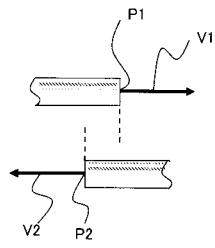
【図 20】



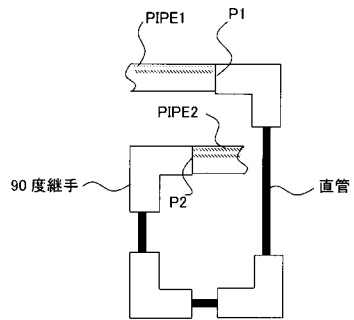
【図 21】



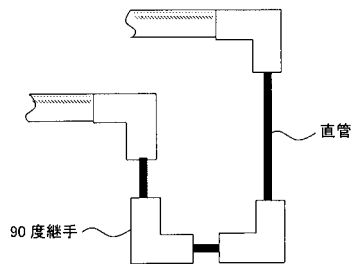
【図 2 2】



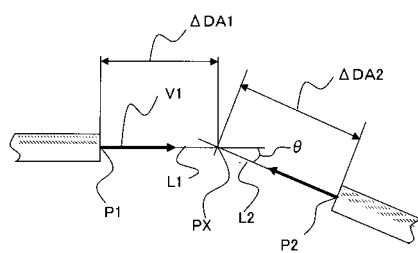
【図 2 3】



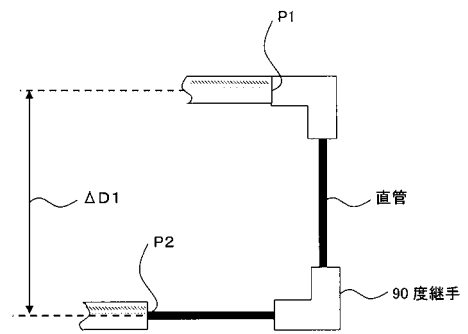
【図 2 5】



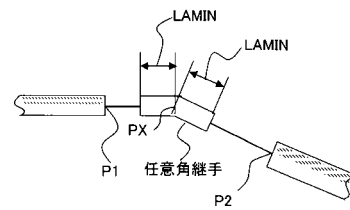
【図 2 6】



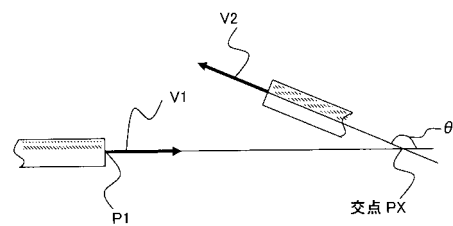
【図 2 4】



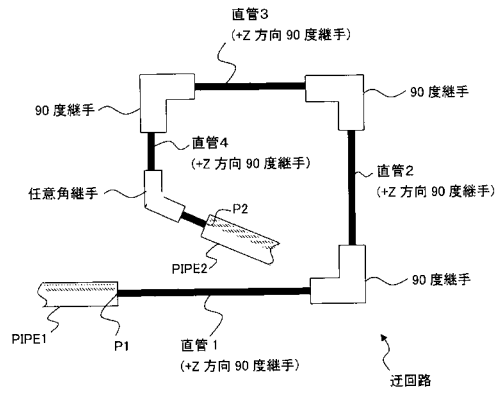
【図 2 7】



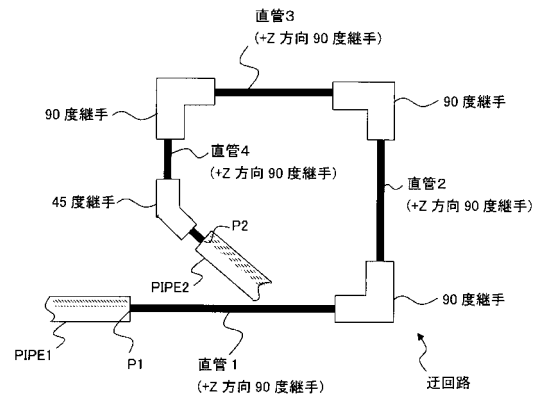
【図 2 8】



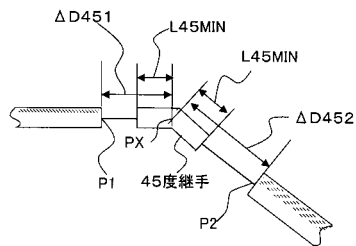
【図 29】



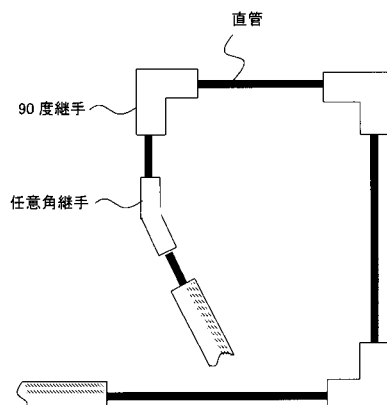
【図 31】



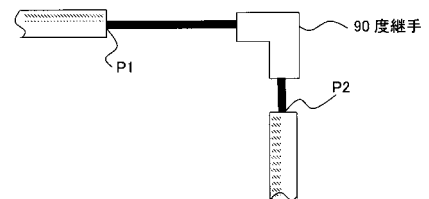
【図 30】



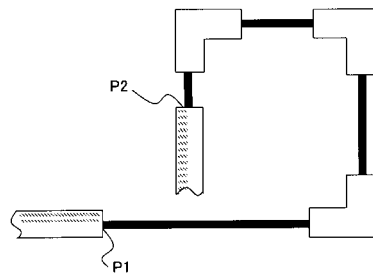
【図 32】



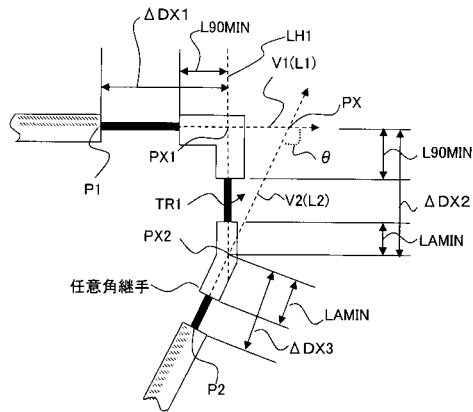
【図 33】



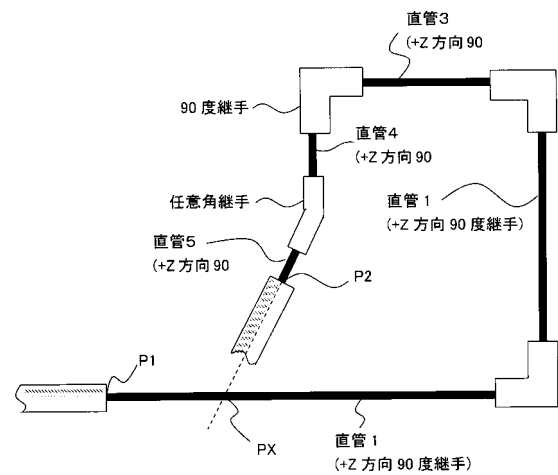
【図 34】



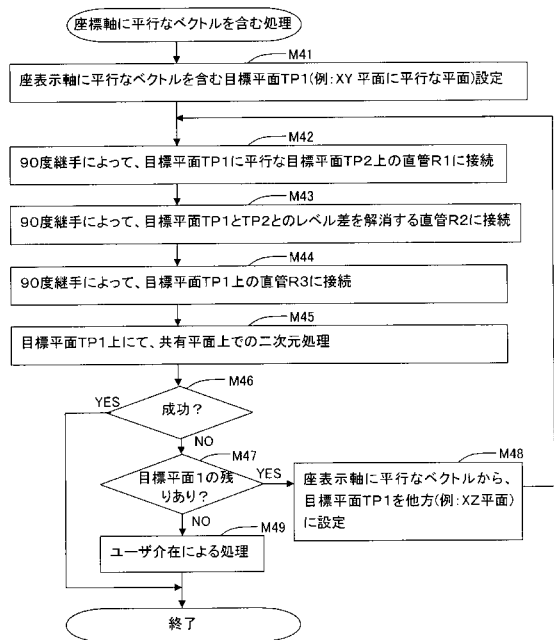
【図 35】



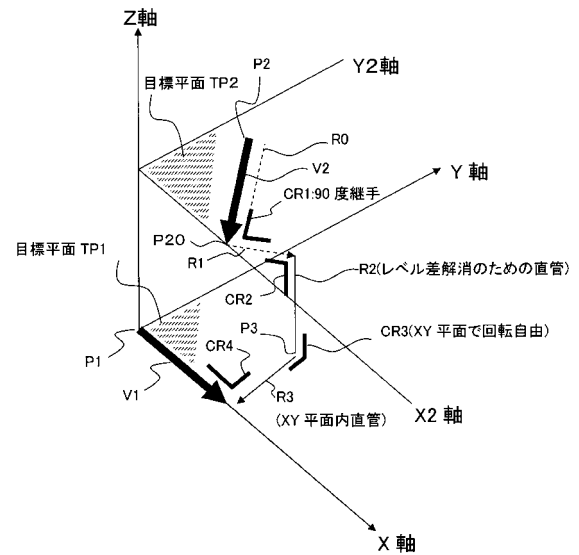
【図 36】



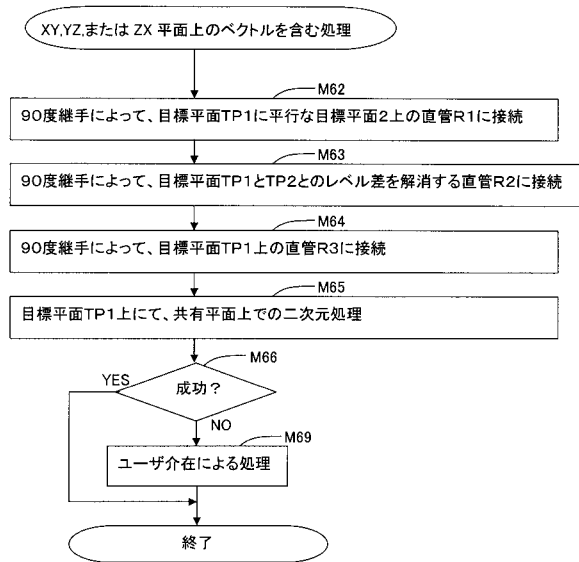
【図 37】



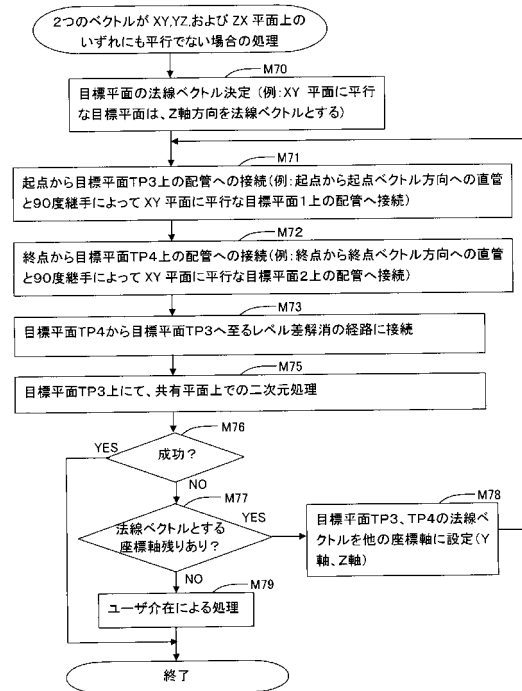
【図 38】



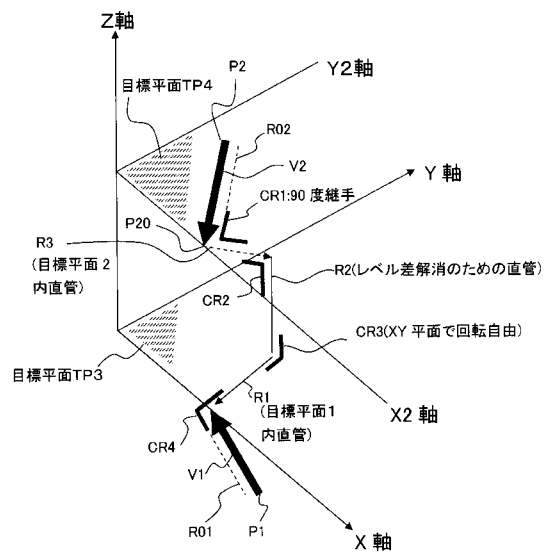
【図 39】



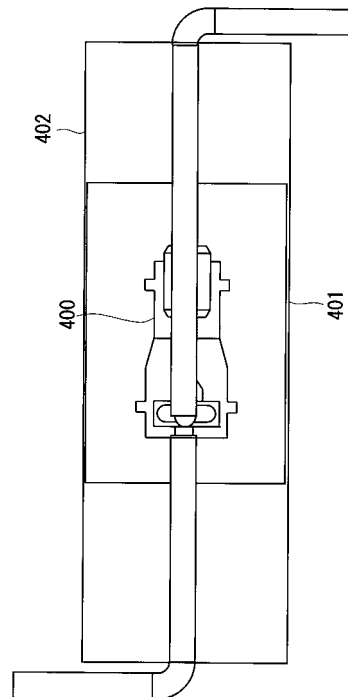
【図 40】



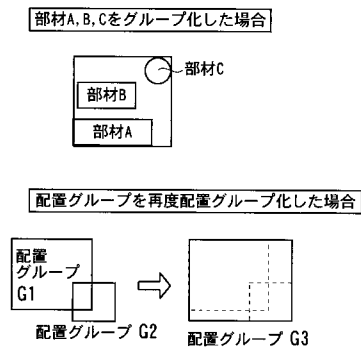
【図 41】



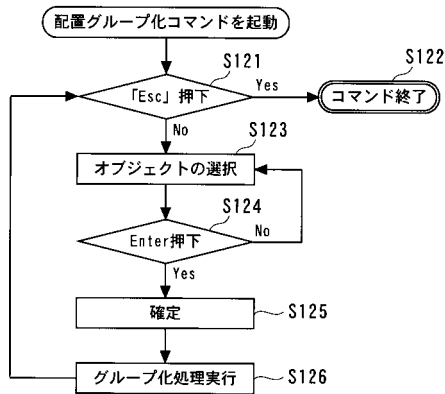
【図 42】



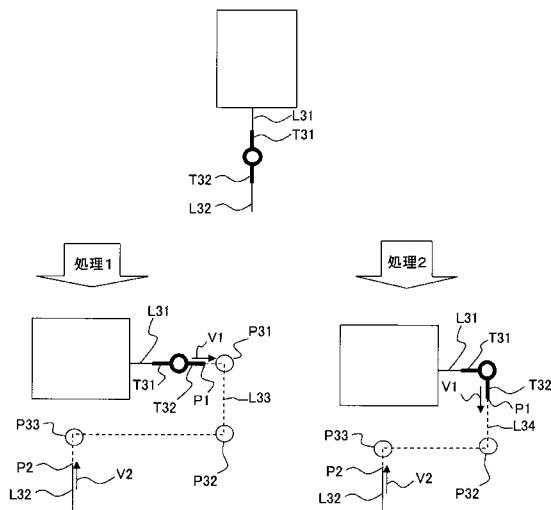
【図 4 3】



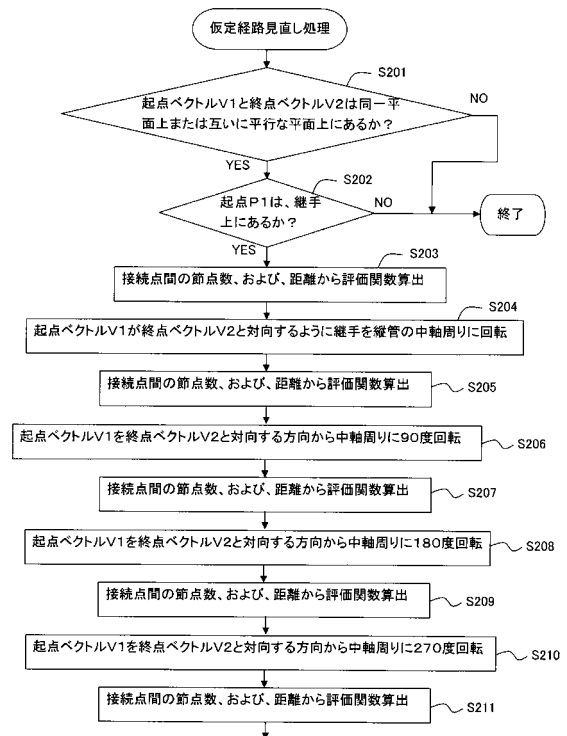
【図 4 4】



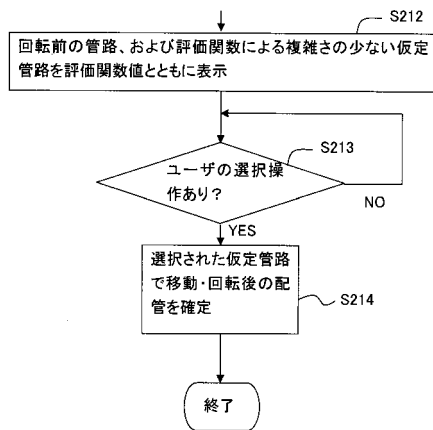
【図 4 6】



【図 4 7】



【図 48】



フロントページの続き

(72)発明者 河村 享

東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 2 番地 5 高砂熱学工業株式会社内

(72)発明者 野下 玲

東京都千代田区神田駿河台 4 丁目 2 番地 5 高砂熱学工業株式会社内

F ターム(参考) 5B046 AA02 DA02 FA02 GA01 JA01