

(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2010-44707

(P2010-44707A)

(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 17/50 (2006.01)	G 0 6 F 17/50 6 5 0 C	5 B 0 4 6
	G 0 6 F 17/50 6 3 4 C	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 43 頁)

(21) 出願番号	特願2008-209998 (P2008-209998)	(71) 出願人	000169499
(22) 出願日	平成20年8月18日 (2008.8.18)		高砂熟学工業株式会社
			東京都千代田区神田駿河台4丁目2番地5
		(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

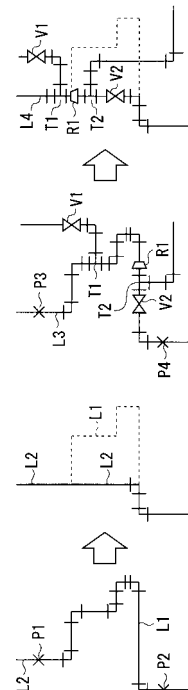
(54) 【発明の名称】 管路の設計支援装置

(57) 【要約】

【課題】設計データ上で管路をつなぎ直す際、極力管路の形成を自動化することによって、管路を設計する設計者の負担を軽減する。

【解決手段】少なくとも管部材と分岐部材と管部材を他の部材に接続する接続部材とを含む部材の管路方向の長さ、および分岐部材の分岐方向への突き出し量を含む部材属性を格納する部材属性格納手段と、管路に含まれる部材の接続順を含む位置関係を記憶する管路構成記憶手段と、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手段と、画面上で管路中の第1および第2の点の指定を受け付ける入力手段と、2点で挟まれた管路部分を構成する部材を特定する部材特定手段と、2点間で部材を配置する仮定経路を生成する仮定経路生成手段と、仮定経路にしたがって管路部分を構成する部材を配置することによって新たな管路部分を形成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】**

少なくとも管路材と分岐部材と管路材を他の部材に接続する接続部材とを含む部材の管路方向の長さ、および前記分岐部材の分岐方向への突き出し量を含む部材属性を格納する部材属性格納手段と、

管路に含まれる部材の接続順を含む位置関係を記憶する管路構成記憶手段と、

前記部材を表す図形要素を前記位置関係にしたがって配置することによって前記管路を画面上に表示する手段と、

前記画面上で管路中の第 1 および第 2 の点の指定を受け付ける入力手段と、

前記第 1 および第 2 の点と前記画面上に表示されている図形要素との位置関係から、それぞれの点の位置する管路中の部材を特定する手段と、

前記特定された部材を基に、前記管路構成記憶手段を検索することにより、前記 2 点で挟まれた管路部分を構成する部材を特定する部材特定手段と、

前記 2 点間で部材を配置する仮定経路を生成する仮定経路生成手段と、

前記仮定経路にしたがって前記管路部分を構成する部材を配置することによって新たな管路部分を形成する管路形成手段と、を備える管路の設計支援装置。

10

【請求項 2】

前記特定された部材の管路方向の長さに基づいて前記部材を前記仮定経路に配置できるか否かを判定する配置可否判定手段と、

前記特定された部材のすべてを前記仮定経路に施工上配置しきれないときに、前記仮定経路を前記 2 点の少なくとも一方の点から他方の点に対して離れる方向にその一方の点の位置する管路に沿って延伸する管路延伸手段と、をさらに備える請求項 1 に記載の管路の設計支援装置。

20

【請求項 3】

前記特定された部材のすべてを前記延伸された仮定経路に施工上配置しきれないときに、前記 2 点の一方の点から他方の点に対して離れる方向に経路を屈曲して延伸する継手を付与するとともに、前記継手にて屈曲した延伸方向に一旦延伸した位置から前記他方の点に接続される新たな仮定経路を生成する迂回延伸手段をさらに備える請求項 2 に記載の管路の設計支援装置。

【請求項 4】

前記 2 点で挟まれた管路部分と前記新たな管路部分とで、少なくとも管路部分の長さと管路部分に含まれる曲がり部分の数とから評価される管路部分の複雑さを評価する評価手段をさらに備える請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の管路の設計支援装置。

30

【請求項 5】

前記第 1 の点に接続される管路上で管路が中断している第 1 の中断点を検出する手段と、

前記第 2 の点に接続される管路上で管路が中断している第 2 の中断点を検出する手段と、をさらに備え、

前記仮定経路生成手段は、前記第 1 の中断点と第 2 の中断点との間の経路を含む仮定経路を生成する請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の管路の設計支援装置。

40

【請求項 6】

前記仮定経路設定手段は、

前記第 1 の点および第 2 の点に位置するそれぞれの部材の管路方向をそれぞれ起点ベクトルおよび終点ベクトルとして設定する手段と、

前記起点ベクトルと終点ベクトルとが同一平面上にあるか否か、および

前記起点ベクトルと終点ベクトルとが互いに平行な異なる平面にあるか否かを判定する平行平面判定手段と、

前記起点ベクトルのある平面と前記終点ベクトルある平面との間で経路を設定する第 1 のレベル間接続手段と、をさらに備える請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の設備の設計支援装置。

50

【請求項 7】

前記起点ベクトルと前記終点ベクトルの一方が、 XY 平面、 YZ 平面、または ZX 平面と平行な平面上にあるか、否かを判定するベクトル平面判定手段と、

前記起点ベクトルと前記終点ベクトルとが同一平面上および互いに平行な異なる平面上のいずれにもなく、かつ、前記起点ベクトルと前記終点ベクトルのうちの一方のベクトルが、 XY 平面、 YZ 平面、または ZX 平面と平行な第1の目標平面上にあるときに、前記第1の目標平面上にない他方のベクトルの示す接続部から90度継手、45度継手、前記他方のベクトル方向の直管と90度継手との組み合わせ、または、前記他方のベクトル方向の直管と45度継手との組み合わせによって前記第1の目標平面に平行な第2の目標平面上の直管に接続する単一目標平面経路設定手段と、

10

前記第2の目標平面の直管から前記第1の目標平面への経路を設定する第2のレベル間接続手段と、をさらに備える請求項6に記載の設計支援装置。

【請求項 8】

前記起点ベクトルと前記終点ベクトルとが同一平面上および互いに平行な異なる平面上のいずれにもなく、かつ、前記起点ベクトルと前記終点ベクトルとがいずれも XY 平面、 YZ 平面、および ZX 平面のいずれとも平行でないときに、2つの座標軸に平行な第3の目標平面上の経路であって、前記起点ベクトルの示す接続部から90度継手、45度継手、前記起点ベクトル方向への直管と90度継手との組み合わせに、または、前記起点ベクトル方向への直管と45度継手との組み合わせによって接続可能な第1の直管の経路を設定するとともに、前記第3の目標平面に平行な第4の目標平面上の経路であって、前記終点ベクトルの示す接続部から90度継手、45度継手、前記終点ベクトル方向への直管と90度継手との組み合わせ、または、前記起点ベクトル方向への直管と45度継手との組み合わせによって接続可能な第2の直管の経路を設定する複数目標平面経路設定手段と、

20

前記第1の直管と前記第2の直管との間の経路を設定する第3のレベル間接続手段と、をさらに備える請求項6または7に記載の設計支援装置。

【請求項 9】

前記複数目標平面経路設定手段は、

前記起点ベクトルに対して垂直な平面と前記第3の目標平面との交線方向に前記第1の直管を設定するとともに、前記起点ベクトルの示す接続部から前記第1の直管に前記90度継手、45度継手、前記起点ベクトル方向への直管と90度継手との組み合わせ、または、前記起点ベクトル方向への直管と45度継手との組み合わせによって経路を設定する手段と、

30

前記終点ベクトルに対して垂直な平面と前記第4の目標平面との交線方向に前記第2の直管を設定するとともに、前記終点ベクトルの示す接続部から前記第2の直管に前記90度継手、45度継手、前記終点ベクトル方向への直管と90度継手との組み合わせ、または、前記終点ベクトル方向への直管と45度継手との組み合わせによって経路を設定する手段と、を有し、

前記第3のレベル間接続手段は、前記第1の直管と前記第2の直管とを両端に90度継手または45度継手を設けた配管を含む経路で接続する手段、を有する、請求項8に記載の設計支援装置。

40

【請求項 10】

コンピュータが、

部材属性記憶手段から、少なくとも管部材と分岐部材と管部材を他の部材に接続する接続部材とを含む部材の管路方向の長さ、および前記分岐部材の分岐方向への突き出し量を含む部材属性を読み出すステップと、

管路構成記憶手段から、管路に含まれる部材の接続順を含む位置関係を読み出すステップと、

前記部材を表す図形要素を前記位置関係にしたがって配置することによって前記管路を画面上に表示するステップと、

前記画面上で管路中の第1および第2の点の指定を受け付けるステップと、

50

前記２点で挟まれた管路部分を構成する部材を特定するステップと、

前記第１および第２の点と前記画面上に表示されている図形要素との位置関係から、それぞれの点の位置する管路中の部材を特定するステップと、

前記特定された部材を基に、前記管路構成記憶手段を検索することにより、前記２点間で部材を配置する仮定経路を生成する仮定経路生成ステップと、

前記仮定経路にしたがって前記管路部分を構成する部材を配置することによって新たな管路部分を形成するステップと、を実行する管路の設計支援方法。

【請求項１１】

コンピュータに、

部材属性記憶手段から、少なくとも管部材と分岐部材と管部材を他の部材に接続する接続部材とを含む部材の管路方向の長さ、および前記分岐部材の分岐方向への突き出し量を含む部材属性を読み出すステップと、

管路構成記憶手段から、管路に含まれる部材の接続順を含む位置関係を読み出すステップと、

前記部材を表す図形要素を前記位置関係にしたがって配置することによって前記管路を画面上に表示するステップと、

前記画面上で管路中の第１および第２の点の指定を受け付けるステップと、

前記第１および第２の点と前記画面上に表示されている図形要素との位置関係から、それぞれの点の位置する管路中の部材を特定するステップと、

前記特定された部材を基に、前記管路構成記憶手段を検索することにより、前記２点で挟まれた管路部分を構成する部材を特定するステップと、

前記２点間で部材を配置する仮定経路を生成する仮定経路生成ステップと、

前記仮定経路にしたがって前記管路部分を構成する部材を配置することによって新たな管路部分を形成するステップと、を実行させる管路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、管路の設計支援装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

流体を取り扱う設備では、各種の機器と機器との間が管路で接続され、機器間を流体が移動する。管路は、直管、フランジ、継手、バルブ等の部材を用いて形成される。さらに、分岐によって枝分かれした管路も形成される。これらの部材は、それぞれの寸法、構造、および接続上の拘束条件を有する。したがって、このような部材によって構成される管路は、複雑なものも多い。

【０００３】

設計された管路が複雑であると、据え付けの手間と工数が増大する。したがって、管路は極力簡略なものが望ましい。設計時、あるいは、設計後に、作成された管路を見直した結果、簡略化が望ましいと判断される場合がある。

【０００４】

ところで、このような管路を含む設備は、通常、コンピュータを利用した設計支援装置で設計される。しかし、従来の設計支援装置では、簡略化が望ましいと判断された場合に、基本的には、設計者のマニュアル操作で再設計されていた。すなわち、設計者がコンピュータの表示画面に対して、ポインティングデバイス等を用いて逐一管路を引き直すことによって管路を簡略化していた（例えば、下記特許文献１等を参照）。

【特許文献１】特開平１０－１５４１６４号公報

【特許文献２】特開平１０－１５４１６５号公報

【特許文献３】特開平１０－１５４１６７号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

しかし、上記従来の技術では、設計データ上で管路をつなぎ直す際、設計者が表示画面上で逐一管路を指定する必要があるため、設計者の作業負担が大きかった。本発明の目的は、極力管路の形成を自動化することによって、管路を設計する設計者の負担を軽減することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

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、少なくとも管部材と分岐部材と管部材を他の部材に接続する接続部材とを含む部材の管路方向の長さ、および分岐部材の分岐方向への突き出し量を含む部材属性を格納する部材属性格納手段と、管路に含まれる部材の接続順を含む位置関係を記憶する管路構成記憶手段と、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手段と、画面上で管路中の第1および第2の点の指定を受け付ける入力手段と、第1および第2の点と画面上に表示されている図形要素との位置関係から、それぞれの点の位置する管路中の部材を特定する手段と、特定された部材を基に、管路構成記憶手段を検索することにより、2点で挟まれた管路部分を構成する部材を特定する部材特定手段と、2点間で部材を配置する仮定経路を生成する仮定経路生成手段と、仮定経路にしたがって管路部分を構成する部材を配置することによって新たな管路部分を形成する管路形成手段と、を備える管路の設計支援装置として例示される。

【 0 0 0 7 】

本発明によれば、画面上で管路中のつなぎ直し個所の2点の指定を受け付け、その2点間で、新たな仮定経路を形成し、その仮定経路に元の管路中の部材を配置し、新たな管路を形成する。このような構成によって、ユーザによる設計データ中の管路のつなぎ直しと、データの修正を効果的に支援する。

【 0 0 0 8 】

その場合に、特定された部材の管路方向の長さに基づいて部材を仮定経路に配置できるか否かを判定する配置可否判定手段と、特定された部材のすべてを仮定経路に施工上配置しきれないときに、仮定経路を2点の少なくとも一方の点から他方の点に対して離れる方向にその一方の点の位置する管路に沿って延伸する管路延伸手段と、をさらに備えるようにしてもよい。本設計支援装置によれば、つなぎ直しによって管路が短くなり過ぎた場合に、元の部材を配置できる程度に延伸し、ユーザの設計作業を支援する。

【 0 0 0 9 】

さらに、特定された部材のすべてを延伸された仮定経路に施工上配置しきれないときに、2点の一方の点から他方の点に対して離れる方向に経路を屈曲して延伸する継手を付与するとともに、継手にて屈曲した延伸方向に一旦延伸した位置から他方の点に接続される新たな仮定経路を生成する迂回延伸手段をさらに備えるようにしてもよい。つなぎ直しによって管路が短くなり過ぎ、単純な延伸だけでは、元の部材を配置できない場合に、本設計支援装置は、迂回する方向に延伸することで、元の部材を配置する経路を確保する。

【 0 0 1 0 】

また、2点で挟まれた管路部分と新たな管路部分とで、少なくとも管路部分の長さと管路部分に含まれる曲がり部分の数とから評価される管路部分の複雑さを評価する評価手段をさらに備えてもよい。本設計支援装置は、複雑さの評価によって、管路を評価するユーザの判断を支援できる。

【 0 0 1 1 】

また、第1の点に接続される管路上で管路が中断している第1の中断点を検出する手段と、第2の点に接続される管路上で管路が中断している第2の中断点を検出する手段と、をさらに備えてもよい。そして、仮定経路生成手段は、第1の中断点と第2の中断点との間の経路を含む仮定経路を生成すればよい。本設計支援装置によれば、経路の中断点と中断点とを手がかりに、新たな管路を生成できる。

【 0 0 1 2 】

仮定経路設定手段は、第 1 の点および第 2 の点に位置するそれぞれの部材の管路方向をそれぞれ起点ベクトルおよび終点ベクトルとして設定する手段と、起点ベクトルと終点ベクトルとが同一平面上にあるか否か、および起点ベクトルと終点ベクトルとが互いに平行な異なる平面にあるか否かを判定する平行平面判定手段と、起点ベクトルのある平面と前記終点ベクトルある平面との間で経路を設定する第 1 のレベル間接続手段と、をさらに備えるようにしてもよい。本設計支援装置によれば、指定された 2 点の位置する部材の管路方向に沿って、仮定経路を設定できる。さらに、第 1 の点および第 2 の点に位置するそれぞれの部材の管路方向を示す起点ベクトルおよび終点ベクトルが互いに平行な異なる平面にあるには、その平面間で経路を設定することで、仮定経路を設定できる。

【 0 0 1 3 】

10

本設計支援装置は、起点ベクトルと終点ベクトルとが同一平面上および互いに平行な異なる平面上のいずれにもなく、かつ、起点ベクトルと終点ベクトルのうちの一方のベクトルが、 XY 平面、 YZ 平面、または ZX 平面と平行な第 1 の目標平面上にあるときに、第 1 の目標平面上にない他方のベクトルの示す接続部から 90 度継手、45 度継手、他方のベクトル方向の直管と 90 度継手との組み合わせ、または、他方のベクトル方向の直管と 45 度継手との組み合わせによって第 1 の目標平面に平行な第 2 の目標平面上の直管に接続する単一目標平面経路設定手段と、第 2 の目標平面の直管から第 1 の目標平面への経路を設定する第 2 のレベル間接続手段と、をさらに備えるようにしてもよい。本設計支援装置によれば、起点ベクトルと終点ベクトルの一方が、 XY 平面、 YZ 平面、または ZX 平面と平行な平面上にある場合、そのベクトルが存在する XY 平面、 YZ 平面、または ZX 平面と平行な平面を第 1 の目標平面とする。そして、第 1 の目標平面上にない他方のベクトルの近傍に、第 2 の目標平面を設定する。そして、他方のベクトルの示す接続部から、第 2 の目標平面への経路、第 2 の目標平面から第 1 の目標平面への経路を設定することで、平面を共有する起点ベクトルと終点ベクトルの関係に帰着し、処理を実行する。

20

【 0 0 1 4 】

また、本設計支援装置は、第 1 の目標平面にない他方のベクトルが第 1 の目標平面と平行な段違い平面にあるか否かを判定する手段をさらに備え、第 1 のレベル間接続手段は、第 1 の目標平面と段違い平面との間で経路を設定するようにしてもよい。本設計支援装置によれば、2 つの平行な段違いの平面上にある起点ベクトルと終点ベクトルとの処理をそれぞれの平面上での処理に帰着できる。

30

【 0 0 1 5 】

また、本設計支援装置は、起点ベクトルと終点ベクトルとが同一平面上および互いに平行な異なる平面上のいずれにもなく、かつ、起点ベクトルと終点ベクトルとがいずれも XY 平面、 YZ 平面、および ZX 平面のいずれとも平行でないときに、2 つの座標軸に平行な第 3 の目標平面上の経路であって、起点ベクトルの示す接続部から 90 度継手、45 度継手、起点ベクトル方向への直管と 90 度継手との組み合わせに、または、前記起点ベクトル方向への直管と 45 度継手との組み合わせによって接続可能な第 1 の直管の経路を設定するとともに、第 3 の目標平面に平行な第 4 の目標平面上の経路であって、終点ベクトルの示す接続部から 90 度継手、45 度継手、終点ベクトル方向への直管と 90 度継手との組み合わせ、または、前記他方のベクトル方向の直管と 45 度継手との組み合わせによって接続可能な第 2 の直管の経路を設定する複数目標平面経路設定手段と、第 1 の直管と第 2 の直管との間の経路を設定する第 3 のレベル間接続手段と、をさらに備える。このような処理によって、同一平面上になく、かつ、起点ベクトルと終点ベクトルとがいずれも XY 平面、 YZ 平面、または ZX 平面と平行な平面上にない起点ベクトルと終点ベクトルの関係を、平面を共有する関係に帰着し、処理を実行する。

40

【 0 0 1 6 】

また、複数目標平面経路設定手段は、起点ベクトルに対して垂直な平面と第 3 目標平面との交線方向に第 1 の直管を設定するとともに、起点ベクトルの示す接続部から第 1 の直管に 90 度継手、45 度継手、起点ベクトル方向への直管と 90 度継手との組み合わせ、または、起点ベクトル方向への直管と 45 度継手との組み合わせによって経路を設定する

50

手段と、終点ベクトルに対して垂直な平面と第４の目標平面との交線方向に第２の直管を設定するとともに、終点ベクトルの示す接続部から第２の直管に９０度継手、４５度継手、終点ベクトル方向への直管と９０度継手との組み合わせ、または、終点ベクトル方向への直管と４５度継手との組み合わせによって経路を設定する手段と、を有してもよい。さらに、第３のレベル間接続手段は、第１の直管と第２の直管とを両端に９０度継手または４５度継手を設けた配管を含む経路で接続する手段、を有してもよい。このような構成によって、起点ベクトルに垂直な第１の直管の経路を、第３の目標平面に設定できる。また、終点ベクトルに垂直な第２の直管の経路を、第４の目標平面に設定できる。そして、第１の直管と第２の直管との間でレベル差を解消する配管を設けることで、平面を共有する処理に帰着できる。

10

【発明の効果】

【００１７】

本発明によれば、極力管路の形成を自動化することによって、管路を設計する設計者の負担を軽減できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１８】

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。

【００１９】

20

<システムの概要>

図１に、本設計支援装置が提供する機能の概要を例示する。本設計支援装置は、コンピュータの画面上に、設計済みまたは設計中の管路を表示する。そして、本設計支援装置は、ユーザの操作を受け付け、ユーザが指定した管路中の２点（例えば、図１の点Ｐ１および点Ｐ２）を認識する。そして、指定された点Ｐ１および点Ｐ２に挟まれた管路部分Ｌ１に対して、簡略化された新たな管路部分Ｌ２を生成する。

【００２０】

このとき、本設計支援装置は、元の管路部分Ｌ１および新たな管路部分Ｌ２に対して、それぞれの管路部分の長さ、および曲がり部分（節点ともいう）の個数から、管路部分の複雑さを示す評価関数を算出する。そして、本設計支援装置は、元の管路部分Ｌ１と新たな管路部分Ｌ２とを比較して、複雑さが軽減したか、すなわち、簡略化されたか否かのユーザによる判定を支援する。

30

【００２１】

本設計支援装置は、枝分かれを含む管路Ｌ３に対しても、同様の機能を実行する。例えば、本設計支援装置は、管路Ｌ３上で、ユーザが指定した点Ｐ３と点Ｐ４を認識する。そして、本設計支援装置は、点Ｐ３とＰ４に挟まれた管路部分Ｌ３を簡略化し、新たな管路部分Ｌ４を生成する。

【００２２】

ただし、点Ｐ３とＰ４に挟まれた管路部分Ｌ３には、分岐継手Ｔ１、Ｔ２（単に、分岐ともいい、本発明の分岐部材に相当する）、これらの分岐継手Ｔ１、Ｔ２に接続される分岐管路、レギュサＲ１、バルブＶ１、Ｖ２等の部材が存在する。本設計支援装置は、新たな管路部分Ｌ４上に、分岐継手Ｔ１、Ｔ２、これらの分岐継手Ｔ１、Ｔ２に接続される分岐管路、レギュサＲ１、バルブＶ２等を配置可能か否か、を判定する。また、本設計支援装置は、分岐継手Ｔ１、Ｔ２に接続される分岐管路上にバルブＶ１等の部材を配置可能か否か、を判定する。

40

【００２３】

それぞれの部材は、それぞれの寸法を有し、管路方向に長さを有するので、新たな管路部分Ｌ４が元の管路Ｌ３より短くなると、部材をすべて配置できない場合がある。新たな管路部分Ｌ４に元の管路部分Ｌ３にあった部材をすべて配置できない場合、本設計支援装置は、新たな管路部分Ｌ４から延伸される部分を含めた管路部分に部材を配置しようとす

50

る。新たな管路部分 L 4 から延伸される部分を含めた管路部分に、元の管路 L 3 にあった部材をすべて配置できない場合、本設計支援装置は、指定された点 P 3、P 4 の一方の点から他方の点に対して離れる方向に経路を屈曲して延伸する継手（本発明の接続部材に相当）を付与するとともに、継手にて屈曲した延伸方向に一旦延伸した位置から他方の点に接続される迂回した管路部分を生成する。そして、元の管路 L 3 にあった部材を迂回した管路部分に配置する。その処理の詳細は、以下の実施例にて説明する。

【 0 0 2 4 】

< 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。

10

【 0 0 2 5 】

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、CPU 1 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 CPU 1 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。

20

【 0 0 2 6 】

CPU 1 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、CPU 1 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、CPU 1 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。

【 0 0 2 7 】

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。

30

【 0 0 2 8 】

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。着脱可能記憶媒体駆動装置 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。

【 0 0 2 9 】

< 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ブロックは、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。

40

【 0 0 3 0 】

50

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、管路構成記憶手段 23A、部材属性記憶手段 23B、部材特定手段 24、仮定経路生成手段 25、管路形成手段 26、配置可否判定手段 27、管路延伸手段 28、迂回延伸手段 29、評価手段 36、中断点検出手段 37、平面判定手段 30、単一目標平面経路設定手段 31、複数目標平面経路設定手段 32、第 1 のレベル間接続手段 33、および第 2 のレベル間接続手段 34 を有している。

【0031】

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。

10

【0032】

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、画面上で管路中のつなぎ直し個所の指定を受け付ける。

【0033】

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。

【0034】

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。

20

【0035】

部材特定手段 24 は、入力手段 22 を通じて指定されたつなぎ直し個所の管路部分を構成する部材を特定する。

【0036】

仮定経路生成手段 25 は、指定されたつなぎ直し個所に代わる仮定経路を生成する。管路形成手段 26 は、仮定経路にしたがって管路部分を構成する部材を配置することによって新たな管路部分を形成する。

【0037】

30

配置可否判定手段 27 は、部材の管路方向の長さに基づいてその部材を仮定経路に配置できるか否かを判定する。管路延伸手段 28 は、つなぎ直し個所の部材のすべてを仮定経路に施工上配置しきれないときに、仮定経路の両端の 2 点の少なくとも一方の点から他方の点に対して離れる方向にその一方の点の位置する管路に沿って延伸する。迂回延伸手段 29 は、特定された部材のすべてを延伸された仮定経路に施工上配置しきれないときに、2 点の一方の点から他方の点に対して離れる方向に経路を屈曲して延伸する継手を付与するとともに、継手にて屈曲した延伸方向に一旦延伸した位置から他方の点に接続される新たな仮定経路を生成する。

【0038】

評価手段 36 は、つなぎ直し個所の管路部分と新たな管路部分とで、少なくとも管路部分の長さ、管路部分に含まれる曲がり部分の数とから評価される管路部分の複雑さを評価する。

40

【0039】

以上の制御手段 20A の部品 (モジュール) は、管路構成記憶手段 23A と、部材属性記憶手段 23B のデータを参照しつつ、演算処理を実行する。管路構成記憶手段 23A は、管路に含まれる部材の接続順を含む位置関係を記憶する。部材属性記憶手段 23B は、部材の管路方向の長さ、および分岐部材の分岐方向への突き出し量を含む部材属性を格納する。部材には、例えば、少なくとも管部材と分岐部材と管部材を他の部材に接続する接続部材とを含む。

【0040】

50

さらに、仮定経路生成手段 25 は、以下の構成部品を有する。すなわち、中断点検出手段 37 は、つなぎ直し個所の管路部分の両端点のうち、一方の点に接続される管路上で管路が中断している第 1 の中断点と、他方の点に接続される管路上で管路が中断している第 2 の中断点を検出する。そして、仮定経路生成手段 25 は、第 1 の中断点と第 2 の中断点との間の経路を含む仮定経路を生成する。

【0041】

平面判定手段 30 は、平行平面判定手段 30A と、ベクトル平面判定手段 30B とを含む。平行平面判定手段 30A は、つなぎ直しに係る管路が、例えば、第 1 の機器と第 2 の機器を接続する管路であるとき、第 1 の機器の接続部における配管の配置方向を示す起点ベクトルと第 2 の機器の接続部における配管の配置方向を示す終点ベクトルとが同一平面上にあるか否か、および起点ベクトルと終点ベクトルとが互いに平行な異なる平面にあるか否かを判定する。また、ベクトル平面判定手段 30B は、起点ベクトルと終点ベクトルの一方が、XY 平面、YZ 平面、または ZX 平面と平行な平面上にあるか、否かを判定する。

【0042】

そして、起点ベクトルと終点ベクトルとが同一平面上になく、かつ、起点ベクトルと終点ベクトルのうち一方のベクトルが、XY 平面、YZ 平面、または ZX 平面と平行な第 1 の目標平面上にあるときに、単一目標平面経路設定 31 は、手段第 1 の目標平面上にない他方のベクトルの示す接続部から 90 度継手、45 度継手、他方のベクトル方向の直管と 90 度継手との組み合わせ、または、他方のベクトル方向の直管と 45 度継手との組み合わせによって第 1 の目標平面に平行な第 2 の目標平面上の直管に接続する。このとき、第 1 のレベル間接続手段 33 は、第 2 の目標平面の直管から第 1 の目標平面への経路を設定する。

【0043】

また、起点ベクトルと終点ベクトルとが同一平面上になく、かつ、起点ベクトルと終点ベクトルとがいずれも XY 平面、YZ 平面、または ZX 平面と平行な平面上にないときに、複数目標平面経路設定手段 32 は、2 つの座標軸に平行な第 3 の目標平面上の経路であって、起点ベクトルの示す接続部から 90 度継手、45 度継手、起点ベクトル方向への直管と 90 度継手との組み合わせ、または、他方のベクトル方向の直管と 45 度継手との組み合わせによって接続可能な第 1 の直管の経路を設定する。その設定とともに、複数目標平面経路設定手段 32 は、2 つの座標軸に平行な第 4 の目標平面上の経路であって、終点ベクトルの示す接続部から 90 度継手、45 度継手、終点ベクトル方向への直管と 90 度継手との組み合わせ、または、他方のベクトル方向の直管と 45 度継手との組み合わせによって接続可能な第 2 の直管の経路を設定する。このとき、第 2 のレベル間接続手段 34 は、第 2 の直管から第 1 の直管への配管の経路を設定する。

【0044】

<データ構造>

図 4A から図 6 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。

【0045】

図 4A 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。

【0046】

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 200 と、先頭節点へのポインタを示す先頭指示情報 201 とで構成される。先頭指示情報 201 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。

【0047】

先頭節点へのポインタは、先頭の節点の要素情報 202 を指す情報であり、例えば、先

10

20

30

40

50

頭節点の情報を有する要素情報 202 のアドレスである。また、要素情報 202 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。

【0048】

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、当該節点が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4C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。

10

【0049】

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。

【0050】

図4B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。

【0051】

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

【0052】

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。

30

【0053】

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、および分岐が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。

【0054】

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

【0055】

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

【0056】

図4C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

50

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 5 7 】

図 5 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 5 8 】

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（分岐継手ともいう）、レジューサ（レジューサ継手ともいう）、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、レジューサ、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。

【 0 0 5 9 】

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 6 0 】

図 6 に、中間部材リストアップテーブルのデータ構造およびデータ例を示す。中間部材リストアップテーブルは、管路のつなぎ直しの対象の管路部分に、つなぎ直し前に配置されていた中間部材の一覧で、後述する管路つなぎ直し後の部材再配置に用いられる。中間部材リストアップテーブルに登録される部材が、本発明の「特定された部材」に相当する。本設計支援装置は、つなぎ直し前の管路部分から部材を逐一リストアップし、中間部材リストアップテーブルに登録する。そして、つなぎ直し後の管路部分に、中間部材リストアップテーブルに登録されている部材を配置する。

【 0 0 6 1 】

図 6 のように、中間部材リストアップテーブルは、1 つの行（レコード）に 1 つの部材を記録する。中間部材リストアップテーブルの各レコードは、順序番号、部材種別、接続口の順序、管路方向の長さ、分岐がある場合の分岐の方向、分岐方向の突き出し量、分岐テーブルへのポインタを有している。

【 0 0 6 2 】

ここで、順序番号は、部材の管路部分内での配置順である。順序番号には、例えば、図 1 の右側に例示した点 P 3 から点 P 4 に向かって部材の配置順に通し番号が設定される。この場合に、点 P 3 を開始点といい、点 P 4 を終了点という。また、それぞれの管路部分は、図 4 A に示したルート情報、および、図 4 B に示した部材配置情報を基に参照される。図 4 B の部材のうち、継手は、管路の曲がり部分に配置される。したがって、曲がり部分の存在する管路に対する部材リストアップテーブルには、継手が存在するが、曲がり部分の存在しない管路に対する部材リストアップテーブルには、継手が存在しない。

【 0 0 6 3 】

部材種別は、部材の種別を示す情報であり、部材配置情報に定義されている部材の情報が格納される。接続口の順序、分岐がある場合の分岐の方向、および分岐方向の突き出し量は、図 5 の部材マスタで参照する分岐仕様テーブルの格納先に格納される。管路方向の長さは、ユーザが指定したつなぎ直し対象の管路に接続される部分（管路に対して入り口および出口となる端点間）の長さである。

【 0 0 6 4 】

この管路方向の長さは、部材配置情報（図 4 B）の始点と終点の長さとして求めることができる。また、部材マスタ（図 5）を基に、部材別仕様テーブルから、管路方向の長さ

10

20

30

40

50

を求めてもよい。この場合の管路方向の長さは、分岐については、分岐方向以外の長さであり、分岐のない部材（継手、直管、バルブ、レジューサ等）については、部材の入りと出口との間の長さとして、部材別仕様テーブルに定義されている。

【0065】

分岐テーブルへのポインタは、部材種別が、2（分岐）である場合に、その分岐方向で構成される管路から抽出された部材の中間部材リストアップテーブル（これを分岐先リストアップテーブルと呼ぶことにする）の格納先（メモリの先頭アドレス、あるいは、ファイルのパス名およびファイル名等）である。分岐先リストアップテーブルの構造は、図6の中間部材リストアップテーブルの構造と同様である。

【実施例1】

【0066】

以下、図7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7は、管路をつなぎ直し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、画面上のつなぎ直し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。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）。

【0067】

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、画面に表示された管路のつなぎ直し区間の2点（開始点P1と終了点P2）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）。

【0068】

そして、設計支援装置は、2点がつながった管路にあるか否かを判定する（S4）。2点がつながった管路にない場合、本設計支援装置はエラーメッセージを表示し（S5）、制御をS3に戻し、2点の指定を促す。

【0069】

2点がつながった管路上にある場合、本設計支援装置は、指定された2点それぞれについて、2点の位置にある部材の種別を判断する（S6）。本設計支援装置は、部材の種別に応じて、すなわち、直管、継手・弁類、分岐等により、処理を分ける。開始点と終了点が、指定された2点のままでよいかどうかを判断するためである。

【0070】

この処理では、本設計支援装置は、開始点P1あるいは終了点P2の座標近傍の継手を示すグラフィックスオブジェクト（例えば、直管を記述するライン、継手を記述するL字側のライン、バルブを記述する多角形の座標値）から、開始点P1あるいは終了点P2が位置する個所の部材を認識する。すなわち、本設計支援装置は、開始点P1および終了点P2と画面上に表示されているグラフィックスオブジェクト（図形要素ともいう）との位置関係から、それぞれの点の位置する管路中の部材を特定する。例えば、画面上のグラフィックスオブジェクトの輪郭線に囲まれた領域に、開始点P1あるいは終了点P2が位置する場合に、開始点P1あるいは終了点P2が、そのグラフィックスオブジェクトで示される部材上に位置すると判定すればよい。

【0071】

そして、例えば、開始点P1あるいは終了点P2が直管の場合、直管上のどの点を開始点、あるいは終了点としてもよい（S7）。デフォルトの処理は、指定された開始点P1あるいは終了点P2をそのまま維持する。

【0072】

また、開始点P1あるいは終了点P2が継手あるいは弁類上にある場合、その継手あるいは弁類のつなぎ直し区間側の接続点（ここでは開口の中心）が開始点あるいは接続点となる（S8）。図8Aに、開始点P1あるいは終了点P2の位置が、継手あるいは弁類上の点とされた場合の処理の概念を示す。なお、図8Aの左部分には、参考として、直管の処理が示されている。なお、これらは開始点と終了点がつながっているが中間を省略して図示している。直管の場合には、指定された開始点P1、終了点P2が一応のそのまま使

10

20

30

40

50

用されるが、スペースがない等、施工上不都合が想定できる場合は、直管上の他の任意の点に、開始点 P 1 と終了点 P 2 を移動するようプログラムしてもよい。

【 0 0 7 3 】

図 8 A の中央には、継手の場合の処理が例示されている。開始点 P 1 が、継手上にあった場合、本設計支援装置は、その継手が接続されている管路部分で終了点方向の接続点 P 0 1 を特定する。また、終了点 P 2 が、継手上にあった場合、本設計支援装置は、その継手が接続されている管路部分で開始点方向の接続点 P 0 2 を特定する。

【 0 0 7 4 】

図 8 B に、ユーザ指定の開始点 P 1 あるいは終了点 P 2 の位置が、継手上の場合のつなぎ直し対象の管路の起点、終点、および方向ベクトル（起点ベクトル、終点ベクトル）を特定する手順を例示する。例えば、ユーザが入力装置 6 を用いて、画面上に表示された継手上的位置 P 1 1 をポインタした場合を考える。この場合、つなぎ直しの対象管路は、図 8 B の位置 P 1 1 から左側の管路であったとする。この場合、本設計支援装置は、管路の中心線 L C と、継手の左側の接続口断面の交点 P 1 を開始点 P 1（あるいは終了点 P 2）に設定する。また、開始点 P 1 から管路方向（中心線 L C 方向）を方向ベクトル（起点ベクトル V 1、あるいは終点ベクトル V 2）として設定する。

【 0 0 7 5 】

図 8 A の右側には、弁類の場合の処理が例示されている。開始点 P 1 が、弁類上にあった場合、本設計支援装置は、その弁類が接続されている管路部分で終了点方向の接続点 P 0 1 を特定する。なお、図 8 A では示されていないが、終了点 P 2 が弁類の場合も同様である。

【 0 0 7 6 】

次に、図 7 に戻る。開始点 P 1 あるいは終了点 P 2 が分岐上にある場合、その分岐のつなぎ直し区間側の接続点（ここでは開口の中心）が開始点あるいは接続点となる（S 9）。図 9 の上部に、開始点 P 1 あるいは終了点 P 2 の位置が、分岐上の点とされた場合の処理の概念を示す。例えば、開始点 P 1 が、分岐上の点であった場合、本設計支援装置は、その分岐が接続されている管路部分で終了点方向の接続点 P 0 1 を特定する。なお、図 9 では示されていないが、終了点 P 2 が分岐上の点であった場合も同様に処理すればよい。

【 0 0 7 7 】

次に、図 7 に戻る。設計支援装置は、対象区間内に閉じた管路、すなわち、循環路を構成する管路があるか否かを判定する（S 1 1）。そして、対象区間内に複数の管路がある場合、本設計支援装置は、メッセージを表示し、処理を終了し、制御を開始の状態にもどす。なお、複数の経路が存在する場合には、いずれの区間をつなぎ直しの対象とするかについて、ユーザの指示を促すようにしてもよい。図 9 の下側に、対象区間内に複数管路がある場合の構成を例示する。

【 0 0 7 8 】

次に、本設計支援装置は、開始点と終了点との間にある部材をリストアップする（S 1 0）。リストアップは、図 4 A に示したルート情報を開始点 P 1 から終了点 P 2 まで探索する処理である。リストアップした結果は、図 6 に示した中間部材リストアップテーブルの形式で、メモリ 2 に保存される。

【 0 0 7 9 】

次に、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 3）。2 点間のつなぎ直し処理では、本設計支援装置は、開始点 P 1 を起点とし、終了点 P 2 を終点とする。また、開始点 P 1 での管路の方向を起点ベクトル V 1 とする。また、開始点 P 1 での管路の方向を終点ベクトル V 2 とする。起点ベクトル V 1 は、起点が位置する管路の方向から取得する。例えば、ユーザが配管を表示した画面上、所定の点を開始点 P 1 に指定した場合を仮定する。この場合、本設計支援装置は、ユーザが指定した開始点 P 1 を基に、その開始点 P 1 を含む、部材のグラフィックスシンボルの情報から、部材の配置識別情報を認識する。次に、本設計支援装置は、図 4 B に示した部材配置情報を探索し、その部材の始点節点識別情報および終点の節点識別情報から、部材の方向を求める。そして、その部

10

20

30

40

50

材の方向の単位ベクトルを起点ベクトル V 1 に設定する。終点ベクトルについても、同様である。そして、これらの起点 P 1、終点 P 2、起点ベクトル V 1、終点ベクトル V 2 をサブプログラムに引き渡し、2 点間のつなぎ直し処理の実行を依頼する。2 点間のつなぎ直し処理は、図 1 4 以降にて、詳細に説明する。

【0080】

さらに、本設計支援装置は、中間部材がないか否かを判定する (S 1 4)。中間部材がない場合には、画面につなぎ直し結果の管路の図を表示する (S 1 5)。

【0081】

一方、中間部材がある場合、本設計支援装置は、画面に接続結果を仮表示する (S 1 7)。仮表示では、まだ、中間部材が配置されていない。仮表示された管路を仮定管路と呼ぶ。仮表示の後、本設計支援装置は、仮定管路上にリストアップした中間部材を再配置する (S 1 8)。

10

【0082】

図 1 0 に、仮定管路上にリストアップした中間部材を配置する処理例を示す。すなわち、仮定管路上で、始点 P 1 から順に、中間部材リストアップテーブル上の順序番号順に、部材を配置していく。図 6 に示したように、各部材は、管路方向に長さを有している。その部材の長さを最小間隔として、中間部材 (ここでは、バルブとレギュレーサと分岐) を仮定管路に配置する。

【0083】

仮定管路は元の管路よりも短くなっている場合が多い。したがって、すべての部材が仮定管路に配置できない場合もあり得る。その場合、始点 P 1 が直管上にある場合には、直管上を終点方向と逆方向に移動し、管路を延長する。

20

【0084】

例えば、つなぎ直し区間の開始点を A とし、終了点を B とする。開始点 A から終了点 B とは逆方向の点 C で示される位置に移動する。そして、点 C から終了点 B の間で、中間部材を接続する。開始点を点 C に移動しても、まだ、配置しきれない場合で、終了点 B の位置する部材が直管の場合、終了点 B を始点 A から遠くなる方向 (例えば、直管の末端 D) に移動する (逆方向に遡らせる)。なお、始点、終点がともに直管上の点である場合、いずれを先に逆方向に遡らせるかは任意である。このようにして、つなぎ直した区間に元の部材を配置できない場合で、始点 P 1 または終点 P 2 の置かれた部材が直管の場合、つなぎ直した区間を前後に延長する。

30

【0085】

このように延長してもまだ元の部材を配置できない場合、本設計支援装置は、つなぎ直し区間に迂回路を追加する。図 1 1 に迂回路を追加する処理例を示す。すなわち、ここでは、つなぎ直し区間の開始点を A とし、終了点を B とする。また、仮定管路の長さを L 0 とし、部材をすべて配置するため必要な長さを D 0 とし、不足分 $\Delta D = D 0 - L 0$ とする。

【0086】

本設計支援装置は、つなぎ直し区間の開始点 A において、水平面内で、直管 A から 9 0 度方向で、かつ、終了点 B から遠くなる方向に直管 L 1 を延ばす。この直管の長さ L 1 は、例えば、 $L 1 = \Delta D / 2 + \alpha$ とする。 α は、余裕を持たせるための規定値である。そして、直管を長さ L 1 だけ延ばした位置を中間点 E とし、中間点 E と終了点 B との間で、管路を接続する。

40

【0087】

このようにして、つなぎ直された管路 A - E - B にて、部材を配置する。また、このような処理の後、部材が配置できなかった場合には、上記 α を調整して、管路 A - E - B の長さを調整する。

【0088】

再び、図 7 に戻る。中間部材を配置した後、本設計支援装置は、中間部材に分岐が含まれているか否かを判定する (S 1 9)。中間部材に分岐が含まれている場合、分岐先の配

50

管処理を実行する。分岐先の配管処理は、仮定管路に配置された新たな分岐の位置に、元の分岐管路をつなぐ処理である。

【 0 0 8 9 】

図 1 2 A に、分岐先の配管処理の例を示す。図 1 2 A では、図 1 1 の処理がされたものとして、変更（つなぎ直し）前のつなぎ直された管から分岐する管の接続位置を点 S P B として、変更（つなぎ直し）後のつなぎ直された管の接続位置を点 S P A としている。そして、本設計支援装置は、つなぎ直し後の接続位置である点 S P A から、つなぎ直し前の分岐配管 L 5 上で距離が最も短くなる点 S P C を探索する。そして、点 S P A と点 S P C 間で、2 点間のつなぎ直し処理を実行する。この処理は、S 1 3 の場合と同様である。そして、さらに、つなぎ直し前の点 S P B と点 S P C 間に、部材が存在していた場合には、新たな管路である点 S P A と点 S P C との間に、その部材を配置する。この配置処理は、S 1 8 の処理と同様である。そして、本設計支援装置は、つなぎ直し結果の管路の図を表示する（S 2 1）。図 1 2 B は、図 1 2 A での処理、すなわち、つなぎ直し結果の管路の図の例である。つなぎ直し後の管路上に、部材すなわち、分岐、レギュレーサ、バルブが、I、II、III で示される順に、配置される。この順序は、つなぎ直し前の部材の順序と等価である。

10

【 0 0 9 0 】

図 1 4 に、2 点間つなぎ直し処理（図 7 の S 1 3）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。

20

【 0 0 9 1 】

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かどうかを判定する（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 2 】

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 3 】

30

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 水平面（X Y 平面）に平行な 2 つの平面上にあるかどうかを判定する（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 X Y 水平面（X Y 平面）に平行な 2 つの平面上にある場合、本設計支援装置は、2 つの水平面を接続し、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 4 】

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 90 度継手、45 度継手、直管と 90 度継手との組み合わせ、または、直管と 45 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、90 度継手または 45 度継手によって、終点ベクトル P 2 のある平面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。

40

【 0 0 9 5 】

この場合に、起点 P 1 からではなく、終点 P 2 から 90 度継手、45 度継手、直管と 90 度継手との組み合わせ、または、直管と 45 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、90 度継手ま

50

たは45度継手によって、終点ベクトルP2のある平面上の配管に接続すればよい。

【0096】

図13に、起点ベクトルV1と終点ベクトルV2とが、互いにレベル差を有する、すなわち、部材の接続点の高さ等、位相の異なる2つの水平面上にある場合の処理例を示す。本実施形態では、終点に最も近い曲がり部分に、縦管LPIを設定する。また、2つの平面上のつなぎ直した管路部分に曲がりが生じなければ、終点P2の位置に縦管LPIを設けることにする。ただし、本設計支援装置の処理は、図13の例に限定される訳ではない。例えば、縦管LPIを始点P1に近い曲がり部分に置いてよい。また、極力始点P1と終点P2の中間付近の曲がりには縦管LPIを設けてよい。この縦管LPIの両端には、それぞれ90度継手を設ける。両端の90度継手は、縦管に対して360度回転可能である。したがって、起点P1から縦管LPIまでの第1の二次元処理、および縦管LPIから終了点P2までの第2の二次元処理をそれぞれ実行すればよい。それぞれの二次元処理は、そのまま図14のM2の処理を適用できる。

10

【0097】

このように、縦管を設けることで、始点P1（および起点ベクトルV1）のある平面上での始点から縦管LPIまでの管路のつなぎ直しと、終点P2（および終点ベクトルV2）のある平面上での、縦管LPIから終点P2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。なお、縦管および縦管に接続される部材は1つの塊データとして扱ってもよい。塊データとして扱うとは、縦管および縦管に接続される部材をグループ化し、一体化して操作する対象にすることをいう。

20

【0098】

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の一方は、X、YまたはZ軸に平行か否かを判定する（M3）。これは、起点ベクトルV1と終点ベクトルV2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。

【0099】

そして、起点ベクトルV1と終点ベクトルV2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（M4）。また、起点ベクトルV1と終点ベクトルV2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V1と終点ベクトルV2の一方が、XY、YZ、およびZX平面のいずれかに平行な平面上にあるか否かを判定する（M5）。これは、起点ベクトルV1と終点ベクトルV2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。M1、M3、およびM5の判定を実行するCPU1が、平面判定手段30に相当する。

30

【0100】

そして、起点ベクトルV1と終点ベクトルV2の一方が、XY、YZ、およびZX平面のいずれかに平行な平面上にある場合、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（M6）。また、起点ベクトルV1と終点ベクトルV2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（M7）。

40

【0101】

図15に、共有平面上での二次元処理（図14のM2）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V1と終点ベクトルV2とが平行かつ対向しているか否かを判定する（M21）。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。

【0102】

（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V1と終点ベクトルV2とが平行かつ対向している例を示す。

50

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V1と終点ベクトルV2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。

【0103】

今、図16に示すように、起点P1を通り、基点ベクトルV1に平行な直線L1と、終点P2を通り、終点ベクトルV2に平行な直線との距離を $\Delta D1$ とする。距離 $\Delta D1$ は、起点P1を通り、起点ベクトルV1を含む直線が、終点P2を含む終点ベクトルV2に垂直な平面PLN2（基点ベクトルV1との直交面でもある）と交わる交点P3を求めると、終点P2と交点P3との距離 $\Delta D1$ として算出できる。ただし、より一般的には、一方の直線L2に垂直な平面PLN2と、他方の直線L1との交点から、一方の直線L2に引いた垂線の長さとして求めることができる。

【0104】

また、起点P1を通り、起点ベクトルV1に垂直な平面PLN1と、起点P2を通り、起点ベクトルV2に垂直な平面PLN2との距離を $\Delta D2$ とする。

【0105】

距離 $\Delta D2$ は、起点P1を通り、起点ベクトルV1を含む直線が、終点P2を含む終点ベクトルV2に垂直な平面と交差する交点P3を求めると、起点P1から交点P3までの距離として求めることができる。ただし、逆に、終点P2を通り、終点ベクトルV2を含む直線が、起点P1を通り起点ベクトルV1に垂直な平面と交差する点と終点P2とから距離 $\Delta D2$ を求めてもよい。

【0106】

以下、この距離 $\Delta D1$ 、 $\Delta D2$ によって、起点P1と終点P2とを以下のように分類する。）

起点ベクトルV1と終点ベクトルV2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P1と起点P2との位置関係、および起点ベクトルV1と終点ベクトルV2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 $\Delta D1 = 0$ または距離 $\Delta D1 < \text{所定の許容値 } \varepsilon$ ；

これは、起点P1からの起点ベクトルV1と終点P2からの終点ベクトルV2とが、同一直線上にある場合である。この場合には、起点P1と終点P2とを直管で接続する。図17に、起点P1と、終点P2とを直管で接続する例を示す。

（2）許容値 $\varepsilon < \text{距離 } \Delta D1 < L45RMIN$ ；

L45RMIN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。L45RMINは、45度継手の配管に垂直な方向の長さと、45度継手間の直管の最低長さLMIN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V1、終点ベクトルV2）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）LAPMIN < 距離 $\Delta D2$ ；

LAPMIN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。LAPMINは、継手の配管に平行な方向の長さと、継手間の直管の最低長さLMIN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。

【0107】

この条件を満足する場合には、起点P1と終点P2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P1と終点P2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 $\Delta D 2 < L A P M I N$;

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 $P 1 1$ まで移動されることになる。なお、起点 $P 1$ を含む配管 $P I P E 1$ または終点 $P 2$ を含む配管 $P I P E 2$ 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 $P I P E 1$ の中心軸および配管 $P I P E 2$ 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。

10

【0108】

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) $L 4 5 R M I N < \text{距離} \Delta D 1 < L 9 0 R M I N$;

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、 $L 9 0 R M I N$ 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。 $L 9 0 R M I N$ 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 $L M I N$ 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。

20

(3-1) $L 4 5 P M I N < \text{距離} \Delta D 2$;

$L 4 5 P M I N$ 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。 $L 4 5 P M I N$ 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 $L M I N$ 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。

30

【0109】

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 度継手で接続する。図 20 に、 45 度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 $\Delta D 2 < L 4 5 P M I N$;

この場合には、 45 度継手を起点 $P 1$ 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。迂回路の構成は、図 19 の場合と同様である。

(4) $L 9 0 R M I N < \text{距離} \Delta D 1$;

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。

40

(4-1) $L 9 0 P M I N < \text{距離} \Delta D 2$;

$L 9 0 P M I N$ は、互いに対向する配管同士、平行な配管同士を 90 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。

【0110】

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 度継手で接続する。図 21 に、 90 度継手で配管を接続する例を示す。

(4-2) 距離 $\Delta D 2 < L 9 0 P M I N$;

この場合には、 90 度継手を起点 $P 1$ 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 ($P 2 1$ で $N O$ の場合) の処理と同様の処理を実行する。

50

【 0 1 1 1 】

なお、以上の分類では、許容値 $\varepsilon = < L 4 5 R M I N = < L 9 0 R M I N$ の場合を例として説明した。例えば、 $L 9 0 R M I N < L 4 5 R M I N$ の場合には、45度継手を使用せず、90度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度継手の寸法 ($L 9 0 R M I N$) で判定するとともに、(3)の処理をなくせばよい。

【 0 1 1 2 】

(B) 2つのベクトルが平行かつ対向していない場合；

以下、図15に戻り、起点ベクトルV1と終点ベクトルV2とが平行かつ対向していない場合 (M21でNOの場合)、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、対向していないが、平行であるか否かを判定する (M23)。起点ベクトルV1と終点ベクトルV2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P1と終点P2との間に、90度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V1と終点ベクトルV2に対する処理例を示す。ここで、対向していないとは、起点ベクトルV1と、終点ベクトルV2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。

【 0 1 1 3 】

図22に、行き違いの関係にある起点ベクトルV1と、終点ベクトルV2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V1と、終点ベクトルV2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。

【 0 1 1 4 】

行き違いの関係にあるか、否かは、起点P1を起点ベクトルV1方向に微少量 Δ だけ移動した位置と、終点ベクトルP2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P1の始点ベクトル方向への移動とともに、距離 $\Delta D 2$ 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、 $\Delta D 2 < L 9 0 P M I N$ となる場合も、行き違いの場合と同様の処理を行う。

【 0 1 1 5 】

なお、迂回路が、起点P1を含む配管PIPE1あるいは終点P2を含む配管PIPE2と干渉する場合には、図19で説明した手順と同様、PIPE1およびPIPE2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。

【 0 1 1 6 】

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、 $L 9 0 R M I N < \text{距離} \Delta D 1$ の場合である。この場合には、起点P1と終点P2とが、90度継手と直管で接続される。

【 0 1 1 7 】

図25は、距離 $\Delta D 1 < L 9 0 R M I N$ の場合である。この場合には、起点P1を通り起点ベクトルV1に平行な直線と、終点P2を通り終点ベクトルV2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P1と終点P2とを接続する。

【 0 1 1 8 】

(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V1と終点ベクトルV2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P1と終点P2との位置関係、および起点ベクトルV1と終点ベクトルV2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。

【 0 1 1 9 】

以下、起点P1を通り起点ベクトルV1に平行な直線L1と、終点P2を通り終点ベクトルV2に平行な直線L2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

10

20

30

40

50

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。

【0120】

(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 $\Delta D A_1$ および交点 P_X と終点 P_2 との距離 $\Delta D A_2$ が、任意角継手の中心から一方の端部への最小寸法 $L A M I N$ より小さい場合には、(1-2) の処理による。

10

【0121】

(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。

【0122】

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、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 $X Y$ 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、 $X Y$ 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。

20

(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 $\Delta D 45_1$ および交点 P_X と終点 P_2 との距離 $\Delta D 45_2$ が、 45 度継手の中心から一方の端部への最小寸法 $L 45 M I N$ より小さい場合には、(2-2) の処理による。

【0123】

30

(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 $\Delta D 45_1$ および交点 P_X と終点 P_2 との距離 $\Delta D 45_2$ が、 45 度継手の中心から一方の端部への最小寸法 $L 45 M I N$ より小さい場合も、同様に迂回路を形成する。

【0124】

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 (例えば、図が $X Y$ 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。

40

【0125】

(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。

【0126】

(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

50

および交点 P X と終点 P 2 とを直管で接続する（図 3 3 参照）。ただし、始点 P 1 と交点 P X との距離 $\Delta D 9 0 1$ および交点 P X と終点 P 2 との距離 $\Delta D 9 0 2$ が、90 度継手の中心から一方の端部への最小寸法 L 9 0 M I N 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 3 4 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 3 4 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 3 3 で、始点 P 1 と交点 P X との距離 $\Delta D 9 0 1$ および交点 P X と終点 P 2 との距離 $\Delta D 9 0 2$ が、45 度継手の中心から一方の端部への最小寸法 L 9 0 M I N より小さい場合も、同様に迂回路を形成する。

10

【0127】

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 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。

【0128】

（5）交点 P X での θ が 90 度より大きく 135 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 T R 1 を設定する（図 3 5 参照）。直角三角形 T R 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。

20

【0129】

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 H 1 との交点を P X 1 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 H 1 との交点を P X 2 とすると、交点 P X、P X 1、P X 2 三角形 T R 1 を形成する。このとき、交点 P X 1 に 90 度継手を配置し、交点 P X 2 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。

【0130】

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。

30

（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 9 0 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 $L 9 0 M I N + L A M I N$ より小さい場合；

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、同様の手順によって、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。

40

【0131】

（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。

【0132】

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

50

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 3 】

(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。

10

【 0 1 3 4 】

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。

【 0 1 3 5 】

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。

20

【 0 1 3 6 】

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 90 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。

30

【 0 1 3 7 】

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とすると、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、壁掛けのエアーコンディショナー等を入れ替える場合である。

40

【 0 1 3 8 】

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 9 】

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 90 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 90 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、90 度継手 C R 1 に替えて、90 度継手 C R 1 の経路をバイパスする経路 (90 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

50

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 R0 を設けてもよい。

【0140】

さらに、直管 R1 の延長線上の経路に 90 度継手 CR2 を配置し、Z 軸に平行な直管 R2 の経路を生成する（M43）。この場合に、90 度継手 CR1 と 90 度継手 CR2 との間に直管 R1 を設けてもよいし、直管 R1 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 R2 は、XY 平面と X2Y2 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 CPU1 が、第 1 のレベル間接続手段 33 に相当する。

【0141】

さらに、本設計支援装置は、直管 R2 と XY 平面との交点 P3 に 90 度継手 CR3 を配置する（M44）。この 90 度継手 CR3 は、XY 平面上で回転方向の設定自在である。10
以上の設定で、直管 R2 の両端には 90 度継手 CR2 および CR3 が設けられ、目標平面 TP1（XY 平面）上の経路と平行な目標平面 TP2（X2Y2 平面）上の経路とが接続されることになる。なお、直管 R2 の両端の 90 度継手 CR2 および CR3 のいずれか、または、その両方を 45 度継手としてもよい。すなわち、90 度継手 CR2 または CR3 の経路をバイパスする経路（90 度継手 CR2 あるいは CR3 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 度継手を用いてもよい。

【0142】

この状態では、目標平面上で、90 度継手 CR3 の開口方向のベクトルと、始点 P1 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 14 の処理 M2 と 20
同様、共有平面上での二次元処理を実行する（M45）。

【0143】

ただし、この 90 度継手 CR3 は、XY 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 90 度継手 CR3 が設けてもよい。その結果、90 度継手の延長方向の直管 R3 と起点ベクトル V1 との交点に 90 度継手 CN4 を設けることで、始点 P1 と終点 P2 との間の経路を完成するようにしてもよい。また、単純に 90 度継手 CN4 を設けただけでは経路が設定できない場合に、共有平面上での二次元処理（図 14 の M2 の処理）を実行してもよい。

【0144】

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 30
、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。

【0145】

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 40
には、本設計支援装置は、そのまま処理を終了する。

【0146】

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。

【0147】

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 50

えば、デフォルトで、まず、Y Z 平面を目標平面として、その後に Z X 平面を目標平面にするようにしてもよい。

【 0 1 4 8 】

また、図 3 8 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、X Y 平面）の成功の有無に拘わらず、次の目標平面（例えば、X Z 平面）を設定し、再度、P 4 2 - P 4 5 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。

【 0 1 4 9 】

また、図 3 8 では、起点ベクトル V 1 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 V 2 がいずれかの座標軸に平行な場合も同様に処理できる。

【 0 1 5 0 】

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

図 3 9 に、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（図 1 4 の M 6 ）の詳細を例示する。この処理を実行する C P U 1 が、単一目標平面経路設定手段 3 1 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 3 7 の処理と同様である。すなわち、起点ベクトル V 1 または終点ベクトル V 2 のいずれかが、X Y , Y Z または Z X に平行な面上にあるとすると、その X Y , Y Z または Z X に平行な面がそのまま目標平面（ここでは、T P 1）となる。

【 0 1 5 1 】

そして、本設計支援装置は、M 6 2 から M 6 5 の処理を実行する。この処理は、図 3 7 での M 4 2 から M 4 5 の処理と同様であるので、その説明を省略する。

【 0 1 5 2 】

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（M 6 6）。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（M 6 9）。また、M 6 6 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。

【 0 1 5 3 】

（ F ） 起点ベクトル V 1 および終点ベクトル V 2 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；

図 4 0 に、起点ベクトル V 1 および終点ベクトル V 2 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。この処理を実行する C P U 1 が、複数目標平面経路設定手段 3 2 に相当する。また、図 4 1 に、この場合の処理の概念を示す。図 4 1 の例では、起点 P 1 の近傍で、直管 R 0 1 と 9 0 度継手 C R 4 で接続可能な位置に目標平面 T P 3 を設定する。その手順は、まず、起点 P 1 から起点ベクトル V 1 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 P 1 0 に起点ベクトル V 1 に垂直な平面を想定する。また、位置 P 1 0 を通る X Y 平面に平行な目標平面 T P 3 を想定する。そして、起点ベクトル V 1 に垂直な平面と目標平面 T P 3 との交線の位置に直管 R 1 を設定する。直管 R 1 は、X Y 平面に平行な目標平面 T P 3 上にあり、かつ、起点ベクトル V 1 に直交する。したがって、起点 P 1 から起点ベクトル V 1 方向に直管 R 0 1 だけシフトした位置 P 1 0 に 9 0 度継手 C R 4 を設けることで、起点 P 1 と直管 R 1 を接続できる。また、9 0 度継手 C R 4 に替えて、9 0 度継手 C R 4 の経路をバイパスする経路（9 0 度継手 C R 4 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（起点 P 1）と 4 5 度継手との間に、所定長さの直管を設けてもよい。

【 0 1 5 4 】

同様に、終点 P 2 の近傍で、直管 R 0 2 と 9 0 度継手 C R 1 で接続可能な位置に目標平面 T P 4 を設定する。その手順は、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）の直管の先端の位置 P 2 0 に終点ベクトル

10

20

30

40

50

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。

【0155】

10

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。

【0156】

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。

【0157】

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。

20

【0158】

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。

30

【0159】

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。

【0160】

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。

40

【0161】

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。

【0162】

以上述べたように、本設計支援装置によれば、一旦作図された管路が表示されているとき、ユーザの操作により2点を指定されると、その2点間で、管路のつなぎ直し処理を実行する。

【0163】

50

なお、上記実施形態では、図 40、41 に示したように、始点ベクトル V1 と終点ベクトル V2 とが、いずれも、XY、YZ、および ZX 平面のどれとも平行でない場合に、目標平面 TP3、TP4 を設定し、経路を算出した。しかし、本発明の実施は、このような処理に限定されるものではない。例えば、座標軸の 1 つ (X, Y, Z 軸) が、始点ベクトル V1 と終点ベクトル V2 と平行になるように座標変換を実行してもよい。その場合には、図 37、図 38 に示した座標軸に平行なベクトルを含む処理にて取り扱うことができる。ただし、そのような座標変換を用いた場合には、目標平面が、設備を構築する床面とは必ずしも平行、または垂直ではなくなるので、施工条件が異なる。したがって、施工者が設備を構築する床面を基準とした施工に慣れている場合には、図 40、41 に示した手順が望ましい。

10

【実施例 2】

【0164】

上記実施形態では、図 7 の S4 および S5 に示したように、指定された 2 点が管路で接続済みの場合に、その 2 点間の接続済みの管路に対してつなぎ直し処理を実行した。すなわち、指定された 2 点が直管上にあれば、そのまま指定された位置を一応の開始点 P1 (起点 P1)、および終了点 P2 (終点 P2) とした。また、指定された 2 点が継手、弁類、あるいは、分岐上にある場合には、継手、弁類、あるいは、分岐で、つなぎ直し区間側の接続点を開始点 P1 (起点 P1)、および終了点 P2 (終点 P2) とした。しかしそのような処理に代えて、あるいは、そのような処理とともに、指定された 2 点に付近の開放端 (本発明の中断点に相当) を探索し、そのような開放端同士を接続してもよい。

20

【0165】

図 42 に、指定された 2 点に近い開放端を探索し、開放端と開放端とを接続する処理の概念を例示する。ここでは、例えば、管路上で、点 P1 が開始点とされ、点 P2 が終了点とされたとする。

【0166】

本実施例では、設計支援装置は、開始点 P1 のある管路上で探索を実行する。ここで、管路は、図 4A のルート情報によって定義されている。探索は、管路上の開放端 Y1 - Y7 および機器との接続点 W1 まで、図 7 と同様に、部材をリストアップしながら、すべての管路上の点を網羅するまで実行する。そして、開始点 P1 に最も距離が近い開放端 Y1 を候補点 P10 として抽出する。また、その探索途中で、終了点 P2 に至った場合は、開始点 P1 から終了点 P2 までの経路 PATH1 および距離を記憶する。

30

【0167】

次に、同様に、終了点 P2 のある管路上で探索を実行する。そして、終了点 P2 に最も近い開放端 Y7 を候補点 P20 として抽出する。そして、候補点 P10 と候補点 P20 との間で、2 点間の接続処理 (図 7 の S13) を実行する。この場合、候補点 P10 と候補点 P20 との間は、未接続であるが、候補点 P10 の座標を起点とし、候補点 P10 での配管の方向を起点ベクトルとし、候補点 P20 の座標を終点とし、候補点 P20 での配管の方向を終点ベクトルとして与えることで、実施例 1 と同様の処理を実行できる。そして、開始点 P1 => 候補点 P10 => 候補点 P20 => 終了点 P2 を新たな経路 PATH2 とする。この場合に、すでに、開始点 P1 から終了点 P2 に経路 PATH1 が探索され、距離が算出されていた場合、PATH1 よりも PATH2 の距離が短い場合に、PATH2 を新たな管路とすればよい。本実施例の処理は、開放端の存在する未完成の管路に対する接続処理ということができる。また、例えば、PATH1 が存在しない場合には、本実施例の処理は、未接続管路での接続処理ということができる。また、本実施例の処理は、一応完成した管路での未完成箇所チェック処理としても機能する。

40

【0168】

図 43 に、この場合の処理を示す。この処理では、本設計支援装置は、まず、開始点のある管路を探索する (S50)。そして、本設計支援装置は、開始点 P1 に最も近い開放端を OT1 とする (S51、S52)。また、終了点に至った場合 (S53 で YES の場合)、開始点 P1 から終了点 P2 に至る管路 PATH1 とその管路の長さを記録する (S

50

54)。

【0169】

そして、本設計支援装置は、開始点P1につながる管路上のすべての節点を探索したか否かを判定する(S55)。まだすべての節点を探索していない場合、制御をS50に戻す。一方、開始点P1につながるすべての節点を探索した場合、本設計支援装置は、次に、終了点のある管路を探索する(S56)。そして、本設計支援装置は、終了点P2に最も近い開放端をOT2とする(S57、S58)。

【0170】

そして、本設計支援装置は、終了点P2につながる管路上のすべての節点を探索したか否かを判定する(S59)。まだすべての節点を探索していない場合、制御をS56に戻す。一方、終了点P2につながるすべての節点を探索した場合、本設計支援装置は、開始点P1に最も近い開放端OT1と、終了点P2に最も近い開放点OT2とを接続し、新たな管路PATH2とする。

【0171】

そして、管路PATH1が見出されている場合には、元の管路PATH1と、新たな管路PATH2との間で、長さを比較する。そして、元の管路PATH1より新たな管路PATH2の長さが短い場合に、新たな管路PATH2をPATH1に代わる管路とする(S61)。なお、元の管路PATH1が存在しない場合には、無条件で管路PATH2を開始点P1から終了点P2に至る管路とする。

【0172】

以上述べたように、本実施例の設計支援装置によれば、未完成部分を含む可能性のある管路に対して、管路の接続処理、未完成部分の摘出処理、および完成した管路のつなぎ直し処理を実行することができる。

【実施例3】

【0173】

上記実施例1では、管路上の2点を指定されて、2点間のつなぎ直し処理を実行した。その場合に、2点間に存在する既存の管路上の部材を順次消去しつつ、新たなつなぎ直し処理を実行してもよい。

【0174】

図44Aおよび図44Bにその概念を示す。この例では、今、つなぎ直しの対象として、開始点と終了点とが与えられており、その間に既存の管路が存在するとする。本実施例では、つなぎ直し区間(例えば、ユーザが指定した開始点と終了点)の両端をさらに、さかのぼった位置をつなぎ直しの起点および終点とする。そして、評価関数値が、減少した場合に、つなぎ直し後の管路を採用すればよい。同様に、さらに、部材U1につながる次の部材U2を削除し、新たな開放端Px2を発生させ、同様の処理を繰り返せばよい。このようにして、部材の消去と、評価関数によるつなぎ直し前後の管路の評価による、管路の選択を実行すればよい。

【0175】

例えば、図44Aでは、ユーザの操作によって、2つの継手上にある2点がつなぎ直しの区間の開始点および終了点に指定されたとする。継手上に開始点および終了点があった場合、実施例1の図8で説明したように、それぞれの継手が接続される管路の接続点をそれぞれ起点P1および終点P2に設定し、その点での管路の方向を起点ベクトルV1および終点ベクトルV2とする。この場合に、起点P1、起点ベクトルV1、終点P2、終点ベクトルV2によって、つなぎ直し対象の管路が拘束されるため、図44Aのボックス矢印の次に示すようなつなぎ直し結果となる。この場合には、管路L100に対する管路L101の差分値だけ、距離が短くなるが、継手としては、T101、T102、およびT103の3個の継手が残ることになる。

【0176】

一方、起点P1となった継手の位置からさらに管路を所定距離さかのぼった位置を起点P11とする。ここで、さかのぼるとは、起点と終点とを離れる方向に移動することをい

10

20

30

40

50

う。また、起点 P 1 1 における管路の方向を起点ベクトル V 1 1 とする。また、終点 P 2 からさらに、管路を所定距離さかのぼった位置を終点 P 2 1 とする。また、終点 P 2 1 に管路の方向を終点ベクトルとする。このように、起点と終点を移動した後に、つなぎ直し処理を実行すると、図 4 4 B の最下部のように、継手 T 1 0 4 が 1 つだけ存在する管路が形成される。したがって、図 4 4 A の場合と比較して、少なくとも、継手の数で、2 個分の改善効果がある。

【 0 1 7 7 】

このとき、例えば、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 ;

10

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 8 】

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、開始点および終了点の少なくとも一方をさかのぼった位置に移動してもよい。この場合の移動範囲は、例えば、ユーザが指定した開始点および終了点から、所定距離の範囲までとしてもよい。また、ユーザが指定した開始点および終了点から、所定個数の部材（継手等）を通過するまでとしてもよい。また、数 1 または数 2 による評価関数値が増加するまでの範囲としてもよい。また、距離、部材の数、および評価関数値の組み合わせによって、移動範囲を設定してもよい。例えば、初期値として、ユーザが指定した開始点および終了点から、所定距離の範囲、また、ユーザが指定した開始点および終了点から、所定個数の部材（継手等）を通過するまでとしておく。そして、その範囲で、数 1 または数 2 による評価関数値が最小となる位置を求めてもよい。

20

【 実施例 4 】

【 0 1 7 9 】

30

上記実施例 1 では、管路上の 2 点を指定されて、2 点間のつなぎ直し処理を実行し、つなぎ直し結果の管路を表示した（図 7 参照）。その場合に、実施例 3 の数 1 と同様の評価関数によって、つなぎ直し後の管路を評価してもよい。すなわち、数 1 と同様の評価関数によって、つなぎ直し前後の管路を評価し、つなぎ直し結果の管路の図とともに表示してもよい。なお、実施例 3 の数 1 の代わりに数 2 の評価関数を用いてもよい。

【 0 1 8 0 】

図 4 5 に、つなぎ直し前後の管路の評価を実行する処理のフローを示す。他の構成および作用は、実施例 1 から実施例 3 の場合と同様である。そこで、これらの実施例の構成の説明は省略し、本実施例に適用するものとする。

【 0 1 8 1 】

40

この処理で、S 1 5 A および S 1 5 B の処理以外の処理は、実施例 1 と同様である。この処理で、つなぎ直しの後（S 1 3 の後）、中間部材がない場合（S 1 4 で Y E S の場合）、または、中間部材の配置の後（S 1 7 - S 2 0 の後）、本設計支援装置は、つなぎ直し前後の管路を評価する（S 1 5 A）。この処理は、実施例 3 で示した数 1 の評価関数による。

【 0 1 8 2 】

次に、本設計支援装置は、つなぎ直し結果の管路の図および評価結果を表示する（S 1 5 B）。つなぎ直し結果の管路の図には、つなぎ直しの前の管路の図に重複して、つなぎ直し後の管路の図を表示してもよい。また、評価結果は、例えば、つなぎ直しの複雑さ = 1 2 0 . 0 ; つなぎ直しの前の複雑さ = 9 6 . 0 ; のように数 1 の評価関数値が表示される

50

。このとき、2点間の長さを同様に比較して表示してもよい。

【0183】

次に、本設計支援装置は、ユーザにつなぎ直しがOKか否かの確認を求める（S15C）。ユーザが、入力装置6を通じて、OKを選択すると、本設計支援装置は、つなぎ直した管路をルート情報（図4A）に反映して、保存する（S15D）。一方、ユーザが、つなぎ直し結果を了解しない旨の選択をすると、本設計支援装置は、つなぎ直した管路を廃棄する。そして、本設計支援装置は、処理を終了する。

【0184】

以上述べたように、本実施形態の設計支援装置によれば、管路を表示した画面にて、ユーザによる2点の指定を受け付け、その2点間の管路のつなぎ直し処理を実行する。そして、つなぎ直し前後の管路の複雑さを示す評価関数による評価結果をつなぎ直し後の管路とともに、表示する。したがって、一旦作成された管路について、ユーザがつなぎ直したいと考える区間についてのつなぎ直し処理を支援するとともに、評価結果を表示する。したがって、管路の整理を含むつなぎ直し処理を効果的に支援できる。

【図面の簡単な説明】

【0185】

【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5】部材マスタのデータ構造例を示す図である。

【図6】中間部材リストアップテーブルのデータ構造およびデータ例を示す図である。

【図7】管路をつなぎ直し処理を例示するフローチャートである。

【図8A】開始点P1あるいは終了点P2の位置が、継手あるいは弁類上の点とされた場合の処理の概念を示す図である。

【図8B】開始点P1あるいは終了点P2の位置が、継手の場合の起点、終点、および方向ベクトルを特定する手順を例示する図である。

【図9】開始点P1あるいは終了点P2の位置が、分岐上の点とされた場合の処理の概念を示す図である。

【図10】仮定管路上にリストアップした中間部材を配置する処理例を示す図である。

【図11】迂回路を追加する処理例を示す図である。

【図12A】分岐先の配管処理例（処理中）を示す図である。

【図12B】分岐先の配管処理例（処理結果）を示す図である。

【図13】入れ替え後の機器に配管をつなぎ直す処理（図12のS15）の詳細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V1と終点ベクトルV2とが平行かつ対向している例を示す図である。

【図17】起点P1と、終点P2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。

【図19】迂回路を形成して、起点P1と終点P2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。

10

20

30

40

50

【図 2 5】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 2 6】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 2 7】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 2 8】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 2 9】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 3 0】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 3 1】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 3 2】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 3 3】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 3 4】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 3 5】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 3 6】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 3 7】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 3 8】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 3 9】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 4 0】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 4 1】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 4 2】指定された2点に近い開放端を探索し、開放端と開放端とを接続する処理の概念を例示する図である。

【図 4 3】開放端と開放端とを接続する処理を例示する図である。

【図 4 4 A】2点間に存在する既存の管路上の部材を順次消去しつつ、つなぎ直し処理を実行する場合の処理例 1 である。

【図 4 4 B】2点間に存在する既存の管路上の部材を順次消去しつつ、つなぎ直し処理を実行する場合の処理例 2 である。

【図 4 5】つなぎ直し前後の管路の評価する処理のフローチャートである。

【符号の説明】

【0186】

- 1 CPU
- 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
- 10 ネットワークインターフェース
- 12 着脱可能記憶媒体駆動装置
- 20 制御部
- 21 表示制御手段

10

20

30

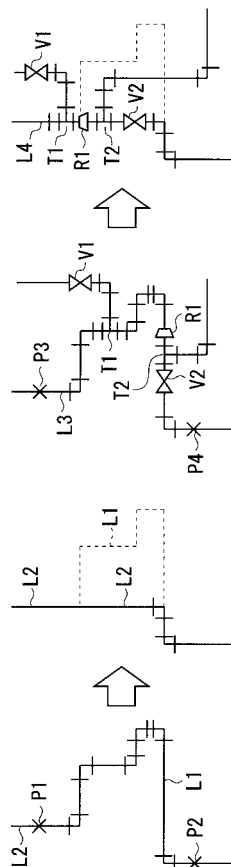
40

50

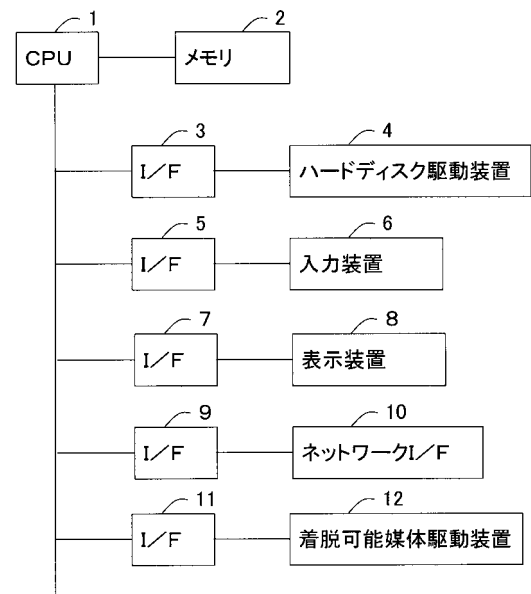
- 2 2 入力制御手段
- 2 3 A 管路構成記憶手段
- 2 3 B 部材属性記憶手段
- 2 4 部材特定手段
- 2 5 仮定経路生成手段
- 2 6 管路形成手段
- 2 7 配置可否判定手段
- 2 8 管路延伸手段
- 2 9 迂回延伸手段
- 3 0 平面判定手段
- 3 1 単一目標平面経路設定手段
- 3 2 複数目標平面経路設定手段
- 3 3 第 1 のレベル間接続手段
- 3 4 第 2 のレベル間接続手段
- 3 6 評価手段
- 3 7 中断点検出

10

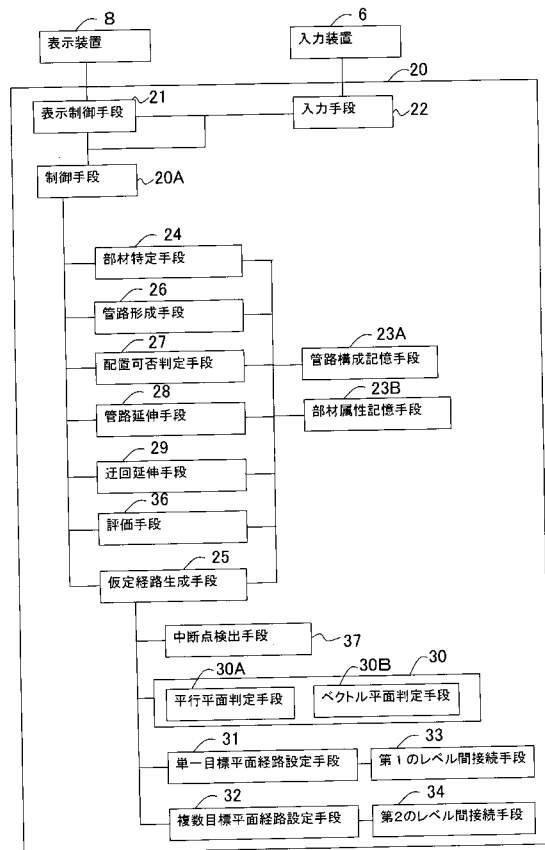
【 図 1 】



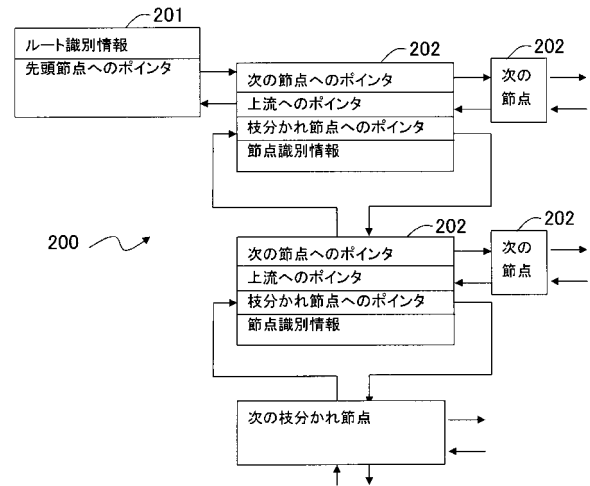
【 図 2 】



【図 3】



【図 4 A】



【図 4 B】

部材配置情報				属性		
配置識別情報	基準座標 X0 Y0 Z0	始点の 節点識別情報	終点の 節点識別情報	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				レギュレーサ	正	なし

【図 5】

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	レギュレーサ	レギュレ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
:	:	:

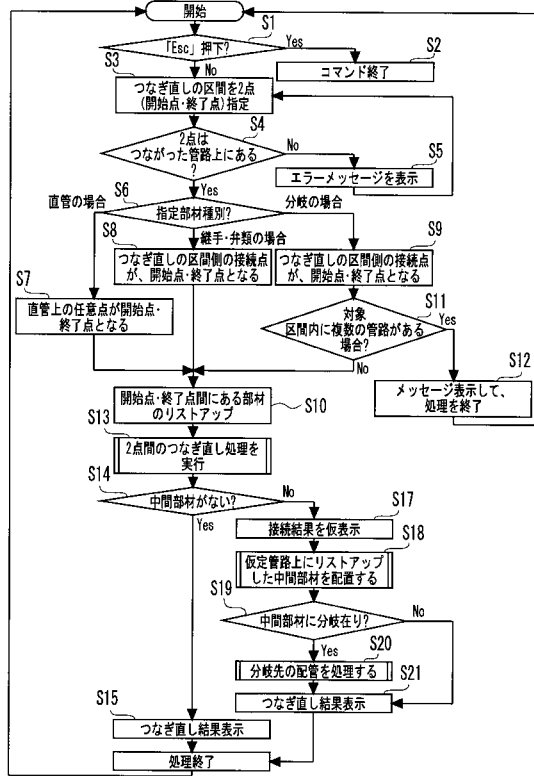
【図 4 C】

節点定義ファイル			
節点識別情報	座標X	座標Y	座標Z

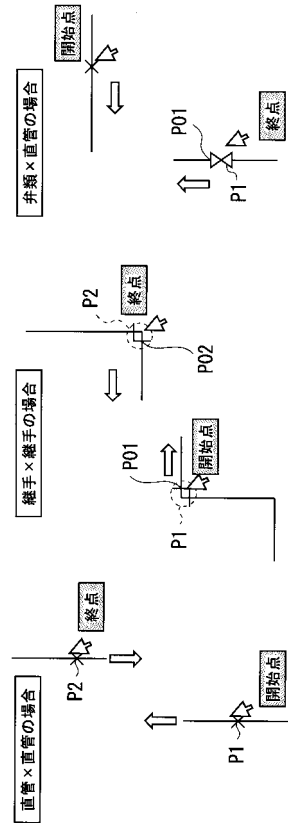
【図 6】

中間部材リストアップテーブル					
順序番号	部材種別	接続口の順序	管路方向の長さ	分岐がある場合の分岐の向き(分岐方向の単位ベクトル)	分岐テーブルへのポインタ
1	1(弁)	正	180	なし	NULL
2	4(フランジ)	正	50	なし	NULL
3	4(フランジ)	逆	70	なし	NULL
4	2(分岐)	正	120	Nx,Ny,Nz	ADDR1

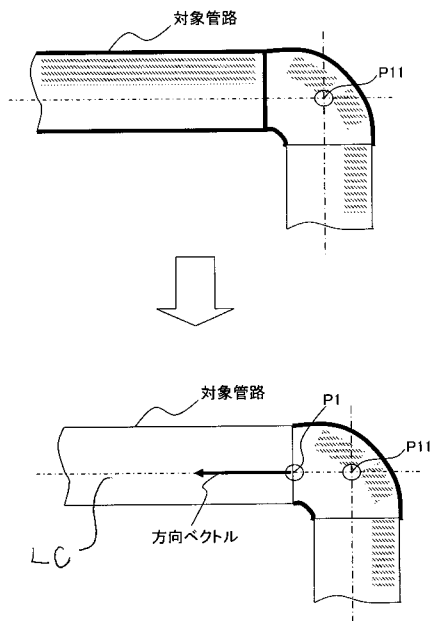
【図 7】



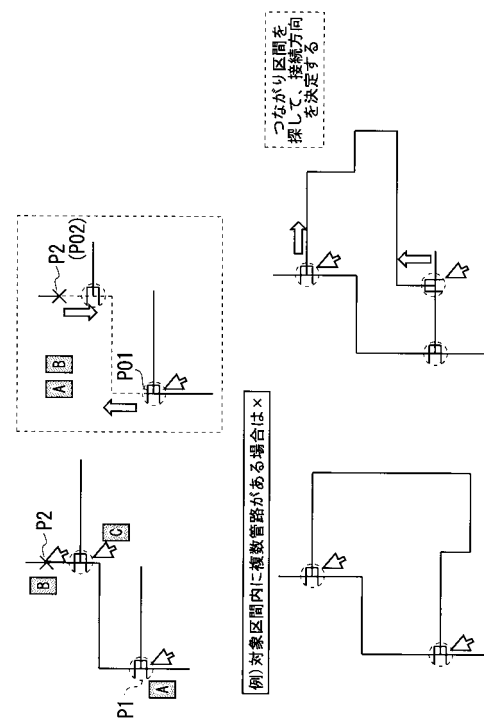
【図 8 A】



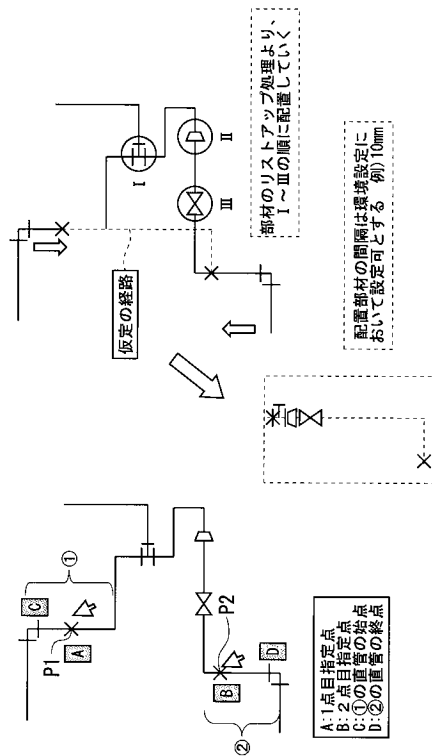
【図 8 B】



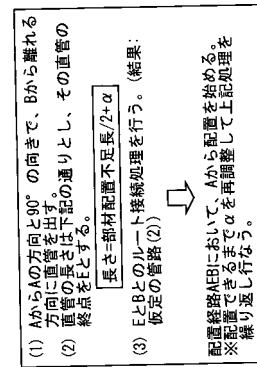
【図 9】



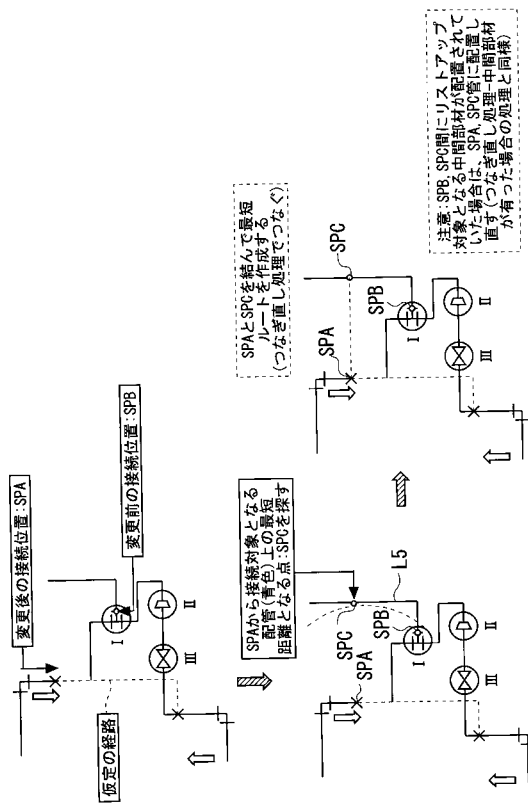
【図 10】



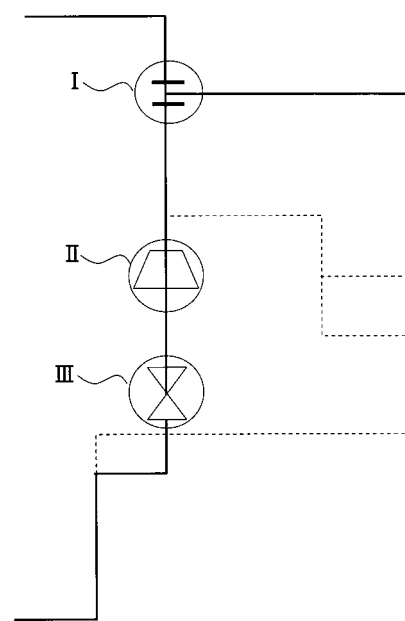
【図 11】



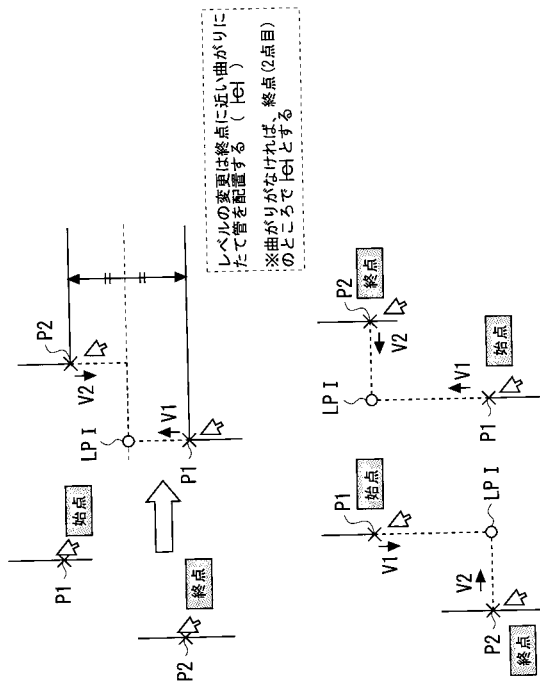
【図 12 A】



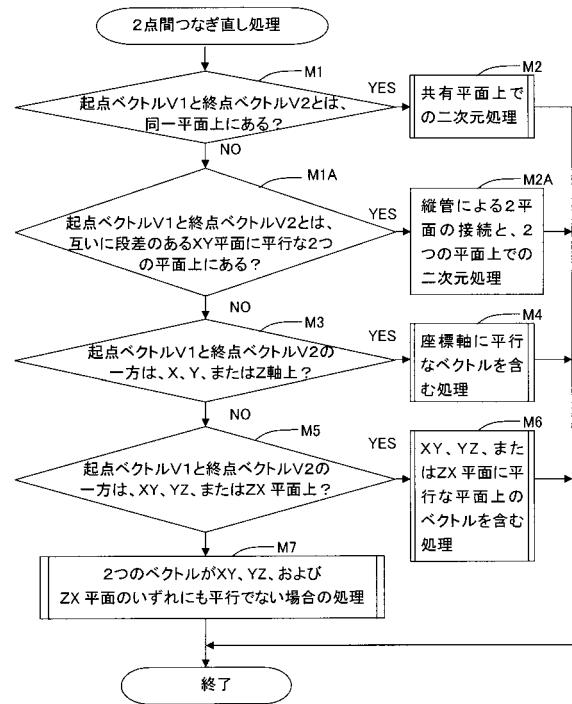
【図 12 B】



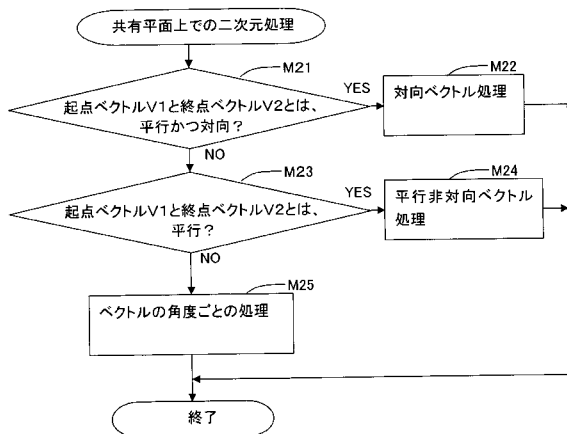
【図 13】



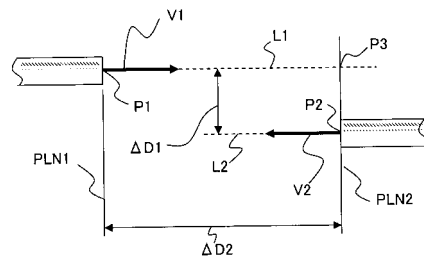
【図 14】



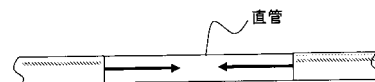
【図 15】



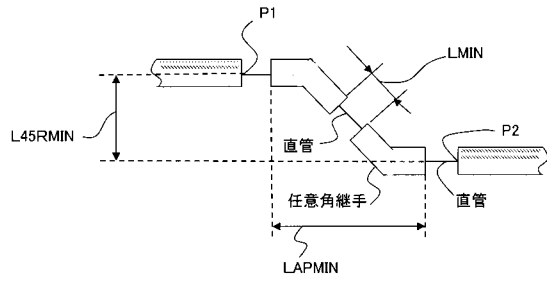
【図 16】



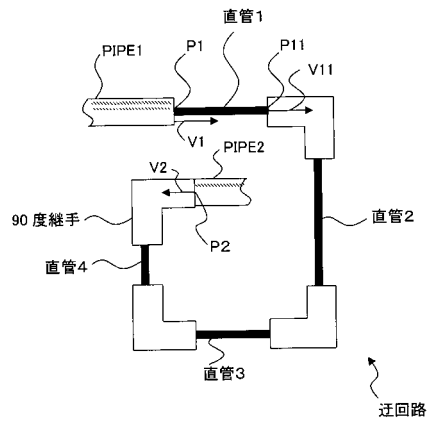
【図 17】



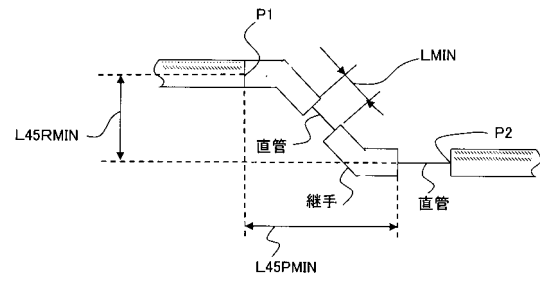
【図 18】



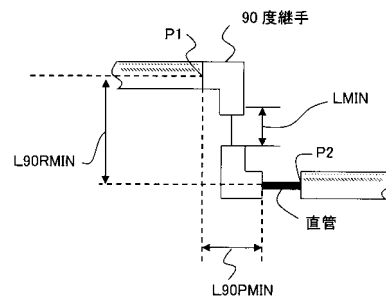
【図 19】



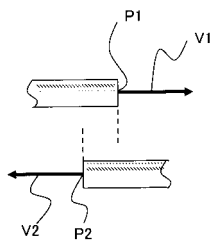
【図 20】



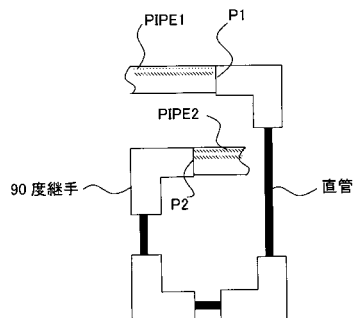
【図 21】



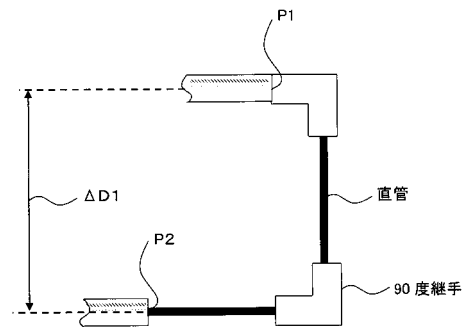
【図 22】



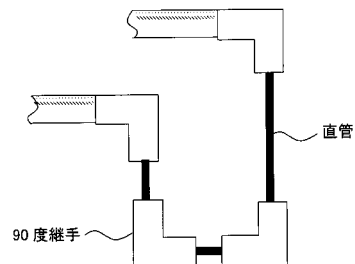
【図 23】



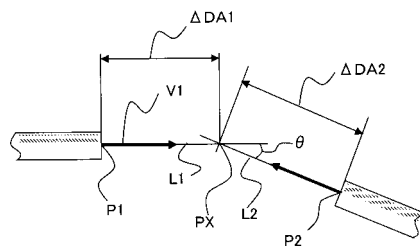
【図 24】



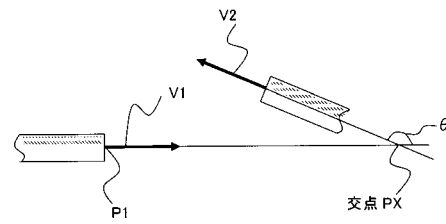
【図 25】



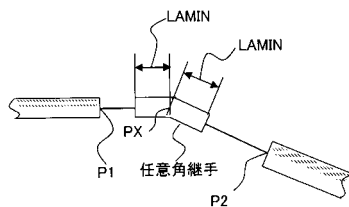
【図 26】



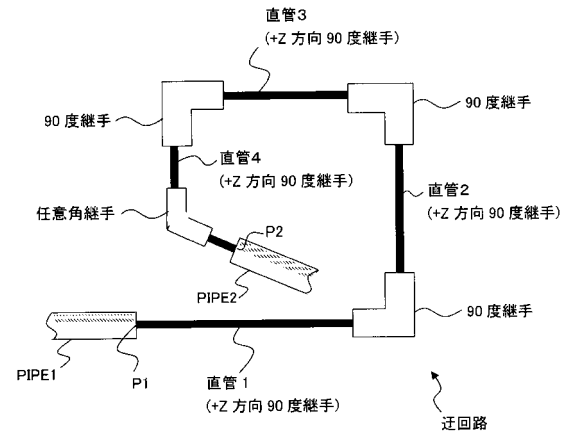
【図 28】



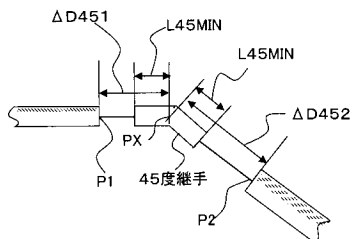
【図 27】



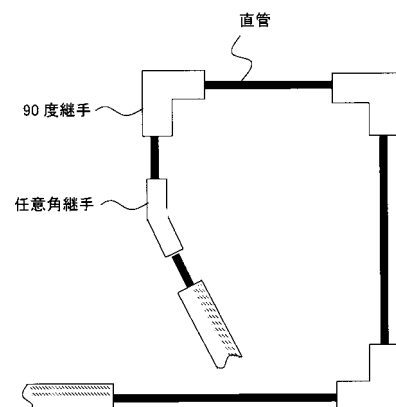
【図 29】



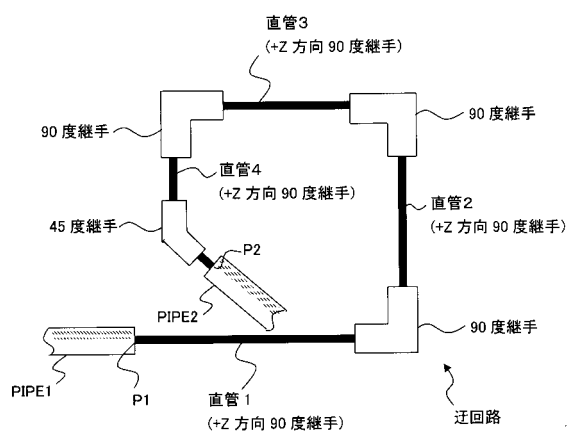
【図 30】



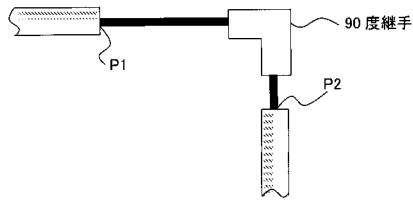
【図 32】



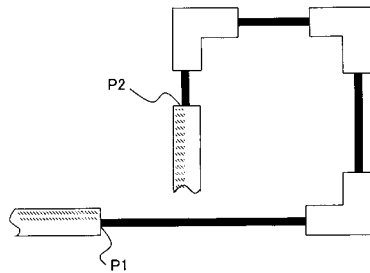
【図 31】



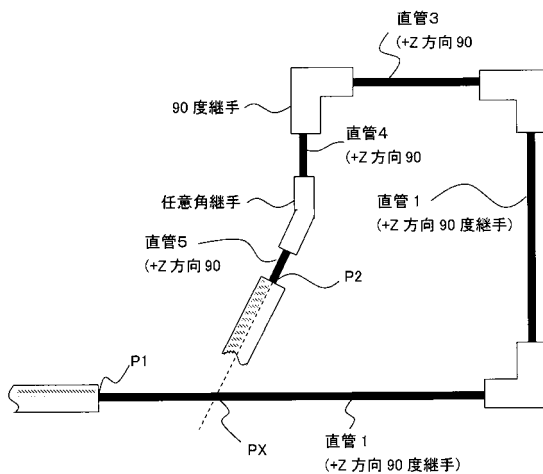
【図 3 3】



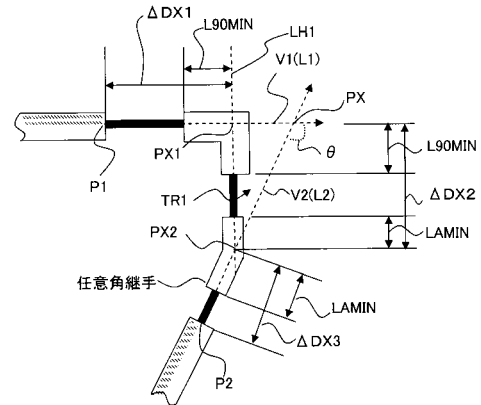
【図 3 4】



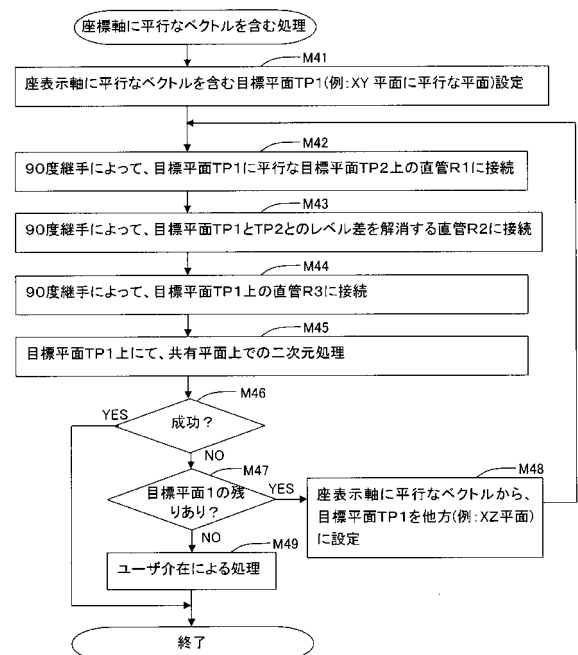
【図 3 6】



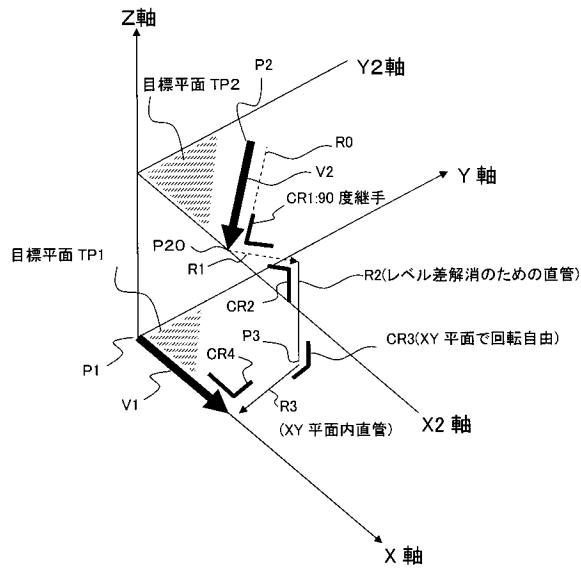
【図 3 5】



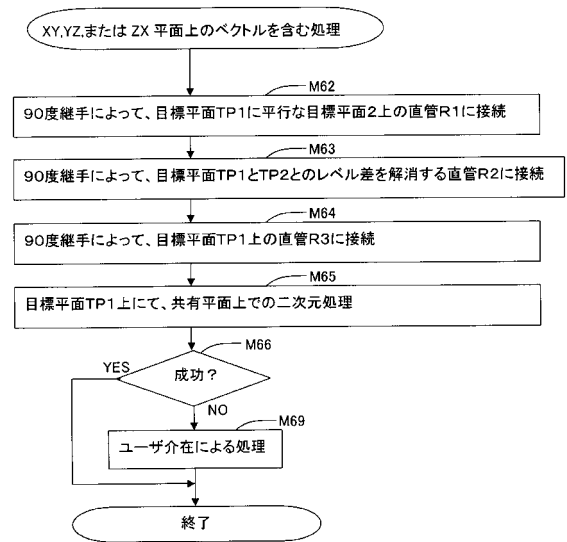
【図 3 7】



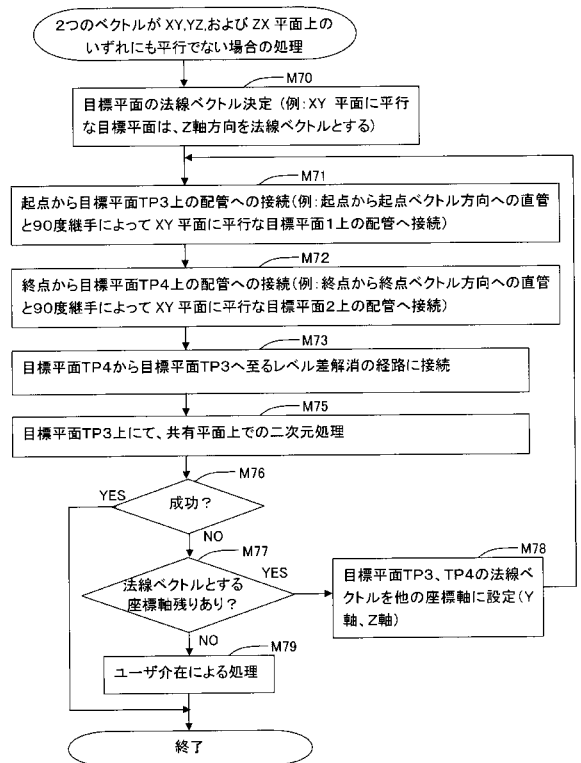
【図38】



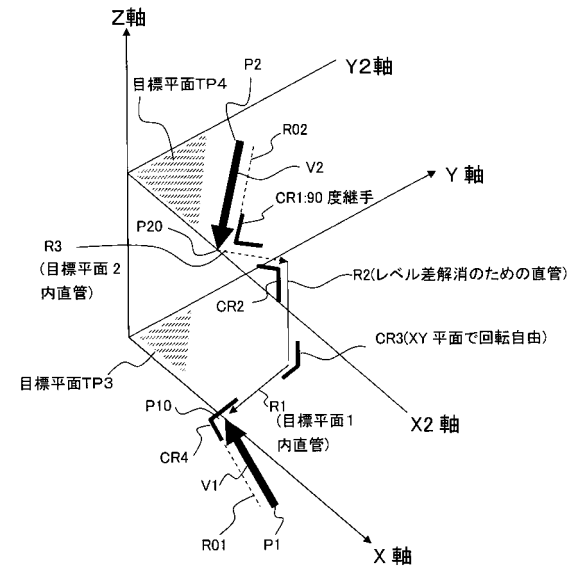
【図39】



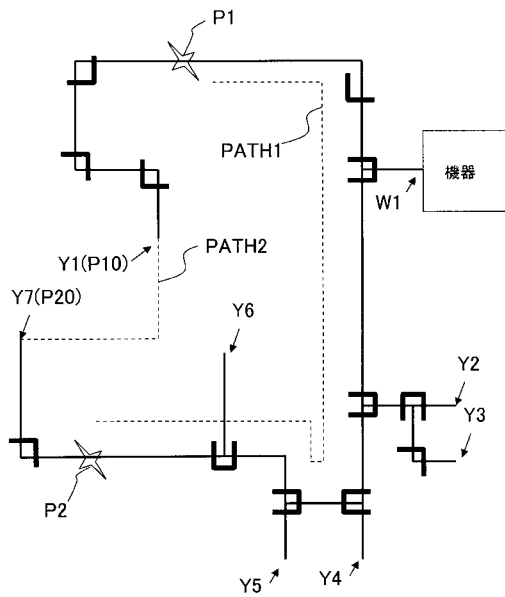
【図40】



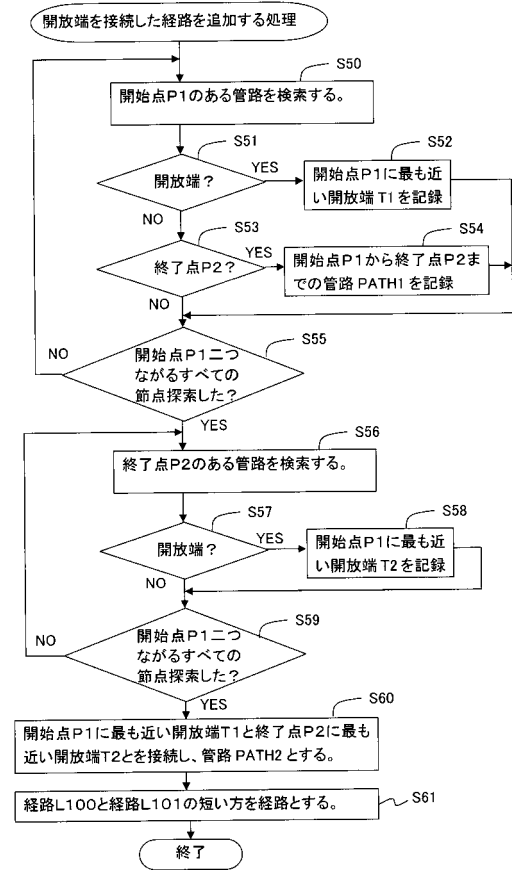
【図41】



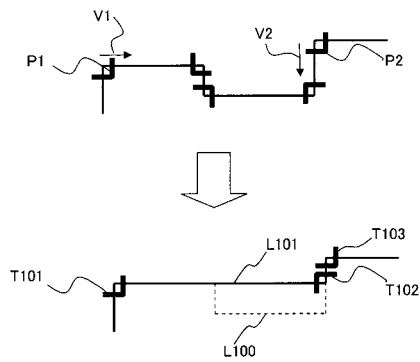
【図 4 2】



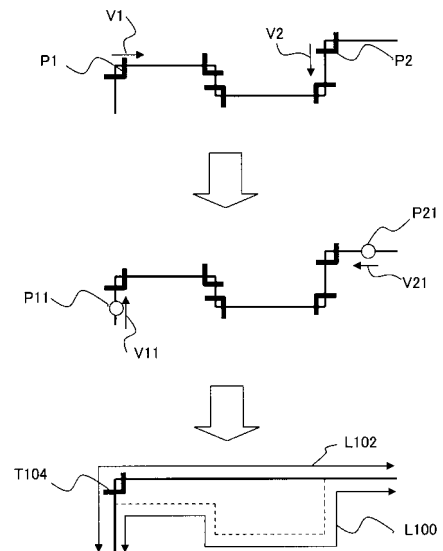
【図 4 3】



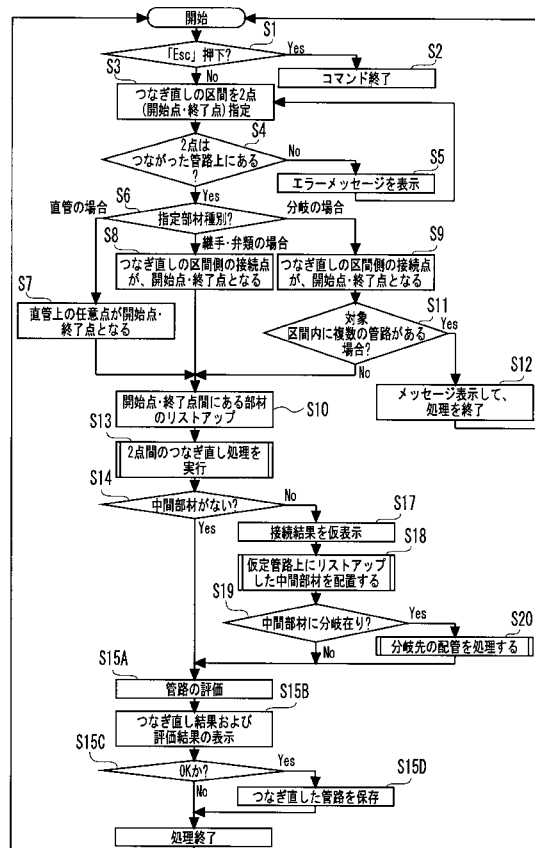
【図 4 4 A】



【図 4 4 B】



【図 45】



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 FA02 GA01 JA01