

(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2010-26645

(P2010-26645A)

(43) 公開日 平成22年2月4日(2010.2.4)

(51) Int.Cl.  
G06F 17/50 (2006.01)F I  
G06F 17/50 650Cテーマコード (参考)  
5B046

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 38 頁)

(21) 出願番号 特願2008-184975 (P2008-184975)  
(22) 出願日 平成20年7月16日 (2008.7.16)(71) 出願人 000169499  
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

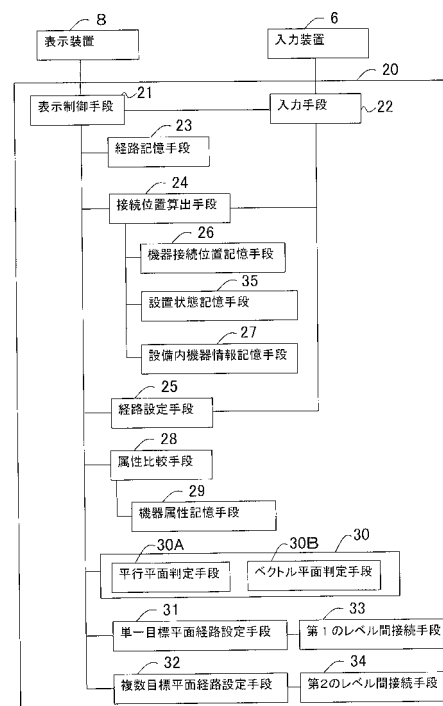
(54) 【発明の名称】 設備の設計支援装置、方法、およびプログラム

## (57) 【要約】

【課題】 作図済みの配管接続情報を利用し、配管のつなぎ替え作業を支援する。

【解決手段】 設備内の第1の機器の接続部に接続される配管の経路を記憶する経路記憶手段と、第1の機器を第2の機器に変更する指定を受け付ける入力手段と、第1の機器を第2の機器に変更したときに第2の機器において配管が接続されるべき接続部の位置座標とその位置座標での配管の配置方向とを算出する接続位置算出手段と、変更前に第1の機器の接続部に接続されていた配管末端または配管末端から配管をさかのぼる方向に一部を削除して形成された配管末端から、第2の機器の接続部までの配管の経路を設定する経路設定手段と、を備える。

【選択図】 図7



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

設備内の機器に配管が接続される接続部の位置座標と接続される配管の配置方向とを記憶する設備内機器情報記憶手段と、

前記設備にて第 1 の機器を第 2 の機器に変更する指定を受け付ける入力手段と、

前記第 1 の機器を第 2 の機器に変更したときに前記第 2 の機器において前記配管が接続されるべき接続部の位置座標と接続される配管の配置方向とを算出する接続位置算出手段と、

前記変更前に第 1 の機器の接続部に接続されていた配管末端または前記配管末端から配管をさかのぼる方向に一部を削除して形成された配管末端から、前記第 2 の機器の接続部までの配管の経路を設定する経路設定手段と、を備える設備の設計支援装置。

10

## 【請求項 2】

機器内の第 1 の座標系での接続部の位置座標と接続される配管の配置方向とを機器ごとに記憶する機器接続位置記憶手段と、

前記設備内の第 2 の座標系で機器を設置するときの設備内配置点、前記第 1 の座標系と前記第 2 の座標系との相対角度、および前記機器を前記設備内配置点に位置付けるときの基準点を記憶する設置状態記憶手段と、をさらに備え、

前記接続位置算出手段は、設備内配置点に前記第 2 の機器の基準点を位置付け、前記第 2 の座標系に対して前記第 1 の座標系を前記相対角度で設定したときの前記第 2 の機器の接続部の位置座標と接続される配管の配置方向とを算出する請求項 1 に記載の設備の設計支援装置。

20

## 【請求項 3】

機器ごとに前記接続部に接続される配管の用途を含む接続属性情報を記憶する機器属性記憶手段と、

前記第 1 の機器の接続部と第 2 の機器の接続部との間で前記接続属性情報を比較する属性比較手段と、

前記比較の結果、第 1 の機器の接続部と第 2 の機器の接続部との間で前記接続属性情報が一致しない場合に、前記第 1 の機器の接続部と第 2 の機器の接続部との間の経路設定のための対応関係の入力を促す手段と、をさらに備える請求項 1 または 2 に記載の設備の設計支援装置。

30

## 【請求項 4】

前記配管末端を接続部として前記第 2 の機器に至る配管の配置方向を示す起点ベクトルと前記第 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

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 3 のいずれか 1 項に記載の設備の設計支援装置。

40

## 【請求項 5】

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、

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

50

接続手段と、をさらに備える請求項 4 に記載の設備の設計支援装置。

【請求項 6】

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 X Y 平面、Y Z 平面、および Z X 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、

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 4 または 5 に記載の設備の設計支援装置。

【請求項 7】

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、

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 6 に記載の設備の設計支援装置。

【請求項 8】

コンピュータが、

設備内で第 1 の機器を第 2 の機器に変更する指定を受け付ける入力ステップと、

前記設備内の機器に配管が接続される接続部の位置座標と接続される配管の配置方向とを記憶する設備内機器情報記憶手段から前記位置座標と前記配置方向とを読み出すステップと、

前記第 1 の機器を第 2 の機器に変更したときに前記第 2 の機器において前記配管が接続されるべき接続部の位置座標と接続される配管の配置方向とを算出する接続位置算出ステップと、

前記変更前に第 1 の機器の接続部に接続されていた配管末端または前記配管末端から配管をさかのぼる方向に一部を削除して形成された配管末端から、前記第 2 の機器の接続部までの配管の経路を設定する経路設定ステップと、を実行する設備の設計支援方法。

【請求項 9】

コンピュータを、

設備内の機器に配管が接続される接続部の位置座標と接続される配管の配置方向とを記憶する設備内機器情報記憶手段、

前記第 1 の機器を第 2 の機器に変更する指定を受け付ける入力手段、

前記第 1 の機器を第 2 の機器に変更したときに前記第 2 の機器において前記配管が接続されるべき接続部の位置座標と接続される配管の配置方向とを算出する接続位置算出手段、および

前記変更前に第 1 の機器の接続部に接続されていた配管末端または前記配管末端から配

10

20

30

40

50

管をさかのぼる方向に一部を削除して形成された配管末端から、前記第２の機器の接続部までの配管の経路を設定する経路設定手段、として機能させるプログラム。

【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】

ビル、建物、工場等の設備の施工に際しては、以下のような問題がある。例えば、受注から施工までの段階では、設備に含まれる機器のメーカーが確定していない場合がある。そして、設備の設計図の作成の着手後に機器の具体的な施工情報が確定することがある。この場合、着手時には、特定のメーカーの機器を念頭に作図を進め、後の段階になって、他のメーカーの機器に入れ替える必要が生じる。また、大規模な機器については、メーカー・容量等が決まってからも、配管取り出し位置・配管のサイズ等の変更が発生する場合がある。

【０００３】

このような機器の入れ替え、あるいは配管接続位置の変更が発生した場合、従来の施工図の作成工程では、施工事業者、あるいは、設備設計者が、配管のつなぎ替え作業を手作業で行っていた。そのため、機器入れ替え前に接続個所を設計済みの配管の一部削除・変更や、新たな機器配置後の配管の接続設計作業に多くの時間を要していた。

【特許文献１】特開２００６－２１５７３１号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

本発明の目的は、配管との接続を要する機器の作図が進行した後、その機器が変更されたときに、その変更に合わせて、作図済みの配管接続情報を利用し、配管のつなぎ替え作業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】

【０００５】

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、設備内の機器に配管が接続される接続部の位置座標と接続される配管の配置方向とを記憶する設備内機器情報記憶手段と、設備にて第１の機器を第２の機器に変更する指定を受け付ける入力手段と、第１の機器を第２の機器に変更したときに第２の機器において配管が接続されるべき接続部の位置座標と接続される配管の配置方向とを算出する接続位置算出手段と、変更前に第１の機器の接続部に接続されていた配管末端または配管末端から配管をさかのぼる方向に一部を削除して形成された配管末端から、第２の機器の接続部までの配管の経路を設定する経路設定手段と、を備える設備の設計支援装置として例示できる。本設計支援装置によれば、入れ替え前後の接続部の位置座標と接続される配管の配置方向とを基に、入れ替え後の第２の機器に配管を接続できる。

【０００６】

さらに、本設計支援装置は、機器内の第１の座標系での接続部の位置座標と接続される配管の配置方向とを機器ごとに記憶する機器接続位置記憶手段と、設備内の第２の座標系で機器を設置するときの設備内配置点、第１の座標系と第２の座標系との相対角度、および機器を設備内配置点に位置付けるときの基準点を記憶する設置状態記憶手段と、をさらに備えるようにしてもよい。そして、接続位置算出手段は、設備内配置点に第２の機器の基準点を位置付け、第２の座標系に対して第１の座標系を相対角度で設定したときの第２の機器の接続部の位置座標と接続される配管の配置方向とを算出すればよい。本設計支援装置によれば、機器入れ替え後の接続部の位置座標と配管の配置方向とを提示できる。

【０００７】

また、本設計支援装置は、機器ごとに接続部に接続される配管の用途を含む接続属性情報を記憶する機器属性記憶手段と、第１の機器の接続部と第２の機器の接続部との間で接

続属性情報を比較する属性比較手段と、をさらに備えてもよい。そして、経路設定手段は、比較の結果、第1の機器の接続部と第2の機器の接続部との間で接続属性情報が一致しない場合に、前記第1の機器の接続部と第2の機器の接続部との間の経路設定のための対応関係の入力を促す手段を備えてもよい。本設計支援装置によれば、接続属性情報が一致しない場合に、第2の機器の接続口に対応すべき第1の機器の接続口の入力を促し、接続すべき配管末端を特定できる。

#### 【0008】

本設計支援装置は、配管末端を接続部として第2の機器に至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平行平面判定手段と、起点ベクトルのある平面と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。すなわち、2つのベクトルが、同一平面上にある場合には、同一平面上の条件を応じて、接続処理を実行すればよい。一方、2つのベクトルが互いに平行な異なる平面にある場合に、それぞれの平面を互いに接続する経路を設定することで、同一平面上の関係に帰着できる。

#### 【0009】

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。

#### 【0010】

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。

#### 【0011】

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

X Y平面、Y Z平面、またはZ X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。

#### 【0012】

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。

#### 【発明の効果】

#### 【0013】

本発明によれば、配管との接続を要する機器の作図が進行した後、その機器が変更されたときに、その変更に合わせて、作図済みの配管接続情報を利用し、配管のつなぎ替え作業を支援することができる。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0014】

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。

#### <機能概要>

図1により、本設計支援装置の機能概要を例示する。本設計支援装置は、配管を含む様々な設備、具体的には配管の接続される熱源機器や空調機器、例えば、冷凍機を含む温度制御設備の設計を支援する。このような設備では、冷凍機等の機器の据え付けの他、機器への配管の取り付けが必要である。

#### 【0015】

図1は、そのような設備の設計を支援する本設計支援装置の画面の一例を示している。図1には、設備および配管を含む設備の設計図（斜視図および平面図）が例示されている。図1で、平面図は、斜視図中のA矢印方向から見た図である。この例では、例えば、ターボ冷凍機100と、ターボ冷凍機100に、冷水・冷却水等を供給する配管に接続されるバルブ101-104が示されている。

#### 【0016】

このような施工のための設計図の作成が進行中または設計図が完成した後に、機器が変更になる場合について考える。図2は、図1の図面に対して、例えば、ターボ冷凍機100に代えて、吸収式冷凍機110を導入した場合の施工用の設計図（斜視図および正面図）の例である。この例では、機器が、ターボ冷凍機100から吸収式冷凍機110に変更されたことに伴い、バルブ101-104がバルブ111-114に変更され、および、各種配管への接続口の位置が変更されている。この場合には、機器の変更に伴って、それぞれの配管への接続口の位置が変更となり、配管を作図し直す必要がある。本設計支援装置は、このような場合、図1にて、作図済みの配管情報を基に、新たな接続口の位置に対して可能な限り自動接続を実行し、接続先を変更する作業を支援する。したがって、ユーザが、例えば、バルブ111-114のような配管の節点あるいは機器の接続口に逐一、配管を接続するマニュアル操作を極力低減して、機器入れ替えに伴う作図を可能にする。

## 【0017】

図3、図4に、本設計支援装置が表示する画面例を示す。図3では、画面の上段に、設備としての熱交換器の平面図が示され、画面左側の機器120（シェルアンドチューブ型熱交換器）から画面右側の機器130（プレート式熱交換器）に変更された設備の例が示されている。また、図3では、中段にそれぞれの設備の正面図が示されている。さらに、下段左側に入れ替え前の機器120の接続口接続情報、下段中央に、その各接続口に接続されていた配管の情報、そして、下段右側に入れ替え後の機器130の接続口情報が示されている。

## 【0018】

ここで、接続口情報とは、それぞれの接続口の属性を定義した情報である。これらの属性は、機器ごとの属性を格納する機器マスタに格納されている。以下に接続口情報の例を示す。

## (1) 接続位置

接続位置は、本設計支援装置では、例えば、機器ごとの原点に対する相対座標（U，V，W）で指定され機器マスタに格納され、その接続位置に対応して、画面上では例えば、機器120に対する接続位置が、A1からE1の記号で示されている。また、本設計支援装置は、一旦、機器が設備内に配置されると、設備内の座標系（X，Y，Z）で接続位置を保持する。

## (2) 方向

方向とは、該当機器から見た配管中の流体の出入りの方向であり、流れ方向ともいう。流れ方向は、出または入りが指定される。

## (3) 接続口の用途分類

接続口の用途分類は、その機器の各接続口から流入または流出される流体の用途である。用途は、本設計支援装置の用途マスタに定義されている。用途は、例えば、温水（送り）、温水（帰り）、蒸気、蒸気還水、水抜き等が記号で指定される。

## (4) 系統

系統とは一次側、二次側等である。系統も、本設計支援装置の系統マスタに記号で定義されている。

## (5) サイズ

サイズとは、配管の断面寸法（呼び径）である。

## 【0019】

本設計支援装置は、画面上で機器の入れ替えが指定されると、入れ替え前の機器と、入れ替え後の機器との間で、配管が接続される接続口を再接続する必要があるか否かを判定する。その場合に、本設計支援装置は、まず、入れ替え前の機器と入れ替え後の機器との間で、接続口情報性の違いを判定し、接続口情報の不整合があるか否かを判定する。

## 【0020】

接続口の属性が不整合か否かの判定は、例えば、上記接続口情報（2）から（5）に対して行う。判定は、接続口情報（2）から（5）の順に判定し、いずれか1つでも合致しないものがあると、不整合とする。また、機器入れ替え前後で、ともに未設定の項目については、判定対象としない。また、（3）接続口の用途分類の判定で、「送り」と「帰り」の違いは無視する。

## 【0021】

そして、上記接続口情報（2）から（5）に不整合があった場合、本設計支援装置は、図3、図4に示すような画面を表示し、ユーザに、入れ替え前後の接続口の対応関係確認と新たな対応関係の決定とを促す。なお、機器入れ替えをする場合でも、入れ替え前後の機器について、同一種類（例.冷凍機）で同じ型式（例.ターボ式）・能力でメーカーが異なる場合や、同一メーカーで型式のみが異なる場合（ターボ式をスクリー式に変更）では、接続口情報が一致する。図3の例では、接続口情報のうち、A1とA2、B1とB2が一致し、それ以外の接続口では、一致しない例を示している。

## 【0022】

10

20

30

40

50

図4に、熱交換器の入れ替えの例で機器の入れ替え前後で、接続位置以外に、接続口情報が不一致の例を示す。この例では、接続位置C1の蒸気管の接続口、接続口D1の蒸気還水の接続口、および接続口E1の水抜き接続口が消滅し、新たに接続位置C2に温水（送り）の接続口、接続位置D2に温水（帰り）の接続口が設けられている。この例では、温水供給用の熱媒として蒸気を使用する予定であったものが取り止めとなり、温水によって二次側に温水を供給することになった例である（一次側機器も例えば、蒸気ボイラから温水ボイラに変更される）。熱媒の変更により、熱交換器も適した型式に変更され流体の接続口の仕様が変更されている。また、図4は、例えば、メーカーの変更に伴い、当初のA社の機器の入口位置が変更後のB社の機器の出口位置となったように、接続口が反転した例を示している。

10

#### 【0023】

なお、図4の例では、蒸気管接続口（C1，D1）を温水管接続管（C2，D2）に接続する結果となるので、接続の後、ユーザは、別途配管の用途を蒸気管から温水管に変更する。ただし、このような機器入れ替えに連動して、配管属性の用途が接続口の属性に合わせて自動的に変更されるようにしてもよい。

#### 【0024】

この場合に、接続口情報だけでは、機器入れ替えの前後で対応関係を決定することはできないので、本設計支援装置は、ユーザに接続口間の関連づけを求める。関連づけは、例えば、ポインティングデバイス（例えば、マウス）の操作によって、ポイント指定オブジェクト140、141間を接続することによって行う。ユーザが、ポインティングデバイスで機器入れ替え前のポイント指定オブジェクト140のいずれかをクリックし、続いて、機器入れ替え後のポイント指定オブジェクト141のいずれかをクリックすることで、2つの接続口情報が関連で付けられる。このような接続口情報の関連づけの後、本設計支援装置は、入れ替え後の機器の接続口に、入れ替え前の機器の接続口に接続されていた配管の自動接続を実行する。

20

#### 【0025】

すなわち、入れ替え前の接続口に接続される配管の開口を起点P1とし、入れ替え後の接続口を終点P2として、起点P1から終点P2の間で自動接続を実行する。

#### 【0026】

なお、起点P1から終点P2への距離が短く、わずかにずれている場合で、起点P1が元々直管上にある場合には、起点P1から直管の長さ方向にさかのぼった位置まで起点P1を移動して、接続に必要な距離を確保してもよい。そして、さかのぼった位置までの直管を削除し、新たな配管末端を形成すればよい。

30

#### 【0027】

この場合の削除する直管の長さは、例えば、接続のために挿入すべき継手の最小寸法から、設定すればよい。また、例えば、1回当たりの削除量を設定しておき（例えば、10cm）、必要な距離が確保できるまで、段階的に削除し、接続可能か否かを判定する処理を繰り返してもよい。

#### 【0028】

直管の一部を削除する場合には、起点P1の配管の延伸方向に変更はない。また、直管の範囲を超えて削除する場合、例えば、90度、45度等の継手を越えて配管を削除する場合には、さかのぼった位置での配管の延伸方向を求め直す必要がある。また、起点P1が、直管以外の部材、例えば、90度、45度等の継手等に位置する場合も、さかのぼった位置での配管の延伸方向を求め直す必要がある。これらの処理については、実施例2で説明する。

40

#### 【0029】

図5に、機器の配置から配管接続までの制御フローを例示する。この制御フローは、ユーザ操作に応答して実行される。このフローで、SQ1からSQ4は、本実施形態の設計支援装置が前提としている、従来のフローを示している。また、SQ5からSQ9は、本実施形態の設計支援装置にて新たに追加したフローを示している。

50



## 【0030】

まず、本設計支援装置は、配置する機器の指定を受け付ける（SQ1）。機器の指定は、例えば、画面上の機器一覧からの機器の選択操作である。機器の指定を受けると、本設計支援装置は、その機器についての属性情報、例えば、接続口情報を機器マスタから読み出す。接続口情報には、機器内座標系（ローカル座標系、U、V、W）における、機器の外形形状、接続口の位置、座標軸上での方向（ベクトル）、サイズ、用途の情報が含まれる。外形形状は、通常の機械CAD（computer Aided Design）と同様、機器内座標での直線形状、曲面と平面と組み合わせで定義される。ただし、立体形状、例えば、直方体、所定断面の押し出し（スweep）形状等を組み合わせで定義することもできる。

## 【0031】

次に、本設計支援装置は、ユーザからの機器の配置位置（配置基準点ともいう）の指定を受け付ける（SQ2）。配置基準点とは、機器の原点を設定すべき設備内の位置をいう。設備内の位置は、作図画面で定義された原点に対して、（X、Y、Z）の座標値が指定される。なお、平面図を示す画面上で、（X、Y）を指定し、Z軸すなわち高さ方向の位置は、他のオペレーションで指定するようにしてもよい。

## 【0032】

さらに本設計支援装置は、機器を配置する向きの指定を受け付ける（SQ3）。機器の向きは、機器内の座標軸と、作図画面上の座標軸との関係の指定である。例えば、作図画面上の座標軸X、Yに対して、機器内の座標軸U、Vが対応付けられる。通常、機器は、水平面内に設置されるからである。ただし、座標軸X、Y、Zに対する座標軸U、V、Wの関係を指定できるようにしてもよい。その場合には、機器を傾けて設置する指定が可能になる。以上のように、配置点に、機器の原点が指定され、かつ、機器の配置向きが指示されると、作図画面上の座標軸での接続口の座標と、その接続口に接続される配管の配置方向が確定する。配管の配置方向は、接続口の方で決まる。必要により、機器の形状が、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、ソリッド表面の法線ベクトル方向、あるいは、サーフェイスの法線ベクトル方向としてもよい。

## 【0033】

次に、本設計支援装置は、機器のそれぞれの接続口に配管を自動接続する。本実施形態では、ユーザが、配管の起点P1と、配管の終点P2とを指定し、2点間での自動接続を実行する。この自動接続の処理は、機器入れ替え後の自動接続と同様の処理である。そして、機器のすべての接続口が自動接続されると機器の配置が確定する（SQ4）。このようにして、一旦、機器配置が完了する。

## 【0034】

本設計支援装置では、さらに、機器の入れ替えの指定が可能である（SQ5）。本設計支援装置は、作図画面上で、ポインティングデバイス等を通じて入れ替え対象の機器の指定を受け付ける。さらに、その機器と入れ替えるべき機器の指定を受け付ける。そして、このとき、入れ替えるべき機器の原点を作図画面上の配置点に一致させる。また、機器の向きは、SQ2と同様の手順でユーザから指定を受け付ける。

## 【0035】

次に、本設計支援装置は、機器入れ替えの前後で、接続口情報が整合するか否かを判定する（SQ6）。整合しない場合、本設計支援装置は、接続確認ウィンドウ（本発明の対応関係の入力を促す手段）を表示する（SQ7）。接続確認ウィンドウは、図3、あるいは、図4上部に示した画面である。なお、図4の下部は、接続確認ウィンドウでのグラフィクスオブジェクト（ポイント指定オブジェクトという）の概念的なイメージを示している。

## 【0036】

そして、本設計支援装置は、ユーザによる接続先の指定を受け付ける（SQ8）。接続先の指定は、図4に示したように、機器入れ替え前の接続口を示すポイント指定オブジェクト140と、機器入れ替え後の接続口を示すポイント指定オブジェクト141とを関係付ける指定である。

10

20

30

40

50

## 【0037】

そして、本設計支援装置は、自動配管接続を実行する（SQ9）。

## 【実施例1】

## 【0038】

（ハードウェア構成）

図6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

## 【0039】

図6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。

## 【0040】

20

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。

## 【0041】

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、CPU1が処理したデータ、CPU1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

## 【0042】

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、CPU1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。

（機能ブロック）

図7に、本設計支援装置の機能ブロック図を例示する。図7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CPU1、メモリ2等の構成と、図6のメモリ2に展開され、CPU1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もよい。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

## 【0043】

図7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、経路記憶手段23、接続位置算出手段24、経路設定手段25、機器接続位置記憶手段26、設置状態記憶手段35、設備内機器情報記憶手段27、属性比較手段28、機器属性記

50

憶手段 29、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。

#### 【0044】

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。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。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。

#### 【0045】

経路記憶手段 23 は、設備内の配管の経路を記憶する。接続位置算出手段 24 は、GUI に対する操作によってユーザが設備内の機器を第 1 の機器から第 2 の機器に変更したときに第 2 の機器において配管が接続されるべき接続部の位置座標と接続される配管の配置方向とを算出する。より具体的には、制御部 20 は、機器内の第 1 の座標系での接続部の位置座標と接続される配管の配置方向とを機器ごとに記憶する機器接続位置記憶手段 26 と、設備内の第 2 の座標系で機器を設置するときの設備内配置点、第 1 の座標系と前記第 2 の座標系との相対角度、および機器を設備内配置点に位置付けるときの基準点を記憶する設置状態記憶手段 35 と、を有している。そして、接続位置算出手段 24 は設備内配置点に第 2 の機器の基準点を位置付け、第 2 の座標系に対して第 1 の座標系を相対角度で設定したときの第 2 の機器の接続部の位置座標と接続される配管の配置方向とを算出する。設備内機器情報記憶手段 27 は、算出された第 2 の機器の接続部の位置座標と接続される配管の配置方向とを記憶する。そして、経路設定手段 25 は、算出された第 2 の機器の接続部の位置に、算出された配置方向で、第 1 の機器に接続済みであった配管末端を接続する。

#### 【0046】

また、制御部 20 は、機器ごとに接続部に接続される配管の用途を含む接続属性情報を記憶する機器属性記憶手段 29 を備える。そして、属性比較手段 28 は、第 1 の機器の接続部と第 2 の機器の接続部との間で接続属性情報を比較する。そして、制御部 20 は、接続位置算出手段は、属性比較手段 28 による比較の結果、第 1 の機器の接続部と第 2 の機器の接続部との間で接続属性情報が一致しない場合に、第 1 の機器の接続部と第 2 の機器の接続部の間の経路設定のための対応関係の入力を促す。

#### 【0047】

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、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。

#### 【0048】

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、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。

#### 【0049】

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 X Y 平面、Y Z 平面、または Z X 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 3 2 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、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 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 3 2 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、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。このとき、第 2 のレベル間接続手段 3 4 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。

10

(データ構造)

図 8 から図 11 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、作図に際し確定ボタンが押されるなどして確定の信号を受けたときに格納される。図 8 は、節点情報ファイルのデータ構造例を示す図である。節点情報ファイルは、配管の経路を記録するファイルである。節点情報ファイルは、節点識別情報と、座標 X、座標 Y、座標 Z、および属性を有する。節点識別情報は、節点を個々に識別する識別情報である。座標 X、座標 Y、および座標 Z は、節点の座標である。また、属性は、節点の属性であり、例えば、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）等が設定される。なお、節点の属性は、節点属性マスタに記号で定義されており、節点情報ファイルの属性には、その定義された記号が設定される。

20

【0050】

図 9 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図である。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、個々の節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。ルート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、経路記憶手段 23 に相当する。

【0051】

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。

30

【0052】

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。

【0053】

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、当該節点が多岐しているときに、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 8 の節点情報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。

40

【0054】

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に対して、その末端部分で機器の接続口に接続される個所を、入れ替え後の新たな機器の接続口に接続する。

【0055】

図 10 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

50

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10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。

#### 【0056】

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。

10

#### 【0057】

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。

20

#### 【0058】

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。

#### 【0059】

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。

30

#### 【0060】

図11に、配置機器情報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。

40

#### 【0061】

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。

#### 【0062】

設備内配置点は、機器の配置基準点（図10参照）を位置付けるべき設備の座標系での位置である。また、向きは、機器が、配置されたときに、機器の座標系（U V W）と、図

50

面上の座標系（X Y Z）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。

#### 【0063】

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。

10

#### 【0064】

なお、図11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11の配置機器識別情報を格納することになる。

#### 【0065】

さらに、図11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、必要が生じるとに逐一、本設計支援装置が、図10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。

20

#### （処理フロー）

図12に、本設計支援装置における機器入れ替え時のメイン処理フローを例示する。以下、ここでは、機器に配管が接続された設備の設計図が画面に表示されているものとする。この処理は、ユーザが入力装置6を通じて、機器入れ替えコマンドを入力することで起動される（S1）。ただし、本処理は、例えば、画面上のメニュー、あるいは、ボタン等のグラフィックユーザインターフェース部品（以下、GUI部品という）の選択によっても、起動される。なお、本処理が起動された後に、エスケープキーが入力されると（S2でYESの場合）、本コマンドによる処理は終了する（S3）。

30

#### 【0066】

本処理では、設計支援装置は、ユーザの入力装置6を通じた入れ替え前機器の指定を受け付ける（S4）。入れ替え前機器は、画面上の機器を示すGUI部品を入力装置6で選択することで指定される。この指定によって、本設計支援装置は、機器入れ替え前の機器の種別を認識する。また、本設計支援装置は、機器入れ替え前の配置機器情報（図11参照）を読み出す。以上により、本設計支援装置は、機器入れ替え前の接続口情報を認識する。接続口情報には、接続口の位置座標、接続口での配管の配置方向、および接続口に接続される配管の用途等の属性が含まれる。なお、配管の配置方向を示すベクトルを接続点ベクトルという。

40

#### 【0067】

次に、設計支援装置は、ユーザの入力装置6を通じた入れ替え後機器の指定を受け付ける（S5）。入れ替え後機器は、例えば、画面上のメニューのリストから選択される。入れ替え後機器が指定されると、本設計支援装置は、その入れ替え後の機器の情報を機器マスタ（図10参照）から読み出すとともに、その入れ替え後の機器を示すGUI部品を画面上に表示する。入れ替え後機器を示すGUI部品は、ポインティングデバイスの操作で移動可能である。以降、画面上には、入れ替え前の機器と入れ替え後機器の両方が、未確定状態で重複して表示される。入れ替え後の機器の情報には、その機器の接続口の位置座標、接続点ベクトル、および接続口に接続される配管の用途等の属性が含まれる。

#### 【0068】

50

次に、設計支援装置は、ユーザの入力装置 6 を通じた配置点の指定を受け付ける（S 6）。配置基準点は、当該機器を作図画面の座標系の配置点に置く位置である。配置基準点は、例えば、機器内の平面図の座標系（U，V）で指定される。配置基準点の指定が省略されると、機器内の座標系の原点が、配置基準点となる。このとき、さらに、機器を配置する向きの指定も受け付ける。向きは、作図画面の平面図の座標系（X，Y）に対する機器内の座標系（U，V）の回転角である。向きの指定が省略された場合、作図画面の座標系（X，Y）と、機器内の座標系（U，V）とは、向きが一致する。

#### 【0069】

さらに、設計支援装置は、ユーザの入力装置 6 を通じた配置位置（設備内配置点に相当）の指定を受け付ける（S 7）。配置位置は、例えば、作図画面の平面図の座標系（X，Y）の位置である。ただし、配置位置の指定が省略されると入れ替え前の機器の配置位置に、そのまま入れ替え後の機器が配置される。以上の指定によって、平面図上で、入れ替え後の機器の位置と、向きとが確定する。

#### 【0070】

次に、本設計支援装置は、入れ替え前機器と底面レベル（Z 軸方向の高さ）を合わせる（S 8）。これによって、入れ替え後の機器が配置される 3 次元空間での位置および向きが確定する。さらに、それぞれの接続口の位置座標、および、その位置座標での接続点ベクトルが確定する。接続点ベクトルは、機器内の座標系（U，V）での接続口の接続点ベクトルを配置空間内の座標系（X，Y，Z）に変換したものである。なお、接続点ベクトルは、機器の外形を記述するソリッドモデル、あるいは、サーフェイスモデルの法線ベクトルから求めてもよい。

#### 【0071】

次に、本設計支援装置は、機器入れ替え前後の接続口情報を比較する（S 9）。そして、本設計支援装置は、機器入れ替え前後の接続口情報がすべて整合するか否かを判定する（S 10）。この処理を実行する CPU 1 が、属性比較手段に相当する。

#### 【0072】

そして、接続口情報のうち、1 つでも整合しないものがあると、本設計支援装置は、配管接続設定ダイアログウィンドウ（図 3、図 4）を表示する（S 12）。そして、機器入れ替え前後の接続口の対応関係の確認、設定を受け付ける（S 13）。この設定によって、機器入れ替え前の接続口情報と、機器入れ替え前の接続口情報との対応関係一覧表を作成し、メモリに保存する。これにより、機器入れ替え前後の接続口の関係、および入れ替え後の接続口の情報が取得される。対応関係一覧表には、図 3、あるいは図 4 で示したように、それぞれの接続口の用途分類、サイズ、系統、方向、および接続点ベクトルが含まれる。

#### 【0073】

ただし、本実施形態では、設計支援装置は、接続口情報がすべて整合する場合でも、ユーザの設定によって、配管接続設定ダイアログウィンドウの表示設定がなされているか否かを確認する（S 11）。装置のシステムパラメータとして、配管接続設定ダイアログウィンドウの表示設定がなされていると、本設計支援装置は、配管接続設定ダイアログウィンドウを表示し、S 12 の処理に制御を進める。

#### 【0074】

そして、S 11 の判定で、表示設定がなされていないか、または、S 13 の後に、確認 OK のボタンが押下されると（S 14 で YES の場合）、本設計支援装置は、機器入れ替え後に配管をつなぎ直す処理を実行する（S 15）。その後、入れ替え前の機器に関する配置機器情報（図 11）および画面上の入れ替え前の機器の外形形状を削除する（S 16）。そして、入れ替え後の機器の配置機器情報を保存し、外形形状を作図画面に表示する。

#### 【0075】

図 13 に、入れ替え後の機器に配管をつなぎ直す処理（図 12 の S 15）の詳細を例示する。この処理を実行する CPU 1 が、経路設定手段 25 に相当する。この処理では、本

10

20

30

40

50

設計支援装置は、機器入れ替え前の接続口と機器入れ替え後の接続口との対応関係一覧（図12のS13で作成したもの）から、1つのレコードを読み出す（S151）。1つのレコードには、機器入れ替え前の接続口情報と機器入れ替え後の接続口情報が1対1記録されている。

#### 【0076】

そして、情報処理装置は、そのレコードの接続口情報について、位置の座標および接続点ベクトルを比較する（S152）。そして、位置の座標および接続点ベクトルのいずれかに変更があった場合（S153でYESの場合）、入れ替え前の機器の接続口に接続される配管の開口位置を起点P1、その開口で接続点ベクトルを起点ベクトルV1とし、入れ替え後の機器の接続口の位置を終点P2、その接続点ベクトルを終点ベクトルV2とし、「配管のつなぎ直し処理」を実行する（S154）。ただし、本実施形態では、起点ベクトルV1および終点ベクトルV2は、ともに起点P1、終点P2から配管方向への向きを正とする。

#### 【0077】

そして、本設計支援装置は、すべての接続口について、処理を終了したか否かを判定する。すべての接続口について処理を終了していない場合、本設計支援装置は、制御をS151に戻す。一方、すべての接続口について、処理を終了したか否かを判定する。すべての接続口について処理を終了すると、本設計支援装置は、入れ替え機器に配管をつなぎ直す処理を終了する。

#### 【0078】

図14に、配管つなぎ替え処理（図13のS154）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P1、起点ベクトルV1、終点P2、および終点ベクトルV2を引き渡され、起点P1から終点P2との間を接続する管路を形成する。

#### 【0079】

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V1と終点ベクトルV2とが同一平面上にあるか否かを判定する（M1）。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。

#### 【0080】

起点ベクトルV1と終点ベクトルV2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（M2）。

#### 【0081】

また、起点ベクトルV1と終点ベクトルV2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V1と終点ベクトルV2とは、互いに段差のあるXY平面、YZ平面、およびZX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（M1A）。起点ベクトルV1と終点ベクトルV2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V1と終点ベクトルV2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（M2A）。

#### 【0082】

例えば、起点ベクトルV1と終点ベクトルV2とが、互いに段差を有する2つの水平面上（XY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P1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P2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P2のある平面上の配管に接続すればよい。起点ベクトルV1と終点ベクトルV2とが、YZ平面、あるいは、ZX平面に平行な2つの平面上にある場合も同様である。

#### 【0083】



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 度継手または 45 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。

#### 【0084】

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。

#### 【0085】

次に、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。

#### 【0086】

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。

#### 【0087】

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）。

#### 【0088】

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。

#### 【0089】

（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  $\varepsilon$  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。

#### 【0090】

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  $\Delta D 1$  とする。距離  $\Delta D 1$  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 P L N 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

10

20

30

40

50

、終点 P 2 と交点 P 3 との距離  $\Delta D 1$  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 P L N 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。

#### 【0091】

また、起点 P 1 を通り、起点ベクトル V 1 に垂直な平面 P L N 1 と、起点 P 2 を通り、起点ベクトル V 2 に垂直な平面 P L N 2 との距離を  $\Delta D 2$  とする。

#### 【0092】

距離  $\Delta D 2$  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  $\Delta D 2$  を求めてもよい。

#### 【0093】

以下、この距離  $\Delta D 1$ 、 $\Delta D 2$  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（M 2 1 で Y E S の場合）、本設計支援装置は、対向ベクトル処理を実行する（M 2 2）。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  $\Delta D 1 < \text{所定の許容値 } \varepsilon$ ；

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 1 7 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  $\varepsilon < \text{距離 } \Delta D 1 < L 4 5 R M I N$ ；

L 4 5 R M I N は、2 つの平行な配管を 4 5 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 4 5 R M I N は、4 5 度継手の配管に垂直な方向の長さ、4 5 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。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 A P M I N  $<$  距離  $\Delta D 2$ ；

L A P M I N 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 A 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。

#### 【0094】

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 1 8 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  $\Delta D 2 < L A P M I N$ ；

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 1 9 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。

## 【0095】

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)  $L45RMIN < \text{距離} \Delta D1 < L90RMIN$  ;

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  $V1$ 、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。なお、 $L90RMIN$ 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。 $L90RMIN$ 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  $LMIN$  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。

10

(3-1)  $L45PMIN < \text{距離} \Delta D2$  ;

$L45PMIN$ 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。 $L45PMIN$ 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  $LMIN$  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。

## 【0096】

この条件を満足する場合には、起点  $P1$  と終点  $P2$  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  $P1$  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。

20

(3-2)  $\text{距離} \Delta D2 < L45PMIN$  ;

この場合には、45度継手を起点  $P1$  と終点  $P2$  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)  $L90RMIN < \text{距離} \Delta D1$  ;

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)  $L90PMIN < \text{距離} \Delta D2$  ;

$L90PMIN$ 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。

30

## 【0097】

この条件を満足する場合には、起点  $P1$  と終点  $P2$  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)  $\text{距離} \Delta D2 < L90PMIN$  ;

この場合には、90度継手を起点  $P1$  と終点  $P2$  との間に配置できないため、次に示す起点ベクトル  $V1$  と終点ベクトル  $V2$  とが平行かつ対向していない場合（ $P21$ でNOの場合）の処理と同様の処理を実行する。

## 【0098】

なお、以上の分類では、許容値  $\varepsilon = < L45RMIN = < L90RMIN$  の場合を例として説明した。例えば、 $L90RMIN < L45RMIN$  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（ $L90RMIN$ ）で判定するとともに、(3)の処理をなくせばよい。

40

## 【0099】

(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

50

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、対向していなとは、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。

#### 【0100】

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。

#### 【0101】

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  $V_1$  方向に微少量  $\Delta$  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、 $\Delta L$  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  $\Delta D_2$  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、 $\Delta D_2 < L_{90PMIN}$  となる場合も、行き違いの場合と同様の処理を行う。

#### 【0102】

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。

#### 【0103】

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。

#### 【0104】

図 25 は、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。

#### 【0105】

(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  $\theta$  に応じて継手と直管とを組み合わせる処理である。

#### 【0106】

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  $\theta$  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。

#### 【0107】

(1) 交点  $P_X$  での角度  $\theta$  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  $\theta$  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  $\Delta DA_1$  および交点  $P_X$  と終点  $P_2$  との距離  $\Delta DA_2$  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。

#### 【0108】

(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

10

20

30

40

50

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P1、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P2の迂回路が形成される。

#### 【0109】

さらに、起点P1を有する配管PIPE1または終点P2を有する配管PIPE2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。

10

(2) 交点PXでの $\theta$ が45度の場合；

(2-1) 交点PXの位置が、起点P1と終点P2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PXに、45度継手を配置し、始点P1と交点PXおよび交点PXと終点P2とを直管で接続する(図30参照)。ただし、始点P1と交点PXとの距離 $\Delta D_{451}$ および交点PXと終点P2との距離 $\Delta D_{452}$ が、45度継手の中心から一方の端部への最小寸法 $L_{45MIN}$ より小さい場合には、(2-2)の処理による。

#### 【0110】

(2-2) 上述の(2-1)ただし書きの場合、および、交点PXの位置が、起点P1と終点P2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P1、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P2の迂回路が形成される。また、図30で、始点P1と交点PXとの距離 $\Delta D_{451}$ および交点PXと終点P2との距離 $\Delta D_{452}$ 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。

20

#### 【0111】

さらに、起点P1を有する配管PIPE1または終点P2を有する配管PIPE2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。

30

#### 【0112】

(3) 交点PXでの $\theta$ 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。

#### 【0113】

(4) 交点PXでの $\theta$ が90度の場合；

(4-1) 交点PXの位置が、起点P1と終点P2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PXに、90度継手を配置し、始点P1と交点PXおよび交点PXと終点P2とを直管で接続する(図33参照)。ただし、始点P1と交点PXとの距離 $\Delta D_{901}$ および交点PXと終点P2との距離 $\Delta D_{902}$ 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。

40

(4-2) 交点PXの位置が、起点P1と終点P2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P1、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P2の迂回路が形成される。ただし、図33で、始点P1と交点PXとの距離 $\Delta D_{901}$ および交点PXと終点P2との距離 $\Delta D_{902}$ 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。

#### 【0114】

さらに、起点P1を有する配管PIPE1または終点P2を有する配管PIPE2のい

50

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。

#### 【0115】

（5）交点 P X での  $\theta$  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  $\theta$  に対して、角度  $\theta$  を外角とする直角三角形 T R 1 を設定する（図 35 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。

#### 【0116】

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。

#### 【0117】

ただし、以下の条件の場合には、図 34 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；

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。

#### 【0118】

（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 36 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 35 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 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 15（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。

#### 【0120】

（D）2 つのベクトルの一方が座標軸に平行な場合；

図 37 に、座標軸に平行なベクトルを含む処理（図 14 の M 4）の詳細を例示する。また、図 38 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 38 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

10

20

30

40

50

上での二次元処理を実行する。

#### 【0121】

この場合に、起点ベクトル  $V_1$  を含む平面（図38では、 $XY$ 平面）を目標平面  $TP_1$  と呼ぶ。なお、起点  $P_1$  および起点ベクトル  $V_1$  が  $XY$  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  $TP_1$  は、起点ベクトル  $V_1$  を含む  $XY$  平面に平行な平面として一般化できる。

#### 【0122】

また、終点  $P_2$  の近傍に目標平面  $TP_1$  に平行な目標平面  $TP_2$  を設定する。目標平面  $TP_2$  の位置は、終点  $P_2$  から直管  $R_0$  と  $90$  度継手  $CR_1$  で、目標平面  $TP_2$  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。

#### 【0123】

以下、終点  $P_2$  の近傍で、直管  $R_0$  と  $90$  度継手  $CR_1$  で接続可能な位置に目標平面  $TP_2$  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  $P_{20}$  に終点ベクトル  $V_2$  に垂直な平面を想定する。また、位置  $P_{20}$  を通る目標平面  $TP_1$  に平行な目標平面  $TP_2$  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  $TP_2$  との交線の位置に直管  $R_1$  を設定する。目標平面  $TP_2$  は、図38で  $X_2$  軸および  $Y_2$  軸のなす平面である。直管  $R_1$  は、 $XY$  平面に平行な目標平面  $TP_2$  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  $P_{20}$  に  $90$  度継手  $CR_1$  を設けることで、終点  $P_2$  と直管  $R_3$  を接続できる。

#### 【0124】

この場合に、目標平面  $TP_1$  および  $TP_2$  は、第1には、 $XY$  平面に平行なものを候補して優先する。 $XY$  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、 $XY$  平面の代わりに、壁、すなわち、 $ZX$  平面、 $YZ$  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。

#### 【0125】

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  $TP_1$  を設定する（ $M41$ ）。

#### 【0126】

次に、本設計支援装置は、 $XYZ$  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  $CR_1$  を配置し、目標平面  $TP_1$  と平行な目標平面  $TP_2$ （ $X_2Y_2$  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（ $M42$ ）。この場合に、端点（終点  $P_2$ ）と  $90$  度継手  $CR_1$  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  $CR_1$  に替えて、 $90$  度継手  $CR_1$  の経路をバイパスする経路（ $90$  度継手  $CR_1$  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  $45$  度継手を設けてもよい。この場合に、端点（終点  $P_2$ ）と  $45$  度継手との間に、所定長さの直管  $R_0$  を設けてもよい。

#### 【0127】

さらに、直管  $R_1$  の延長線上の経路に  $90$  度継手  $CR_2$  を配置し、 $Z$  軸に平行な直管  $R_2$  の経路を生成する（ $M43$ ）。この場合に、 $90$  度継手  $CR_1$  と  $90$  度継手  $CR_2$  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、 $XY$  平面と  $X_2Y_2$  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  $CPU_1$  が、第1のレベル間接続手段  $33$  に相当する。

#### 【0128】

さらに、本設計支援装置は、直管  $R_2$  と  $XY$  平面との交点  $P_3$  に  $90$  度継手  $CR_3$  を配置する（ $M44$ ）。この  $90$  度継手  $CR_3$  は、 $XY$  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  $90$  度継手  $CR_2$  および  $CR_3$  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 90 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 45 度継手としてもよい。すなわち、90 度継手 C R 2 または C R 3 の経路をバイパスする経路 (90 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 45 度継手を用いてもよい。

#### 【0129】

この状態では、目標平面上で、90 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 14 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 45)。

#### 【0130】

ただし、この 90 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 90 度継手 C R 3 が設けてもよい。その結果、90 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 90 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 90 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、共有平面上での二次元処理 (図 14 の M 2 の処理) を実行してもよい。

#### 【0131】

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 (M 46)。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 V 1) と平行な平面で、まだ、目標平面にしてない、未処理の平面 (図 38 の場合の Z X 平面) が存在するか否かを判定する (M 47)。そして、未処理の目標平面にしていない未処理平面 (X Y、Y Z、または Z X 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 (M 48)。そして、本設計支援装置は、制御を P 42 に戻し、処理を繰り返す。

#### 【0132】

一方、P 47 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 (M 49)。また、P 46 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。

#### 【0133】

なお、図 38 では、起点ベクトル V 1 が X 軸に平行であり、起点 P 1 が原点と一致する場合の例を示したが、起点 P 1 が原点にない場合も同様に処理できる。例えば、起点 P 1 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。

#### 【0134】

また、図 38 では、起点ベクトル V 1 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、X Y 平面を想定した。これは、起点ベクトル V 1 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、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。

#### 【0135】

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、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 42 - P 45 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。

#### 【0136】

また、図 38 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。

10

20

30

40

50



## 【0137】

(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。

## 【0138】

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。

10

## 【0139】

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、本設計支援装置は、そのまま処理を終了する。

## 【0140】

(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。

20

30

## 【0141】

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。

40

## 【0142】

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

50

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。

#### 【0143】

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。

#### 【0144】

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。

10

#### 【0145】

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。

#### 【0146】

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。

20

#### 【0147】

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、目標平面にしていな、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。

#### 【0148】

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。

30

#### 【0149】

以上述べたように、本設計支援装置によれば、一旦作図された設備中の機器が入れ替えられたときに、作図済みの配管サイズ・位置・向きと、新たに配置する機器の接続口のサイズ・位置・向きを比較し、これをつなぎかえる機能を提供する。また、つなぎ変えのために、配管側の経路変更も自動実行する。

#### 【0150】

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が、座標軸が、床面方向あるいは鉛直方向に対して傾きを持つ。このため、図 37、図 38 の場合とは異なり、設計された配管の向きが床面あるいは鉛直線と傾きを持つことになる。すなわち、上記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

40

50

た手順が望ましい。この場合には、図 3 7、図 3 8 に示した手順と同様、床施工に好適な設計となる。

#### 【実施例 2】

##### 【0151】

上記実施例 1 では、入れ替え前の機器の接続口に接続される配管の開口位置を起点 P 1、その開口で接続点ベクトルを起点ベクトル V 1 とし、入れ替え後の機器の接続口の位置を終点 P 2、その接続点ベクトルを終点ベクトル V 2 とし、「配管のつなぎ直し処理」を実行した（図 1 3 の S 1 5 4 参照）。この処理では、基本的には、起点 P 1 と終点 P 2 とは、固定された状態で、相互の位置関係が判定され、図 1 3 - 図 4 1 に示した処理が実行された。このような処理に代えて、起点 P 1 から終点 P 2 への距離が短く、わずかにずれている場合で、起点 P 1 が元々直管上にある場合には、起点 P 1 から直管の長さ方向にさかのぼった位置まで起点 P 1 を移動して、接続に必要な距離を確保してもよい。そして、さかのぼった位置までの直管を削除し、新たな配管末端を形成すればよい。

##### 【0152】

例えば、図 1 3 の S 1 5 4 にて実行されるサブプログラムの上位プログラムからの呼出のインターフェースを F 1 (var P 1, var V P 1, var P 2, var V P 2, L, P X, R C) のようにする。この場合、var P 1, var V P 1, var P 2 および var V P 2 は、それぞれ、起点 P 1、起点ベクトル V 1、終点 P 2、終点ベクトル V 2 を上位プログラムからサブプログラムに引き渡す引数である。また、L は、起点 P 1 が配管末端を起点ベクトル方向にさかのぼって、元の配管の一部が長さ方向に削除された場合の距離であり、サブプログラム内で算出される値である。また、P X は、そのようにして、配管の一部が削除されたことによって、起点 P 1 が移動された後の起点 P 1 の座標である。P X もまた、サブプログラム内で算出される値である。R C はサブプログラムからのリターンコードである。

##### 【0153】

このような処理を「配管のつなぎ直し処理」（図 1 3 の S 1 5 4）以下の処理で実行することで、起点 P 1 と終点 P 2 との間の距離を十分に確保することができる。この場合、起点 P 1 で指定される機器入れ替え前に機器に接続されていた配管が直管であれば、単純に、起点ベクトル P 1 の方向に直管を長さ L だけ縮めることによって、新たな起点 P 1 の位置 P X を算出できる。距離 L は、接続に要する継手等の寸法から決定すればよい。

##### 【0154】

そのような処理によって、図 1 6 に示した距離  $\Delta D 2$  について、 $L 45 P M I N < \Delta D 2$  あるいは  $L 90 P M I N < \Delta D 2$  とすることができる。したがって、図 1 8 のような任意各継手、図 1 9 のような迂回路を用いることなく、基本的には、90 度継手、または 45 度継手によって、管路を形成できる。また、起点 P 1 と終点 P 2 との距離を十分に確保することによって、図 2 2 - 2 4 に示したような、2 つのベクトルが対抗していない場合に生じる迂回路の形成を低減できる。また、図 2 8、図 2 9、3 1、3 2、3 4、3 6 のような場合に生じる迂回路の発生を低減できる。

##### 【0155】

また、起点 P 1 から直管の範囲を超えてさかのぼった位置まで起点 P 1 を移動しても、よい。例えば、直管に対して、90 度、45 度等の継手が接続され、管路の延伸方向が変更されることになる。このような位置まで、起点 P 1 を移動すると、起点ベクトルも再設定する必要が生じる。したがって、この場合に、図 1 3 の S 1 5 4 にて実行されるサブプログラムの上位プログラムからの呼出のインターフェースを F 2 (var P 1, var V P 1, var P 2, var V P 2, V X, N, multi-P X, R C) のようにする。この場合、ここで、V X は、起点 P 1 を移動したときの配管の延伸方向を示す新たな起点ベクトルである。また、N は、起点 P 1 から配管をさかのぼったときに通過する節点数である。また、multi-P X は、起点 P 1 から配管をさかのぼったときに通過する節点の座標列を含む配列である。 $multi-P X = \{ (x1, y1, z1), (x2, y2, z2), \dots, (xN, yN, zN) \}$  のように、複数の節点を有し、N 番目の節点が、起点 P 1 の移動先となる。

## 【0156】

この場合に、起点 P 1 から配管をさかのぼるべき位置は、確保すべき接続に必要な距離から決定される。例えば、起点 P 1 と終点 P 2 との間で、本来確保すべき距離 D I S が与えられたとき、終点 P 2 を中心に、半径 D I S の球（配管が平面上にある場合には半径 D I S の円）を設定し、起点 P 1 の位置がその球（または円）の外側に位置するまで、さかのぼればよい。その場合に、起点 P 1 からさかのぼった途中管路上の節点は、図 9 に示したルート情報を基に探索すればよい。また、さかのぼった位置での配管の延伸方向を示す起点ベクトルは、図 8 に示した節点情報にしたがって、部材の仕様情報を検索して求めればよい。また、図 9 に示したルート情報における 2 節点間の座標の差分値から、起点ベクトルを算出してもよい。

10

## 【図面の簡単な説明】

## 【0157】

【図 1】設計支援装置の機能概要を例示する図である。

【図 2】機器入れ替え後の施工用の設計図（斜視図および正面図）の例である。

【図 3】設計支援装置が表示する画面例を示す図である。

【図 4】設計支援装置が表示する画面例を示す図（接続口情報不一致の場合）である。

【図 5】機器の配置から配管接続までの制御フローを例示する図である。

【図 6】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 7】設計支援装置の機能ブロック図を例示する図である。

【図 8】節点情報ファイルのデータ構造例を示す図である。

20

【図 9】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 10】機器マスタのデータ構造例を示す図である。

【図 11】配置機器識別情報のデータ構造例を示す図である。

【図 12】機器入れ替え時のメイン処理フローを例示する図である。

【図 13】入れ替え後の機器に配管をつなぎ直す処理（図 12 の S 15）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 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。

30

【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。

【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。

40

【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。

50

【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  $\theta$  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。

【符号の説明】

【0158】

- 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
- 22 入力制御手段
- 23 経路記憶手段
- 24 接続位置算出手段
- 25 経路設定
- 26 機器接続位置記憶手段
- 27 設備配置記憶手段
- 28 属性比較手段
- 29 機器属性記憶手段
- 30 平面判定手段
- 31 単一目標平面経路設定手段
- 32 複数目標平面経路設定手段
- 33 第 1 のレベル間接続手段
- 34 第 2 のレベル間接続手段

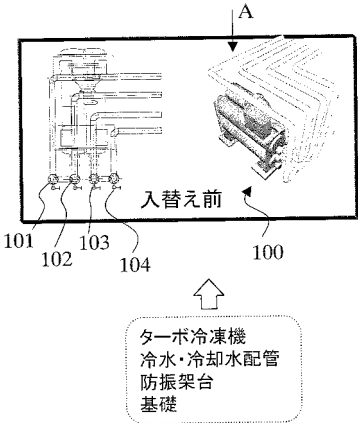
10

20

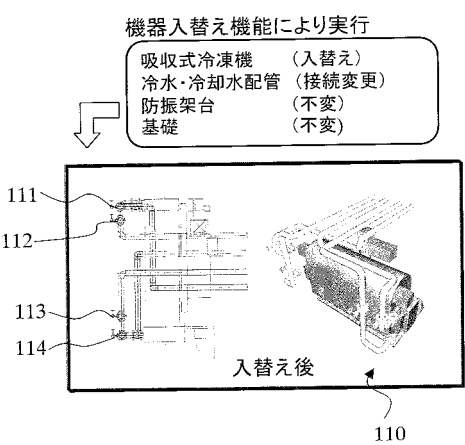
30

40

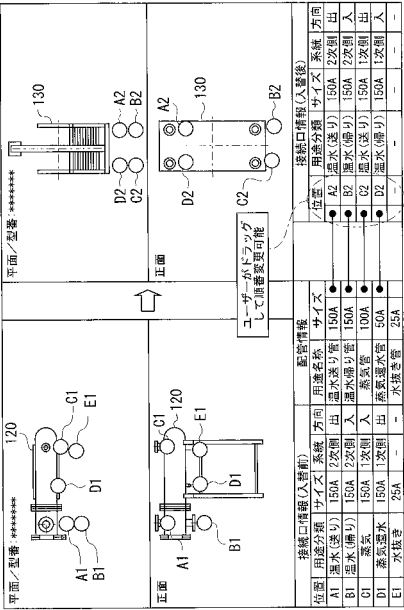
【図 1】



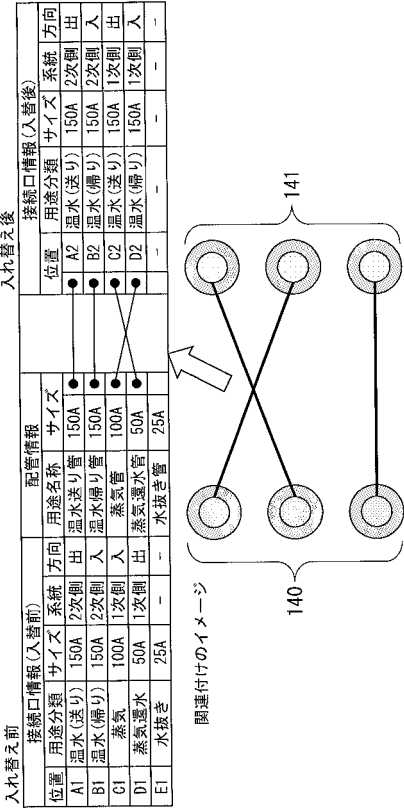
【図 2】



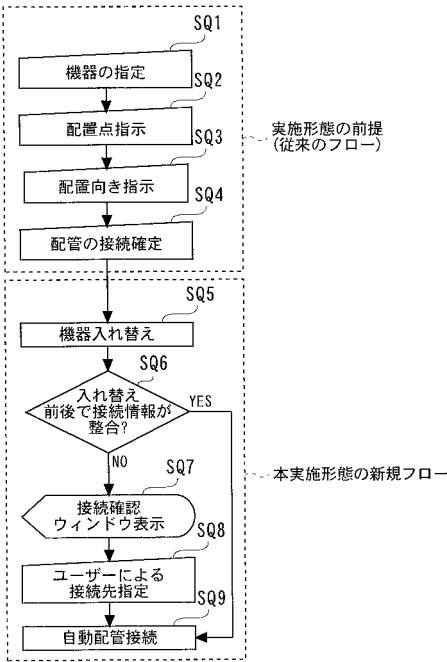
【図 3】



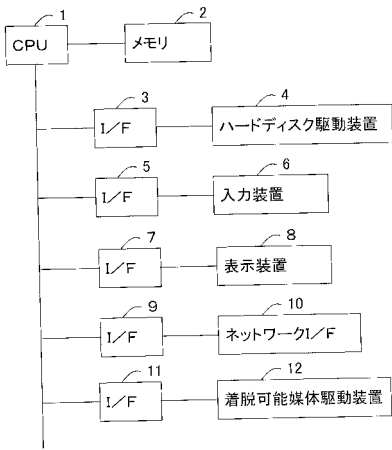
【図 4】



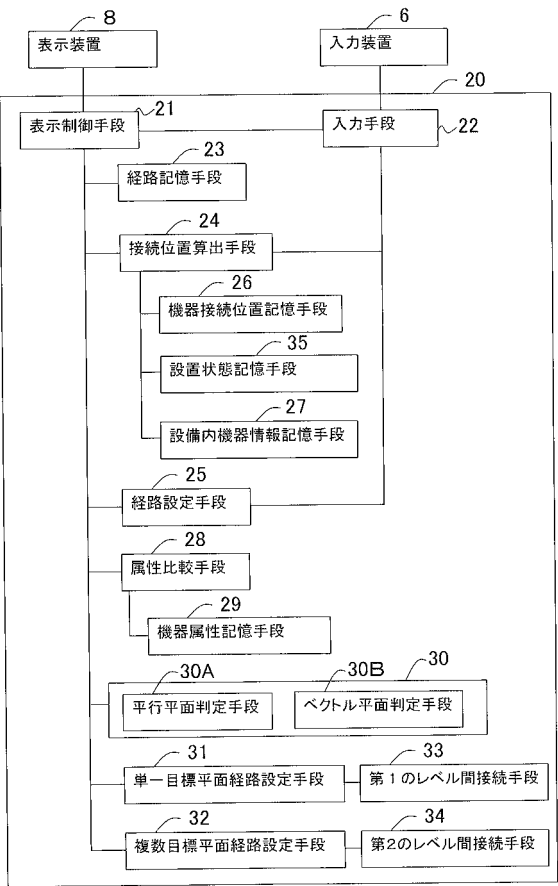
【図 5】



【図 6】



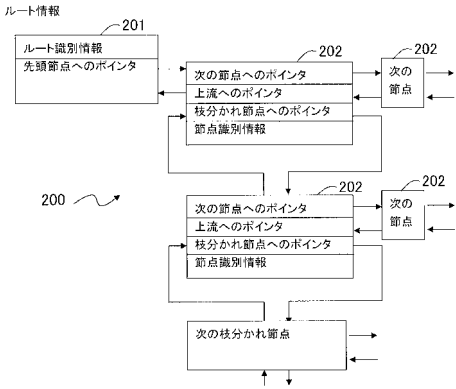
【図 7】



【図 8】

| 節点情報   |     |     |     |     |
|--------|-----|-----|-----|-----|
| 節点識別情報 | 座標X | 座標Y | 座標Z | 属性  |
| A      |     |     |     | 接続口 |
| B      |     |     |     | バルブ |
| C      |     |     |     | 継手  |

【図 9】



【図 10】

## 機器マスタ

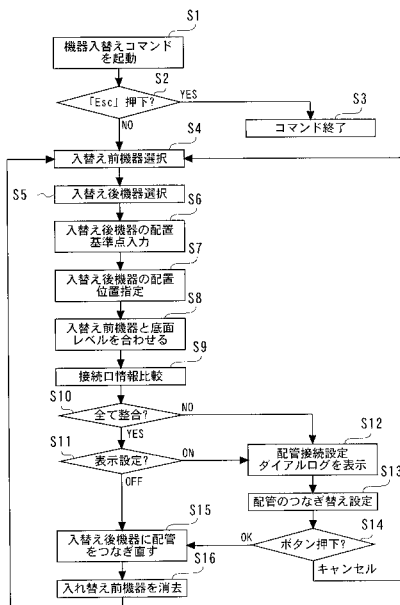
|                  |
|------------------|
| 機器識別情報           |
| 外形形状情報へのポインタ     |
| 配置基準点            |
| 接続口数             |
| 接続口1の座標(U, V, W) |
| 接続口1の用途分類        |
| 接続口1のサイズ         |
| 接続口1の系統          |
| 接続口1の方向          |
| 接続点ベクトル(u, v, w) |
| 接続口2の座標(U, V, W) |
| 接続口2の用途分類        |
| 接続口2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 11】

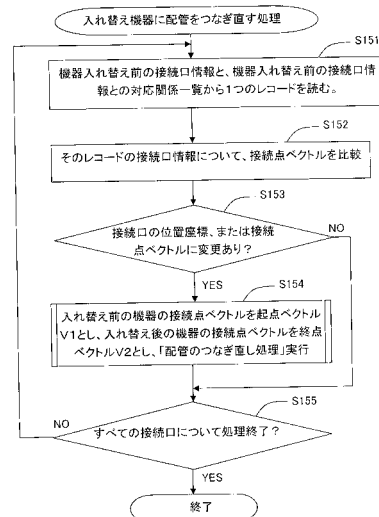
## 配置機器情報

|                  |
|------------------|
| 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             |
| 接続口1の座標(X, Y, Z) |
| 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の座標(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 12】

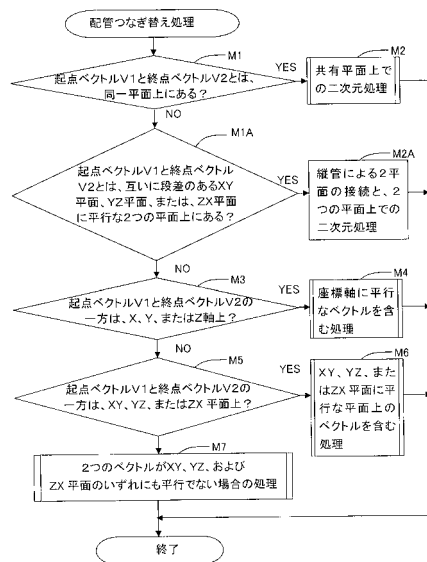


【図 13】

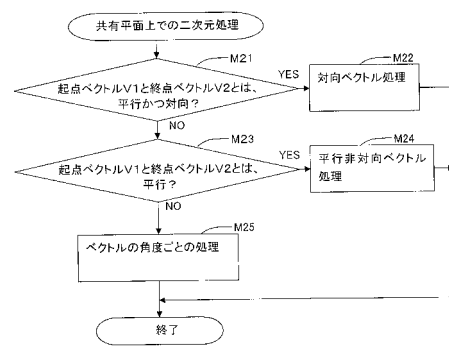




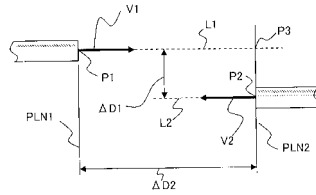
【図 14】



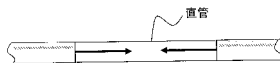
【図 15】



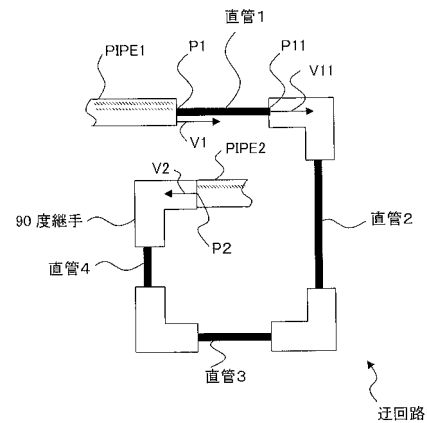
【図 16】



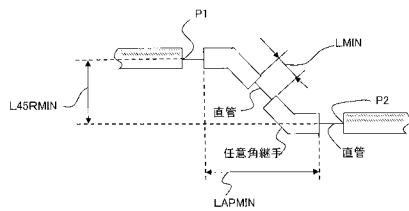
【図 17】



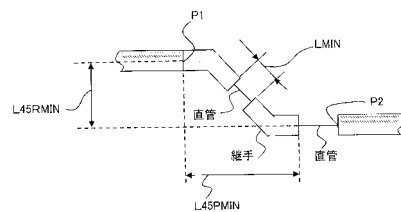
【図 19】



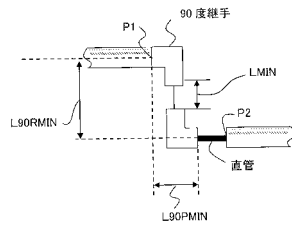
【図 18】



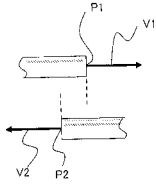
【図 20】



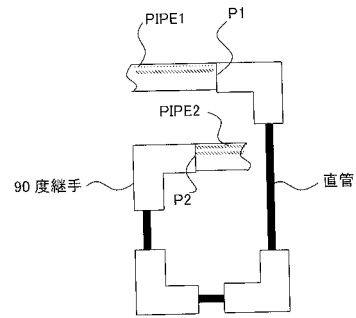
【図 2 1】



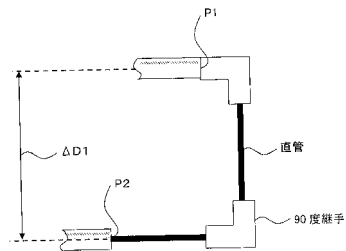
【図 2 2】



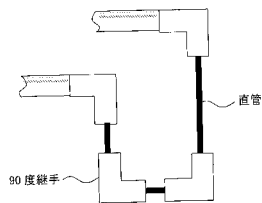
【図 2 3】



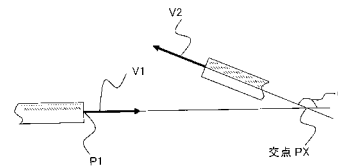
【図 2 4】



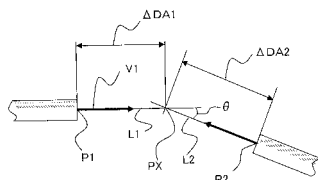
【図 2 5】



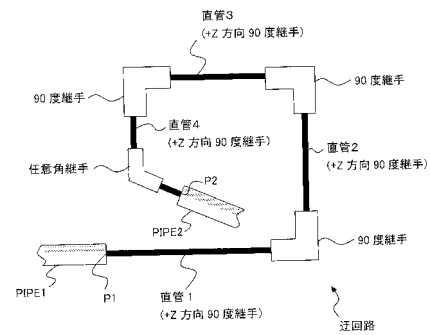
【図 2 8】



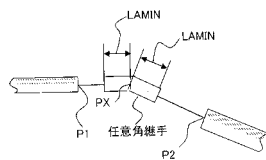
【図 2 6】



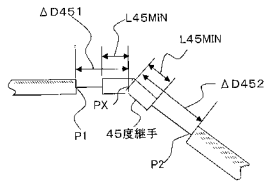
【図 2 9】



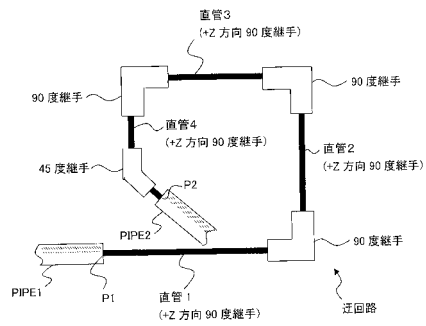
【図 2 7】



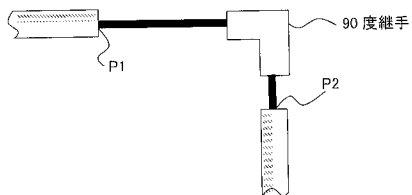
【図 3 2】



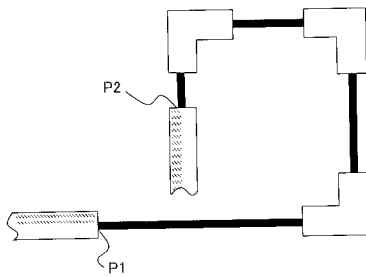
【図 3 1】



【图 3 3】



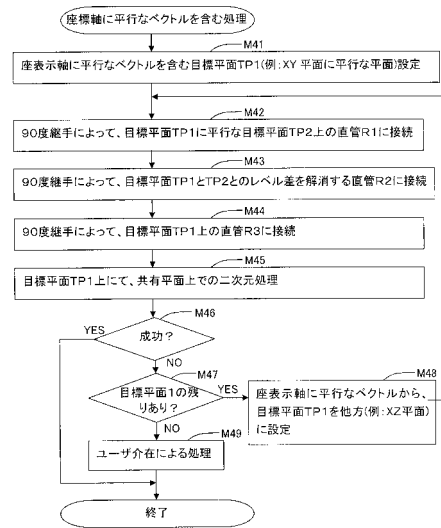
【図 3 4】



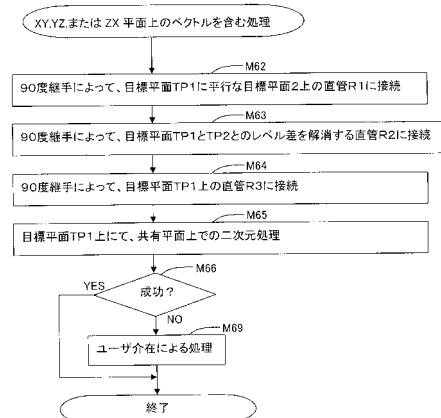
【 図 3 5 】



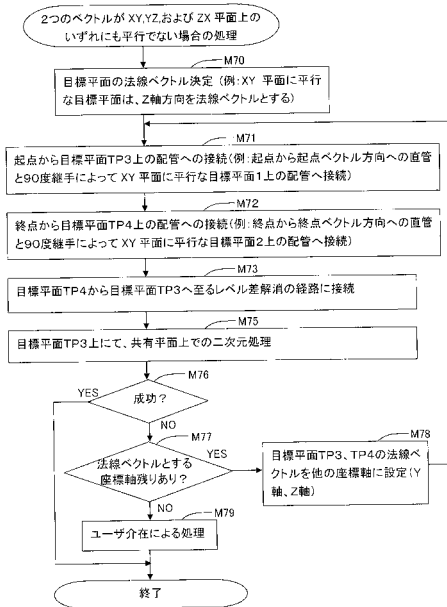
【図 3 7】



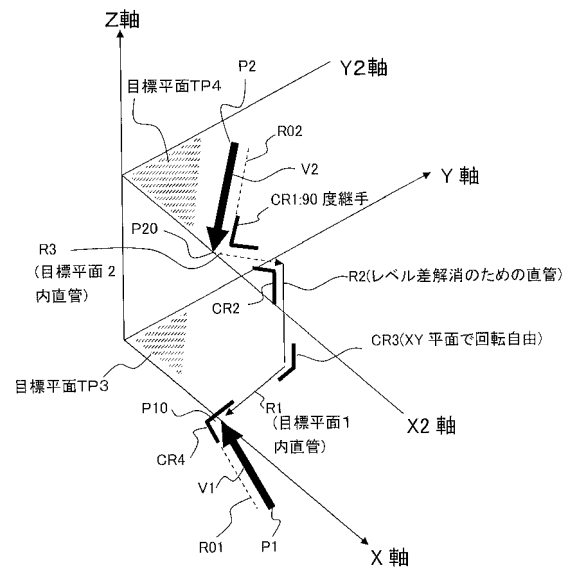
【 図 3 9 】



【図 40】



【図 41】



---

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