

(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2018-112862
(P2018-112862A)

(43) 公開日 平成30年7月19日(2018.7.19)

| | | |
|-----------------------------|-----------------|-------------|
| (51) Int. Cl. | F I | テーマコード (参考) |
| G06F 17/50 (2006.01) | G06F 17/50 650C | 5B046 |
| | G06F 17/50 604H | |
| | G06F 17/50 612C | |

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 26 頁)

| | | | |
|-----------|--------------------------|----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2017-2519 (P2017-2519) | (71) 出願人 | 000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 |
| (22) 出願日 | 平成29年1月11日 (2017.1.11) | (74) 代理人 | 110000198 特許業務法人湘洋内外特許事務所 |
| | | (72) 発明者 | 井上 麗子 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 |
| | | (72) 発明者 | 奥田 健司 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 |
| | | (72) 発明者 | 山本 典明 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 配管作業経路作成装置、配管作業経路作成方法およびプログラム

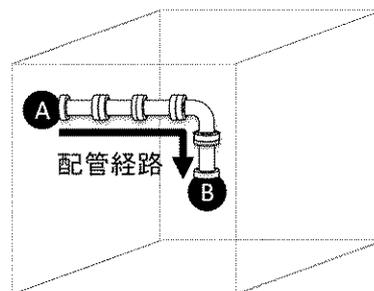
(57) 【要約】

【課題】 配管の設置位置および作業性の両方を考慮した、より適切な配管経路および作業経路を作成することができる。

【解決手段】 配管経路および作業経路の作成対象となる三次元空間をボクセル要素単位に分割し、所定の領域ごとに重み付けがされたボクセルを用いて、配管の始点から終点までの配管経路を探索する配管経路作成部と、前記配管経路上の前記ボクセルから作業基準位置までの作業経路を探索する作業経路作成部と、を備え、前記作業経路作成部は、前記作業経路上の前記ボクセルの重みに基づき当該作業経路のコストを算出し、前記配管経路作成部は、前記作業経路のコストを前記配管経路上の前記ボクセルのコストに加算して、当該配管経路のコストを算出する。

【選択図】 図1

図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

配管経路および作業経路の作成対象となる三次元空間をボクセル要素単位に分割し、所定の領域ごとに重み付けがされたボクセルを用いて、配管の始点から終点までの配管経路を探索する配管経路作成部と、

前記配管経路上の前記ボクセルから作業基準位置までの作業経路を探索する作業経路作成部と、を備え、

前記作業経路作成部は、

前記作業経路上の前記ボクセルの重みに基づき当該作業経路のコストを算出し、

前記配管経路作成部は、

前記作業経路のコストを前記配管経路上の前記ボクセルのコストに加算して、当該配管経路のコストを算出する

ことを特徴とする配管作業経路作成装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の配管作業経路作成装置であって、

前記配管経路および前記作業経路の作成対象となる空間を三次元形状で表したモデル情報と、

配管の始点および終点と設置に制約のある領域および重みとを対応付けた組が登録された制約情報と、を用いて、

三次元空間をボクセル要素単位に分割し、制約のある領域の対応するボクセルに所定の重み付けを行ったボクセル空間を作成するボクセル空間作成部をさらに有する

ことを特徴とする配管作業経路作成装置。

20

【請求項 3】

請求項 2 に記載の配管作業経路作成装置であって、

前記三次元空間のモデル情報と、

前記制約情報と、を記憶した記憶部をさらに有する

ことを特徴とする配管作業経路作成装置。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の配管作業経路作成装置であって、

前記制約情報は、

前記配管の始点および終点と、前記制約のある領域に相当する必須領域、優先領域、禁止領域、危険領域および作業容易領域と、当該領域ごとの重みとが対応付けられた組を有する

ことを特徴とする配管作業経路作成装置。

30

【請求項 5】

請求項 4 に記載の配管作業経路作成装置であって、

前記制約情報に複数の前記組が登録されている場合、

前記配管経路作成部は、先の順序で作成した前記配管経路上の前記ボクセルを前記制約情報の禁止領域に追加し、

次以降に前記配管経路を作成する場合、先の順序で作成した前記配管経路上の前記ボクセルが前記禁止領域に追加されている前記制約情報を用いる

ことを特徴とする配管作業経路作成装置。

40

【請求項 6】

請求項 1 に記載の配管作業経路作成装置であって、

前記配管経路作成部は、

所定の評価指標および評価基準を用いて、作成した前記配管経路の評価値を算出することを特徴とする配管作業経路作成装置。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の配管作業経路作成装置であって、

前記評価指標は、少なくとも前記配管経路の曲がり回数および経路長のいずれかを含む

50

ことを特徴とする配管作業経路作成装置。

【請求項 8】

請求項 2 に記載の配管作業経路作成装置であって、
前記三次元空間のモデル情報および前記制約情報の三次元画像情報を生成する出力処理部と、

前記画像情報への入力を受け付ける入力受付部と、をさらに備え、

前記出力処理部は、

前記入力受付部が受け付けた入力情報に基づき、前記制約情報を編集する

ことを特徴とする配管作業経路作製装置。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の配管作業経路作成装置であって、

前記出力処理部は、

前記制約情報に含まれる組に対応する配管経路と、各組の配管経路のコストの総和である総コストを含む経路セット情報と、

前記配管経路の座標と、前記配管経路のコストを含む配管経路リスト情報と、

前記配管経路に設置する配管部品と、当該配管部品の設置の実行順序と、前記作業経路の座標と、前記配管経路を含む作業経路リスト情報と、のうち、少なくともいずれか一つを出力表示する

ことを特徴とする配管作業経路作成装置。

【請求項 10】

請求項 2 の記載の配管作業経路作成装置であって、

前記配管経路作成部は、

前記制約情報に複数の前記組が含まれる場合、前記配管経路の始点および終点の距離が短い組から順に配管経路を作成する

ことを特徴とする配管作業経路作成装置。

【請求項 11】

請求項 2 に記載の配管作業経路作成装置であって、

前記配管経路作成部は、

前記制約情報に複数の前記組が含まれる場合、前記配管経路の始点および終点を結ぶ直線が前記三次元空間の重心に近い組から順に配管経路を作成する

ことを特徴とする配管作業経路作成装置。

【請求項 12】

請求項 2 に記載の配管作業経路作成装置であって、

前記配管経路作成部は、

前記制約情報に複数の前記組が含まれる場合、当該組の選択順序の全ての組合せについて配管経路を作成する

ことを特徴とする配管作業経路作成装置。

【請求項 13】

配管作業経路作成装置が実行する配管作業経路作成方法であって、

配管経路および作業経路の作成対象となる三次元空間をボクセル要素単位に分割し、所定の領域ごとに重み付けがされたボクセルを用いて、配管の始点から終点までの配管経路を探索する配管経路作成ステップと、

前記配管経路上の前記ボクセルから作業基準位置までの作業経路を探索する作業経路作成ステップと、を備え、

前記作業経路作成ステップは、

前記作業経路上の前記ボクセルの重みに基づき当該作業経路のコストを算出し、

前記配管経路作成ステップは、

前記作業経路のコストを前記配管経路上の前記ボクセルのコストに加算して、当該配管経路のコストを算出する

ことを特徴とする配管作業経路作成方法。

10

20

30

40

50

【請求項 14】

コンピュータを、配管作業経路作成装置として機能させるプログラムであって、
 前記コンピュータを、
 配管経路および作業経路の作成対象となる三次元空間をボクセル要素単位に分割し、所定の領域ごとに重み付けがされたボクセルを用いて、配管の始点から終点までの配管経路を探索する配管経路作成部と、
 前記配管経路上の前記ボクセルから作業基準位置までの作業経路を探索する作業経路作成部として機能させ、
 前記作業経路作成部は、
 前記作業経路上の前記ボクセルの重みに基づき当該作業経路のコストを算出し、
 前記配管経路作成部は、
 前記作業経路のコストを前記配管経路上の前記ボクセルのコストに加算して、当該配管経路のコストを算出することを特徴とするプログラム。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、配管作業経路作成装置、配管作業経路作成方法およびプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、CADシステムにおいて衝突のない配管経路を自動作成する方法に関し、「データ処理装置によって、CAD環境における管の少なくとも1つの始点および終点と管の直径とを定義する入力を受け取り、始点と終点とのあいだの複数の標本点を決定し、複数の頂点としての標本点・始点・終点と各頂点を接続する複数の辺を含むグラフを形成し、始点から終点までの経路を計算し、経路内の頂点ごとに、頂点に接続された各辺に沿って、CAD環境における検査オブジェクトモデルと背景モデルジオメトリとの衝突が存在するか否かを検査し、衝突を有する辺をグラフから除去し、経路の辺に衝突が存在しない場合、当該の経路を有効な経路とし、これをユーザに表示する。」と記載されている。

20

【先行技術文献】

30

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特許第5269196号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

一般に、プラントや受変電機器などの設計においては、空間内の配管の通り道である配置経路や据え付け作業および搬入出作業のための作業経路を作成する。配管経路については、例えば、他の機器と干渉しないことや、配管長や曲がり回数を少なくすること等を考慮する必要がある。また、作業経路については、建屋出入口など搬入出の基準位置に近づけることや作業空間を確保すること等を考慮する必要がある。

40

【0005】

特許文献1には、配管の始点と終点との間に複数の標本点を配置し、標本点を繋ぐ経路をグラフ探索することで干渉のない配管の配置を自動作成する方法が記載されている。しかしながら、同文献の方法では、作業経路を考慮していないため、据え付けや搬入出を行い難い配管の配置となってしまう場合がある。

【0006】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、配管の配置位置および作業性の両方を考慮した、より適切な配管経路および作業経路を作成できる配管作業経路作成装置の提供を目的とする。

50

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するため、本発明に係る配管作業経路作成装置は、配管経路および作業経路の作成対象となる三次元空間をボクセル要素単位に分割し、所定の領域ごとに重み付けがされたボクセルを用いて、配管の始点から終点までの配管経路を探索する配管経路作成部と、前記配管経路上の前記ボクセルから作業基準位置までの作業経路を探索する作業経路作成部と、を備え、前記作業経路作成部は、前記作業経路上の前記ボクセルの重みに基づき当該作業経路のコストを算出し、前記配管経路作成部は、前記作業経路のコストを前記配管経路上の前記ボクセルのコストに加算して、当該配管経路のコストを算出する。

【発明の効果】

【0008】

本発明に係る配管作業経路作成装置によれば、配管の設置位置および作業性の両方を考慮した、より適切な配管経路および作業経路を作成することができる。

【0009】

なお、上記した以外の課題、構成および効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】三次元空間内の点Aと点Bとを繋ぐ配管経路の一例を示した図である。

【図2】配管Cを作業基準位置Pから搬入する作業経路の一例を示した図である。

【図3】三次元空間をボクセル要素単位（ボクセル）の集合空間に分割したボクセル空間の一例を示した図である。

【図4】配管作業経路作成装置の機能構成の一例を示した機能ブロック図である。

【図5】標準配管情報の一例を示した図である。

【図6】制約情報の一例を示した図である。

【図7】配管作業経路作成装置のハードウェア構成の一例を示した図である。

【図8】配管作業経路作成装置で実行される配管作業経路作成処理の一例を示したフロー図である。

【図9】配管経路および作業経路の作成対象である三次元空間と、制約情報の組1に対応付けられている禁止領域の一例を示した図である。

【図10】禁止領域を含む三次元空間をボクセル分割したボクセル空間の一例を示した図である。

【図11】制約情報の重みを付与した重み付きのボクセル空間の一例を示した図である。

【図12】配管経路探索処理の一例を示したフロー図である。

【図13】ボクセル空間に関するグラフ表現の一例を示す図である。

【図14】始点A1に隣接するボクセルQ1が選択され、ボクセルQ1に標準配管のエルボが設置されたボクセル空間の一例を示す図である。

【図15】ボクセル空間に関するグラフ表現の一例を示す図である。

【図16】ボクセルQ1から作業基準位置P1までの作業経路R1を含むボクセル空間の一例を示した図である。

【図17】グラフ表現上で作業経路に相当するパスの一例を点線で示した図である。

【図18】配管を設置したボクセルに相当するノードに作業経路コストを加算したグラフ表現の一例を示す図である。

【図19】作業制約入力画面の一例を示した図である。

【図20】経路セット情報の一例を示した図である。

【図21】経路セット情報を三次元的に描画した画像情報の一例を示した図である。

【図22】配管経路リスト情報の一例を示した図である。

【図23】作業経路リスト情報の一例を示した図である。

【図24】作業経路リスト情報を三次元的に描画した画像情報の一例を示す情報である。

【図25】配管作業経路作成結果表示画面の一例を示した図である。

10

20

30

40

50

【図 2 6】全ての選択順序について配管経路および作業経路を探索した場合の経路セット情報の一例を示した図である。

【図 2 7】図 2 6 に示す経路セット情報の経路セット S 2 を三次元的に描画した画像情報の一例を示す情報である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の一実施形態について図面を用いて説明する。

【0012】

図 1 は、三次元空間内の点 A と点 B とを繋ぐ配管経路の一例を示した図である。図 2 は、配管 C を作業基準位置 P から搬入する作業経路の一例を示した図である。配管の設計に際しては、作業経路を考慮して配管経路を作成することが求められる。

10

【0013】

そこで、本実施形態に係る配管作業経路作成装置 1 は、三次元空間を要素単位（ボクセル）に分割した上で、各ボクセルに作業性の重み付けを行い、現場施工単位ごとに作業経路を繰り返し求めながら配管経路探索を行うことで、作業経路コストの小さい配管経路を作成する。

【0014】

図 3 は、三次元空間をボクセル要素単位（ボクセル）の集合空間に分割したボクセル空間の一例を示した図である。

【0015】

図 4 は、本実施形態に係る配管作業経路作成装置 1 の機能構成の一例を示した機能ブロック図である。配管作業経路作成装置 1 は、入出力インターフェース制御部 10 と、制御部 20 と、記憶部 30 と、通信部 40 と、これらを互いに接続するバス 50 とを有している。なお、ユーザ（例えば、設計担当者など）は、入出力インターフェース制御部 10 に接続される入力装置 201 や出力装置 202 を介して配管作業経路作成装置 1 の機能を利用する。

20

【0016】

入出力インターフェース制御部 10 は、配管作業経路作成装置 1 に接続されている入力装置 201 および出力装置 202 との間の通信を制御する機能部である。

【0017】

制御部 20 は、配管作業経路作成装置 1 の処理全般を制御する機能部である。制御部 20 は、入力受付部 21 と、ボクセル空間作成部 22 と、配管経路作成部 23 と、作業経路作成部 24 と、出力処理部 25 とを有している。

30

【0018】

入力受付部 21 は、配管作業経路作成装置 1 が有する入力装置 201 や通信部 40 を介して接続される外部装置から様々な情報の入力を受け付ける機能部である。例えば、入力受付部 21 は、キーボードやマウス、タッチパネルといった入力装置 201 あるいはインターネットなど所定の通信ネットワーク N を介して接続される外部装置から、制約条件に関する情報や配管作業経路作成処理の実行指示といった情報の入力を受け付ける。また、入力受付部 21 は、受け付けた情報を対応する所定の機能部に受け渡す。

40

【0019】

ボクセル空間作成部 22 は、配管経路および作業経路の作成対象となる三次元空間をボクセル要素単位に分割したボクセル空間を作成する機能部である。また、ボクセル空間作成部 22 は、後述の制約情報を用いて、各ボクセルに重み付けを行う。

【0020】

配管経路作成部 23 は、配管経路を作成する機能部である。具体的には、配管経路作成部 23 は、ボクセル空間を表した配管経路に関するグラフ表現を用いて、作業経路を考慮した配管経路を作成する。

【0021】

作業経路作成部 24 は、作業経路を作成する機能部である。具体的には、作業経路作成

50

部 2 4 は、ボクセル空間を表した作業経路に関するグラフ表現を用いて作業経路を作成する。

【 0 0 2 2 】

出力処理部 2 5 は、配管作業経路作成装置 1 あるいは外部装置が有する出力装置 2 0 2 に表示させる画面情報を生成する。例えば、出力処理部 2 5 は、ユーザから制約条件の入力を受け付ける入力画面情報や配管経路および作業経路の作成結果などを示す画面情報を作成し出力装置 2 0 2 に表示する。

【 0 0 2 3 】

記憶部 3 0 は、所定情報を記憶する機能部である。具体的には、記憶部 3 0 は、標準配管情報 1 0 0 と、制約情報 1 5 0 と、経路作成結果情報 1 7 0 とを有している。

10

【 0 0 2 4 】

図 5 は、標準配管情報 1 0 0 の一例を示した図である。標準配管情報 1 0 0 は、標準的に使用する配管に関する情報である。具体的には、標準配管情報 1 0 0 は、No 1 0 1 と、材質 1 0 2 と、呼び径 (A) 1 0 3 と、呼び径 (B) 1 0 4 と、外径 1 0 5 と、呼び厚さ 1 0 6 と、形状種類 1 0 7 と、単位長さ 1 0 8 と、CADモデルファイル 1 0 9 とが対応付けられたレコードを有している。

【 0 0 2 5 】

No 1 0 1 は、各配管を識別する識別情報である。材質 1 0 2 は、配管の材質を示す情報である。呼び径 (A) 1 0 3 および呼び径 (B) 1 0 4 は、配管の外径サイズを各々、ミリメートル系およびインチ系の寸法体系で表した呼称 (通称) を示す情報である。外径 1 0 5 は、配管の外径サイズを示す情報である。呼び厚さ 1 0 6 は、配管の厚さを表した呼称 (通称) を示す情報である。形状種類 1 0 7 は、配管形状の種類を示す情報であって、例えば、直管やエルボなどがある。単位長さ 1 0 8 は、配管 1 本当たりの長さを示す情報である。CADモデルファイル 1 0 9 は、CAD (c o m p u t e r - a i d e d d e s i g n) によって描かれた配管の三次元形状モデル等を示す情報である。このような標準配管情報 1 0 0 は、予め記憶部 3 0 に格納され、配管作業経路作成処理に用いられる。配管作業経路作成処理の詳細は後述する。

20

【 0 0 2 6 】

図 6 は、制約情報 1 5 0 の一例を示した図である。制約情報 1 5 0 は、配管経路の制約条件 (例えば、空間のどこに配管経路を作成するか、および、空間のどこを通過して作業するか、という空間上での制約条件) を含む始点終点リストを示す情報である。具体的には、制約情報 1 5 0 は、配管の始点終点リスト 1 5 1 として、No 1 5 2 と、始点 1 5 3 と、終点 1 5 4 と、必須領域 1 5 5 と、(必須領域の) 重み係数 1 5 6 と、優先領域 1 5 7 と、(優先領域の) 重み係数 1 5 8 と、禁止領域 1 5 9 と、(禁止領域の) 重み係数 1 6 0 と、危険領域 1 6 1 と、(危険領域の) 重み係数 1 6 2 と、作業容易領域 1 6 3 と、(作業容易領域の) 重み係数 1 6 4 と、作業基準位置 1 6 5 と、評価指標 1 6 6 と、評価基準 1 6 7 と、配管材質 1 6 8 と、呼び径 (A) 1 6 9 とが対応付けられたレコードを有している。

30

【 0 0 2 7 】

No 1 5 2 は、所定の始点および終点を結ぶ配管の各組を識別する情報である。始点 1 5 3 は、配管の始点を示す情報である。終点 1 5 4 は、配管の終点を示す情報である。なお、始点 1 5 3 および終点 1 5 4 は、三次元空間の座標値で示されても良く、例えば、CAD上のオブジェクトデータや特徴点で示されても良い。

40

【 0 0 2 8 】

必須領域 1 5 5 は、顧客などの指定する配管把持領域を示す情報である。優先領域 1 5 7 は、流用可能な既設物や配管の支持金具を置き易い領域 (場所) を示す情報である。禁止領域 1 5 9 は、配管の設置に際して障害物などがある領域を示す情報である。危険領域 1 6 1 は、配管の設置作業に際して近くに危険物がある領域 (例えば、ドアの可動域、高電圧領域) を示す情報である。

【 0 0 2 9 】

50

また、必須領域 155、優先領域 157、禁止領域 159 および危険領域 161 の各々に対応付けられている重み係数 156、158、160、162 および 164 は、各領域における配管経路および作業経路の作成し易さを示す情報である。例えば、必須領域 155 および優先領域 157 に対応付けられている各重み係数 156 および 158 には、配管経路および作業経路を作成し易くするため、比較的小さい値（コスト）が付与されている。一方で、禁止領域 159 および危険領域 161 に対応付けられている各重み係数 160 および 162 には、配管経路および作業経路を作成し難くするために、比較的大きい値（コスト）が付与されている。

【0030】

作業容易領域 163 は、所定の作業者モデル（例えば、作業者モデル A など）が作業し易い領域を示す情報である。また、作業容易領域 163 に対応付けられている重み係数 164 は、作業のし易さの度合いを示す情報である。例えば、作業者モデル A の手の届く領域は、より作業がし易い領域であるため、配管経路および作業経路を作成し易くするために比較的小さい値（コスト）が付与されている。一方で、作業者モデル A が手を伸ばす必要のある領域は、手の届く領域に比べて作業がし難い領域であるため、かかる領域に比べて大きい値（コスト）が付与されている。なお、作業者モデルは、体格や地域性によって作業容易領域が異なると考えられるため、作業容易領域 163 は、作業者を模した作業者モデルを定義し、作業シミュレーションを行うことにより自動的に特定されるようにしても良い。

【0031】

作業基準位置 165 は、作業経路の起点となる位置（例えば、建屋の出入り口や資材置き場など）を示す情報である。評価指標 166 は、配管経路の評価指標を示す情報であって、例えば、配管の曲げ回数や経路長などがある。評価基準 167 は、配管経路の評価基準を示す情報であって、例えば、（曲げ回数を）少なく、あるいは（経路長を）短くなどがある。後述するように、各評価指標 166 に対応する評価基準 167 を満たす配管経路については高い評価となり、かかる基準を満たさない配管経路については低い評価となる。配管材質 168 および呼び径（A）169 は、前述と同様であるため、説明を省略する。

【0032】

なお、各領域や作業基準位置は、三次元空間の座標値や壁面、天井あるいは床面からの距離によって特定されれば良いが、例えば、CAD 上のオブジェクトデータで特定されても良い。

【0033】

また、本実施形態では、各領域および重みを配管経路の作成および作業経路の作成の両方で共通に用いる場合について説明するが、配管経路の作成と作業経路の作成に異なる領域および重みを用いても良い。このようにすることで、例えば、配管経路の作成において既設の配管支持金具を優先領域とし、作業経路の作成においては禁止領域や危険領域にすることが可能となり、より精度の高い作業経路を作成することができる。

【0034】

なお、制約情報 150 に複数の組（例えば、組 1 および組 2）が登録されている場合、配管作業経路作成装置 1 は、組 1（例えば、機器 A 上にある始点 A1 と機器 B 上にある終点 B1 とを結ぶ配管）の配管経路と、組 2（機器 C 上にある始点 C1 と機器 D 上にある終点 D1 とを結ぶ配管）の配管経路を一度の処理で作成する。具体的には、配管作業経路作成装置 1 は、制約情報 150 のより上位に登録されている組 1 の配管経路を作成した後に、続けて組 2 の配管経路を作成する。言い換えれば、組 2 が組 1 よりも上位に登録されている制約情報 150 を用いた場合、配管作業経路作成装置 1 は、組 2 の配管経路を作成した後に組 1 の配管経路を作成する。

【0035】

また、後述するように、配管作業経路作成装置 1 は、組 1 の配管経路を作成した後に組 2 の配管経路を作成する場合、組 2 の配管経路が組 1 の配管経路と重ならないように、組

10

20

30

40

50

1の配管経路に該当するボクセルのコストを高く設定する。すなわち、配管経路を作成する順番に応じて作成される経路が異なる場合が生じ得る。

【0036】

このような制約情報150は、後述する配管作業経路作成処理の実行前に、入力受付部21が入力装置201などを介してユーザから受け付けた入力情報に基づき作成されても良く、あるいは処理の実行中に所定の入力画面を表示してユーザから受け付けるようにしても良い。このような制約情報150は、配管作業経路作成処理に用いられる。

【0037】

経路作成結果情報170は、配管作業経路の作成結果に関する情報である。具体的には、経路作成結果情報170は、配管作業経路作成処理によって作成された配管経路および作業経路に関する所定情報（作成した配管経路の経路No、配管経路のコスト、配管経路の座標、評価指標に対する評価値、作業経路の経路No、作業経路のコスト、作業経路の座標など）を格納する。

10

【0038】

なお、標準配管情報100、制約情報150および経路作成結果情報170は、図示しないLAN(Local Area Network)、WAN(Wide Area Network)、携帯電話網または無線通信網等のネットワークNを介して接続される他の装置に設けられ、制御部20の各機能部は、通信部40を介して各記憶部が格納する情報にアクセスするものであっても良い。

【0039】

図4に戻って説明する。通信部40は、外部装置と情報通信を行う機能部である。具体的には、通信部40は、ネットワークNを介して、制約条件に関する入力情報や配管作業経路作成処理の実行指示などを外部装置から取得する。また、通信部40は、ユーザから制約条件の入力を受け付ける入力画面情報や配管経路および作業経路の作成結果を示す画面情報などを外部装置に送信する。

20

【0040】

以上、配管作業経路作成装置1の機能ブロックについて説明した。

【0041】

図7は、配管作業経路作成装置1のハードウェア構成の一例を示した図である。配管作業経路作成装置1は、例えば、一般的な計算機（例えば、パーソナルコンピュータなど）により構成可能であり、例えば、ソフトウェアプログラム処理により特徴的な処理機能（例えば、配管作業経路作成装置1の制御部20）を実現する。

30

【0042】

図示するように、配管作業経路作成装置1は、入力装置201と、出力装置202と、外部記憶装置203と、演算装置204と、主記憶装置205と、通信装置206と、これらを電氣的に相互接続するバス207とを有している。

【0043】

入力装置201は、キーボードやマウス、タッチパネルなどのポインティングデバイスあるいは音声入力装置であるマイクなどである。

【0044】

出力装置202は、ディスプレイやプリンタあるいは音声出力装置であるスピーカなどである。

40

【0045】

外部記憶装置203は、デジタル情報を記憶可能ないわゆるハードディスク(Hard Disk Drive)やSSD(Solid State Drive)あるいはフラッシュメモリなどの不揮発性記憶装置である。

【0046】

演算装置204は、例えば、CPU(Central Processing Unit)である。主記憶装置205は、RAM(Random Access Memory)やROM(Read Only Memory)などのメモリ装置である。

50

【 0 0 4 7 】

通信装置 2 0 6 は、外部装置との間で情報通信を行うための装置であって、ネットワークケーブルを介して有線通信を行う有線通信装置またはアンテナを介して無線通信を行う無線通信装置である。

【 0 0 4 8 】

なお、制御部 2 0 に含まれる各機能部は、演算装置 2 0 4 に処理を行わせるプログラムによって実現される。このプログラムは、主記憶装置 2 0 5 あるいは外部記憶装置 2 0 3 に記憶され、プログラムの実行にあたって主記憶装置 2 0 5 上にロードされ、演算装置 2 0 4 により実行される。また、記憶部 3 0 は、主記憶装置 2 0 5 または外部記憶装置 2 0 3 あるいはこれらの組合せにより実現される。また、通信部 4 0 は、通信装置 2 0 6 により実現される。

10

【 0 0 4 9 】

また、上記の各構成、機能、処理部および処理手段等は、それらの一部または全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現しても良い。また、上記構成、機能は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現しても良い。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリやハードディスク、SSD等の記憶装置またはICカード、SDカードおよびDVD等の記録媒体に置くことができる。

【 0 0 5 0 】

以上、配管作業経路作成装置 1 のハードウェア構成について説明した。

20

【 0 0 5 1 】

[動作の説明]

図 8 は、配管作業経路作成装置 1 で実行される配管作業経路作成処理の一例を示したフロー図である。かかる処理は、例えば、入力装置 2 0 1 を介して入力受付部 2 1 がユーザから配管作業経路作成処理の実行指示を受け付けると開始される。

【 0 0 5 2 】

処理が開始されると、入力受付部 2 1 は、記憶部 3 0 に格納されている配管経路および作業経路の作成対象となる三次元空間のモデル情報（図示せず）および制約情報 1 5 0 の入力を受け付ける（ステップ S 0 0 1）。なお、三次元空間のモデル情報は、対象となる建屋などの三次元空間を示す CAD のオブジェクトデータなどであるが、三次元計測による点群データやサーフェスデータ群あるいは空間を規定する座標値群であっても良い。

30

【 0 0 5 3 】

次に、ボクセル空間作成部 2 2 は、入力を受け付けたモデル情報を用いて、配管経路および作業経路の作成対象である三次元空間をボクセル分割したボクセル空間を作成する（S 0 0 2）。

【 0 0 5 4 】

次に、ボクセル空間作成部 2 2 は、制約情報（始点終点リスト）から一つの組を選択する（ステップ S 0 0 3）。本例では、ボクセル空間作成部 2 2 は、制約情報の最上位に登録されている組 1 を選択する。

【 0 0 5 5 】

図 9 は、配管経路および作業経路の作成対象である三次元空間 3 0 0 と、制約情報 1 5 0 の組 1 に対応付けられている禁止領域 1 5 9 の一例を示した図である。図中の領域 3 1 0 は、かかる禁止領域を三次元的に表現したものである。

40

【 0 0 5 6 】

図 1 0 は、禁止領域 3 1 0 を含む三次元空間をボクセル分割したボクセル空間 3 2 0 の一例を示した図である。ボクセル空間を構成する各直方体が一つのボクセルにあたる。ボクセル空間作成部 2 2 は、例えば、ボクセルの一辺あたりの長さ標準配管情報 1 0 0 の単位長さの最小値とが一致する大きさとなるように三次元空間を各ボクセルに分割する。

【 0 0 5 7 】

このような大きさのボクセルに分割することにより、ボクセルに標準配管を 1 対 1 で配

50

置して作業経路を求めることができる。

【0058】

次に、ボクセル空間作成部22は、各ボクセルに制約情報150の重みを付与する（ステップS004）。具体的には、ボクセル空間作成部22は、座標値、壁面、天井または床面からの距離に基づき、必須領域155、優先領域157、禁止領域159、危険領域161および作業容易領域163に対応するボクセルを特定する。なお、ボクセル空間作成部22は、例えば、CADのオブジェクトデータで示される各領域の座標値と、各ボクセルの角にあたる点の座標値とを比較することにより、各領域に対応するボクセルを特定しても良い。

【0059】

また、ボクセル空間作成部22は、必須領域155の重み係数156と、優先領域157の重み係数158と、禁止領域159の重み係数160と、危険領域161の重み係数162と、作業容易領域163の重み係数164とを、対応する各領域のボクセルに付与し、各ボクセルのコストとして設定する。

【0060】

図11は、制約情報150の重みを付与した重み付きのボクセル空間330の一例を示した図である。なお、各ボクセル内の数字は、付与された重み（ボクセルのコスト）を示している。

【0061】

次に、配管経路作成部23は、重みが付与されたボクセル空間330で、選択された組の配管経路探索を行う（ステップS005）。なお、配管経路作成部23は、探索により得られた配管経路に対応するボクセルに対して、他の組の配管経路とならないように充分大きな重み（所定値）を付与する。

【0062】

図12は、配管経路探索処理の一例を示したフロー図である。かかるフロー図は、図8のステップS005に示す配管経路探索の処理の詳細を示したものである。

【0063】

配管経路探索処理が開始されると、配管経路作成部23は、ボクセル空間をグラフ表現する（ステップS011）。

【0064】

図13は、ボクセル空間330に関するグラフ表現340の一例を示す図である。グラフ表現とは、各ボクセルをノードとし、ボクセル間の隣接関係をパスとして表現したものである。図示するように、始点A1のボクセルに相当するノードから開始し、終点B1のボクセルに相当するノードに至るパスが、選択した組の配管経路に相当する。

【0065】

また、配管経路作成部23は、各ノードに対して各ボクセルの重みと同じ値を初期コストとして設定する。なお、配管経路作成部23は、重みが充分大きい（例えば、通常取り得る値の数百倍）禁止領域159に含まれるボクセルをグラフ表現に加えないようにしても良い。こうすることで、ノードの数が低減されるため、配管経路の探索において計算時間と記憶領域の効率化を図ることができる。

【0066】

次に、配管経路作成部23は、標準配管を選択する（ステップS012）。具体的には、配管経路作成部23は、標準配管情報100および制約情報150を用いて、選択した組（本例では、組1）の配管材質168および呼び径（A）169に相当する標準配管を特定する。なお、配管材質168および呼び径（A）169に基づき特定される配管が形状種類に応じて複数ある場合、配管経路作成部23は、それら複数の配管を全て特定する。本例では、直管およびエルボの二種類の標準配管が特定されたことを前提として以下の説明を行う。

【0067】

次に、配管経路作成部23は、現場施工単位分のボクセルを選択する（ステップS01

10

20

30

40

50

3)。例えば、現場施工単位が標準配管一本単位であり、ボクセルの一辺の単位長さが選択した標準配管一本分の単位長さと同じ場合、配管経路作成部23は、グラフ表現340を用いて、始点のボクセル(本例では、A1)と隣接関係にあるボクセルに相当するノードを特定する。また、配管経路作成部23は、最短経路探索アルゴリズム(例えば、ダイクストラ法あるいは深さ優先探索など)を用いて、特定したノードの中からコストが最小となる一つのノードを特定する。また、配管経路作成部23は、特定したノードに相当するボクセルを選択する。

【0068】

なお、現場施工単位が標準配管二本単位であり、ボクセルの一辺の長さが選択した標準配管一本分の単位長さと同じ場合、配管経路作成部23は、始点のボクセルに隣接する一つのボクセルと、同一方向に連続している二つ目のボクセルとを選択すれば良い。

10

【0069】

次に、配管経路作成部23は、ステップS013で選択したボクセルにステップS011で選択した標準配管を設置する(ステップS014)。具体的には、配管経路作成部23は、標準配管情報100に登録されているCADモデルファイル109から配管形状を特定し、選択した標準配管をボクセルに設置する。

【0070】

なお、ステップS011で特定した標準配管の形状種類が複数ある場合、配管経路作成部23は、その向きを考慮して全ての標準配管を仮想的に設置する。そして、各々の標準配管について、次に述べるステップS015で作業経路の生成を行い、作業経路コストを算出などする。そして、再びステップS013において現場施工単位分のボクセルを選択する際すなわちグラフ表現340において次のノードを選択する際に、次のノードに対応したボクセルの位置に最も適した形状種類の標準配管を特定し、かかる標準配管を特定する。

20

【0071】

図14は、始点A1に隣接するボクセルQ1が選択され、ボクセルQ1に標準配管のエルボが配置されたボクセル空間350の一例を示す図である。

【0072】

次に、作業経路作成部24は、配管の作業経路を探索する(ステップS015)。具体的には、作業経路作成部24は、標準配管を設置したボクセルQ1から作業基準位置のボクセルP1までの作業経路を探索する。作業経路の探索にあたり、作業経路作成部24は、ボクセル空間をグラフ表現する。

30

【0073】

図15は、ボクセル空間350に関するグラフ表現360の一例を示す図である。グラフ表現360は、前述と同様、各ボクセルをノードとし、ボクセル間の隣接関係をパスとして表現したものである。図示するように、標準配管を設置したボクセルQ1に相当するノードと、作業基準位置のボクセルP1に相当するノードとを結ぶパスがボクセルQ1に設置した標準配管の作業経路に相当する。

【0074】

また、作業経路作成部24は、各ノードに対して各ボクセルの重みと同じ値を初期コストとして設定する。また、作業経路作成部24は、ボクセルQ1に対応するノードを作業始点ノードとし、ボクセルP1に対応するノードを作業終点ノードとする。

40

【0075】

また、作業経路作成部24は、最短経路探索アルゴリズム(例えば、ダイクストラ法あるいは深さ優先探索など)を用いて、作業始点ノードから作業終点ノードまでの作業経路を探索する。

【0076】

次に、作業経路作成部24は、干渉の無い作業経路を得たか否かを判定する(ステップS016)。具体的には、作業経路作成部24は、探索した作業経路の作業始点ノードから作業終点ノードに対応する各ボクセルに標準配管を仮想的に配置し、周囲の機器等との

50

干渉を判定する。そして、干渉の無い作業経路を得ていないと判定した場合（ステップS 0 1 6でNo）、作業経路作成部2 4は、処理をステップS 0 1 5に戻し、次にコストが小さい作業経路を求める。なお、作業経路作成部2 4は、干渉した位置のノードに対して充分大きな重みを付与し、ステップS 0 1 5の処理を行う。一方で、干渉の無い作業経路を得たと判定した場合（ステップS 0 1 6でYes）、配管経路作成部2 3は、処理をステップS 0 1 7に移行する。

【0077】

図16は、ボクセルQ1から作業基準位置P1までの作業経路R1を含むボクセル空間370の一例を示した図である。

【0078】

図17は、グラフ表現360上で作業経路に相当するパスの一例を点線で示した図である。作業経路作成部2 4は、点線で示すパスが作業経路として得られた場合、かかる作業経路上にあるノードのコスト（重み）を全て足し合わせた作業経路コスト（例えば、10.1）を算出する。

【0079】

次に、作業経路作成部2 4は、得られた作業経路コストを配管経路探索に用いたグラフ表現340のノードのコストに加算する（ステップS 0 1 7）。具体的には、算出した作業経路コスト（10.1）を、標準配管を設置したボクセル（Q1）に対応するノードのコスト（0.5）に加算する。

【0080】

図18は、配管を設置したボクセルに相当するノードに作業経路コストを加算したグラフ表現340の一例を示す図である。ボクセルQ1に相当するノードコスト（0.5）に、得られた作業経路コスト（10.1）を加算することで、かかるノードのコストは10.6となっている。

【0081】

なお、配管経路作成部2 3は、配管を設置したボクセルQ1を禁止領域159に追加し、十分に大きな重みを付与する。

【0082】

次に、配管経路作成部2 3は、始点終点を結ぶ配管経路を得たか否かを判定する（ステップS 0 1 8）。そして、始点終点間の配管経路を得ていないと判定した場合（ステップS 0 1 8でNo）、配管経路作成部2 3は、処理をステップS 0 1 3に戻す。その場合、配管経路作成部2 3は、ボクセルQ1と隣接関係にあるボクセルの中から現場施工単位分のボクセルを選択し、前述のステップS 0 1 4～ステップS 0 1 7と同様の処理を行う。

【0083】

なお、ステップS 0 1 3では、作業経路作成部2 4は、ボクセルQ1に相当するノードのコストが更新された新たなグラフ表現を用いて最短経路となる一つのノードを特定し、かかるノードに相当する現場施工単位分のボクセルを選択する。また、配管経路作成部2 3は、このようにして始点終点を結ぶ配管経路を得るまでステップS 0 1 3～S 0 1 8の処理を繰り返し行う。

【0084】

一方で、始点終点間の配管経路を得たと判定した場合（ステップS 0 1 8でYes）、配管経路作成部2 3は、処理をステップS 0 1 9に移行する。

【0085】

次に、配管経路作成部2 3は、配管経路のコストを評価する（ステップS 0 1 9）。具体的には、配管経路作成部2 3は、始点終点を結ぶ配管経路の各ノードに付与されたコストを加算した配管経路コストを算出する。また、配管経路作成部2 3は、制約情報150の評価指標166および評価基準167に基づき、求めた配管経路コストの評価値を算出する。例えば、配管経路作成部2 3は、作成した配管経路に含まれる曲がり回数や経路長ごとに所定の評価係数を加算あるいは乗算して評価値を求める。これにより、評価基準を反映した配管経路の評価値を算出することができる。なお、配管経路の評価方法は、前述

10

20

30

40

50

の方法に限定されるものではない。

【 0 0 8 6 】

配管経路の評価値を算出すると、配管経路作成部 2 3 は、求めた配管経路上の各ボクセルを禁止領域 1 5 9 に追加し、十分に大きな重みを付与して、本フローを終了する。

【 0 0 8 7 】

図 8 に戻って説明する。配管経路探索 (ステップ S 0 0 5) が終了すると、配管経路作成部 2 3 は、制約情報 1 5 0 に含まれる全ての組の配管経路を作成したか否かを判定する (ステップ S 0 0 6)。そして、全ての組の配管経路を作成していないと判定した場合 (ステップ S 0 0 6 で No)、配管経路作成部 2 3 は、処理をステップ S 0 0 3 に戻し、未作成の組の配管経路についてステップ S 0 0 3 ~ ステップ S 0 0 6 の処理を行う。なお、未作成の組 (本例では、組 2) の配管経路を作成する場合、既に得られた他の組 (本例では、組 1) の配管経路は禁止領域 1 5 9 に追加されているため、かかる経路上のボクセルが未作成の組の配管経路として選択されることはない。

10

【 0 0 8 8 】

一方で、全ての組の配管経路を作成したと判定した場合 (ステップ S 0 0 6 で Yes)、配管経路作成部 2 3 は、配管経路および作業経路の作成結果に関する経路作成結果情報を作成し、記憶部 3 0 に出力する。また、配管経路作成部 2 3 は、経路作成結果情報を記憶部 3 0 に出力すると、本フローの処理を終了する。

【 0 0 8 9 】

以上、配管作業経路作成処理について説明した。

20

【 0 0 9 0 】

このような配管作業経路作成装置 1 によれば、配管の配置位置および作業性の両方を考慮した、より適切な配管経路および作業経路を作成することができる。

【 0 0 9 1 】

図 1 9 は、作業制約入力画面 4 0 0 の一例を示した図である。かかる入力画面 4 0 0 は、制約情報 1 5 0 の入力を受け付ける際や、配管作業経路の作成指示を受け付ける際に出力される画面である。例えば、入力受付部 2 1 を介してユーザから作業制約入力画面 4 0 0 の表示指示を受け付けると、出力処理部 2 5 は、かかる画面情報を生成し、出力装置 2 0 2 に表示する。図示するように、作業制約入力画面 4 0 0 は、始点終点リスト編集領域 4 0 1 と、制約情報規定領域 4 0 2 と、画面表示フィルタ 4 0 3 と、リスト行追加ボタン 4 0 4 と、経路作成実行ボタン 4 0 5 と、保存ボタン 4 0 6 とを有している。

30

【 0 0 9 2 】

始点終点リスト編集領域 4 0 1 には、制約情報 1 5 0 に含まれる始点終点リストが表示される。ユーザは、入力装置 2 0 1 を介して始点終点リストの各項目を直接編集することができる。

【 0 0 9 3 】

制約情報規定領域 4 0 2 には、配管経路および作業経路の作成対象となる三次元空間と、始点終点リストを三次元的に表示した画像が表示される。ユーザは、入力装置 2 0 1 を介して三次元空間上の CAD オブジェクトや座標を指定することで、画像を用いて始点終点リストを編集することができる。

40

【 0 0 9 4 】

画面表示フィルタ 4 0 3 には、制約情報規定領域 4 0 2 に含まれる三次元空間上の CAD オブジェクトや座標が列挙表示される、ユーザは、それらを制約情報規定領域 4 0 2 上に表示するか否かを指定することができる。

【 0 0 9 5 】

リスト行追加ボタン 4 0 4 は、始点終点リストの行を追加する指示をユーザから受け付けるボタンである。経路作成実行ボタン 4 0 5 は、配管作業経路作成処理の実行指示をユーザから受け付けるボタンである。保存ボタン 4 0 6 は、編集した始点終点リストを含む制約情報 1 5 0 の保存指示をユーザから受け付けるボタンである。

【 0 0 9 6 】

50

入力受付部 2 1 は、入力装置 2 0 1 を介して、各領域および各ボタンに対する入力情報を受け付ける。また、出力処理部 2 5 は、入力情報に基づき、制約情報 1 5 0 を編集し、編集後の制約情報 1 5 0 を記憶部 3 0 に格納したり、入力情報に応じた画像を生成して制約情報規定領域 4 0 2 に表示する。

【 0 0 9 7 】

図 2 0 は、経路セット情報 4 1 0 の一例を示した図である。経路セット情報 4 1 0 は、制約情報 1 5 0 に登録された複数の組に対応する配管経路をまとめて一つのセットとした経路セットに関する情報である。経路セット情報 4 1 0 は、経路セット No 4 1 1 と、組 No 4 1 2 と、配管経路 No 4 1 3 と、配管経路総コスト 4 1 4 とが対応付けられたレコードを有している。なお、経路セット情報 4 1 0 は、ユーザからの指示に応じて、出力処理部 2 5 が経路作成結果情報 1 7 0 を用いて生成し、出力装置 2 0 2 に表示する。

10

【 0 0 9 8 】

経路セット No 4 1 1 は、経路セットを識別する情報である。組 No 4 1 2 は、経路セットに含まれる組を配管作業経路作成処理の実行順に並べた情報である。配管経路 No 4 1 3 は、作成された配管経路を識別する情報である。例えば、配管経路 No 4 1 3 の R 1、R 2 および R 3 は各々、組 No 4 1 2 の組 1、組 2 および組 3 に対応する配管経路を示している。配管経路総コスト 4 1 4 は、各配管経路コストの総和を示す情報である。本例では、R 1、R 2 および R 3 の各々の配管経路コストの総和である。

【 0 0 9 9 】

このような経路セット情報 4 1 0 により、ユーザは、組に対する配管経路およびそれらの総コストを確認することができる。

20

【 0 1 0 0 】

図 2 1 は、経路セット情報 4 1 0 を三次元的に描画した画像情報 4 2 0 の一例を示した図である。かかる画像情報 4 2 0 には、図 2 0 の経路セット S 1 に含まれる配管経路 R 1 ~ R 3 と、かかる配管経路に設置された標準配管とが描画されている。

【 0 1 0 1 】

このような画像情報 4 2 0 を表示することで、ユーザは、三次元空間内のどの位置にどのような形状の標準配管を設置するのかを視覚的に把握することができる。

【 0 1 0 2 】

図 2 2 は、配管経路リスト情報 4 3 0 の一例を示した図である。配管経路リスト情報 4 3 0 は、個々の配管経路に関する詳細な情報である。具体的には、配管経路リスト情報 4 3 0 は、配管経路 No 4 3 1 と、配管経路座標 4 3 2 と、評価指標 4 3 3 と、評価値 4 3 4 と、経路コスト 4 3 5 とを対応付けたレコードを有している。なお、配管経路リスト情報 4 3 0 は、ユーザからの指示に応じて、出力処理部 2 5 が経路作成結果情報 1 7 0 を用いて生成し、出力装置 2 0 2 に表示する。

30

【 0 1 0 3 】

配管経路 No 4 3 1 は、配管経路を識別する情報である。配管経路座標 4 3 2 は、配管経路となる三次元空間上の所定位置（例えば、始点、曲がり点、終点など）の座標を示す情報である。評価指標 4 3 3 は、配管の曲げ回数や経路長などの評価指標を示す情報であって、制約情報 1 5 0 の評価指標 1 6 6 と共通の情報である。評価値 4 3 4 は、評価指標 4 3 3 に基づく配管経路の評価値を示す情報である。本例では、配管経路 R 1 の曲げ回数および経路長の各々の評価値が 2 および 7 0 0 であることを示している。経路コスト 4 3 5 は、作成した個々の配管経路コストを示した情報である。

40

【 0 1 0 4 】

このような配管経路リスト情報 4 3 0 により、ユーザは、各配管経路のコストや評価値を確認することができる。

【 0 1 0 5 】

図 2 3 は、作業経路リスト情報 4 4 0 の一例を示した図である。作業経路リスト情報 4 4 0 は、各作業経路に関する詳細な情報である。具体的には、作業経路リスト情報 4 4 0 は、配管部品 No 4 4 1 と、作業経路 No 4 4 2 と、実行順序 4 4 3 と、作業経路座標 4

50

4 4 とが対応付けられたれコードを有している。なお、作業経路リスト情報 4 4 0 は、ユーザからの指示に応じて、出力処理部 2 5 が経路作成結果情報 1 7 0 を用いて生成し、出力装置 2 0 2 に表示する。

【 0 1 0 6 】

配管部品 No 4 4 1 は、配管経路 No 4 4 2 に登録されている配管経路を構成する配管部品の識別情報である。配管経路 No 4 4 2 は、作成された配管経路を識別する情報である。実行順序 4 4 3 は、対応付けられた配管部品 4 4 1 を配管経路に設置する順序を特定する情報である。作業経路座標 4 4 4 は、作業経路となる三次元空間上の所定位置（例えば、作業始点、曲がり点、作業終点など）の座標を示す情報である。

【 0 1 0 7 】

なお、作業経路リスト情報 4 4 1 には、上記の他に、各作業経路の予想移動時間を対応付けても良い。この場合、予め単位当たりの作業経路長に対応する基準作業時間を記憶部 3 0 に格納し、各作業経路の経路長に基準作業時間を乗算して予想移動時間を算出すれば良い。また、直線移動作業、曲がり点の移動作業、設置作業などの要素作業ごとの基準作業時間を記憶部 3 0 に格納し、作業経路の予想移動時間や予想作業時間を要素作業ごとに算出するようにしても良い。

【 0 1 0 8 】

このような作業経路リスト情報 4 4 0 により、ユーザは、作業経路や配管部品の設置順序を確認することができる。

【 0 1 0 9 】

図 2 4 は、作業経路リスト情報 4 4 0 を三次元的に描画した画像情報 4 5 0 の一例を示す情報である。かかる画像情報 4 5 0 には、図 2 3 の作業経路リスト情報 4 4 0 に含まれる配管経路 R 1 と、かかる配管経路に設置される配管部品 Q 6 および Q 7 と、作業経路とが描画されている。

【 0 1 1 0 】

このような画像情報 4 5 0 を表示することで、ユーザは、三次元空間内で配管部品の位置および作業経路を視覚的に把握することができる。

【 0 1 1 1 】

図 2 5 は、配管作業経路作成結果表示画面 4 6 0 の一例を示した図である。かかる画面 4 6 0 は、配管作業経路作成処理のステップ S 0 0 6 で全ての配管経路を作成したと判定した場合（すなわち、ステップ S 0 0 6 で Y e s の場合）あるいはユーザからの表示指示を受け付けた場合に表示される。例えば、配管経路作成部 2 3 が全ての配管経路を作成したと判定した場合あるいは入力受付部 2 1 を介してユーザから配管作業経路作成結果表示画面 4 6 0 の表示指示を受け付けると、出力処理部 2 5 は、かかる画面情報を生成し、出力装置 2 0 2 に表示する。

【 0 1 1 2 】

図示するように、配管作業経路作成結果表示画面 4 6 0 は、経路セット選択領域 4 6 1 と、始点終点リスト指定領域 4 6 2 と、結果表示領域 4 6 3 と、作業経路アニメーション確認ボタン 4 6 4 と、配管経路および作業経路情報出力ボタン 4 6 5 と、保存ボタン 4 6 6 とを有している。

【 0 1 1 3 】

経路セット選択領域 4 6 1 には、経路セットが表示される。また、経路セットが複数ある場合、かかる領域には複数の経路セットがリスト表示される。ユーザは、入力装置 2 0 1 を介してどの経路セットを表示するかを選択することができる。出力処理部 2 5 は、選択された経路セットをハイライトするなど強調表示する。

【 0 1 1 4 】

始点終点リスト指定領域 4 6 2 には、選択した経路セットに含まれる始点終点リストの組が表示される。ユーザは、結果表示領域 4 6 3 に表示させたい始点終点リストの組を選択することができる。出力処理部 2 5 は、選択された経路セットをハイライトするなど強調表示する。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 5 】

結果表示領域 4 6 3 には、選択された経路セットおよび始点終点リストの組に対応する配管経路および作業経路、配管経路の始点終点および重み付けがされたボクセル空間が三次元画像として表示される。なお、出力処理部 2 5 は、結果表示領域 4 6 3 に表示する配管経路に対応付けて、配管経路リストに含まれる所定情報（例えば、評価値や経路コスト）を表示しても良い。

【 0 1 1 6 】

作業経路アニメーション確認ボタン 4 6 4 は、作業経路のアニメーションで表示する指示をユーザから受け付けるボタンである。配管経路および作業経路情報出力ボタン 4 6 5 は、経路セット情報 4 1 0、配管経路リスト情報 4 3 0、作業経路リスト情報 4 4 0 および始点終点リストを含む制約情報 1 5 0 をテキストファイルや C A D ファイルなどの形式で出力する指示をユーザから受け付けるボタンである。保存ボタン 4 6 6 は、結果表示領域 4 6 3 に表示した画像情報の保存指示をユーザから受け付けるボタンである。

10

【 0 1 1 7 】

以上、本実施形態に係る配管作業経路作成装置 1 について説明した。

【 0 1 1 8 】

このような配管作業経路作成装置 1 によれば、配管の設置位置および作業性の両方を考慮した、より適切な配管経路および作業経路を作成することができる。

【 0 1 1 9 】

なお、本発明は前述の実施形態に限られるものではない。前述の実施形態は、本発明の技術的思想の範囲内で様々な変形が可能である。

20

【 0 1 2 0 】

例えば、前述の実施形態では、制約情報 1 5 0 のより上位に登録されている組から順に配管経路および作業経路を探索したが、本発明はこれに限定されるものではなく、始点終点間の距離が短い組から順に配管経路および作業経路を探索するようにしても良い。具体的には、配管経路作成部 2 3 は、三次元空間のモデル情報および制約情報 1 5 0 を用いて、各組の始点 1 5 3 および終点 1 5 4 間の距離を算出する。そして、配管経路作成部 2 3 は、算出した始点終点間の距離が最も短い組から順に配管経路および作業経路を作成する。

【 0 1 2 1 】

このようにすることで、配管作業経路作成装置 1 は、始点終点間が短いにも関わらず、他の組の配管経路を回避するために冗長な回避経路を作成してしまうことを防止できる。

30

【 0 1 2 2 】

また、配管経路作成部 2 3 は、三次元空間の重心に近い組から配管経路および作業経路を探索するようにしても良い。具体的には、配管経路作成部 2 3 は、三次元空間のモデル情報および制約情報 1 5 0 を用いて、各組の始点 1 5 3 および終点 1 5 4 を結んだ直線が、三次元空間の重心に最も近い組を特定し、重心に近い組から順に配管経路および作業経路を作成する。

【 0 1 2 3 】

このようにすることで、配管作業経路作成装置 1 は、他の組の配管経路を回避するために、三次元空間の重心から外周を経由して重心に戻るような冗長な回避経路を作成してしまうことを防止できる。

40

【 0 1 2 4 】

また、配管経路作成部 2 3 は、配管経路を作成する組の選択順序についても探索対象としても良い。このようにすることで、配管作業経路作成装置 1 は、配管経路の総コストが最小となる配管経路を得ることができる。

【 0 1 2 5 】

また、配管経路作成部 2 3 は、制約情報 1 5 0 に含まれる組について、選択順序の全ての組み合わせについて配管経路および作業経路の探索を実行しても良い。例えば、制約情報 1 5 0 に組 1、組 2 および組 3 が登録されている場合、組 1、組 2 および組 3 の順に選

50

択する選択順序と、組 1、組 3 および組 2 の順に選択する選択順序と、組 2、組 1 および組 3 の順に選択する選択順序と、組 2、組 3 および組 1 の順に選択する選択順序と、組 3、組 1 および組 2 の順に選択する選択順序と、組 3、組 2 および組 1 の順に選択する選択順序の全てについて配管経路および作業経路を探索するようにしても良い。

【 0 1 2 6 】

図 2 6 は、全ての選択順序について配管経路および作業経路を探索した場合の経路セット情報 4 7 0 の一例を示した図である。図示するように、S 1 は、組 1、組 2 および組 3 の順に配管経路を探索した場合を示し、かかる場合の各組の配管経路が各々、R 1、R 2 および R 3 であることを示している。また、S 2 は、組 2、組 1 および組 3 の順に配管経路を探索した場合を示し、かかる場合の各組の配管経路が各々、R 1、R 2 および R 4 であることを示している。また、S 1 および S 2 に対応付けられた各々の配管経路総コストが示すように、組の選択順序を異なる場合、各組の配管経路が異なる場合が生じ得るため、組の選択順序を変更した場合、経路セットごとに配管経路の総コストも異なる場合が生じ得る。

10

【 0 1 2 7 】

図 2 7 は、図 2 6 に示す経路セット情報 4 7 0 の経路セット S 2 を三次元的に描画した画像情報 4 8 0 の一例を示す情報である。かかる画像情報 4 8 0 には、経路セット S 2 に含まれる配管経路 R 1、R 2 および R 4 と、かかる配管経路に設置された標準配管とが描画されている。例えば、経路セット S 1 を三次元的に描画した画像情報 4 2 0 (図 2 1) と比較すると明らかのように、組の選択順序が異なる場合、すなわち配管経路の作成順序が異なる場合、三次元空間上に作成される配管経路も相互に異なることが分かる。

20

【 0 1 2 8 】

このように、配管作業経路作成装置 1 は、組の選択順序について、全ての組み合わせの配管経路および作業経路の探索することにより、各組み合わせの経路セットごとに配管経路の総コストをユーザに提供することができる。これにより、ユーザは、配管経路の総コストがより小さい組の組合せを選択することができる。

【 0 1 2 9 】

なお、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加、削除、置換をすることが可能である。

30

【 0 1 3 0 】

また、上記説明では、制御線や情報線は、説明上必要と考えられるものを示しており、製品上必ずしも全ての制御線や情報線を示しているとは限らない。実際には殆ど全ての構成が相互に接続されていると考えて良い。

【 符号の説明 】

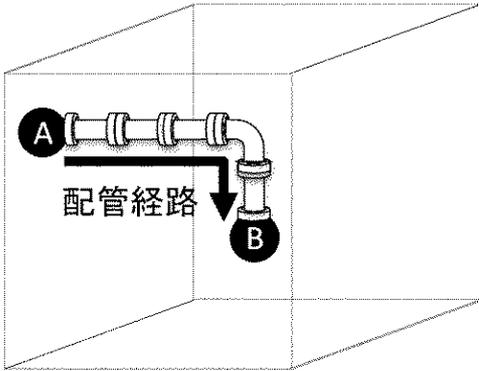
【 0 1 3 1 】

1・・・配管作業経路作成装置、10・・・入出力インターフェース制御部、
20・・・制御部、21・・・入力受付部、22・・・ボクセル空間作成部、
23・・・配管経路作成部、24・・・作業経路作成部、25・・・出力処理部、
30・・・記憶部、40・・・通信部、50・・・バス、100・・・標準配管情報、1
50・・・制約情報、170・・・経路作成結果情報、201・・・入力装置、
202・・・出力装置、203・・・外部記憶装置、204・・・演算装置、
205・・・主記憶装置、206・・・通信装置、N・・・ネットワーク

40

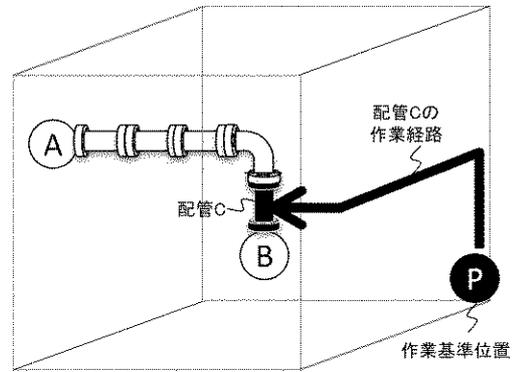
【図1】

図1



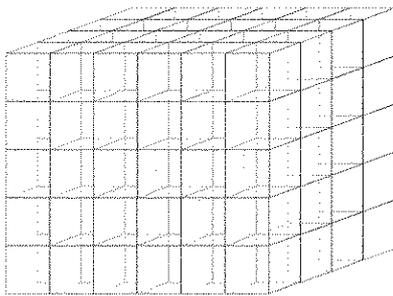
【図2】

図2



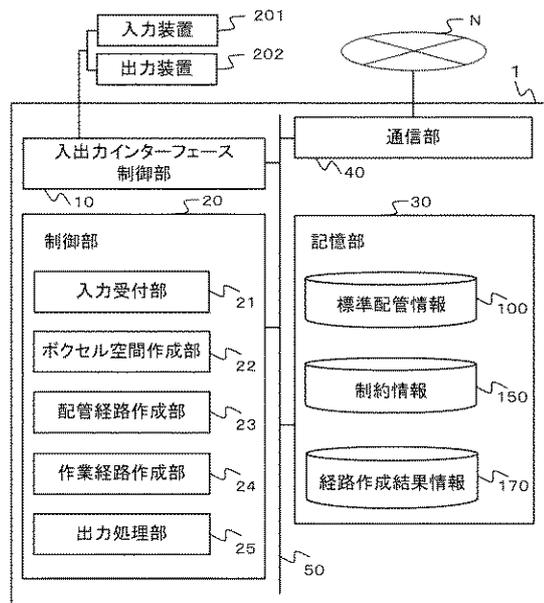
【図3】

図3



【図4】

図4



【図5】

図5

標準配管情報 100

| No | 材質 | 呼び径 (A) | 呼び径 (B) | 外径 | 呼び厚さ | 形状種類 | 単位長さ | CADモデルファイル |
|-----|---------|---------|---------|------|------|------|------|------------------|
| 1 | STPG370 | 6 | 1/8 | 10.5 | 1.7 | 直管 | 1m | ¥¥C:¥model 1.stp |
| 2 | STPG370 | 8 | 1/4 | 13.8 | 2.2 | エルボ | 1m | ¥¥C:¥model 2.stp |
| ... | | | | | | | | |

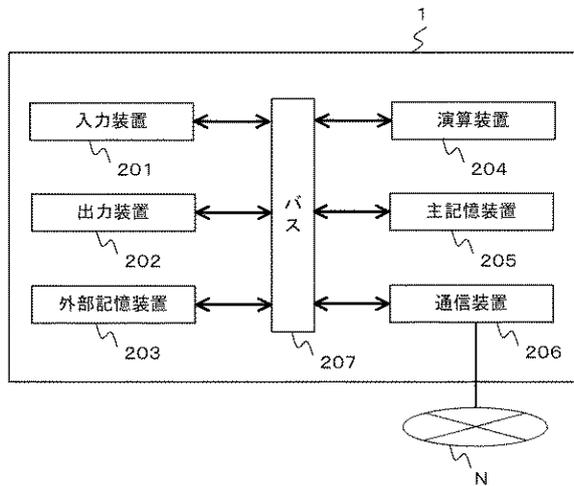
【図6】

図6

| No | 始点 | 終点 | 必須領域 | 重み係数 | 優先度 | 禁止領域 | 重み係数 | 危険領域 | 重み係数 | 作業領域 | 作業者モデル/A | 作業者モデル/B | 重み係数 | 作業位置 | 許容誤差 | 許容長さ | 許容材料 | 呼び径(A) | |
|-----|----|----|------|------|-----|------|------|------|------|------|----------|----------|------|------|------|------|---------|--------|--|
| 1 | A1 | B1 | なし | 1 | 0 | なし | 0.5 | なし | ∞ | なし | 作業者モデル/A | 作業者モデル/B | 0.5 | P1 | 0.5 | 短く | STPG370 | 6 | |
| 2 | C1 | D1 | Z=10 | 0.01 | 0.8 | なし | 0.8 | A=2 | ∞ | なし | 作業者モデル/A | 作業者モデル/B | 0.5 | P2 | 0.5 | 短く | STPG370 | 8 | |
| ... | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

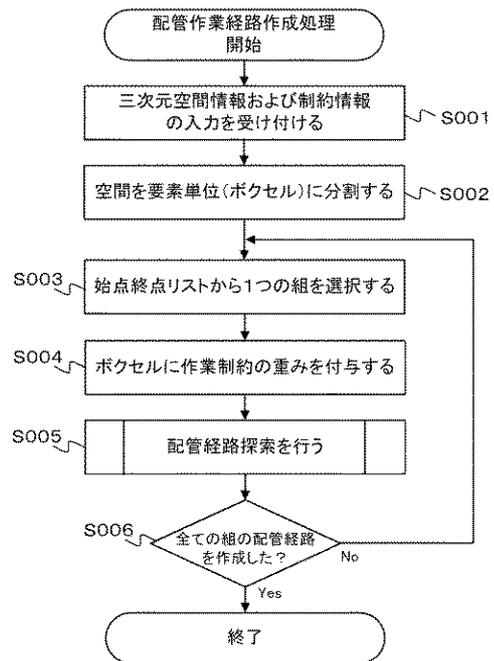
【図7】

図7



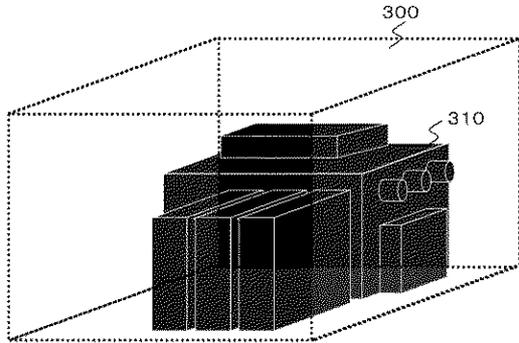
【図8】

図8



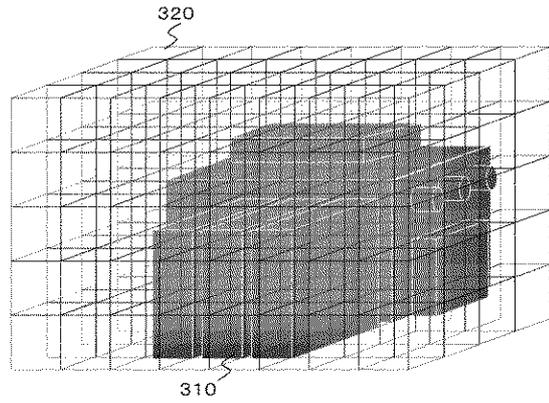
【図9】

図9



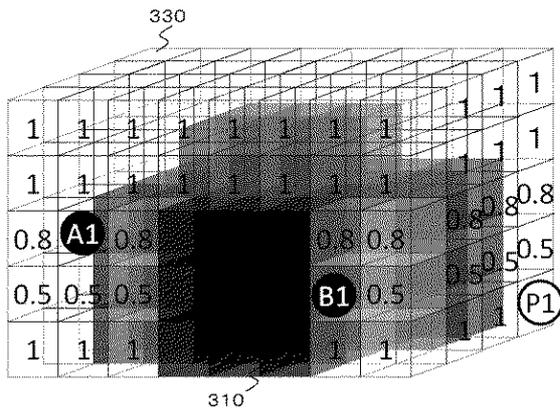
【図10】

図10



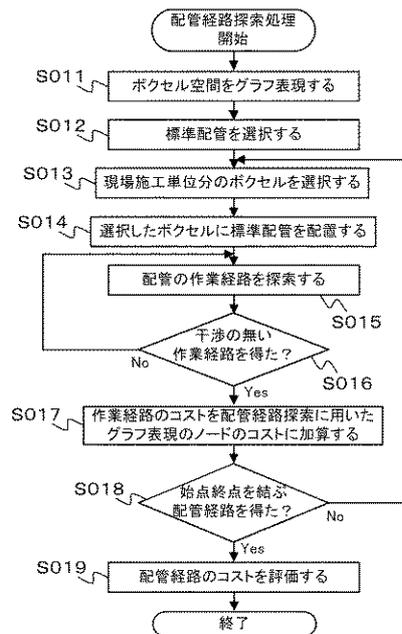
【図11】

図11



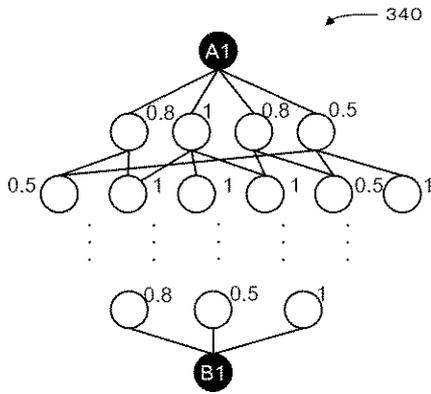
【図12】

図12



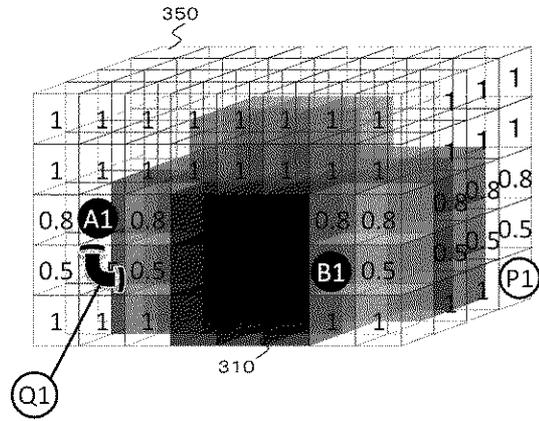
【 図 1 3 】

図 13



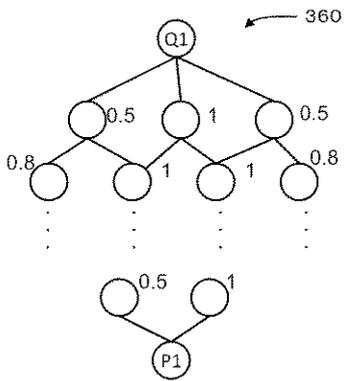
【 図 1 4 】

図 14



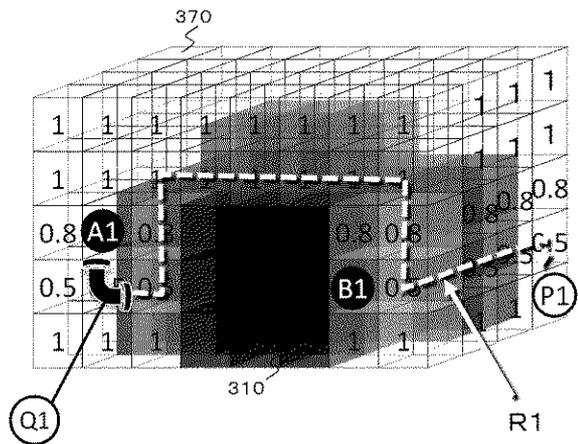
【 図 1 5 】

図 15

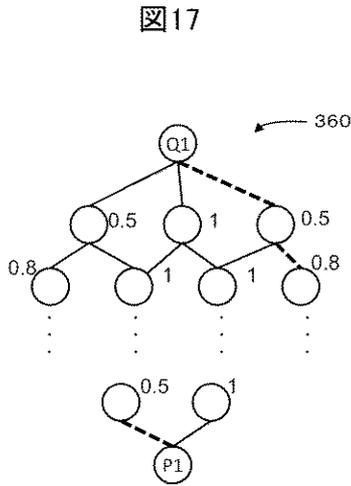


【 図 1 6 】

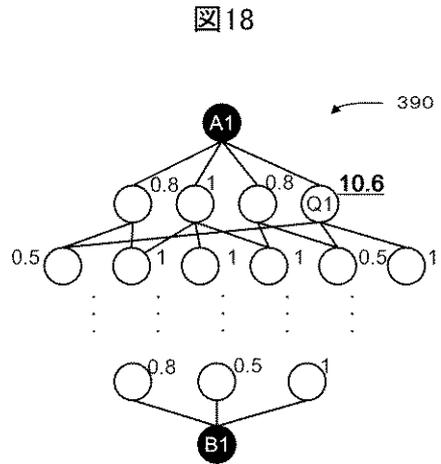
図 16



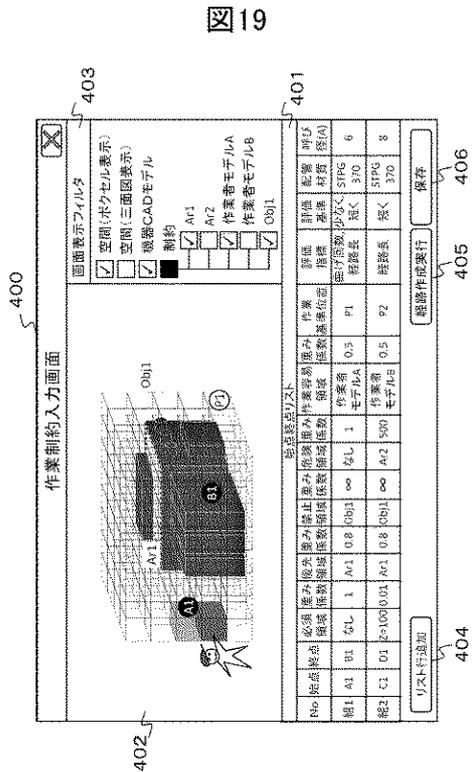
【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



【 図 2 0 】

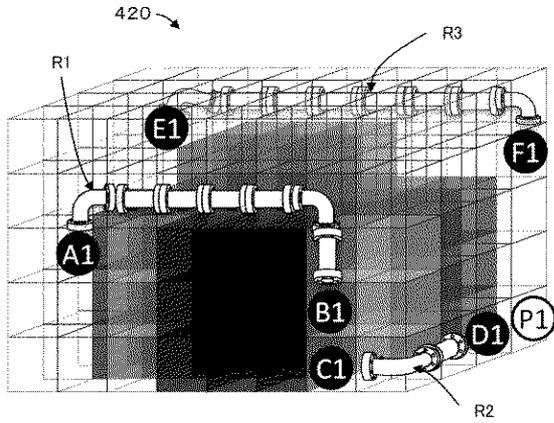
図20

経路セット情報 410

| 経路セットNo | 組No | 配管経路No | 配管経路総コスト |
|---------|------------|------------|----------|
| S1 | 組1, 組2, 組3 | R1, R2, R3 | 119.8 |

【図 2 1】

図21



【図 2 2】

図22

配管経路リスト情報 430

| 431 | 432 | 433 | 434 | 435 |
|--------|---|--------------|-----------|-------|
| 配管経路No | 配管経路座標 | 評価指標 | 評価値 | 経路コスト |
| R1 | P11(150,50,250), P12(150,50,350), P13(650,50,350), P14(650,50,150) | 曲げ回数, 経路長 | 2, 700 | 47.4 |
| R2 | P21(750,50,50), P22(850,50,50), P23(850,150,50) | 経路長 | 200 | 6 |
| ⋮ | | | | |

【図 2 3】

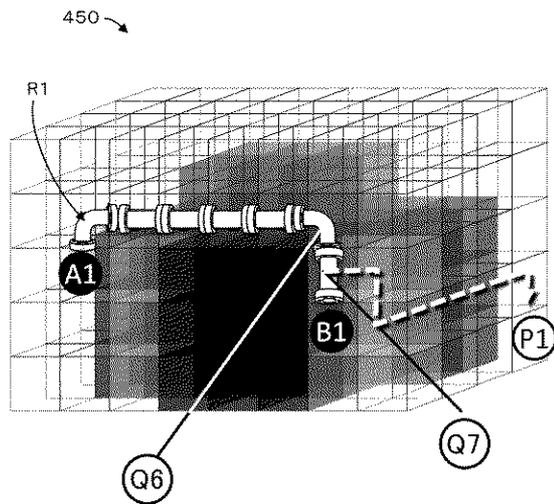
図23

作業経路リスト 440

| 441 | 442 | 443 | 444 |
|--------|--------|------|--|
| 配管部品No | 配管経路No | 実行順序 | 作業経路座標 |
| Q7 | R1 | 1 | V11(650,50,250), V12(750,50,250), V13(750,50,150), V14(750,350,150), V15(750,350,50) |
| Q6 | R1 | 2 | V21(650,50,350), V22(750,50,350), V23(750,50,150), V24(750,350,150), V25(750,350,50) |
| ⋮ | | | |

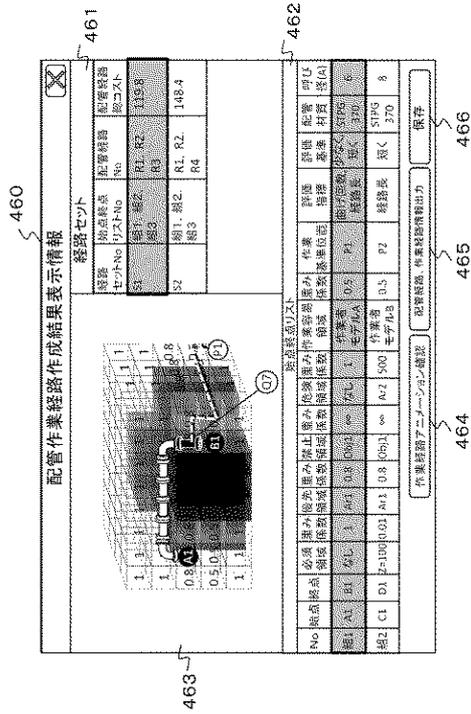
【図 2 4】

図24



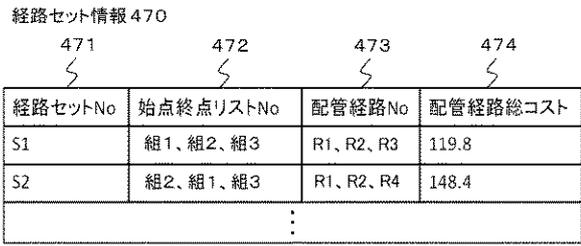
【図25】

図25



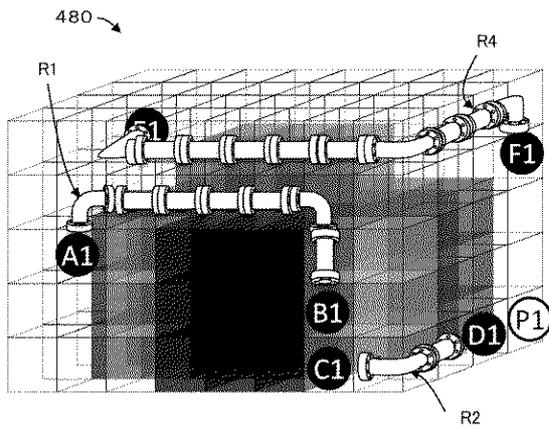
【図26】

図26



【図27】

図27



フロントページの続き

(72)発明者 榎本 敦子

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内

(72)発明者 上野 裕美子

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内

Fターム(参考) 5B046 AA02 BA06 JA01