

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年2月2日(02.02.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/018113 A1

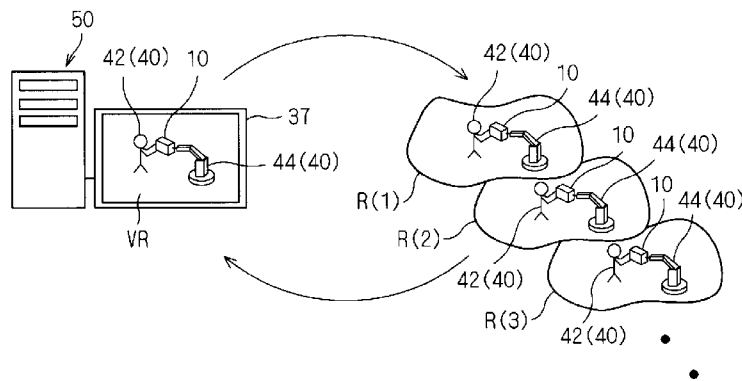
- (51) 国際特許分類:
G06F 17/50 (2006.01) G06T 19/00 (2011.01)
B25J 9/22 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/069201
- (22) 国際出願日: 2016年6月29日(29.06.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-149597 2015年7月29日(29.07.2015) JP
- (71) 出願人: 株式会社オートネットワーク技術研究所 (AUTONETWORKS TECHNOLOGIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5108503 三重県四日市市西末広町1番14号 Mie (JP). 住友電装株式会社 (SUMITOMO WIRING SYSTEMS, LTD.) [JP/JP]; 〒5108503 三重県四日市市西末広町1番14号 Mie (JP). 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 柿井 俊昭(KAKII Toshiaki); 〒5108503 三重県四日市市西末広町1番14号 株式会社オートネットワーク技術研究所内 Mie (JP).
- (74) 代理人: 吉竹 英俊, 外(YOSHITAKE Hidetoshi et al.); 〒5400001 大阪府大阪市中央区城見1丁目4番70号住友生命OBPプラザビル10階 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: OBJECT HANDLING SIMULATION DEVICE, OBJECT HANDLING SIMULATION SYSTEM, METHOD FOR SIMULATING OBJECT HANDLING, MANUFACTURING METHOD FOR OBJECT, AND OBJECT HANDLING SIMULATION PROGRAM

(54) 発明の名称: 対象物のハンドリングシミュレーション装置、対象物のハンドリングシミュレーションシステム、対象物のハンドリングをシミュレーションする方法、対象物の製造方法及び対象物のハンドリングシミュレーションプログラム

[図1]



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to facilitate the optimization of the handling of an object. The movement of an object and the movement of a person handling the object are simulated in a virtual 3-D space on the basis of object data, data on the person handling the object, and handling command data. An evaluation value for handling the object is calculated on the basis of simulation results of the movement of the object and the movement of the person handling the object in the virtual 3-D space, and the process design of the object is determined. As necessary, reflecting the handling situation in a real space, re-simulation is performed and optimization is considered.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2017/018113 A1



添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

対象物のハンドリングの最適化を容易に行えるようにすることを目的とする。対象物データ、ハンドリング主体データ及びハンドリング指示データに基づいて、仮想 3 次元空間における対象物の動きとハンドリング主体の動きとをシミュレーションする。仮想 3 次元空間における対象物の動きとハンドリング主体の動きのシミュレーション結果に基づいて、対象物のハンドリングの評価値を求め、対象物の工程设计を決める。必要に応じて、現実空間におけるハンドリング状況を反映して、再シミュレーションを行い、最適化を検討する。

明 細 書

発明の名称：

対象物のハンドリングシミュレーション装置、対象物のハンドリングシミュレーションシステム、対象物のハンドリングをシミュレーションする方法、対象物の製造方法及び対象物のハンドリングシミュレーションプログラム

技術分野

[0001] この発明は、ワイヤーハーネス等の対象物のハンドリングを最適化するための技術に関する。

背景技術

[0002] 非特許文献1及び2は、車両等に組付けられるワイヤーハーネスの設計を行うための技術を開示している。

[0003] 非特許文献3は、立体映像の試作車の上で、ハーネスレイアウトを設計する技術を開示している。

[0004] 非特許文献4は、メインディスプレイを作業台と見立て、このメインディスプレイ上で、仮想的にハーネスの配線作業を行う技術を開示している。

[0005] 非特許文献5は、曲げ及びねじれを表す3変数と、伸縮を表す1変数とによって、線状物体等を表現し、これにより、線状物体等の変形形状を導出する手法を開示している。この非特許文献5では、線状物体等の変形形状をシミュレーションすることによって、マニピュレータ等によって線状物体を取扱う際に、ハンドの軌道生成を行うシステムを構築可能であると記載している。

先行技術文献

非特許文献

[0006] 非特許文献1：ポウヤンヌ・エリサ (POUYANNE Elisa)、「自動化モジュラー／KSKハーネス設計 (Automating Modular/"KSK" Harness Design)」、ワ

イヤー&ケーブルテクノロジーインターナショナルマガジン (Wire & Cable Technology International Magazine)、米国、2011年11月、第39巻、第6号、p.136-139

非特許文献2：ジェイ・ニック (JAY Nick)、「車両ワイヤーハーネス設計のための基本設計フロー (Wire harness design Basic design flow for vehicle wire harness design)」、エレクトロニクスワールド (Electronics World)、英国、2005年11月、第111巻、1835号、p.32-35

非特許文献3：永島博通、西崎誠、「ハーネス設計支援バーチャルリアリティシステム」、三菱自動車テクニカルレビュー、1998年04月、第10号、p.116-119

非特許文献4：菱川浩二、河田幸男、中島奈央、木島竜吾、小鹿丈夫、加藤茂、谷口芳和、「ワイヤーハーネスの組み立て作業シミュレータの構築」、日本バーチャルリアリティ学会大会論文集、2000年09月18日、第5巻、p.21-24

非特許文献5：若松栄史、「線状/帯状物体のマニピュレーションーワイヤーハーネス/フレキシブル基板のハンドリング自動化に向けてー」、システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集、2007年05月16日、第51巻、CD-ROM

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] ところで、ある対象物のハンドリング性をよくするためには、各作業の最適化、各作業順の最適化等を検討することが好ましい。

[0008] ワイヤーハーネスの製造は、ワイヤーハーネスの多様性、複雑性から、手作業や治具の工夫、作業手順に負うところが多く、そのためハンドリング性が大きな問題になる。ところが、非特許文献1～5では、コンピュータ上の2次元空間又は3次元空間において、ワイヤーハーネスが表現されているが、当該ワイヤーハーネスのハンドリング性に関する検討はなされていない。非特許文献5ではハンドリング自動化に関する検討がなされているが、静的に安定した形状の検討までであり、対象物の動きや、ワイヤーが撥ねる可能性のように潜在的な動きの可能性などハンドリングの最適化に重要な点につ

いては開示されていない。

[0009] このため、例えば、ワイヤーハーネスの製造作業又は車両への組付け作業の最適化の検討は、経験的知見、又は、現実空間における試行等によってなされるのが一般的であり、最適化の検討が困難となっていた。

[0010] そこで、本発明は、対象物のハンドリングの最適化を容易に行えるようにすることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] 上記課題を解決するため、第1の態様は、対象物のハンドリングシミュレーション装置であって、前記対象物の3次元データを含む対象物データを受付ける対象物データ受付部と、ハンドリング主体の可能動作データを含むハンドリング主体データを受付けるハンドリング主体データ受付部と、前記ハンドリング主体による前記対象物のハンドリング指示データを受付ける指示データ受付部と、前記対象物データと前記ハンドリング主体データと前記ハンドリング指示データとに基づいて、仮想3次元空間における前記対象物の動きと前記ハンドリング主体の動きとをシミュレーションするシミュレーション処理部と、前記仮想3次元空間における前記対象物の動きと前記ハンドリング主体の動きのシミュレーション結果に基づいて、前記対象物のハンドリングの評価値を求める評価値算出部とを備える。

[0012] 第2の態様は、第1の態様に係る対象物のハンドリングシミュレーション装置であって、前記シミュレーション処理部は、物理法則に従って、前記対象物の動きをシミュレーションする物理演算部を含む。

[0013] 第3の態様は、第1又は第2の態様に係る対象物のハンドリングシミュレーション装置であって、前記対象物がワイヤーハーネスであり、前記対象物データ受付部は、前記対象物データとして、ワイヤーハーネスの3次元データを含む対象物データを受付けるものである。

[0014] 第4の態様は、第3の態様に係る対象物のハンドリングシミュレーション装置であって、前記指示データ受付部は、電線をワイヤーハーネス組立図板に布線する指示を含むハンドリング指示データを受付け、前記シミュレーシ

オン処理部は、前記仮想3次元空間における前記対象物の動きとして、前記電線をワイヤーハーネス組立図板に布線する際の前記電線の動きをシミュレーションするものである。

[0015] 第5の態様は、第1～第4のいずれか1つの態様に係る対象物のハンドリングシミュレーション装置であって、前記指示データ受付部が、前記ハンドリング指示データを複数種類受け、前記シミュレーション処理部は、前記複数種類の前記ハンドリング指示データのそれぞれに対して、仮想3次元空間における前記対象物の動きと前記ハンドリング主体の動きとをシミュレーションし、前記評価値算出部は、前記複数種類の前記ハンドリング指示データのそれぞれに対するシミュレーション結果に基づいて、前記対象物のハンドリングの評価値を求めるものである。

[0016] 第6の態様は、第1～第5のいずれか1つの態様に係る対象物のハンドリングシミュレーション装置であって、現実空間における前記対象物のハンドリング状況データを取得する現実空間ハンドリング状況データ取得部からのハンドリング状況データを、前記対象物データ、前記ハンドリング主体データ及び前記ハンドリング指示データの少なくとも1つに反映させるものである。

[0017] 第7の態様は、第6の態様に係る対象物のハンドリングシミュレーション装置であって、前記ハンドリング状況データは、現実空間において生じたインシデントな状況データを含むものである。

[0018] 第8の態様は、第6又は第7の態様に係る対象物のハンドリングシミュレーション装置であって、前記現実空間ハンドリング状況データ取得部は、前記現実空間における前記対象物の動き及び前記ハンドリング主体の動きを取得するものである。

[0019] 第9の態様に係る対象物のハンドリングシミュレーションシステムは、第1～第8のいずれか1つに係る対象物のハンドリングシミュレーション装置を複数備え、前記複数の対象物のハンドリングシミュレーション装置のそれぞれにおいて、前記ハンドリング主体データ及び前記ハンドリング指示デー

タの少なくとも1つを異ならせて、シミュレーションするものである。

[0020] また、上記課題を解決するため、第10の態様は、コンピュータによって対象物のハンドリングをシミュレーションする方法であって、前記対象物の3次元データを含む対象物データを受付けるステップと、ハンドリング主体の可能動作データを含むハンドリング主体データを受付けるステップと、前記ハンドリング主体による前記対象物のハンドリング指示データを受付けるステップと、前記対象物データと前記ハンドリング主体データと前記ハンドリング指示データとに基づいて、仮想3次元空間における前記対象物の動きと前記ハンドリング主体の動きとをシミュレーションするステップと、前記仮想3次元空間における前記対象物の動きと前記ハンドリング主体の動きのシミュレーション結果に基づいて、前記対象物のハンドリングの評価値を求めるステップとを備える。

[0021] また、上記課題を解決するため、第11の態様に係る対象物の製造方法は、対象物の3次元データを含む対象物データと、ハンドリング主体の可能動作データを含むハンドリング主体データと、前記対象物のハンドリング指示データとに基づいて、コンピュータにおいて、仮想3次元空間における前記対象物の動きと前記ハンドリング主体の動きとをシミュレーションするステップと、前記仮想3次元空間における前記対象物の動きと前記ハンドリング主体の動きのシミュレーション結果に基づいて、前記対象物のハンドリング作業を決定するステップと、決定されたハンドリング作業に基づいてなされる現実空間における前記対象物のハンドリング状況データを取得するステップと、前記現実空間における前記対象物のハンドリング状況データを、前記対象物データ、前記ハンドリング主体データ、前記ハンドリング指示データ及び前記シミュレーションの処理に反映させて、前記対象物のハンドリング作業の最適化を検討するステップとを備える。

[0022] また、上記課題を解決するため、第12の態様に係る対象物のハンドリングシミュレーションプログラムは、コンピュータを、対象物の3次元データを含む対象物データを受付ける対象物データ受付部と、ハンドリング主体の

可能動作データを含むハンドリング主体データを受付けるハンドリング主体データ受付部と、前記ハンドリング主体による前記対象物のハンドリング指示データを受付ける指示データ受付部と、前記対象物データと前記ハンドリング主体データと前記ハンドリング指示データとに基づいて、仮想3次元空間における前記対象物の動きと前記ハンドリング主体の動きとをシミュレーションするシミュレーション処理部と、前記仮想3次元空間における前記対象物の動きと前記ハンドリング主体の動きのシミュレーション結果に基づいて、前記対象物のハンドリングの評価値を求める評価値算出部と、として機能させるものである。

発明の効果

- [0023] 第1の態様によると、仮想3次元空間における対象物の動きとハンドリング主体の動きとをシミュレーションし、そのシミュレーション結果に基づいて、対象物のハンドリングの評価値を求めることができる。そして、その評価値を手がかりとして、対象物のハンドリングの最適化を容易に行える。
- [0024] 第2の態様によると、シミュレーション処理部は、物理法則に従って、前記対象物の動きをシミュレーションする物理演算部を含むため、対象物が剛体ではなく、柔軟物等である場合等にも、対象物の動きを適切にシミュレーションすることができる。これにより、対象物のハンドリングの評価値をより適切に求めることができ、対象物のハンドリングの最適化をより適切に行える。
- [0025] ワイヤハーネスのハンドリング作業は多様であり、また、作業順の多様性にも富む。そこで、第3の態様のように、このようなワイヤハーネスのハンドリングをシミュレーションすることによって、ワイヤハーネスのハンドリングの最適化を効果的に実施することができる。
- [0026] 第4の態様によると、シミュレーション処理部は、前記仮想3次元空間において電線をワイヤハーネス組立図板に布線する際の前記電線の動きをシミュレーションするため、その作業中における電線の絡み、電線とハンドリング主体との干渉等の有無をシミュレーションすることができる。

- [0027] 第5の態様によると、複数種類の前記ハンドリング指示データの中から適したハンドリング指示データを決定することができ、対象物のハンドリングの最適化を容易に行える。
- [0028] 第6の態様によると、現実空間におけるハンドリング状況データを反映させて、より最適なシミュレーションを実施でき、対象物のハンドリングの最適化をより適切に行える。
- [0029] 第7の態様によると、初期のシミュレーション段階では想定困難なインシデントな状況をも考慮して、対象物のハンドリングの最適化を実施できる。
- [0030] 第8の態様によると、現実空間における対象物の動き及びハンドリング主体の動きを取得することで、ハンドリング状況データを取得することができる。
- [0031] 第9の態様によると、前記ハンドリング主体データ及び前記ハンドリング指示データの少なくとも1つを異ならせて、効率的にシミュレーションすることができる。
- [0032] 第10の態様によると、仮想3次元空間における対象物の動きとハンドリング主体の動きとをシミュレーションし、そのシミュレーション結果に基づいて、対象物のハンドリングの評価値を求めることができる。そして、その評価値を手がかりとして、対象物のハンドリングの最適化を容易に行える。
- [0033] 第11の態様によると、仮想3次元空間における対象物の動きとハンドリング主体の動きとをシミュレーションし、そのシミュレーション結果に基づいて、対象物のハンドリングの最適化を容易に行える。また、現実空間におけるハンドリング状況データを反映させて、より最適なシミュレーションを実施でき、対象物のハンドリングの最適化をより適切に行える。
- [0034] 第12の態様によると、仮想3次元空間における対象物の動きとハンドリング主体の動きとをシミュレーションし、そのシミュレーション結果に基づいて、対象物のハンドリングの評価値を求めることができる。そして、その評価値を手がかりとして、対象物のハンドリングの最適化を容易に行える。

図面の簡単な説明

[0035] [図1]第1実施形態に係る対象物のハンドリングをシミュレーションする処理及び現実空間を当該シミュレーションに反映させる処理を示す説明図である。

。

[図2]ハンドリングシミュレーション装置を含むシステムの全体構成を示す説明図である。

[図3]ハンドリングシミュレーション装置50のブロック図である。

[図4]対象物のハンドリングをシミュレーションする方法の全体的な流れを示すフローチャートである。

[図5]第2実施形態に係るワイヤーハーネスのハンドリング例を示す説明図である。

[図6]ハンドリングシミュレーション装置を含むシステムの全体構成を示す説明図である。

[図7]ハンドリングシミュレーション装置のブロック図である。

[図8]ハンドリングシミュレーション処理を実行するためのプログラムの流れを示すフローチャートである。

[図9]仮想3次元空間におけるシミュレーション例を示す説明図である。

[図10]現実空間の状況を反映させてシミュレーションを行うためのプログラムの流れを示すフローチャートである。

[図11]現実空間におけるハンドリング例を示す説明図である。

[図12]第1応用形態に関する変形例を示す説明図である。

[図13]同上の変形例を示す説明図である。

[図14]同上の変形例を示す説明図である。

[図15]同上の変形例を示す説明図である。

[図16]同上の変形例に基づく撮像画像データを想定した例を示す説明図である。

[図17]同上の変形例に基づく撮像画像データを想定した例を示す説明図である。

[図18]同上の変形例に基づく撮像画像データを想定した例を示す説明図であ

る。

[図19]同上の変形例においてロボットのハンドが電線末端部を保持する動作例を示す説明図である。

[図20]同上の変形例においてロボットのハンドが電線末端部をコネクタに挿入する動作例を示す説明図である。

[図21]同上の変形例においてロボットのハンドが電線末端部をコネクタに挿入する動作例を示す説明図である。

[図22]同上の変形例においてロボットのハンドが電線末端部をコネクタに挿入する動作例を示す説明図である。

[図23]同上の変形例においてロボットのハンドが電線末端部をコネクタに挿入する動作例を示す説明図である。

[図24]第2応用形態に関してロボットのハンドが電線末端部をコネクタに挿入する動作例を示す説明図である。

[図25]第2応用形態に関してロボットのハンドが電線末端部をコネクタに挿入する動作例を示す説明図である。

[図26]第2応用形態に関してロボットのハンドが電線末端部を引抜き動作する例を示す説明図である。

[図27]第3応用形態に関するロボットの例を示す説明図である。

[図28]第3応用形態に関するロボットの例を示す説明図である。

[図29]第3応用形態に関するロボットの例を示す説明図である。

[図30]第1から第3応用例を適用したシミュレーションを模式的に示す図である。

[図31]変形例に係るハンドリングシミュレーションシステムを示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0036] {第1実施形態}

以下、第1実施形態について説明する。図1は対象物10のハンドリングをシミュレーションする処理及び現実空間を当該シミュレーションに反映さ

せる処理を示す説明図であり、図2はハンドリングシミュレーション装置を含むシステムの全体構成を示す説明図である。

[0037] <全体構成について>

対象物10のハンドリングとしては、原材料を加工して、或は、各種部品を必要に応じて加工しつつ組合わせて工業製品等を製造する作業であること、或は、事前に準備された工業製品等を、他の組付対象物に組付ける作業等であることが想定される。前者の場合、対象物10としては、元となる原材料或は各種部品、及び、ハンドリングの結果得られる工業製品等であることが想定され、そのハンドリングとしては、その元となる原材料又は各種部品の加工又は組合わせ作業等が想定される。後者の場合、対象物10としては、事前に準備された工業製品及び組付対象物であることが想定され、そのハンドリングとしては、事前に準備された工業製品等を掴んで組付対象物に取付ける作業等が想定される。

[0038] いずれにせよ、対象物10のハンドリングは、作業員42又はロボット44等のハンドリング主体40によって行われることが想定される。ハンドリング主体40は、1つであってもよいし、複数であってもよい。また、ハンドリング主体40は、作業員（人）のみであってもよいし、ロボットのみであってもよいし、或は、両者の組合わせであってもよい。以下では、作業員42又はロボット44等、対象物10をハンドリングする主体をハンドリング主体40と総称する場合がある。ロボットとしては、垂直多関節ロボットであってもよいし、直交ロボットであってもよいし、人型ロボットであってもよい。また、ロボットは、事前のティーチング等に従った動きのみを行うものであってもよいし、自律的な動きが可能なロボットであってもよい。

[0039] 図1において、対象物10のハンドリングシミュレーション装置50は、一般的なコンピュータによって構成されている。コンピュータは、単一のコンピュータによって構成されていてもよいし、相互に連結しつつ分散して処理を行う複数のコンピュータによって構成されていてもよい。

[0040] ハンドリングシミュレーション装置50は、対象物10のハンドリングを

検討するにあたって、その作業内容、作業順等を決定して工程設計書を作成する技術者等によって操作される。

[0041] このハンドリングシミュレーション装置50は、仮想3次元空間VRにおける対象物10の動きとハンドリング主体40の動きをシミュレーションし、そのシミュレーション結果に基づいてハンドリングの評価値を求める。このシミュレーション及び当該シミュレーション結果に基づいてハンドリングの評価値を求めることは、ハンドリング主体40の動きの内容等を変更して、複数回実施される。そして、その各評価値に基づいて、最も適したハンドリング主体40の動きの決定、すなわち、対象物10のハンドリングの最適化がなされる。これにより、対象物10をハンドリングするのに適した作業内容及び作業順等に基づいて、現実空間において実施されるべき工程設計書（データ）が作成される。この決定は、上記各評価値に基づいて技術者等によって全体或は部分的に手動でなされてもよい。

[0042] 現実空間R(1)、R(2)、R(3)・・・では、工程設計書に従って、対象物10のハンドリングが実施される。現実空間R(1)、R(2)、R(3)・・・としては、生産工場等であることが想定される。

[0043] 現実空間R(1)、R(2)、R(3)・・・には、現実空間R(1)、R(2)、R(3)・・・における対象物10のハンドリング状況データを取得する現実空間ハンドリング状況データ取得部46が設けられている。現実空間ハンドリング状況データ取得部46は、例えば、現実空間R(1)、R(2)、R(3)・・・における対象物10の動き、ハンドリング主体40の3次元的な動きを経時的に取得する装置、例えば、モーションキャプチャ装置であることが想定される。図2では、現実空間ハンドリング状況データ取得部46は、ステレオカメラ47と、当該ステレオカメラ47からの映像信号を処理して対象物10及びハンドリング主体40の3次元的な動きを経時的に取得する3次元処理部を含む工場側端末装置48とを備える装置として示されている。

[0044] 現実空間R(1)、R(2)、R(3)・・・のそれぞれに設置された工

場側端末装置 48 は、通信網 49 を介してハンドリングシミュレーション装置 50 と通信可能に接続されている。ここでは、通信網 49 は、有線式であっても無線式であってもよいし、また、公衆通信網であっても専用回線による通信網であってもよい。これにより、ハンドリングシミュレーション装置 50 は、現実空間 R (1)、R (2)、R (3)・・・のそれぞれにおけるハンドリング状況データを取得できる。

[0045] そして、ハンドリングシミュレーション装置 50 は、ハンドリング状況データを反映して、仮想 3 次元空間 VR における対象物 10 の動きとハンドリング主体 40 の動きを再度シミュレーションすることができる。結果、現実空間 R (1)、R (2)、R (3)・・・におけるハンドリング状況を加味して、さらに適したハンドリング主体 40 の動きの決定、すなわち、対象物 10 のハンドリングの最適化がなされる。そして、再検討された結果が、修正された工程設計書として現実空間 R (1)、R (2)、R (3)・・・に与えられ、現実空間 R (1)、R (2)、R (3)・・・では、修正された工程設計書に基づくハンドリングが実施される。

[0046] 上記が複数回繰返しなされることで、より適した最適化が実施されることになる。

[0047] なお、現実空間 (1)、R (2)、R (3)・・・における対象物 10 のハンドリングは、特定の国又は複数の国に跨って複数箇所で実施される可能性がある。また、最適化された結果は、なるべく迅速に現実空間 (1)、R (2)、R (3)・・・のそれぞれに伝達されることが好ましい。このため、本ハンドリングシミュレーション装置 50 を含むシステムは、クラウドコンピューティングシステムによって実現されてもよい。

[0048] <ハンドリングシミュレーション装置>

図 3 はハンドリングシミュレーション装置 50 のブロック図である。ハンドリングシミュレーション装置 50 は、対象物データ受付部 52 と、ハンドリング主体データ受付部 54 と、指示データ受付部 56 と、シミュレーション処理部 60 と、評価値算出部 68 とを備える。上記したように、ハンドリ

ングシミュレーション装置50は、単一のコンピュータによって構成されていてもよいし、相互に連結しつつ分散して処理を行う複数のコンピュータによって構成されていてもよい。本ハンドリングシミュレーション装置50の演算動作は、予め格納されたソフトウェアプログラム（第2実施形態参照）によって実行される。

[0049] 対象物データ受付部52は、ハンドリング対象となる対象物10の3次元データを含む対象物データを受け付け可能に構成されている。対象物データとしては、ハンドリングが製造作業である場合には、製造目的となる製造物に関するデータ、その製造元となる原材料、部品のデータ等が想定され、ハンドリングが組付作業である場合には、事前に準備された物に関するデータ、組付対象物に関するデータ等が想定される。通常、対象物10の形状データは、事前に設計図等によって規定されている。かかる設計図の3次元データを含む対象物データが本対象物データ受付部52を介して受け付けられ、ハンドリングシミュレーション装置50における記憶装置に格納される。

[0050] ハンドリング主体データ受付部54は、ハンドリング主体40の可能動作データを含むハンドリング主体データを受け付け可能に構成されている。ハンドリング主体40が作業員42（人）である場合、ハンドリング主体データは、一般的な人体の骨格、各関節の自由度、可動範囲等を規定したデータによって構成される。また、ハンドリング主体40がロボット44である場合、当該ロボットの各アームの長さ、各関節の自由度及び可動範囲、可動軸の方向及び可動範囲等を規定したデータによって構成される。ハンドリング主体データは、一般的な人体モデル又は適用しようとするロボットの仕様データ等に基づいて作成される。

[0051] 指示データ受付部56は、ハンドリング主体40による対象物10のハンドリング指示データを受け付け可能に構成されている。ハンドリング指示データは、対象物10をハンドリングするハンドリング主体40の動きを指示するデータであるともいえる。対象物10のハンドリングが製造作業である場合、ハンドリング指示データには、対象物10の元となる原材料又は部品を移

動させるべくハンドリング主体40の動きを指示するデータ等が含まれる。対象物10のハンドリングが組付作業である場合、ハンドリング指示データには、対象物10の各部を順次組付対象物に組付ける手順等を指示するデータ等が含まれる。当初のハンドリング指示データの1つ又は複数は、技術者の経験的知見、対象物10の3次元形状等に基づく推論的知見に基づいて、技術者等によって作成される。

[0052] 上記対象物データ受付部52、ハンドリング主体データ受付部54及び指示データ受付部56としては、他のコンピュータと通信して当該他のコンピュータに記憶されたデータを受付ける通信インターフェースであること、キーボード等のマンマシンインターフェースであること、事前に別途作成されたデータ記録媒体を読み込む記録媒体のリーダであること等が想定される。

[0053] シミュレーション処理部60は、対象物データとハンドリング主体データとハンドリング指示データとに基づいて、仮想3次元空間における対象物10の動きとハンドリング主体40の動きとをシミュレーションする。すなわち、シミュレーション処理部60は、ハンドリング主体データとハンドリング指示データとに基づいて、仮想3次元空間におけるハンドリング主体40の動きを生成することができる。また、仮想3次元空間におけるハンドリング主体40の動きは、仮想3次元空間における対象物10のハンドリング内容、すなわち、動きを指示している。このため、シミュレーション処理部60は、ハンドリング主体データとハンドリング指示データと対象物データとに基づいて、仮想3次元空間における対象物10の動きをシミュレーションすることができる。

[0054] ここでは、シミュレーション処理部60は、ハンドリング主体動作シミュレーション処理部62と、物理演算部64とを含む。ハンドリング主体動作シミュレーション処理部62は、ハンドリング主体データとハンドリング指示データとに基づいて、仮想3次元空間におけるハンドリング主体40の動きを生成する。物理演算部64は、ハンドリング主体データとハンドリング指示データとで決る対象物10のハンドリング内容に基づき、物理法則（重

力、剛性等)に従って、対象物10の動きをシミュレーションする。特に、対象物10が剛体ではなく、線状物又はフィルム状物のように柔軟物である場合には、対象物データに、3次元の形状データの他に、各部の質量データ、剛性データを含め、また、ハンドリング主体40の動きの速度等を考慮して、対象物10の動きをより現実に即してシミュレーションすることができる。

[0055] なお、ハンドリング主体40の動きのシミュレーション結果と、対象物10の動きのシミュレーション結果とを逐次相互に反映させ、一方の動きが他方の動きと干渉しないようにするとよい。

[0056] 上記シミュレーション結果は、レンダリング処理部66によってレンダリング処理され、技術者によってハンドリングの様子を表示装置37等によって視認可能とされることが好ましい。

[0057] また、評価値算出部68は、上記シミュレーション結果に基づいて、対象物10のハンドリングの評価値を求める。評価値は、例えば、対象物10をハンドリングするのに要する総時間、総移動時間、動作量及びハンドリングに必要な力等に基づいて決定される消費エネルギーの少なくとも1つ、又は、それらの値を重み付けして算出した値等によって表される。

[0058] なお、ハンドリングする作業内容によっては、作業員42(人)が行うのに適したものと、ロボット44が行うのに適したものが存在する。例えば、定型的な繰返し作業、力を要する作業等については、ロボット44が行うことが適する。また、複雑な作業、又は、人が複数の指を駆使して行えるような複雑な作業、非定常的な状況が生じ易く、その都度柔軟な判断に基づくことが必要となる作業については、作業員(人)による作業が適している。これらの場合には、各作業を作業員42(人)が行うのか、ロボット44が行うのかに応じて、上記評価値を修正することが好ましい。

[0059] これを、ハンドリング指示データを変更して、複数種類のハンドリング指示データに対して評価値を算出する。ハンドリング指示データの変更は、ハンドリングを構成する各作業内容、各作業内容順の変更、ハンドリング主体

の変更（数の変更、作業者（人）からロボットへの変更又はその逆への変更）等である。これにより、対象物10のハンドリングに適したハンドリング指示データを決定することができる。この決定は、上記評価値に基づいてハンドリングシミュレーション装置50が決定してもよいし、技術者が評価値を見て決定してもよい。このハンドリング指示データに基づいて、技術者等によって、作業計画書（データ）が作成される。

[0060] また、このハンドリングシミュレーション装置50には、上記したように、現実空間R（1）、R（2）、R（3）・・・の現実空間ハンドリング状況データ取得部46が接続されている。ここでは、現実空間ハンドリング状況データ取得部46からのハンドリング状況データは、反映処理指示部69に入力される。

[0061] 反映処理指示部69は、現実空間ハンドリング状況データ取得部46からのハンドリング状況データに基づいて、シミュレーション処理に反映させるべき内容を決定する。すなわち、上記シミュレーションを行う際に、現実空間における諸状況が全て反映されているとは限らない。例えば、提供される部品の形状が初期に規定された形状と異なっている場合があり得る。また、作業者は、ある作業内容を実施するとミスが生じ易い、又は、動きが遅くなり、結果、ハンドリングの時間が長くなってしまふといった事態が生じ得る。

[0062] そこで、反映処理指示部69は、現実空間ハンドリング状況データ取得部46からのハンドリング状況データに基づいて、シミュレーション処理に反映させるべき内容を決定し、対象物10のハンドリング状況データを、対象物データ、ハンドリング主体データ、ハンドリング指示データの少なくとも1つに反映させる。

[0063] 例えば、反映処理指示部69は、現実空間ハンドリング状況データ取得部46において取得された現実空間R（1）、R（2）、R（3）・・・での対象物10の動き及びハンドリング主体40の動きと、仮想3次元空間VRにおけるそれらの動きとを比較し、異なる動きが発生した作業に関して、現

実空間 R (1) 、 R (2) 、 R (3) . . . での各動きに合わせてハンドリング主体データ又はハンドリング指示データを修正し、シミュレーションし直すように指示する。これにより、上記と同様に、最適なハンドリング指示データを検討し直すことができる。

[0064] また、例えば、反映処理指示部 6 9 は、現実空間ハンドリング状況データ取得部 4 6 からのハンドリング状況データに含まれる対象物 1 0 の形状と対象物データとを比較することで、提供される部品の形状が初期に規定された形状と異なっていることを判定した場合には、現実空間 R (1) 、 R (2) 、 R (3) . . . における対象物 1 0 の形状に合わせて対象物データを修正し、シミュレーションし直すように指示する。これにより、上記と同様に、最適なハンドリング指示データを検討し直すことができる。

[0065] このように、反映処理指示部 6 9 は、初期のシミュレーション時には想定困難ではあるが、現実空間において生じたインシデントな状況データに基づいて、シミュレーションし直すように指示する。これにより、対象物 1 0 のハンドリングを現実空間 R (1) 、 R (2) 、 R (3) . . . の状況に合わせて、最適化していくことができる。

[0066] また、現実空間 R (1) 、 R (2) 、 R (3) . . . では、各作業員又は作業チームの工夫によって、作業効率が上がることもありうる。反映処理指示部 6 9 は、現実空間 R (1) 、 R (2) 、 R (3) . . . のそれぞれの現実空間ハンドリング状況データを統計的に処理し、迅速に処理された作業を特定し、当該作業を他と比較することによって、効率のよい作業内容、手順等を特定し、これを反映してシミュレーションし直すように指示することもできる。これにより、現実空間 R (1) 、 R (2) 、 R (3) . . . の一部の工夫ないし知見が、他の現実空間 R (1) 、 R (2) 、 R (3) . . . の作業にも反映されるようにすることができる。

[0067] なお、反映処理指示部 6 9 における処理は、現実空間 R (1) 、 R (2) 、 R (3) . . . における多様なハンドリング状況データを解析することによってなされることが好ましい。このため、現実空間 R (1) 、 R (2) 、

R (3) . . .における多様なハンドリング状況データを解析するにあたっては、いわゆるビッグデータを分析処理する手法が用いられることが好ましい。

[0068] <対象物のハンドリングをシミュレーションする方法>

図4は対象物のハンドリングをシミュレーションする方法の全体的な流れを示すフローチャートである。

[0069] 同図に示すように、ステップS1において、ハンドリングシミュレーション装置50において、仮想3次元空間VRにおけるハンドリング主体40及び対象物10の動きがシミュレーションされる。

[0070] 次ステップS2において、シミュレーション結果に基づいて、評価値が算出される。

[0071] ステップS1及びS2が、異なるハンドリング指示に基づいて、複数回実施され、結果、初回検討段階において、最適化されたハンドリング指示が決定される。このハンドリング指示に基づいて、ステップS3において、工程設計がなされる。

[0072] ステップS4では、現実空間R(1)、R(2)、R(3) . . .において、工程設計書に基づく対象物10のハンドリングが実施される。

[0073] 次ステップS5では、現実空間R(1)、R(2)、R(3) . . .におけるハンドリング状況が取得される。

[0074] そして、ステップS6において、現実空間R(1)、R(2)、R(3) . . .におけるハンドリング状況を反映して、仮想3次元空間VRにおけるシミュレーションが再度なされる。

[0075] この後、ステップS7において、シミュレーション結果に基づいて、評価値が算出される。

[0076] そして、ステップS8において、工程再検討がなされ、必要に応じて、工程設計書が修正される。

[0077] そして、ステップS4に戻り、現実空間R(1)、R(2)、R(3) . . .において、工程設計書に基づく対象物10のハンドリングが続けられる

。

[0078] 上記を繰返すことで、仮想3次元空間VRにおけるシミュレーション結果と、現実空間R(1)、R(2)、R(3)・・・における実際の状況とを相互に反映させて、対象物10のハンドリングの最適化を進めていくことができる。

[0079] <効果等>

以上のように、本実施形態によると、仮想3次元空間VRにおける対象物10の動きとハンドリング主体40の動きとをシミュレーションし、そのシミュレーション結果に基づいて、対象物10のハンドリングの評価値を求めることができる。そして、その評価値を手がかりとして、対象物10のハンドリングの最適化を容易に行える。

[0080] 特に、物理法則に従って、仮想3次元空間VRにおける対象物10の動きをシミュレーションすることにより、対象物10が剛体ではなく、柔軟物等である場合等にも、対象物10の動きを適切にシミュレーションすることができる。これにより、対象物10のハンドリングの評価値をより適切に求めることができ、対象物10のハンドリングの最適化をより適切に行える。

[0081] また、上記シミュレーション及びその評価値の三社鬱を、複数種類のハンドリング指示データに対して行うことで、複数種類のハンドリング指示データの中から適したハンドリング指示データを決定することができ、対象物10のハンドリングの最適化を容易に行える。

[0082] また、現実空間R(1)、R(2)、R(3)・・・におけるハンドリング状況データを反映させて、上記シミュレーション等を行うことにより、現実空間R(1)、R(2)、R(3)・・・における実際の状況を加味して、対象物10のハンドリングの最適化をより適切に行うことができる。

[0083] 特に、現実空間R(1)、R(2)、R(3)・・・におけるハンドリング状況データが、初期のシミュレーション時には想定困難なインシデントな状況を含むようにすることで、対象物のハンドリングをより適切に実施できる。

- [0084] なお、現実空間 R (1) 、 R (2) 、 R (3) ・ ・ ・におけるハンドリング状況データからして、発生頻度が希であるインシデントな状況等については、必ずしも最適化に反映させる必要はなく、品質への影響、最適化における製造方法変更の効率（生産性）などを考慮の上、無視してもよい。
- [0085] また、ハンドリング状況データとしては、現実空間 R (1) 、 R (2) 、 R (3) ・ ・ ・における対象物 1 0 の動き及びハンドリング主体 4 0 の動き等を取得するとよい。
- [0086] また、ハンドリングの最適化を実施できる結果、ロボット等によるハンドリングの自動化も容易となる。
- [0087] {第 2 実施形態}
- 第 2 実施形態では、ワイヤーハーネスの製造作業を前提として、より具体的な実施形態について説明する。
- [0088] <前提>
- すなわち、図 5 に示すように、ワイヤーハーネス 1 1 0 は、複数の電線 1 1 2 が車両における配線レイアウトに応じた布線形態に布線された状態で、結束されることにより製造される。
- [0089] 上記ワイヤーハーネス 1 1 0 を製造するにあたっては、事前に、ワイヤーハーネス 1 1 0 を複数に分割したサブアッシー 1 1 4 が製造される。
- [0090] サブアッシー 1 1 4 は、ワイヤーハーネス 1 1 0 を構成する複数の電線 1 1 2 の一部を事前にひとまとまりの形態としたものである。サブアッシー 1 1 4 においては、複数の電線 1 1 2 が共通するコネクタ 1 1 3 に接続されることで、1 つのまとまった形態として取扱われる。サブアッシー 1 1 4 を構成する電線 1 1 2 のうち一部の電線 1 1 2 の一方の端部は、コネクタ 1 1 3 に接続されないままの状態とされていることがある。
- [0091] ワイヤーハーネス 1 1 0 は、サブアッシー 1 1 4 及び電線 1 1 2 を複数組み合わせることによって製造される。
- [0092] また、サブアッシー 1 1 4 及び電線 1 1 2 は、ワイヤーハーネス組立図板 1 2 0 上で所定の布線形態となるように配設される。ワイヤーハーネス組立

図板 120 上には、U 字状の電線保持具 122、コネクタ保持具等が立設されており、電線 112 又はコネクタ 113 をそれらの保持具 122 等に保持させることで、サブアッシー 114 及び電線 112 は、ワイヤーハーネス組立図板 120 上で所定の布線形態に保持される。

[0093] また、ワイヤーハーネス組立図板 120 上で、複数の電線 112 は、粘着テープ、結束バンド等の結束部品 115 によって結束される。また、ワイヤーハーネス 110 には、クランプ等と呼ばれる車両固定部品 116、コルゲートチューブ等の保護部品 117 が取付られる。

[0094] このように、ワイヤーハーネス 110 は、電線 112、サブアッシー 114、結束部品 115、車両固定部品 116、保護部品 117 等の部品をハンドリングして、製造される。これらの各部品及びワイヤーハーネス 110 がハンドリングの対象物となる。本実施形態では、これらの部品を総称して、対象物 10 という場合がある。

[0095] 上記のようなワイヤーハーネス 110 を製造するにあたっては、以下のような事情によりそのハンドリングの最適化を図ることが困難である。

[0096] まず、サブアッシー 114 及び電線 112 を所定の布線形態に応じて配設する作業、複数の電線 112 を結束する作業、車両固定部品 116、保護部品 117 等を取付ける作業等が発生する。このため、作業内容が非常に多様である。

[0097] また、例えば、サブアッシー 114 及び電線 112 を所定の布線形態に応じて配設する作業を行うにあたっては、サブアッシー 114 及び電線 112 は、電線を保持するスリットが多数形成された電線保持バー 124 等によって所定の準備配列形態に保持される。そして、サブアッシー 114 の各端部及び電線 112 の各端部を順次ワイヤーハーネス組立図板 120 に配設する作業が発生する。サブアッシー 114 の各端部及び電線 112 の各端部を順次ワイヤーハーネス組立図板 120 に配設する作業順の組み合わせは莫大である。

[0098] サブアッシー 114 及び電線 112 の準備配列形態及びサブアッシー 11

4及び電線112の端部をワイヤーハーネス組立図板120上に布線していく作業順は、電線112同士の発生の有無に大きく影響を与える。また、大規模なワイヤーハーネス110においては、ワイヤーハーネス組立図板120の最大寸法は、数メートルを超えるため、サブアッシー114及び電線112の端部をワイヤーハーネス組立図板120上に布線していく作業順は、作業時の移動距離、すなわち、作業時間にも大きな影響を与える。

[0099] また、実際にワイヤーハーネス110を製造するにあたっては、作業者の人数変更、ワイヤーハーネス110自体の設計変更等が生じ得る。これらの予測困難である事情（インシデントな状況を含む）を想定して事前にハンドリングの最適化を検討することは困難であるし、また、当該予測困難な事情が実際に生じた場合でも、当該事情を考慮して、ハンドリングの最適化を検討することは困難である。

[0100] 本実施形態では、上記第1実施形態で説明した形態を、ワイヤーハーネス110の製造作業に適用することで、当該ワイヤーハーネス110のハンドリングの最適化を容易に行えるようにする。

[0101] なお、ここでは、ワイヤーハーネス110のハンドリング主体40（製造主体）が、上記第1実施形態と同様に、作業者42又はロボット44等によって行われることを想定して説明する。第1実施形態と同様に、ハンドリング主体40は、1つであってもよいし、複数であってもよい。また、ハンドリング主体40は、作業者（人）のみであってもよいし、ロボットのみであってもよいし、或は、両者の組合わせであってもよい。

[0102] <全体構成>

図6はハンドリングシミュレーション装置を含むシステムの全体構成を示す説明図である。

[0103] <全体構成について>

ハンドリングシミュレーション装置150は、本ワイヤーハーネス110の工程設計を行う場所に設置されている。本場所において、工程設計者に、ワイヤーハーネス110の設計図（データ）が与えられ、工程設計者は、当

該ワイヤーハーネス110を製造するのに適した工程設計を行うことになる。

[0104] ハンドリングシミュレーション装置150は、ワイヤーハーネス110のハンドリング内容を検討する（工程設計を行う）にあたって、工程設計者等によって操作される。

[0105] このハンドリングシミュレーション装置150は、仮想3次元空間VRにおける電線112、サブアッシー114、結束部品115、車両固定部品116、保護部品117の動きと、ハンドリング主体40の動きをシミュレーションし、そのシミュレーション結果に基づいてハンドリング（製造作業）の評価値を求める。このシミュレーション及び当該シミュレーション結果に基づいてハンドリングの評価値を求めることは、ハンドリング主体40の動きの内容、電線保持バー124におけるサブアッシー114の配列等を変更して、複数回実施される。そして、その各評価値に基づいて、最も適したハンドリング主体40の動きの決定、すなわち、対象物10のハンドリングの最適化がなされる。これにより、対象物10をハンドリングするのに適した作業内容及び作業順等に基づいて、現実空間において実施されるべき工程設計書（データ）が作成される。この最終的な決定は、評価値に基づいて技術者等によって全体又は部分的になされてもよい。

[0106] 現実空間R(1)、R(2)、R(3)・・・では、工程設計書に従って、対象物10のハンドリングが実施される。現実空間R(1)、R(2)、R(3)・・・としては、ワイヤーハーネス110の生産工場等であることが想定される。

[0107] 現実空間R(1)、R(2)、R(3)・・・には、上記第1実施形態と同様に、現実空間ハンドリング状況データ取得部146が設けられている。ここでは、現実空間ハンドリング状況データ取得部146は、ステレオカメラ147と、当該ステレオカメラ147からの映像信号を処理して対象物及びハンドリング主体40の3次元動的な動きを経時的に取得する3次元処理部を含む工場側端末装置148とを備える装置として示されている。ハンドリ

ング主体40が作業者42である場合には、当該作業者42にマーカータ取付けることで、当該作業者42の動きをより正確に取得することができる。

[0108] 現実空間ハンドリング状況データ取得部146の工場側端末装置148は、上記第1実施形態と同様に通信網49を介してハンドリングシミュレーション装置150と通信可能に接続されている。このため、各現実空間R(1)、R(2)、R(3)・・・におけるそれぞれのハンドリング状況データは、ハンドリングシミュレーション装置150に送信される。

[0109] そして、ハンドリングシミュレーション装置150は、ハンドリング状況データを反映して、仮想3次元空間VRにおける対象物10の動きとハンドリング主体40の動きを再度シミュレーションすることができる。結果、現実空間R(1)、R(2)、R(3)・・・におけるハンドリング状況を加味して、さらに適したハンドリング主体40の動きの決定、すなわち、対象物10のハンドリングの最適化がなされる。そして、再検討された結果が、修正された工程設計書として現実空間R(1)、R(2)、R(3)・・・に与えられ、現実空間R(1)、R(2)、R(3)・・・では、修正された工程設計書に基づくハンドリングが実施される。

[0110] 上記が複数回繰返しなされることで、より適した最適化が実施されることになる。

[0111] <ハンドリングシミュレーション装置>

図7はハンドリングシミュレーション装置150のブロック図である。ハンドリングシミュレーション装置150は、第1実施形態で説明したように、一般的なコンピュータによって構成されている。すなわち、ハンドリングシミュレーション装置150は、マイクロプロセッサと、マイクロプロセッサと結合された記憶部とを有している。記憶部は、RAM(Random Access Memory)、フラッシュメモリ、EPROM(Erasable Programmable ROM)、ハードディスク装置等によって構成されている。記憶部は、は、各種の情報やデータ等を格納し、またマイクロプロセッサが実行するプログラムを格納し、また、プログラムを実行するための作業領域を提供する。このマイクロ

ロセッサと記憶部とによって、シミュレーション処理部160、評価値算出部168等の諸機能部が実現される。

[0112] また、上記マイクロプロセッサ及び記憶部等に、入出力回路、バス回路等を通じて接続された入力インターフェースが、対象物データ受付部152と、ハンドリング主体データ受付部154と、指示データ受付部156としての機能を実現する。

[0113] なお、第1実施形態で説明したように、ハンドリングシミュレーション装置150は、単一のコンピュータによって構成されていてもよいし、相互に連結しつつ分散して処理を行う複数のコンピュータによって構成されていてもよい。

[0114] 対象物データ受付部152は、第1実施形態で説明した対象物データ受付部52と同様構成である。本実施形態では、対象物データとしては、ワイヤーハーネス110を構成する各部品（電線112、サブアッシー114、結束部品115、車両固定部品116、保護部品117）の3次元データを含むデータが想定される。電線112、サブアッシー114に関するデータについては、初期形状、すなわち、電線保持バー124によって保持された端部の配列状態に従った3次元データが含まれる。また、電線112、サブアッシー114は、それらの取扱途中に変形する。すなわち、電線保持バー124からワイヤーハーネス組立図板120上に、電線112、サブアッシー114の端部を掴んで移動させる際に、電線112、サブアッシー114は変形する。このため、電線112、サブアッシー114の変形を、物理法則に従ってシミュレーションできるようにするために、電線112、サブアッシー114は、それらの3次元形状データ（電線112のデータ及びコネクタ113のデータ等）に加えて、各部の剛性、質量によって規定されていることが好ましい。例えば、電線112、サブアッシー114は、ソリッドモデル等によって規定されていることが好ましい。

[0115] かかる対象物データは、本対象物データ受付部152を介して受けられ、ハンドリングシミュレーション装置150における記憶装置に格納される

。

[0116] ハンドリング主体データ受付部154は、ハンドリング主体40の可能動作データを含むハンドリング主体データを受付け可能に構成されている。ハンドリング主体40が作業員42（人）である場合、ハンドリング主体データは、一般的な人体の骨格、各関節の自由度、可動範囲等を規定したデータによって構成される。ハンドリング主体の動きと他の部分との干渉の有無をより正確にシミュレーションするためには、ハンドリング主体データは、一般的な人体の骨格、各関節の自由度、可動範囲等を規定したキーフレームを、人体の表面（肌、衣服）等を規定したスキンデータで覆ったデータ等によって規定されていることが好ましい。また、ハンドリング主体40がロボット44である場合、当該ロボットの各アームの長さ、各関節の自由度及び可動範囲、可動軸の方向及び可動範囲等を規定したデータによって構成される。ハンドリング主体データは、一般的な人体モデル又は適用しようとするロボットの仕様データ等に基づいて作成される。

[0117] 指示データ受付部156は、ハンドリング主体40による対象物10のハンドリング指示データを受付可能に構成されている。ハンドリング指示データは、対象物10をハンドリングするハンドリング主体40の動きを指示するデータであるともいえる。ここでは、指示データとして、電線112、サブアッシー114の初期状態に応じて、その各端部をワイヤーハーネス組立図板120上の所定位置（各保持具の位置又は保持具間の位置）に移動させる位置、順序等を規定したデータ、結束部品115、車両固定部品116、保護部品117を取付ける位置、作業順等を規定したデータ等が想定される。

[0118] 上記したように、ワイヤーハーネス110を製造するにあたっては、作業内容、作業順等に関して多様性があり、作業データとしては多数の組み合わせ例が考えられる。指示データの1つ又は複数自体は、技術者の経験的知見、対象物10の3次元形状等に基づく推論的知見等に基づいて、技術者等によって作成することができる。勿論、指示データは、現実空間において試行を

行い、当該試行結果に基づいて作成されてもよい。

[0119] シミュレーション処理部160は、対象物データとハンドリング主体データとハンドリング指示データとに基づいて、仮想3次元空間における電線112、サブアッシー114、結束部品115、車両固定部品116、保護部品117、ワイヤーハーネス110等の動きとハンドリング主体40の動きとをシミュレーションする。すなわち、シミュレーション処理部160は、ハンドリング主体データとハンドリング指示データとに基づいて、仮想3次元空間におけるハンドリング主体40の動きを生成することができる。また、仮想3次元空間におけるハンドリング主体40の動きは、仮想3次元空間における電線112、サブアッシー114、結束部品115、車両固定部品116、保護部品117等のハンドリング内容、すなわち、動きを指示している。このため、シミュレーション処理部160は、ハンドリング主体データとハンドリング指示データと対象物データとに基づいて、仮想3次元空間における電線112、サブアッシー114、結束部品115、車両固定部品116、保護部品117等の動きをシミュレーションすることができる。

[0120] ここでは、シミュレーション処理部160は、ハンドリング主体動作シミュレーション処理部162と、物理演算部164とを含む。ハンドリング主体動作シミュレーション処理部162は、ハンドリング主体データとハンドリング指示データとに基づいて、仮想3次元空間におけるハンドリング主体40の動きを生成する。物理演算部164は、ハンドリング主体データとハンドリング指示データとで決る電線112、サブアッシー114等の動きに基づき、物理法則（重力、剛性等）に従って、電線112、サブアッシー114の動きをシミュレーションする。

[0121] すなわち、電線112、サブアッシー114は線状の柔軟物であり、上記したように、各部の剛性及び質量等を含む3次元形状データによって特定されている。そして、ハンドリング主体データとハンドリング指示データとで決る電線112又はサブアッシー114の保持位置、移動方向、速度等を考慮した上で、物理法則（重力、剛性等）に従って、電線112、サブアッシー

ー 1 1 4 の動きをより正確にシミュレーションすることができる。なお、この際、電線 1 1 2、サブアッシー 1 1 4 等の各状態での位置エネルギー又は位置エネルギーの変動、それらを動かす際に必要は運動エネルギー等を計算していくこともできる。これらは、ワイヤーハーネス 1 1 0 を製造する際の効率性に影響を与えうるため、評価値を算出する際のパラメータとして考慮されてもよい。

[0122] なお、ハンドリング主体 4 0 の動きのシミュレーション結果と、対象物 1 0 の動きのシミュレーション結果とを逐次相互に反映させ、一方の動きが他方の動きと干渉しないようにするとよい。

[0123] 上記シミュレーション結果は、レンダリング処理部 1 6 6 によってレンダリング処理され、技術者によってハンドリングの様子を表示装置 3 7 等によって視認可能とされることが好ましい（図 9 参照）。

[0124] また、評価値算出部 1 6 8 は、上記シミュレーション結果に基づいて、電線 1 1 2、サブアッシー 1 1 4 等のハンドリングの評価値を求める。評価値は、例えば、ワイヤーハーネス 1 1 0 を製造するのに要する総時間、総移動時間、動作量及びハンドリングに必要な力等に基づいて決定される消費エネルギーの少なくとも 1 つ、電線 1 1 2 同士の絡み合いの有無又は回数等をパラメータとして、それらのパラメータを重み付けして算出した値等によって表される。なお、評価値を算出する式（特に、重み付けの係数）は、現実空間 R (1)、R (2)、R (3) . . . での状況に応じて最適な評価式となるように、見直していくことが好ましい。

[0125] また、このハンドリングシミュレーション装置 1 5 0 には、上記したように、現実空間 R (1)、R (2)、R (3) . . . の現実空間ハンドリング状況データ取得部 1 4 6 が接続されている。ここでは、現実空間ハンドリング状況データ取得部 1 4 6 からのハンドリング状況データは、反映処理指示部 1 6 9 に入力される。反映処理指示部 1 6 9 の機能も、マイクロプロセッサと記憶部とによって実現される。

[0126] 反映処理指示部 1 6 9 は、現実空間ハンドリング状況データ取得部 1 4 6

からのハンドリング状況データに基づいて、シミュレーション処理に反映させるべき内容を決定する。

[0127] 反映処理指示部69は、現実空間ハンドリング状況データ取得部46からのハンドリング状況データに基づいて、シミュレーション処理に反映させるべき内容を決定し、対象物10のハンドリング状況データを、対象物データ、ハンドリング主体データ、ハンドリング指示データの少なくとも1つに反映させる。これにより、再度、上記シミュレーション処理が実行され、より適切なハンドリングが検討される。

[0128] <ハンドリングシミュレーション処理の内容>

図8はハンドリングシミュレーション処理を実行するためのプログラムの流れを示すフローチャートである。

[0129] まず、ステップS11において、対象物データの受付がなされたか否かが判定される。YESと判定されると、ステップS12に進み、ハンドリング主体データが受け付けられたか否かが判定される。YESと判定されると、ステップS13に進み、指示データが受け付けられたか否かが判定される。YESと判定されると、ステップS14に進む。なお、ステップS11～S13において、各データは、本処理を行うより前に受け付けられ、事前に記憶部に記憶されている場合があり得る。

[0130] ステップS14では、電線112、サブアッシー114等の動き、及び、ハンドリング主体40の動きがシミュレーションされる。シミュレーション結果は、必要に応じて、表示装置137に表示される(図9参照)。

[0131] 次ステップS15では、シミュレーション結果に基づいて、評価値が算出される。

[0132] 上記シミュレーションが、少なくとも指示データを変えて複数回実施される。例えば、電線保持バー124における電線112、サブアッシー114の整列位置を変えると、ハンドリング主体40による電線112、サブアッシー114の移動位置、作業順は変るため、その変更に応じて指示データを変更する。また、結束部品115、車両固定部品116、保護部品117等

の取付け順を変えた場合でも、その変更に応じて指示データを変える。

[0133] そして、相互に異なる指示データに基づいて上記シミュレーションを実施すると、異なる指示データ毎（つまり、異なる製造方法毎）に上記評価値が算出され、一通りの処理を終了する。

[0134] 設計者又はコンピュータは、当該評価値に基づいて、適した指示データ（つまり、適した製造方法）を決定することができ、当該決定結果に基づいて工程設計書（データ）が作成される。

[0135] <現実空間を反映させる処理の内容>

図10は現実空間R（1）、R（2）、R（3）の状況を反映させてシミュレーションを行うためのプログラムの流れを示すフローチャートである。

[0136] まず、ステップS21において、ハンドリング状況データが取得されたか否かが判定される。現実空間R（1）、R（2）、R（3）においてワイヤーハーネス110の製造作業が実施され、結果、現実空間ハンドリング状況データ取得部146を通じてハンドリングデータが取得された場合には、ステップS22に進む。

[0137] ステップS22では、反映処理指示部169は、現実空間ハンドリング状況データ取得部146において取得された現実空間R（1）、R（2）、R（3）・・・での電線112、サブアッシー114等の動き及びハンドリング主体40の動き等を解析する。

[0138] そして、次ステップS23では、上記解析結果に基づいて、現実空間R（1）、R（2）、R（3）・・・での電線112、サブアッシー114等の動き及びハンドリング主体40の動き等を反映させたシミュレーションが必要か否かを判定する。通常は、最初の仮想3次元空間VRにおけるシミュレーション段階では考慮されなかった、インシデントな状況を見出すことによって、シミュレーションが必要か否かを判定する。

[0139] YESであれば、次ステップS24で、上記現実空間R（1）、R（2）、R（3）・・・での電線112、サブアッシー114等の動き及びハンドリング主体40の動き等を反映させてシミュレーション処理を再実行させる

。このシミュレーション処理自体は、上記ステップS 1 1～S 1 5と同様に行われ、その結果に応じて、工程設計書（データ）が再検討、修正される。

[0140] 例えば、現実空間R（1）、R（2）、R（3）・・・での電線1 1 2、サブアッシー1 1 4等の動き及びハンドリング主体4 0の動き等と、仮想3次元空間VRにおけるそれらの動きとを比較し、異なる動きの有無を解析する。図1 1では、サブアッシー1 1 4を構成する電線1 1 2の一部にジグザグな曲り癖が発生している様子が示されている。このような曲り癖があると、電線の動きに影響を与えるし、また、品質向上のために、当該電線1 1 2を伸して曲り癖を除去する作業を行うことも考慮する必要がある。

[0141] もっとも、上記曲り癖の発生頻度が一定の割合未満である場合には、無視してもよいが、サブアッシー1 1 4の製造上の都合又は保管、搬送の都合により、一定の割合を超えて発生している状況である場合には、当該曲り癖を考慮してワイヤーハーネス1 1 0の製造作業を検討する必要がある。後者の場合に、反映必要と判断する。

[0142] また、例えば、解析結果、現実空間R（1）、R（2）、R（3）のうち特定の空間（つまり、特定の製造場所）において、短時間でワイヤーハーネス1 1 0が製造されていることが判明する場合がある。

[0143] このような場合には、当該特定の空間におけるサブアッシー1 1 4等の動き及びハンドリング主体4 0の動き等と、仮想3次元空間VRにおけるそれらの動きとを比較し、ワイヤーハーネス1 1 0の製造効率化に結び付いている動きを推測する。そして、当該動きを反映させて、シミュレーションを再実行する。

[0144] <効果等>

以上のように、第2実施形態によっても、上記第1実施形態と同様の効果を得ることができる。これにより、ワイヤーハーネス1 1 0を迅速に製造することが可能となる。

[0145] また、ハンドリング主体4 0として、作業員4 2（人）とロボット4 4とを想定してシミュレーションを行うことにより、人とロボットとの協調作業

による作業の効率化の検討も可能となる。

[0146] 特に、多数の柔軟物である電線 112 等の部品によって構成されるワイヤーハーネス 110 については、そのハンドリング作業の多様性、作業順の多様性等からそのハンドリングの最適化を検討することが困難であるところ、本実施形態によると、そのようなワイヤーハーネス 110 のハンドリングを仮想 3 次元空間 VR においてシミュレーションして検討することができるため、ワイヤーハーネス 110 のハンドリングの最適化を効果的に実施することができる。

[0147] また、シミュレーション処理部 160 は、仮想 3 次元空間 VR において、電線 112 をワイヤーハーネス組立図板 120 等に布線する際の電線 112 の動きをシミュレーションするため、そのワイヤーハーネス組立図板 120 上における電線 112 の絡み、電線 112 とハンドリング主体 40 との干渉等の有無をシミュレーションすることができる。

[0148] また、ワイヤーハーネス 110 の製造ハンドリングの最適化を実施できる結果、ロボット等によるワイヤーハーネス 110 の製造自動化も容易となる。

[0149] 本第 2 実施形態を参照して、より応用的な形態について説明する。

[0150] <第 1 応用形態>

上記ワイヤーハーネス 110 は、柔軟物であるため、対象物データとして、サブアッシー 114 の 3 次元形状データ、電線保持バー 124 によって保持される端部の配列状態、ワイヤーハーネス 110 の 3 次元形状データ等が含まれているとしても、それによって規定される範囲内ではばらつきが生じ得る。例えば、サブアッシー 114 の端部が電線保持バー 124 によって保持されている箇所が規定されているとしても、サブアッシー 114 の端部は曲るため、その範囲内ではばらつき得る。また、ワイヤーハーネス組立図板 120 上において、サブアッシー 114 の電線の端部を、他のサブアッシー 114 のコネクタ 113 に挿入する作業が発生することがあり、このような場合、当該サブアッシー 114 の電線の端部がワイヤーハーネス組立図板 120

上の電線仮保持具上に仮保持される場合がある。この場合、電線仮保持具上における電線の姿勢はばらつき得るし、また、電線仮保持具上に複数の電線を仮保持させる場合には、その上下がばらつくこともあり得る。

[0151] このような場合には、対象物データ受付部 152 によって初期に対象物データを受付けた後、コンピュータの一機能によって実現される対象物データ生成部が、当該初期の対象物データに基づいて、物理的法則に従う範囲内でランダムにばらつかせたデータを生成し、当該データが対象物データとして受けられる構成としてもよい。

[0152] また、現実空間において、ワイヤーハーネス 110 の製造を、ロボットによって行うことを考慮すると、サブアッシー 114 等を 2 次元又は 3 次元カメラ等の撮像部で撮像し、その撮像部で得られた撮像データに基づいて、ロボットの制御を行うことが好ましい。そこで、シミュレーション処理部 160 が、物理的法則に従う範囲内でばらつかせたデータに基づいて、所定方向からのサブアッシー 114 の撮像画像に対応する撮像画像データを生成し、その撮像画像データに基づいて、実際の電線 112 の位置を認識し、複数種類のハンドリング指示データに基づくシミュレーションを実行して、当該撮像画像データに適したハンドリングを評価することが好ましい。

[0153] 上記応用形態を適用したより具体的な変形例を説明する。この変形例では、図 12 に示すように、ワイヤーハーネスが複数のサブアッシー 114 の組合せによって構成される。対象物データにおいて、1 つのサブアッシー 114 のうちの 1 つのコネクタ 113 は、空きキャビティ 113 e を有している。対象物データにおいて、1 つのサブアッシー 114 は、電線保持バー 124 において所定の配列形態で保持されている。そして、仮想 3 次元空間 VR において、対象物データ、ハンドリング主体データ及びハンドリング指示データに基づいて、ロボット 244 によって、ワイヤーハーネス組立図板上に移し替えられるようにシミュレーションされる。この際、コネクタ 113 は、ワイヤーハーネス組立図板上に立設されたコネクタ保持具 222 にセットされる。

[0154] また、対象物データにおいて、他の1つのサブアッシー114は、上記コネクタ113の空きキャビティ113eに挿入されるべき電線端末部212aを有している。電線端末部212aは、電線212の端部に端子212Tが接続されてはいるが、コネクタ113には挿入されていない部分である。対象物データにおいて、他の1つのサブアッシー114も、電線保持バー124において所定の配列形態で保持されている。そして、仮想3次元空間VRにおいて、対象物データ、ハンドリング主体データ及びハンドリング指示データに基づいて、ロボット244によって、ワイヤーハーネス組立図板上に移し替えるようにシミュレーションされる。この際、電線端末部212aは、ワイヤーハーネス組立図板上であって上記コネクタ保持具222の周りの電線端末保持具223に保持される。電線端末保持具223は、例えば、上部がU字状に形成された部材であり、電線端末部212aが電線端末保持具223に引っ掛けるように保持される。

[0155] 理想的な場合を想定すると、コネクタ保持具222の周囲には、複数の電線端末保持具223が設けられ、それぞれの電線端末保持具223に1つずつ電線端末部212aが保持される。また、理想的には、各電線端末部212aにおける電線端末部212aの保持形態は一定とされる。例えば、電線端末保持具223に対して電線端末部212aは直交姿勢で保持されており、また、電線端末保持具223に対する電線端末部212aの延出寸法（電線端末部212aに対する電線端末部212aの保持位置）は一定である。

[0156] この場合、上記理想的な電線端末部212aの保持形態を前提として、ロボット244のハンドリング指示データを1つ又は複数設定し、当該ハンドリング指示データ等に基づいて、仮想3次元空間VRにおける対象物の動きとロボット244の動きをシミュレーションするのが、1つのシミュレーション方式である。

[0157] この場合、図12及び図13に示すように、例えば、ロボット244は、電線端末部212aの端部から一定の位置を把持して、コネクタ保持具222に保持されたコネクタの空きキャビティ113aに順次挿入するように、

仮想3次元空間VRにおけるシミュレーションを行えばよい。

[0158] しかしながら、現実空間Rにおいては、サブアッシー114及び電線112は、柔軟物であるため、電線端末保持具223における対象物データが、現実的な状況を十分に反映できていない場合があり得る。

[0159] 例えば、図15に示すように、電線端末部212aが電線端末保持具223で保持された部分の前後で曲っている場合があり得る。また、電線端末保持具223に対する電線端末部212aの延出寸法（電線端末部212aに対する電線端末部212aの保持位置）が、各電線端末部212aで相互にばらついている場合があり得る。また、1つの電線端末保持具223に対して複数の電線端末部212aが保持されている場合があり得、交わりの有無、交わりの上下関係等が異なっている場合があり得る。

[0160] そこで、仮想3次元空間VRにおいてシミュレーション処理を行う際においても、電線端末保持具223における対象物の保持状況を示すデータを物理的法則に従う範囲内ではばらつかせたデータを、対象物データとして生成し、当該データに従ってシミュレーションを行う。なお、初期に与えられた対象物データ、或は、初期の対象物データ及びハンドリング指示データに基づいて作成される対象物の中間状態データ等からして、サブアッシー114の各端部の拘束位置等は定まっているため、初期に与えられた対象物データ、或は、対象物データ及びハンドリング指示データに基づいて作成される対象物の位置データに電線112、端子の重さ、曲り易さ等のパラメータを考慮することで、物理的法則に従って変動可能な範囲を定めることができる。そして、当該範囲内で、各部の変更可能な要素（電線端末部212aの保持位置、曲り角度等）をランダムに又は所定の規則（例えば、当該範囲内を等分割）ではばらつかせることで、物理的法則に従う範囲内ではばらつかせたデータを生成することができる。物理的法則に従う範囲内ではばらつかせたデータは、現実空間Rにおいて得られたデータに基づいて事前に作成されて、当初から対象物データとして受け付けられてもよい。

[0161] 上記のようにばらついた複数種類のデータのそれぞれに対して、ハンドリ

ング主体データとハンドリング指示データとに基づいて、仮想3次元空間におけるシミュレーションを行う。

[0162] ここで、現実空間Rにおける処理を想定すると、図15に示すように、カメラ等の撮像部246によって、電線端末保持具223の周辺0を撮像し、撮像された画像データに基づいて、電線端末部212aの位置を認識し、認識された電線端末部212aの位置に基づいて、ロボット244の動作を制御してワイヤーハーネスの組立作業を行うことが好ましい。

[0163] そこで、仮想3次元空間VRにおけるシミュレーション処理において、図16～図18に示すように、ロボット244のハンド245に撮像部246を設けた場合を想定し、当該撮像部246によって上方からの撮像データを得る場合を想定したデータを得る。上記撮像データは、仮想3次元空間VRにおけるばらついた複数種類のデータに基づいて、上方の視点から観察した画像データとして生成することができる。図16では、1つの電線端末部212aが電線端末保持具223の一侧寄りに保持され、他の1つの電線端末部212aが電線端末保持具223の他側寄りに保持されている。図17では、2つの電線端末部212aが電線端末保持具223の手前及び向こう側で交わった状態で保持されている。図18では、1つの電線端末部212aが電線端末保持具223の一侧寄りに保持され、電線端末保持具223の向こう側で大きく曲っており、他の1つの電線端末部212aが電線端末保持具223の他側寄りに保持されている。そして、撮像データに対応するデータに基づいて、電線端末部212aの位置を認識し、ロボット244のハンド245によって電線端末部212aを保持する。

[0164] 図16に示すような場合において、ロボット244によって、電線端末保持具223に保持された電線端末部212aを保持し、これを、コネクタ113の空きキャビティ113aに挿入する動作として、複数種類の動作主体データが設定され、当該複数種類の動作主体データに基づいて、仮想3次元空間VRにおいて複数種類のシミュレーションがなされることが好ましい。

[0165] 例えば、図19に示すように、ロボット244のハンド245が、電線端

末保持具 223 に保持された電線末端部 212a を保持しに行く動作を考えると、撮像データに対応するデータに基づいて認識される電線末端部 212a に対して、ハンド 245 が保持しに行く方向（上方から向うか、いずれかの側方から向うか）、保持する位置（電線末端部 212a の端子 212t からの位置、図 16～図 18 において 2 点鎖線の丸で示された位置も参照）等に応じて、電線 212 の絡まりやすさ、他の保持具、他の電線 212 の干渉状況等が変る。

[0166] また、図 20 に示すように、ロボット 244 のハンド 245 がコネクタ 113 の空きキャビティ 113a に挿入する動作を考えると、端子 212t に対するハンド 245 の向きに応じて、当該ハンド 245 が他の電線 212 への干渉状況等が変る。例えば、コネクタ 113 の空きキャビティ 113a に挿入される端子 212t に対して、ハンド 245 が横向きであると、ハンド 245 は、その側方の電線 112 に干渉し易い。

[0167] また、図 21 及び図 22 に示すように、ハンド 245 が電線末端部 212a を保持する位置に応じて、コネクタ 113 への電線末端部 212a の干渉のし易さが変る。例えば、電線末端部 212a の電線 212 に所定の曲げ半径以上の曲り癖が付くことを想定すると、ハンド 245 が電線末端部 212a の端子 212t の近くを保持していれば、電線末端部 212a はコネクタ 113 に干渉し難い。一方、ハンド 245 が電線末端部 212a の端子 212t の遠くを保持していれば、電線末端部 212a はコネクタ 113 に干渉し易くなる。

[0168] また、図 23 に示すように、電線末端部 212a をキャビティ 113a に挿入する際に、端子 212t は、キャビティ 113a 内のランス 113b を変形させる必要があり、そのためには、ある程度の挿入力を作用させる必要がある。しかしながら、ハンド 245 が電線末端部 212a の端子 212t の遠くを保持していれば、電線 212 に座屈等が生じ、電線末端部 212a の挿入作業を失敗する恐れがある。

[0169] そこで、電線末端部 212a を取りに行く方向、保持位置、挿入方向等を

変えた複数種類のハンドリング指示データを受付け、上記のようにばらついた複数種類のデータのそれぞれに対して、ハンドリング主体データ及び複数種類のハンドリング指示データに基づいて、物理的法則に従って仮想3次元空間におけるシミュレーションを行う。そして、最適なハンドリング指示の内容を探索していく。複数種類のハンドリング指示データは、作業者によって入力されてもよいし、コンピュータの一機能として実現可能なハンドリング指示データ生成部が、対象物データ、ハンドリング主体データ等に基づいて、ハンドリング主体が動作可能な対象物のハンドリング指示データを自動的に生成するものであってもよい。

[0170] 結果、例えば、複数種類のデータのそれぞれに対して、別々のハンドリング指示データが適していることが判明した場合、これを現実空間Rにおけるロボット244の制御に利用する際には、上記画像データと現実空間Rで得られた画像データとに基づいて、適したハンドリング指示データを選択し、当該ハンドリング指示データに基づいて、現実空間Rにおけるロボット244の制御を行うようにするとよい。

[0171] この応用形態からわかるように、本明細書は、対象物データが、ワイヤーハーネスの柔軟性に応じてばらついた複数種類のデータを含むこと、この場合に、当該ばらついた複数種類のデータのそれぞれに基づいて、仮想3次元空間VRにおいてシミュレーションを行うことを開示している。

[0172] また、この場合において、ハンドリング指示データが複数種類受けられ、ばらついた複数種類のデータのそれぞれに対して、複数種類のハンドリング指示データ及びハンドリング主体データに基づいて、複数のシミュレーションが実行され、ばらついた複数種類のデータに対して適したハンドリング指示データを選定することも開示している。

[0173] <第2応用形態>

また、現実空間Rにおいて、ロボット244によって対象物のハンドリングを行う際には、対象物等の物理的状況を、力学センサ等で検出し、当該検出結果に応じてハンドリング作業を制御することも考えられる。

[0174] 例えば、図24に示すように、電線端末部212aの端子212tを、コネクタ113の空きキャビティ113aに挿入する際に、ロボット244のハンド245に設けられた力学センサ247A（又は247B）から挿入時の力を出し、その出力結果に基づいて、端子212tの挿入が正常になされたか否かを判断することができる。この場合、端子212tが正常に挿入されれば、挿入力、ランス113bの変形時に高くなるが、全体としては所定の上限値を超えない値として検出される。一方、図25に示すように、端子212tがコネクタ113の空きキャビティ113aの開口に当接すると、挿入力は、所定の上限値を超える値として検出される。また、図26に示すように、端子212tがキャビティ113a内に挿入された状態で、電線端末部212aを引っ張った場合、ランス113bが端子212tに正常に引っ掛かっていると、所定の引抜き力で引っ張っても端子212tは抜けない。このため、ハンド245によって電線端末部212aを引っ張った場合に、引抜き力が所定値を超えるか否かによっても、端子212tがキャビティ113aに正常に挿入されている否かを確認することができる。

[0175] 上記挿入力及び引抜き力は、ハンド245に力学センサ247A（又は247B）を設けることで、検出することができる。もっとも、その設置位置、設置姿勢等は、その検出精度の影響を与え得る。例えば、力学センサ247を、ロボット244のハンド245のフィンガー246に設ける場合（力学センサ247A参照）と、ハンド245の基端部に設ける場合（力学センサ247B）とで、検出される挿入力及び引抜き力は変化し得る。また、電線端末部212aとコネクタ113とが干渉する状況も、検出される挿入力及び引抜き力に影響を与え得る。

[0176] そこで、仮想3次元空間VRにおいてシミュレーション処理を行う際において、ハンドリング主体データとして、ハンド245において力学センサ247A（又は247B）の設置位置、設置姿勢等を変えたデータを複数種類準備し、当該複数種類のハンドリング指示データに基づいて、物理的法則に従って複数のシミュレーションを実施し、各シミュレーションにおいて、端

子挿入時における力学センサ 2 4 7 A（又は 2 4 7 B）への力の伝わり方をシミュレーションする。これにより、力学センサ 2 4 7 の適した設置位置、設置姿勢等を検討することができる。

[0177] 対象物等の物理的状況は、力学センサの他、各種センサによって検出することができる。例えば、端子 2 1 2 t がキャビティ 1 1 3 a 内に正常に挿入されると、変形したランス 1 1 3 b が元の形状に跳ね上がるように戻るため、音又は振動を発生する。このため、音センサ、又は、振動センサによって、端子 2 1 2 t がキャビティ 1 1 3 a に正常に挿入されたか否かを検出することができる。このため、仮想 3 次元空間 VR において、ランス 1 1 3 b が発生する音又は振動が、ハンド 2 4 5 等に設けられた音センサ、又は、振動センサに伝わる状況を物理的法則に従ってシミュレーションすることによって、センサの種類を変更した場合に、端子 2 1 2 t が正常に挿入されたか否かを適切に検出できるか否かを検討することもできる。

[0178] この応用形態からわかるように、本明細書は、対象物等の物理的状況（例えば、端子 2 1 2 t の挿入状況）を把握するため、力学センサ等の各種センサの設置位置、設置姿勢等を変えたハンドリング主体データを複数種類準備し、当該複数種類のハンドリング指示データに基づいて、仮想 3 次元空間 VR において、複数のシミュレーション（例えば、端子の挿入動作に関するシミュレーション）を実施し、各シミュレーションにおいて、各種センサにおける物理的状況の把握状況をシミュレーションすることをを行うことを開示している。

[0179] 本応用形態は、第 1 応用形態のように、対象物データが、ワイヤーハーネスの柔軟性に応じてばらついた複数種類のデータを含むこと、又は、シミュレーション処理部が、対象物データに基づいて、ワイヤーハーネスの柔軟性に応じてばらつかせた複数種類のデータを生成することを前提として、当該ばらついた複数種類のデータのそれぞれに基づいて、仮想 3 次元空間 VR においてシミュレーションを行えば、より有効である。

[0180] また、挿入力及び引抜き力に基づいて、端子 2 1 2 t を正常にキャビティ

1 1 3 aに挿入できなかったことは判明した場合、ハンド2 4 5による電線端末部2 1 2 aの挿入姿勢を修正する等して、再挿入することが考えられる。

[0181] 再挿入する場合において、ハンド2 4 5による電線端末部2 1 2 aの挿入姿勢を各種変更してシミュレーションを行い、どのように修正すれば、電線端末部2 1 2 aをキャビティ1 1 3 aに挿入し易くできるかを探ることもできる。

[0182] <第3応用形態>

また、ワイヤーハーネスは、複数の電線2 1 2によって構成されているため、ある電線2 1 2を取扱う際には、他の電線2 1 2との干渉避けて、把持したり、移動させたりする必要がある。このため、どのようなロボットによって、加工を行うかによって、作業性が異なると考えられる。

[0183] そこで、仮想3次元空間VRにおいてシミュレーション処理を行う際においても、ハンドリング主体データとして、異なるロボットを示す複数種類のデータを準備しておく。例えば、図27に示すロボット244Aと、図28に示すロボット244Bとは、同じ垂直多関節タイプのロボットであるが、可動な軸数が異なる。このため、両者のロボット244A、244Bは、対象物を掴みに行く際、移動させる際等の自由度が異なっている。また、図27に示すロボット244Aは、一对のフィンガー246Aによって対象物を把持するものであるが、図29に示すロボット244Cでは、人の手指を模したフィンガー246Cを有している。このため、両者のロボット244A、244Cは、対象物の掴み方、器用度が異なる。

[0184] そこで、異なるタイプのロボット244A、244B、244Cを示す複数種類のハンドリング主体データのそれぞれに対して、ハンドリング指示データ、対象物データに基づいて、シミュレーションを行うようにしてもよい。これにより、ある対象物データに対して適したハンドリング主体データを選定することが可能となる。この場合、現実空間Rにおいて、当該対象物を取扱う際には、当該対象物を取扱うのに適したハンドリング主体データに対

応するロボット244A、244B、244Cを用いるようにするとよい。

[0185] この応用形態からわかるように、本明細書は、ハンドリング主体データが、ロボットの軸、フィンガーの数、太さ等を変更した複数種類のデータを含むこと、及び、当該複数種類のハンドリング主体データに基づいて、仮想3次元空間VRにおいて、複数のシミュレーション（例えば、端子の挿入動作に関するシミュレーション）を実施し、所定の対象物又は作業に適したハンドリング主体を選定し得ることを開示している。

[0186] この第3応用例は、第1応用形態のように、対象物データが、ワイヤーハーネスの柔軟性に応じてばらついた複数種類のデータを含むことを前提として、また、これに代えて又は加えて、第2応用形態のように、力学センサ等の各種センサの設置位置、設置姿勢等を変えたハンドリング主体データを複数種類準備することを前提として、仮想3次元空間VRにおいて、複数のシミュレーションを処理すれば、より有効である。

[0187] <第4応用形態>

図30は、上記第1から第3応用例を適用したシミュレーションを模式的に示す図である。

[0188] まず、受けられるべき対象物データとして、対象物を物理的法則に従う範囲内でランダムにばらつかせた、対象物のバリエーションデータが複数準備される。

[0189] また、受けられるべきハンドリング主体データのバリエーションデータとして、ロボットの種類（軸数、フィンガー数、フィンガーの太さ、センサの位置、姿勢等）を変更したデータが複数準備される。

[0190] また、受けられるべきハンドリング指示データのバリエーションデータとして、ハンドが対象物を保持しに行く方向、保持する位置等を変更したデータを複数準備する。ハンドリング指示データには、ハンドが保持する方向、位置等に関して、絶対的な座標を基準として与えられたデータを含む場合、撮像データ（又はこれに相当するものとして生成されたデータ）において認識される電線端末部212aを基準として相対的に規定されたデータを含

む場合があり得る。

- [0191] 上記各バリエーションのデータは、作業者によって人為的に設定されてもよいし、現実空間での実例に基づいて作成されてもよいし、3次元設計データ、物理法則等に従う範囲内で、上記データに含まれる各変数（対象物がばらつく位置、ロボットの座標等）を離散変数で表し、当該離散変数を組み合わせること等で、コンピュータによって自動的に作成されてもよい。
- [0192] シミュレーション処理部は、上記対象物のバリエーションデータのうちの1つと、ハンドリング主体データのバリエーションデータの1つと、ハンドリング指示データのバリエーションデータの1つとに基づいて、仮想3次元空間VRにおいて、対象物であるワイヤーハーネスの動きとハンドリング主体であるロボットの動きとをシミュレーションし、そのシミュレーション結果に基づいて、ハンドリングの評価値を求める。
- [0193] 上記を各組合せに対して行うことで、所定のワイヤーハーネスに対して適したロボットの種類、ハンドリング指示内容等を決定することができる。そして、現実空間において、ロボットの選定等を行う際の参考とすることができる。
- [0194] また、ある対象物のバリエーションデータに対して適したハンドリング指示内容等を決定することができ、現実空間において、対象物のバリエーションを撮像部等で撮像し、当該撮像部で得られた対象物の状況からそれに適したハンドリングを決定して、それに応じた作業をロボットに行わせるようにすることができる。
- [0195] なお、図2に示すように、現実空間R(1)、R(2)、R(3)・・・のハンドリング状況をステレオカメラ等の撮像部で撮像し、その撮像データに基づいて、コネクタ、端子、電線の位置等を認識し、その認識結果に基づいて、いわゆる機械学習の手法によって、より適した作業手順を見出すこともできる。また、上記撮像データに基づいて、上記シミュレーション処理のアルゴリズム、データ等を修正していくこと、例えば、対象物のバリエーションデータの内容をより現実に乗せた内容としていくこと等が考えられる。

- [0196] また、上記応用形態に基づくシミュレーションを行う際にも、作業者による作業をシミュレーション処理に反映させるようにしてもよい。
- [0197] {変形例}
- 上記第2実施形態では、ワイヤーハーネス110を製造する際のシミュレーションについて説明したが、ワイヤーハーネス110のそれ以外のハンドリング作業においても、上記のようなシミュレーションを行うことは有用である。
- [0198] 例えば、ワイヤーハーネス110を車両のボディ、ドア等に組付ける際には、複数のコネクタを車両側の電気機器又は他のワイヤーハーネスのコネクタにコネクタ接続し、また、車両固定部品を車両に固定する作業が必要となる。これらの各作業順の組み合わせは多数考えられるため、その作業順の検討は、ワイヤーハーネス110を車両に組付ける際の作業性に影響を与える。
- [0199] このような場合においても、各作業順の組み合わせの複数に対して、上記と同様に、シミュレーションを行い、その評価値を算出して、最適な作業順を検討等することができる。また、同様に、現実空間における作業（動き）を考慮して、再シミュレーションすることもできる。
- [0200] また、上記評価値を算出するにあたっては、作業時間等の定量的なパラメータのみを考慮するのではなく、定性的パラメータを考慮してもよい。例えば、品質向上過程、製造時間短縮化過程、相互の連携助け合い作業の有無等から、ある仮説に基づいて、ハンドリングチーム満足度、ハンドリング者自体の満足度等を定性的パラメータとして数値化し、これを加味しても評価値を求めてもよい。
- [0201] また、仮想3次元空間VRにおけるシミュレーションにおいては、意図的にインシデントな状況を組入れて対応可能か否かを検討するようにしてもよい。インシデントな状況は、設計者等によって仮想的に想定される事例だけではなく、現実空間の事例に基づいて作成されることが好ましい。インシデントな状況としては、例えば、電線保持バー124に保持されていた電線112又はサブアッシー114が落下した状況、結束部品115等の取付作業

が失敗し当該作業をやり直すべき状況、電線保持バー124に保持されていた電線112が絡み合っており、これを解す作業が必要となる状況等の1つ又は複数の組み合わせであることが考えられる。これらのインシデントな状況を組入れてシミュレーションを行うことにより、各種状況に応じて迅速に対応可能な工程設計の最適化検討も可能となる。

[0202] また、現実空間R(1)、R(2)、R(3)・・・のハンドリング状況に基づいて、そのハンドリング状況の反映の必要性の有無、反映すべき状況をシミュレーションする場合には、いわゆる機械学習の手法によって、ハンドリングをするにあたって、有用な作業内容又は作業手順等を見出すこともできる。

[0203] また、上記各実施形態では、一連の最適化に関する処理を単一又は複数のコンピュータが分担して遂行する例で説明したが、図31に示すように、上記対象物のハンドリングシミュレーション装置150(又は50)を複数備える対象物のハンドリングシミュレーションシステムとして構成されていてもよい。ここでの、各ハンドリングシミュレーション装置150は、単一のコンピュータ、あるいは1グループのコンピュータ群が上記の一連の最適化処理を行うものであり、これが複数設けられることによって、それぞれのハンドリングシミュレーション装置150において、上記一連の最適化に関する処理が実行される。そして、各ハンドリングシミュレーション装置150におけるシミュレーション結果の評価値を互いに交換等することにより、コンピュータ処理により或は作業者による決定により、或は、それらの複合的な処理によって、より効率的な最適化が進められる。なお、各ハンドリングシミュレーション装置150の評価値をもとにコンピュータ処理により最適化を行う場合には、当該最適化はハンドリングシミュレーション装置150以外のコンピュータで行ってもよい。また、上記各ハンドリングシミュレーション装置150は、1箇所集中して設けられていてもよいし、少なくとも一部のハンドリングシミュレーション装置150が各工場(または後述する製造工場群)に設けられていてもよい。

- [0204] これは、実際にシミュレーションを行う際に、(a) シミュレーションを行う際に、技術者によって製造や設計における最適化の指針をプログラムにセットする必要はあるが、この指針が複数ある場合、(b) シミュレーションする対象が大きすぎる場合、(c) 予定される製造工場が多数あり、それらの製造工場における既存の製造環境が製造工場や製造工場のあるロケーション（以下、あわせて製造工場群）によって大きく異なる場合、等において、単一のコンピュータあるいは1グループのコンピュータ群によって構成される1つのハンドリングシミュレーション装置150が上記の一連の最適化処理を行うのは効率的でない場合には有効である。
- [0205] (a)の場合では、異なる指針（つまり、異なるハンドリング指示データ）で行われたシミュレーション（必要に応じて最適化）を複数のハンドリングシミュレーション装置150において行い、この各ハンドリングシミュレーション装置150の結果を比較することによって、より効率的に最適化を進めることができる。
- [0206] (b)の場合では、対象のワイヤーハーネスを複数のブロックに分け、各々のブロックに応じて設定される異なるハンドリング指示データ等に基づいて各シミュレーション装置150別にシミュレーション及び最適化処理を行い、それらを合せることによってより効率的に最適化を進めることができる。その際には最適化に影響の少ないところまたはないところを境界としてブロックにわけることが望ましい。
- [0207] (c)の場合は製造環境による差異であり、各製造工場群の製造環境に基づいて、各ハンドリングシミュレーション装置150別にシミュレーションする。なお、製造環境が異なる場合としては、一例として、製造技術管理者の方針による対象物、準備物のレイアウトの差異、組立手順の差異等が考えられ、これらの場合、異なるハンドリング指示データ等に基づくシミュレーションが成されることになる。また、他の例として、人手作業が主体となる場合、ロボット作業が主体となる場合等が考えられ、この場合、異なるハンドリング主体データ等に基づくシミュレーションが成されることになる。さらに

、他の例として、工場に既設置の設備レイアウト上の都合から図板上における対象物、準備物のレイアウトが異なる場合が考えられ、この場合、異なるハンドリング指示データに基づくシミュレーションがなされることになる。そして、その評価値を技術者等が見て、あるシミュレーションにおける優れた作業等と考えられる内容を、部分的に他のシミュレーション等に取り込んで、再シミュレーション等して部分的に取り込みすることを検討できる。また、製造環境を工場のロケーション事情などにより変えられないものと設備のように変更可能なものとにわけることにより、後者の製造環境については各製造工場の設備自体を変更するように検討しつつ最適化を行うことができる。

[0208] なお、上記各実施形態及び各変形例で説明した各構成は、相互に矛盾しない限り適宜組み合わせることができる。

[0209] 以上のようにこの発明は詳細に説明されたが、上記した説明は、すべての局面において、例示であって、この発明がそれに限定されるものではない。例示されていない無数の変形例が、この発明の範囲から外れることなく想定され得るものと解される。

符号の説明

- [0210] 10 対象物
37、137 表示装置
40 ハンドリング主体
42 作業者
44 ロボット
46、146 現実空間ハンドリング状況データ取得部
47、147 ステレオカメラ
48、148 工場側端末装置
49 通信網
50、150 ハンドリングシミュレーション装置
52、152 対象物データ受付部

- 54、154 ハンドリング主体データ受付部
- 56、156 指示データ受付部
- 60、160 シミュレーション処理部
- 62、162 ハンドリング主体動作シミュレーション処理部
- 64、164 物理演算部
- 68、168 評価値算出部
- 69、169 反映処理指示部
- 110 ワイヤハーネス
- 112 電線
- 113 コネクタ
- 114 サブアッシー
- 115 結束部品
- 116 車両固定部品
- 117 保護部品
- 120 ワイヤハーネス組立図板
- 124 電線保持バー
- R 現実空間
- VR 仮想3次元空間

請求の範囲

- [請求項1] 対象物のハンドリングシミュレーション装置であって、
前記対象物の3次元データを含む対象物データを受付ける対象物データ受付部と、
ハンドリング主体の可能動作データを含むハンドリング主体データを受付けるハンドリング主体データ受付部と、
前記ハンドリング主体による前記対象物のハンドリング指示データを受付ける指示データ受付部と、
前記対象物データと前記ハンドリング主体データと前記ハンドリング指示データとに基づいて、仮想3次元空間における前記対象物の動きと前記ハンドリング主体の動きとをシミュレーションするシミュレーション処理部と、
前記仮想3次元空間における前記対象物の動きと前記ハンドリング主体の動きのシミュレーション結果に基づいて、前記対象物のハンドリングの評価値を求める評価値算出部と、
を備える対象物のハンドリングシミュレーション装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の対象物のハンドリングシミュレーション装置であって、
前記シミュレーション処理部は、物理法則に従って、前記対象物の動きをシミュレーションする物理演算部を含む、対象物のハンドリングシミュレーション装置。
- [請求項3] 請求項1又は請求項2に記載の対象物のハンドリングシミュレーション装置であって、
前記対象物がワイヤーハーネスであり、
前記対象物データ受付部は、前記対象物データとして、ワイヤーハーネスの3次元データを含む対象物データを受付ける、対象物のハンドリングシミュレーション装置。
- [請求項4] 請求項3に記載の対象物のハンドリングシミュレーション装置であ

って、

前記指示データ受付部は、電線をワイヤーハーネス組立図板に布線する指示を含むハンドリング指示データを受け、

前記シミュレーション処理部は、前記仮想3次元空間における前記対象物の動きとして、前記電線をワイヤーハーネス組立図板に布線する際の前記電線の動きをシミュレーションする、対象物のハンドリングシミュレーション装置。

[請求項5] 請求項1～請求項4のいずれか1項に記載の対象物のハンドリングシミュレーション装置であって、

前記指示データ受付部が、前記ハンドリング指示データを複数種類受け、

前記シミュレーション処理部は、前記複数種類の前記ハンドリング指示データのそれぞれに対して、仮想3次元空間における前記対象物の動きと前記ハンドリング主体の動きとをシミュレーションし、

前記評価値算出部は、前記複数種類の前記ハンドリング指示データのそれぞれに対するシミュレーション結果に基づいて、前記対象物のハンドリングの評価値を求める、対象物のハンドリングシミュレーション装置。

[請求項6] 請求項1～請求項5のいずれか1項に記載の対象物のハンドリングシミュレーション装置であって、

現実空間における前記対象物のハンドリング状況データを取得する現実空間ハンドリング状況データ取得部からのハンドリング状況データを、前記対象物データ、前記ハンドリング主体データ及び前記ハンドリング指示データの少なくとも1つに反映させる、対象物のハンドリングシミュレーション装置。

[請求項7] 請求項6に記載の対象物のハンドリングシミュレーション装置であって、

前記ハンドリング状況データは、現実空間において生じたインシデ

ントな状況データを含む、対象物のハンドリングシミュレーション装置。

[請求項8] 請求項6又は請求項7のいずれか1項に記載の対象物のハンドリングシミュレーション装置であって、

前記現実空間ハンドリング状況データ取得部は、前記現実空間における前記対象物の動き及び前記ハンドリング主体の動きを取得する、対象物のハンドリングシミュレーション装置。

[請求項9] 請求項1～請求項8のいずれか1項に記載の対象物のハンドリングシミュレーション装置を複数備え、

前記複数の対象物のハンドリングシミュレーション装置のそれぞれにおいて、前記ハンドリング主体データ及び前記ハンドリング指示データの少なくとも1つを異ならせて、シミュレーションする、対象物のハンドリングシミュレーションシステム。

[請求項10] コンピュータによって対象物のハンドリングをシミュレーションする方法であって、

前記対象物の3次元データを含む対象物データを受付けるステップと、

ハンドリング主体の可能動作データを含むハンドリング主体データを受付けるステップと、

前記ハンドリング主体による前記対象物のハンドリング指示データを受付けるステップと、

前記対象物データと前記ハンドリング主体データと前記ハンドリング指示データとに基づいて、仮想3次元空間における前記対象物の動きと前記ハンドリング主体の動きとをシミュレーションするステップと、

前記仮想3次元空間における前記対象物の動きと前記ハンドリング主体の動きのシミュレーション結果に基づいて、前記対象物のハンドリングの評価値を求めるステップと、

を備えるコンピュータによって対象物のハンドリングをシミュレーションする方法。

[請求項11]

対象物の3次元データを含む対象物データと、ハンドリング主体の可能動作データを含むハンドリング主体データと、前記対象物のハンドリング指示データとに基づいて、コンピュータにおいて、仮想3次元空間における前記対象物の動きと前記ハンドリング主体の動きとをシミュレーションするステップと、

前記仮想3次元空間における前記対象物の動きと前記ハンドリング主体の動きのシミュレーション結果に基づいて、前記対象物のハンドリング作業を決定するステップと、

決定されたハンドリング作業に基づいてなされる現実空間における前記対象物のハンドリング状況データを取得するステップと、

前記現実空間における前記対象物のハンドリング状況データを、前記対象物データ、前記ハンドリング主体データ、前記ハンドリング指示データ及び前記シミュレーションの処理に反映させて、前記対象物のハンドリング作業の最適化を検討するステップと、

を備える対象物の製造方法。

[請求項12]

コンピュータを、

対象物の3次元データを含む対象物データを受付ける対象物データ受付部と、

ハンドリング主体の可能動作データを含むハンドリング主体データを受付けるハンドリング主体データ受付部と、

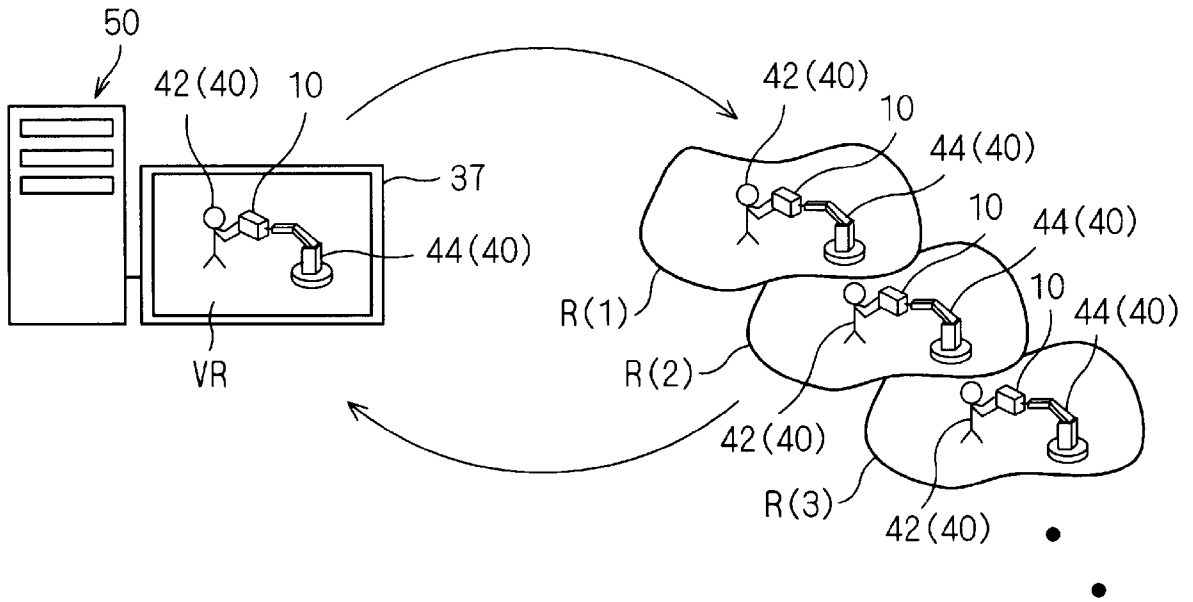
前記ハンドリング主体による前記対象物のハンドリング指示データを受付ける指示データ受付部と、

前記対象物データと前記ハンドリング主体データと前記ハンドリング指示データとに基づいて、仮想3次元空間における前記対象物の動きと前記ハンドリング主体の動きとをシミュレーションするシミュレーション処理部と、

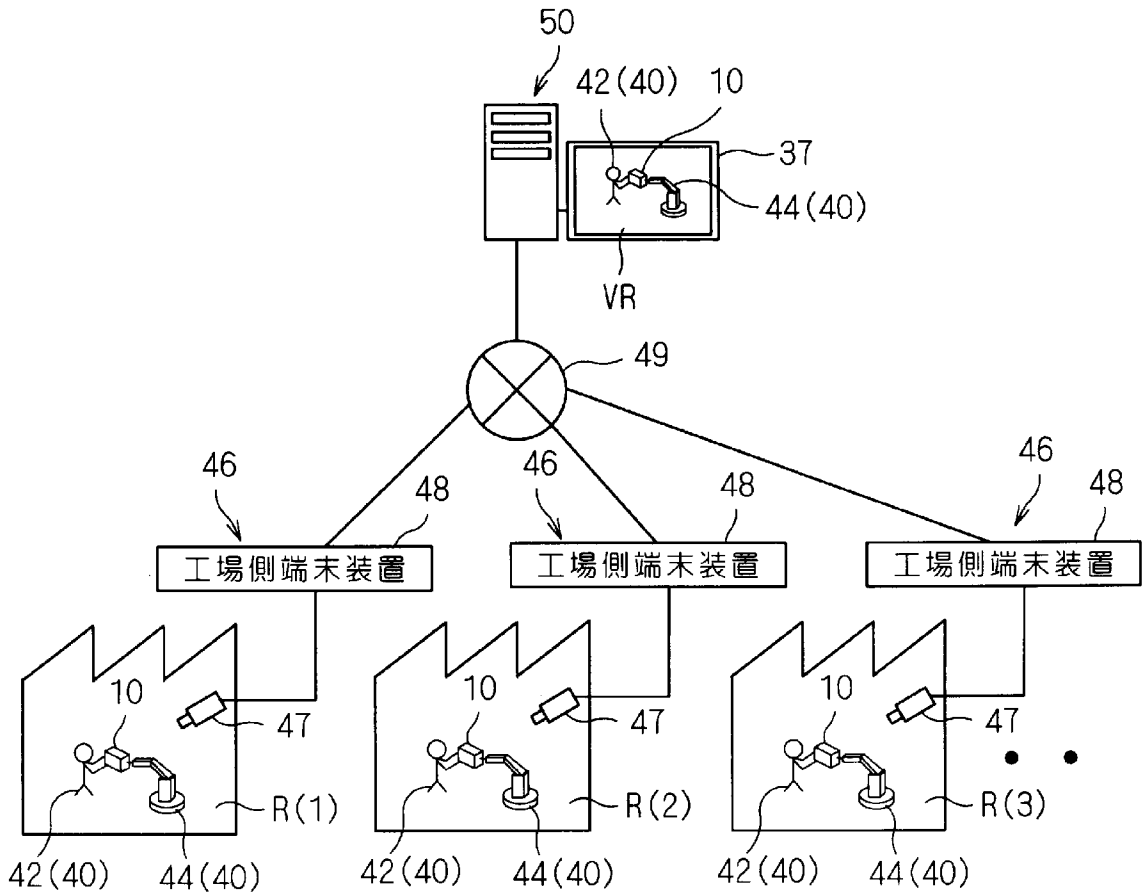
前記仮想 3 次元空間における前記対象物の動きと前記ハンドリング主体の動きのシミュレーション結果に基づいて、前記対象物のハンドリングの評価値を求める評価値算出部と、

として機能させるための対象物のハンドリングシミュレーションプログラム。

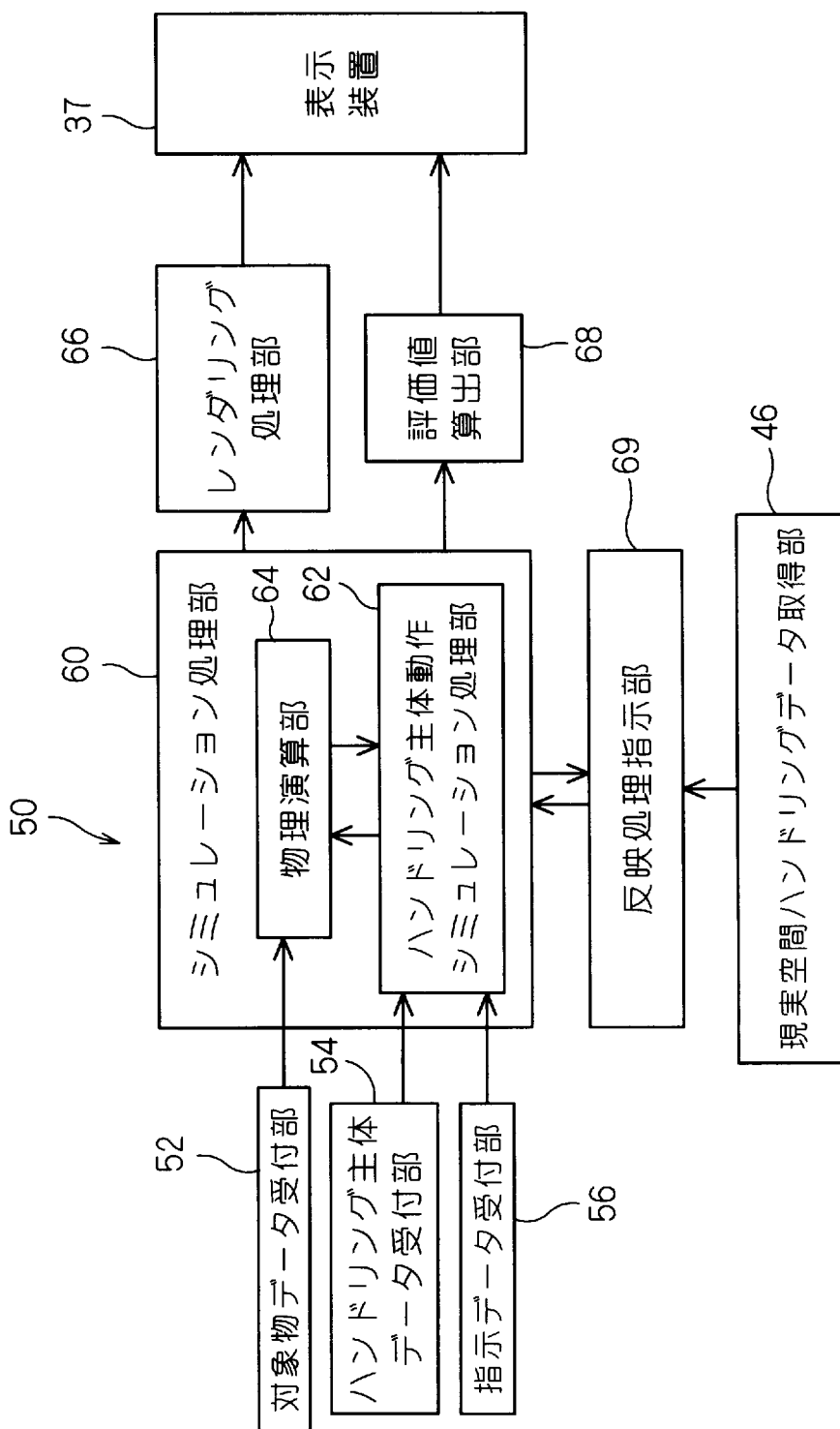
[図1]



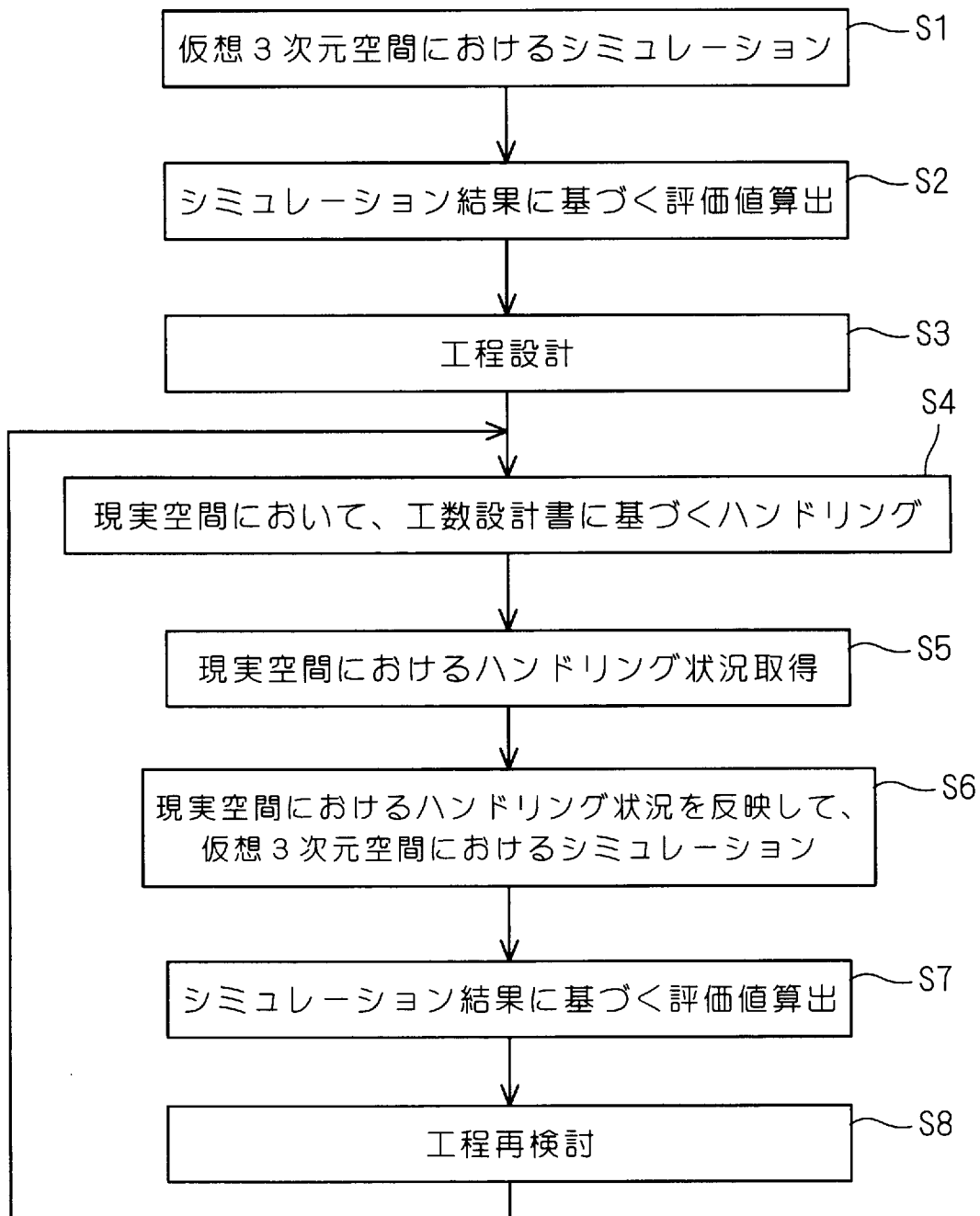
[図2]



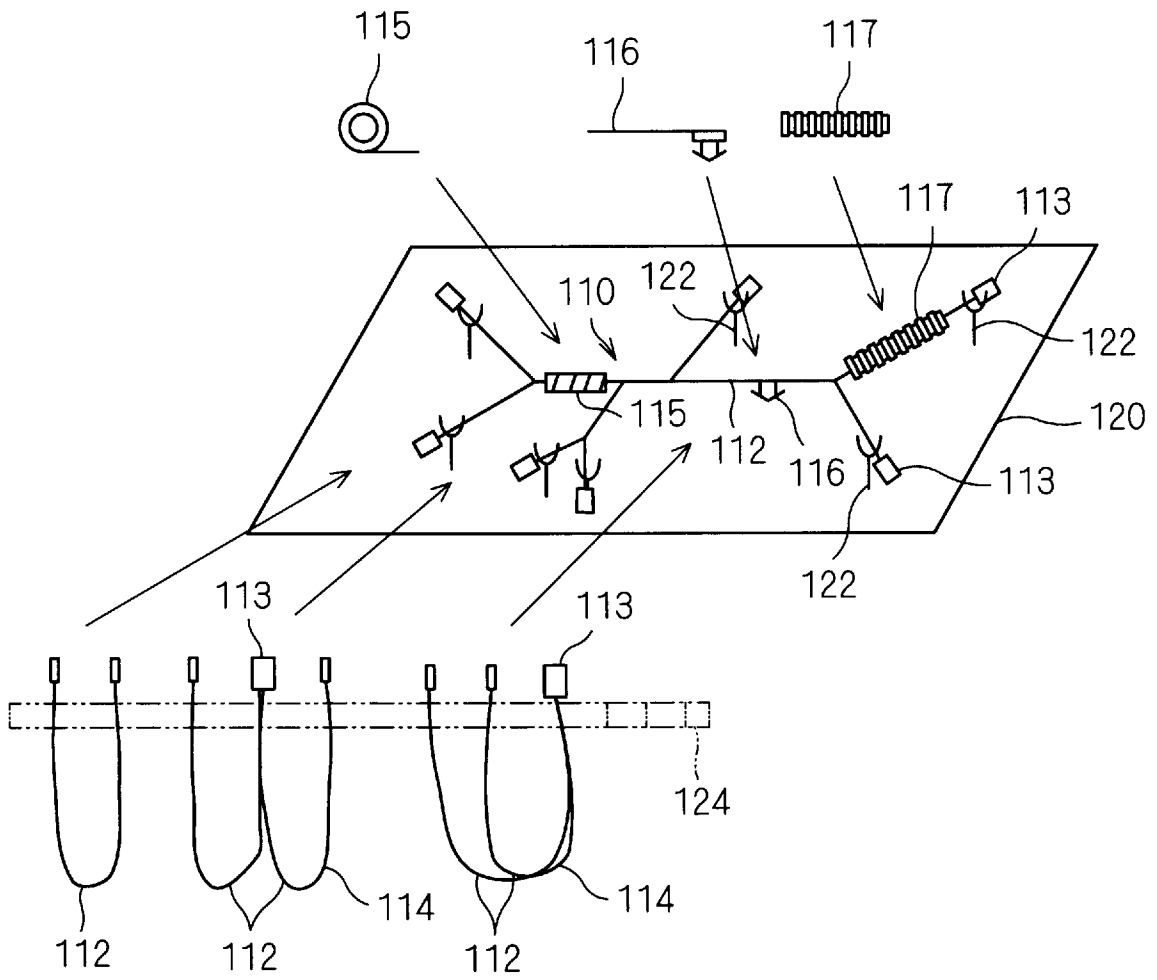
[図3]



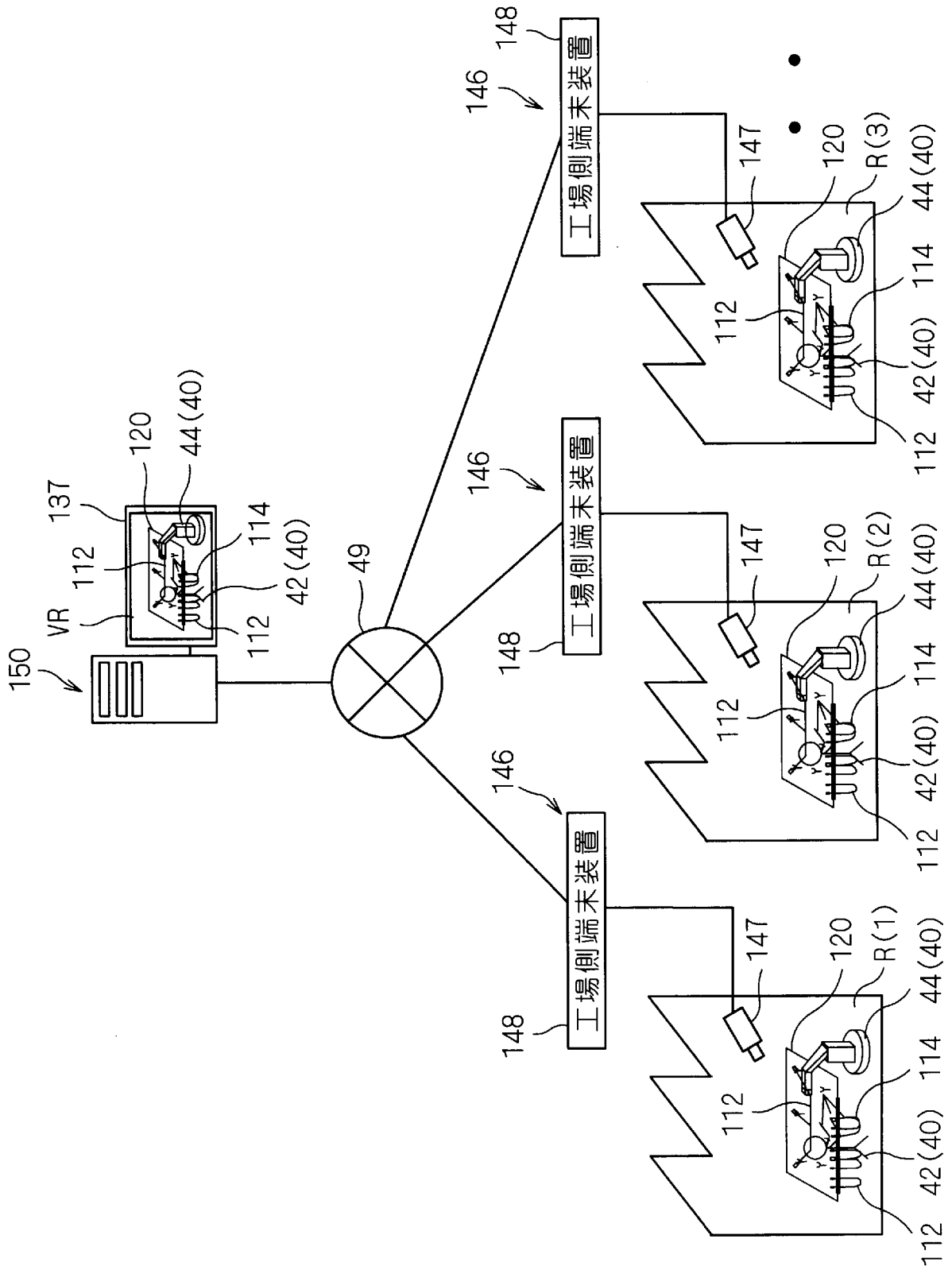
[図4]



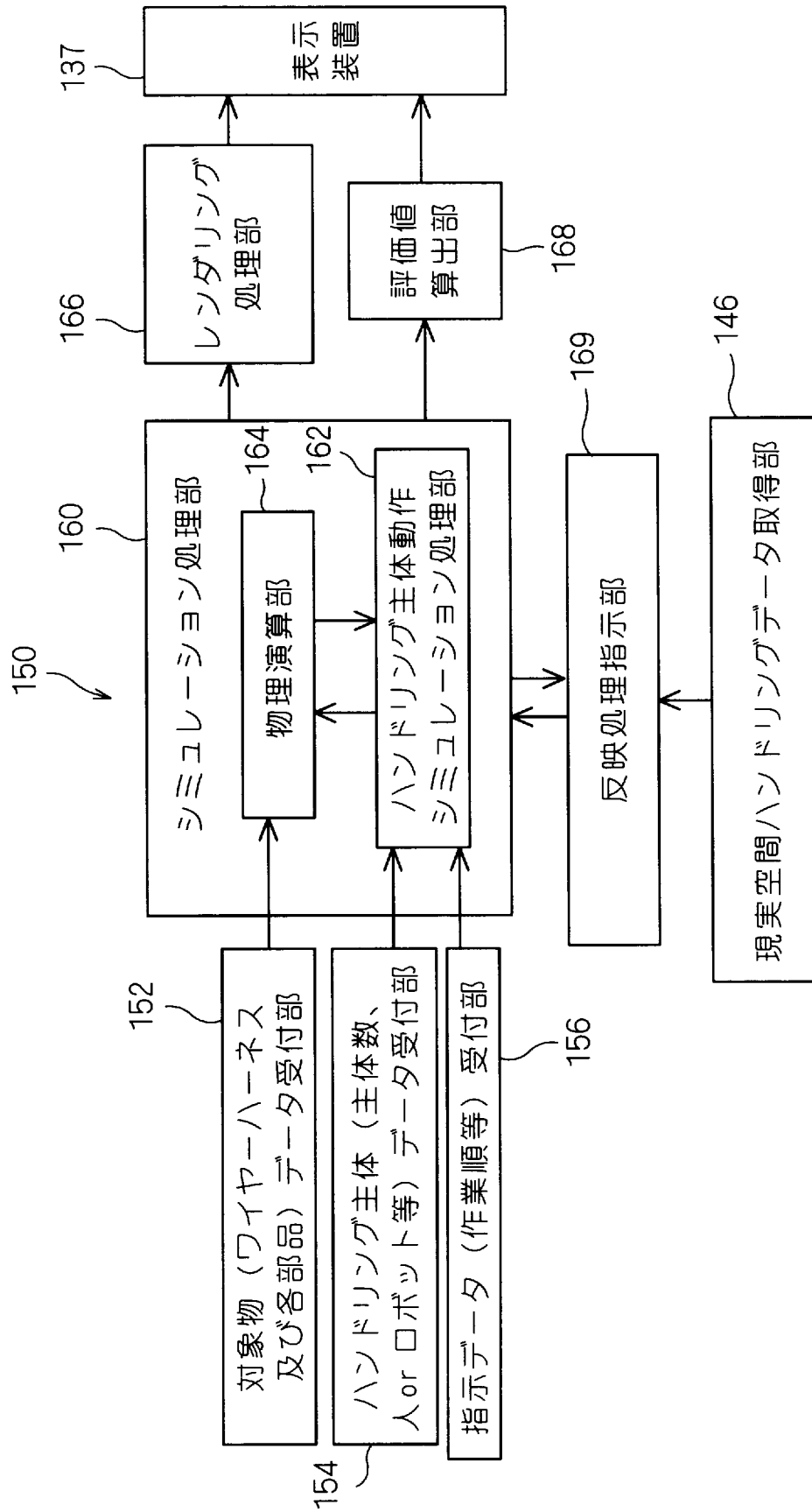
[図5]



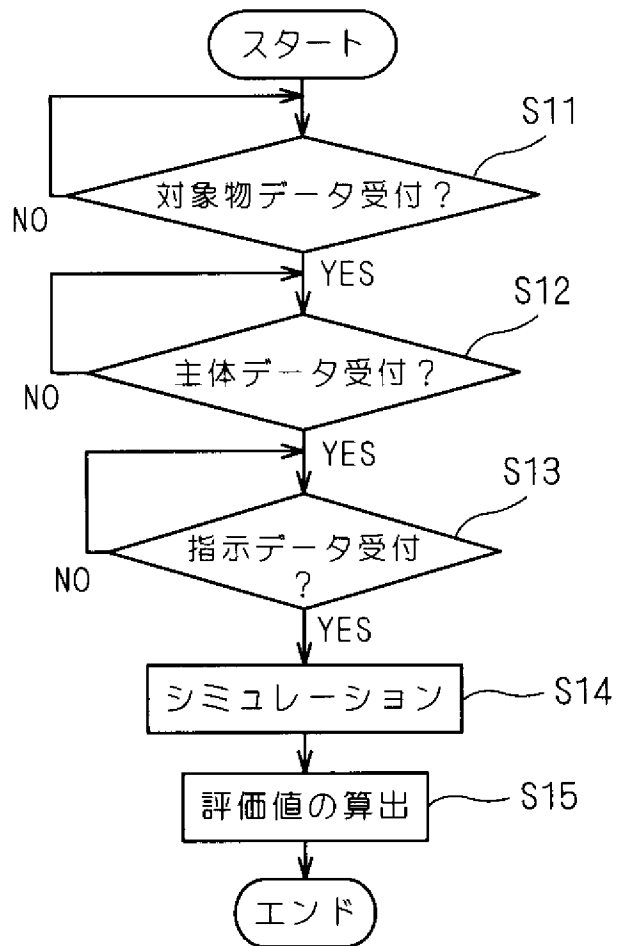
[図6]



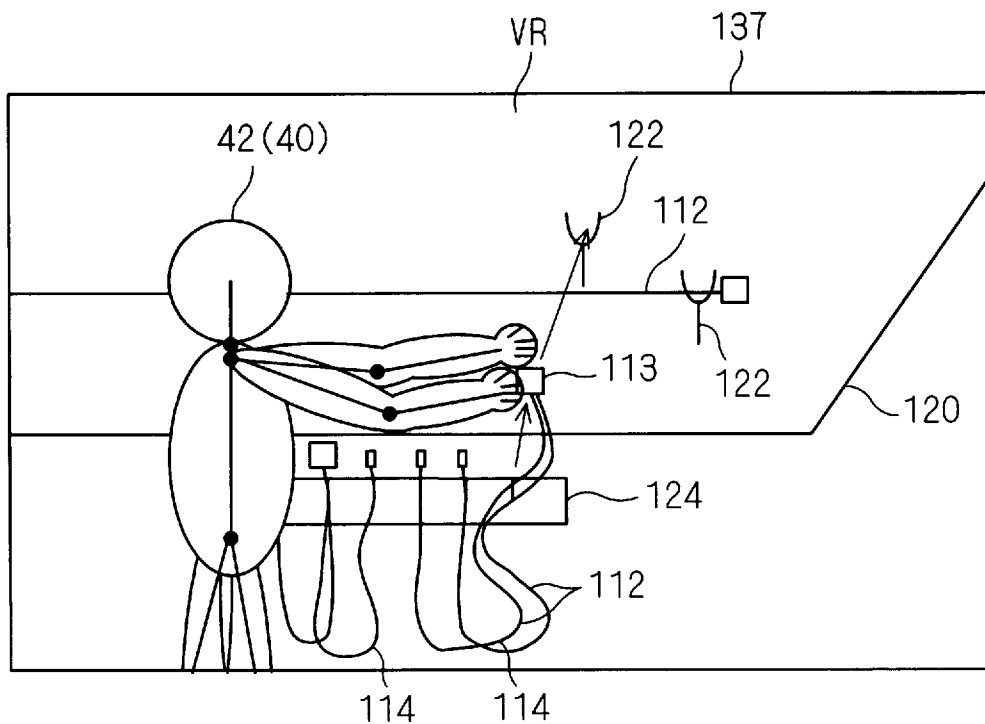
[図7]



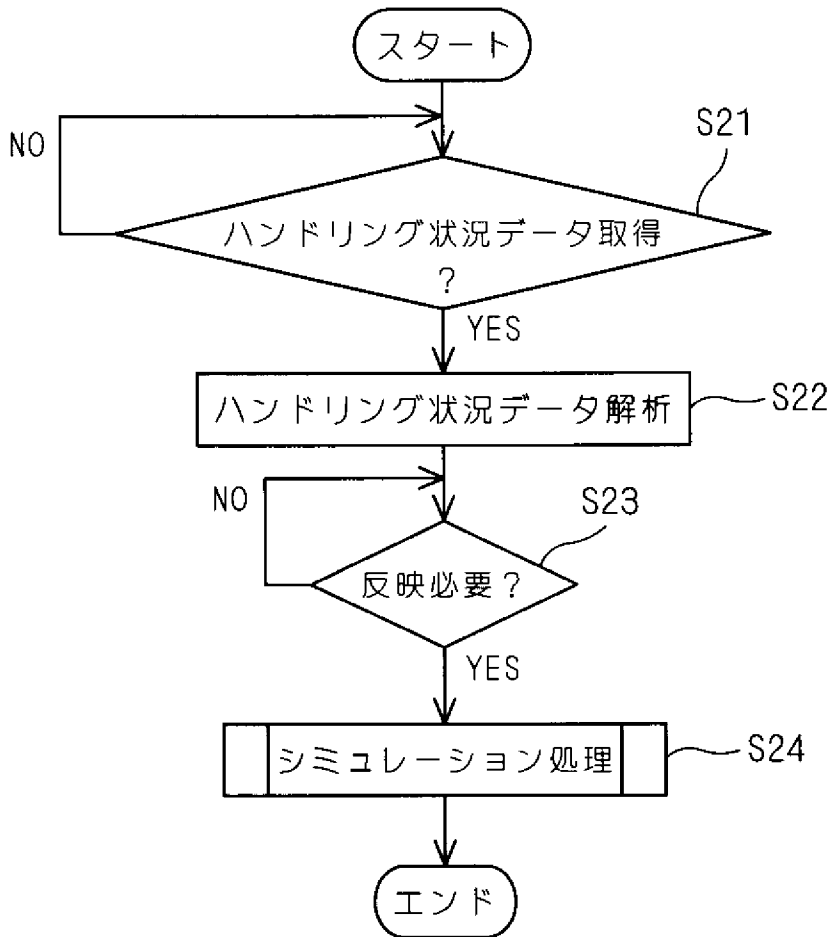
[図8]



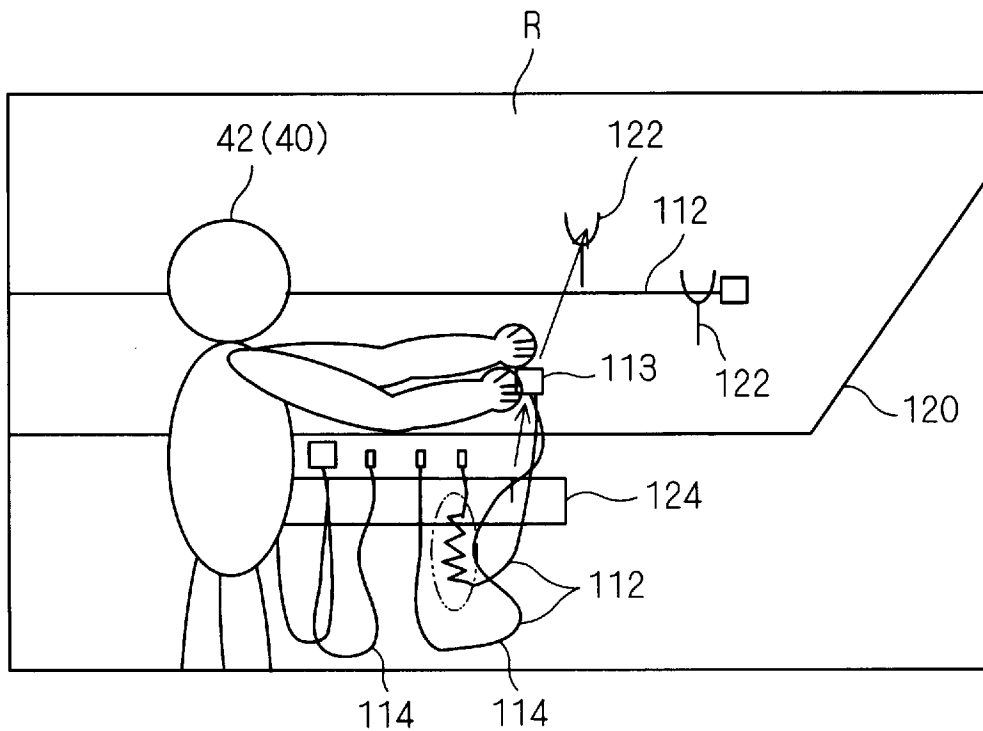
[図9]



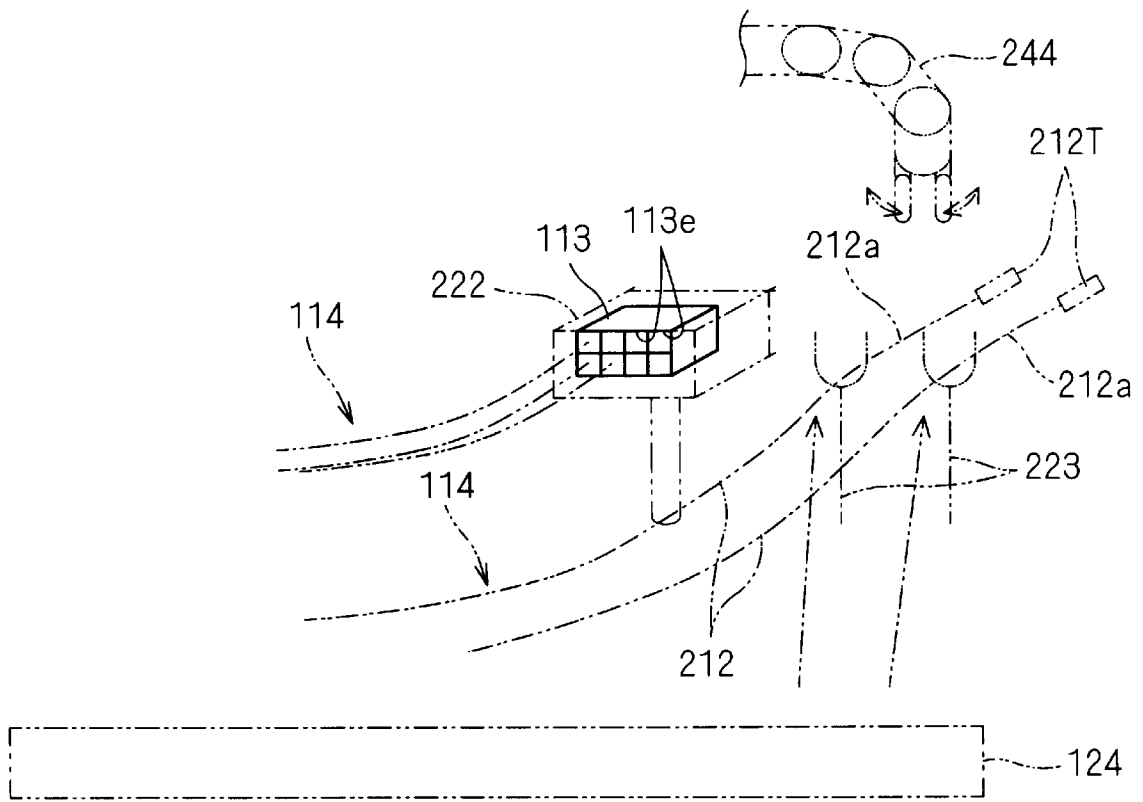
[図10]



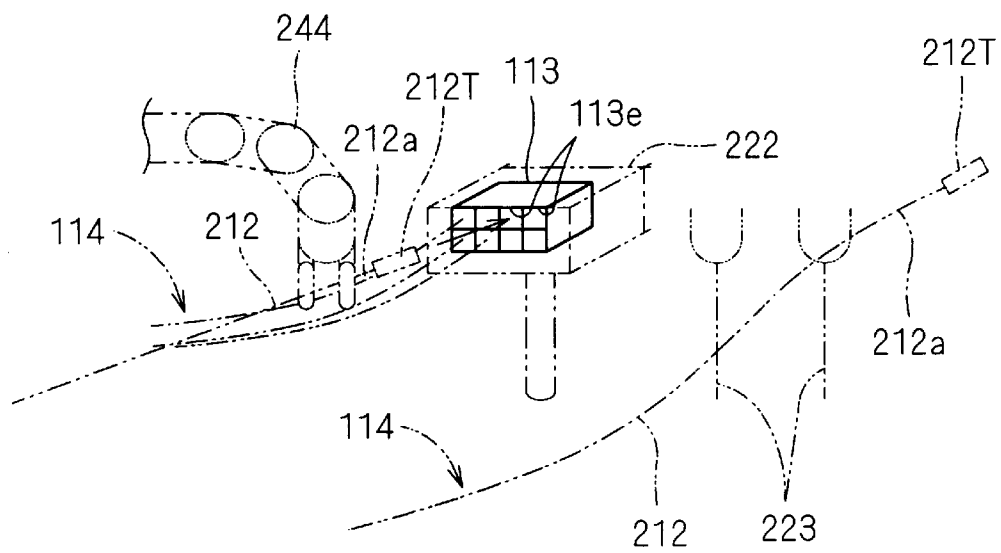
[図11]



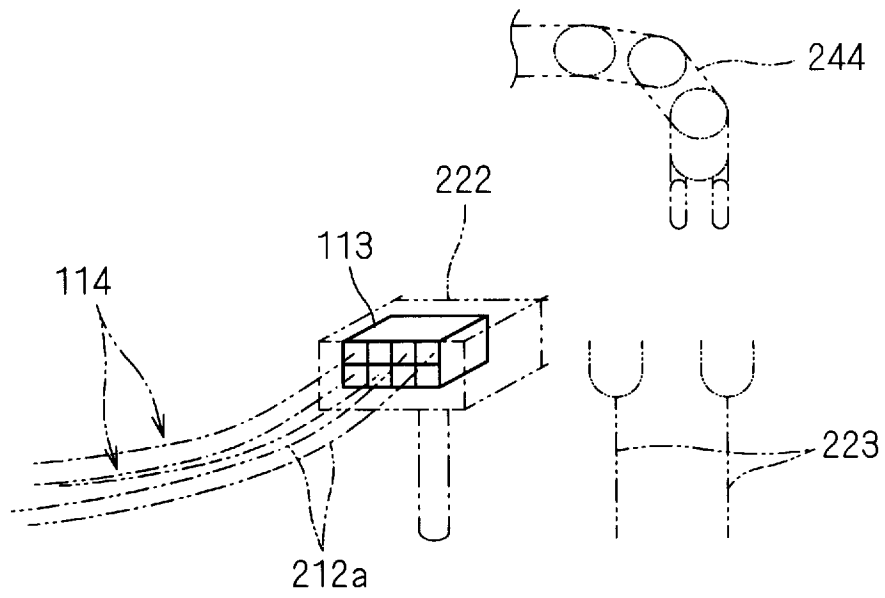
[図12]



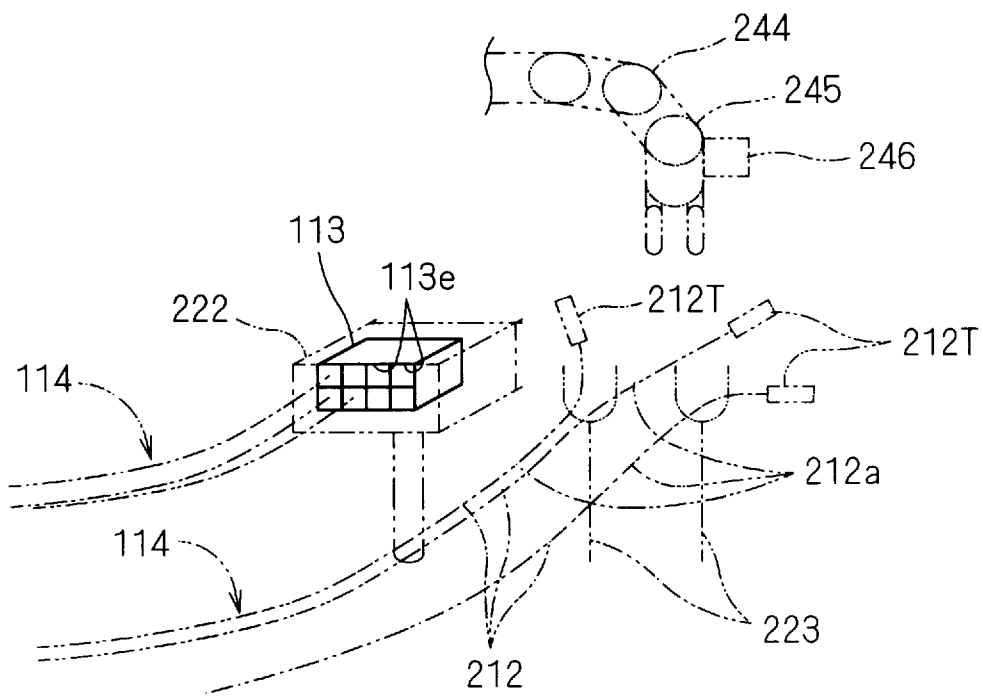
[図13]



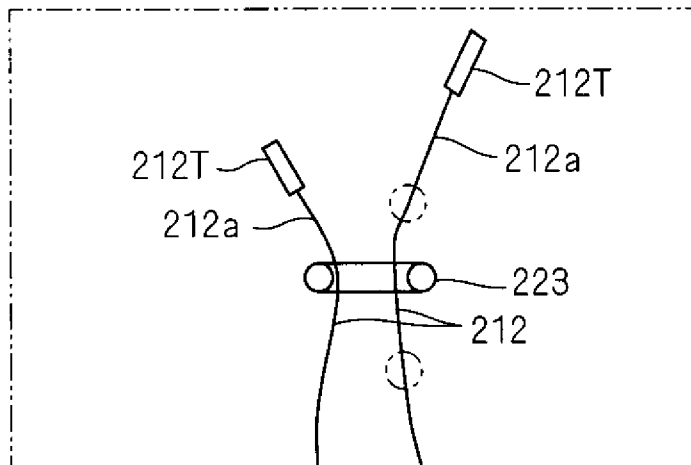
[図14]



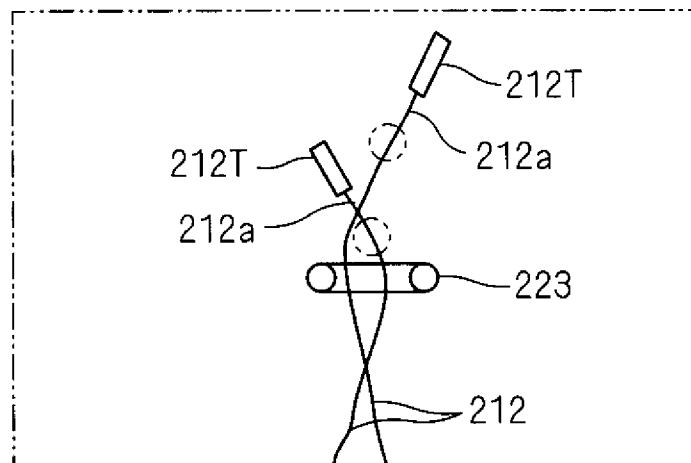
[図15]



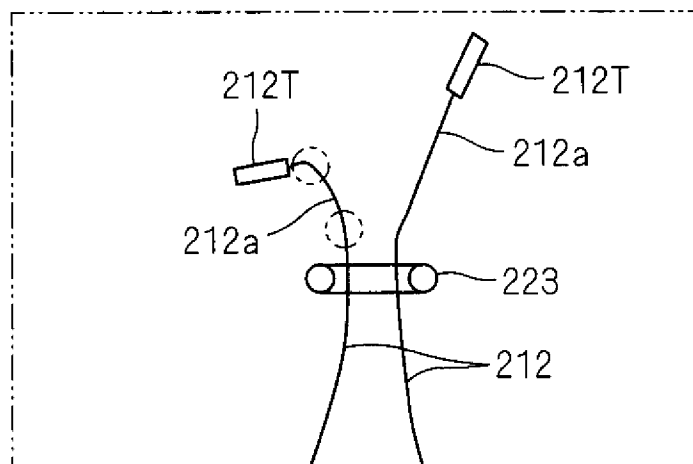
[図16]



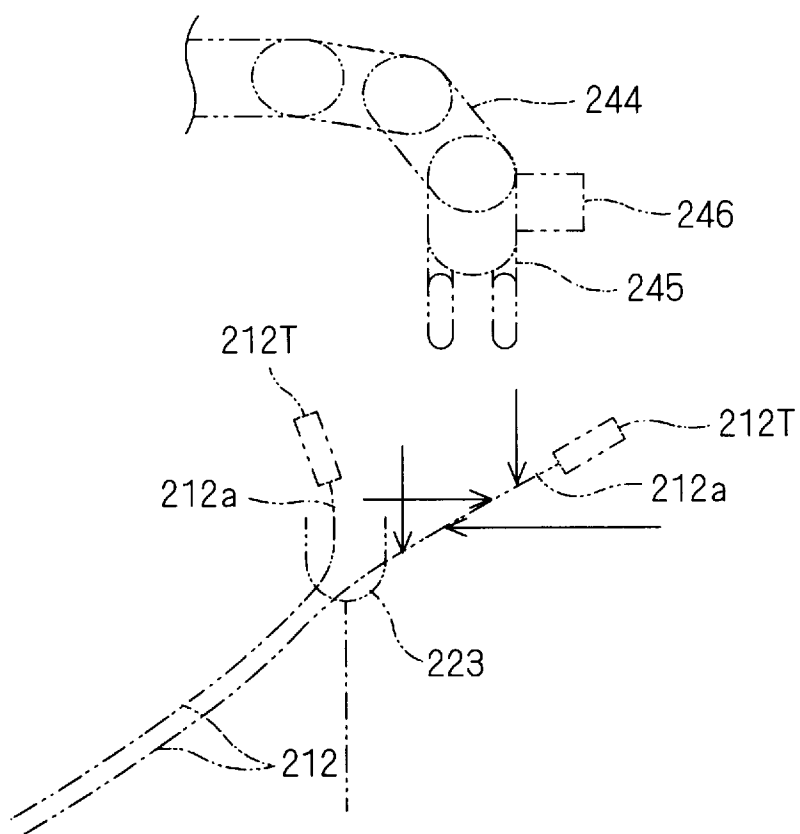
[図17]



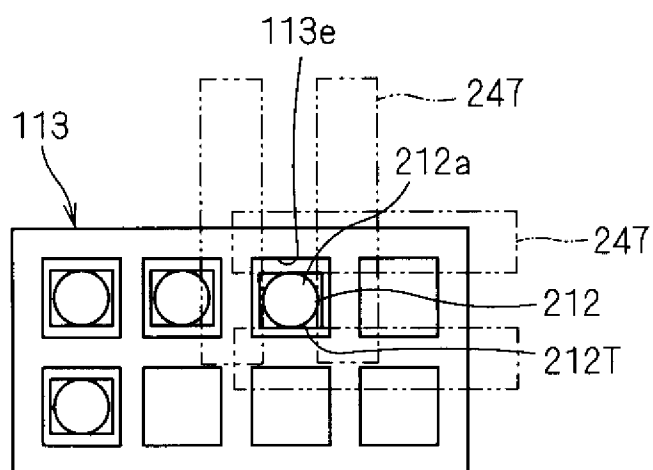
[図18]



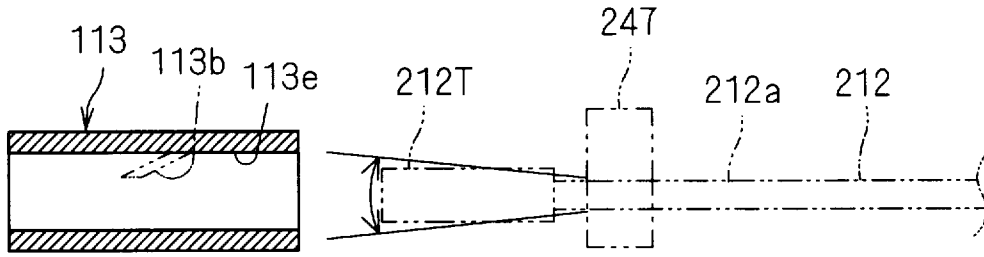
[図19]



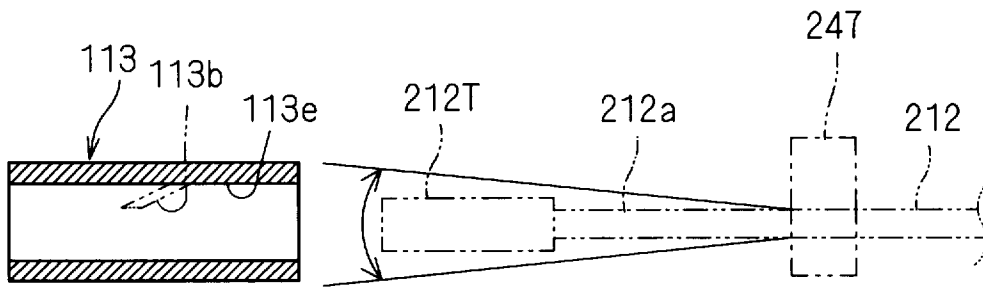
[図20]



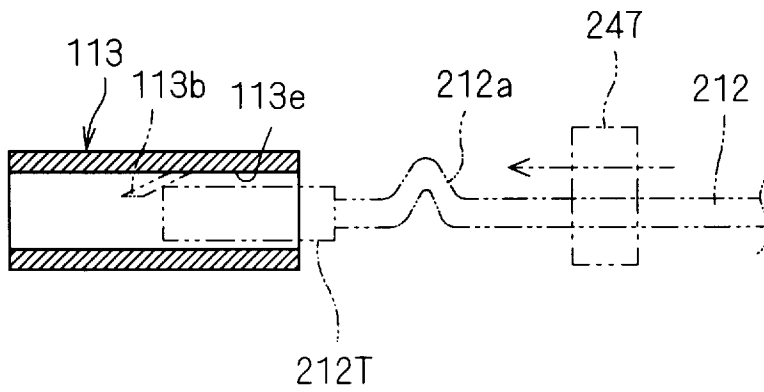
[図21]



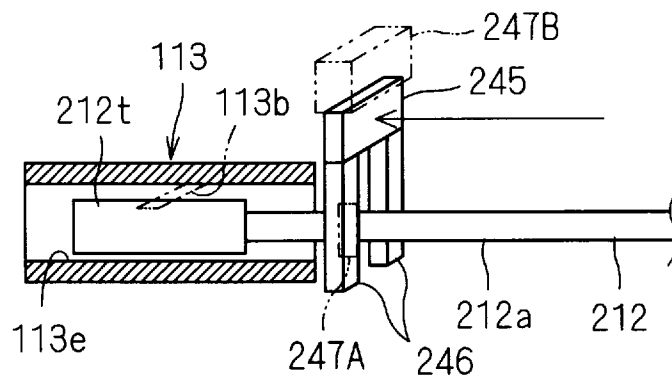
[図22]



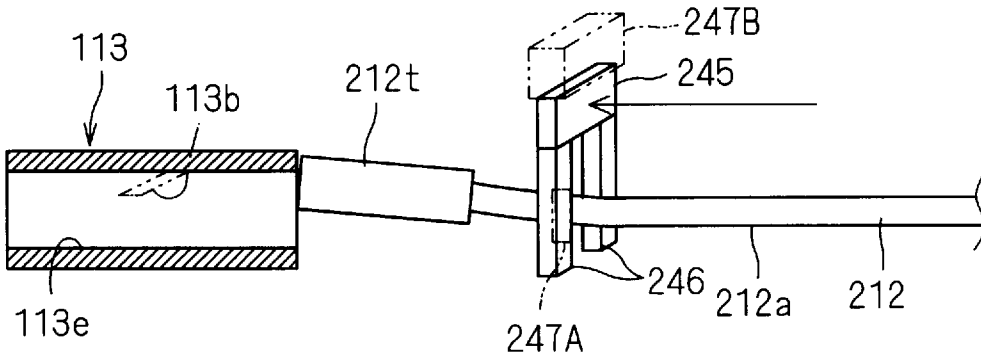
[図23]



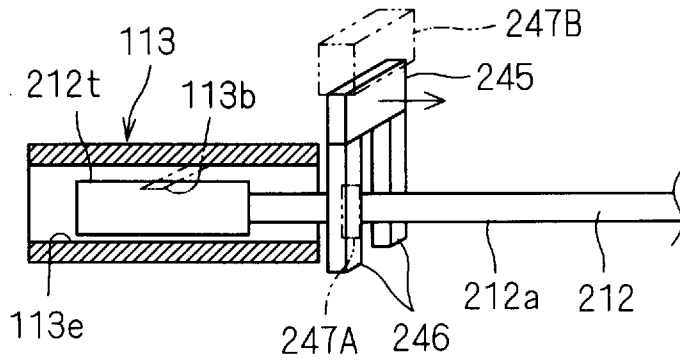
[図24]



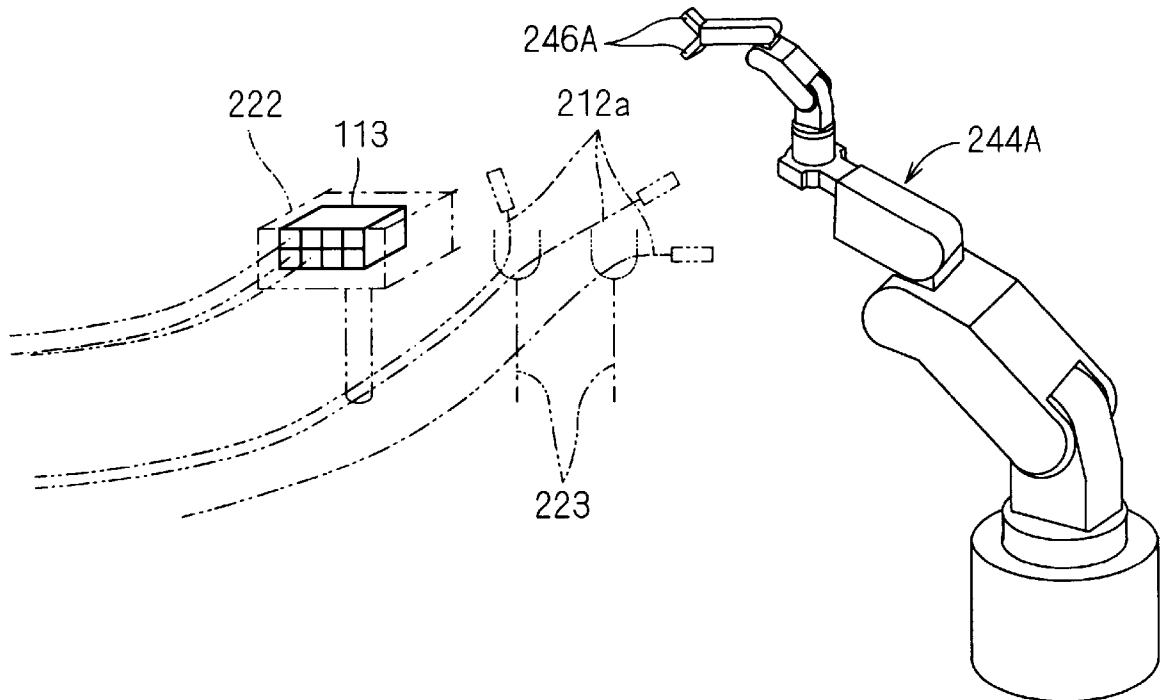
[図25]



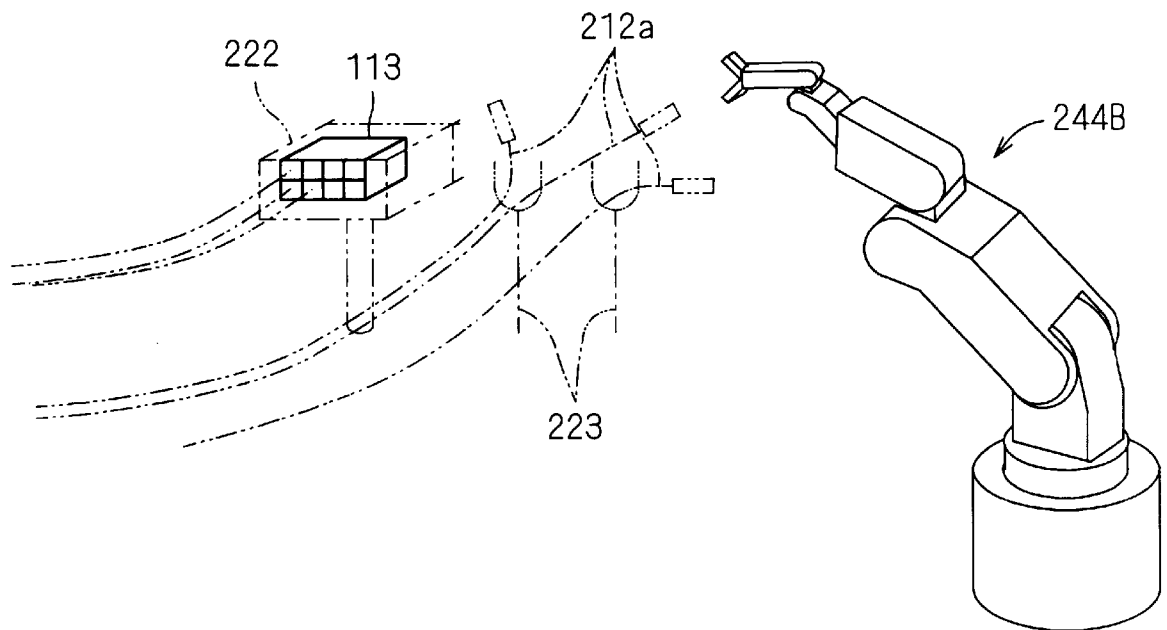
[図26]



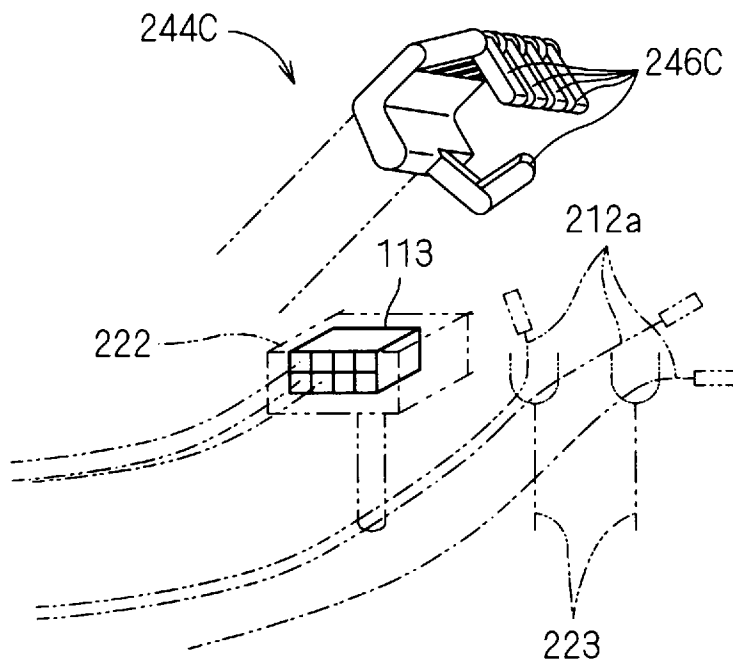
[図27]



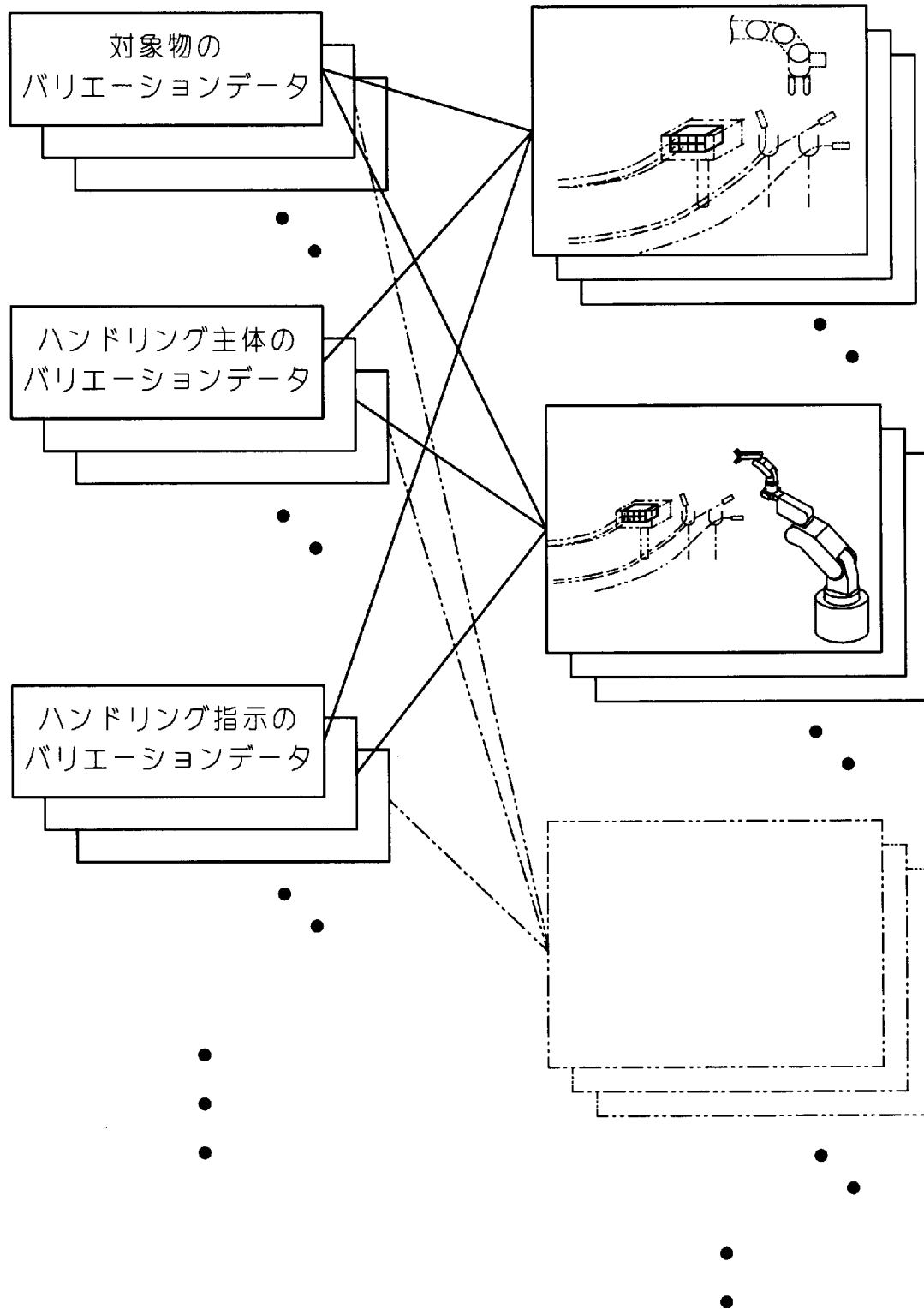
[図28]



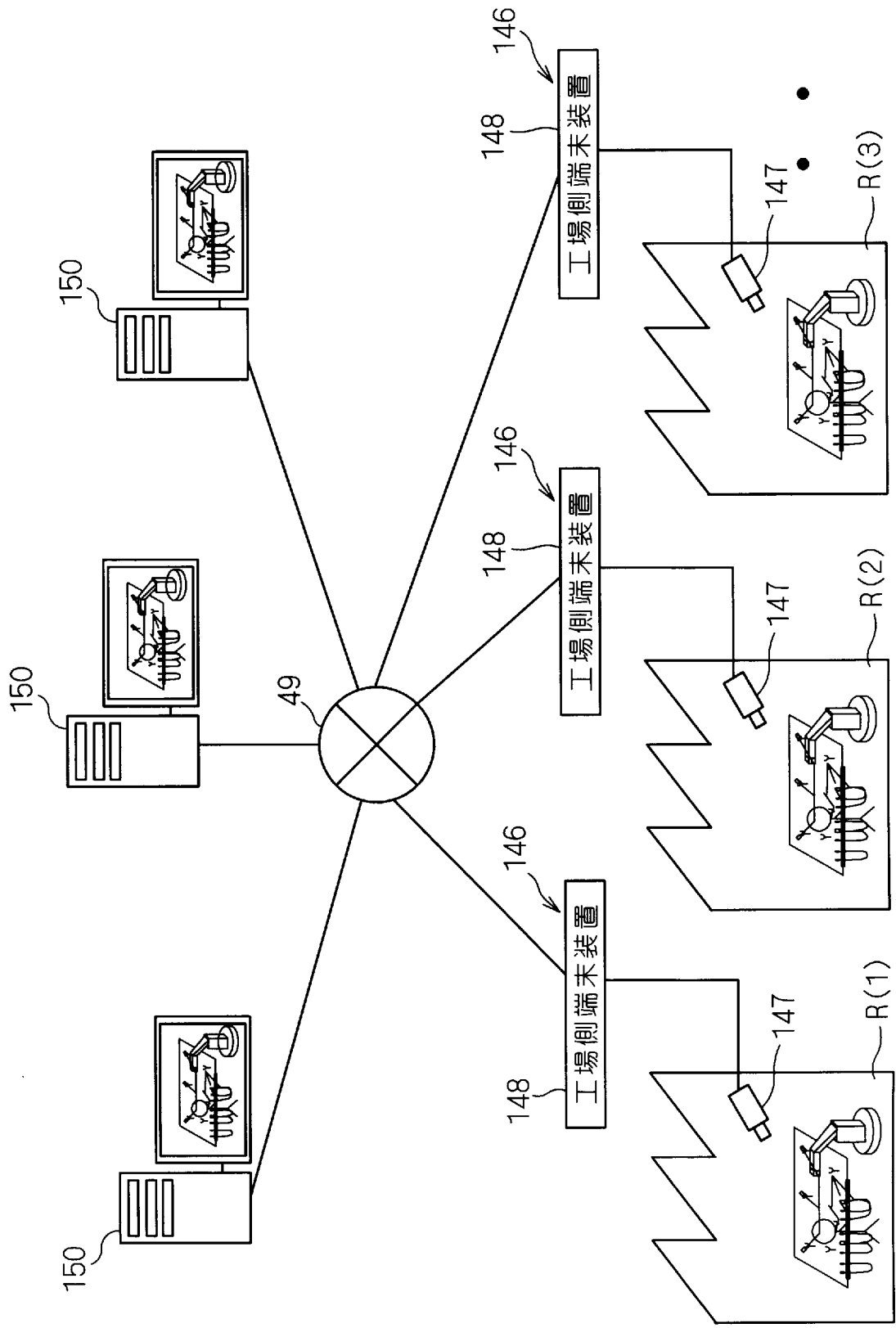
[図29]



[図30]



[図31]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/069201

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G06F17/50(2006.01)i, B25J9/22(2006.01)i, G06T19/00(2011.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G06F17/50, B25J9/22, G06T19/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
IEEE Xplore, CiNii, JSTPlus(JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2011-156605 A (Denso Wave Inc.), 18 August 2011 (18.08.2011), paragraphs [0019] to [0043]; fig. 2 (Family: none)	1, 5, 10, 12 2-4, 9 6-8, 11
Y A	JP 2012-208903 A (Furukawa Automotive Systems Inc.), 25 October 2012 (25.10.2012), paragraphs [0043] to [0047], [0064] (Family: none)	2-4 6-8, 11
Y A	JP 2008-9621 A (The Nippon Signal Co., Ltd.), 17 January 2008 (17.01.2008), paragraph [0020] (Family: none)	9 6-8, 11

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 13 September 2016 (13.09.16)	Date of mailing of the international search report 20 September 2016 (20.09.16)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. G06F17/50(2006.01)i, B25J9/22(2006.01)i, G06T19/00(2011.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. G06F17/50, B25J9/22, G06T19/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）
 IEEE Xplore, CiNii, JSTPlus (JDreamIII)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2011-156605 A（株式会社デンソーウェーブ） 2011.08.18, 段落【0019】-【0043】，第2図 （ファミリーなし）	1, 5, 10, 12 2-4, 9 6-8, 11
Y A	JP 2012-208903 A（古河AS株式会社） 2012.10.25, 段落【0043】-【0047】，【0064】 （ファミリーなし）	2-4 6-8, 11

C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 13.09.2016	国際調査報告の発送日 20.09.2016
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 合田 幸裕 電話番号 03-3581-1101 内線 3599

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2008-9621 A (日本信号株式会社) 2008.01.17, 段落【0020】 (ファミリーなし)	9 6-8, 11