(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
2022年3月3日(03.03.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/045253 A1

(51) 国際特許分類:
G05B 19/4061 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/031376

(22) 国際出願日： 2021年8月26日(26.08.2021)

(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 2020-146207 2020年8月31日(31.08.2020) JP

(71) 出願人: ファナック株式会社 (**FANUC CORPORATION**) [JP/JP]; 〒4010597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場３５８０番地 Yamanashi (JP).

(72) 発明者: 澤岡 浩貴 (**SAWAOKA Hiroki**); 〒4010597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場３５８０番地 ファナック株式会社内 Yamanashi (JP).

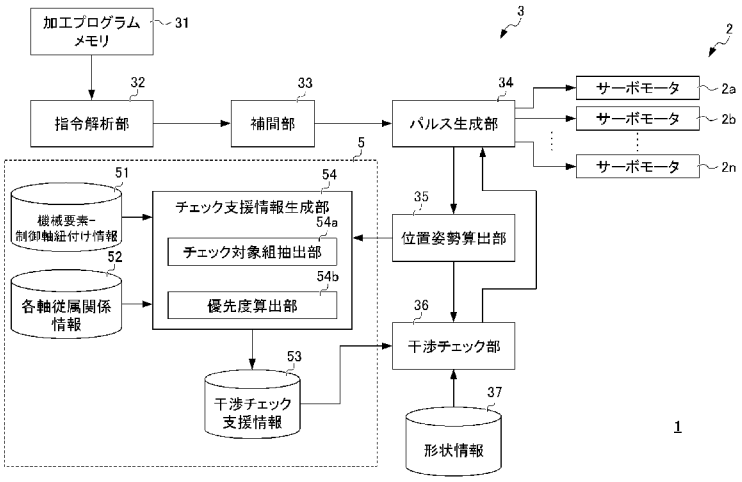
(74) 代理人: 正林 真之, 外(**SHOBAYASHI Masayuki** et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内１－７－１２ サピアタワー Tokyo (JP).

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) **Title:** NUMERICAL CONTROL SYSTEM AND INTERFERENCE CHECKING ASSISTANCE METHOD

(54) 発明の名称： 数値制御システム及び干渉チェック支援方法

[図1]



2a, 2b, 2n Servo motor
31 Machining program memory
32 Instruction analysis unit
33 Interpolation unit
34 Pulse generation unit
35 Position attitude calculation unit
36 Interference checking unit
37 Shape information
51 Machine element-control axis linking information
52 Individual axis subordinate relationship information
53 Interference checking assistance information
54 Checking assistance information generation unit
54a Checking subject set extraction unit
54b Priority calculation unit

(57) **Abstract:** A numerical control apparatus 3 comprises: a pulse generation unit 34 that moves a plurality of machine elements of a machine tool 2 along a plurality of control axes on the basis of a movement pulse for the machine tool 2; an interference checking unit 36 that performs interference checking calculation for a plurality of interference-checking subject sets; and an interference checking assistance device 5 that assists the interference checking calculation. The interference checking assistance device 5 comprises: a first storage unit 51 that stores machine element-control axis linkage information; a second storage unit 52 that stores individual axis subordinate relationship information; and a checking subject set extraction unit 54a that, on the basis of the movement pulse, the machine element-control axis linkage information, and the individual axis subordinate relationship information, extracts one or more checking subject sets from among all

WO 2022/045253 A1

[続葉有]

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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), ユーラシア (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).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

.

combinations of the machine elements.

(57) 要約:数値制御装置３は、工作機械２に対する移動パルスに基づいて工作機械２の複数の機械要素を複数の制御軸に沿って移動させるパルス生成部３４と、干渉チェック演算を複数の干渉チェック対象組に対して行う干渉チェック部３６と、干渉チェック演算を支援する干渉チェック支援装置５と、を備える。干渉チェック支援装置５は、機械要素－制御軸紐付け情報を記憶する第１記憶部５１と、各軸従属関係情報を記憶する第２記憶部５２と、移動パルス、機械要素－制御軸紐付け情報、及び各軸従属関係情報に基づいて、複数の機械要素の全ての組み合わせの中から１組以上のチェック対象組を抽出するチェック対象組抽出部５４ａと、を備える。

明　細　書

発明の名称 ： 数値制御システム及び干渉チェック支援方法

技術分野

[0001]　本開示は、数値制御システム及び干渉チェック支援方法に関する。

背景技術

[0002]　数値制御装置は、予め作成された数値制御プログラムに基づいて、工作機械を構成する複数の機械要素（工具、テーブル、ワークを保持する治具等）を複数の制御軸に沿って移動させることによってワークに加工を行う。また数値制御装置は、工作機械の各機械要素が互いに干渉していないかどうかを確認するための干渉チェック演算を工作機械による加工中に並行して行う干渉チェック機能を備える（例えば、特許文献１参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第６０６６０４１号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　ところで従来の数値制御装置では、所定のチェック対象組を構成する２つの機械要素同士が干渉していないかどうかを、各機械要素の形状に関する形状情報、各機械要素の位置に関する位置情報、及び各機械要素の姿勢に関する姿勢情報を用いた干渉チェック演算を行うことによって判断する。また従来の数値制御装置では、このような干渉チェック演算を、複数のチェック対象組に対して行う必要があることから、時間がかかるおそれがある。

[0005]　このためチェック対象組の数が多くなると、数値制御装置による工作機械の制御周期内に全てのチェック対象組について干渉チェック演算を完了することができなくなってしまうおそれがある。またこのため、機械要素同士の干渉を適切なタイミングで検出できなくなってしまうおそれがある。

[0006]　本開示は、上記課題に鑑みてなされたものであり、干渉チェック演算を短

時間で終えることができるよう数値制御装置における干渉チェック演算を支援する数値制御システム及び干渉チェック支援方法を提供する。

課題を解決するための手段

[0007] 本開示の一態様は、移動指令に基づいて工作機械の複数の機械要素を複数の軸に沿って移動させるとともに所定のチェック対象組によって組み合わせられる２つの機械要素の間の干渉チェック演算を行う数値制御装置と、前記干渉チェック演算を支援する干渉チェック支援装置と、を備えるものであって、前記干渉チェック支援装置は、前記工作機械における各軸と前記複数の機械要素のうち当該軸に沿って移動する機械要素とを関連付ける第１情報を記憶する第１記憶部と、前記工作機械における各軸の間の従属関係を規定する第２情報を記憶する第２記憶部と、前記移動指令、前記第１情報、及び前記第２情報に基づいて、前記複数の機械要素の全ての組み合わせの中から１組以上の前記チェック対象組を抽出するチェック対象組抽出部と、を備える、数値制御システムである。

[0008] 本開示の一態様は、移動指令に基づいて工作機械の複数の機械要素を複数の軸に沿って移動させるとともにチェック対象組によって組み合わせられた２つの機械要素の間の干渉チェック演算を行う数値制御装置における前記干渉チェック演算を支援する方法であって、前記移動指令と、前記工作機械における各軸と前記複数の機械要素のうち当該軸に沿って移動する機械要素とを関連付ける第１情報と、前記工作機械における各軸の間の従属関係を規定する第２情報と、を取得し、前記移動指令と前記第１情報と前記第２情報とに基づいて、前記複数の機械要素の全ての組み合わせの中から１組以上の前記チェック対象組を抽出する、干渉チェック支援方法である。

発明の効果

[0009] 本開示の一態様によれば、チェック対象組抽出部は、数値制御装置における移動指令と、工作機械における各軸と複数の機械要素のうちこの軸に沿って移動する機械要素とを関連付ける第１情報と、工作機械における各軸の間の従属関係を規定する第２情報と、に基づいて、工作機械を構成する複数の

機械要素の全ての組み合わせの中から１組以上のチェック対象組を抽出する。これにより、複数の機械要素の全ての組み合わせの中から、干渉しないことが自明な機械要素の組み合わせ（例えば、移動指令に基づく軸に沿って一緒に移動する機械要素の組み合わせ）を除いてチェック対象組を抽出することができる。また数値制御装置は、移動指令に基づいて複数の機械要素を複数の軸に沿って移動させるとともに、チェック対象組抽出部によって抽出されたチェック対象組について干渉チェック演算を行う。本開示の一態様によれば、干渉チェック演算を行うチェック対象組を、干渉しないことが非自明な機械要素の組み合わせのみに絞り込むことができるので、数値制御装置における干渉チェック演算を全ての組み合わせについて行う場合よりも短時間で終えることができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本開示の第１実施形態に係る数値制御システムの概略図である。

[図2]工作機械の一例を示す図である。

[図3]機械要素－制御軸紐付け情報及び各軸従属関係情報の、機械構成木による表示例を示す図である。

[図4A]機械要素－制御軸紐付け情報及び各軸従属関係情報の一例を示す図である。

[図4B]図４Ａに例示する機械要素－制御軸紐付け情報及び各軸従属関係情報の下で第１～第４機械要素を従属機械要素群と静止機械要素群とに分類した場合を示す図である。

[図5]チェック対象組抽出処理の具体的な手順を示すフローチャートである。

[図6]第１の優先度算出アルゴリズムによって優先度を算出する手順を説明するための図である。

[図7]第２の優先度算出アルゴリズムによって優先度を算出する手順を説明するための図である。

[図8]第３の優先度算出アルゴリズムによって優先度を算出する手順を説明するための図である。

[図9]干渉チェック支援装置によって生成される干渉チェック支援情報の一例を示す図である。

[図10]本開示の第２実施形態に係る数値制御システムの概略図である。

発明を実施するための形態

[0011] ＜第１実施形態＞

以下、図面を参照して、本開示の第１実施形態に係る数値制御システムについて説明する。

[0012] 図１は、本実施形態に係る数値制御システム１の概略図である。

[0013] 数値制御システム１は、工作機械２と、この工作機械２を制御する数値制御装置（ＣＮＣ）３と、を備える。

[0014] 工作機械２は、工具、テーブル、工具を支持する支持具、及びワークを保持する治具等の所定の立体形状を有する複数の機械要素と、各機械要素を複数の制御軸に沿って移動させる複数のサーボモータ２ａ，２ｂ，…，２ｎと、を備える。工作機械２は、数値制御装置３から送信される移動パルスに基づいて複数のサーボモータ２ａ，…，２ｎを駆動し、複数の機械要素を複数の制御軸に沿って移動させることによって図示しないワークを加工する。ここで工作機械２は、例えば、旋盤、ボール盤、フライス盤、研削盤、レーザ加工機、及び射出成型機等であるが、これらに限らない。

[0015] 数値制御装置３は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）等の演算処理手段、各種プログラムを格納したＨＤＤ（Hard Disk Drive）やＳＳＤ（Solid State Drive）等の補助記憶手段、演算処理手段がプログラムを実行する上で一時的に必要とされるデータを格納するためのＲＡＭ（Random Access Memory）といった主記憶手段、オペレータが各種操作を行うキーボードといった操作手段、及びオペレータに各種情報を表示するディスプレイといった表示手段等のハードウェアによって構成されるコンピュータである。

[0016] 数値制御装置３は、上記ハードウェア構成によって、加工プログラムメモリ３１、指令解析部３２、補間部３３、パルス生成部３４、位置姿勢算出部３５、干渉チェック部３６、形状記憶部３７、及び干渉チェック支援装置５

等の各種機能が実現される。

[0017] 加工プログラムメモリ３１には、工作機械２の各機械要素を各制御軸に沿って移動（並進移動及び回転移動を含む）させるための指令を含む数値制御プログラムが格納される。数値制御プログラムは、所定のプログラミング言語（例えば、Ｇコード）によって記述されている。

[0018] 指令解析部３２は、加工プログラムメモリ３１に格納された数値制御プログラムをブロック毎に読み出し、解析し、解析結果に基づいて工作機械２の各制御軸の移動を指令する移動指令データを生成する。指令解析部３２は、生成した移動指令データを補間部３３へ送信する。

[0019] 補間部３３は、指令解析部３２から送信される移動指令データに基づいて、指令経路上の点を所定の補間周期で補間計算した補間データを生成する。補間部３３は、生成した補間データをパルス生成部３４へ送信する。

[0020] パルス生成部３４は、補間部３３から送信される補間データに基づいて、工作機械２に対する移動指令、すなわち工作機械２の各サーボモータ２ａ，…，２ｎに対する移動パルスを上記補間周期毎に生成する。パルス生成部３４は、以上のようにして生成した移動パルスをサーボモータ２ａ，…，２ｎへ入力することにより、工作機械２の複数の機械要素を複数の制御軸に沿って移動させる。なおパルス生成部３４は、干渉チェック部３６における後述の干渉チェック演算に基づいて複数の機械要素の何れかが干渉すると判断された場合には、この干渉を未然に防ぐべく移動パルスの生成及び工作機械２への入力を停止する。

[0021] またパルス生成部３４は、上述のように補間データに基づいて移動パルスを補間周期毎に生成するとともに、今回の補間周期で工作機械２へ入力する予定の移動パルスを、工作機械２へ入力する前に位置姿勢算出部３５へ送信する。

[0022] 位置姿勢算出部３５は、パルス生成部３４から補間周期毎に送信される移動パルスに基づいて、移動パルスに基づいて各制御軸を移動させた場合における各制御軸の単位時間当たり（例えば、補間周期当たり）の軸移動量に関

する軸移動量ベクトルと、移動パルスに基づいて各制御軸を移動させる前の各機械要素の位置に関する移動前位置ベクトルと、移動パルスに基づいて各制御軸を移動させた後の各機械要素の位置に関する移動後位置ベクトルと、移動パルスに基づいて各制御軸を移動させた後の各機械要素の姿勢に関する移動後姿勢情報と、を算出する。位置姿勢算出部３５は、算出した各制御軸に対する軸移動量ベクトル及び各機械要素に対する移動前位置ベクトルを干渉チェック支援装置５へ送信する。また位置姿勢算出部３５は、算出した各機械要素に対する移動後位置ベクトル及び移動後姿勢情報を干渉チェック部３６へ送信する。

[0023] なお位置姿勢算出部３５において算出する軸移動量ベクトルの向き及びノルムは以下のように定義される。制御軸が機械要素をその軸線に沿って並進移動させる直進軸である場合、軸移動量ベクトルの向きは制御軸と平行であり、軸移動量ベクトルのノルムは制御軸の軸線に沿った単位時間当たりの移動距離［ｍｍ］と等しい。また制御軸が機械要素をその軸線回りで回転移動させる回転軸である場合、制御軸の角速度ベクトルを軸移動量ベクトルとして用いる。すなわち制御軸が回転軸である場合、軸移動量ベクトルの向きは制御軸と平行であり、軸移動量ベクトルのノルムは制御軸の単位時間当たりの回転角度［ｒａｄ］と等しい。なお以下では、軸移動量ベクトルのノルムを単に「軸移動量」ともいう。

[0024] 形状記憶部３７には、工作機械２を構成する複数の機械要素の各々の形状に関する形状情報が格納されている。なお、上述のようにパルス生成部３４から工作機械２へ入力する移動パルスと同じ補間周期の移動パルスを位置姿勢算出部３５へ入力する場合、仮に補間周期内に干渉チェック部３６による干渉チェック演算を終えることができなかったとしても、直ちに干渉が生じることが無いように、形状記憶部３７に格納されている形状情報には僅かなマージンを加えておくことが好ましい。すなわち、形状記憶部３７に格納されている形状情報は、実際の機械要素よりも僅かに大きな機械要素に基づいて作成することが好ましい。

[0025] 干渉チェック部３６は、上述のようにパルス生成部３４によって生成される移動パルスを工作機械２へ入力し続けた場合に、工作機械２を構成する複数の機械要素同士で干渉が生じるかどうかを判定するための干渉チェック演算を、複数のチェック対象組に対して行う。ここでチェック対象組とは、工作機械２を構成する複数の機械要素のうちの２つを組み合わせて構成される。従って工作機械２を構成する機械要素の総数がＮである場合、チェック対象組の総数はＮ（Ｎ－１）／２である。

[0026] より具体的には、干渉チェック部３６は、位置姿勢算出部３５から補間周期毎に送信される移動後位置ベクトル及び移動後姿勢情報と、干渉チェック支援装置５において後述の手順によって補間周期毎に生成される干渉チェック支援情報と、形状記憶部３７に格納された形状情報と、に基づいて、既知の干渉チェックアルゴリズム（例えば、分離軸方式）に基づく干渉チェック演算を行い、パルス生成部３４によって生成される移動パルスを工作機械２へ入力し続けた場合に、工作機械２を構成する複数の機械要素同士で干渉するかどうかを判定する。干渉チェック部３６は、干渉チェック演算によって干渉すると判断した場合には、その旨をパルス生成部３４へ通知し、干渉が生じる前に移動パルスの生成及び工作機械２への入力を停止させる。

[0027] 干渉チェック支援装置５は、第１記憶部５１と、第２記憶部５２と、第３記憶部５３と、チェック支援情報生成部５４と、を備え、これらを用いることによって干渉チェック部３６における干渉チェック演算を支援するための情報である干渉チェック支援情報を生成する。

[0028] 第１記憶部５１には、工作機械２における各制御軸と、各制御軸を移動させた場合に、当該移動に係る制御軸に沿って移動する機械要素と、を関連付ける機械要素－制御軸紐付け情報が、機械構成木やテーブル等の任意の形式で格納されている。なお本実施形態では、第１記憶部５１には、機械要素－制御軸紐付け情報を後述の図３に例示するような機械構成木形式で格納する場合について説明する。

[0029] 第２記憶部５２には、工作機械２における各制御軸の間の従属関係を規定

する各軸従属関係情報が、機械構成木やテーブル等の任意の形式で格納されている。なお本実施形態では、第２記憶部５２には、各軸従属関係情報を後述の図３に例示するような機械構成木形式で格納する場合について説明する。

[0030] 次に、これら記憶部５１，５２に格納されている機械要素－制御軸紐付け情報及び各軸従属関係情報の具体例について、図２及び図３を参照しながら説明する。

[0031] 図２は、工作機械２の一例を示す図である。図２に例示する工作機械２は、６つの機械要素２１，２２，２３，２４，２５，２６を、５つの制御軸Ｘ，Ｙ，Ｚ，Ａ，Ｃに沿って移動させることが可能となっている。第５機械要素２５は、図示しないワークを支持する治具であり、第６機械要素２６は、第５機械要素２５を支持するテーブルである。これら第５機械要素２５及び第６機械要素２６は、例えば鉛直方向に沿って延びる制御軸Ｃ回りで回転移動させることが可能となっている。第４機械要素２４は、第５機械要素２５によって支持されるワークを加工する工具である。第３機械要素２３は、その先端部において第４機械要素２４を支持する支持具である。第２機械要素２２は、第３機械要素２３の基端部を水平面に沿って延びる制御軸Ａ回りで回動自在に支持する支持具である。第１機械要素２１は、第２機械要素２２を鉛直方向に沿った制御軸Ｚ、並びに水平面において互いに直交する制御軸Ｘ及び制御軸Ｙに沿って並行移動自在に支持する支持具である。すなわち図２の例では、制御軸Ｘ，Ｙ，Ｚは直進軸であり、制御軸Ａ，Ｃは回転軸である。

[0032] すなわち図２に例示する工作機械２では、第５機械要素２５及び第６機械要素２６は、制御軸Ｃに沿って一体に連れ回る。また、第１機械要素２１、第２機械要素２２、第３機械要素２３、及び第４機械要素２４は、制御軸Ｘ，Ｙ，Ｚに沿って一体に連れ回り、第３機械要素２３、及び第４機械要素２４は、制御軸Ａに沿って一体に連れ回る。

[0033] 図３は、図２に例示する工作機械２における機械要素－制御軸紐付け情報

及び各軸従属関係情報の、機械構成木による表示例を示す図である。図２に例示する工作機械２では、制御軸Ｃと、制御軸Ｘ，Ｙ，Ｚ，Ａと、を独立して移動させることが可能となっている。従って図３の機械構成木に示すように、制御軸Ｃと、制御軸Ｘ，Ｙ，Ｚ，Ａとはそれぞれ独立してルートＲに従属する。また図２に例示する工作機械２では、制御軸Ｘ，Ｙ，Ｚを移動させると制御軸Ａも移動するが、制御軸Ａを移動させても制御軸Ｘ，Ｙ，Ｚは移動しない。すなわち制御軸Ａは、制御軸Ｘ，Ｙ，Ｚより下位である。従って図３の機械構成木に示すように、制御軸Ａは、制御軸Ｘ，Ｙ，Ｚに従属する。

[0034] また第５機械要素２５及び第６機械要素２６は、制御軸Ｃに沿って一体に連れ回ることから、図３の機械構成木に示すように、これら機械要素２５，２６は、制御軸Ｃと関連付けられる。また第３機械要素２３及び第４機械要素２４は、制御軸Ｘ，Ｙ，Ｚより下位の制御軸Ａに沿って一体に連れ回ることから、図３の機械構成木に示すように、これら機械要素２３，２４は、制御軸Ａと関連付けられる。また第１機械要素２１及び第２機械要素２２は、制御軸Ｘ，Ｙ，Ｚに沿って一体に連れ回ることから、図３の機械構成木に示すように、これら機械要素２１，２２は制御軸Ｘ，Ｙ，Ｚのうち最も下位の制御軸Ｚと関連付けられる。

[0035] 図１に戻り、チェック支援情報生成部５４は、工作機械２の複数の機械要素の全ての組み合わせの中から１組以上のチェック対象組を抽出するチェック対象組抽出部５４ａと、複数のチェック対象組、より具体的にはチェック対象組抽出部５４ａによって抽出された複数のチェック対象組に対する優先度を算出する優先度算出部５４ｂと、を備える。ここで複数のチェック対象組に対する優先度とは、干渉チェック部３６において複数のチェック対象組に対し順に干渉チェック演算を行う際における順序を定める整数値である。以下では、値が小さなものから昇順で優先度が低くなるものとする。

[0036] 第３記憶部５３には、チェック対象組抽出部５４ａによって抽出されたチェック対象組に関する情報と、優先度算出部５４ｂによって各チェック対象

組に対して定められる優先度に関する情報と、を組み合わせることによって構成される干渉チェック支援情報が記憶される。

[0037] チェック対象組抽出部５４ａは、位置姿勢算出部３５から補間周期毎に送信される各制御軸の軸移動量、第１記憶部５１に格納されている機械要素－制御軸紐付け情報、及び第２記憶部５２に格納されている各軸従属関係情報に基づいて、複数の機械要素の全組み合わせの中から、干渉チェック演算を実行する必要が無い組み合わせを除くことにより、１組以上のチェック対象組を抽出する。

[0038] 始めにチェック対象組抽出部５４ａは、位置姿勢算出部３５から送信される各制御軸の軸移動量に基づいて、複数の制御軸の中から移動パルスによって移動させる制御軸を移動制御軸として特定する。より具体的には、チェック対象組抽出部５４ａは、軸移動量（軸移動量ベクトルのノルム）が０でない制御軸を移動制御軸として特定する。

[0039] その後チェック対象組抽出部５４ａは、機械要素－制御軸紐付け情報及び各軸従属関係情報に基づいて、工作機械２を構成する複数の機械要素を、従属機械要素群と静止機械要素群とに分類する。従属機械要素群とは、移動制御軸とともに移動する機械要素が属する群であり、静止機械要素群とは、移動制御軸を移動させても移動しない機械要素が属する群である。より具体的には、チェック対象組抽出部５４ａは、移動制御軸及びこの移動制御軸より下位の制御軸と関連付けられた機械要素を従属機械要素群に分類し、全ての機械要素のうち従属機械要素群に属しない機械要素を静止機械要素群に分類する。

[0040] ここで従属機械要素群に属する機械要素は全て移動制御軸とともに移動する。このため従属機械要素群に属する機械要素の組み合わせは、干渉チェック演算を実行せずとも干渉しないことが明らかであるので、チェック対象組から除外される。また静止機械要素群に属する機械要素は全て移動制御軸を移動させても移動しない。このため、静止機械要素群に属する機械要素の組み合わせは、干渉チェック演算を実行せずとも干渉しないことが明らかであ

るので、チェック対象組から除外される。よってチェック対象組抽出部５４ａは、従属機械要素群に属する各機械要素と、静止機械要素群に属する各機械要素と、の組み合わせをチェック対象組として抽出する。換言すれば、チェック対象組抽出部５４ａは、複数の機械要素の全組み合わせの中から、従属機械要素群に属する機械要素同士の組み合わせと、静止機械要素群に属する機械要素同士の組み合わせとを除いた組み合わせをチェック対象組として抽出する。チェック対象組抽出部５４ａは、以上のような手順によって抽出したチェック対象組のリスト（以下、「チェック対象組リスト」という）を、第３記憶部５３に記憶させる。

[0041] ここで以上のようなチェック対象組抽出部５４ａによってチェック対象組を抽出する具体的な手順について、図４Ａ及び図４Ｂの具体例を参照しながら説明する。

[0042] 図４Ａは、機械要素－制御軸紐付け情報及び各軸従属関係情報の一例を示す図である。図４Ａに示す例では、工作機械は、第１機械要素、第２機械要素、第３機械要素、及び第４機械要素を、第１制御軸、第２制御軸、第３制御軸、第４制御軸、第５制御軸、及び第６制御軸に沿って移動させることが可能となっている。また図４Ａに例示する各軸従属関係情報の例では、第１～第４制御軸と、第５～第６制御軸とは、それぞれ独立して移動させることが可能となっている。また第５制御軸は第６制御軸より下位であり、第２～第４制御軸は第１制御軸より下位であり、第３制御軸及び第４制御軸はそれぞれ第１制御軸及び第２制御軸より下位であり、第２制御軸は第１制御軸より下位である。また図４Ａに例示する機械要素－制御軸紐付け情報の例では、第１機械要素は第１制御軸と関連付けられ、第２機械要素は第４制御軸と関連付けられ、第４機械要素は第６制御軸と関連付けられ、第３機械要素は第５制御軸と関連付けられている。

[0043] 図４Ｂは、図４Ａに例示する機械要素－制御軸紐付け情報及び各軸従属関係情報の下で第１～第４機械要素を従属機械要素群と静止機械要素群とに分類した場合を示す図である。なお図４Ｂの例では、第１～第６制御軸のうち

第１制御軸を移動制御軸とした。図４Ｂに示すように、移動制御軸である第１制御軸とこの第１制御軸より下位の第２、第３、及び第４制御軸と関連付けられた第１、及び第２機械要素は従属機械要素群に分類され、全ての機械要素のうち従属機械要素群に属しない第３、及び第４機械要素は静止機械要素群に分類される。従って図４Ｂに示す例では、第１～第４機械要素の全ての組み合わせ（第１及び第２機械要素、第１及び第３機械要素、第１及び第４機械要素、第２及び第３機械要素、第２及び第４機械要素、並びに第３及び第４機械要素の計６つの組み合わせ）のうち、第１及び第３機械要素、第１及び第４機械要素、第２及び第３機械要素、並びに第２及び第４機械要素の計４つの組み合わせがチェック対象組として抽出される。

[0044] 図１に戻り、チェック対象組抽出部５４ａは、移動制御軸が複数存在する場合、各移動制御軸の下で上記手順に従って抽出されるチェック対象組の和集合をチェック対象組として抽出する。

[0045] 図５は、チェック対象組抽出部５４ａにおけるチェック対象組抽出処理の具体的な手順を示すフローチャートである。なお図５に示す処理では、制御軸の総数をＮ（Ｎは、２以上の任意の整数）とする。チェック対象組抽出部５４ａは、位置姿勢算出部３５から新たな軸移動量を受信したことに応じて図５に示すチェック対象組抽出処理を実行する。

[0046] 始めにＳ１では、チェック対象組抽出部５４ａは、制御軸カウンタＣの値を１にセットし、Ｓ２に移る。Ｓ２では、チェック対象組抽出部５４ａは、位置姿勢算出部３５から送信される各制御軸に対する軸移動量に基づいて、カウンタＣによって関連付けられる第Ｃ制御軸の軸移動量が０でないか否かを判定する。チェック対象組抽出部５４ａは、Ｓ２の判定結果がＹＥＳである場合にはＳ３に移り、ＮＯである場合にはＳ５に移る。

[0047] Ｓ３では、チェック対象組抽出部５４ａは、第Ｃ制御軸を移動制御軸とすることにより、複数の機械要素を上述の手順に従って従属機械要素群と静止機械要素群とに分類し、Ｓ４に移る。Ｓ４では、チェック対象組抽出部５４ａは、従属機械要素群に属する各機械要素と、静止機械群に属する各機械要

素と、の全ての組み合わせをチェック対象組として第３記憶部５３におけるチェック対象組リストに追加し、Ｓ５に移る。

[0048] Ｓ５では、チェック対象組抽出部５４ａは、制御軸カウンタＣの値が制御軸の総数Ｎと等しいか否かを判定する。チェック対象組抽出部５４ａは、Ｓ５の判定結果がＮＯである場合にはＳ６に移り、制御軸カウンタＣを１つだけカウントアップした後、Ｓ２に戻る。またチェック対象組抽出部５４ａは、Ｓ５の判定結果がＹＥＳである場合には、図５に示すチェック対象組抽出処理を終了する。

[0049] 以上のようなチェック対象組抽出処理によれば、移動制御軸が複数存在する場合、各移動制御軸の下で複数の機械要素を従属機械要素群と静止機械要素群とに分類することによって得られる複数の組み合わせの和集合がチェック対象組として抽出される。

[0050] 図１に戻り、優先度算出部５４ｂは、位置姿勢算出部３５から補間周期毎に送信される各制御軸の軸移動量ベクトル及び各機械要素の移動前位置ベクトル、並びに第１記憶部５１に格納されている機械要素－制御軸紐付け情報に基づいて、チェック対象組抽出部５４ａによって抽出された複数のチェック対象組に対し、干渉が生じる可能性が高いものから降順で優先度を算出する。優先度算出部５４ｂでは、以下で説明する第１、第２、及び第３の優先度算出アルゴリズムの何れか又はこれらを組み合わせた優先度算出アルゴリズムに基づいて複数のチェック対象組に対する優先度を算出することが可能となっている。

[0051] ＜第１の優先度算出アルゴリズム＞

第１の優先度算出アルゴリズムの下では、優先度算出部５４ｂは、位置姿勢算出部３５から送信される各制御軸の軸移動量に基づいて複数のチェック対象組に対する優先度を算出する。より具体的には、優先度算出部５４ｂは、軸移動量が大きい制御軸から降順で、各制御軸と機械要素－制御軸紐付け情報によって関連付けられる各機械要素に対する機械要素順位を算出する。次に優先度算出部５４ｂは、算出した機械要素順位が高い機械要素から降順

で、各機械要素を含むチェック対象組に対する優先度を算出する。すなわち第１の優先度算出アルゴリズムの下では、優先度算出部５４ｂは、単位時間当たりの軸移動量が大きな制御軸と関連付けられている機械要素を含むチェック対象組において干渉する可能性が高いと判断し、このような機械要素を含むチェック対象組の優先度を高くする。

[0052] ところで軸移動量の次元は、制御軸が直進軸である場合と制御軸が回転軸である場合とで異なる。より具体的には、制御軸が直進軸である場合、軸移動量は移動距離であり、制御軸が回転軸である場合、軸移動量は回転角度である。このため、直進軸に対する軸移動量と回転軸に対する軸移動量の大小を直接比較することはできない。このため第１の優先度算出アルゴリズムの下では、回転軸と機械要素－制御軸紐付け情報によって関連付けられる機械要素である回転機械要素を含むチェック対象組と、この回転機械要素を含まないチェック対象組とに分けて各チェック対象組に対する優先度を算出する。より具体的には、回転軸の方が直進軸よりも干渉に気づきにくいことから、第１の優先度算出アルゴリズムの下では、回転機械要素を含むチェック対象組に対する優先度を、回転機械要素を含まないチェック対象組に対する優先度よりも高くする。

[0053] ここで以上のような第１の優先度算出アルゴリズムによって優先度を算出する具体的な手順について、図６の具体例を参照しながら説明する。

[0054] 図６は、第１の優先度算出アルゴリズムによって優先度を算出する手順を説明するための図である。図６の左側には、機械要素－制御軸紐付け情報及び各軸従属関係情報の一例を示し、図６の右側にはこのような構成の下で優先度算出部５４ｂによって算出される各種パラメータを示す図である。

[0055] 図６の左側に示す例では、工作機械は、第１機械要素、第２機械要素、第３機械要素、及び第４機械要素を、第１制御軸、第２制御軸、第３制御軸、第４制御軸、及び第５制御軸に沿って移動させることが可能となっている。図６の左側の例において、第１制御軸、第３制御軸、及び第４制御軸は直進軸であり、第２制御軸、及び第５制御軸は回転軸であるとする。図６の左側

に例示する各軸従属関係の例では、第１～第２制御軸と、第３～第５制御軸とは、それぞれ独立して移動させることが可能となっている。また第２制御軸は第１制御軸より下位であり、第４制御軸及び第５制御軸は第３制御軸より下位であり、第５制御軸は第４制御軸より下位である。また図６の左側に例示する機械要素－制御軸紐付け情報の例では、第１機械要素は第１制御軸と関連付けられ、第２機械要素は第２制御軸と関連付けられ、第３機械要素は第４制御軸と関連付けられ、第４機械要素は第５制御軸と関連付けられている。また図６には、第１制御軸の軸移動量は４であり、第２制御軸の軸移動量は２であり、第３制御軸の軸移動量は３であり、第４制御軸の軸移動量は１であり、第５制御軸の軸移動量は３である場合の例を示す。すなわち図６の例では、直進軸の軸移動量は、第４制御軸、第３制御軸、及び第１制御軸の順で大きくなり、回転軸の軸移動量は、第２制御軸、及び第５制御軸の順で大きくなる。

[0056] 図６に示すように、第１機械要素は直進軸である第１制御軸と関連付けられ、第２機械要素は回転軸である第２制御軸と関連付けられ、第３機械要素は直進軸である第４制御軸と関連付けられ、第４機械要素は回転軸である第５制御軸と関連付けられている。すなわち、第２機械要素及び第４機械要素は、回転軸と関連付けられる回転機械要素であり、第１機械要素及び第３機械要素は、直進軸と関連付けられる直進機械要素である。従って回転機械要素を直進機械要素よりも上位としかつ軸移動量が大きい制御軸から降順で、各制御軸と関連付けられる各機械要素に対する機械要素順位を算出すると、第４機械要素が１位となり、第２機械要素が２位となり、第１機械要素が３位となり、第３機械要素が４位となる。また機械要素順位が高い機械要素から降順で、各機械要素を含む各チェック対象組に対する優先度を算出すると、第２及び第４機械要素の組み合わせが１位となり、第１及び第４機械要素の組み合わせが２位となり、第３及び第４機械要素の組み合わせが３位となり、第１及び第２機械要素の組み合わせが４位となり、第２及び第３機械要素の組み合わせが５位となり、第１及び第３機械要素の組み合わせが６位と

なる。

[0057] ＜第２の優先度算出アルゴリズム＞

第２の優先度算出アルゴリズムの下では、優先度算出部５４ｂは、位置姿勢算出部３５から送信される各制御軸の軸移動量ベクトルに基づいて複数のチェック対象組に対する優先度を算出する。より具体的には、優先度算出部５４ｂは、制御軸毎に算出された軸移動量ベクトルを用いることによって、複数の制御軸のうち２つを組み合わせて構成される軸対に対する相対軸移動量ベクトルを算出する。ここで制御軸の総数がＭである場合、軸対の総数はＭ（Ｍ－１）／２である。また例えば第ｎ制御軸の軸移動量ベクトルをｖｎとし、第ｍ制御軸の軸移動量ベクトルをｖｍとした場合、第ｎ制御軸及び第ｍ制御軸によって構成される軸対に対する相対軸移動量ベクトルｄｎｍは、ｖｎ－ｖｍとなる。

[0058] 次に優先度算出部５４ｂは、全ての軸対に対する相対軸移動量（すなわち、相対軸移動量ベクトルのノルム）を算出する。次に優先度算出部５４ｂは、算出した相対軸移動量が大きい軸対から降順で、各軸対と機械要素－制御軸紐付け情報によって関連付けられる機械要素の組み合わせを含む各チェック対象組に対する優先度を算出する。すなわち第２の優先度算出アルゴリズムの下では、優先度算出部５４ｂは、単位時間当たりの相対軸移動量が大きな軸対と関連付けられている機械要素の組み合わせを含むチェック対象組において干渉する可能性が高いと判断し、このような機械要素の組み合わせを含むチェック対象組の優先度を高くする。

[0059] 上述のように軸移動量の次元は、制御軸が直進軸である場合と制御軸が回転軸である場合とで異なる。このため、軸移動量ベクトルｖｎから軸移動量ベクトルｖｍを減算して得られる相対軸移動量ベクトルｄｎｍは、第ｎ制御軸及び第ｍ制御軸の少なくとも何れかが回転軸である場合、物理的な意味がなくなってしまう。このため全制御軸の中に回転軸が含まれている場合、この回転軸と関連付けられる回転機械要素を含むチェック対象組については、上述の第１の優先度算出アルゴリズムの下で優先度を算出し、直進機械要素

のみを含むチェック対象組についてのみ第２の優先度算出アルゴリズムの下で優先度を算出する。

[0060] ここで以上のような第２の優先度算出アルゴリズムによって優先度を算出する具体的な手順について、図７の具体例を参照しながら説明する。

[0061] 図７は、第２の優先度算出アルゴリズムによって優先度を算出する手順を説明するための図である。図７の左側には、機械要素－制御軸紐付け情報及び各軸従属関係情報の一例を示し、図７の右側にはこのような構成の下で優先度算出部５４ｂによって算出される各種パラメータを示す図である。

[0062] 図７の左側に示す例では、工作機械は、第１機械要素、第２機械要素、及び第３機械要素を、第１制御軸、第２制御軸、第３制御軸、及び第４制御軸に沿って移動させることが可能となっている。図７の左側の例において、第１制御軸、第２制御軸、第３制御軸、及び第４制御軸は全て直進軸であるとする。図７の左側に例示する各軸従属関係の例では、第１～第２制御軸と、第３～第４制御軸とは、それぞれ独立して移動させることが可能となっている。また第２制御軸は第１制御軸より下位であり、第４制御軸は第３制御軸より下位である。また図７の左側に例示する機械要素－制御軸紐付け情報の例では、第１機械要素は第１制御軸と関連付けられ、第２機械要素は第２制御軸と関連付けられ、第３機械要素は第４制御軸と関連付けられている。

[0063] 図７の左側に示す例では、工作機械は、第１～第４制御軸を備える。従って第１～第４制御軸のうち２つを組み合わせることにより、第１及び第２制御軸、第１及び第３制御軸、第１及び第４制御軸、第２及び第３制御軸、第２及び第４制御軸、並びに第３及び第４制御軸の計６つの軸対を構成することができる。また図７には、第１制御軸と第２制御軸との間の相対軸移動量は４であり、第１制御軸と第３制御軸との間の相対軸移動量は５であり、第１制御軸と第４制御軸との間の相対軸移動量は３であり、第２制御軸と第３制御軸との間の相対軸移動量は１であり、第２制御軸と第４制御軸との間の相対軸移動量は６であり、第３制御軸と第４制御軸との間の相対軸移動量は２である場合の例を示す。すなわち、図７の例では、第２及び第３制御軸、

第３及び第４制御軸、第１及び第４制御軸、第１及び第２制御軸、第１及び第３制御軸、並びに第２及び第４制御軸の順で相対軸移動量が大きくなる。

[0064] 図７に示すように、第１及び第４制御軸は、第１及び第３機械要素の組み合わせと関連付けられ、第１及び第２制御軸は、第１及び第２機械要素の組み合わせと関連付けられ、第２及び第４制御軸は、第２及び第３機械要素の組み合わせと関連付けられている。従って相対軸移動量が大きい軸対から降順で、各軸対と機械要素－制御軸紐付け情報によって関連付けられる機械要素の組み合わせを含む各チェック対象組に対する優先度を算出すると、第２及び第３機械要素の組み合わせが１位となり、第１及び第２機械要素の組み合わせが２位となり、第１及び第３機械要素の組み合わせが３位となる。

[0065] ＜第３の優先度算出アルゴリズム＞

第３の優先度算出アルゴリズムの下では、優先度算出部５４ｂは、位置姿勢算出部３５から送信される各制御軸の軸移動量ベクトル及び各機械要素の移動前位置ベクトルに基づいて複数のチェック対象組に対する優先度を算出する。より具体的には、優先度算出部５４ｂは、各制御軸の軸移動量ベクトルと、各機械要素の移動前位置ベクトルと、機械要素－制御軸紐付け情報と、に基づいて、各チェック対象組を構成する２つの機械要素の間の距離の減少率に比例する減少率パラメータを算出し、これら減少率パラメータに基づいて各チェック対象組に対する優先度を算出する。

[0066] 以下では各チェック対象組に対する減少率パラメータを算出する手順について説明する。先ず優先度算出部５４ｂは、位置姿勢算出部３５から送信される各制御軸の軸移動量ベクトルを取得し、これら軸移動量ベクトルに基づいて、機械要素－制御軸紐付け情報によって各制御軸と関連付けられる機械要素の速度ベクトルを算出する。ここで直進軸と関連付けられる直進機械要素に対しては、軸移動量ベクトルをそのまま速度ベクトルとして用いる。また回転軸と関連付けられる回転機械要素に対しては、軸移動量ベクトルと所定の動径ベクトルとの外積を速度ベクトルとして用いる。ここで動径ベクトルは、各回転軸に対して予め定められたものが用いられる。より具体的には

、動径ベクトルの向きは回転軸と直交する動径方向であり、動径ベクトルのノルムは回転軸から機械要素までの動径方向に沿った距離である。

[0067] 次に優先度算出部５４ｂは、位置姿勢算出部３５から送信される各機械要素の移動前位置ベクトルを取得し、これら移動前位置ベクトルに基づいて、各チェック対象組を構成する２つの機械要素に対する正規化された相対位置ベクトルを算出する。ここで第ｎ機械要素の移動前位置ベクトルをｒｎとし、第ｍ機械要素の移動前位置ベクトルをｒｍとした場合、第ｎ機械要素と第ｍ機械要素の組み合わせに対する正規化された相対位置ベクトルは、（ｒｎ－ｒｍ）／｜ｒｎ－ｒｍ｜となる。

[0068] 次に優先度算出部５４ｂは、先に算出した各機械要素に対する速度ベクトルに基づいて、各チェック対象組を構成する２つの機械要素に対する相対速度ベクトルを算出する。ここで第ｎ機械要素の速度ベクトルをｖｎとし、第ｍ機械要素の速度ベクトルをｖｍとした場合、第ｎ機械要素と第ｍ機械要素の組み合わせに対する相対速度ベクトルは、ｖｎ－ｖｍとなる。

[0069] 次に優先度算出部５４ｂは、先に算出した相対速度ベクトルと相対位置ベクトルとの内積に負号を乗算することにより、各チェック対象組に対し減少率パラメータを算出する。ここでチェック対象組が第ｎ機械要素と第ｍ機械要素とによって構成される場合、減少率パラメータは、－（ｖｎ－ｖｍ）・（ｒｎ－ｒｍ）／｜ｒｎ－ｒｍ｜となる。以上の手順によって算出される減少率パラメータは、２つの機械要素の間の距離の単位時間当たりの減少率に比例する。すなわち、２つの機械要素の間の距離が変化しない場合、減少率パラメータは０となり、２つの機械要素の間の距離が広がる方向に変化する場合、減少率パラメータは負となり、２つの機械要素の間の距離が近くなる方向に変化する場合、減少率パラメータは正となる。

[0070] 次に優先度算出部５４ｂは、以上の手順によって算出した減少率パラメータが大きな機械要素の組み合わせを含むチェック対象組から降順で優先度を算出する。すなわち第３の優先度算出アルゴリズムの下では、優先度算出部５４ｂは、２つの構成要素の間の距離の減少率が大きいチェック対象組にお

いて干渉する可能性が高いと判断し、このような機械要素の組み合わせを含むチェック対象組の優先度を高くする。

[0071] ここで以上のような第３の優先度算出アルゴリズムによって優先度を算出する具体的な手順について、図８の具体例を参照しながら説明する。

[0072] 図８は、第３の優先度算出アルゴリズムによって優先度を算出する手順を説明するための図である。図８の左側には、機械要素－制御軸紐付け情報及び各軸従属関係情報の一例を示し、図８の右側にはこのような構成の下で優先度算出部５４ｂによって算出される各種パラメータを示す図である。なお図８の左側に示す工作機械の構成は、図７の左側に示すものと同じであるので、詳細な説明は省略する。

[0073] 図８の例では、第１制御軸と関連付けられる第１機械要素の速度ベクトルをｖ１とし、第２制御軸と関連付けられる第２機械要素の速度ベクトルをｖ２とし、第４制御軸と関連付けられる第３機械要素の速度ベクトルをｖ３とし、第１機械要素の移動前位置ベクトルをｒ１とし、第２機械要素の移動前位置ベクトルをｒ２とし、第３機械要素の移動前位置ベクトルをｒ３とする。また図８の例では、第１及び第２機械要素の組み合わせに対する相対速度ベクトルｖ１－ｖ２は（０，０，１）とし、第１及び第３機械要素の組み合わせに対する相対速度ベクトルｖ１－ｖ３は（０，２，０）とし、第２及び第３機械要素の組み合わせに対する相対速度ベクトルｖ２－ｖ３は（１，０，０）とし、第１及び第２機械要素の組み合わせに対する正規化された相対位置ベクトルｒ１－ｒ２は（０，０，－１）とし、第１及び第３機械要素の組み合わせに対する正規化された相対位置ベクトルｒ１－ｒ３は（０，０，１）とし、第２及び第３機械要素の組み合わせに対する正規化された相対位置ベクトルｒ２－ｒ３は（１，０，０）とする。

[0074] 従って各機械要素の組み合わせに対する減少率パラメータを上述の手順に従って算出すると、第１及び第２機械要素の組み合わせに対する減少率パラメータは１となり、第１及び第３機械要素の組み合わせに対する減少率パラメータは０となり、第２及び第３機械要素の組み合わせに対する減少率パラ

メータは－１となる。従って減少率パラメータが大きな機械要素の組み合わせを含むチェック対象組から降順で優先度を算出すると、第１及び第２機械要素の組み合わせが１位となり、第１及び第３機械要素の組み合わせが２位となり、第２及び第３機械要素の組み合わせが３位となる。

[0075] 図１に戻り、優先度算出部５４ｂは、チェック対象組抽出部５４ａにおけるチェック対象組抽出処理によって抽出された複数のチェック対象組に対し、以上のような第１～第３の優先度算出アルゴリズムの何れか又はこれらを組み合わせた優先度算出アルゴリズムに基づいて優先度を算出し、算出した優先度を第３記憶部５３におけるチェック対象組リストに追記する。これにより、チェック対象組抽出部５４ａによって抽出された複数のチェック対象組に対し優先度が付与される。

[0076] 以上のように干渉チェック支援装置５では、位置姿勢算出部３５から送信される軸移動量ベクトルや移動前位置ベクトルに基づいて、複数の機械要素の全組み合わせの中からチェック対象組を抽出し、さらにこれら複数のチェック対象組に対して優先度を付与し、優先度が付与されたチェック対象組リストを干渉チェック支援情報（例えば、図９参照）として第３記憶部５３に記憶させる。

[0077] 干渉チェック部３６は、位置姿勢算出部３５から補間周期毎に送信される移動後位置ベクトル及び移動後姿勢情報と、第３記憶部５３に記憶された干渉チェック支援情報と、を取得する。また干渉チェック部３６は、取得した干渉チェック支援情報によって定められた複数のチェック対象組について、優先度が高く定められたチェック対象組から順に干渉チェック演算を行う。

[0078] 本実施形態によれば、以下の効果が奏される。

チェック対象組抽出部５４ａは、数値制御装置３における移動パルスと、工作機械２における各制御軸と複数の機械要素のうちこの制御軸に沿って移動する機械要素とを関連付ける機械要素－制御軸紐付け情報と、工作機械２における各制御軸の間の従属関係を規定する各軸従属関係情報と、に基づいて、工作機械２を構成する複数の機械要素の全ての組み合わせの中から１組

以上のチェック対象組を抽出する。これにより、複数の機械要素の全ての組み合わせの中から、干渉しないことが自明な機械要素の組み合わせ（例えば、移動パルスに基づく制御軸に沿って一緒に移動する機械要素の組み合わせ）を除いてチェック対象組を抽出することができる。また数値制御装置３は、移動パルスに基づいて複数の機械要素を複数の制御軸に沿って移動させるとともに、チェック対象組抽出部５４ａによって抽出されたチェック対象組について干渉チェック演算を行う。本実施形態によれば、干渉チェック演算を行うチェック対象組を、干渉しないことが非自明な機械要素の組み合わせのみに絞り込むことができるので、数値制御装置３における干渉チェック演算を全ての組み合わせについて行う場合よりも短時間で終えることができる。

[0079] チェック対象組抽出部５４ａは、移動パルスに基づいて移動させる制御軸を移動制御軸として特定し、機械要素－制御軸紐付け情報及び各軸従属関係情報に基づいて、移動制御軸及びこれより下位の制御軸と関連付けられた機械要素を従属機械要素群に分類し、全ての機械要素のうち従属機械要素群に属しない機械要素を静止機械要素群に分類し、従属機械要素群に属する各機械要素と静止機械要素群に属する各機械要素とを組み合わせることによってチェック対象組を抽出する。これにより、干渉チェック演算を行うチェック対象組を、簡易な演算によって干渉しないことが非自明な機械要素の組み合わせのみに絞り込むことができる。

[0080] チェック対象組抽出部５４ａは、移動制御軸が複数存在する場合、各移動制御軸の下における機械要素の組み合わせの和集合をチェック対象組として抽出する。これにより、機械要素を複数の制御軸に沿って同時に移動させる場合であっても適切にチェック対象組を絞り込むことができる。

[0081] チェック対象組抽出部５４ａは、抽出したチェック対象組に関する情報を干渉チェック支援情報として第３記憶部５３に記憶させ、干渉チェック部３６は、第３記憶部５３に記憶された干渉チェック支援情報を参照し、干渉チェック演算を行う。これにより、チェック対象組抽出部５４ａでは、干渉チ

ェック部３６における干渉チェック演算と独立した自由なタイミングでチェック対象組を抽出する演算を行うことができる。

[0082] また本実施形態では、干渉チェック支援情報を生成する機能を備える干渉チェック支援装置５を、工作機械２の制御及び干渉チェック演算を行う数値制御装置３に組み込むとともに、干渉チェック支援装置５では、数値制御装置３のパルス生成部３４から送信される移動パルスに基づいて干渉チェック支援情報を生成する。これにより、数値制御装置３における演算負荷が大きくなるものの、数値制御装置３によって工作機械２を制御しながら、リアルタイムで干渉チェック支援情報を生成することができる。このため、例えば工作機械２がオペレータによって手動で操作された場合であっても適切な干渉チェック支援情報を生成することができる。

[0083] ＜第２実施形態＞

次に、本開示の第２実施形態に係る数値制御システムについて説明する。なお以下の説明では、第１実施形態に係る数値制御システムと同じ構成については同じ符号を付し、詳細な説明を省略する。

[0084] 図１０は、本実施形態に係る数値制御システム１Ａの概略図である。上述のように第１実施形態では、干渉チェック支援装置５を数値制御装置３に組み込んだ場合について説明した。これに対し本実施形態に係る数値制御システム１Ａは、数値制御装置３Ａと、この数値制御装置３Ａとは別体で構成された干渉チェック支援装置５Ａと、を備える点において第１実施形態に係る数値制御システム１Ａと異なる。

[0085] 干渉チェック支援装置５Ａは、第１記憶部５１と、第２記憶部５２と、チェック支援情報生成部５４と、移動量位置算出部５５Ａと、を備える。

[0086] 移動量位置算出部５５Ａは、加工プログラムメモリ３１に格納された数値制御プログラムを読み出し、数値制御装置３の指令解析部３２、補間部３３、パルス生成部３４、及び位置姿勢算出部３５における演算と同じ手順によって、数値制御装置３における補間周期と同じ周期で各制御軸の軸移動量ベクトル及び各機械要素の移動前位置ベクトルを生成する。移動量位置算出部

５５Ａは、生成した軸移動量ベクトル及び移動前位置ベクトルを、チェック支援情報生成部５４へ送信する。移動量位置算出部５５Ａから送信される軸移動量ベクトル及び移動前位置ベクトルに基づいてチェック支援情報生成部５４において干渉チェック支援情報を生成する手順は第１実施形態と同じであるので、詳細な説明は省略する。

[0087] 本実施形態では、加工プログラムメモリ３１に格納された数値制御プログラムに基づいて干渉チェック支援情報を生成する干渉チェック支援装置５Ａを、数値制御装置３Ａと別体で構成する。これにより、数値制御装置３Ａによって工作機械２の制御を開始する前に、より具体的には数値制御プログラムを作成した段階で、この数値制御プログラムに基づいて干渉チェック支援情報を生成することができる。よって本実施形態に係る数値制御システム１によれば、第１実施形態に係る数値制御システム１と比較して、工作機械２の制御を行う際における数値制御装置３Ａの演算負荷を軽減することができる。

[0088] 本開示は、上記実施形態に限定されるものではなく、種々の変更及び変形が可能である。例えば上記第１実施形態では、チェック支援情報生成部５４は生成したチェック支援情報を第３記憶部５３に格納し、干渉チェック部３６は第３記憶部５３に格納されたチェック支援情報を読み込んでから干渉チェック演算を行う場合について説明したが、本発明はこれに限らない。チェック支援情報生成部５４で生成したチェック支援情報は、第３記憶部５３を介さずに干渉チェック部３６へ送信するようにしてもよい。

符号の説明

[0089] １，１Ａ…数値制御システム

２…工作機械

３，３Ａ…数値制御装置

３１…加工プログラムメモリ

３２…指令解析部

３３…補間部

３４…パルス生成部

３５…位置姿勢算出部

３６…干渉チェック部

３７…形状記憶部

５，５Ａ…干渉チェック支援装置

５１…第１記憶部

５２…第２記憶部

５３…第３記憶部

５４…チェック支援情報生成部

５４ａ…チェック対象組抽出部

５４ｂ…優先度算出部

５５Ａ…移動量位置算出部

請求の範囲

[請求項1] 移動指令に基づいて工作機械の複数の機械要素を複数の軸に沿って移動させるとともに所定のチェック対象組によって組み合わせられる２つの機械要素の間の干渉チェック演算を行う数値制御装置と、

前記干渉チェック演算を支援する干渉チェック支援装置と、を備える数値制御システムであって、

前記干渉チェック支援装置は、

前記工作機械における各軸と前記複数の機械要素のうち当該軸に沿って移動する機械要素とを関連付ける第１情報を記憶する第１記憶部と、

前記工作機械における各軸の間の従属関係を規定する第２情報を記憶する第２記憶部と、

前記移動指令、前記第１情報、及び前記第２情報に基づいて、前記複数の機械要素の全ての組み合わせの中から１組以上の前記チェック対象組を抽出するチェック対象組抽出部と、を備える、数値制御システム。

[請求項2] 前記チェック対象組抽出部は、

前記移動指令に基づいて移動させる軸を移動軸として特定し、

前記第１情報及び前記第２情報に基づいて、前記移動軸及び当該移動軸より下位の軸と関連付けられた機械要素を従属機械要素群に分類し、

全ての機械要素のうち前記従属機械要素群に属しない機械要素を静止機械要素群に分類し、

前記従属機械要素群に属する各機械要素と前記静止機械要素群に属する各機械要素とを組み合わせることによって前記チェック対象組を抽出する、請求項１に記載の数値制御システム。

[請求項3] 前記チェック対象組抽出部は、前記移動軸が複数存在する場合、各移動軸の下における機械要素の組み合わせの和集合を前記チェック対

象組として抽出する、請求項２に記載の数値制御システム。

[請求項4] 前記チェック対象組抽出部によって抽出された前記チェック対象組に関する情報を記憶する第３記憶部をさらに備え、

前記数値制御装置は、前記第３記憶部に記憶された前記チェック対象組に関する情報を参照し、前記干渉チェック演算を行う、請求項１から３の何れかに記載の数値制御システム。

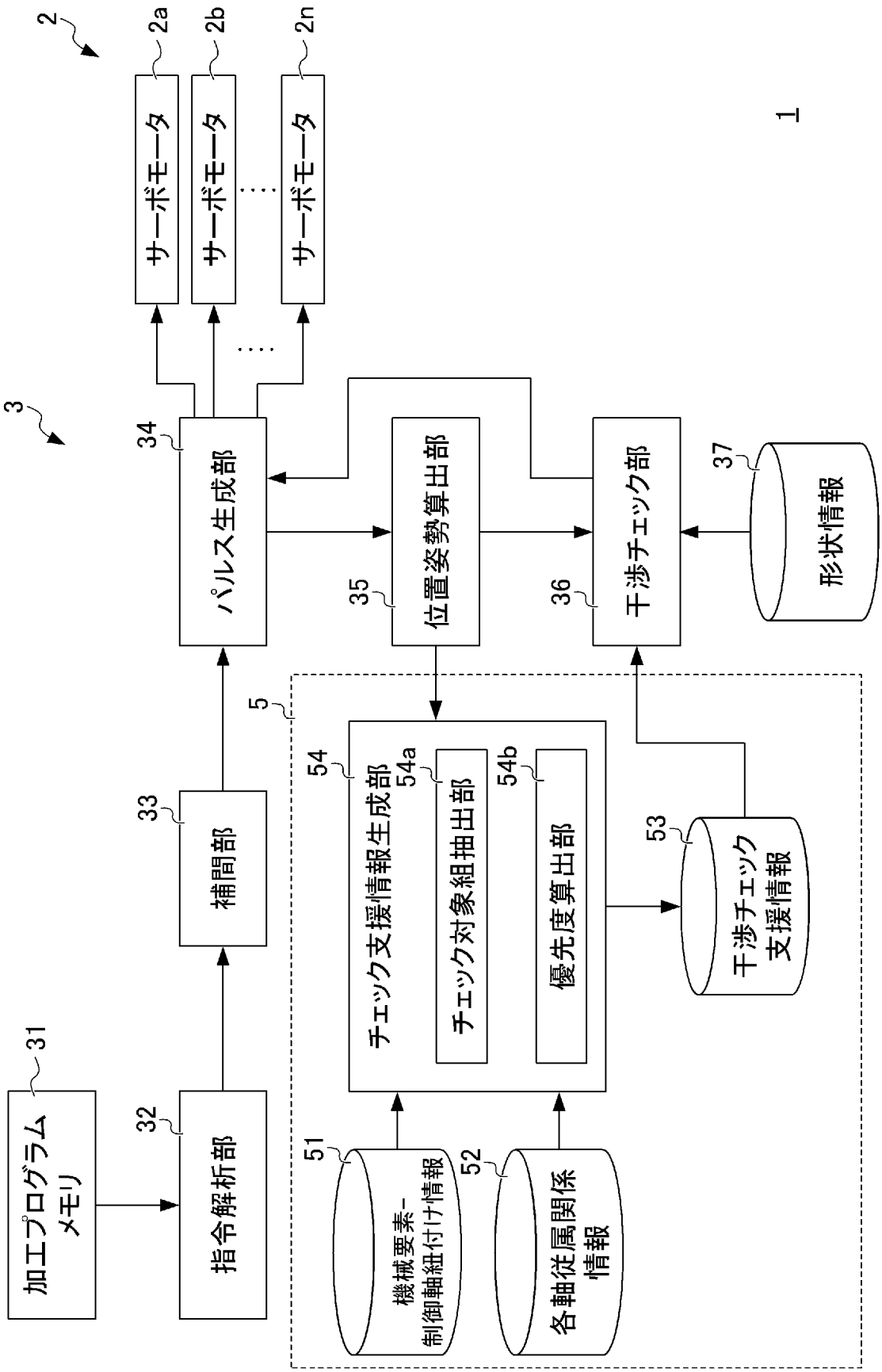
[請求項5] 前記第２記憶部には、前記第２情報が機械構成木形式で記憶されている、請求項１から４の何れかに記載の数値制御システム。

[請求項6] 移動指令に基づいて工作機械の複数の機械要素を複数の軸に沿って移動させるとともにチェック対象組によって組み合わせられた２つの機械要素の間の干渉チェック演算を行う数値制御装置における前記干渉チェック演算を支援する干渉チェック支援方法であって、

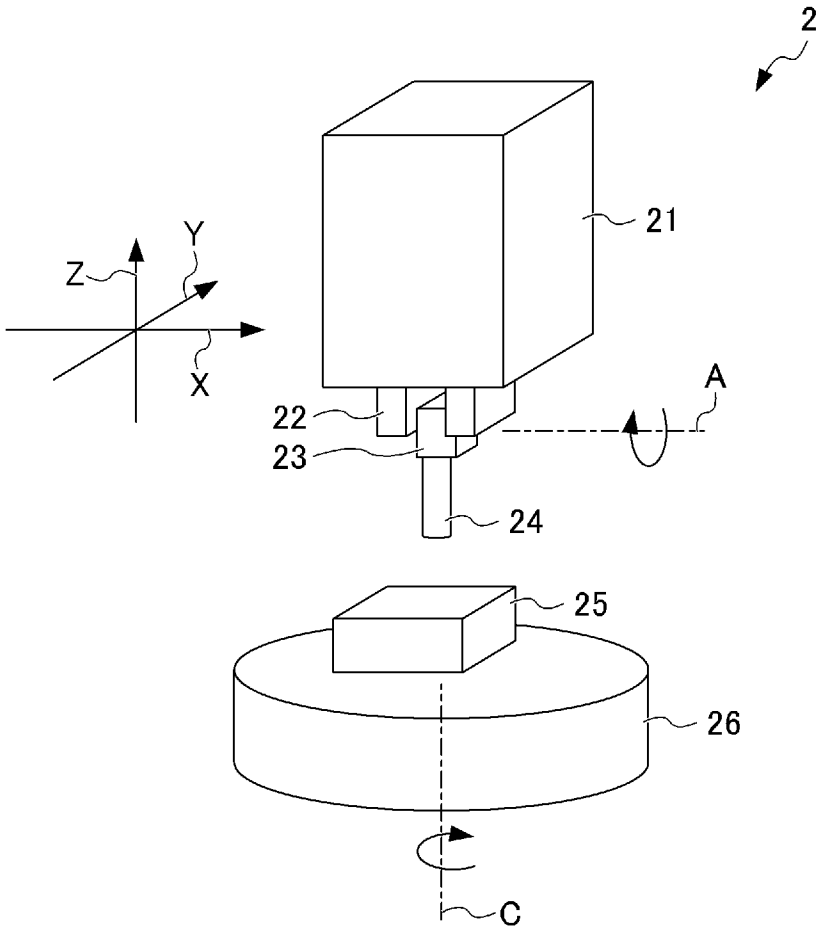
前記移動指令と、前記工作機械における各軸と前記複数の機械要素のうち当該軸に沿って移動する機械要素とを関連付ける第１情報と、前記工作機械における各軸の間の従属関係を規定する第２情報と、を取得し、

前記移動指令と前記第１情報と前記第２情報とに基づいて、前記複数の機械要素の全ての組み合わせの中から１組以上の前記チェック対象組を抽出する、干渉チェック支援方法。

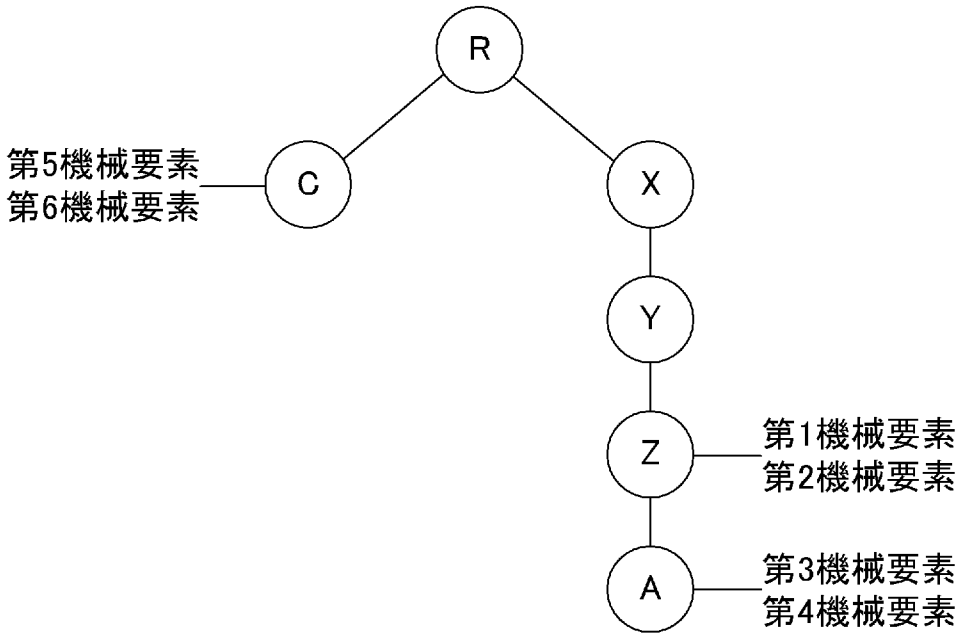
[図1]


1
2
2a
2b
2n
サーボモータ
サーボモータ
サーボモータ
3
34
パルス生成部
35
位置姿勢算出部
36
干渉チェック部
37
形状情報
5
54
チェック支援情報生成部
54a
チェック対象組抽出部
54b
優先度算出部
53
干渉チェック支援情報
33
補間部
31
加工プログラムメモリ
32
指令解析部
51
機械要素-制御軸紐付け情報
52
各軸従属関係情報

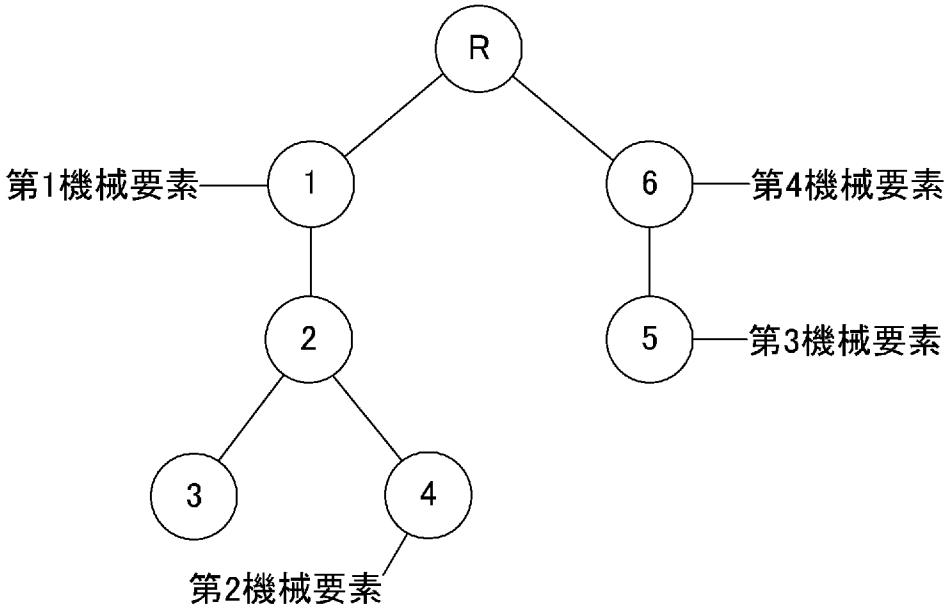
[図2]


2
21
Y
Z
X
22
23
24
A
25
26
C

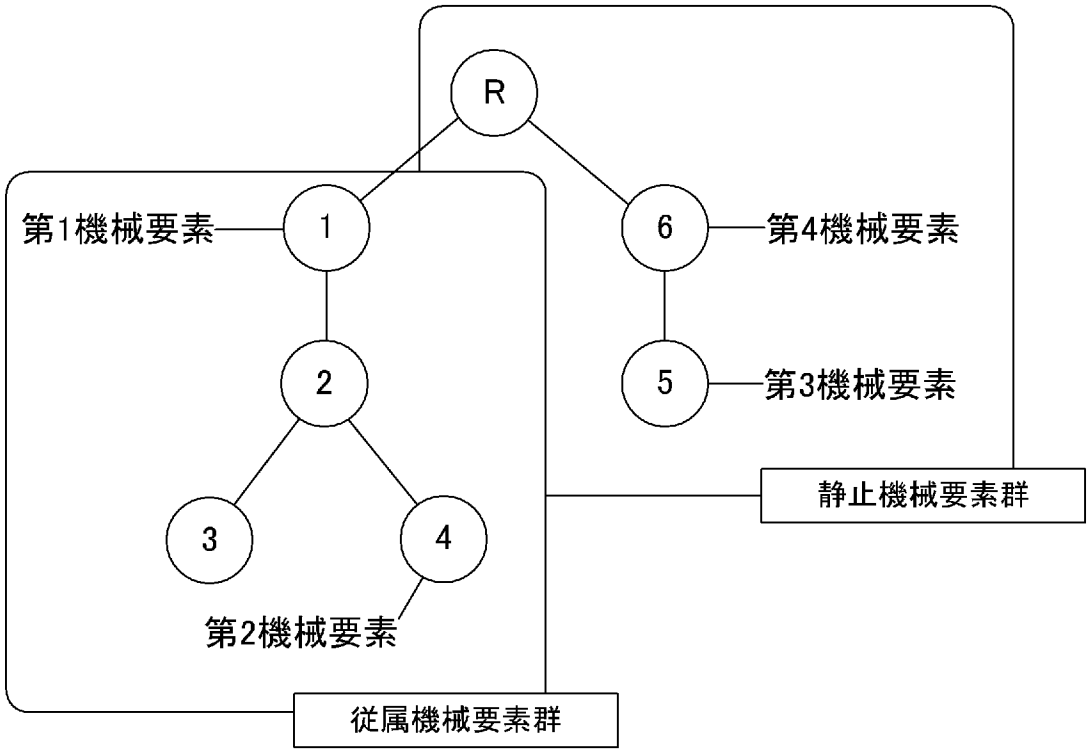
[図3]


R
第5機械要素
第6機械要素
C
X
Y
Z
第1機械要素
第2機械要素
A
第3機械要素
第4機械要素

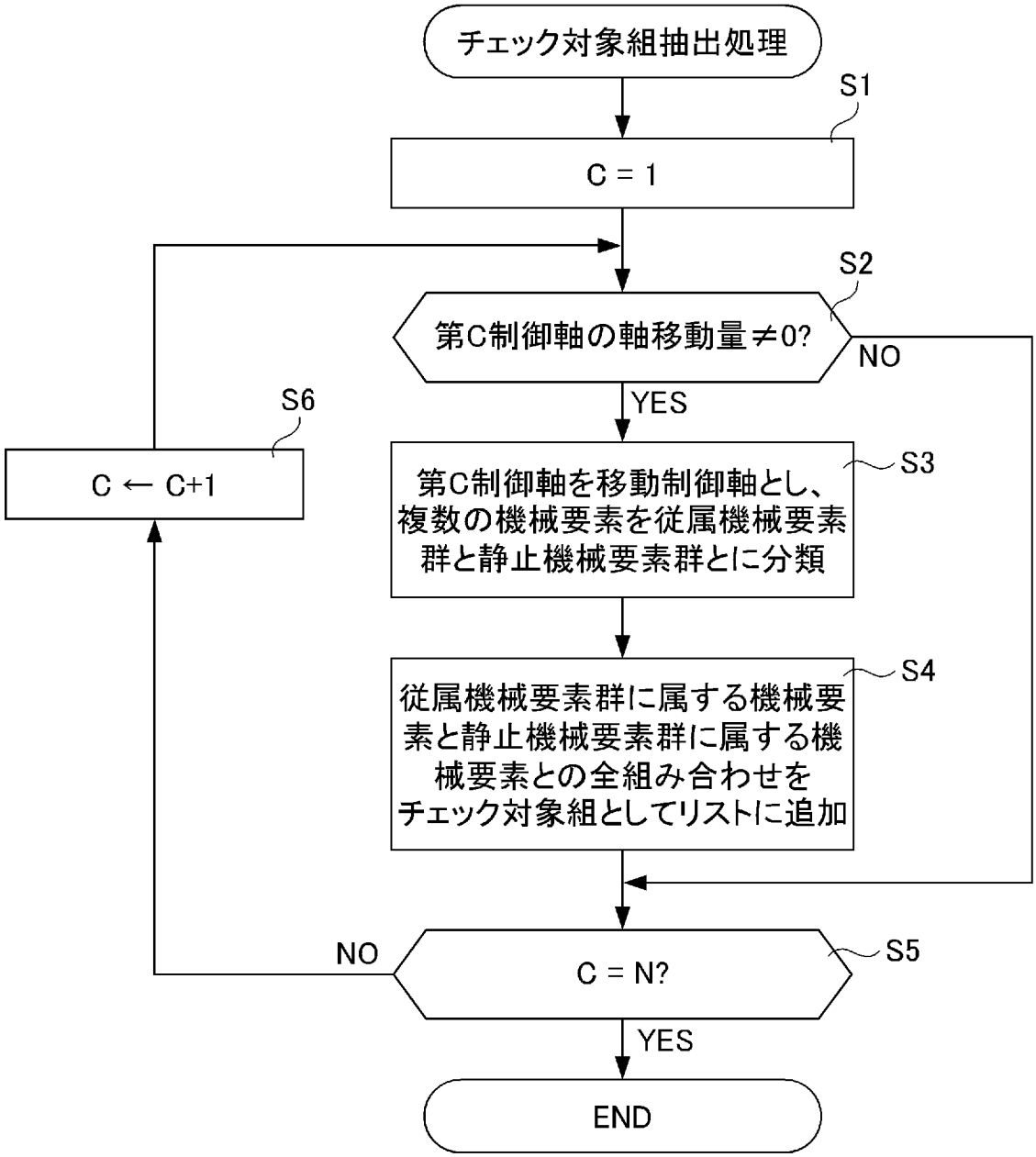
[図4A]


R
第1機械要素
1
6
第4機械要素
2
5
第3機械要素
3
4
第2機械要素

[図4B]

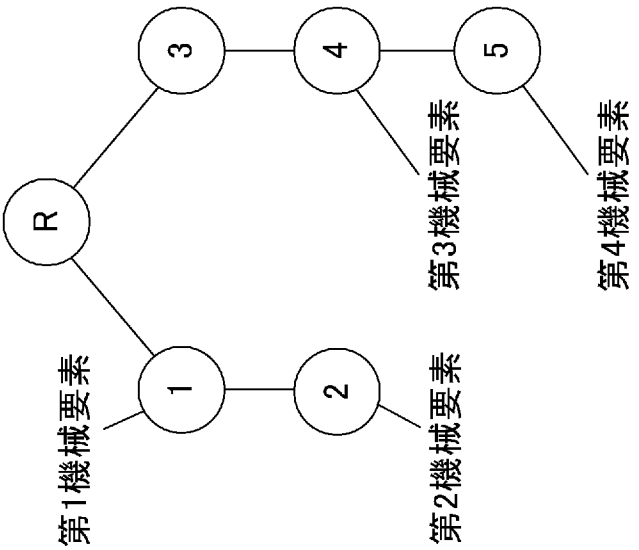

R
第1機械要素
1
6
第4機械要素
2
5
第3機械要素
静止機械要素群
3
4
第2機械要素
従属機械要素群

[図5]


チェック対象組抽出処理
S1
C = 1
S2
第C制御軸の軸移動量≠0?
NO
YES
S3
第C制御軸を移動制御軸とし、複数の機械要素を従属機械要素群と静止機械要素群とに分類
S4
従属機械要素群に属する機械要素と静止機械要素群に属する機械要素との全組み合わせをチェック対象組としてリストに追加
S5
C = N?
NO
YES
S6
C ← C+1
END

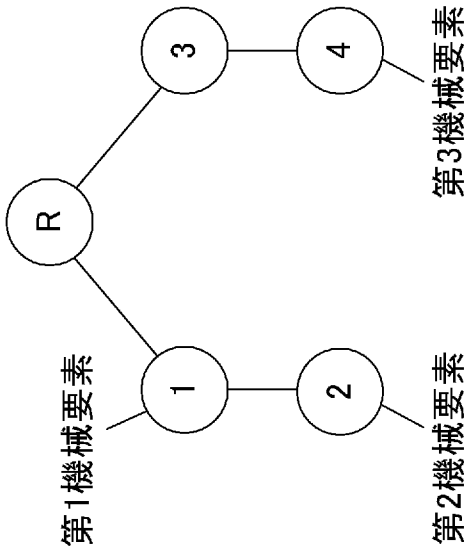
[図6]

制御軸		軸移動量	機械要素	機械要素順位	組み合わせ	優先度
直進軸	回転軸					
1		4	1	3	1-3	6
	2	2	2	2	2-3	5
					1-2	4
3		3				
4		1	3	4		
	5	3	4	1	3-4	3
					1-4	2
					2-4	1



[図7]

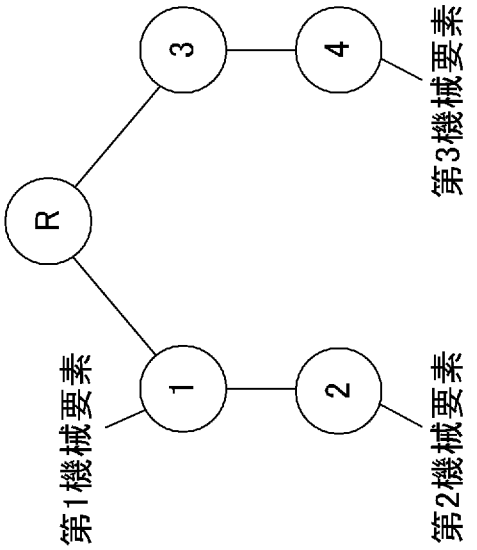
軸対	相対軸移動量	機械要素の組み合わせ	優先度
2-3	1		
3-4	2		
1-4	3	1-3	3
1-2	4	1-2	2
1-3	5		
2-4	6	2-3	1



[図8]

制御軸	機械要素	速度ベクトル	移動前位置ベクトル
1	1	v1	r1
2	2	v2	r2
3			
4	3	v3	r3

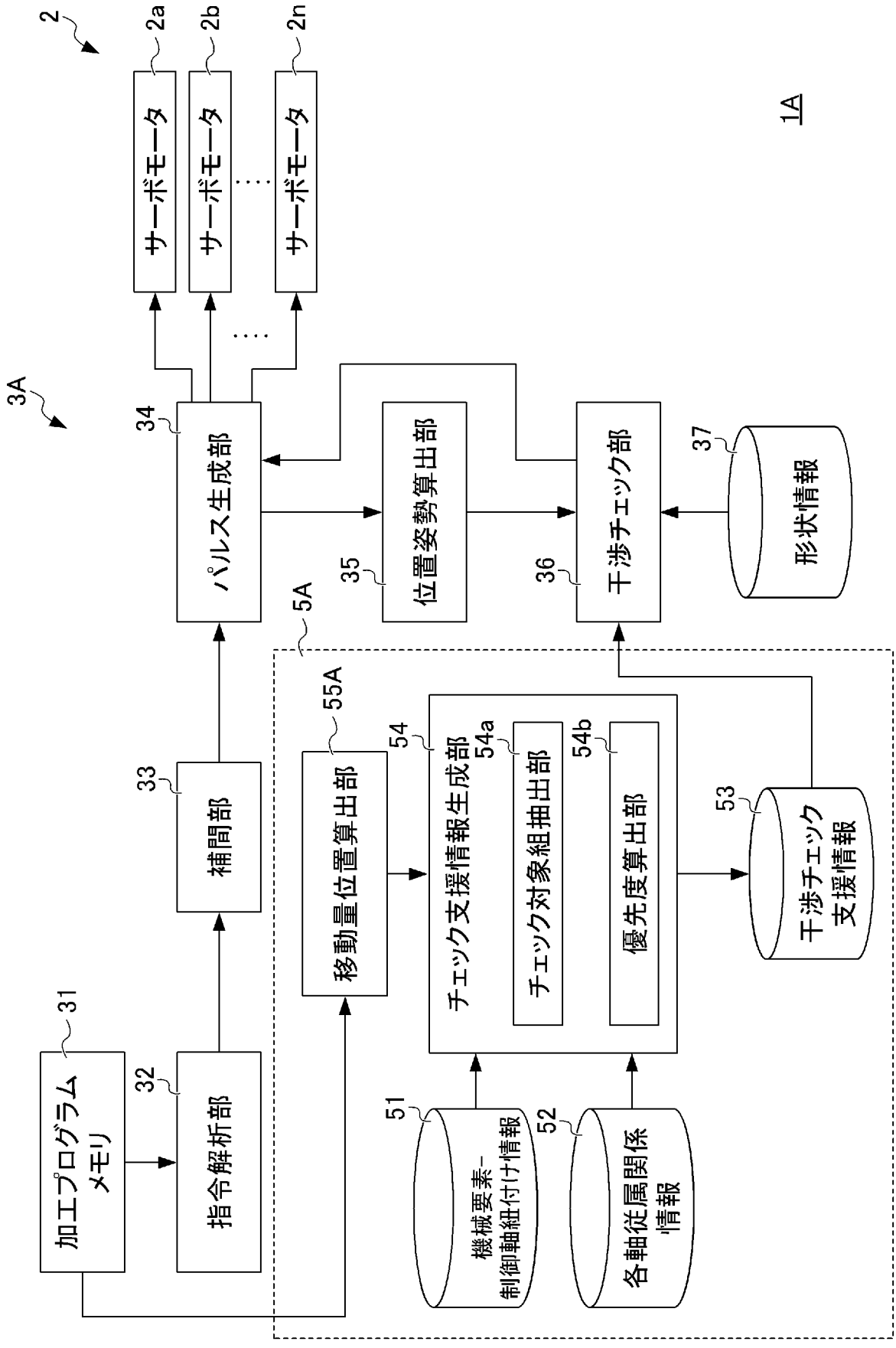
機械要素の組み合わせ	相対速度ベクトル	相対位置ベクトル	減少率パラメータ	優先度
1-2	v1-v2=(0,0,1)	r1-r2=(0,0,-1)	1	1
1-3	v1-v3=(0,2,0)	r1-r3=(0,0,1)	0	2
2-3	v2-v3=(1,0,0)	r2-r3=(1,0,0)	-1	3



[図9]

チェック対象組	第2及び第３機械要素	第2及び第4機械要素	第1及び第３機械要素	…
優先度	1	2	3	…

[図10]


2
2a
2b
2n
サーボモータ
サーボモータ
サーボモータ
1A
3A
34
パルス生成部
35
位置姿勢算出部
36
干渉チェック部
37
形状情報
5A
55A
移動量位置算出部
54
チェック支援情報生成部
54a
チェック対象組抽出部
54b
優先度算出部
53
干渉チェック
支援情報
33
補間部
31
加工プログラム
メモリ
32
指令解析部
51
機械要素-
制御軸紐付け情報
52
各軸従属関係
情報

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/031376

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05B 19/4061(2006.01)i
FI: G05B19/4061 Z

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)

G05B19/4061

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021
Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2000-284819 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 13 October 2000 (2000-10-13) paragraphs [0037]-[0207], fig. 1-33	1, 4-6
Y	JP 2019-57262 A (FANUC LTD) 11 April 2019 (2019-04-11) paragraphs [0027]-[0137], fig. 1-35	1, 4-6
A	JP 6-83422 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 25 March 1994 (1994-03-25) fig. 1-3	1-6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"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)
"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
"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
"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
"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
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
27 October 2021	**09 November 2021**
Name and mailing address of the ISA/JP **Japan Patent Office (ISA/JP)** **3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915** **Japan**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/031376

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2000-284819 A	13 October 2000	(Family: none)	
JP 2019-57262 A	11 April 2019	US 2018/0164782 A1 paragraphs [0073]-[0199], fig. 1-35 DE 102017222474 A1 paragraphs [0012]-[0142], fig. 1-35 CN 108227631 A paragraphs [0074]-[0343], fig. 1-35	
JP 6-83422 A	25 March 1994	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/031376

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G05B 19/4061(2006.01)i
FI: G05B19/4061 Z

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））

G05B19/4061

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	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１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）

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
Y	JP 2000-284819 A（三菱電機株式会社）13.10.2000（2000-10-13） 段落[0037]-[0207]，図1-33	1，4-6
Y	JP 2019-57262 A（ファナック株式会社）11.04.2019（2019-04-11） 段落[0027]-[0137]，図1-35	1，4-6
A	JP 6-83422 A（三菱電機株式会社）25.03.1994（1994-03-25） 図1-3	1-6

☐ 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
“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
“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
“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）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“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
“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
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
27.10.2021	09.11.2021

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
樋口　幸太郎 3U 5561
電話番号 03-3581-1101 内線 3364

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2021/031376

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2000-284819 A	13.10.2000	（ファミリーなし）	
JP 2019-57262 A	11.04.2019	US 2018/0164782 A1 段落[0073]-[0199]，図1-35 DE 102017222474 A1 段落[0012]-[0142]，図1-35 CN 108227631 A 段落[0074]-[0343]，図1-35	
JP 6-83422 A	25.03.1994	（ファミリーなし）	