

(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
2023年8月31日(31.08.2023)

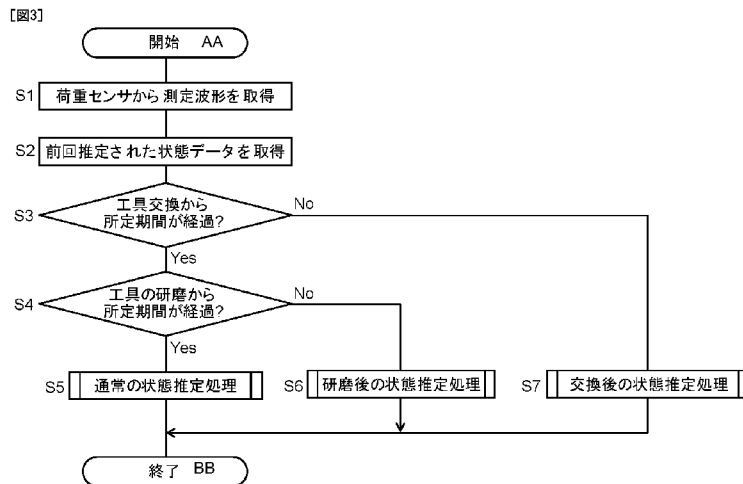


(10) 国際公開番号
WO 2023/162305 A1

- (51) 国際特許分類:
B21D 28/00 (2006.01) *B30B 15/00* (2006.01) 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号 Osaka (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/033966 (72) 発明者: 野尻 尚紀 (NOJIRI Naoki). 濱田 秀明 (HAMADA Hideaki). 齋藤 光央 (SAITOH Mitsuo).
- (22) 国際出願日: 2022年9月9日(09.09.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (74) 代理人: 鎌田 健司, 外 (KAMATA Kenji et al.); 〒5406207 大阪府大阪市中央区城見2丁目1番61号 パナソニックIPマネジメント株式会社内 Osaka (JP).
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2022-029951 2022年2月28日(28.02.2022) JP
- (71) 出願人: パナソニックIPマネジメント株式会社 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5406207 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,

(54) Title: MACHINING STATE ESTIMATING DEVICE, AND MACHINING STATE ESTIMATING METHOD

(54) 発明の名称: 加工状態推定装置及び加工状態推定方法



S1 Acquire measured waveform from load sensor
S2 Acquire last estimated state data
S3 Has prescribed period elapsed since tool replacement?
S4 Has prescribed period elapsed since tool grinding?
S5 Normal state estimation processing
S6 State estimation processing after grinding
S7 State estimation processing after replacement
AA Start
BB End

(57) Abstract: This machining state estimating device comprises a storage device and a processor. The storage device stores a plurality of parameters defining a machining state of a machining machine, and a plurality of items of reference data corresponding respectively to all combinations of the plurality of parameters. The processor acquires measurement data representing measurement results of a machining load for the machining machine, determines a degree of similarity, being an indicator of a degree of similarity between the plurality of items of reference data and the measurement data, and

WO 2023/162305 A1

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, 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, 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, SC, 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))

estimates the machining state on the basis of the determined degree of similarity.

(57) 要約: 加工状態推定装置は、記憶装置とプロセッサとを備える。記憶装置は、加工機械の加工状態を規定する複数のパラメータと、複数のパラメータの全ての組合せにそれぞれ対応する複数の参照データと、を記憶する。プロセッサは、加工機械による加工荷重の測定結果を示す測定データを取得し、複数の参照データと、測定データと、の類似の程度の指標である類似度を決定し、決定された類似度に基づいて、加工状態を推定する。

明 細 書

発明の名称：加工状態推定装置及び加工状態推定方法

技術分野

[0001] 本開示は、加工状態推定装置及び加工状態推定方法に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1は、プレス機等の同一作業を比較的短いサイクルで繰り返す装置において、正常な設備における状態量と異常な設備における状態量を合成することにより、判定値を得る技術を開示する。特許文献1の判定装置は、対象装置の状態量が判定値を越えた時、又は判定値を下回った時にアラームを発生する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平9-120365号公報

発明の概要

[0004] しかしながら、従来技術では、判定値を緩やかに設定すると工具の摩耗等の装置の異常を検知できず、判定値を厳格に設定すると装置が正常であるにも関わらず異常と判定する課題がある。

[0005] 本開示は、加工機械による加工状態を従来技術より精度良く推定する加工状態推定装置及び加工状態推定方法を提供することを目的とする。

[0006] 本開示の一態様に係る加工状態推定装置は、
記憶装置とプロセッサとを備え、
前記記憶装置は、
加工機械の加工状態を規定する複数のパラメータと、
前記複数のパラメータの全ての組合せにそれぞれ対応する複数の参照データと、を記憶し、
前記プロセッサは、
前記加工機械による加工荷重の測定結果を示す測定データを取得し、

前記複数の参照データと、前記測定データと、の類似の程度の指標である類似度を決定し、

決定された前記類似度に基づいて、前記加工状態を推定する。

[0007] 本開示の一態様に係る加工状態推定方法は、

プロセッサが、加工機械による加工荷重の測定結果を示す測定データを取得するステップと、

前記プロセッサが、加工機械の加工状態を規定する複数のパラメータの全ての組合せにそれぞれ対応する複数の参照データと、前記測定データと、の類似の程度の指標である類似度を決定するステップと、

前記プロセッサが、決定された前記類似度に基づいて、前記加工状態を推定するステップと、

を含む。

[0008] 本開示に係る加工状態推定装置及び加工状態推定方法によれば、加工機械による加工状態を従来技術より精度良く推定することができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]第1実施形態に係る加工状態推定装置の構成例を示すブロック図である。

[図2]図1に示した荷重センサが取り付けられるプレス機を示す模式的な断面図である。

[図3]図1の加工状態推定装置のCPUによって実行される加工状態の推定処理の手順を例示するフローチャートである。

[図4]図1に示した荷重センサによる測定波形の一例を示す模式的なグラフである。

[図5]図1に示す状態データの一例を示す表である。

[図6]図3に示した通常の状態推定処理S5の処理フローを例示するフローチャートである。

[図7]図6のパンチ摩耗量推定処理S51を例示するフローチャートである。

[図8]図6のダイ摩耗量推定処理S52を例示するフローチャートである。

[図9]図3に示した研磨後の状態推定処理S6の処理フローを例示するフローチャートである。

[図10]図9に示した研磨後のクリアランス推定処理S63の処理フローを例示するフローチャートである。

[図11]図3に示した交換後の状態推定処理S7の処理フローを例示するフローチャートである。

[図12]第1実施形態の変形例における状態データの一例を示す表である。

[図13]第1実施形態の変形例における通常の状態推定処理S5aの処理フローを例示するフローチャートである。

[図14]図13に示したワーク厚み推定処理S50の処理フローを例示するフローチャートである。

[図15]第2実施形態に係る加工状態推定装置の構成例を示すブロック図である。

[図16]図15の加工状態推定装置のCPUによって実行される補完処理の概要を説明するための模式図である。

[図17]補完処理の手順を例示するフローチャートである。

[図18]補完処理の一例を説明するための模式図である。

[図19]第3実施形態に係る加工状態推定装置の構成例を示すブロック図である。

[図20]図19の時間-スライド位置関係データの一例を示す模式的なグラフである。

[図21]第3実施形態におけるパンチ摩耗量推定処理S51aを例示するフローチャートである。

[図22]単位変換処理を説明するための模式図である。

[図23]サイクル加工の各サイクルにおける加工状態を説明するための模式図である。

発明を実施するための形態

[0010] (本開示の基礎となった知見)

本発明者らは、プレス加工、特に打抜き加工において、加工機械の加工状態を精度良く推定するために、研究を重ねた結果、以下のような知見を得た。ここで、「加工状態」とは、本開示において加工の状態を規定するパラメータの少なくとも1つに関連する状態を示す。加工状態は、本実施の形態においては、工具の摩耗量、クリアランス、又はワークの厚みのうちの少なくとも1つを指す。

[0011] 打抜き加工時にパンチ又はワークに加わる荷重は、パンチ摩耗量、ダイ摩耗量、クリアランス、ワークの厚み等の値に依存する。

[0012] パンチ摩耗量及びダイ摩耗量は、それぞれ、パンチの摩耗の程度を示す指標であるパンチ摩耗パラメータ及びダイの摩耗の程度を示す指標であるダイ摩耗パラメータの一例である。パンチ摩耗量及びダイ摩耗量等の工具の摩耗量は、例えば、新規に作成され、又は再研磨された時からの工具の寸法変化で表される。工具の摩耗量は、形状変化、体積変化、質量変化等の変化量で表されてもよい。また、工具の摩耗量は、摩耗を円弧として近似した場合の当該円弧の半径で表されてもよい。

[0013] クリアランスは、ダイとパンチとの間隙である。例えば、クリアランスは、ワークに打抜き穴を開けたときのダイとパンチとの間隙である。クリアランスは、ダイとパンチの間隙とワークの厚さとの比で表されてもよい。

[0014] 荷重がこれらのパラメータに依存するため、加工中に得られる荷重波形から、これらのパラメータを推定することが考えられる。例えば、パンチ摩耗量及びダイ摩耗量等の工具の摩耗量が推定できれば、サイクル加工を行う加工機械において、望ましい工具の研磨又は再研磨（以下、単に「研磨」という。）のタイミングを知ることができる。望ましいタイミングで工具を研磨すれば、摩耗した工具でワークを加工して不良品を多量に製作してしまう等の事態を未然に防ぐことができ、生産性を上げることができる。

[0015] サイクル加工を行う加工機械においては、加工状態の推定に、直前の打抜きについての加工状態の推定結果を利用することに利点がある。その理由の1つは、図23に示すように、クリアランス、パンチ摩耗量、ダイ摩耗量等

の値は、通常は、直前の打抜きにおける値から大きく変化しないからである。直前の推定結果から大きく変化しないという条件下で推定を行うことにより、推定の精度の向上を図ることができる。

[0016] さらに、パンチ摩耗量、ダイ摩耗量等の工具の摩耗量は、工具を研磨又は交換しない限り増加していく、クリアランスは工具を交換しない限りほぼ一定である、パンチ摩耗の方がダイ摩耗より進行が速い等の知見が得られている。発明者らは、これらの知見に基づいて、例えば、パンチ摩耗量及びダイ摩耗量が直前の推定結果から微増するという条件下で推定を行うことにより、推定の精度が向上することを見出し、本発明に至った。

[0017] 本開示の第1の態様によれば、記憶装置とプロセッサとを備え、前記記憶装置は、
加工機械の加工状態を規定する複数のパラメータと、
それぞれが前記複数のパラメータの各組合せに対応する複数の参照データと、を記憶し、
前記プロセッサは、
前記加工機械による加工荷重の測定結果を示す測定データを取得し、
前記複数の参照データと、前記測定データと、の類似の程度の指標である類似度を決定し、
決定された前記類似度に基づいて、前記加工状態を推定する、
加工状態推定装置を提供する。

[0018] 本開示の第2の態様によれば、前記プロセッサは、
前記複数の参照データの中から、前記類似度が最大となる参照データを探索し、
探索された前記参照データに対応する前記各パラメータの組合せを、前記測定データの測定時の加工状態を表す推定パラメータセットとして決定する、
第1の態様に記載の加工状態推定装置を提供する。

[0019] 本開示の第3の態様によれば、前記プロセッサは、前記参照データを探索する処理において、既に前記プロセッサが決定した前記推定パラメータセッ

トを基準とする所定の範囲内で前記複数のパラメータを順次変化させて、前記複数の参照データの一部の中から、前記測定データとの類似度が最大となる参照データを探索する、第2の態様に記載の加工状態推定装置を提供する。

[0020] 本開示の第4の態様によれば、前記複数のパラメータは、前記加工機械の工具の摩耗の程度を規定する摩耗パラメータと、前記加工機械のクリアランスを規定するクリアランスパラメータとを含み、

前記推定パラメータセットは、前記測定データの測定時の前記摩耗パラメータとして推定された推定摩耗パラメータと、前記測定データの測定時の前記クリアランスパラメータとして推定された推定クリアランスパラメータと、を含む、

第2又は第3の態様に記載の加工状態推定装置を提供する。

[0021] 本開示の第5の態様によれば、前記プロセッサは、前記参照データを探索する処理において、前記摩耗パラメータを、前記推定摩耗パラメータ以上の値の中で順次変化させて、前記測定データとの類似度が最大となる参照データを探索する、

第4の態様に記載の加工状態推定装置を提供する。

[0022] 本開示の第6の態様によれば、前記摩耗パラメータは、前記加工機械のパンチの摩耗の程度を規定するパンチ摩耗パラメータと、前記加工機械のダイの摩耗の程度を規定するダイ摩耗パラメータと、を含み、

前記推定摩耗パラメータは、前記測定データの測定時の前記パンチ摩耗パラメータとして推定された推定パンチ摩耗パラメータと、前記測定データの測定時の前記ダイ摩耗パラメータとして推定された推定ダイ摩耗パラメータと、を含み、

前記プロセッサは、前記参照データを探索する処理において、前記パンチ摩耗パラメータを、前記推定パンチ摩耗パラメータ以上の値の中で順次変化させ、かつ、前記ダイ摩耗パラメータを、前記推定ダイ摩耗パラメータ以上の値の中で順次変化させて、前記測定データとの類似度が最大となる参照デ

ータを探索する、

第4又は第5の態様に記載の加工状態推定装置を提供する。

[0023] 本開示の第7の態様によれば、前記プロセッサは、前記参照データを探索する処理において、

前記ダイ摩耗パラメータを、前記推定ダイ摩耗パラメータに固定し、かつ、前記パンチ摩耗パラメータを、前記推定パンチ摩耗パラメータ以上の値の中で順次変化させて、前記測定データとの第1の類似度が最大となる参照データを探索し、

前記第1の類似度が最大となる参照データに対応する前記パンチ摩耗パラメータを、前記推定パンチ摩耗パラメータとして決定し、

前記パンチ摩耗パラメータを、決定された前記推定パンチ摩耗パラメータに固定し、かつ、前記ダイ摩耗パラメータを、前記推定ダイ摩耗パラメータ以上の値の中で順次変化させて、前記測定データとの第2の類似度が最大となる参照データを探索し、

前記第2の類似度が最大となる参照データに対応する前記ダイ摩耗パラメータを、前記推定ダイ摩耗パラメータとして決定する、

第6の態様に記載の加工状態推定装置を提供する。

[0024] 本開示の第8の態様によれば、前記複数のパラメータは、前記加工機械によって加工されるワークの厚みを規定するワーク厚みパラメータを更に含み、

前記プロセッサは、前記参照データを探索する処理において、前記ワーク厚みパラメータを順次変化させて、前記測定データとの類似度が最大となる参照データを探索する、

第4～7のいずれかの態様に記載の加工状態推定装置を提供する。

[0025] 本開示の第9の態様によれば、前記摩耗パラメータは、前記加工機械のパンチの摩耗の程度を規定するパンチ摩耗パラメータと、前記加工機械のダイの摩耗の程度を規定するダイ摩耗パラメータと、を含み、

前記推定摩耗パラメータは、前記測定データの測定時の前記パンチ摩耗パ

ラメータとして推定された推定パンチ摩耗パラメータと、前記測定データの測定時の前記ダイ摩耗パラメータとして推定された推定ダイ摩耗パラメータと、を含み、

前記プロセッサは、前記参照データを探索する処理において、前記パンチ摩耗パラメータを、前記推定パンチ摩耗パラメータ以上の値の中で順次変化させ、かつ、前記ダイ摩耗パラメータを、前記推定ダイ摩耗パラメータ以上の値の中で順次変化させて、前記測定データとの類似度が最大となる参照データを探索する、

第8の態様に記載の加工状態推定装置を提供する。

[0026] 本開示の第10の態様によれば、前記推定パラメータセットは、前記測定データの測定時の前記ワーク厚みパラメータとして推定された推定ワーク厚みパラメータを含み、

前記プロセッサは、前記参照データを探索する処理において、

前記ダイ摩耗パラメータ及び前記パンチ摩耗パラメータを、前記推定ダイ摩耗パラメータ及び前記推定パンチ摩耗パラメータにそれぞれ固定し、かつ、前記ワーク厚みパラメータを順次変化させて、前記測定データとの第1の類似度が最大となる参照データを探索し、

前記第1の類似度が最大となる参照データに対応する前記ワーク厚みパラメータを、前記推定ワーク厚みパラメータとして決定し、

前記ワーク厚みパラメータ及び前記ダイ摩耗パラメータを、決定された前記推定ワーク厚みパラメータ及び前記推定ダイ摩耗パラメータにそれぞれ固定し、かつ、前記パンチ摩耗パラメータを、前記推定パンチ摩耗パラメータ以上の値の中で順次変化させて、前記測定データとの第2の類似度が最大となる参照データを探索し、

前記第2の類似度が最大となる参照データに対応する前記パンチ摩耗パラメータを、前記推定パンチ摩耗パラメータとして決定し、

前記パンチ摩耗パラメータを、決定された前記推定パンチ摩耗パラメータに固定し、かつ、前記ダイ摩耗パラメータを、前記推定ダイ摩耗パラメータ

以上の値の中で順次変化させて、前記測定データとの第3の類似度が最大となる参照データを探索し、

前記第3の類似度が最大となる参照データに対応する前記ダイ摩耗パラメータを、前記推定ダイ摩耗パラメータとして決定する、

第9の態様に記載の加工状態推定装置を提供する。

[0027] 本開示の第11の態様によれば、前記プロセッサは、前記工具が交換されたことを示す信号を受信したとき、又は前記工具が研磨されたことを示す信号を受信したとき、前記推定摩耗パラメータを初期値に設定する、第4～10の態様のいずれかに記載の加工状態推定装置を提供する。

[0028] 本開示の第12の態様によれば、前記プロセッサは、前記推定摩耗パラメータを初期値に設定した後、所定期間が経過するまで、

前記推定摩耗パラメータを初期値に保ち、

前記参照データを探索する処理において、前記クリアランスパラメータを順次変化させて、前記複数の参照データの中から、前記測定データとの類似度が最大となる参照データを探索する、第11の態様に記載の加工状態推定装置を提供する。

[0029] 本開示の第13の態様によれば、前記複数のパラメータは、それぞれ、複数の離散値から選択される変数であり、

前記プロセッサは、前記複数の参照データに基づいて、前記複数の離散値間のパラメータに対応する補完参照データを生成し、

前記プロセッサは、探索処理において、前記複数の参照データ及び前記補完参照データの中から、前記測定データとの前記類似度が最大となる参照データ又は補完参照データを探索する、

第1～12の態様のいずれかに記載の加工状態推定装置を提供する。

[0030] 本開示の第14の態様によれば、前記複数の参照データのそれぞれは、前記加工機械による加工における時間と加工荷重との関係を示し、

前記測定データは、実測された前記加工機械による加工における時間と加工荷重との関係を示す、

第1～13の態様のいずれかに記載の加工状態推定装置を提供する。

[0031] 本開示の第15の態様によれば、前記複数の参照データのそれぞれは、前記加工機械による加工における前記加工機械のスライド位置と加工荷重との関係を示し、

前記測定データは、実測された前記加工機械による加工における時間と加工荷重との関係を示し、

前記記憶装置は、時間と前記スライド位置との関係を規定する時間－スライド位置関係データを更に記憶し、

前記プロセッサは、前記参照データを探索する処理において、

前記時間－スライド位置関係データに基づいて、前記複数の参照データを、それぞれ前記加工機械による加工における時間と加工荷重との関係を示す複数の二次参照データに変換し、

前記複数の二次参照データの中から前記測定データとの類似度が最大となる二次参照データを探索することにより、前記複数の参照データの中から、前記測定データとの類似度が最大となる参照データを探索する、

第1～13の態様のいずれかに記載の加工状態推定装置を提供する。

[0032] 本開示の第16の態様によれば、前記複数の参照データのそれぞれは、前記加工機械による加工における前記加工機械のスライド位置と加工荷重との関係を示し、

前記測定データは、実測された前記加工機械による加工における時間と加工荷重との関係を示し、

前記記憶装置は、時間と前記スライド位置との関係を規定する時間－スライド位置関係データを更に記憶し、

前記プロセッサは、前記参照データを探索する処理において、

前記時間－スライド位置関係データに基づいて、前記測定データを、前記加工機械による加工における前記スライド位置と加工荷重との関係を示す変換測定データに変換し、

前記複数の参照データの中から前記変換測定データとの類似度が最大と

なる参照データを探索することにより、前記複数の参照データの中から、前記測定データとの類似度が最大となる参照データを探索する、

第1～13の態様のいずれかに記載の加工状態推定装置を提供する。

[0033] 本開示の一態様によれば、プロセッサが、加工機械による加工荷重の測定結果を示す測定データを取得するステップと、

前記プロセッサが、加工機械の加工状態を規定する複数のパラメータの各組合せにそれぞれ対応する複数の参照データと、前記測定データと、の類似の程度の指標である類似度を決定するステップと、

前記プロセッサが、決定された前記類似度に基づいて、前記加工状態を推定するステップと、

を含む、加工状態推定方法を提供する。

[0034] 以下、適宜図面を参照しながら、本開示の実施形態を詳細に説明する。但し、必要以上に詳細な説明は省略する場合がある。例えば、既によく知られた事項の詳細説明や実質的に同一の構成に対する重複説明を省略する場合がある。これは、以下の説明が不必要に冗長になるのを避け、当業者の理解を容易にするためである。なお、発明者は、当業者が本開示を十分に理解するために添付図面及び以下の説明を提供するのであって、これらによって特許請求の範囲に記載の主題を限定することを意図しない。

[0035] (第1実施形態)

[1. 構成]

図1は、本開示の第1実施形態に係る加工状態推定装置100の構成例を示すブロック図である。加工状態推定装置100は、CPU1と、記憶装置2と、入力インタフェース(I/F)3と、出力インタフェース(I/F)4とを備える。

[0036] CPU1は、情報処理を行って後述する加工状態推定装置100の機能を実現する。このような情報処理は、例えば、CPU1が記憶装置2に格納されたプログラム21の指令に従って動作することにより実現される。CPU1は、本開示のプロセッサの一例である。プロセッサは、情報処理のための

演算を行う演算回路を含めばよく、CPUに限定されない。例えば、プロセッサは、MPU、FPGA等の回路で構成されてもよい。

[0037] 記憶装置2は、後述の波形ライブラリ23、状態データ22等のデータ、及び加工状態推定装置100の機能を実現するために必要なプログラム21を含む種々の情報を記録する記録媒体である。記憶装置2は、例えば、フラッシュメモリ、ソリッド・ステート・ドライブ（SSD）等の半導体記憶装置、ハードディスクドライブ（HDD）等の磁気記憶装置、その他の記録媒体単独で又はそれらを組み合わせて実現される。記憶装置2は、SRAM、DRAM等の揮発性メモリを含んでもよい。

[0038] 入力インタフェース3は、荷重センサ11による検出結果等の情報を加工状態推定装置100に入力するために、加工状態推定装置100と外部機器とを接続するインタフェース回路である。このような外部機器は、例えば、荷重センサ11、他の情報処理端末等の装置である。入力インタフェース3は、既存の有線通信規格又は無線通信規格に従ってデータ通信を行う通信回路であってもよい。

[0039] 出力インタフェース4は、加工状態推定装置100から情報を出力するために、加工状態推定装置100と外部の出力装置とを接続するインタフェース回路である。このような出力装置は、例えばディスプレイ、他の情報処理端末である。出力インタフェース4は、既存の有線通信規格又は無線通信規格に従ってデータ通信を行う通信回路であってもよい。入力インタフェース3及び出力インタフェース4は、同様のハードウェアにより実現されてもよい。

[0040] 図2は、図1に示した荷重センサ11が取り付けられるプレス機50を示す模式的な断面図である。プレス機50は、同一の加工を繰り返すサイクル加工を行う加工機械の一例である。プレス機50は、ボルスタ51と、ボルスタ51に対して上死点から下死点までの上下のサイクル運動を繰り返し行うスライド52とを備える。ボルスタ51の上には、ダイバックグプレート61が取り付けられ、ダイバックグプレート61の上には、ダイプレー

ト62が取り付けられている。ダイプレート62は、ダイ63を把持する。

[0041] スライド52の下部には、パンチバックングプレート71が取り付けられ、パンチバックングプレート71の下部には、パンチプレート72が取り付けられている。パンチプレート72は、パンチ73を把持する。プレス機50は、ストリッパプレート74を更に備える。ストリッパプレート74は、例えば、図示しないポストなどの位置決めガイド類を介し、ボルト等の締結具及びパンチプレート72又はパンチバックングプレート71に取り付けられる。ストリッパプレート74は、例えば圧縮ばねにより下方に付勢され、パンチ73の位置が一定となるようにガイドする機能と共に、ワーク80の打抜き後にパンチ73に付着した材料を抜き取る機能、及び／又はワーク80の打抜き時にワーク80を固定する機能を有する。

[0042] 荷重センサ11は、例えばパンチ73とパンチバックングプレート71との間に設置される。荷重センサ11は、例えば圧電式力センサ、又はひずみゲージ式等の電気式力センサであり、パンチ73がワーク80を打ち抜く際にパンチ73に加わる荷重を測定する。

[0043] [2. 動作]

[2-1. 全体フロー]

図3は、図1の加工状態推定装置100のCPU1によって実行される加工状態の推定処理の手順を例示するフローチャートである。

[0044] まず、CPU1は、荷重センサ11から、プレス機50によるプレス加工時に荷重センサ11に加わる荷重の測定結果を示す測定波形を取得する(S1)。

[0045] 図4は、荷重センサ11による測定波形の一例を示す模式的なグラフである。図4のグラフの横軸は時間を表し、縦軸は荷重を表している。図4のグラフは、打抜き加工において、パンチ73が下がってワーク80に接触した時点からワーク80、したがってパンチ73及び荷重センサ11に荷重が加わり始め、ワーク80が打ち抜かれた後に荷重が急激にほぼ0まで減少する山なりの波形を示している。打抜き加工の打抜き期間は、例えば、測定波形

において荷重が立ち上がり閾値を上回った時刻から立ち下り閾値を下回った時刻までの期間として測定可能である。このような立ち上がり閾値及び立ち下り閾値は、絶対値として定められてもよいし、荷重のピーク値に対する割合として定められてもよい。

[0046] 図3に戻り、ステップS1の次に、CPU1は、前回の推定結果である推定パラメータセットを示す状態データ22を取得する(S2)。

[0047] 図5は、状態データ22の一例を示す表である。状態データ22は、加工の状態を規定するパラメータを含む。本実施の形態の例では、図5に示すように、このようなパラメータは工具の状態を規定するパラメータであり、より詳細には、パンチ摩耗量、ダイ摩耗量、及びクリアランスである。

[0048] 図3に戻り、ステップS2の次に、CPU1は、工具の交換が行われてから所定期間が経過したか否かを判断する(S3)。例えば、CPU1は、工具の交換が行われたことを示す工具交換信号を受信してから所定期間が経過したか否かを判断する。CPU1は、工具交換信号を受信してからプレス加工が所定回数以上行われた場合に、所定期間が経過したと判断してもよい。このような工具交換信号は、例えば、ユーザがプレス機50、加工状態推定装置100のユーザインタフェース等に設けられた工具交換完了ボタンを押すことによりCPU1に送信される。

[0049] 工具の交換が行われてから所定期間が経過したと判断した場合(S3でYes)、CPU1は、工具が研磨されてから所定期間が経過したか否かを判断する(S4)。例えば、CPU1は、ダイが研磨されたことを示すダイ研磨信号及び／又はパンチが研磨されたことを示すパンチ研磨信号を受信してから所定期間が経過したか否かを判断する。CPU1は、ダイ研磨信号及び／又はパンチ研磨信号を受信してからプレス加工が所定回数以上行われた場合に、所定期間が経過したと判断してもよい。このような信号は、例えば、ユーザがプレス機50、加工状態推定装置100のユーザインタフェース等に設けられたダイ研磨完了ボタン及び／又はパンチ研磨完了ボタンを押すことによりCPU1に送信される。

[0050] 工具が研磨されてから所定期間が経過したと判断した場合（S4でYes）、CPU1は、第1の状態推定処理（以下、「通常の状態推定処理」という。）S5を実行する。通常の状態推定処理S5の詳細については後述する。

[0051] ステップS4において、工具が研磨されてから所定期間が経過していないと判断した場合（S4でNo）、CPU1は、第2の状態推定処理（以下、「研磨後の状態推定処理」という。）S6を実行する。研磨後の状態推定処理S6の詳細については後述する。

[0052] ステップS3において、工具の交換が行われてから所定期間が経過していないと判断した場合（S3でNo）、CPU1は、第3の状態推定処理（以下、「交換後の状態推定処理」という。）S7を実行する。交換後の状態推定処理S7の詳細については後述する。

[0053] [2-2. 通常の状態推定処理S5]

図6は、図3に示した通常の状態推定処理S5の処理フローを例示するフローチャートである。

[0054] 通常の状態推定処理S5では、CPU1は、パンチ摩耗量推定処理S51を実行し、次にダイ摩耗量推定処理S52を実行する。この順番で実行するのは、一般的に、パンチ摩耗の進行の方がダイ摩耗の進行よりも早いため、パンチ摩耗量をダイ摩耗量より優先的に推定するためである。

[0055] 通常の状態推定処理S5では、状態データ22のクリアランスの値は、前回の加工状態の推定処理において推定された値に固定される。クリアランスを固定するのは、工具の交換又は研磨から所定期間が経過している通常の状態推定処理S5では、プレス加工が繰り返されてもクリアランスが、全く又はほとんど変わらないからである。

[0056] 図7は、図6のパンチ摩耗量推定処理S51を例示するフローチャートである。パンチ摩耗量推定処理S51において、CPU1は、まず、状態データ22の各パラメータの値に対応する参照波形（参照データ）と、ステップS1で取得された測定波形と、の一致度を算出する（S511）。

[0057] ここで、一致度とは、2つの波形の一致の程度を示す指標である。一致度

は、例えば、打抜き期間における2つの波形間のコサイン類似度、ユークリッド距離、マンハッタン距離である。CPU1は、一致度の代わりに、2つの波形の不一致の程度を示す指標である損失を算出してもよい。一致度及び不一致度はいずれも、2つの波形の類似の程度を示す指標である「類似度」の一例である。

[0058] ステップS511における状態データ22の各パラメータの値に対応する参照波形は、波形ライブラリ23に予め登録されている。波形ライブラリ23には、クリアランス、ダイ摩耗量、及びパンチ摩耗量の候補値の全ての組合せにそれぞれ対応する参照波形が予め登録されている。本実施形態では、参照波形は、図4の測定波形と同様に、時間と荷重との関係を表す波形である。

[0059] クリアランスは、例えば、 $3\mu\text{m}$ 、 $4\mu\text{m}$ 、 $5\mu\text{m}$ 、 $6\mu\text{m}$ 、 $7\mu\text{m}$ の候補値のいずれかに設定可能である。ダイ摩耗量は、例えば、 $0\mu\text{m}$ 、 $2\mu\text{m}$ 、 $4\mu\text{m}$ 、 $6\mu\text{m}$ 、 $8\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 、 $12\mu\text{m}$ の候補値のいずれかに設定可能である。パンチ摩耗量は、例えば、 $0\mu\text{m}$ 、 $2\mu\text{m}$ 、 $4\mu\text{m}$ 、 $6\mu\text{m}$ 、 $8\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 、 $12\mu\text{m}$ の候補値のいずれかに設定可能である。なお、クリアランス、ダイ摩耗量、及びパンチ摩耗量の候補値はこれらに限定されず、候補値の数も上記の数に限定されない。

[0060] 上記の例のようにクリアランスの候補値が5個、ダイ摩耗量の候補値が7個、パンチ摩耗量の候補値が7個ある場合、波形ライブラリ23には、245通りの参照波形が予め登録される。このように、波形ライブラリ23は、クリアランス、ダイ摩耗量、及びパンチ摩耗量の配列に対応する参照波形が登録された3次元のテーブルである。

[0061] 図7のステップS512において、CPU1は、パンチ摩耗量推定処理S51におけるループ処理が収束（完了）したか否かを判断する（S512）。収束とは、所定の選択ルールに基づいて選択し得る全ての候補値が仮状態データにおいて設定されたことをいう。ステップS512では、CPU1は、パンチ摩耗量の候補値のうち、前回の加工状態の推定処理において推定さ

れたパンチ摩耗量より大きい候補値が全て仮状態データにおいて設定されたか否かの判断を、収束判断として行う。

[0062] CPU 1は、ステップS 5 1 2において、パンチ摩耗量推定処理S 5 1 1におけるループ処理が収束していないと判断した場合（S 5 1 2でN o）、ステップS 5 1 3を実行し、収束したと判断した場合（S 5 1 2でY e s）、パンチ摩耗量推定処理S 5 1 1を終える。

[0063] ステップS 5 1 3において、CPU 1は、パンチ摩耗量を、前回推定されたパンチ摩耗量より大きい値に設定するように状態データ2 2を変更して仮状態データを用意する（S 5 1 3）。上記の例では、前回推定されたパンチ摩耗量が4 μ mである場合、CPU 1は、仮状態データのパンチ摩耗量を、6 μ m, 8 μ m, 10 μ m, 12 μ mのいずれかに設定する。なお、ステップS 5 1 3では、仮状態データの他のパラメータであるクリアランス及びダイ摩耗量は、前回推定されたクリアランス及びダイ摩耗量にそれぞれ固定されている。

[0064] 次に、CPU 1は、仮状態データの各パラメータの値に対応する波形ライブラリ2 3内の参照波形と、ステップS 1で取得された測定波形と、の一致度を算出する（S 5 1 4）。

[0065] 次に、CPU 1は、ステップS 5 1 4で算出された一致度が、直近のステップS 5 1 1で算出された一致度に比べて増加したか否かを判断する（S 5 1 5）。CPU 1は、一致度が増加したと判断した場合（S 5 1 5でY e s）、ステップS 5 1 6に進み、一致度が増加していないと判断した場合（S 5 1 5でN o）、ステップS 5 1 2に戻る。

[0066] ステップS 5 1 6において、CPU 1は、ステップS 5 1 3で用意された仮状態データを状態データ2 2とするように、状態データ2 2を更新する（S 5 1 6）。CPU 1は、ステップS 5 1 6を終えると、ステップS 5 1 1に戻る。

[0067] 上記のように、CPU 1は、ステップS 5 1 2において、パンチ摩耗量推定処理S 5 1 1におけるループ処理が収束したと判断した場合（S 5 1 2でY

e s)、パンチ摩耗量推定処理S 5 1を終えて、ダイ摩耗量推定処理S 5 2を実行する(図6参照)。上記の例ではCPU 1は、仮状態データのパンチ摩耗量を、 $6\mu\text{m}$ 、 $8\mu\text{m}$ 、 $10\mu\text{m}$ 、 $12\mu\text{m}$ に設定した各ループを全て完了した場合、パンチ摩耗量推定処理S 5 1を終える。

[0068] 図8は、図6のダイ摩耗量推定処理S 5 2を例示するフローチャートである。ダイ摩耗量推定処理S 5 2において、CPU 1は、まず、状態データ22の各パラメータの値に対応する参照波形と、ステップS 1で取得された測定波形と、の一致度を算出する(S 5 2 1)。ステップS 5 2 1は、図7のステップS 5 1 1と同様の処理である。

[0069] 次に、CPU 1は、ダイ摩耗量推定処理S 5 2におけるループ処理が収束したか否かを判断する(S 5 2 2)。すなわち、CPU 1は、ダイ摩耗量の候補値のうち、前回の加工状態の推定処理において推定されたダイ摩耗量より大きい候補値が全て仮状態データにおいて設定されたか否かを判断する。CPU 1は、ダイ摩耗量推定処理S 5 2におけるループ処理が収束していないと判断した場合(S 5 2 2でNo)、ステップS 5 2 3を実行し、収束したと判断した場合(S 5 2 2でYes)、ダイ摩耗量推定処理S 5 2を終える。

[0070] ステップS 5 2 3において、CPU 1は、ダイ摩耗量を、前回推定されたダイ摩耗量より大きい値に設定するように状態データ22を変更して仮状態データを用意する(S 5 2 3)。なお、ステップS 5 2 3では、仮状態データの他のパラメータであるクリアランスは、前回推定されたクリアランスに固定され、パンチ摩耗量は、図7のステップS 5 1 6で決定されたパンチ摩耗量に固定されている。

[0071] 次に、CPU 1は、仮状態データの各パラメータの値に対応する波形ライブラリ23内の参照波形と、ステップS 1で取得された測定波形と、の一致度を算出する(S 5 2 4)。

[0072] 次に、CPU 1は、ステップS 5 2 4で算出された一致度が、直前のステップS 5 2 1で算出された一致度に比べて増加したか否かを判断する(S 5

25)。CPU1は、一致度が増加したと判断した場合（S525でYes）、ステップS526に進み、一致度が増加していないと判断した場合（S525でNo）、ステップS522に戻る。

[0073] ステップS526において、CPU1は、ステップS523で用意された仮状態データを状態データ22とするように、状態データ22を更新する（S526）。CPU1は、ステップS526を終えると、ステップS521に戻る。

[0074] 以上のように、通常の状態推定処理S5では、CPU1は、クリアランスを固定し、かつ、パンチ摩耗量推定処理S51をダイ摩耗量推定処理S52に優先して行うことにより、状態データ22を推定する。

[0075] [2-3. 研磨後の状態推定処理S6]

図9は、図3に示した研磨後の状態推定処理S6の処理フローを例示するフローチャートである。研磨後の状態推定処理S6では、研磨された工具がパンチであるかダイであるか、又はその両方であるかによって実行される処理が異なる。

[0076] 例えば、CPU1は、パンチ及びダイの両方が研磨されたか否かを判断する（S61）。前述の例では、CPU1は、ダイが研磨されたことを示すダイ研磨信号及びパンチが研磨されたことを示すパンチ研磨信号を両方とも受信したか否かを判断する。CPU1は、パンチ及びダイの両方が研磨されたと判断した場合（S61でYes）、ステップS62に進み、それ以外の場合（S61でNo）、ステップS64に進む。

[0077] ステップS64では、CPU1は、パンチが研磨されたか否かを判断する。CPU1は、パンチが研磨されたと判断した場合（S64でYes）、ステップS65に進み、それ以外の場合（S64でNo）、ステップS66に進む。すなわち、パンチ及びダイの両方が研磨された場合はステップS62が実行され、パンチのみが研磨された場合はステップS65が実行され、ダイのみが研磨された場合はステップS66が実行される。

[0078] ステップS62では、CPU1は、パンチ摩耗量及びダイ摩耗量を初期値

である $0\ \mu\text{m}$ に設定する。このようにパンチ摩耗量及びダイ摩耗量を固定した上で、CPU 1は、クリアランスを推定する処理（以下、「研磨後のクリアランス推定処理」という。）S 6 3を実行する。研磨後のクリアランス推定処理S 6 3の詳細については後述する。

[0079] ステップS 6 4においてパンチが研磨されたと判断した場合（S 6 4でYes）、CPU 1は、パンチ摩耗量を初期値である $0\ \mu\text{m}$ に設定し（S 6 5）、次いで研磨後のクリアランス推定処理S 6 3及びダイ摩耗量推定処理S 5 2を実行する。

[0080] ステップS 6 4においてパンチが研磨されていないと判断した場合（S 6 4でNo）、CPU 1は、ダイ摩耗量を初期値である $0\ \mu\text{m}$ に設定し（S 6 6）、次いで研磨後のクリアランス推定処理S 6 3及びパンチ摩耗量推定処理S 5 1を実行する。

[0081] 図10は、図9に示した研磨後のクリアランス推定処理S 6 3の処理フローを例示するフローチャートである。

[0082] 研磨後のクリアランス推定処理S 6 3において、CPU 1は、まず、状態データ22の各パラメータの値に対応する参照波形と、ステップS 1で取得された測定波形と、の一致度を算出する（S 6 3 1）。ステップS 6 3 1は、図7のステップS 5 1 1及び図8のステップS 5 2 1と同様の処理である。

[0083] 次に、CPU 1は、研磨後のクリアランス推定処理S 6 3におけるループ処理が収束したか否かを判断する（S 6 3 2）。すなわち、CPU 1は、クリアランスの候補値のうち、前回の加工状態の推定処理において推定されたクリアランスから所定範囲内の候補値が全て仮状態データにおいて設定されたか否かを判断する。CPU 1は、研磨後のクリアランス推定処理S 6 3におけるループ処理が収束していないと判断した場合（S 6 3 2でNo）、ステップS 6 3 3を実行し、収束したと判断した場合（S 6 3 2でYes）、研磨後のクリアランス推定処理S 6 3を終える。

[0084] ステップS 6 3 3において、CPU 1は、クリアランスを、前回推定され

たクリアランスから所定範囲内の値に設定するように状態データ22を変更して仮状態データを用意する(S633)。例えば、前回推定されたクリアランスが5 μ mである場合、CPU1は、仮状態データのクリアランスを、5 μ mから±1 μ mの範囲内である値、すなわち4 μ m又は6 μ mに設定する。クリアランスの変更範囲を所定範囲内に限定するのは、工具が交換された場合と異なり、工具の研磨が行われてもクリアランスはほとんど変わらないという知見が得られているからである。

[0085] 次に、CPU1は、仮状態データの各パラメータの値に対応する波形ライブラリ23内の参照波形と、ステップS1で取得された測定波形と、の一致度を算出する(S634)。

[0086] 次に、CPU1は、ステップS634で算出された一致度が、直近のステップS631で算出された一致度に比べて増加したか否かを判断する(S635)。CPU1は、一致度が増加したと判断した場合(S635でYes)、ステップS636に進み、一致度が増加していないと判断した場合(S635でNo)、ステップS632に戻る。

[0087] ステップS636において、CPU1は、ステップS633で用意された仮状態データを状態データ22とするように、状態データ22を更新する(S636)。CPU1は、ステップS636を終えると、ステップS631に戻る。

[0088] [2-4. 交換後の状態推定処理S7]

図11は、図3に示した交換後の状態推定処理S7の処理フローを例示するフローチャートである。

[0089] 交換後の状態推定処理S7において、CPU1は、まず、パンチ摩耗量及びダイ摩耗量を初期値である0 μ mに設定する(S62)。

[0090] 次に、CPU1は、状態データ22の各パラメータの値に対応する参照波形と、ステップS1で取得された測定波形と、の一致度を算出する(S71)。

[0091] 次に、CPU1は、交換後の状態推定処理S7におけるループ処理が収束

したか否かを判断する（S72）。すなわち、CPU1は、クリアランスの候補値が全て仮状態データにおいて設定されたか否かを判断する。CPU1は、交換後の状態推定処理S7におけるループ処理が収束していないと判断した場合（S72でNo）、ステップS73を実行し、収束したと判断した場合（S72でYes）、交換後の状態推定処理S7を終える。

[0092] ステップS73において、CPU1は、クリアランスを、クリアランスの候補値のいずれかに設定するように状態データ22を変更して仮状態データを用意する（S73）。

[0093] 次に、CPU1は、仮状態データの各パラメータの値に対応する波形ライブラリ23内の参照波形と、ステップS1で取得された測定波形と、の一致度を算出する（S74）。

[0094] 次に、CPU1は、ステップS74で算出された一致度が、直近のステップS71で算出された一致度に比べて増加したか否かを判断する（S75）。CPU1は、一致度が増加したと判断した場合（S75でYes）、ステップS76に進み、一致度が増加していないと判断した場合（S75でNo）、ステップS72に戻る。

[0095] ステップS76において、CPU1は、ステップS73で用意された仮状態データを状態データ22とするように、状態データ22を更新する（S76）。CPU1は、ステップS76を終えると、ステップS71に戻る。

[0096] 加工状態推定装置100は、推定結果である状態データ22において、パンチ摩耗量又はダイ摩耗量が所定の閾値以上である場合、及び／又はクリアランスが所定の範囲内でない場合、ユーザに対して報知を行ってもよい。これにより、ユーザは、工具の交換等のメンテナンスを行うことができる。このような報知は、例えば、LEDを赤色に点灯又は点滅させる、スピーカに警告音を発生させる、状態データ22をディスプレイに表示させる等の手段により行われる。

[0097] [3. 効果等]

以上のように、本実施形態に係る加工状態推定装置100は、記憶装置2

と、プロセッサの一例であるCPU1とを備える。記憶装置2は、プレス機50の加工状態を規定する複数のパラメータである状態データ22と、それぞれが複数のパラメータの各組合せに対応する複数の参照波形と、を記憶する。CPU1は、プレス機50による加工荷重の測定結果を示す測定データの一例である測定波形を取得する(S1)。CPU1は、複数の参照波形の中から、測定波形との一致の程度の指標である一致度が最大となる参照波形を探索し、探索された参照波形に対応するパラメータの組合せを、測定波形の測定時の加工状態を表す推定パラメータセットとして決定する(S5)。

[0098] 従来、測定波形が予め定められた上限値と下限値との間の所定範囲内にある場合を正常と判断し、それ以外の場合を異常と判断する技術が知られている。しかしながら、従来技術では、所定範囲を広く設定すると工具の摩耗等の装置の異常を検知できず、狭く設定すると装置が正常であるにも関わらず異常と判定する課題がある。これに対し、参照波形を探索する本実施形態に係る加工状態推定装置100によれば、加工状態を従来技術より精度良く推定することができる。

[0099] CPU1は、参照波形を探索する処理において、既にCPU1が決定した推定パラメータセットを基準とする所定の範囲内で複数のパラメータを順次変化させて、複数の参照波形の一部の中から、測定波形との一致度が最大となる参照波形を探索してもよい。

[0100] この構成によれば、上記基準に基づいて探索を行うことにより、加工状態をより精度良く推定することができる。また、上記基準がない場合に比べて、推定のための計算量を低減することができる。

[0101] 複数のパラメータは、プレス機50の工具の摩耗の程度を規定する摩耗パラメータと、プレス機50のクリアランスを規定するクリアランスパラメータとを含んでもよい。推定パラメータセットは、測定波形の測定時の摩耗パラメータとして推定された推定摩耗パラメータと、測定波形の測定時のクリアランスパラメータとして推定された推定クリアランスパラメータと、を含んでもよい。

- [0102] この構成によれば、工具の摩耗量及びクリアランスを従来技術より精度良く推定することができる。
- [0103] CPU 1 は、参照波形を探索する処理において、摩耗パラメータを、推定摩耗パラメータ以上の値の中で順次変化させて、測定波形との一致度が最大となる参照波形を探索する。
- [0104] この構成によれば、推定摩耗パラメータ以上という条件下で摩耗パラメータを変化させて参照波形を探索することにより、工具の摩耗量及びクリアランスをより精度良く推定することができる。
- [0105] 摩耗パラメータは、プレス機 50 のパンチの摩耗の程度を規定するパンチ摩耗パラメータと、プレス機 50 のダイの摩耗の程度を規定するダイ摩耗パラメータと、を含んでもよい。推定摩耗パラメータは、測定波形の測定時のパンチ摩耗パラメータとして推定された推定パンチ摩耗パラメータと、測定波形の測定時のダイ摩耗パラメータとして推定された推定ダイ摩耗パラメータと、を含んでもよい。CPU 1 は、参照波形を探索する処理において、パンチ摩耗パラメータを、推定パンチ摩耗パラメータ以上の値の中で順次変化させ、かつ、ダイ摩耗パラメータを、推定ダイ摩耗パラメータ以上の値の中で順次変化させて、測定波形との一致度が最大となる参照波形を探索する。
- [0106] この構成によれば、既に推定された値以上という条件下でパンチ摩耗パラメータ及びダイ摩耗パラメータを変化させて参照波形を探索することにより、工具の摩耗量及びクリアランスをより精度良く推定することができる。
- [0107] CPU 1 は、参照波形を探索する処理において、以下の処理を行ってもよい。すなわち、CPU 1 は、ダイ摩耗パラメータを、推定ダイ摩耗パラメータに固定し、かつ、パンチ摩耗パラメータを、推定パンチ摩耗パラメータ以上の値の中で順次変化させて、測定波形との第 1 の一致度が最大となる参照波形を探索し、第 1 の一致度が最大となる波形に対応するパンチ摩耗パラメータを、推定パンチ摩耗パラメータとして決定する (S 5 1)。次に、CPU 1 は、パンチ摩耗パラメータを、決定された推定パンチ摩耗パラメータに固定し、かつ、ダイ摩耗パラメータを、推定ダイ摩耗パラメータ以上の値の

中で順次変化させて、測定波形との第2の一致度が最大となる参照波形を探索し、第2の一致度が最大となる波形に対応するダイ摩耗パラメータを、推定ダイ摩耗パラメータとして決定する（S52）。

[0108] 一般的に、パンチ摩耗の進行の方がダイ摩耗の進行よりも早いため、パンチ摩耗量をダイ摩耗量より優先的に推定することによって、工具の摩耗量及びクリアランスをより精度良く推定することができる。

[0109] CPU1は、工具が交換されたことを示す信号を受信したとき、又は工具が研磨されたことを示す信号を受信したとき、推定摩耗パラメータを初期値に設定してもよい（S62, S65, S66）。

[0110] この構成によれば、加工状態をより精度良く推定することができる。また、推定摩耗パラメータが初期値に設定されるため、探索及び推定のための計算量を低減することができる。

[0111] CPU1は、推定摩耗パラメータを初期値に設定した後、所定期間が経過するまで、推定摩耗パラメータを初期値に保ち、参照波形を探索する処理において、クリアランスパラメータを順次変化させて、複数の参照波形の中から、測定波形との一致度が最大となる参照波形を探索してもよい。

[0112] 工具が交換された後又は工具が研磨された後の所定期間は、摩耗は初期値に近似できる。したがって、この構成によれば、加工状態を精度良く推定することができる。また、推定摩耗パラメータが初期値に設定されるため、探索及び推定のための計算量を低減することができる。

[0113] （第1実施形態の変形例）

第1実施形態では、図5に示すように、状態データ22が、工具の状態を表すパンチ摩耗量、ダイ摩耗量、及びクリアランスで構成される例について説明した。しかしながら、状態データ22が含むパラメータはこれらに限定されない。例えば、図12に示すように、状態データ22は、ワーク厚み等のワークの状態を示すワーク状態データを含んでもよい。

[0114] ワーク厚みは、例えば、 $46\mu\text{m}$ 、 $48\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ 、 $52\mu\text{m}$ 、 $54\mu\text{m}$ の候補値のいずれかに設定可能であるが、これらに限定されず、ワーク

厚みの候補値の数も7個に限定されない。

- [0115] このように状態データ22が、工具状態データに加えてワーク状態データを更に含む場合、波形ライブラリ23は、クリアランス、ダイ摩耗量、パンチ摩耗量、及びワーク厚みの配列に対応する波形が登録された4次元のテーブルとなる。
- [0116] 図13は、第1実施形態の変形例における通常の状態推定処理S5aの処理フローを例示するフローチャートである。図6に示した通常の状態推定処理S5と比較すると、通常の状態推定処理S5aでは、パンチ摩耗量推定処理S51の前に、ワーク厚み推定処理S50が実行される。ワーク厚み推定処理S50をパンチ摩耗量推定処理S51及びダイ摩耗量推定処理S52に優先させて実行するのは、ワーク厚みは、通常、ワークが交換されるたびに变化するパラメータであるという知見が得られているからである。
- [0117] 図14は、図13に示したワーク厚み推定処理S50の処理フローを例示するフローチャートである。
- [0118] ワーク厚み推定処理S50において、CPU1は、まず、状態データ22の各パラメータの値に対応する波形と、ステップS1で取得された測定波形と、の一致度を算出する(S501)。
- [0119] 次に、CPU1は、ワーク厚み推定処理S50におけるループ処理が収束したか否かを判断する(S502)。すなわち、CPU1は、ワーク厚みの候補値が全て仮状態データにおいて設定されたか否かを判断する。CPU1は、ワーク厚み推定処理S50におけるループ処理が収束していないと判断した場合(S502でNo)、ステップS503を実行し、収束したと判断した場合(S502でYes)、ワーク厚み推定処理S50を終える。
- [0120] ステップS503において、CPU1は、ワーク厚みを、ワーク厚みの候補値のいずれかに設定するように状態データ22を変更して仮状態データを用意する(S503)。
- [0121] 次に、CPU1は、仮状態データの各パラメータの値に対応する波形ライブラリ23内の波形と、ステップS1で取得された測定波形と、の一致度を

算出する（S504）。

[0122] 次に、CPU1は、ステップS504で算出された一致度が、直近のステップS501で算出された一致度に比べて増加したか否かを判断する（S505）。CPU1は、一致度が増加したと判断した場合（S505でYes）、ステップS506に進み、一致度が増加していないと判断した場合（S505でNo）、ステップS502に戻る。

[0123] ステップS506において、CPU1は、ステップS503で用意された仮状態データを状態データ22とするように、状態データ22を更新する（S506）。CPU1は、ステップS506を終えると、ステップS501に戻る。

[0124] 本変形例では、研磨後の状態推定処理S6及び交換後の状態推定処理S7においても、他のパラメータの推定に優先させて、すなわち第1実施形態に示した例ではクリアランスの推定処理に優先させて、ワーク厚み推定処理S50を実行する。

[0125] 以上のように、本変形例によれば、ワーク厚みを従来より精度良く推定することができる。

[0126] （第2実施形態）

図15は、本開示の第2実施形態に係る加工状態推定装置200の構成例を示すブロック図である。図1の加工状態推定装置100と比較すると、加工状態推定装置200では、記憶装置2は、補完波形ライブラリ24及び補完処理設定値25を更に記憶する。補完波形ライブラリ24は、波形ライブラリ23及び補完処理設定値25に基づいて、CPU1によって生成される。

[0127] 図16は、図15の加工状態推定装置200のCPU1によって実行される補完波形ライブラリ24の生成処理（以下、「補完処理」という。）の概要を説明するための模式図である。状態データ22の各パラメータは、所定範囲内の複数の離散値を取り得る。第1実施形態で挙げた例では、パンチ摩耗量及びダイ摩耗量の候補値は、 $0\mu\text{m}$ 、 $2\mu\text{m}$ 、 $4\mu\text{m}$ 、 $6\mu\text{m}$ 、 $8\mu\text{m}$

, $10\ \mu\text{m}$, $12\ \mu\text{m}$ のいずれかであり、クリアランスの候補値は、 $3\ \mu\text{m}$, $4\ \mu\text{m}$, $5\ \mu\text{m}$, $6\ \mu\text{m}$, $7\ \mu\text{m}$ のいずれかである。また、第1実施形態の変形例で挙げた例では、ワーク厚みの候補値は、 $46\ \mu\text{m}$, $48\ \mu\text{m}$, $50\ \mu\text{m}$, $52\ \mu\text{m}$, $54\ \mu\text{m}$ のいずれかである。これらの4つのパラメータの組合せは1225通りあり、1225個の組合せにそれぞれ対応する波形が波形ライブラリ23に登録されている。

[0128] 図16に例示するように、補完処理設定値25は、例えば、各パラメータの最小値、最大値、及びピッチを規定する。補完処理設定値25は、各パラメータのピッチのみを規定してもよい。

[0129] CPU1は、波形ライブラリ23及び補完処理設定値25に基づいて、パラメータの候補値間の補完値に対応する補完波形（補完参照データ）を生成する。すなわち、CPU1は、波形ライブラリ23及び補完処理設定値25に基づいて、波形ライブラリ23に予め登録されていない補完波形を生成する。

[0130] 図17は、図15の加工状態推定装置200のCPU1によって実行される補完処理の手順を例示するフローチャートである。まず、CPU1は、記憶装置2から波形ライブラリ23及び補完処理設定値25を取得する（S21）。

[0131] 次に、CPU1は、補完処理設定値25に規定されたパラメータの組合せに対応する補完波形を生成し（S22）、生成された補完波形を記憶装置2に格納する（S23）。

[0132] 図18は、補完処理の一例を説明するための模式図である。図18の横軸はパンチ摩耗量を表し、縦軸はダイ摩耗量を表している。前述の例のようにパンチ摩耗量及びダイ摩耗量が $0\ \mu\text{m}$, $2\ \mu\text{m}$, $4\ \mu\text{m}$, $6\ \mu\text{m}$, $8\ \mu\text{m}$, $10\ \mu\text{m}$, $12\ \mu\text{m}$ を取り得る場合には、波形ライブラリ23には、図18の黒丸で示したパラメータに対応する波形が登録される。

[0133] その一方で、波形ライブラリ23には、パンチ摩耗量が $1.5\ \mu\text{m}$ であり、かつダイ摩耗量が $2.0\ \mu\text{m}$ であるような点M1に対応する波形は登録さ

れていない。CPU 1は、パンチ摩耗量に関して点M 1の近傍に位置する点P 1、P 2にそれぞれ対応する波形ライブラリ2 3内の波形を合成して、点M 1に対応する中間波形を生成する。

[0134] このような合成は、例えば、点P 1に対応する波形と、点P 2に対応する波形と、の重み付け平均を算出することにより実行される。例えば、図1 8の例では、点M 1と点P 1間の距離は、点M 1と点P 2間の距離の3倍であるため、点P 1に対応する波形と、点P 1に対応する波形に比べて3倍の重み付けをされた点P 2に対応する波形と、の平均を算出することにより重み付け平均を取る。

[0135] 同様にして、CPU 1は、パンチ摩耗量に関して点M 2の近傍に位置する点P 3、P 4にそれぞれ対応する波形ライブラリ2 3内の波形を合成して、点M 2に対応する中間波形を生成することができる。さらに、CPU 1は、点M 1、M 2にそれぞれ対応する中間波形を合成して、点C 1に対応する補完波形を生成することができる。

[0136] 以上のような補完波形生成方法により、CPU 1は、図1 8に実線及び破線で示した直線の交点の全てに対応する補完波形を生成することができる。

[0137] 図1 8は、説明の理解を容易にするために2次元のグラフを示しているが、補完処理は、3次元以上のパラメータに対応する波形にも適用可能である。図1 6に示した例では、波形ライブラリ2 3内の4つのパラメータが取得する値の組合せは1 1 2 5通りであるが、補完処理設定値2 5で設定されたピッチで各パラメータを補完することができる。これにより、波形ライブラリ2 3及び補完波形ライブラリ2 4内の波形の数の合計は、2 3 0、6 2 5通りとなる。

[0138] 以上のように、本実施形態に係る加工状態推定装置2 0 0では、複数のパラメータは、それぞれ、複数の離散値から選択される変数であってもよい。CPU 1は、複数の参照波形に基づいて、複数の離散値間のパラメータに対応する補完波形を生成する。CPU 1は、探索処理において、複数の参照波形及び補完波形の中から、測定波形との一致度が最大となる参照波形又は補

完波形を探索する。

[0139] この構成によれば、複数の参照波形だけでなく、補完波形の中からも測定波形との一致度が最大となる波形を探索するため、加工状態をより精度良く推定することができる。

[0140] また、本実施形態に係る加工状態推定装置200は、限られた数の参照波形が登録された波形ライブラリ23から補完波形ライブラリ24を補充することができる。参照波形は、実測又はシミュレーションに基づいて作成されるが、多くの状態値の組合せに対応する波形を作成することは、組合せの数が膨大となるため工数、コスト等を要する。したがって、代表的な状態値の組合せに対応する限られた数の参照波形を作成し、参照波形から補完波形を生成することによって、推定精度を維持または向上させつつ、工数、コスト等を抑えることができる。

[0141] (第3実施形態)

図19は、本開示の第3実施形態に係る加工状態推定装置300の構成例を示すブロック図である。図1の加工状態推定装置100と比較すると、加工状態推定装置300では、記憶装置2は、波形ライブラリ23に代えて波形ライブラリ323を記憶し、さらに、時間-スライド位置関係データ26を記憶する。また、加工状態推定装置300は、入力インタフェース3を介して、スライド位置センサ12による測定結果を取得する。

[0142] スライド位置センサ12は、例えば図2のプレス機50のスライド52とボルスタ51との間に設置され、スライド52の位置を測定する。スライド位置センサ12は、例えば渦電流式変位センサ、レーザ式変位センサであるが、これらに限定されない。

[0143] 第1実施形態の波形ライブラリ23に予め登録された波形が、時間とプレス荷重との関係を表すのに対し、本実施形態の波形ライブラリ323に予め登録された波形は、プレス機50による加工におけるスライド位置とプレス荷重との関係を示す。

[0144] 時間-スライド位置関係データ26は、プレス機50による加工における

時間とスライド位置との関係を規定する。図 20 は、図 19 の時間－スライド位置関係データ 26 の一例を示す模式的なグラフである。図 20 のグラフの横軸は時間を示し、縦軸はスライド位置を示している。図 20 のグラフでは、第 1 のプレス機 50 における時間とスライド位置との関係を実線で示し、第 1 にプレス機 50 とは異なる第 2 のプレス機 50 における時間とスライド位置との関係を破線で示している。

[0145] 図 20 に示すように、複数のプレス機 50 に、同じスライド動作をするように設定をしたとしても、スライド 52 の動作が機械毎に異なり得る。加工におけるスライド位置とプレス荷重との関係を示す波形を波形ライブラリ 323 に登録することにより、機械毎の差異を低減することができる。したがって、プレス機 50 が変わる等の加工状態の変化が生じた場合であっても、同じ波形ライブラリ 323 を使用して安定的かつ高精度に加工状態を推定することができる。

[0146] 第 1 実施形態と比較すると、本実施形態では、CPU 1 は、第 1 実施形態のパンチ摩耗量推定処理 S51 に代えて、パンチ摩耗量推定処理 S51a を実行する。図 21 は、本実施形態におけるパンチ摩耗量推定処理 S51a を例示するフローチャートである。第 1 実施形態のパンチ摩耗量推定処理 S51 と比較すると、本実施形態のパンチ摩耗量推定処理 S51 では、CPU 1 は、ステップ S511 に代えてステップ S520 及び S511a を実行し、ステップ S514 に代えてステップ S521 及び S514a を実行する。

[0147] パンチ摩耗量推定処理 S51a において、CPU 1 は、まず、状態データ 22 に対応する波形ライブラリ 323 内の波形に単位変換処理を実行する（S520）。単位変換処理は、波形ライブラリ 323 内の波形を、プレス機 50 による加工における時間とプレス荷重との関係を示す波形（二次参照データ）に変換する処理である。

[0148] 図 22 は、ステップ S520 における単位変換処理を説明するための模式図である。CPU 1 は、時間－スライド位置関係データ 26 に基づいて、スライド位置と荷重との関係を示す波形ライブラリ 323 内の波形を、時間と

荷重との関係を示す波形に変換する。

- [0149] 図21に戻り、CPU1は、ステップS520で単位変換された変換波形と、ステップS1で取得された測定波形と、の一致度を算出する(S511a)。
- [0150] ステップS521の単位変換処理及びステップS514aの一致度の算出処理についても、上記と同様である。また、図21の他のステップは、図7に示した第1実施形態のパンチ摩耗量推定処理S51と同様である。
- [0151] 同様に、本実施形態では、CPU1は、図8のダイ摩耗量推定処理S52のステップS521及びS524のそれぞれに代えて、上記のような単位変換処理及び一致度の算出処理を実行する。また、本実施形態では、CPU1は、図10の研磨後のクリアランス推定処理S63のステップS631及びS634のそれぞれに代えて、上記のような単位変換処理及び一致度の算出処理を実行する。さらに、本実施形態では、CPU1は、図11の交換後の状態推定処理S7のS71及びS74のそれぞれに代えて、上記のような単位変換処理及び一致度の算出処理を実行する。
- [0152] 以上のように、本実施形態に係る加工状態推定装置300では、複数の参照波形のそれぞれは、プレス機50による加工におけるプレス機50のスライド位置とプレス荷重との関係を示す。測定波形は、実測されたプレス機50による加工における時間とプレス荷重との関係を示す。記憶装置2は、時間とスライド位置との関係を規定する時間－スライド位置関係データ26を更に記憶する。CPU1は、参照波形を探索する処理において、時間－スライド位置関係データ26に基づいて、複数の参照波形を、それぞれプレス機50による加工における時間とプレス荷重との関係を示す複数の変換波形に変換し、複数の変換波形の中から測定波形との一致度が最大となる変換波形を探索することにより、複数の参照波形の中から、測定波形との一致度が最大となる参照波形を探索する。
- [0153] この構成によれば、プレス機50が変わる等の加工状態の変化が生じた場合であっても、同じ波形ライブラリ323を使用して安定的かつ高精度に加

工状態を推定することができる。

[0154] (他の実施形態)

以上のように、本出願において開示する技術の例示として、上記実施形態を説明した。しかしながら、本開示における技術は、これに限定されず、適宜、変更、置き換え、付加、省略などを行った実施形態にも適用可能である。そこで、以下、他の実施形態を例示する。

[0155] 第3実施形態では、CPU1が、時間-スライド位置関係データ26に基づいて、スライド位置と荷重との関係を示す波形ライブラリ323内の波形を、時間と荷重との関係を示す波形に変換する例について説明した。しかしながら、本開示では、波形ライブラリ323内の波形を、ステップS1で取得された測定波形と比較できればよく、波形ライブラリ323内の波形を、時間と荷重との関係を示す波形に変換することは必須ではない。例えば、第3実施形態の変換とは逆に、CPU1は、時間-スライド位置関係データ26に基づいて、測定波形を、プレス機50による加工におけるスライド位置とプレス荷重との関係を示す波形(変換測定データ)に変換してもよい。この場合、一致度の算出は、状態データ22の各パラメータの値に対応する波形ライブラリ323内の波形と、変換測定データとを比較することにより実行される。

[0156] 上記実施形態では、加工機械の一例として、プレス機50を説明したが、加工機械はこれに限定されない。例えば、加工機械は、成形装置であってもよい。本開示は、これらの加工機械に適用可能であり、これらの加工機械における異常加工に影響するパラメータに基づき、加工状態を推定することができる。

産業上の利用可能性

[0157] 本開示は、加工機械に適用可能である。

符号の説明

- [0158] 2 記憶装置
3 入カインタフェース

- 4 出力インタフェース
 - 1 1 荷重センサ
 - 1 2 スライド位置センサ
 - 2 1 プログラム
 - 2 2 状態データ
 - 2 3, 3 2 3 波形ライブラリ
 - 2 4 補完波形ライブラリ
 - 2 5 補完処理設定値
 - 2 6 時間-スライド位置関係データ
- 5 0 プレス機
- 5 1 ボルスタ
- 5 2 スライド
- 6 1 ダイバックキングプレート
- 6 2 ダイプレート
- 6 3 ダイ
- 7 1 パンチバックキングプレート
- 7 2 パンチプレート
- 7 3 パンチ
- 7 4 ストリッパープレート
- 8 0 ワーク
- 1 0 0, 2 0 0, 3 0 0 加工状態推定装置

請求の範囲

- [請求項1] 記憶装置とプロセッサとを備え、
前記記憶装置は、
加工機械の加工状態を規定する複数のパラメータと、
前記複数のパラメータの全ての組合せにそれぞれ対応する複数の参照データと、を記憶し、
前記プロセッサは、
前記加工機械による加工荷重の測定結果を示す測定データを取得し、
前記複数の参照データと、前記測定データと、の類似の程度の指標である類似度を決定し、
決定された前記類似度に基づいて、前記加工状態を推定する、
加工状態推定装置。
- [請求項2] 前記プロセッサは、
前記複数の参照データの中から、前記類似度が最大となる参照データを探索し、
探索された前記参照データに対応する前記複数のパラメータの組合せのうちの一つの組合せを、前記測定データの測定時の加工状態を表す推定パラメータセットとして決定する、
請求項1に記載の加工状態推定装置。
- [請求項3] 前記プロセッサは、前記参照データを探索する処理において、既に前記プロセッサが決定した前記推定パラメータセットを基準とする所定の範囲内で前記複数のパラメータを順次変化させて、前記複数の参照データの一部の中から、前記測定データとの類似度が最大となる参照データを探索する、請求項2に記載の加工状態推定装置。
- [請求項4] 前記複数のパラメータは、
前記加工機械の工具の摩耗の程度を規定する摩耗パラメータと、
前記加工機械のクリアランスを規定するクリアランスパラメータ

と、を含み、

前記推定パラメータセットは、

前記測定データの測定時の前記摩耗パラメータとして推定された推定摩耗パラメータと、

前記測定データの測定時の前記クリアランスパラメータとして推定された推定クリアランスパラメータと、を含み、

請求項 2 又は 3 に記載の加工状態推定装置。

[請求項5]

前記プロセッサは、前記参照データを探索する処理において、前記摩耗パラメータを、前記推定摩耗パラメータ以上の値の中で順次変化させて、前記測定データとの類似度が最大となる参照データを探索する、

請求項 4 に記載の加工状態推定装置。

[請求項6]

前記摩耗パラメータは、

前記加工機械のパンチの摩耗の程度を規定するパンチ摩耗パラメータと、

前記加工機械のダイの摩耗の程度を規定するダイ摩耗パラメータと、を含み、

前記推定摩耗パラメータは、

前記測定データの測定時の前記パンチ摩耗パラメータとして推定された推定パンチ摩耗パラメータと、

前記測定データの測定時の前記ダイ摩耗パラメータとして推定された推定ダイ摩耗パラメータと、を含み、

前記プロセッサは、前記参照データを探索する処理において、前記パンチ摩耗パラメータを、前記推定パンチ摩耗パラメータ以上の値の中で順次変化させ、かつ、前記ダイ摩耗パラメータを、前記推定ダイ摩耗パラメータ以上の値の中で順次変化させて、前記測定データとの類似度が最大となる参照データを探索する、

請求項 4 又は 5 に記載の加工状態推定装置。

- [請求項7] 前記プロセッサは、前記参照データを探索する処理において、
前記ダイ摩耗パラメータを、前記推定ダイ摩耗パラメータに固定し、
かつ、前記パンチ摩耗パラメータを、前記推定パンチ摩耗パラメータ以上の値の中で順次変化させて、前記測定データとの第1の類似度が最大となる参照データを探索し、
前記第1の類似度が最大となる参照データに対応する前記パンチ摩耗パラメータを、前記推定パンチ摩耗パラメータとして決定し、
前記パンチ摩耗パラメータを、決定された前記推定パンチ摩耗パラメータに固定し、かつ、前記ダイ摩耗パラメータを、前記推定ダイ摩耗パラメータ以上の値の中で順次変化させて、前記測定データとの第2の類似度が最大となる参照データを探索し、
前記第2の類似度が最大となる参照データに対応する前記ダイ摩耗パラメータを、前記推定ダイ摩耗パラメータとして決定する、
請求項6に記載の加工状態推定装置。
- [請求項8] 前記複数のパラメータは、前記加工機械によって加工されるワークの厚みを規定するワーク厚みパラメータを更に含み、
前記プロセッサは、前記参照データを探索する処理において、前記ワーク厚みパラメータを順次変化させて、前記測定データとの類似度が最大となる参照データを探索する、
請求項4～7のいずれかに記載の加工状態推定装置。
- [請求項9] 前記摩耗パラメータは、
前記加工機械のパンチの摩耗の程度を規定するパンチ摩耗パラメータと、
前記加工機械のダイの摩耗の程度を規定するダイ摩耗パラメータと、を含み、
前記推定摩耗パラメータは、
前記測定データの測定時の前記パンチ摩耗パラメータとして推定された推定パンチ摩耗パラメータと、

前記測定データの測定時の前記ダイ摩耗パラメータとして推定された推定ダイ摩耗パラメータと、を含み、

前記プロセッサは、前記参照データを探索する処理において、前記パンチ摩耗パラメータを、前記推定パンチ摩耗パラメータ以上の値の中で順次変化させ、かつ、前記ダイ摩耗パラメータを、前記推定ダイ摩耗パラメータ以上の値の中で順次変化させて、前記測定データとの類似度が最大となる参照データを探索する、

請求項 8 に記載の加工状態推定装置。

[請求項10]

前記推定パラメータセットは、前記測定データの測定時の前記ワーク厚みパラメータとして推定された推定ワーク厚みパラメータを含み、

前記プロセッサは、前記参照データを探索する処理において、

前記ダイ摩耗パラメータ及び前記パンチ摩耗パラメータを、前記推定ダイ摩耗パラメータ及び前記推定パンチ摩耗パラメータにそれぞれ固定し、かつ、前記ワーク厚みパラメータを順次変化させて、前記測定データとの第 1 の類似度が最大となる参照データを探索し、

前記第 1 の類似度が最大となる参照データに対応する前記ワーク厚みパラメータを、前記推定ワーク厚みパラメータとして決定し、

前記ワーク厚みパラメータ及び前記ダイ摩耗パラメータを、決定された前記推定ワーク厚みパラメータ及び前記推定ダイ摩耗パラメータにそれぞれ固定し、かつ、前記パンチ摩耗パラメータを、前記推定パンチ摩耗パラメータ以上の値の中で順次変化させて、前記測定データとの第 2 の類似度が最大となる参照データを探索し、

前記第 2 の類似度が最大となる参照データに対応する前記パンチ摩耗パラメータを、前記推定パンチ摩耗パラメータとして決定し、

前記パンチ摩耗パラメータを、決定された前記推定パンチ摩耗パラメータに固定し、かつ、前記ダイ摩耗パラメータを、前記推定ダイ摩耗パラメータ以上の値の中で順次変化させて、前記測定データとの第

3の類似度が最大となる参照データを探索し、

前記第3の類似度が最大となる参照データに対応する前記ダイ摩耗パラメータを、前記推定ダイ摩耗パラメータとして決定する、

請求項9に記載の加工状態推定装置。

[請求項11]

前記プロセッサは、前記工具が交換されたことを示す信号を受信したとき、又は前記工具が研磨されたことを示す信号を受信したとき、前記推定摩耗パラメータを初期値に設定する、請求項4～10のいずれかに記載の加工状態推定装置。

[請求項12]

前記プロセッサは、前記推定摩耗パラメータを初期値に設定した後、所定期間が経過するまで、

前記推定摩耗パラメータを初期値に保ち、

前記参照データを探索する処理において、前記クリアランスパラメータを順次変化させて、前記複数の参照データの中から、前記測定データとの類似度が最大となる参照データを探索する、請求項11に記載の加工状態推定装置。

[請求項13]

前記複数のパラメータのそれぞれは、複数の離散値から選択される変数であり、

前記プロセッサは、前記複数の参照データに基づいて、前記複数の離散値間のパラメータに対応する補完参照データを生成し、

前記プロセッサは、探索処理において、前記複数の参照データ及び前記補完参照データの中から、前記測定データとの前記類似度が最大となる参照データ又は補完参照データを探索する、

請求項1～12のいずれかに記載の加工状態推定装置。

[請求項14]

前記複数の参照データのそれぞれは、前記加工機械による加工における時間と加工荷重との関係を示し、

前記測定データは、実測された前記加工機械による加工における時間と加工荷重との関係を示す、

請求項1～13のいずれかに記載の加工状態推定装置。

- [請求項15] 前記複数の参照データのそれぞれは、前記加工機械による加工における前記加工機械のスライド位置と加工荷重との関係を示し、
- 前記測定データは、実測された前記加工機械による加工における時間と加工荷重との関係を示し、
- 前記記憶装置は、時間と前記スライド位置との関係を規定する時間ースライド位置関係データを更に記憶し、
- 前記プロセッサは、前記参照データを探索する処理において、
- 前記時間ースライド位置関係データに基づいて、前記複数の参照データを、それぞれ前記加工機械による加工における時間と加工荷重との関係を示す複数の二次参照データに変換し、
- 前記複数の二次参照データの中から前記測定データとの類似度が最大となる二次参照データを探索することにより、前記複数の参照データの中から、前記測定データとの類似度が最大となる参照データを探索する、
- 請求項1～13のいずれかに記載の加工状態推定装置。
- [請求項16] 前記複数の参照データのそれぞれは、前記加工機械による加工における前記加工機械のスライド位置と加工荷重との関係を示し、
- 前記測定データは、実測された前記加工機械による加工における時間と加工荷重との関係を示し、
- 前記記憶装置は、時間と前記スライド位置との関係を規定する時間ースライド位置関係データを更に記憶し、
- 前記プロセッサは、前記参照データを探索する処理において、
- 前記時間ースライド位置関係データに基づいて、前記測定データを、前記加工機械による加工における前記スライド位置と加工荷重との関係を示す変換測定データに変換し、
- 前記複数の参照データの中から前記変換測定データとの類似度が最大となる参照データを探索することにより、前記複数の参照データの中から、前記測定データとの類似度が最大となる参照データを探索

する、

請求項 1 ～ 1 3 のいずれかに記載の加工状態推定装置。

[請求項17]

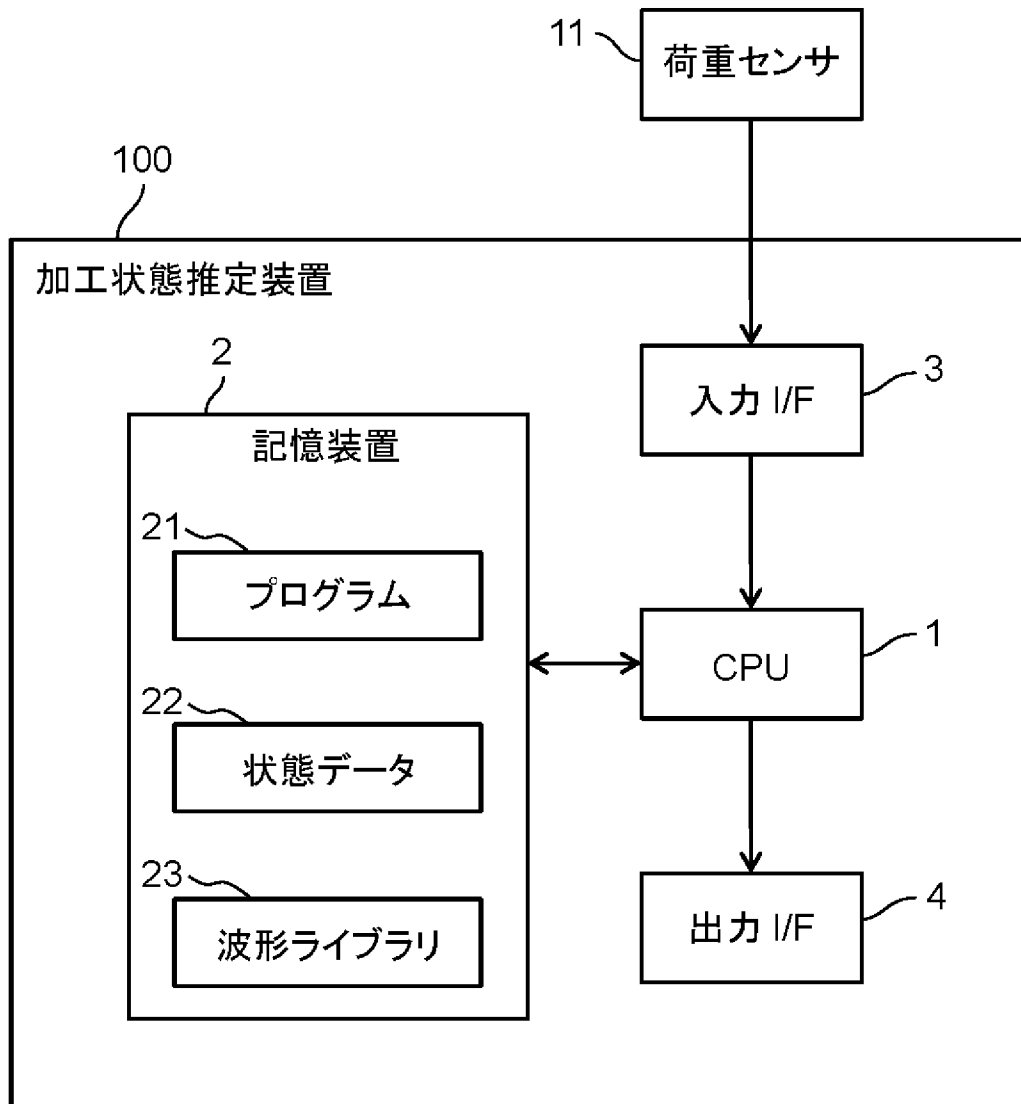
プロセッサが、加工機械による加工荷重の測定結果を示す測定データを取得するステップと、

前記プロセッサが、加工機械の加工状態を規定する複数のパラメータの全ての組合せにそれぞれ対応する複数の参照データと、前記測定データと、の類似の程度の指標である類似度を決定するステップと、

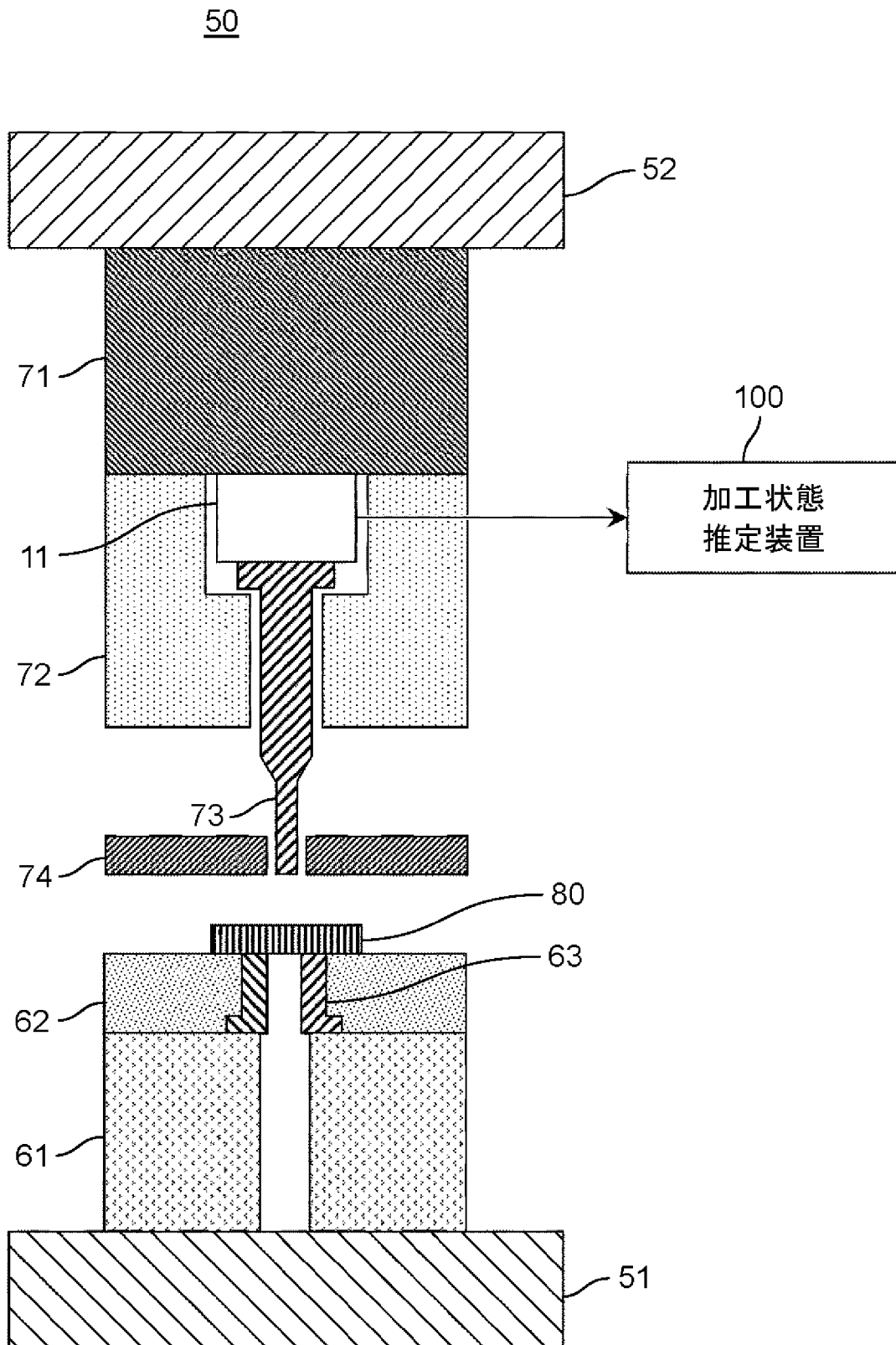
前記プロセッサが、決定された前記類似度に基づいて、前記加工状態を推定するステップと、

を含む、加工状態推定方法。

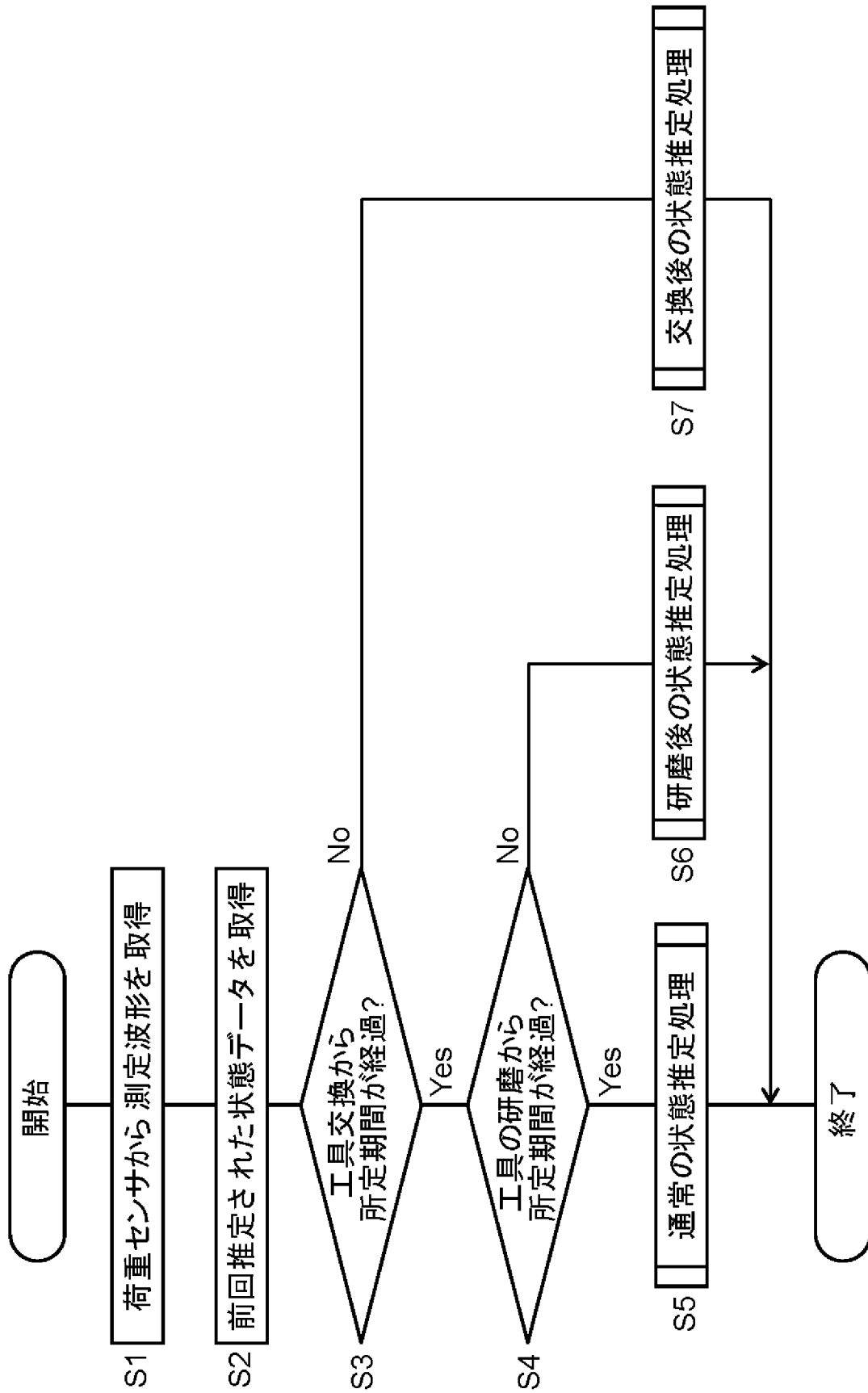
[図1]



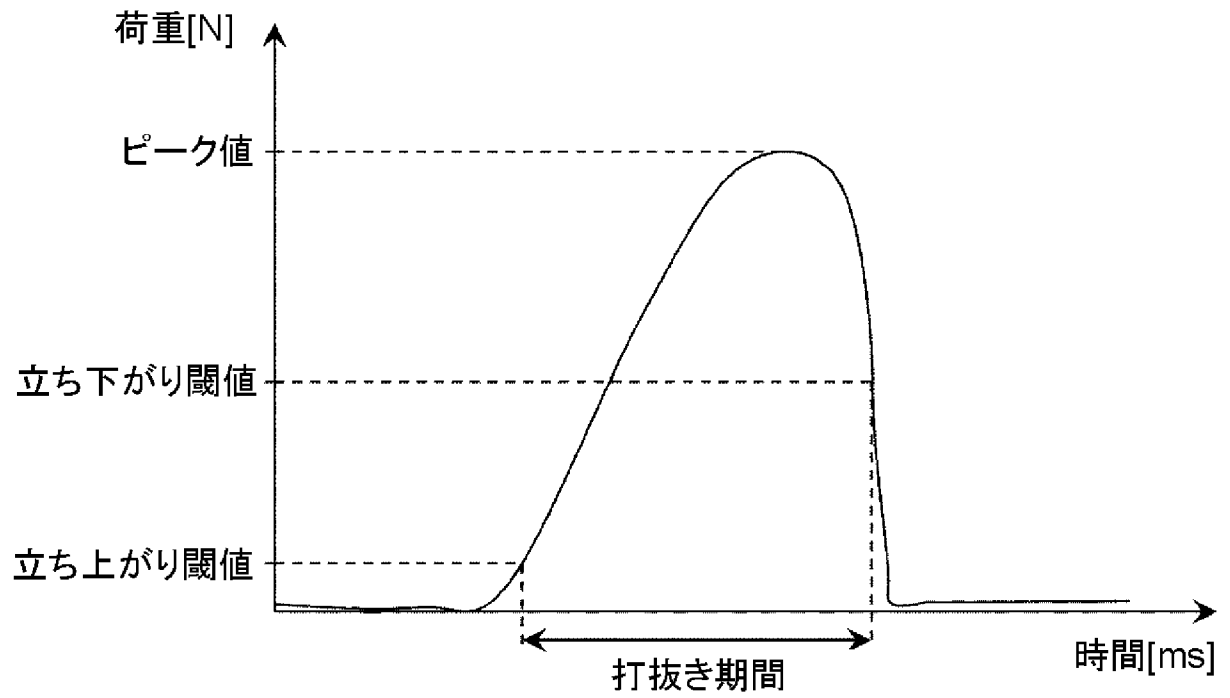
[図2]



[図3]



[図4]



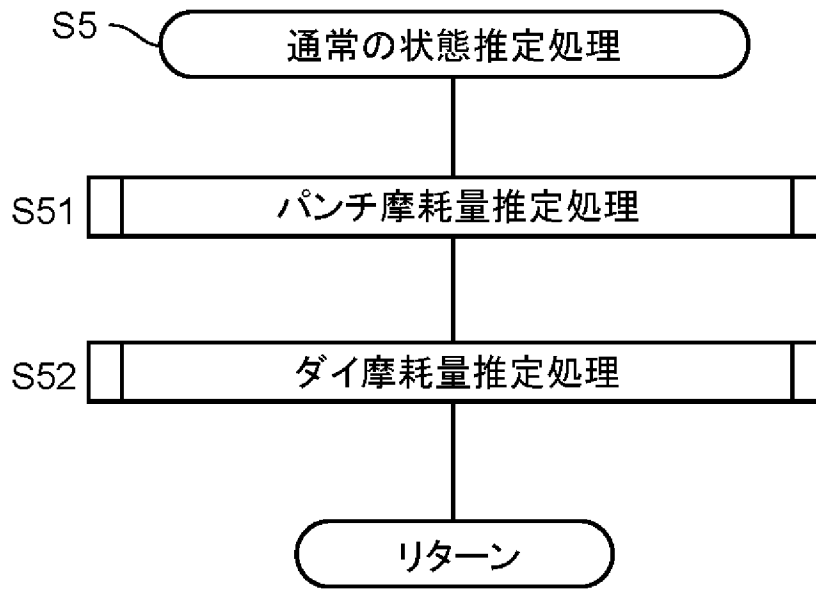
[図5]

22

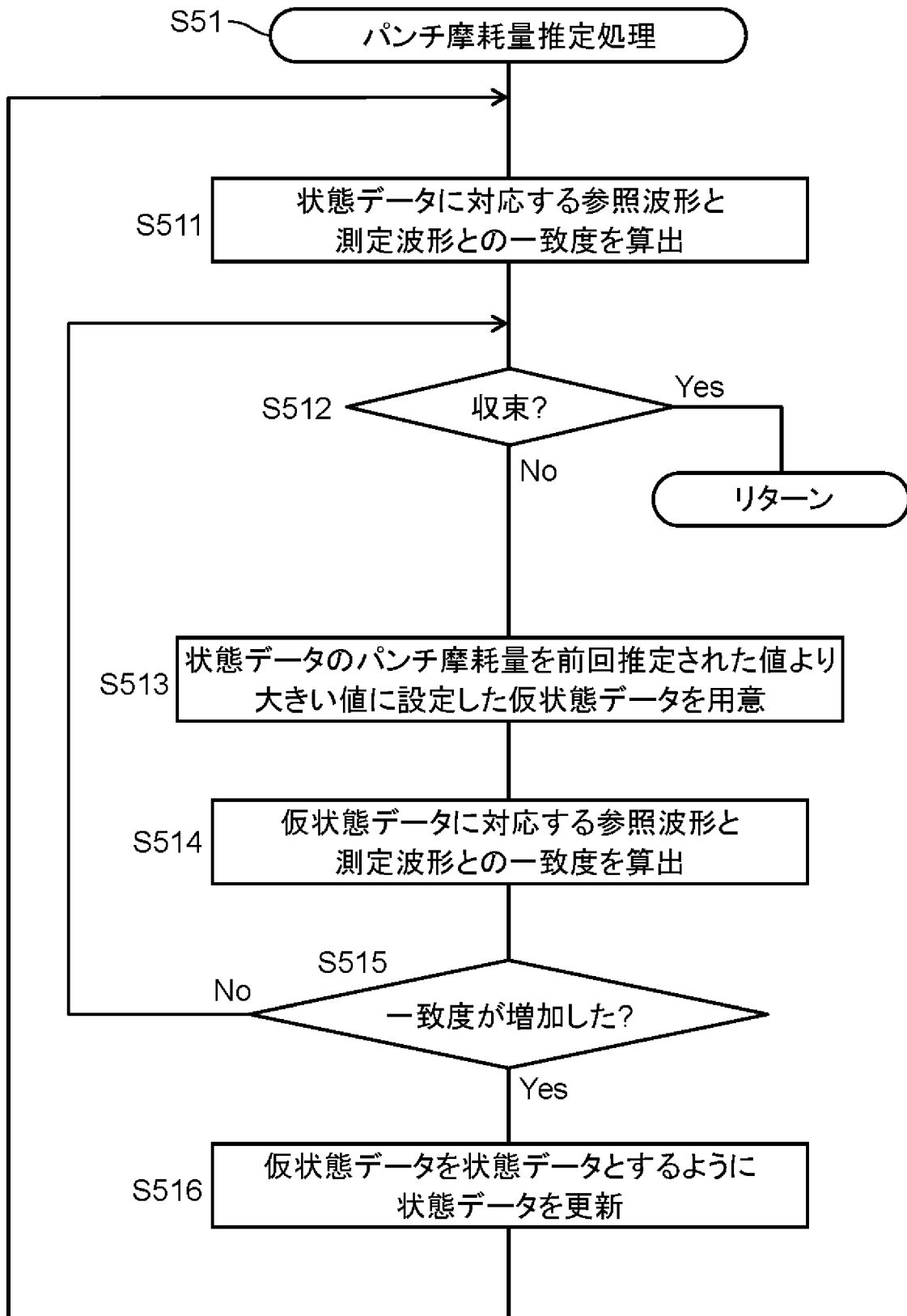
状態データ

パラメータ名	値
パンチ摩耗量	4 μ m
ダイ摩耗量	2 μ m
クリアランス	6 μ m

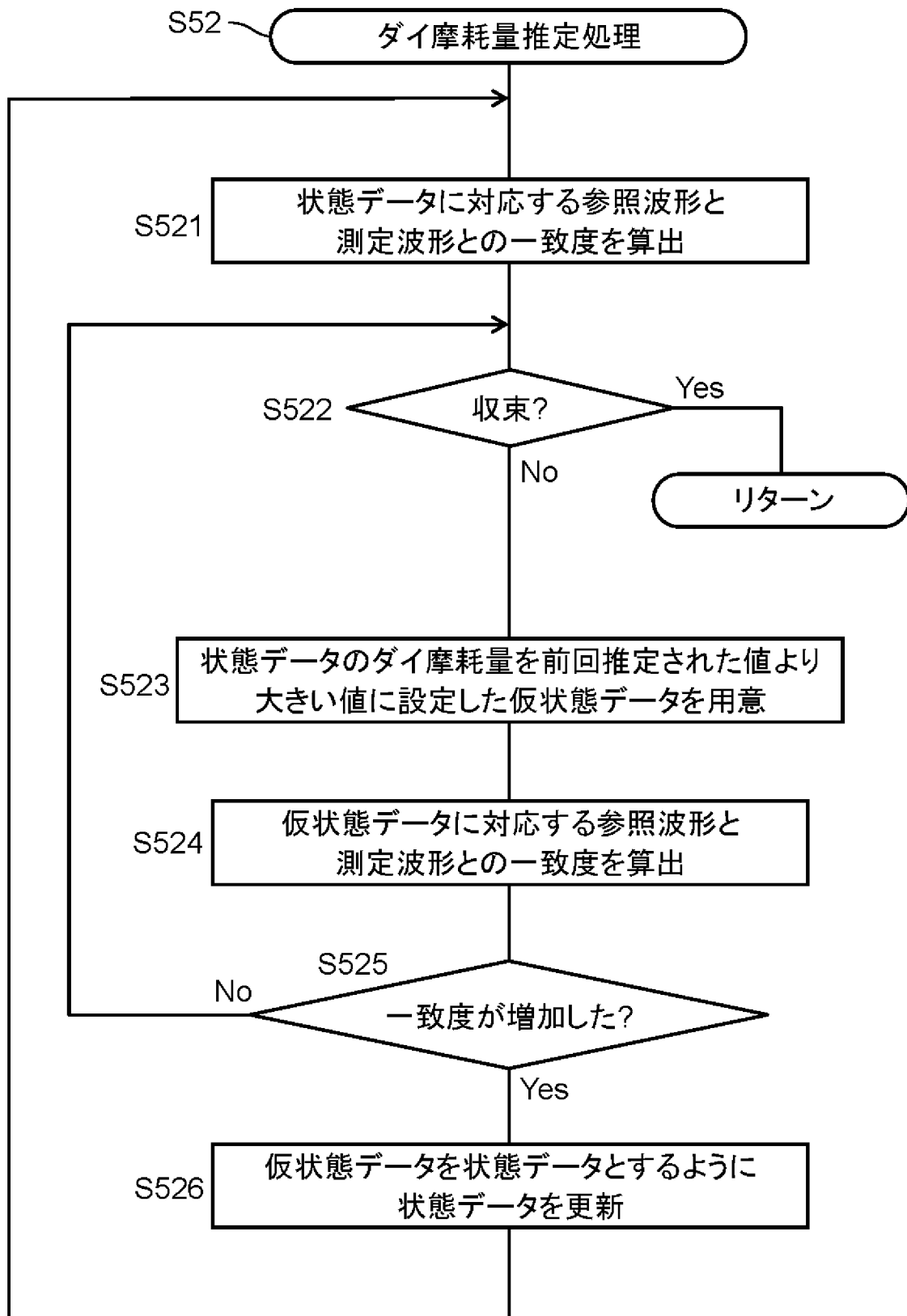
[図6]



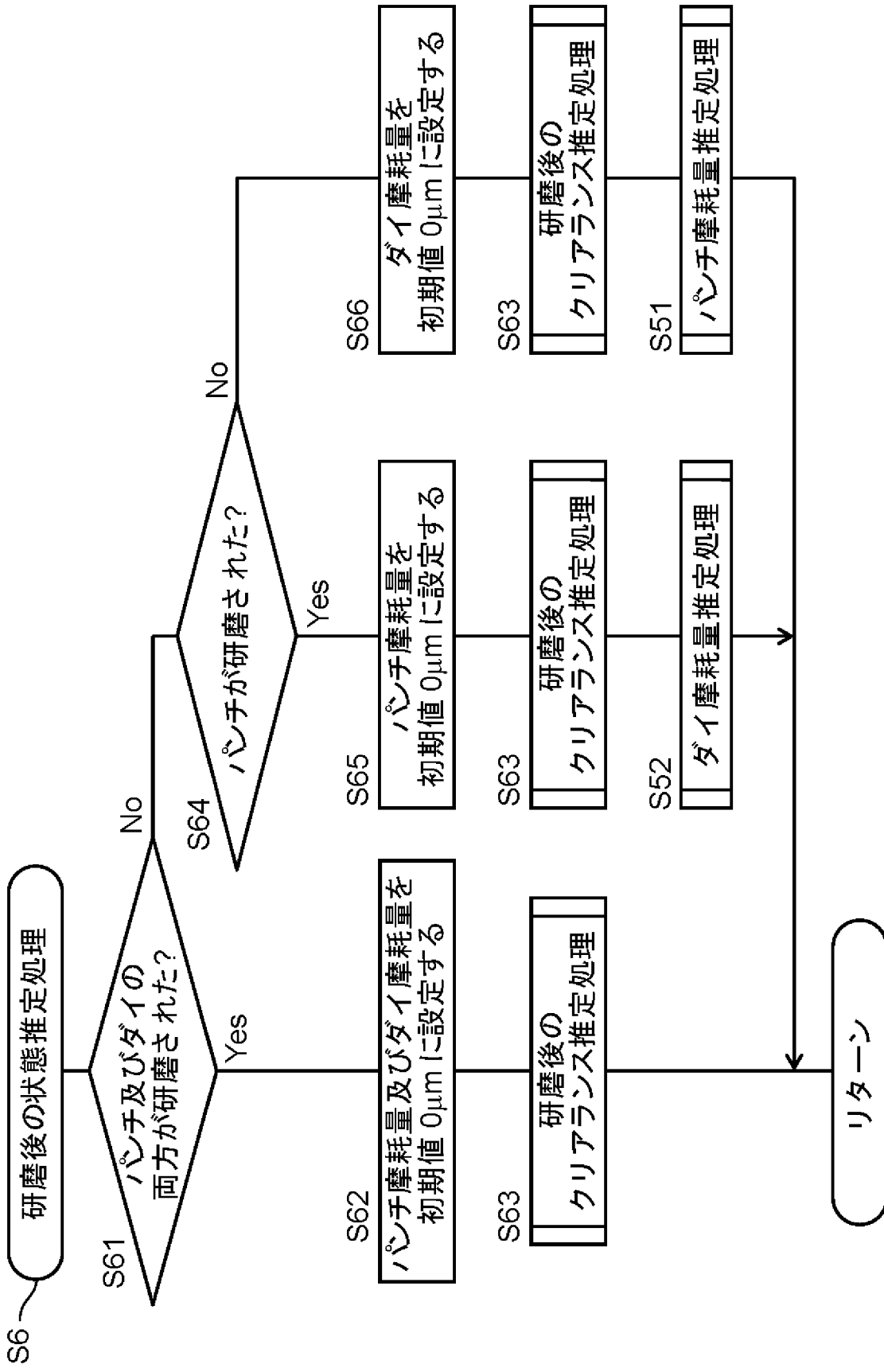
[図7]



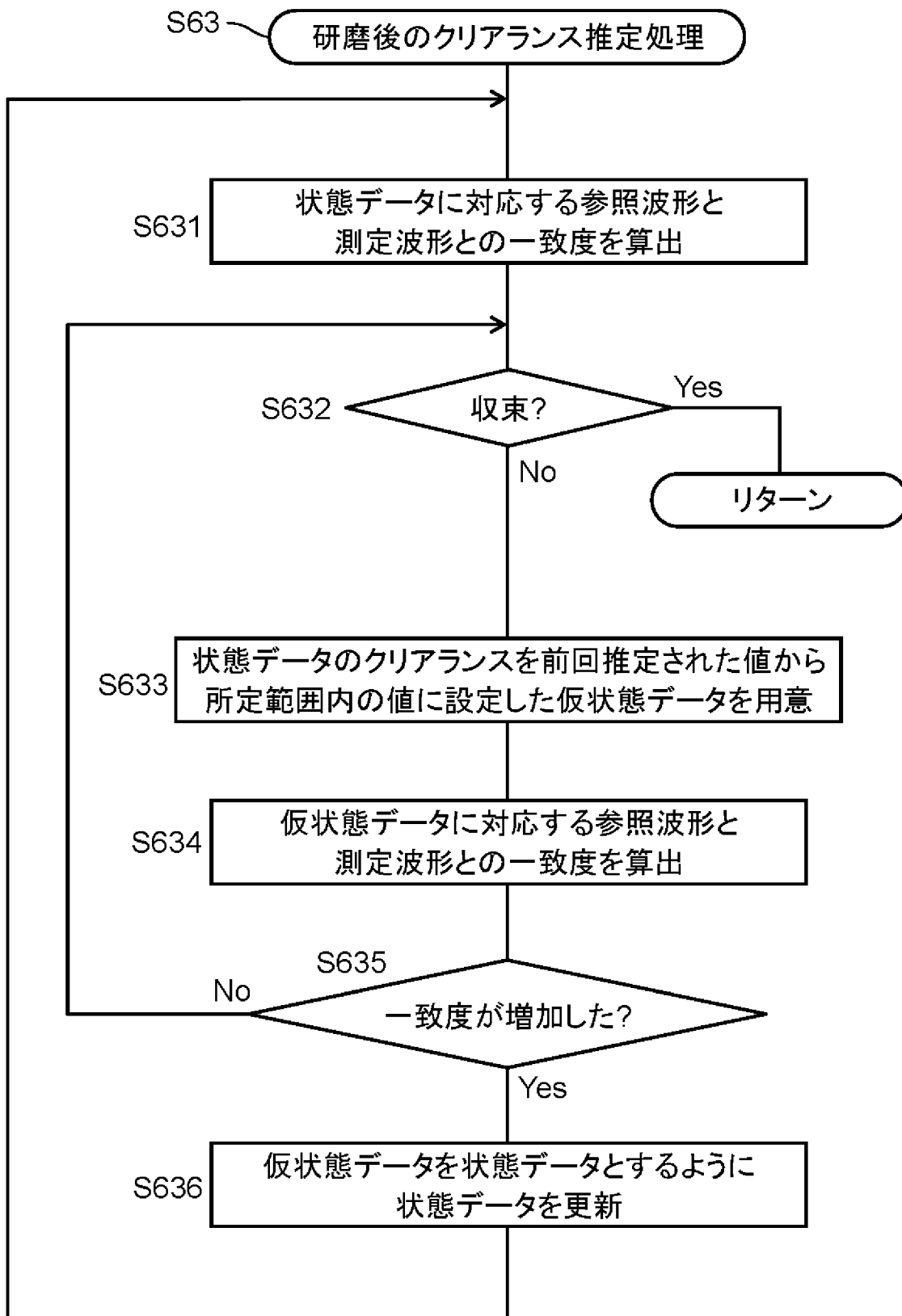
[図8]



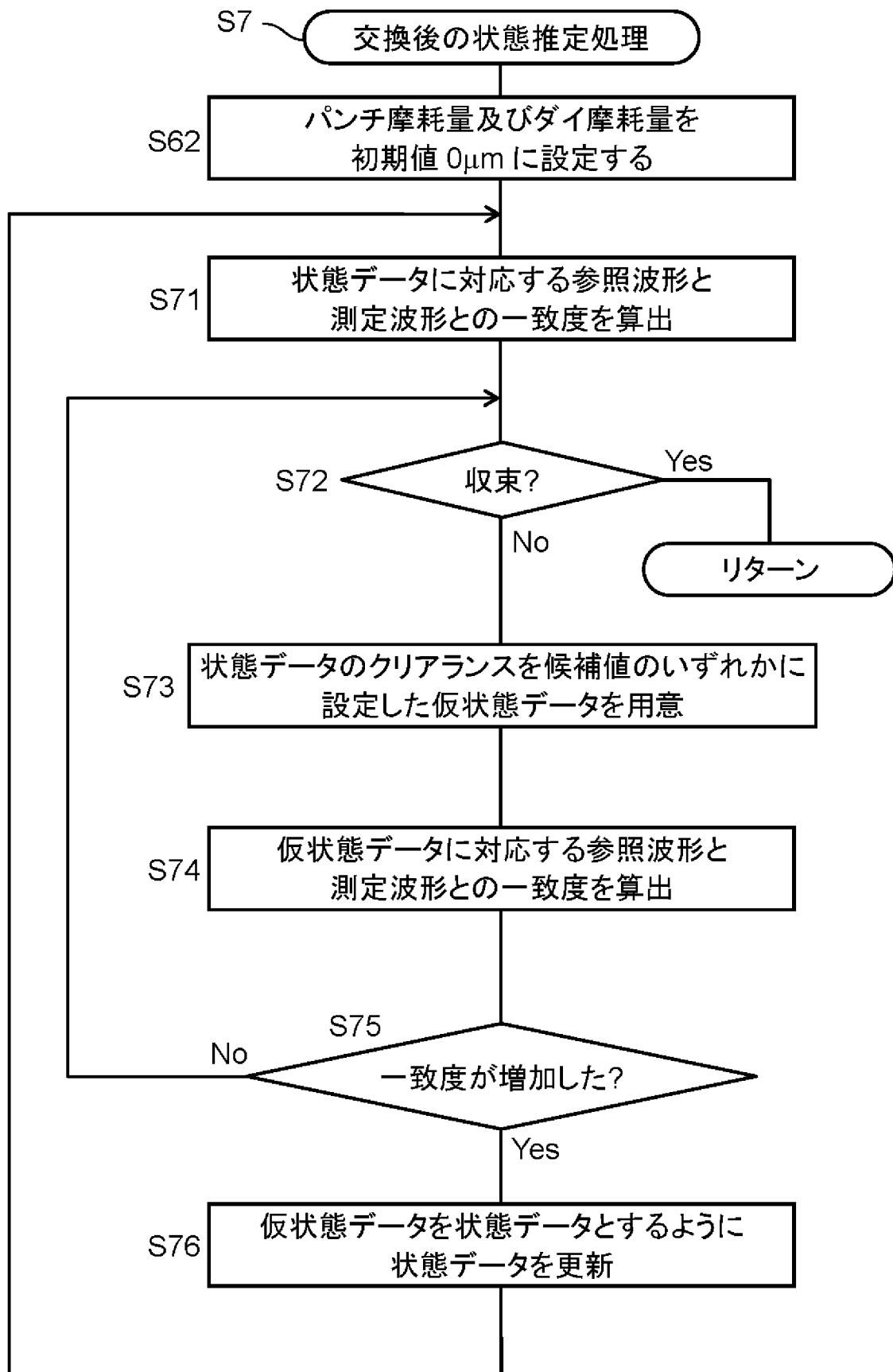
[図9]



[図10]



[図11]



[図12]

22

状態データ

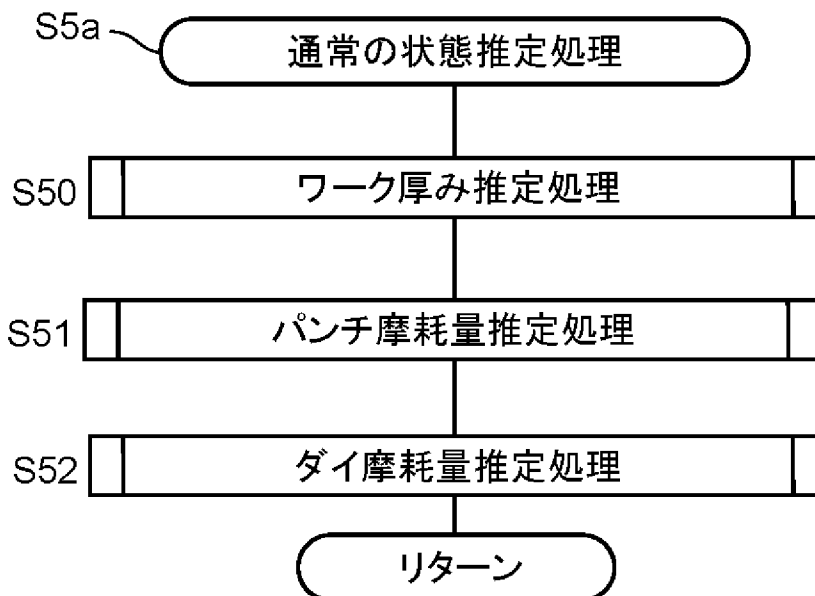
工具状態データ	
パラメータ名	値
パンチ摩耗量	4 μ m
ダイ摩耗量	2 μ m
クリアランス	6 μ m

ワーク状態データ	
パラメータ名	値
ワーク厚み	55 μ m

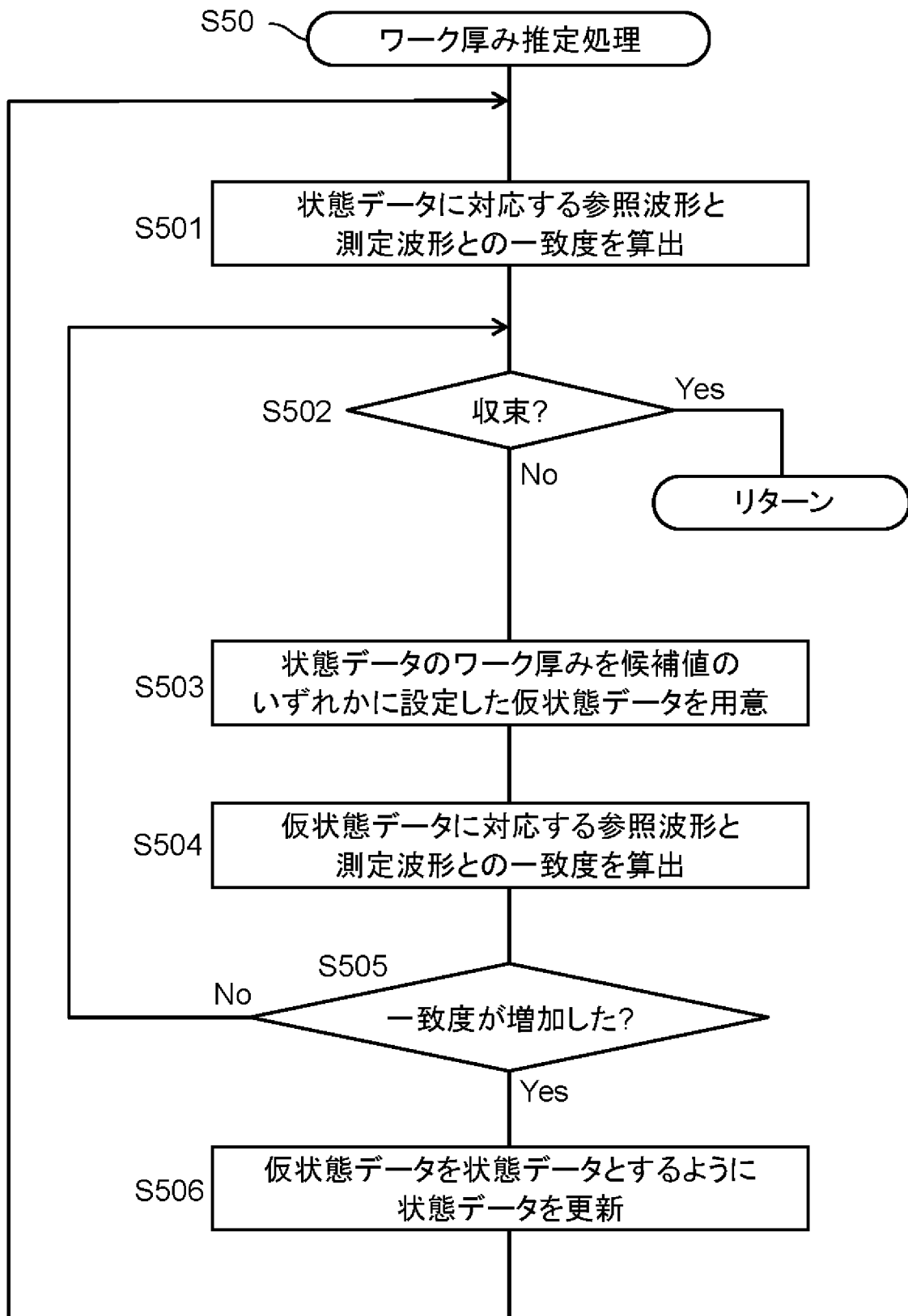
22a

22b

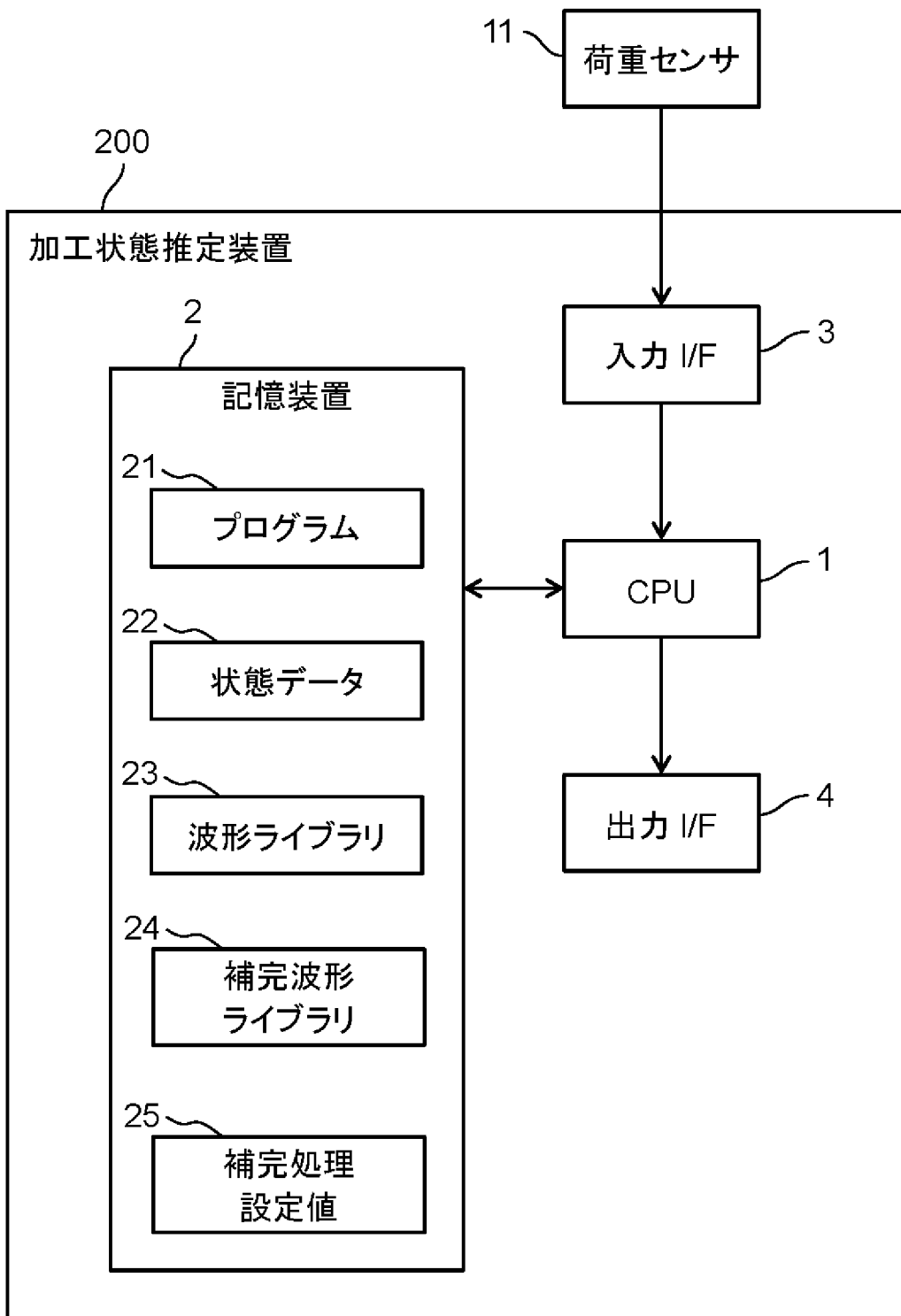
[図13]



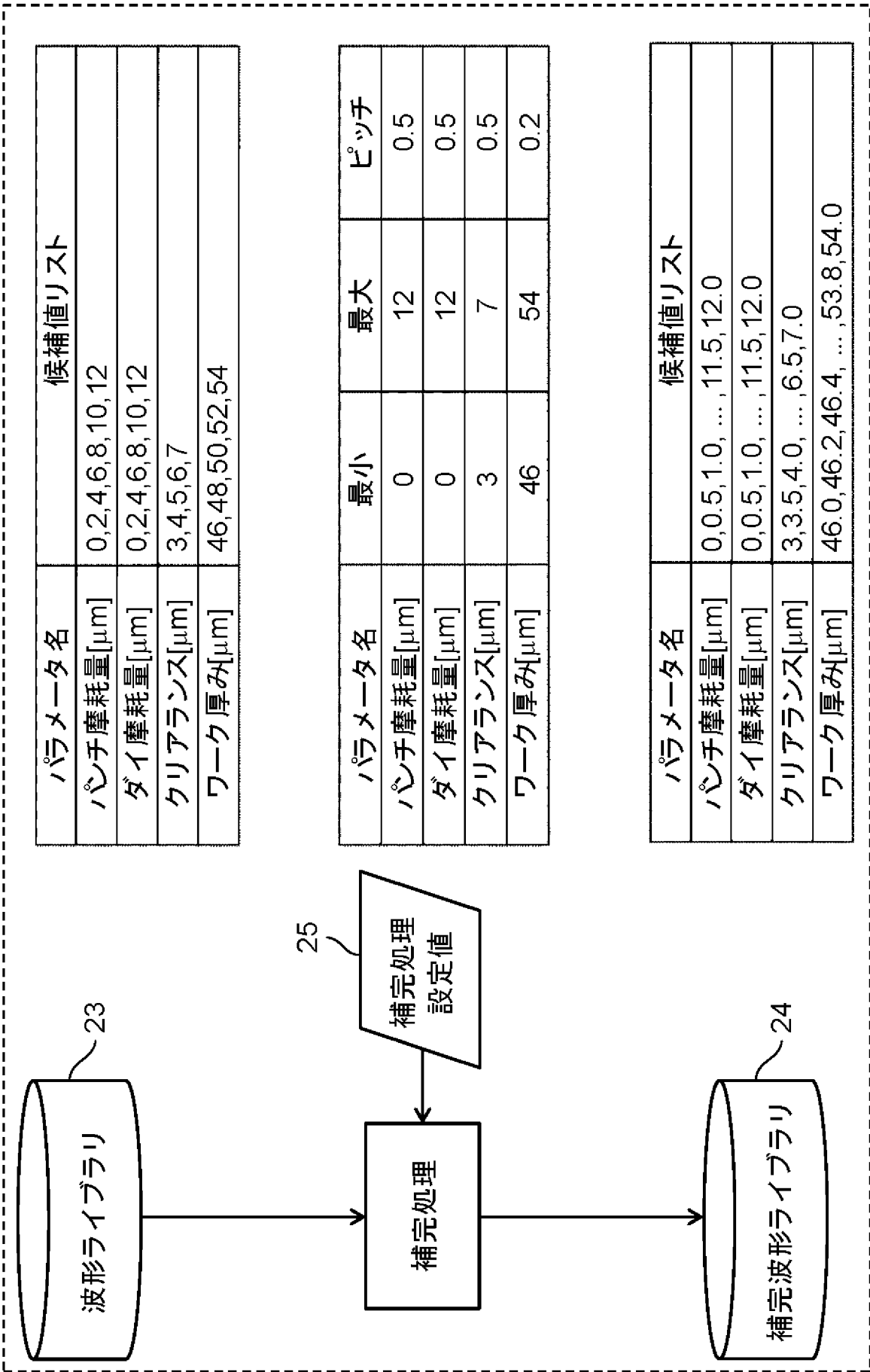
[図14]



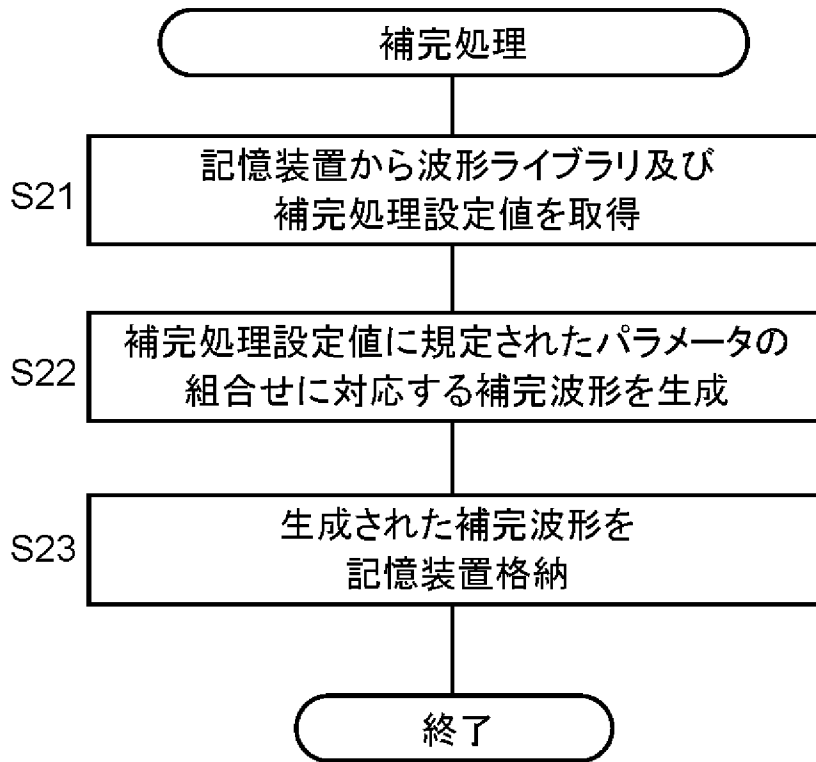
[図15]



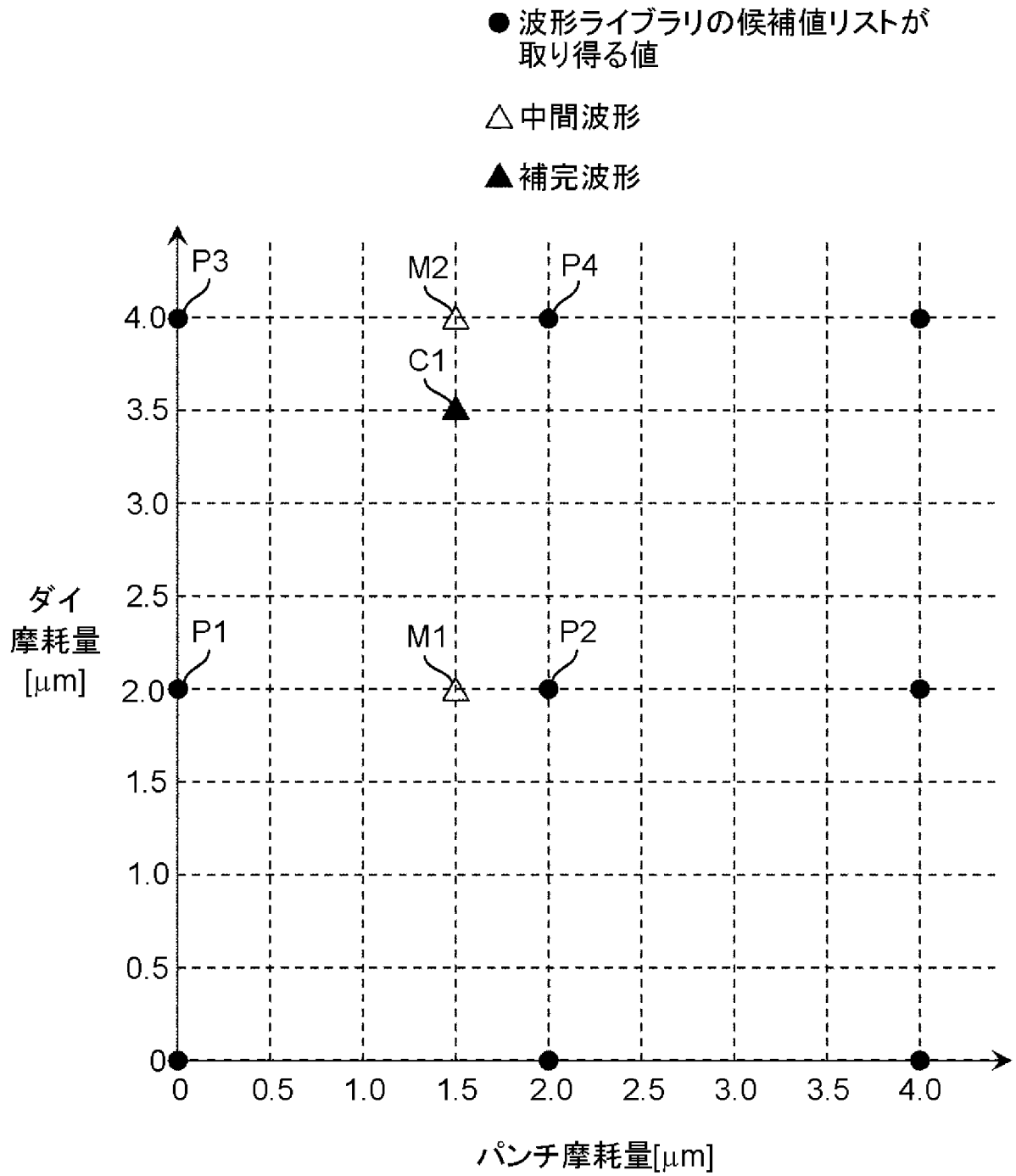
[図16]



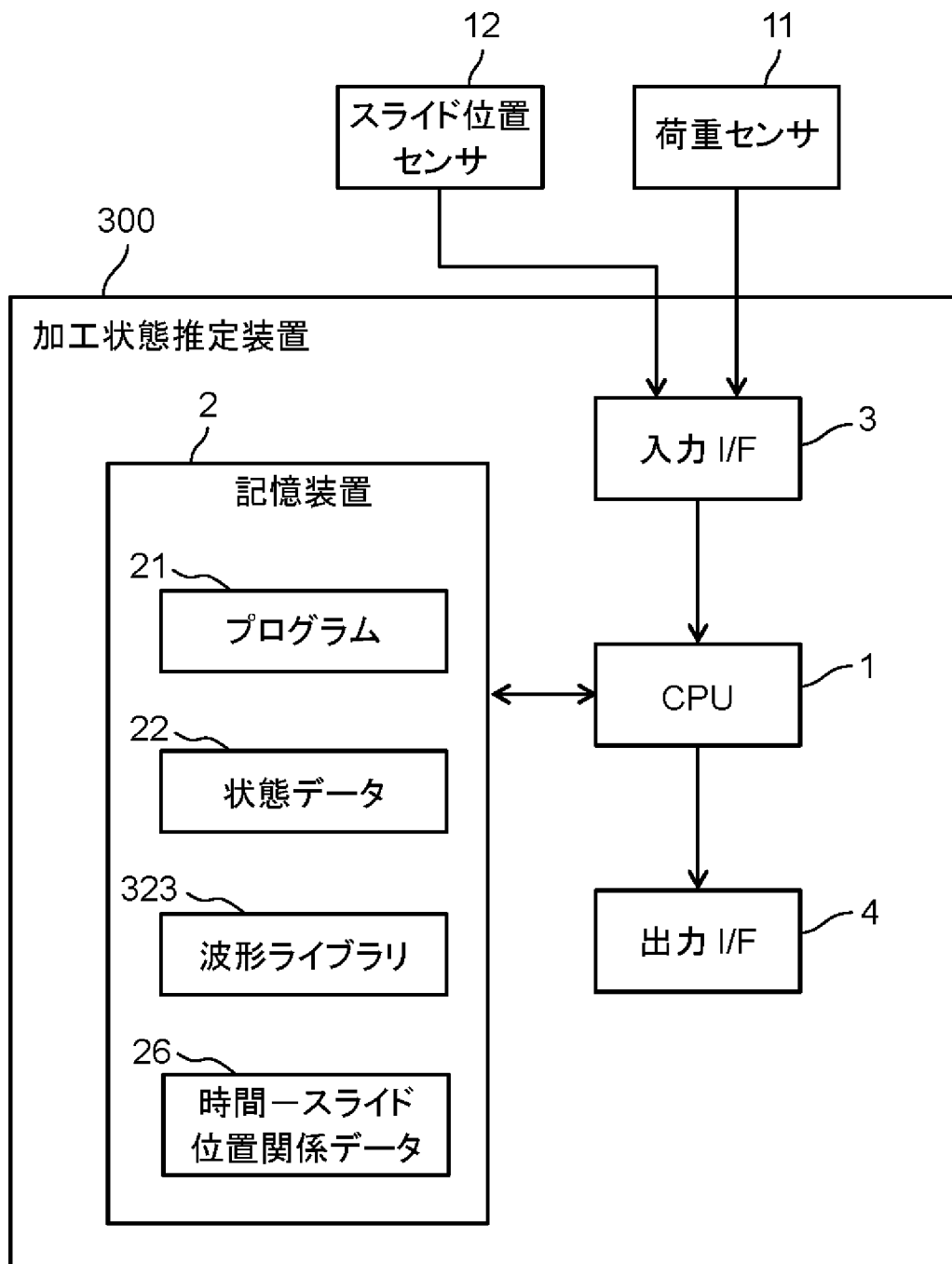
[図17]



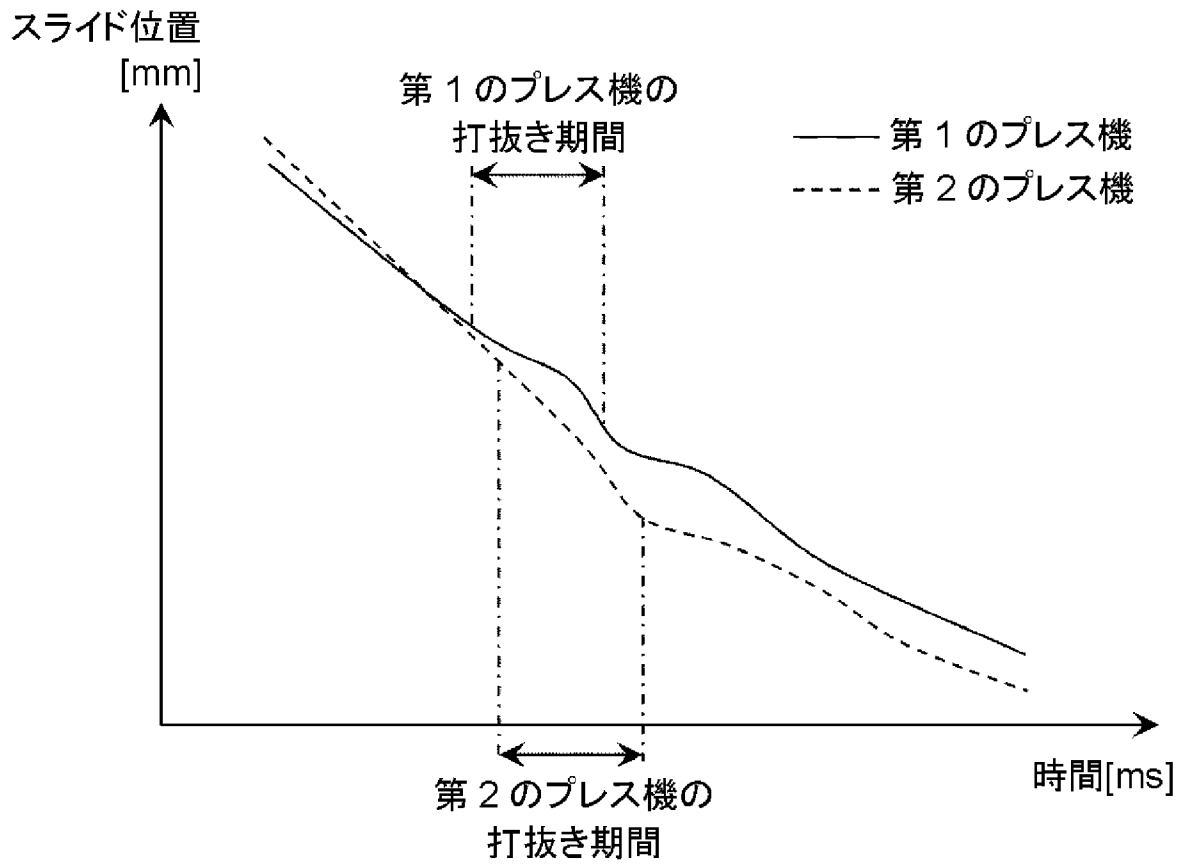
[図18]



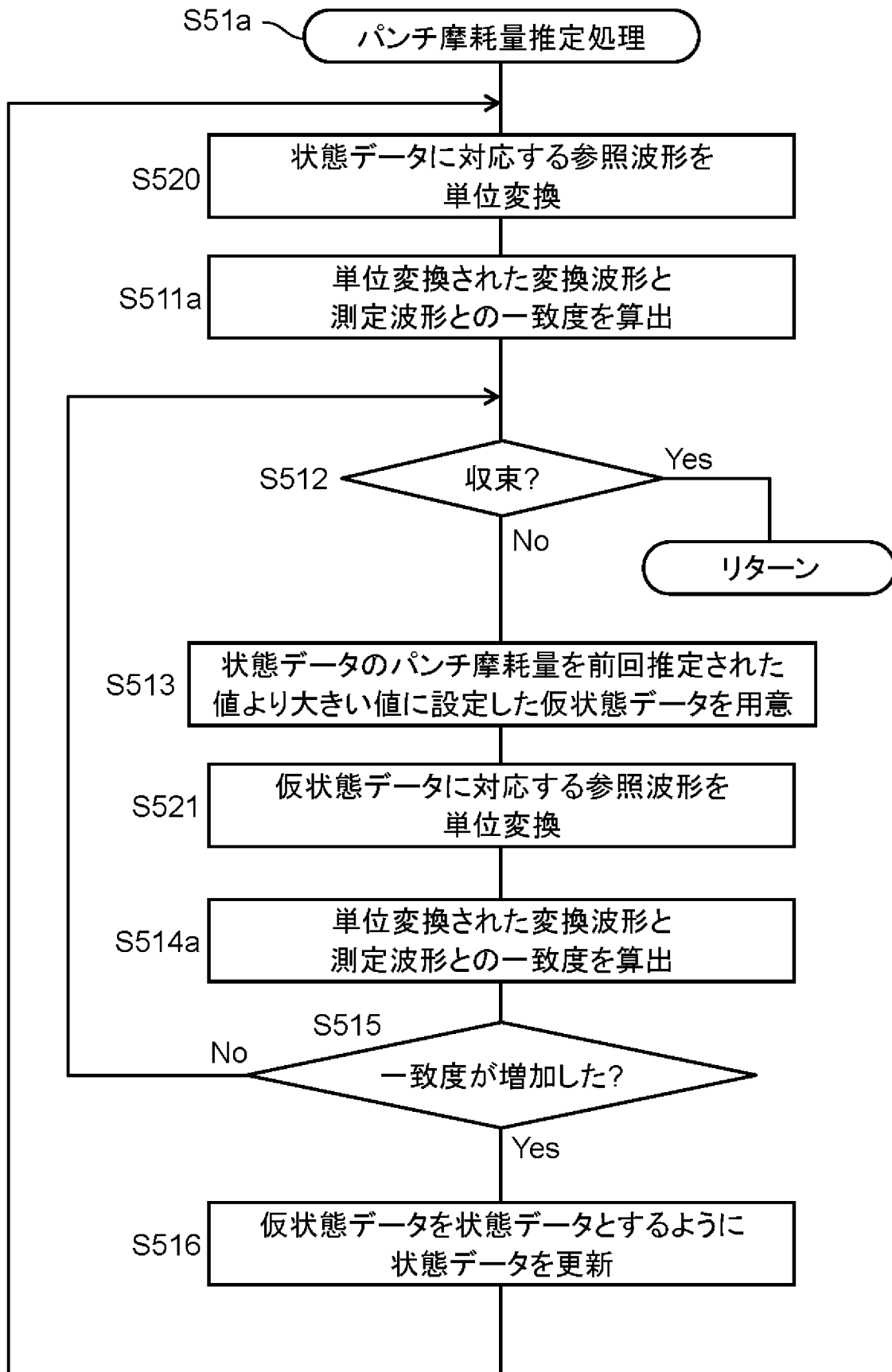
[図19]



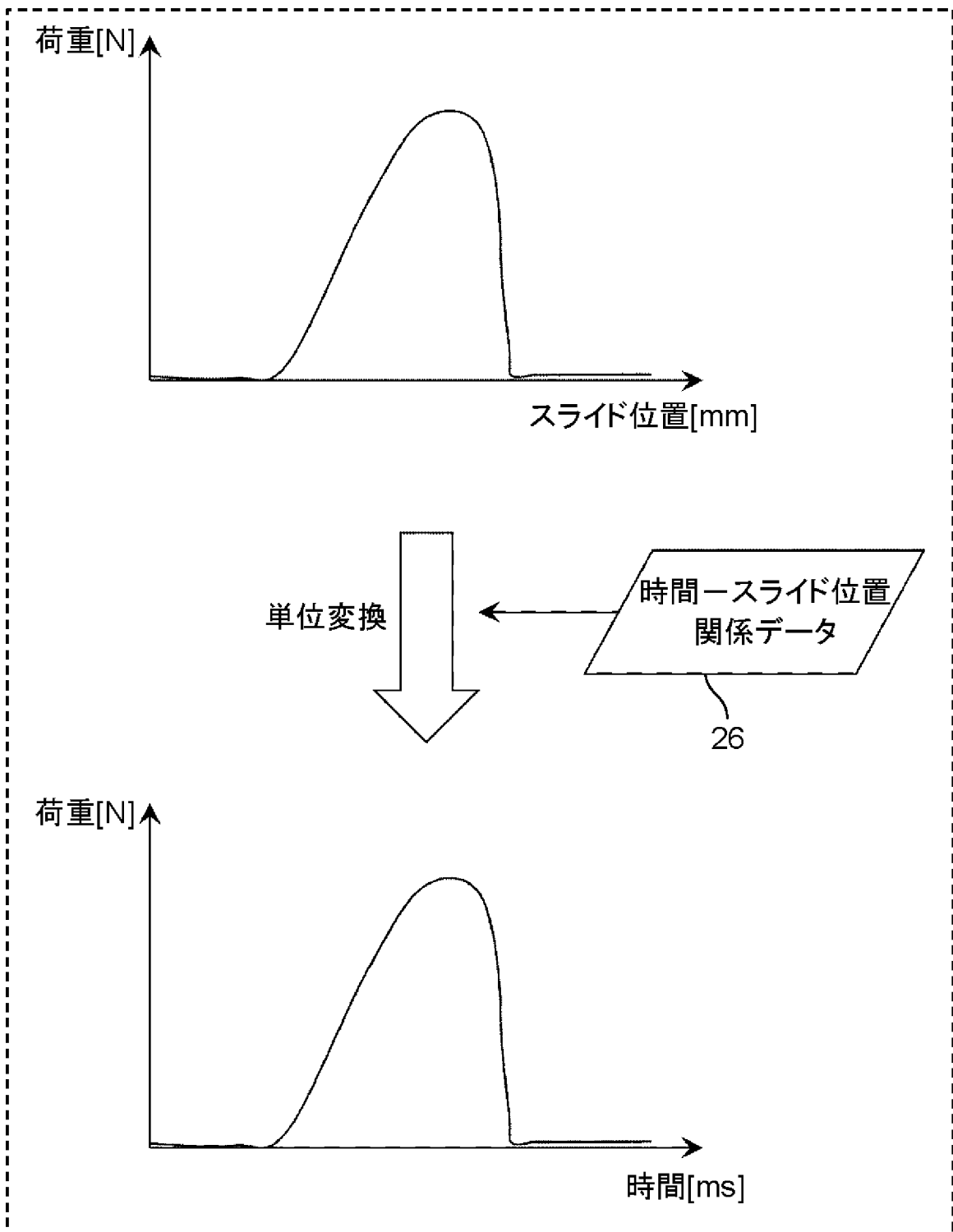
[図20]



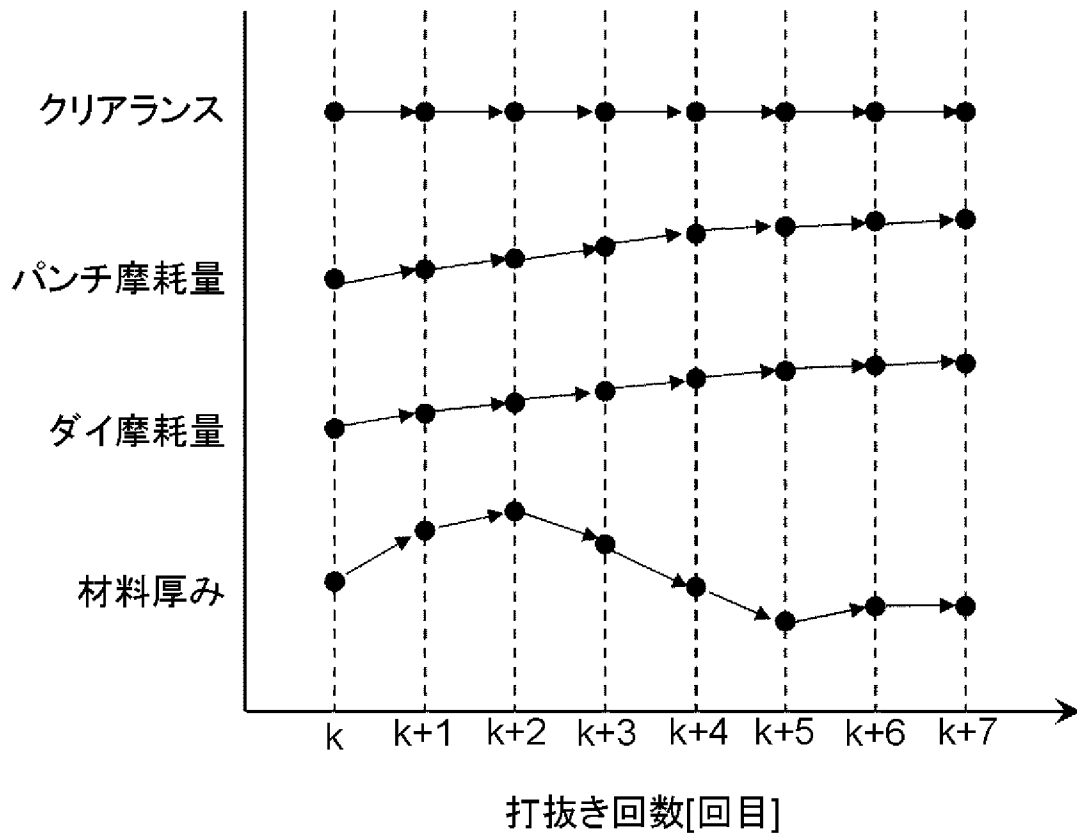
[図21]



[図22]



[図23]



k は 1 以上の整数

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/033966

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>B21D 28/00</i> (2006.01)i; <i>B30B 15/00</i> (2006.01)i FI: B21D28/00 Z; B30B15/00 B 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) B21D28/00; B30B15/00		
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 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
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.
A	JP 6885911 B2 (AIDA ENG LTD) 16 June 2021 (2021-06-16)	1-17
A	JP 3231536 B2 (TOYOTA MOTOR CORP) 26 November 2001 (2001-11-26)	1-17
A	JP 5-212455 A (AMADA CO LTD) 24 August 1993 (1993-08-24)	1-17
A	JP 2017-87224 A (TOPPAN PRINTING CO LTD) 25 May 2017 (2017-05-25)	1-17
A	JP 6-304800 A (TOYOTA MOTOR CORP) 01 November 1994 (1994-11-01)	1-17
A	JP 2020-127968 A (PANASONIC IP MAN CORP) 27 August 2020 (2020-08-27)	1-17
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 12 October 2022		Date of mailing of the international search report 08 November 2022
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/JP2022/033966

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	6885911	B2	16 June 2021	US	2020/0114608	A1	
				EP	3640759	A1	
				CN	111055532	A	
JP	3231536	B2	26 November 2001	US	5692404	A	
				EP	612992	A2	
				KR	10-1994-0019458	A	
				CN	1108762	A	
JP	5-212455	A	24 August 1993	(Family: none)			
JP	2017-87224	A	25 May 2017	(Family: none)			
JP	6-304800	A	01 November 1994	US	5692404	A	
				EP	612992	A2	
				KR	10-1994-0019458	A	
				CN	1108762	A	
JP	2020-127968	A	27 August 2020	US	2020/0254501	A1	
				CN	111538235	A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B21D 28/00(2006.01)i; B30B 15/00(2006.01)i FI: B21D28/00 Z; B30B15/00 B		
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）） B21D28/00; B30B15/00 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 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022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
A	JP 6885911 B2 (アイダエンジニアリング株式会社) 16.06.2021 (2021-06-16)	1-17
A	JP 3231536 B2 (トヨタ自動車株式会社) 26.11.2001 (2001-11-26)	1-17
A	JP 5-212455 A (株式会社アマダ) 24.08.1993 (1993-08-24)	1-17
A	JP 2017-87224 A (凸版印刷株式会社) 25.05.2017 (2017-05-25)	1-17
A	JP 6-304800 A (トヨタ自動車株式会社) 01.11.1994 (1994-11-01)	1-17
A	JP 2020-127968 A (パナソニックIPマネジメント株式会社) 27.08.2020 (2020-08-27)	1-17
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、一般的な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	12.10.2022	国際調査報告の発送日 08.11.2022
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） 石田 宏之 3P 9258 電話番号 03-3581-1101 内線 3363	

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/JP2022/033966

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	6885911	B2	16.06.2021	US	2020/0114608	A1	
				EP	3640759	A1	
				CN	111055532	A	
JP	3231536	B2	26.11.2001	US	5692404	A	
				EP	612992	A2	
				KR	10-1994-0019458	A	
				CN	1108762	A	
JP	5-212455	A	24.08.1993	(ファミリーなし)			
JP	2017-87224	A	25.05.2017	(ファミリーなし)			
JP	6-304800	A	01.11.1994	US	5692404	A	
				EP	612992	A2	
				KR	10-1994-0019458	A	
				CN	1108762	A	
JP	2020-127968	A	27.08.2020	US	2020/0254501	A1	
				CN	111538235	A	