

(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
2024年12月12日(12.12.2024)



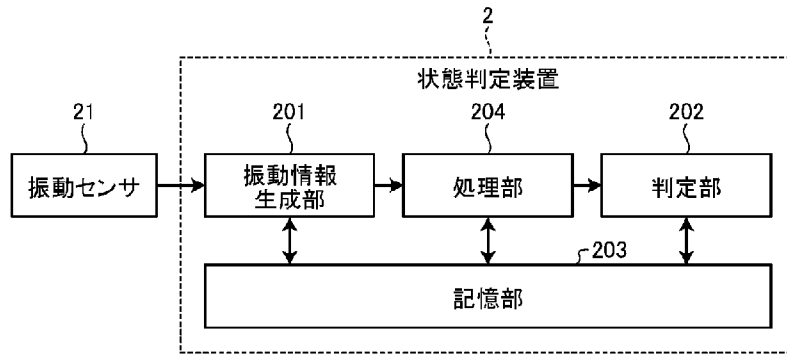
(10) 国際公開番号

WO 2024/252713 A1

- (51) 国際特許分類:
G01M 13/028 (2019.01) F16H 25/24 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/000793
- (22) 国際出願日: 2024年1月15日(15.01.2024)
- (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 2023-093206 2023年6月6日(06.06.2023) JP
- (71) 出願人: 日本精工株式会社 (NSK LTD.) [JP/JP]; 〒1418560 東京都品川区大崎1丁目6番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 北内 征士郎 (KITAUCHI, Seishiro); 〒2518501 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP). 橋本 聡志 (HASHIMOTO, Satoshi); 〒2518501 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 弁理士法人酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎ノ門ダイビルイースト 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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,

(54) Title: STATE DETERMINATION DEVICE AND STATE DETERMINATION METHOD FOR BALL SCREW

(54) 発明の名称: ボールねじの状態判定装置及び状態判定方法



- 2 State determination device
21 Vibration sensor
201 Vibration information generation unit
202 Determination unit
203 Storage unit
204 Processing unit

(57) Abstract: Provided are a state determination device and state determination method for a ball screw, by which noise resistance can be improved. The present invention comprises: a vibration information generation unit (201) that, on the basis of a vibration signal acquired by a vibration sensor (21) during operation of a ball screw, generates vibration information indicating a relationship between a nut position of the ball screw and a frequency-vibration level characteristic that changes in accordance with the nut position; and a determination unit (202) that executes a state determination process for the ball screw on the basis of first vibration information generated on the basis of the vibration signal acquired in a first period and second vibration information acquired in a second period after the first period.

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, CV, 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, ME, 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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 耐ノイズ性を向上させることができるボールねじの状態判定装置及び状態判定方法を提供すること。ボールねじの作動時において振動センサ(21)により取得された振動信号に基づき、ボールねじのナット位置と、当該ナット位置に応じて変化する周波数-振動レベル特性との関係を示す振動情報を生成する振動情報生成部(201)と、第1期間において取得した振動信号に基づき生成される第1振動情報、及び、第1期間よりも後の第2期間において取得した第2振動情報に基づき、ボールねじの状態判定処理を実行する判定部(202)と、を備える。

明 細 書

発明の名称： ボールねじの状態判定装置及び状態判定方法

技術分野

[0001] 本発明は、ボールねじの状態判定装置及び状態判定方法に関する。

背景技術

[0002] 特許文献 1 には、ボールねじなどの転がり直動装置において、転動体の移動に伴う軌道面の変形や転動体の摩耗による予圧低下が生じた場合、振動強度が低下し作動状態の検査精度が低下することが記載されている。従来、特定の周波数帯域の振動信号の振動値を監視して、ボールねじに付与された予圧の低下を検出する技術が開示されている（例えば、特許文献 2）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献 1：特開 2009-198398 号公報

特許文献 2：国際公開第 2020/090479 号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献 2 では、10 Hz から 10 kHz までの低周波数帯域における振動信号の振動値を監視することが記載されている。しかしながら、10 Hz から 10 kHz までの低周波数帯域は、ボールねじが用いられる生産現場等で生じるノイズ成分の影響を排除し難く、適用が困難である。

[0005] 本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであって、耐ノイズ性を向上させることができるボールねじの状態判定装置及び状態判定方法を提供すること、を目的としている。

課題を解決するための手段

[0006] 上記の目的を達成するため、本発明の一態様に係るボールねじの状態判定装置は、ボールねじの作動時において振動センサにより取得された振動信号に基づき、前記ボールねじのナット位置と、当該ナット位置に応じて変化する

る周波数－振動レベル特性との関係を示す振動情報を生成する振動情報生成部と、第１期間において取得した振動信号に基づき生成される第１振動情報、及び、前記第１期間よりも後の第２期間において取得した第２振動情報に基づき、前記ボールねじの状態判定処理を実行する判定部と、を備える。

[0007] 上記構成では、ボールねじの状態判定を実施する第２期間において取得された振動信号に基づき生成された第２振動情報に対し、正常に予圧が付与された状態であるものとして想定される第１期間において取得した振動信号に基づき生成した第１振動情報を適用することにより、耐ノイズ性を向上することができる。

[0008] ボールねじの状態判定装置の望ましい態様として、前記振動情報生成部は、前記第１期間において取得した複数の第１振動情報の平均化処理を実行することが好ましい。

[0009] これにより、非定常連続スペクトルが除去された第１振動情報が得られる。

[0010] ボールねじの状態判定装置の望ましい態様として、前記振動情報生成部は、前記第１期間において取得した振動信号の周期的振動成分を除去した第１振動情報を生成することが好ましい。

[0011] これにより、離散スペクトルが除去された第１振動情報が得られる。

[0012] ボールねじの状態判定装置の望ましい態様として、前記振動情報生成部は、前記第１期間において取得した複数の第１振動情報の平均化処理を実行することが好ましい。

[0013] これにより、非定常連続スペクトルが除去された第１振動情報が得られる。

[0014] ボールねじの状態判定装置の望ましい態様として、前記振動情報生成部は、前記第２期間において取得した複数の第２振動情報の平均化処理を実行することが好ましい。

[0015] これにより、非定常連続スペクトルが除去された第２振動情報が得られる。

- [0016] ボールねじの状態判定装置の望ましい態様として、前記振動情報生成部は、前記第2期間において取得した振動信号の周期的振動成分を除去した第2振動情報を生成することが好ましい。
- [0017] これにより、離散スペクトルが除去された第2振動情報が得られる。
- [0018] ボールねじの状態判定装置の望ましい態様として、前記第2振動情報に前記第1振動情報を乗じた第3振動情報を算出する処理部をさらに備えることが好ましい。
- [0019] これにより、第1振動情報と第2振動情報との間で互いに無相関なノイズ成分が相対的に低下した第3振動情報が得られる。
- [0020] ボールねじの状態判定装置の望ましい態様として、前記判定部は、前記第3振動情報の統計値に基づき、前記ボールねじの損耗度合いを判定することが好ましい。
- [0021] これにより、耐ノイズ性を向上することができ、ボールねじの損耗度合いの判定精度を高めることができる。
- [0022] ボールねじの状態判定装置の望ましい態様として、前記第1振動情報に対する前記第2振動情報の一致度を算出する処理部をさらに備えることが好ましい。
- [0023] また、ボールねじの状態判定装置の望ましい態様として、前記判定部は、前記一致度に基づき、前記ボールねじの損耗度合いを判定することが好ましい。
- [0024] これにより、耐ノイズ性を向上することができ、ボールねじの損耗度合いの判定精度を高めることができる。
- [0025] 本発明の一態様に係るボールねじの状態判定方法は、第1期間において、ボールねじの作動時に取得された振動信号に基づき、前記ボールねじのナット位置と、当該ナット位置に応じて変化する周波数－振動レベル特性との関係を示す第1振動情報を生成する第1ステップと、前記第1期間よりも後の第2期間において、前記ボールねじの作動時に取得された振動信号に基づき、前記ボールねじのナット位置と、当該ナット位置に応じて変化する周波数

ー振動レベル特性との関係を示す第2振動情報を生成する第2ステップと、前記第1振動情報及び前記第2振動情報に基づき、前記ボールねじの状態判定処理を実行する第3ステップと、を有する。

[0026] 上記構成では、ボールねじの状態判定を実施する第2期間において取得された振動信号に基づき生成された第2振動情報に対し、正常に予圧が付与された状態であるものとして想定される第1期間において取得した振動信号に基づき生成した第1振動情報を適用することにより、耐ノイズ性を向上することができる。

[0027] ボールねじの状態判定方法の望ましい態様として、前記第1ステップにおいて、前記第1期間において取得した複数の第1振動情報の平均化処理を実行することが好ましい。

[0028] これにより、非定常連続スペクトルが除去された第1振動情報が得られる。

[0029] ボールねじの状態判定方法の望ましい態様として、前記第1ステップにおいて、前記第1期間において取得した振動信号の周期的振動成分を除去した第1振動情報を生成することが好ましい。

[0030] これにより、離散スペクトルが除去された第1振動情報が得られる。

[0031] ボールねじの状態判定方法の望ましい態様として、前記第1ステップにおいて、前記第1期間において取得した複数の第1振動情報の平均化処理を実行することが好ましい。

[0032] これにより、非定常連続スペクトルが除去された第1振動情報が得られる。

[0033] ボールねじの状態判定方法の望ましい態様として、前記第2ステップにおいて、前記第2期間において取得した複数の第2振動情報の平均化処理を実行することが好ましい。

[0034] これにより、非定常連続スペクトルが除去された第2振動情報が得られる。

[0035] ボールねじの状態判定方法の望ましい態様として、前記第2ステップにお

いて、前記第2期間において取得した振動信号の周期的振動成分を除去した第2振動情報を生成することが好ましい。

[0036] これにより、離散スペクトルが除去された第2振動情報が得られる。

[0037] ボールねじの状態判定方法の望ましい態様として、前記第3ステップにおいて、前記第2振動情報に前記第1振動情報を乗じた第3振動情報を算出することが好ましい。

[0038] これにより、第1振動情報と第2振動情報との間で互いに無相関なノイズ成分が相対的に低下した第3振動情報が得られる。

[0039] ボールねじの状態判定方法の望ましい態様として、前記第3ステップにおいて、前記第3振動情報の統計値に基づき、前記ボールねじの損耗度合いを判定することが好ましい。

[0040] これにより、耐ノイズ性を向上することができ、ボールねじの損耗度合いの判定精度を高めることができる。

[0041] ボールねじの状態判定方法の望ましい態様として、前記第3ステップにおいて、前記第1振動情報に対する前記第2振動情報の一致度を算出することが好ましい。

[0042] また、ボールねじの状態判定方法の望ましい態様として、前記第3ステップにおいて、前記一致度に基づき、前記ボールねじの損耗度合いを判定することが好ましい。

[0043] これにより、耐ノイズ性を向上することができ、ボールねじの損耗度合いの判定精度を高めることができる。

発明の効果

[0044] 本発明によれば、耐ノイズ性を向上させることができるボールねじの状態判定装置及び状態判定方法が得られる。

図面の簡単な説明

[0045] [図1]図1は、ボールねじの状態判定システムの概略構成の一例を示す図である。

[図2]図2は、実施形態に係るボールねじの状態判定装置の一例を示すブロッ

ク図である。

[図3A]図3 Aは、振動情報生成部により生成される振動情報の一例を示す概念図である。

[図3B]図3 Bは、振動情報生成部により生成される振動情報の一例を示す概念図である。

[図4]図4は、実施形態1に係る第1振動情報取得処理の一例を示すフローチャートである。

[図5]図5は、実施形態1に係る第2振動情報取得処理の一例を示すフローチャートである。

[図6]図6は、実施形態1に係る状態判定処理の一例を示すフローチャートである。

[図7]図7は、実施形態1の変形例に係る状態判定処理の一例を示すフローチャートである。

[図8A]図8 Aは、振動情報生成部により生成される振動情報の一例を示す概念図である。

[図8B]図8 Bは、振動情報生成部により生成される振動情報の一例を示す概念図である。

[図9]図9は、実施形態2に係る第1振動情報取得処理の一例を示すフローチャートである。

[図10]図10は、実施形態2に係る第1振動情報取得処理により生成される第1振動情報の一例を示す概念図である。

[図11]図11は、実施形態3に係る第1振動情報取得処理の一例を示すフローチャートである。

[図12]図12は、実施形態3に係る第1振動情報取得処理により生成される第1振動情報の一例を示す概念図である。

[図13]図13は、実施形態3の変形例に係る第1振動情報取得処理の一例を示すフローチャートである。

[図14]図14は、実施形態3の変形例に係る第1振動情報取得処理により生

成される第 1 振動情報の一例を示す概念図である。

[図15]図 1 5 は、実施形態 4 に係る第 2 振動情報取得処理の一例を示すフローチャートである。

[図16]図 1 6 は、実施形態 4 の変形例に係る第 2 振動情報取得処理の一例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0046] 以下、発明を実施するための形態（以下、実施形態という）につき図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、下記の実施形態により本発明が限定されるものではない。また、下記実施形態における構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のもの、いわゆる均等の範囲のものが含まれる。さらに、下記実施形態で開示した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。

[0047] 図 1 は、ボールねじの状態判定システムの概略構成の一例を示す図である。ボールねじ 1 は、ねじ軸 1 1 と、このねじ軸 1 1 に対して複数の転動体（不図示）を介してスライド移動可能に外嵌するナット 1 2 とを有している。

[0048] ねじ軸 1 1 の両端は、軸受 1 3, 1 4 によって回転自在にそれぞれ支持され、ねじ軸 1 1 の一端側（図 1 中右側）は、駆動用のモータ 1 5 の出力軸に連結されている。ナット 1 2 は、ねじ軸 1 1 の回転に伴い、図 1 に示す A 端と B 端との間で、ねじ軸 1 1 の軸方向（図 1 に示す矢示方向）に直動する。

[0049] 本開示において、実施形態に係るボールねじ 1 の状態判定装置 2 は、ボールねじ 1 の作動中において取得される振動信号に基づき、ボールねじ 1 の状態判定を行う。状態判定装置 2 は、実施形態に係るボールねじ 1 の状態判定を行う際に、駆動制御装置 3 に対してモータ 1 5 の駆動制御指令及び回転制御指令を出力する。駆動制御装置 3 は、状態判定装置 2 からの制御指令に基づいて、モータ 1 5 を駆動してボールねじ 1 を作動させ、ねじ軸 1 1 の全域に亘ってナット 1 2 を移動させる。駆動制御装置 3 は、モータ 1 5 の回転速度、言い換えると、ボールねじ 1 のねじ軸 1 1 の回転速度を状態判定装置 2 に出力する。

[0050] 図2は、実施形態に係るボールねじの状態判定装置の一例を示すブロック図である。図2に示すように、実施形態に係るボールねじ1の状態判定装置2は、振動情報生成部201と、判定部202と、記憶部203と、処理部204と、を備える。状態判定装置2には、ボールねじ1の作動中において振動センサ21により取得された振動信号が入力される。

[0051] 振動センサ21は、例えば、図1に示すボールねじ1のナット12に設置される。本開示において、振動センサ21は、加速度ピックアップ等の加速度センサが例示される。振動センサ21による加速度検出方向は、ねじ軸11の軸方向（図1に示す矢示方向）であっても良いし、ねじ軸11の軸方向に直交する方向であっても良い。また、振動センサ21の設置箇所は、ボールねじ1の作動時における振動を検知可能な位置であれば良く、ナット12に限定されない。さらに、振動センサ21は、加速度センサに限定されない。振動センサ21は、例えば、変位センサや、マイクロフォン等の音圧センサであっても良い。

[0052] 振動情報生成部201は、振動センサ21により検出された振動信号に基づき、前記ボールねじのナット位置と、当該ナット位置に応じて変化する周波数－振動レベル特性との関係を示す振動情報を生成する。図3A及び図3Bは、振動情報生成部により生成される振動情報の一例を示す概念図である。図3A及び図3Bにおいて、横軸はナット12の位置（以下、単に「ナット位置」とも称する）Pを示し、縦軸は周波数fを示している。本開示において、振動情報の周波数範囲は、例えば10Hzから10kHzまでの間の所定範囲内とされる。

[0053] ボールねじ1の作動中において取得される振動信号の周波数スペクトルは、ナット位置に応じて固有振動数が変化する。図3A及び図3Bでは、ナット位置N－A間の主固有モードにおける1次固有振動数に対応する周波数f₁、ナット位置N－A間の主固有モードにおける2次固有振動数に対応する周波数f₂、ナット位置N－B間の主固有モードにおける1次固有振動数に対応する周波数f₁'、ナット位置N－B間の主固有モードにおける2次固

有振動数に対応する周波数 f_2' を例示している。

- [0054] 振動情報生成部 201 によって生成される振動情報に基づき、ボールねじ 1 の損耗度合いを把握することができる。
- [0055] 周波数スペクトルの大きさを定義される周波数ごとの振動レベルは、ボールねじ 1 に付与された予圧の大きさに応じて変化する。具体的に、図 3 A は、例えば、ボールねじ 1 の製造直後において、正常に予圧が付与された状態で取得された振動情報を例示している。これに対し、図 3 B は、転動体の移動に伴う軌道面の変形や転動体の摩耗によってボールねじ 1 の予圧低下が生じた状態で取得された振動情報を例示している。
- [0056] 図 3 A 及び図 3 B では、周波数スペクトルの大きさを定義される周波数ごとの振動レベルの大きさを、振動情報に表れる稜線、言い換えると、各固有振動数に対応する周波数変化を示す線の太さで表している。また、図 3 A 及び図 3 B では、各固有振動とは無相関に振動情報に表れるノイズ成分の量及び大きさをハッチングの濃さで表している。図 3 B に示す振動情報は、図 3 A に示す振動情報に対し、相対的に、各固有振動の振動レベルが小さく、各固有振動とは無相関のノイズ成分の振動レベルが大きい例を示している。
- [0057] 正常に予圧が付与された状態では、各固有振動の振動レベルが高く、各固有振動数に対応する周波数変化が鮮明に表れる（図 3 A 参照）。
- [0058] 一方、ボールねじ 1 の予圧低下が進行すると、各固有振動の振動レベルと各固有振動とは無相関に表れるノイズ成分との差異が小さくなり、各固有振動数に対応する周波数変化が薄れる（図 3 B 参照）。このような各固有振動の振動レベルが低下した振動情報をボールねじ 1 の損耗度合いの判定に用いると判定精度が低下する。
- [0059] 本開示において、ボールねじ 1 の状態判定装置 2 は、予め正常に予圧が付与された状態で取得した第 1 振動情報と、状態判定を行う際に取得した第 2 振動情報とを用いて、ボールねじ 1 の損耗度合いを判定する。
- [0060] 具体的に、ボールねじ 1 の状態判定装置 2 は、まず、正常に予圧が付与された状態であるものとして想定し得る第 1 期間において第 1 振動情報を取得

し（第１振動情報取得処理）、ボールねじ１の状態判定を実施する第２期間において第２振動情報を取得する（第２振動情報取得処理）。そして、状態判定装置２は、第１期間において取得された第１振動情報と、第２期間において取得された第２振動情報を用いて、ボールねじ１の損耗度合いを判定する（状態判定処理）。

[0061] なお、本開示では、ボールねじ１の運用に伴う損傷や摩耗による状態変化を判定対象としている。第１振動情報を取得する第１期間としては、正常に予圧が付与された状態が維持されていることが想定される期間としては、ボールねじ１の運用開始から、当該ボールねじ１の運用期間として想定される期間の $1/10$ 程度が経過するまでの期間とされる。具体的には、例えば、１年ごとにボールねじ１を交換する運用では１ヶ月程度、１０年ごとにボールねじ１を交換する運用では１年程度とされることが好ましい。

[0062] 以下、耐ノイズ性を向上させ、ボールねじ１の損耗度合いの判定精度を高めることを可能とする具体的な処理について説明する。

[0063] （実施形態１）

図４は、実施形態１に係る第１振動情報取得処理の一例を示すフローチャートである。

[0064] 状態判定装置２は、正常に予圧が付与された状態であるものとして想定される第１期間においてボールねじ１を作動させ、第１振動情報を取得する。具体的に、状態判定装置２は、図１に示すボールねじ１の状態判定システムにおいて、駆動制御装置３に対してモータ１５の駆動制御指令及び回転制御指令を出力する。駆動制御装置３は、状態判定装置２からの制御指令に基づいて、モータ１５を駆動してボールねじ１を作動させる。

[0065] 図４に示す実施形態１に係る第１振動情報取得処理において、振動情報生成部２０１は、ＡＤ変換処理部（不図示）によりデジタルデータ化された振動信号を取得し（ステップＳ１１０）、取得した振動信号に基づき、ボールねじ１のナット位置と周波数ごとの振動レベルとの関係を示す第１振動情報を生成する（ステップＳ１２０）。

- [0066] 振動情報生成部201は、ステップS120において生成した第1振動情報を記憶部203に格納し（ステップS130）、第1振動情報取得処理を終了する。
- [0067] 図5は、実施形態1に係る第2振動情報取得処理の一例を示すフローチャートである。
- [0068] 状態判定装置2は、まず、第1振動情報を生成した第1期間の後のボールねじ1の状態判定を実施する第2期間においてボールねじ1を作動させ、第2振動情報を取得する。具体的に、状態判定装置2は、図1に示すボールねじ1の状態判定システムにおいて、駆動制御装置3に対してモータ15の駆動制御指令及び回転制御指令を出力する。駆動制御装置3は、状態判定装置2からの制御指令に基づいて、モータ15を駆動してボールねじ1を作動させる。
- [0069] 第2振動情報取得処理は、例えば、ボールねじ1の起動時に実行される態様であっても良いし、例えば、所定時刻あるいは所定時間経過ごとに実行される態様であっても良い。
- [0070] 図5に示す実施形態1に係る第2振動情報取得処理において、振動情報生成部201は、AD変換処理部（不図示）によりデジタルデータ化された振動信号を取得し（ステップS210）、取得した振動信号に基づき、ボールねじ1のナット位置と周波数ごとの振動レベルとの関係を示す第2振動情報を生成する（ステップS220）。
- [0071] 振動情報生成部201は、ステップS220において生成した第2振動情報を記憶部203に格納し（ステップS230）、第2振動情報取得処理を終了する。
- [0072] 続いて、状態判定装置2は、第1振動情報取得処理（図4参照）により生成した第1振動情報、及び、第2振動情報取得処理（図5参照）により生成した第2振動情報を用いて、ボールねじ1の状態判定処理を実行する。図6は、実施形態1に係る状態判定処理の一例を示すフローチャートである。
- [0073] 図6に示す実施形態1に係る状態判定処理において、処理部204は、ま

ず、記憶部 203 に格納された第 1 振動情報及び第 2 振動情報を読み出す（ステップ S301）。

[0074] 第 1 振動情報及び第 2 振動情報は、図 3 A 及び図 3 B に示すように、ボールねじ 1 のナット位置（P）と周波数（f）とで定義された座標（P，f）ごとの振動値 $V(P, f)$ を保持した情報である。正常に予圧が付与された状態であるものとして想定される第 1 期間において取得された振動信号に基づき生成された第 1 振動情報は、例えば、図 3 A に示すように、各固有振動数における振動レベルが高く、各固有振動数に対応する周波数変化が鮮明に表れている。これに対し、ボールねじ 1 の状態判定を実施する第 2 期間において取得された振動信号に基づき生成された第 2 振動情報は、例えば、図 3 B に示すように、各固有振動数における振動レベルが低下し、各固有振動数に対応する振動レベルと各固有振動数とは無相関に表れるノイズ成分との差異が小さくなっていることが想定される。

[0075] 本開示において、状態判定装置 2 は、上述したように、第 1 期間において取得された第 1 振動情報と、第 2 期間において取得された第 2 振動情報を用いて、ボールねじ 1 の損耗度合いを判定する。

[0076] 具体的に、実施形態 1 において、処理部 204 は、第 2 振動情報に対して第 1 振動情報を適用した第 3 振動情報を生成し（ステップ S302）、判定部 202 に出力する。より具体的に、処理部 204 は、第 2 振動情報に第 1 振動情報を乗じて第 3 振動情報を算出する。

[0077] より詳細には、処理部 204 は、第 1 振動情報と第 2 振動情報との間でそれぞれ対応する座標の振動値を掛け合わせ、第 3 振動情報における各座標の振動値とする。第 3 振動情報の座標（P，f）における振動値 $V_3(P, f)$ は、第 1 振動情報の座標（P，f）における振動値を $V_1(P, f)$ 、第 2 振動情報の座標（P，f）における振動値を $V_2(P, f)$ として、下記（1）式で表せる。

[0078]
$$V_3(P, f) = V_2(P, f) \times V_1(P, f) \cdots (1)$$

[0079] これにより、各固有振動成分の振動値に対し、第 1 振動情報と第 2 振動情

報との間で互いに無相関なノイズ成分が相対的に低下した第3振動情報が得られる。

- [0080] 判定部202は、処理部204により生成された第3振動情報を用いて、ボールねじ1の損耗度合いを判定する。
- [0081] 具体的に、実施形態1において、判定部202は、処理部204により生成された第3振動情報に対して統計値算出処理を実行する（ステップS303）。より詳細には、例えば、第3振動情報の各座標における振動値の実効値 V_{rms} を算出する。
- [0082] 判定部202は、ステップS303において算出した統計値に対して閾値判定処理を実行して、ボールねじ1の状態判定を行う。具体的に、判定部202は、例えば、ステップS303において算出した実効値 V_{rms} が予め保持している閾値 V_{th} 以上であるか否かを判定する（ステップS304）。閾値 V_{th} は、ボールねじ1が正常であると想定される実効値の下限值としてシミュレーションにより設定される。
- [0083] 実効値 V_{rms} 統計値が閾値 V_{th} 以上である場合（ $V_{rms} \geq V_{th}$ 、ステップS304；Yes）、判定部202は、ボールねじ1が正常であるものとして判定し（ステップS305）、当該判定結果を出力して（ステップS307）、状態判定処理を終了する。
- [0084] 実効値 V_{rms} 統計値が閾値 V_{th} を下回っている場合（ $V_{rms} < V_{th}$ 、ステップS304；No）、判定部202は、ボールねじ1に異常が発生したものとして判定し（ステップS306）、当該判定結果を出力して（ステップS307）、状態判定処理を終了する。
- [0085] 上述した実施形態1に係る処理では、正常に予圧が付与された状態であるものとして想定される第1期間において取得した振動信号に基づき生成した第1振動情報を保持し、ボールねじ1の状態判定を実施する第2期間において取得された振動信号に基づき生成された第2振動情報に対して第1振動情報を適用した第3振動情報を生成する。より具体的に、処理部204は、第2振動情報に第1振動情報を乗じて第3振動情報を算出する。そして、生成

した第3振動情報に対して統計値算出処理を実行し、算出した統計値（例えば、実効値）をボールねじ1の損耗度合いを示す情報としている。これにより、耐ノイズ性を向上することができ、ボールねじ1の損耗度合いの判定精度を高めることができる。

[0086] （変形例）

図7は、実施形態1の変形例に係る状態判定処理の一例を示すフローチャートである。なお、実施形態1の変形例に係る第1振動情報取得処理及び第2振動情報取得処理は、上述した実施形態1と同様であるので、ここでの詳細な説明は省略する。また、ここでは、実施形態1とは異なる処理について詳細に説明し、実施形態1と同様の処理については詳細な説明を省略する場合がある。

[0087] 実施形態1の変形例に係る状態判定処理において、処理部204は、図6に示す第3振動情報生成処理（ステップS302）及び統計値算出処理（ステップS303）に代えて、ステップS301において読み出した第1振動情報及び第2振動情報の一致度Sの算出処理を実行する（ステップS303a）。

[0088] 具体的に、処理部204は、例えば、SSD（Sum of Squared Difference）やSAD（Sum of Absolute Difference）等のテンプレートマッチング（template matching）手法を用いて、第1振動情報及び第2振動情報の一致度Sを算出する。より詳細には、第1振動情報をテンプレート画像、第2振動情報をサーチ画像として、第1振動情報に対する第2振動情報の一致度（類似度）を算出する。なお、テンプレートマッチング手法としてSSDやSADを用いた場合、ステップS303aにおいて処理部204により算出される値（一致度S）が小さいほど、第1振動情報に対する第2振動情報の一致度（類似度）が高いとされ、ステップS303aにおいて処理部204により算出される値（一致度S）が大きいほど、第1振動情報に対する第2振動情報の一致度（類似度）が低いとされる。

[0089] 実施形態1の変形例に係る状態判定処理において、判定部202は、処理

部 204 により算出された一致度 S を用いて、ボールねじ 1 の損耗度合いを判定する。

[0090] 具体的に、実施形態 1 の変形例において、判定部 202 は、処理部 204 により算出された一致度 S に対して閾値判定処理を実行して、ボールねじ 1 の状態判定を行う。

[0091] 図 8 A 及び図 8 B は、振動情報生成部により生成される振動情報の一例を示す概念図である。

[0092] 図 8 A では、正常に予圧が付与された状態であるものとして想定し得る第 1 期間において取得した第 1 振動情報に対して、処理部 204 により算出された一致度 S が閾値 S_{th} 以下である場合の第 2 振動情報を例示している。図 8 B では、正常に予圧が付与された状態であるものとして想定し得る第 1 期間において取得した第 1 振動情報に対して、処理部 204 により算出された一致度 S が閾値 S_{th} を超えている場合の第 2 振動情報を例示している。閾値 S_{th} は、ボールねじ 1 が正常であると想定される一致度の上限値としてシミュレーションにより設定される。

[0093] 上述したように、振動情報には、各固有振動に対応する振動スペクトルに加えて、各固有振動とは無相関の振動スペクトルが含まれている。以下、各固有振動に対応する振動スペクトルを「定常連続スペクトル」とも称する。また、図 8 A 及び図 8 B に示す破線上に表れる振動スペクトル成分を「非定常連続スペクトル」とも称する。また、図 8 A 及び図 8 B において離散的に表れる点状の振動スペクトル成分を「離散スペクトル」とも称する。一般に、非定常連続スペクトルは、ボールねじ 1 の損耗度合いとは無関係に表れる振動成分である。離散スペクトルは、ボールねじ 1 の駆動に伴って生じる周期的振動成分に加え、生産現場等で生じる機械的なノイズ成分を含む。

[0094] ボールねじ 1 の予圧低下が進行してボールねじ 1 の損耗に起因する振動スペクトルが増加し、ステップ S 303 a において処理部 204 により算出される一致度 S が大きくなる。

[0095] 具体的に、実施形態 1 の変形例において、判定部 202 は、例えば、ステ

ップS 3 0 3 aにおいて算出した一致度Sが予め保持している閾値S t h以下であるか否かを判定する（ステップS 3 0 4 a）。

[0096] 一致度Sが閾値S t h以下である場合（ $S \leq S t h$ 、ステップS 3 0 4 a ; Y e s）、判定部2 0 2は、ボールねじ1が正常であるものとして判定し（ステップS 3 0 5）、当該判定結果を出力して（ステップS 3 0 7）、状態判定処理を終了する。

[0097] 一致度Sが閾値S t hを上回っている場合（ $S > S t h$ 、ステップS 3 0 4 a ; N o）、判定部2 0 2は、ボールねじ1に異常が発生したものと判定し（ステップS 3 0 6）、当該判定結果を出力して（ステップS 3 0 7）、状態判定処理を終了する。

[0098] なお、上述した実施形態1の変形例では、テンプレートマッチング手法としてSSDやSADを例示したがこれに限定されない。例えば、正規化相互相関（NCC : Normalized Cross-Correlation、ZNCC : Zero-mean Normalized Cross-Correlation）等により一致度を算出する態様であっても良い。なお、テンプレートマッチング手法としてNCCやZNCCを用いた場合、数値が1に近いほど一致度（類似度）が高いとされる。判定部2 0 2における判定処理としては、ステップS 3 0 3 aにおける処理部2 0 4のテンプレートマッチング手法に応じて最適な判定手法を採用すれば良い。

[0099] 上述した実施形態1の変形例に係る処理では、ボールねじ1の損耗度合いを示す情報として、第1振動情報に対する第2振動情報の一致度（類似度）を採用している。この実施形態1の変形例においても、実施形態1と同様に耐ノイズ性を向上することができ、ボールねじ1の損耗度合いの判定精度を高めることができる。

[0100] （実施形態2）

図9は、実施形態2に係る第1振動情報取得処理の一例を示すフローチャートである。なお、実施形態2に係る第2振動情報取得処理及び状態判定処理は、上述した実施形態1と同様であるので、ここでの詳細な説明は省略する。具体的に、実施形態2では、実施形態1において説明した図6に示す状

態判定処理（第 1 振動情報と第 2 振動情報とを掛け合わせた第 3 振動情報の統計値を用いてボールねじ 1 の損耗度合いを判定する処理）を採用する態様であっても良いし、図 7 に示す状態判定処理（第 1 振動情報に対する第 2 振動情報の一致度（類似度）を用いてボールねじ 1 の損耗度合いを判定する処理）を採用する態様であっても良い。また、ここでは、実施形態 1 とは異なる処理について詳細に説明し、実施形態 1 と同様の処理については詳細な説明を省略する場合がある。

[0101] 図 9 に示す実施形態 2 に係る第 1 振動情報取得処理において、振動情報生成部 201 は、ステップ S 110 において取得した振動信号のノイズ成分除去処理を実行する（ステップ S 111）。

[0102] 具体的に、振動情報生成部 201 は、ステップ S 111 において、例えば、ケプストラムプリホワイトニング（CPW : Cepstrum Pre-Whitening）処理や、CPW を含むケプストラム編集法（CEP 処理 : Cepstrum Editing Process）を用いて、振動信号の周期的振動成分をノイズ成分として除去する。

[0103] そして、振動情報生成部 201 は、ノイズ成分除去後の振動信号に基づき、第 1 振動情報を生成し（ステップ S 120 a）、当該第 1 振動情報を記憶部 203 に格納して（ステップ S 130）、第 1 振動情報取得処理を終了する。

[0104] 図 10 は、実施形態 2 に係る第 1 振動情報取得処理により生成される第 1 振動情報の一例を示す概念図である。正常に予圧が付与された状態であるものとして想定される第 1 期間において取得した第 1 振動情報に対してノイズ成分除去処理（ステップ S 111）を実行することにより、図 10 に示すように、図 8 A 及び図 8 B において説明した離散スペクトルが除去された第 1 振動情報が得られる。これにより、実施形態 1 よりも耐ノイズ性を向上することができ、ボールねじ 1 の損耗度合いの判定精度を高めることができる。

[0105] （実施形態 3）

図 11 は、実施形態 3 に係る第 1 振動情報取得処理の一例を示すフローチ

ャートである。なお、実施形態 3 に係る第 2 振動情報取得処理及び状態判定処理は、上述した実施形態 1 と同様であるので、ここでの詳細な説明は省略する。具体的に、実施形態 3 では、実施形態 1 において説明した図 6 に示す状態判定処理（第 1 振動情報と第 2 振動情報とを掛け合わせた第 3 振動情報の統計値を用いてボールねじ 1 の損耗度合いを判定する処理）を採用する態様であっても良いし、図 7 に示す状態判定処理（第 1 振動情報に対する第 2 振動情報の一致度（類似度）を用いてボールねじ 1 の損耗度合いを判定する処理）を採用する態様であっても良い。また、ここでは、実施形態 1 とは異なる処理について詳細に説明し、実施形態 1 と同様の処理については詳細な説明を省略する場合がある。

[0106] 図 1 1 に示す実施形態 3 に係る第 1 振動情報取得処理において、状態判定装置 2 は、正常に予圧が付与された状態であるものとして想定される第 1 期間において、複数の第 1 振動情報を取得する。具体的に、状態判定装置 2 は、第 1 振動情報の取得回数 n をリセットし（ $n = 0$ 、ステップ S 1 0 1）、第 1 振動情報の取得回数 n をカウントアップして（ $n = n + 1$ 、ステップ S 1 0 2）、ボールねじ 1 を作動させ、第 1 振動情報を取得する。実施形態 3 において、第 1 振動情報は、ボールねじ 1 の運用期間として想定される期間の $1 / 10$ 程度が経過するまでの第 1 期間において 10 回以上取得される（ $N \geq 10$ ）。

[0107] 振動情報生成部 2 0 1 は、A/D 変換処理部（不図示）によりデジタルデータ化された振動信号を取得し（ステップ S 1 1 0）、取得した振動信号に基づき、ボールねじ 1 のナット位置と周波数ごとの振動レベルとの関係を示す第 1 振動情報を生成する（ステップ S 1 2 0）。

[0108] 続いて、振動情報生成部 2 0 1 は、ステップ S 1 2 0 において生成した第 1 振動情報の規格化処理を実行する（ステップ S 1 2 3）。

[0109] 具体的に、振動情報生成部 2 0 1 は、ステップ S 1 2 0 において生成した第 1 振動情報の標準化（Standardization）処理を実行する。より詳細に、振動情報生成部 2 0 1 は、第 1 振動情報の平均を「0」、標準偏差（あるいは

分散)を「1」にスケーリングする。

[0110] あるいは、振動情報生成部201は、標準化(Standardization)処理に代えて、ステップS120において生成した第1振動情報の正規化(Normalization)処理を実行する態様であっても良い。より詳細に、振動情報生成部201は、第1振動情報の最小を「-1」(あるいは「0」)、最大を「1」にスケーリングする態様であっても良い。

[0111] そして、振動情報生成部201は、規格化後の第1振動信号を記憶部203に格納し(ステップS130a)、第1振動情報の取得回数 n が N であるか否かを判定する($n=N$ 、ステップS131)。第1振動情報の取得回数 n が N 未満である場合($n<N$ 、ステップS131; No)、ステップS102に戻り、第1振動情報の取得回数 n をカウントアップして($n=n+1$ 、ステップS102)、ステップS110以降の処理を繰り返し実行する。

[0112] ステップS110以降の処理は、例えば、ボールねじ1の起動時に実行される態様であっても良いし、例えば、所定時刻あるいは所定時間経過ごとに実行される態様であっても良い。ステップS110以降の処理の実行間隔は、第1振動情報の取得期間として定義された第1期間内において、ステップS131を満たし得るように設定されることが望ましい。あるいは、ステップS131を満たす前に第1期間を経過した場合、第1振動情報の取得回数 n が N となるまで、第1期間が延長されることが望ましい。

[0113] N 個の第1振動情報を取得後、振動情報生成部201は、記憶部203に格納された N 個の第1振動情報を読み出し(ステップS132)、読み出した N 個の第1振動情報の平均化処理を実行する(ステップS133)。より詳細に、振動情報生成部201は、 N 個の第1振動情報間でそれぞれ対応する座標の振動値の平均値を算出する。

[0114] 図12は、実施形態3に係る第1振動情報取得処理により生成される第1振動情報の一例を示す概念図である。正常に予圧が付与された状態であるものとして想定される第1期間において取得した複数の第1振動情報をそれぞれ規格化し、さらに、規格化した複数の第1振動情報の平均化処理を実行す

ることにより、図 1 2 に示すように、図 8 A 及び図 8 B において説明した非定常連続スペクトルが除去された第 1 振動情報が得られる。これにより、実施形態 1 よりも耐ノイズ性を向上することができ、ボールねじ 1 の損耗度合いの判定精度を高めることができる。

[0115] (変形例)

図 1 3 は、実施形態 3 の変形例に係る第 1 振動情報取得処理の一例を示すフローチャートである。図 1 4 は、実施形態 3 の変形例に係る第 1 振動情報取得処理により生成される第 1 振動情報の一例を示す概念図である。なお、実施形態 3 の変形例に係る第 2 振動情報取得処理及び状態判定処理は、上述した実施形態 3 と同様であるので、ここでの詳細な説明は省略する。また、ここでは、実施形態 3 とは異なる処理について詳細に説明し、実施形態 3 と同様の処理については詳細な説明を省略する場合がある。

[0116] 実施形態 3 の変形例に係る第 1 振動情報取得処理では、上述した実施形態 3 に係る第 1 振動情報取得処理に対し、実施形態 2 のノイズ成分除去処理（ステップ S 1 1 1）を組み合わせた態様としている。これにより、図 1 4 に示すように、図 8 A 及び図 8 B において説明した離散スペクトル及び非定常連続スペクトルが除去された第 1 振動情報が得られる。これにより、実施形態 2 や実施形態 3 よりもさらに耐ノイズ性を向上することができ、ボールねじ 1 の損耗度合いの判定精度を高めることができる。

[0117] (実施形態 4)

図 1 5 は、実施形態 4 に係る第 2 振動情報取得処理の一例を示すフローチャートである。なお、実施形態 4 に係る第 1 振動情報取得処理及び状態判定処理は、実施形態 3 と同様であるので、ここでの詳細な説明は省略する。具体的に、実施形態 4 では、実施形態 1 において説明した図 6 に示す状態判定処理（第 1 振動情報と第 2 振動情報とを掛け合わせた第 3 振動情報の統計値を用いてボールねじ 1 の損耗度合いを判定する処理）を採用する態様であっても良いし、図 7 に示す状態判定処理（第 1 振動情報に対する第 2 振動情報の一致度（類似度）を用いてボールねじ 1 の損耗度合いを判定する処理）を

採用する態様であっても良い。また、ここでは、実施形態3とは異なる処理について詳細に説明し、実施形態3と同様の処理については詳細な説明を省略する場合がある。

[0118] 図15に示す実施形態4に係る第2振動情報取得処理において、状態判定装置2は、第1振動情報を生成した第1期間の後のボールねじ1の状態判定を実施する第2期間においてボールねじ1を作動させ、複数の第2振動情報を取得する。具体的に、状態判定装置2は、第2振動情報の取得回数 m をリセットし($m=0$ 、ステップS201)、第2振動情報の取得回数 m をカウントアップして($m=m+1$ 、ステップS202)、第2振動情報を取得する。第2期間における第2振動情報の取得回数 M は、例えば、第1振動情報の取得回数 N と同様とされる。具体的に、第2振動情報は、例えば、第2期間において10回以上取得される($M \geq 10$)。

[0119] 振動情報生成部201は、AD変換処理部(不図示)によりデジタルデータ化された振動信号を取得し(ステップS210)、取得した振動信号に基づき、ボールねじ1のナット位置と周波数ごとの振動レベルとの関係を示す第2振動情報を生成する(ステップS220)。

[0120] 続いて、振動情報生成部201は、ステップS220において生成した第2振動情報の規格化処理を実行する(ステップS223)。

[0121] 具体的に、振動情報生成部201は、ステップS220において生成した第2振動情報の標準化(Standardization)処理を実行する。より詳細に、振動情報生成部201は、第2振動情報の平均を「0」、標準偏差(あるいは分散)を「1」にスケーリングする。

[0122] あるいは、振動情報生成部201は、標準化(Standardization)処理に代えて、ステップS220において生成した第1振動情報の正規化(Normalization)処理を実行する態様であっても良い。より詳細に、振動情報生成部201は、第2振動情報の最小を「-1」(あるいは「0」)、最大を「1」にスケーリングする態様であっても良い。

[0123] 実施形態4に係る第2振動情報取得処理における第2振動情報の規格化処

理手法は、第1振動情報の規格化処理手法と同一であることが望ましい。具体的に、例えば、第1振動情報取得処理（図11又は図13のステップS123）において第1振動情報の標準化処理を実行する態様である場合、第2振動情報取得処理（ステップS223）においても同様に、第2振動情報の標準化処理を実行する態様であることが望ましい。あるいは、例えば、第1振動情報取得処理（図11又は図13のステップS123）において第1振動情報の正規化処理を実行する態様である場合、第2振動情報取得処理（ステップS223）においても同様に、第2振動情報の正規化処理を実行する態様であることが望ましい。

[0124] そして、振動情報生成部201は、規格化後の第2振動信号を記憶部203に格納し（ステップS230a）、第2振動情報の取得回数 m が M であるか否かを判定する（ $m=M$ 、ステップS231）。第2振動情報の取得回数 m が M 未満である場合（ $m<M$ 、ステップS231; No）、ステップS202に戻り、第2振動情報の取得回数 m をカウントアップして（ $m=m+1$ 、ステップS202）、ステップS210以降の処理を繰り返し実行する。

[0125] M 個の第2振動情報を取得後、振動情報生成部201は、記憶部203に格納された M 個の第2振動情報を読み出し（ステップS232）、読み出した M 個の第2振動情報の平均化処理を実行する（ステップS233）。より詳細に、振動情報生成部201は、 M 個の第2振動情報間でそれぞれ対応する座標の振動値の平均値を算出する。

[0126] 上述した実施形態4に係る処理では、複数回取得した複数の第2振動情報をそれぞれ規格化し、さらに、規格化した複数の第2振動情報の平均化処理を実行することにより、第1振動情報と同様に、図8A及び図8Bにおいて説明した非定常連続スペクトルが除去された高精度な第2振動情報が得られる。これにより、実施形態3よりも耐ノイズ性を向上することができ、ボールねじ1の損耗度合いの判定精度をさらに高めることができる。

[0127] （変形例）

図16は、実施形態4の変形例に係る第2振動情報取得処理の一例を示す

フローチャートである。なお、実施形態4の変形例に係る第1振動情報取得処理及び状態判定処理は、上述した実施形態4と同様であるので、ここでの詳細な説明は省略する。また、ここでは、実施形態4に係る第2振動情報取得処理とは異なる処理について詳細に説明し、実施形態4と同様の処理については詳細な説明を省略する場合がある。

[0128] 実施形態4の変形例に係る第2振動情報取得処理では、上述した実施形態4に係る第2振動情報取得処理に対し、実施形態2の第1振動情報に対するノイズ成分除去処理（ステップS111）と同様のノイズ成分除去処理（ステップS211）を組み合わせた態様としている。これにより、実施形態3の変形例に係る第1振動情報取得処理によって得られる第1振動情報と同様に、図8A及び図8Bにおいて説明した離散スペクトル及び非定常連続スペクトルが除去され、より高精度な第2振動情報が得られる。これにより、実施形態4よりもさらに耐ノイズ性を向上することができ、ボールねじ1の損耗度合いの判定精度をさらに高めることができる。

[0129] このように、本開示の各実施形態及びその変形例に係るボールねじ1の状態判定装置2及び状態判定方法によれば、耐ノイズ性を向上させ、ボールねじ1の損耗度合いの判定精度を高めることができる。

[0130] なお、振動情報として、例えば、所定値以上の振動値を「1」とし、所定値未満の振動値を「0」とした2値情報を用いる態様であっても良い。

符号の説明

- [0131]
- 1 ボールねじ
 - 2 状態判定装置
 - 3 駆動制御装置
 - 11 ねじ軸
 - 12 ナット
 - 13, 14 軸受
 - 15 モータ
 - 21 振動センサ

2 0 1 振動情報生成部

2 0 2 判定部

2 0 3 記憶部

2 0 4 処理部

請求の範囲

- [請求項1] ボールねじの作動時において振動センサにより取得された振動信号に基づき、前記ボールねじのナット位置と、当該ナット位置に応じて変化する周波数－振動レベル特性との関係を示す振動情報を生成する振動情報生成部と、
- 第1期間において取得した振動信号に基づき生成される第1振動情報、及び、前記第1期間よりも後の第2期間において取得した第2振動情報に基づき、前記ボールねじの状態判定処理を実行する判定部と、
- を備える、
- ボールねじの状態判定装置。
- [請求項2] 前記振動情報生成部は、
- 前記第1期間において取得した複数の第1振動情報の平均化処理を実行する、
- 請求項1に記載のボールねじの状態判定装置。
- [請求項3] 前記振動情報生成部は、
- 前記第1期間において取得した振動信号の周期的振動成分を除去した第1振動情報を生成する、
- 請求項1に記載のボールねじの状態判定装置。
- [請求項4] 前記振動情報生成部は、
- 前記第1期間において取得した複数の第1振動情報の平均化処理を実行する、
- 請求項3に記載のボールねじの状態判定装置。
- [請求項5] 前記振動情報生成部は、
- 前記第2期間において取得した複数の第2振動情報の平均化処理を実行する、
- 請求項4に記載のボールねじの状態判定装置。
- [請求項6] 前記振動情報生成部は、

前記第 2 期間において取得した振動信号の周期的振動成分を除去した第 2 振動情報を生成する、

請求項 5 に記載のボールねじの状態判定装置。

[請求項 7] 前記第 2 振動情報に前記第 1 振動情報を乗じた第 3 振動情報を算出する処理部をさらに備える、

請求項 1 から 6 の何れか一項に記載のボールねじの状態判定装置。

[請求項 8] 前記判定部は、

前記第 3 振動情報の統計値に基づき、前記ボールねじの損耗度合いを判定する、

請求項 7 に記載のボールねじの状態判定装置。

[請求項 9] 前記第 1 振動情報に対する前記第 2 振動情報の一致度を算出する処理部をさらに備える、

請求項 1 から 6 の何れか一項に記載のボールねじの状態判定装置。

[請求項 10] 前記判定部は、

前記一致度に基づき、前記ボールねじの損耗度合いを判定する、

請求項 9 に記載のボールねじの状態判定装置。

[請求項 11] 第 1 期間において、ボールねじの作動時に取得された振動信号に基づき、前記ボールねじのナット位置と、当該ナット位置に応じて変化する周波数－振動レベル特性との関係を示す第 1 振動情報を生成する第 1 ステップと、

前記第 1 期間よりも後の第 2 期間において、前記ボールねじの作動時に取得された振動信号に基づき、前記ボールねじのナット位置と、当該ナット位置に応じて変化する周波数－振動レベル特性との関係を示す第 2 振動情報を生成する第 2 ステップと、

前記第 1 振動情報及び前記第 2 振動情報に基づき、前記ボールねじの状態判定処理を実行する第 3 ステップと、

を有する、

ボールねじの状態判定方法。

- [請求項12] 前記第1ステップにおいて、
前記第1期間において取得した複数の第1振動情報の平均化処理を実行する、
請求項11に記載のボールねじの状態判定方法。
- [請求項13] 前記第1ステップにおいて、
前記第1期間において取得した振動信号の周期的振動成分を除去した第1振動情報を生成する、
請求項11に記載のボールねじの状態判定方法。
- [請求項14] 前記第1ステップにおいて、
前記第1期間において取得した複数の第1振動情報の平均化処理を実行する、
請求項13に記載のボールねじの状態判定方法。
- [請求項15] 前記第2ステップにおいて、
前記第2期間において取得した複数の第2振動情報の平均化処理を実行する、
請求項14に記載のボールねじの状態判定方法。
- [請求項16] 前記第2ステップにおいて、
前記第2期間において取得した振動信号の周期的振動成分を除去した第2振動情報を生成する、
請求項15に記載のボールねじの状態判定方法。
- [請求項17] 前記第3ステップにおいて、
前記第2振動情報に前記第1振動情報を乗じた第3振動情報を算出する、
請求項11から16の何れか一項に記載のボールねじの状態判定方法。
- [請求項18] 前記第3ステップにおいて、
前記第3振動情報の統計値に基づき、前記ボールねじの損耗度合いを判定する、

請求項 1 7 に記載のボールねじの状態判定方法。

[請求項19]

前記第 3 ステップにおいて、

前記第 1 振動情報に対する前記第 2 振動情報の一致度を算出する、

請求項 1 1 から 1 6 の何れか一項に記載のボールねじの状態判定方法。

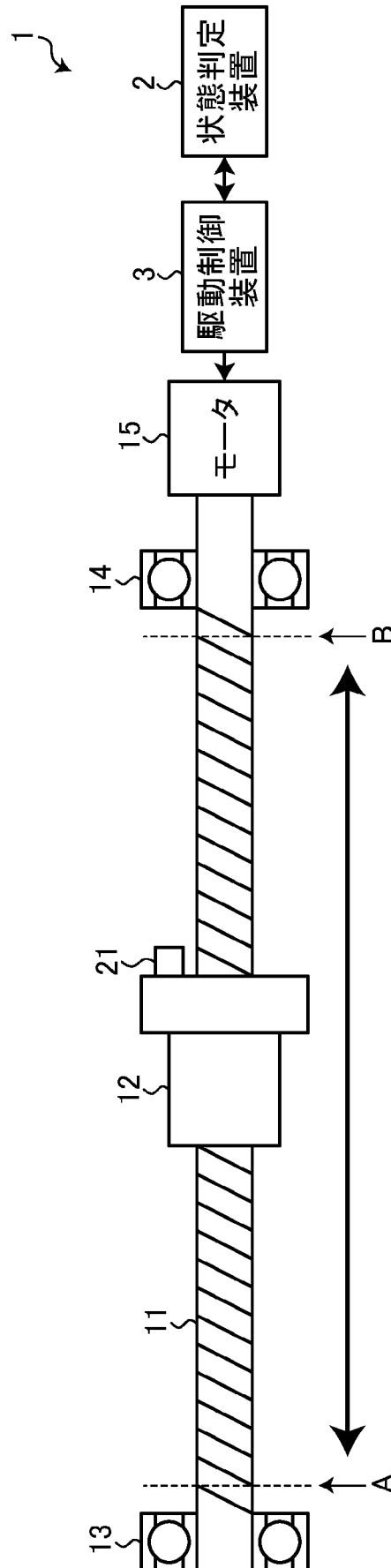
[請求項20]

前記第 3 ステップにおいて、

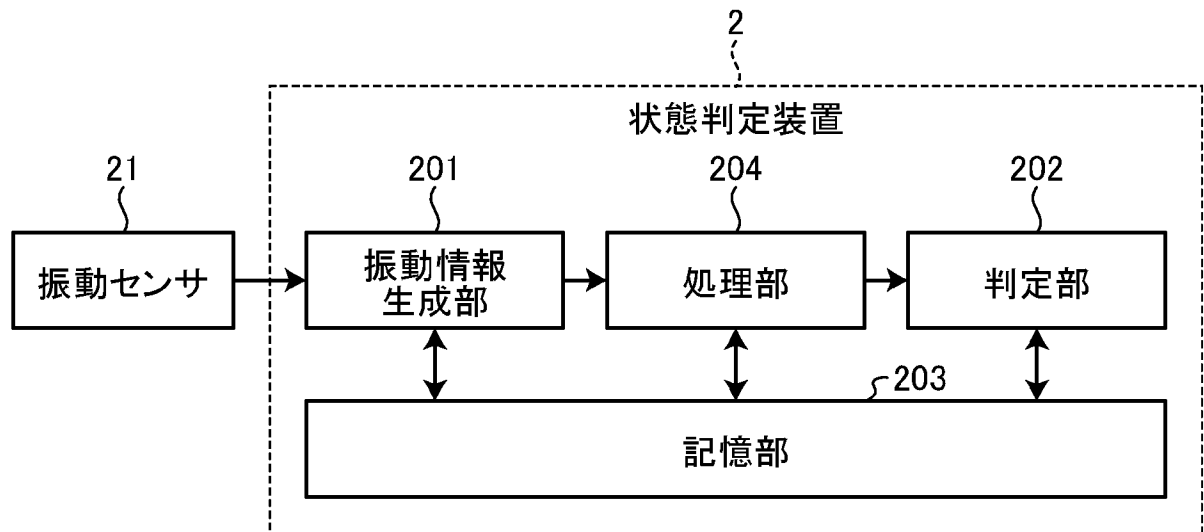
前記一致度に基づき、前記ボールねじの損耗度合いを判定する、

請求項 1 9 に記載のボールねじの状態判定方法。

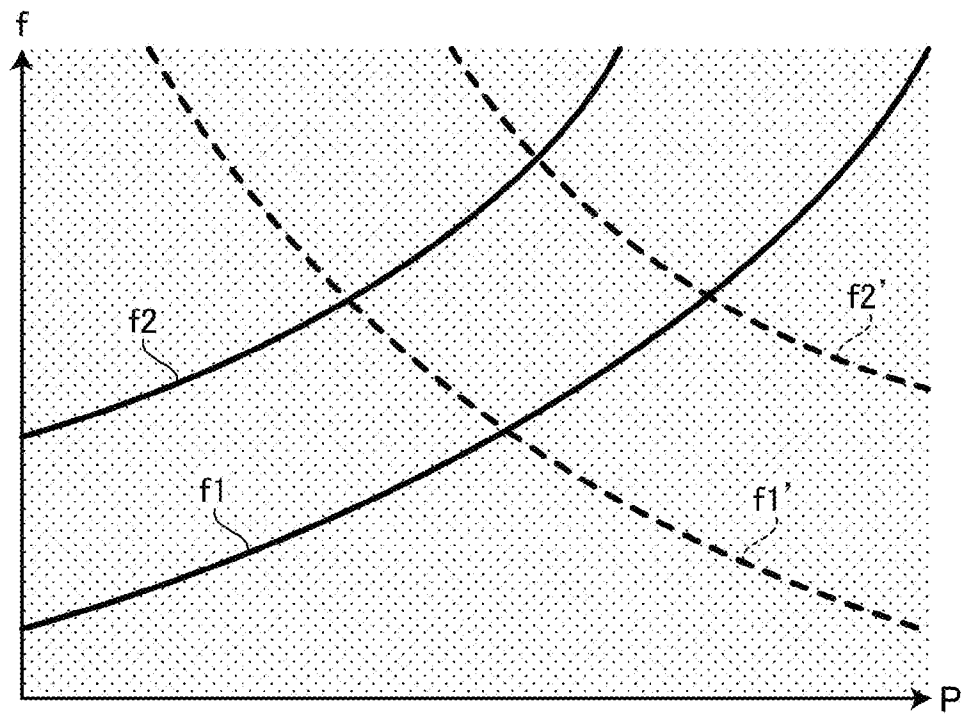
[図1]



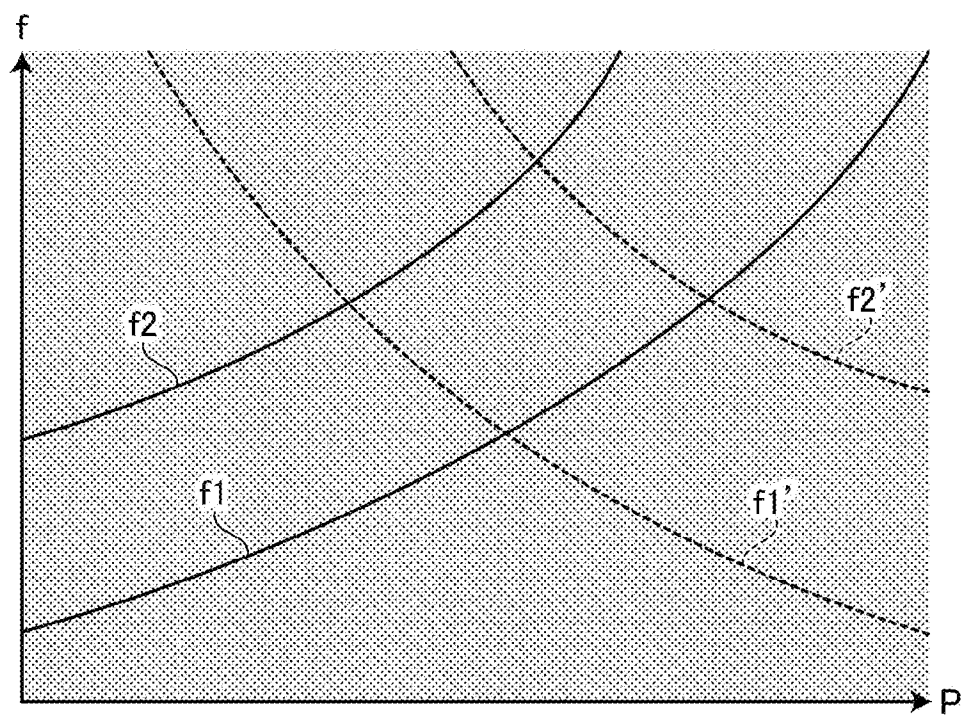
[図2]



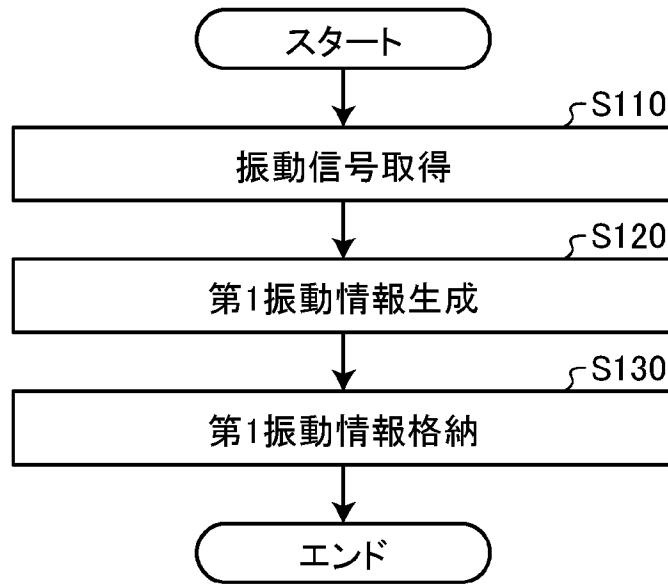
[図3A]



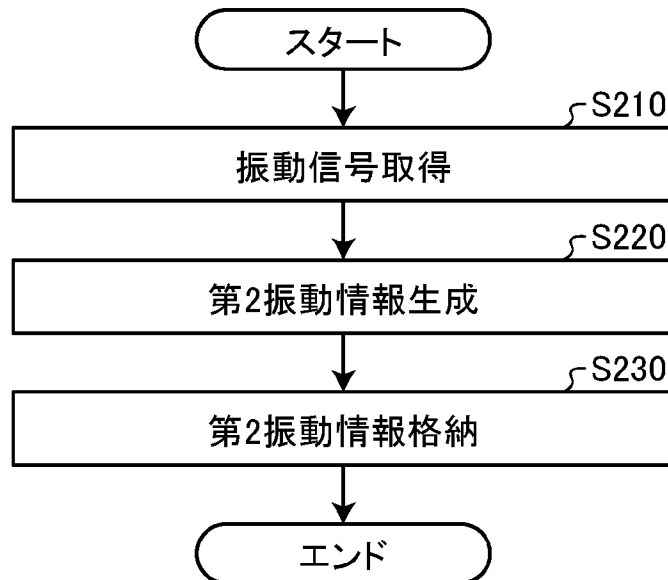
[図3B]



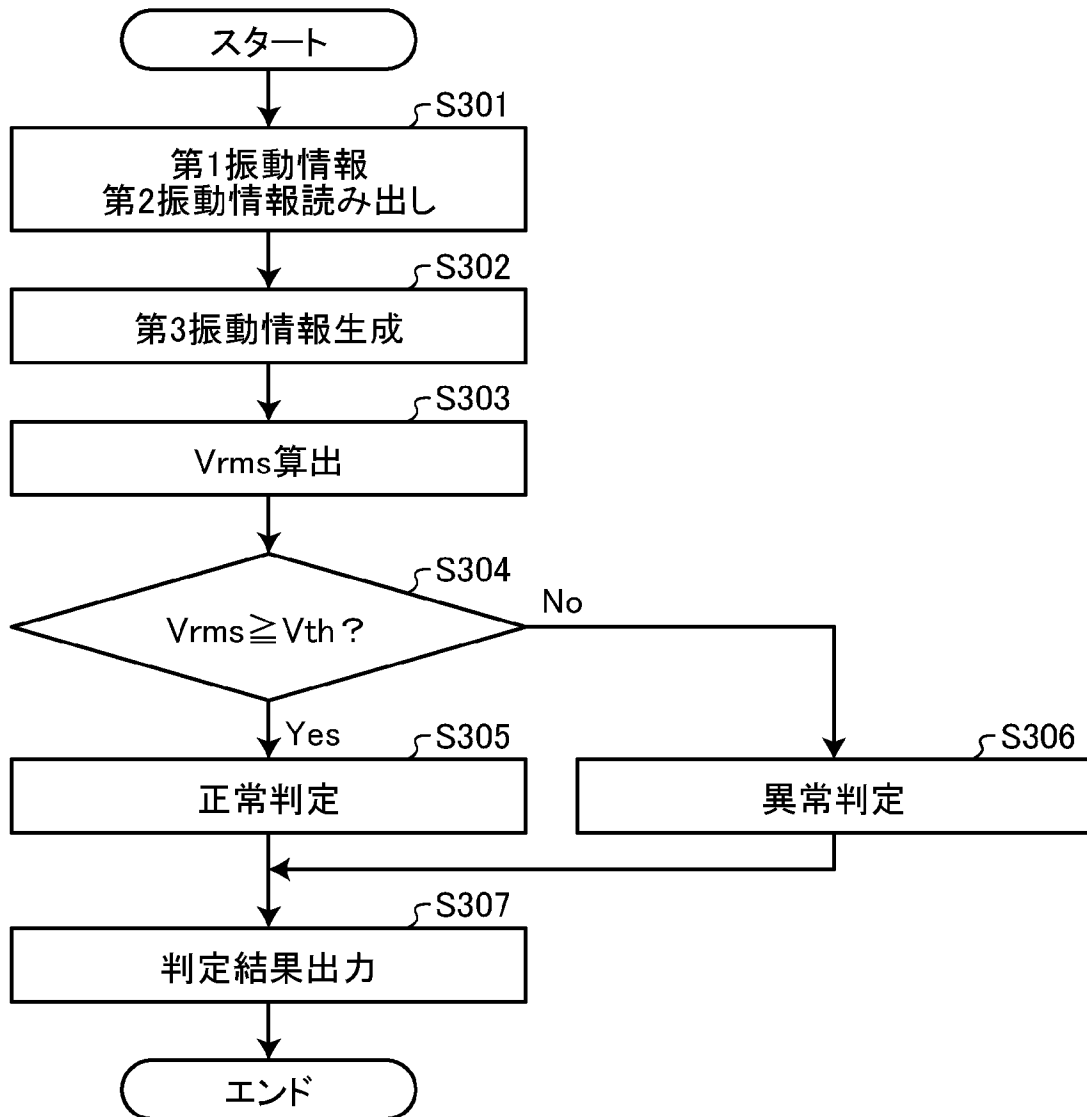
[図4]



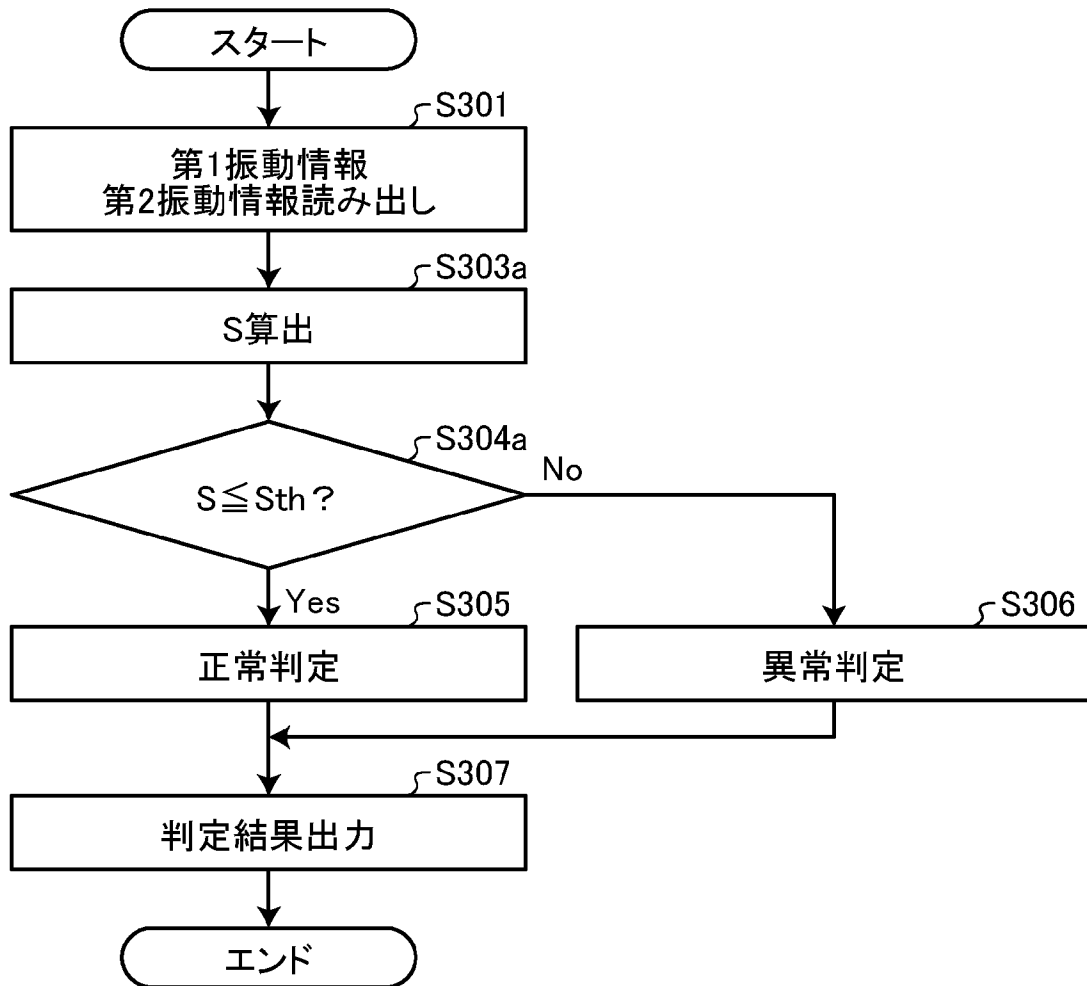
[図5]



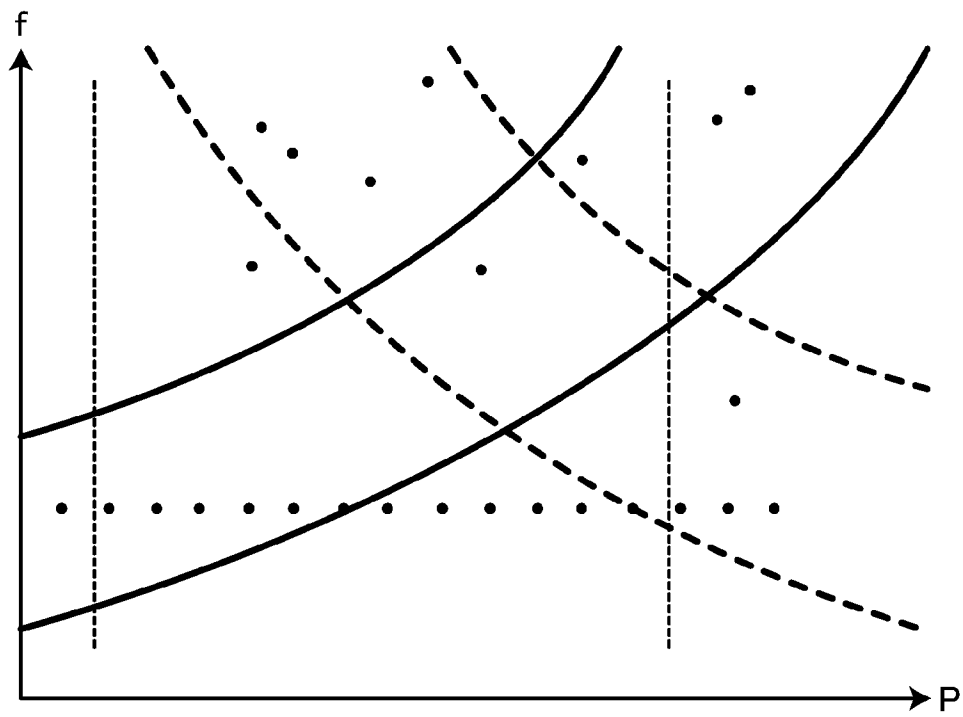
[図6]



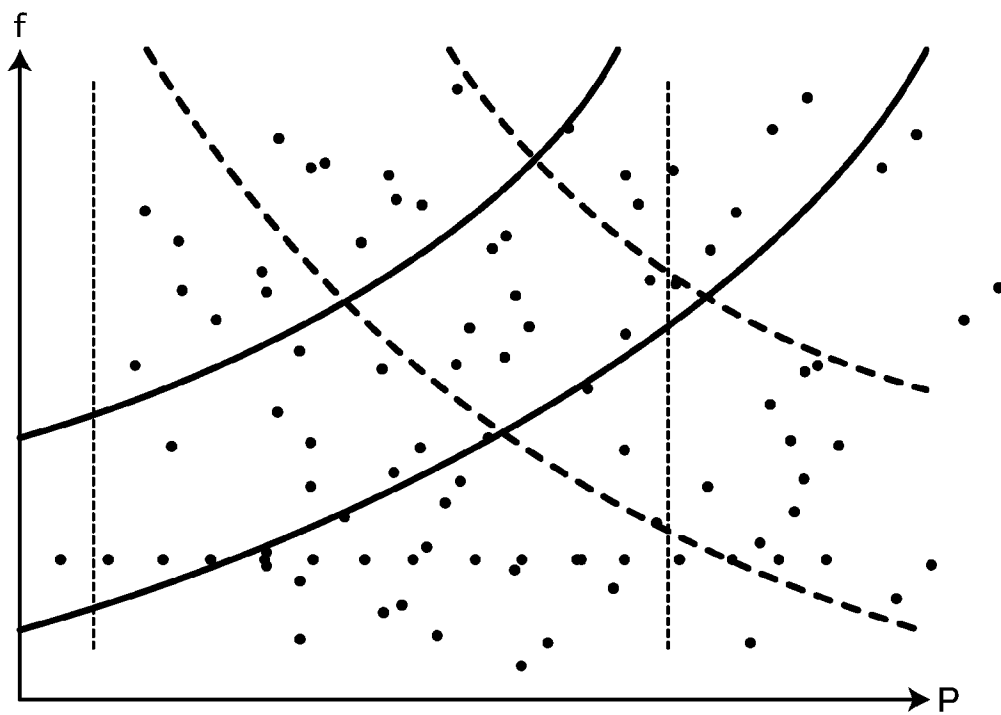
[図7]



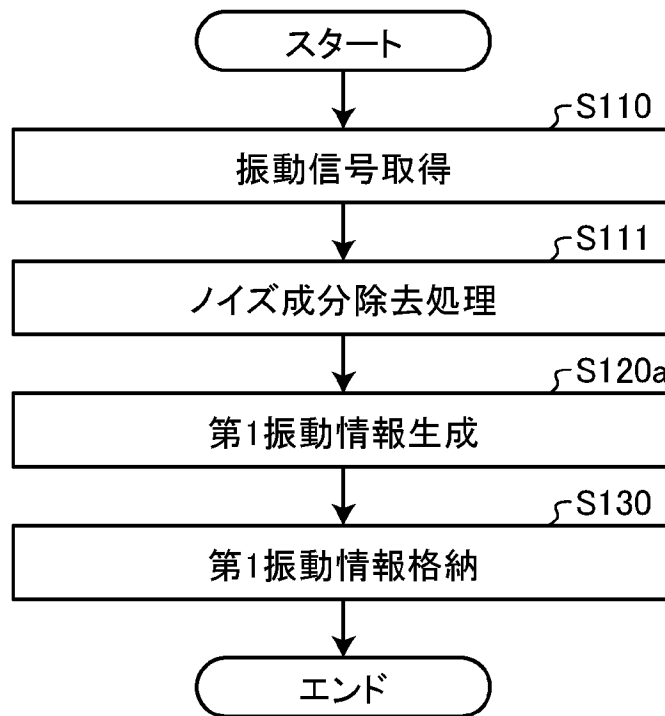
[図8A]



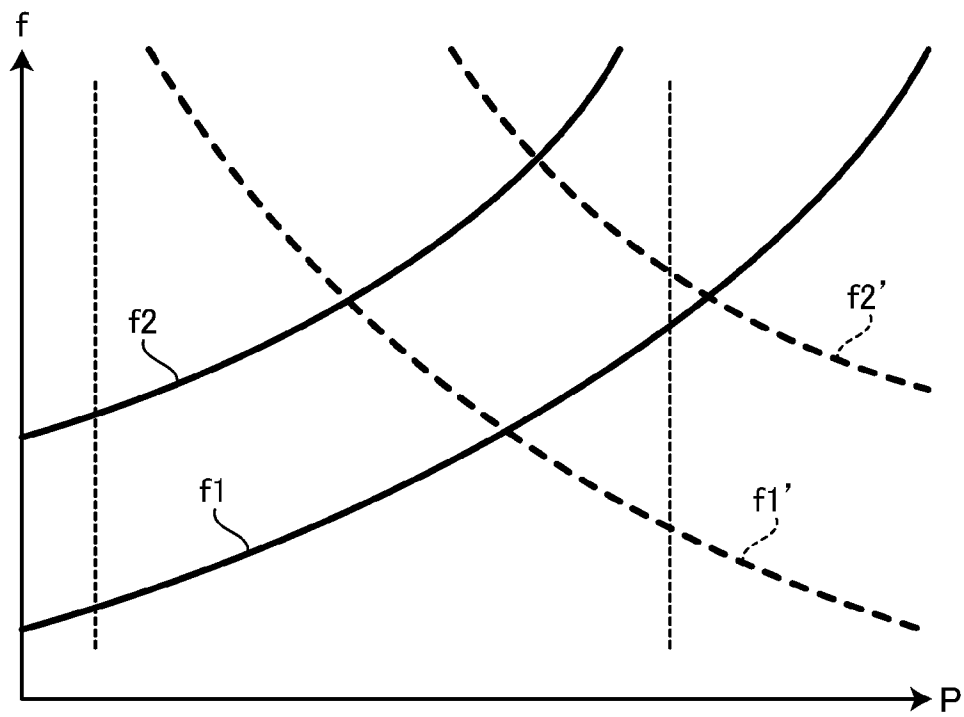
[図8B]



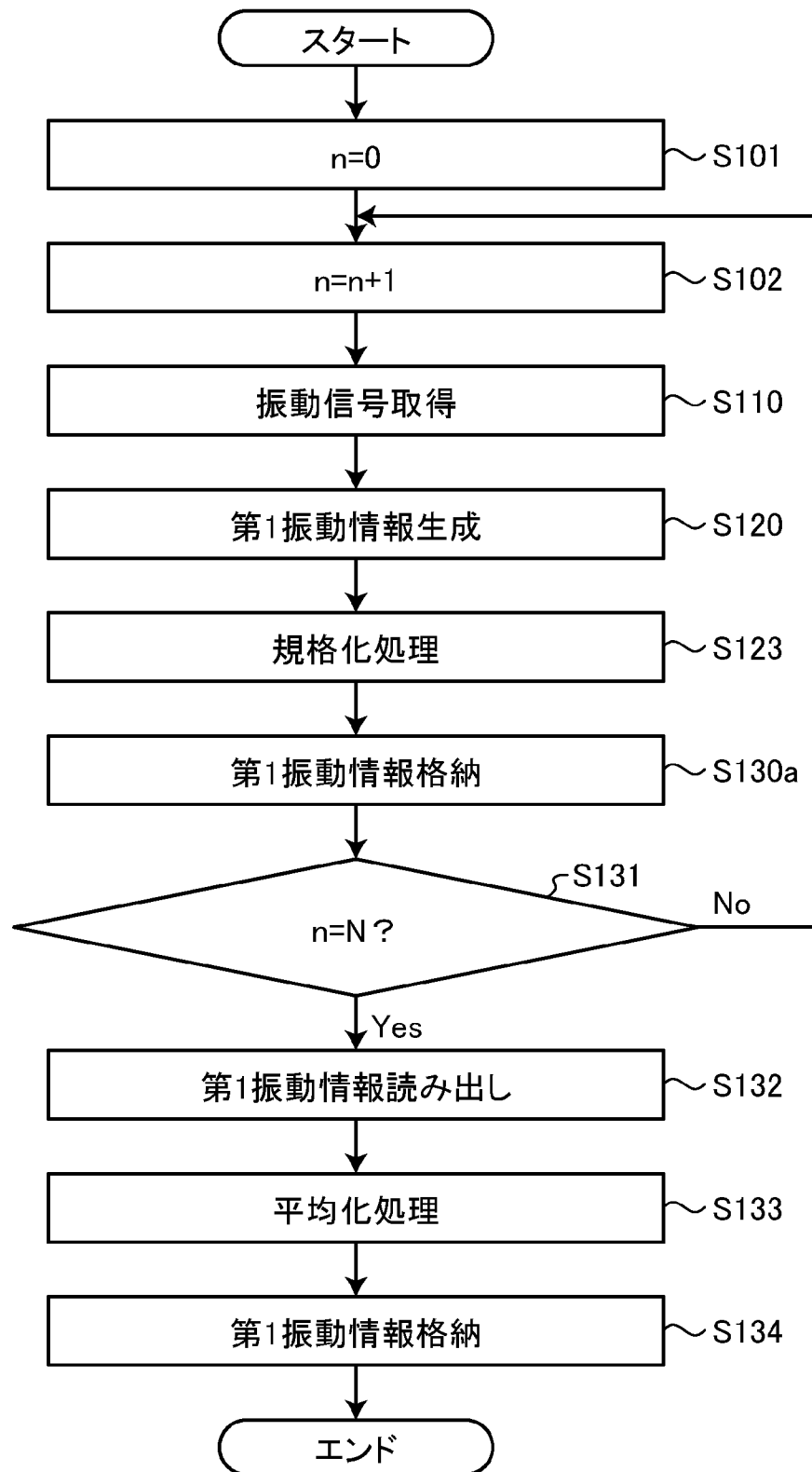
[図9]



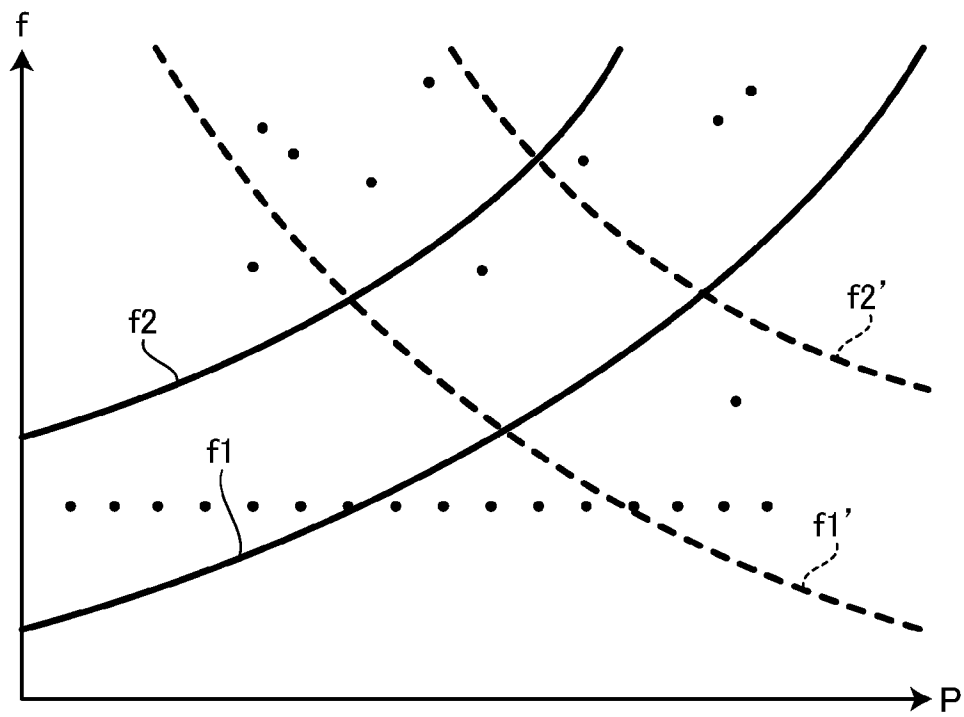
[図10]



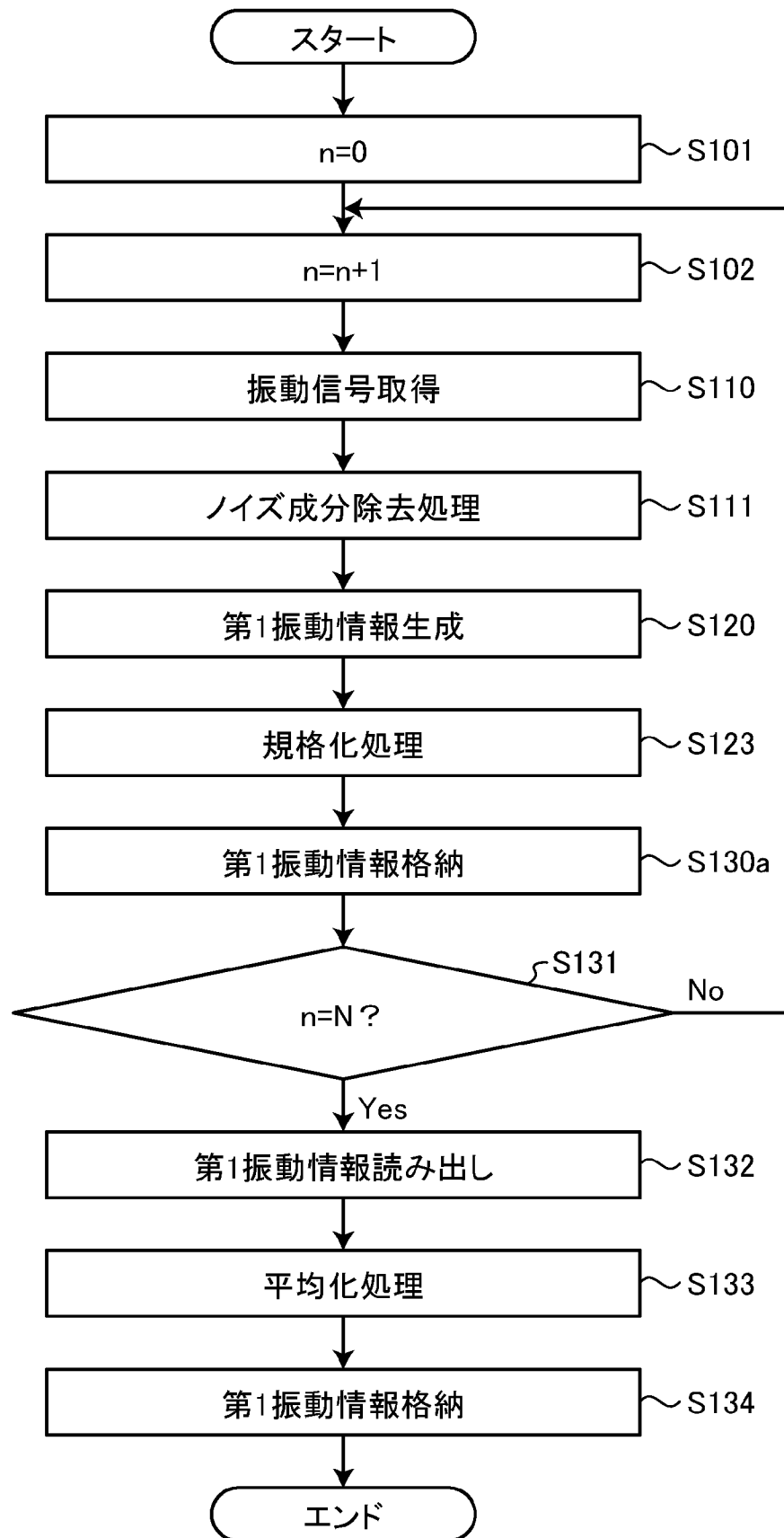
[図11]



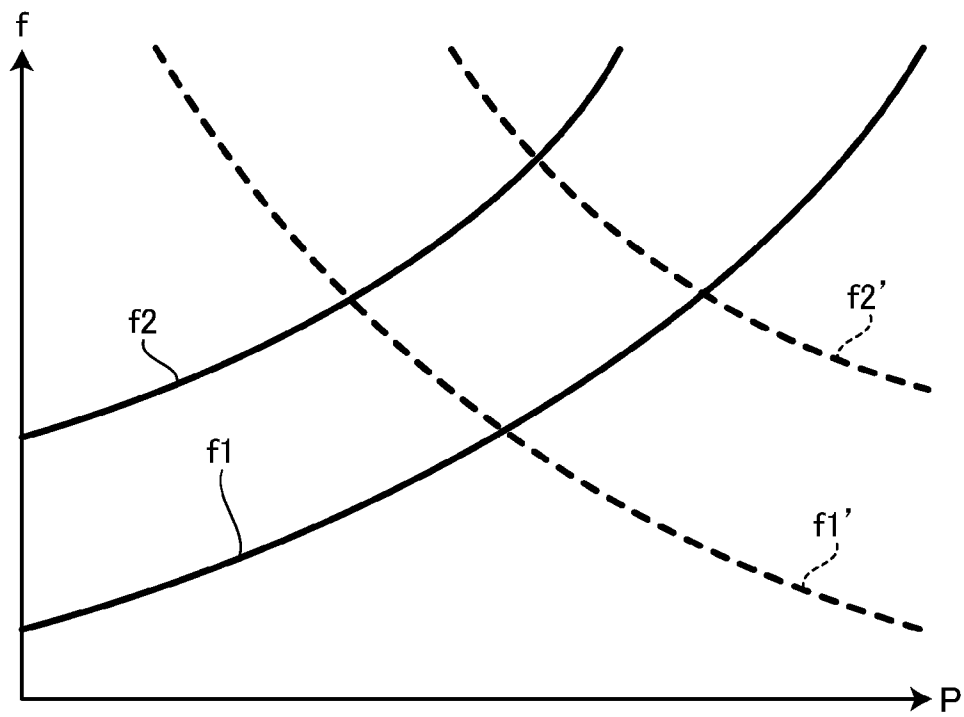
[図12]



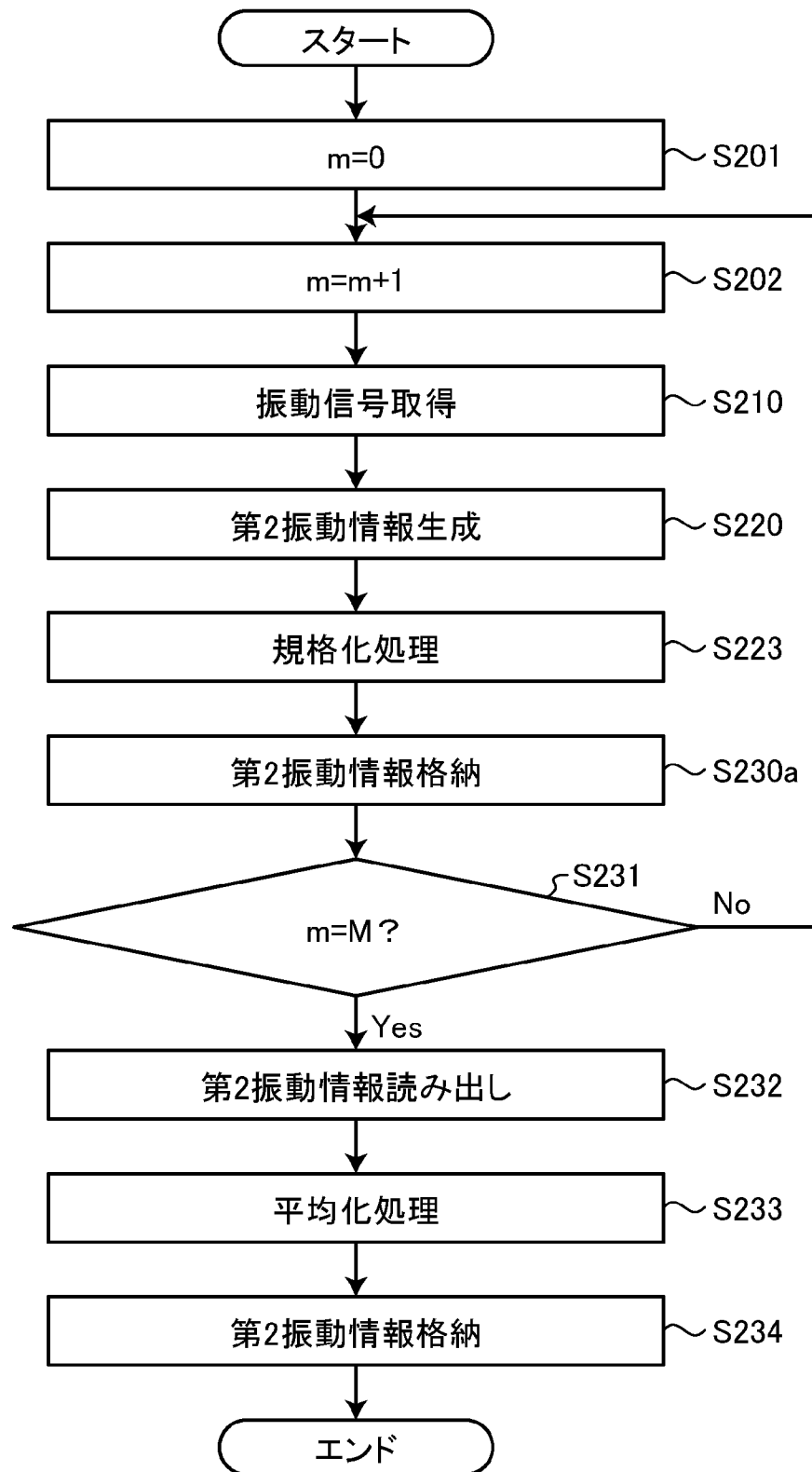
[図13]



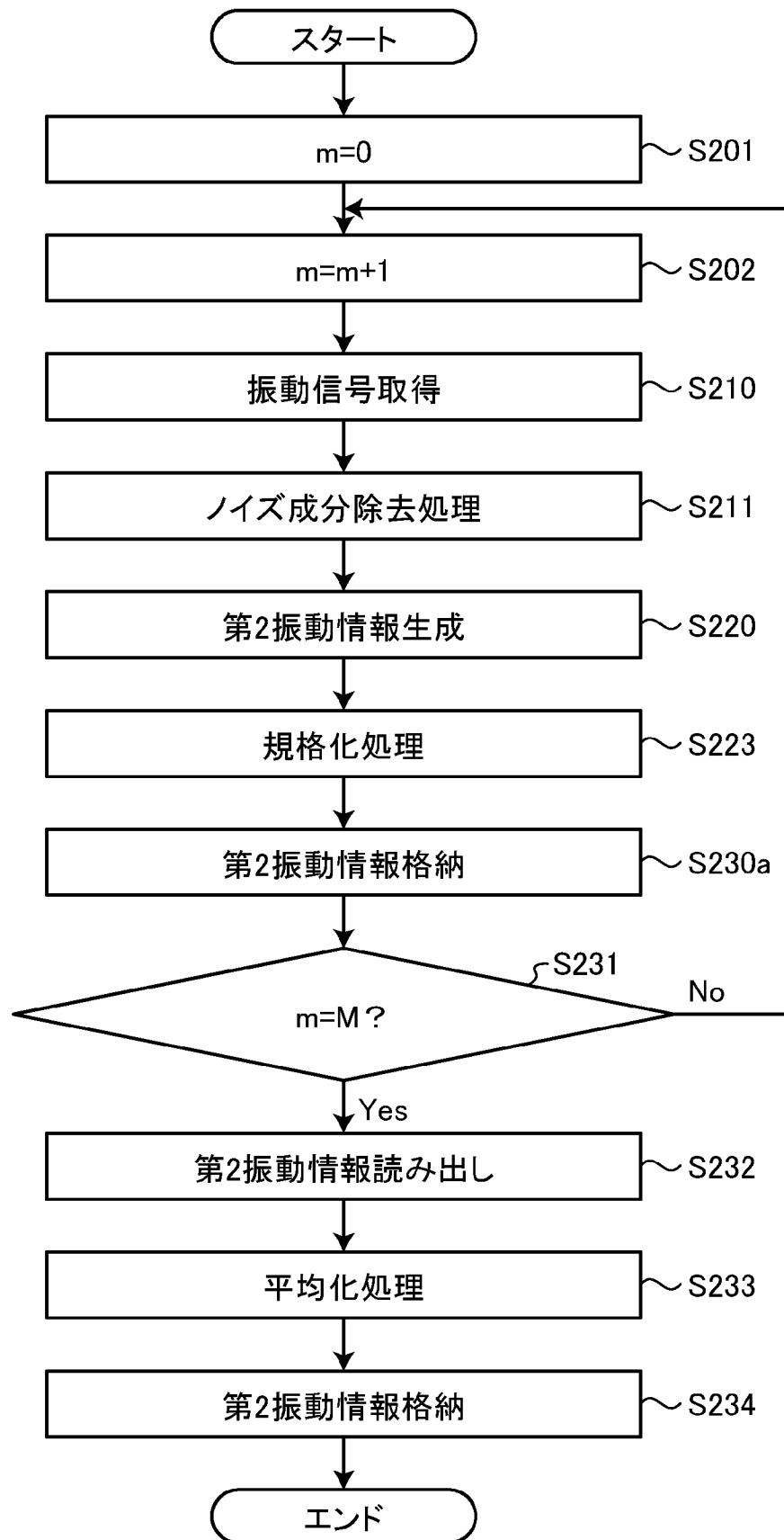
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/000793

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>G01M 13/028</i> (2019.01)i; <i>F16H 25/24</i> (2006.01)i FI: G01M13/028; F16H25/24 E 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) G01M13/00-13/045, 99/00; F16H19/00-37/16, 49/00; G01H1/00-17/00 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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 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 A	JP 2013-257253 A (NSK LTD.) 26 December 2013 (2013-12-26) paragraphs [0013]-[0018], fig. 1-2	1-6, 9-16, 19-20 7-8, 17-18
Y	JP 2019-105317 A (THK CO., LTD.) 27 June 2019 (2019-06-27) claim 1, paragraphs [0025]-[0028], fig. 5	1-6, 9-16, 19-20
Y	JP 2007-285874 A (NSK LTD.) 01 November 2007 (2007-11-01) paragraph [0023]	2, 4-6, 9-10, 12, 14-16, 19-20
Y	JP 2016-31307 A (JFE ADVANTECH CO., LTD.) 07 March 2016 (2016-03-07) paragraph [0002]	3-6, 9-10, 13-16, 19-20
Y	JP 2019-168412 A (NTN CORPORATION) 03 October 2019 (2019-10-03) paragraph [0030]	9-10, 19-20
☒ 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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 14 February 2024		Date of mailing of the international search report 27 February 2024
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.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 110781612 A (HIT ROBOT (SHANDONG) INTELLIGENT EQUIPMENT RESEARCH INSTITUTE) 11 February 2020 (2020-02-11) entire text, all drawings	1-20
A	US 2015/0147007 A1 (HIWIN TECHNOLOGIES CORP.) 28 May 2015 (2015-05-28) entire text, all drawings	1-20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2024/000793

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2013-257253	A	26 December 2013	(Family: none)	
JP	2019-105317	A	27 June 2019	US 2021/0164546 A1 claim 1, paragraphs [0032]- [0035], fig. 5 WO 2019/117152 A1 DE 112018006387 T TW 201928234 A CN 111448404 A	
JP	2007-285874	A	01 November 2007	(Family: none)	
JP	2016-31307	A	07 March 2016	(Family: none)	
JP	2019-168412	A	03 October 2019	(Family: none)	
CN	110781612	A	11 February 2020	(Family: none)	
US	2015/0147007	A1	28 May 2015	DE 102010017113	A1

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

G01M 13/028(2019.01)i; F16H 25/24(2006.01)i

FI: G01M13/028; F16H25/24 E

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））

G01M13/00-13/045, 99/00; F16H19/00-37/16, 49/00; G01H1/00-17/00

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

1971-2024年

日本国実用新案登録公報

1996-2024年

日本国登録実用新案公報

1994-2024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 2013-257253 A（日本精工株式会社）26.12.2013（2013 - 12 - 26） 段落[0013]～[0018]、[図1]～[図2]	1-6, 9-16, 19-20
A		7-8, 17-18
Y	JP 2019-105317 A（THK株式会社）27.06.2019（2019 - 06 - 27） 請求項1、段落[0025]～[0028]、[図5]	1-6, 9-16, 19-20
Y	JP 2007-285874 A（日本精工株式会社）01.11.2007（2007 - 11 - 01） 段落[0023]	2, 4-6, 9-10, 12, 14-16, 19-20
Y	JP 2016-31307 A（JFEアドバンテック株式会社）07.03.2016（2016 - 03 - 07） 段落[0002]	3-6, 9-10, 13-16, 19-20
Y	JP 2019-168412 A（NTN株式会社）03.10.2019（2019 - 10 - 03） 段落[0030]	9-10, 19-20
A	CN 110781612 A（HIT ROBOT（SHANDONG）INTELLIGENT EQUIPMENT RESEARCH INSTITUTE）11.02.2020（2020 - 02 - 11） 全文全図	1-20

☒ 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

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“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

“I” 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

14. 02. 2024

国際調査報告の発送日

27. 02. 2024

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）

目黒 大地 2J 5060

電話番号 03-3581-1101 内線 3252

様式 PCT/ISA/210（第2ページ）（2022年7月）

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	US 2015/0147007 A1 (HIWIN TECHNOLOGIES CORP.) 28.05.2015 (2015 - 05 - 28) 全文全図	1-20

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/JP2024/000793

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2013-257253	A	26.12.2013	(ファミリーなし)	
JP	2019-105317	A	27.06.2019	US 2021/0164546	A1
				claim 1, [0032]-	
				[0035], Fig. 5	
				WO 2019/117152	A1
				DE 112018006387	T
				TW 201928234	A
				CN 111448404	A
JP	2007-285874	A	01.11.2007	(ファミリーなし)	
JP	2016-31307	A	07.03.2016	(ファミリーなし)	
JP	2019-168412	A	03.10.2019	(ファミリーなし)	
CN	110781612	A	11.02.2020	(ファミリーなし)	
US	2015/0147007	A1	28.05.2015	DE 102010017113	A1