

(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9月19日(19.09.2024)



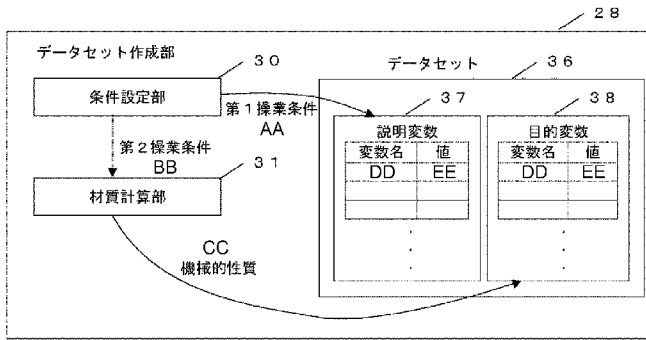
(10) 国際公開番号  
**WO 2024/189790 A1**

- (51) 国際特許分類:  
**B21B 37/00** (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/009919
- (22) 国際出願日: 2023年3月14日(14.03.2023)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社 T M E I C (**TMEIC CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 木原 美怜 (**KIHARA, Mirei**); 〒1040031 東京都中央区京橋三丁目1番1号 株式会社 T M E I C 内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 弁理士法人 高田・高橋国際特許事務所 (**TAKADA, TAKAHASHI & PARTNERS**); 〒1040045 東京都中央区築地1丁目12番2号 コンワビル7階 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, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, 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,

- (54) Title: MATERIAL PROPERTY PREDICTION DEVICE FOR ROLLED PRODUCT
- (54) 発明の名称: 圧延製品の材質特性予測装置

[図8]



- 28... DATA SET GENERATION UNIT  
30... CONDITION SETTING PART  
31... MATERIAL PROPERTY CALCULATION PART  
36... DATA SET  
37... EXPLANATORY VARIABLE  
38... OBJECTIVE VARIABLE  
AA... FIRST OPERATING CONDITION  
BB... SECOND OPERATING CONDITION  
CC... MECHANICAL PROPERTY  
DD... VARIABLE NAME  
EE... VALUE

(57) Abstract: This material property prediction device for a rolled product comprises: an approximation model generation unit for generating, off-line, an approximation model by which to comprehensively predict material properties of group of rolled products produced by a rolling line; and a material property prediction unit for predicting, by using the approximation model, material properties in each three-dimensional mesh-like region of the rolled products produced by the rolling line. The approximation model generation unit comprises: a data set generation unit which has a condition setting part for setting rolling conditions for the group of rolled products and a material calculation part for calculating material properties and metallurgical phenomena under the rolling conditions and which generates a data set used for generating the approximation model; and a model parameter determination unit for determining parameters for representing the approximation model by using the data set.

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)）

---

(57) 要約：圧延製品の材質特性予測装置は、圧延ラインで製造される圧延製品群の材質特性を網羅的に予測する近似モデルをオフラインで作成する近似モデル作成部と、近似モデルを用いて、圧延ラインで製造される圧延製品の三次元メッシュ状の各区域における材質特性をオンラインで予測する材質特性予測部と、を備える。近似モデル作成部は、圧延製品群の圧延条件を設定する条件設定部と、圧延条件での冶金現象と材質特性を計算する材質計算部と、を有し、近似モデルの作成に用いるデータセットを作成するデータセット作成部と、データセット用いて近似モデルを表現するパラメータを決定するモデルパラメータ決定部と、を備える。

## 明 細 書

発明の名称： 圧延製品の材質特性予測装置

### 技術分野

[0001] 本開示は、圧延製品の材質特性予測装置に関し、より詳しくは、熱間圧延プロセスで製造される圧延製品の材質特性を予測するものに関する。

### 背景技術

[0002] 鉄鋼などの金属材料からなる圧延製品（以下「製品」ともいう）の材質特性は、その合金組成や、熱間圧延プロセスの加熱条件、加工条件及び冷却条件によって変化する。材質特性は、例えば、機械的特性（強度、成形性、靱性等）や電磁的特性（透磁率等）などである。合金組成は、成分元素の添加量を制御することで調整される。この成分調整時には、例えば100トン前後の溶鋼を保持できる成分調整炉を用いるなど、1つのロット単位が大きい。そのため、15トン前後になる個々の圧延製品ごとに添加量を変更することは不可能である。したがって、所望の材質の熱間圧延製品コイルを製造するためには、加熱条件、加工条件及び冷却条件を適正に制御することが重要である。

[0003] 熱間圧延プロセスにおいては、製品品質や操業条件に関するプロセス条件である様々なプロセスパラメータの目標値を変更することにより、圧延製品を作り分けている。プロセスパラメータには、例えば、仕上圧延機の入側温度及び出側温度、巻取温度などに代表される圧延ライン上の各ポイントにおける目標温度や、粗圧延機の出側のトランスファー厚や各パスの圧下率など板厚や板幅の圧下に関するスケジュールや、仕上圧延機及び粗圧延機に備えられているデスクーラのパス毎の使用要否や、粗圧延機及び仕上圧延機のスタンド間に配置されたインタースタンドクーリングの使用要否及び使用初期流量や、仕上圧延機で用いる潤滑油量や、ランアウトテーブルで用いる冷却パターンなどがある。

[0004] 従来、加熱、加工及び冷却に関するプロセスパラメータは、加熱温度の目

標値や加工後の寸法目標値、冷却速度の目標値等が圧延製品の仕様毎に設定され、それらの目標値を達成するように温度制御及び寸法制御を行う方法が一般に採用されていた。なお、製品の寸法目標値は、予め指定されるのに対し、各スタンド出側の板厚目標値、温度目標値及び冷却速度目標値は、長年に渡る経験に基づいてその値が決定されていた。ところが、近年、製品仕様への要求の高度化、多様化が著しく、経験に基づく方法ではこれら目標値を必ずしも適正に決めることができない場合がある。

[0005] 下記特許文献1には、ある合金組成及びプロセスパラメータの下で製造された製品が所望の製品品質を得るかを事前に検討するために、加熱、加工、及び、冷却の各製造工程をモデル化したプロセスモデルを用いて、製造工程をオフラインでシミュレーションする装置が開示されている。

[0006] さらに、材質特性の管理も、従来の保証範囲で行われていた管理よりも更に厳しくする必要性が生じてきている。従来では、JIS（日本工業規格）に規定されているように、材質特性が基準値を超えることがその条件（許容範囲）とされていた。例えば、製品から取り出したサンプルを用いて引張試験を行い、測定値が基準値を超えるか否かを判断していた。しかし、近年では、製品出荷後の工程においても高精度化が要求されている。上述したような従来の許容範囲では、例えば、下工程である成形工程（絞り、曲げ、プレス等）において十分とは言えない場合がある。被圧延材が硬すぎて成形し難いケースやプレス後のスプリングバック量（弾性回復量）が大き過ぎて形状凍結性に乏しいケース、成形時にエッジが割れるケース等が発生することがあった。このため、経験に基づく設定方法及び材質特性の管理方法では、上述の各目標値を必ずしも適切に制御できていないといった問題が生じていた。

[0007] 圧延プロセスの工程を管理する従来の方法として、圧延ラインに配置された温度計の出力値を用いて圧延コイル全体の温度を管理し、更に、圧延温度と関係の深い材質特性を管理するものがある。具体的には、圧延ラインの加熱炉の出側、粗圧延機の入側及び出側、仕上圧延機の入側及び出側、コイラ

の入側等に、温度計をそれぞれ配置する。温度計は、被圧延材のうち、板幅方向（以下、単に「幅方向」ともいう）における中央部の温度を計測する。そして、上位計算機から経験に基づいて決められた目標温度に温度計からの出力値が一致するように制御を行う。このように、従来では、圧延プロセスの工程を管理する際に、被圧延材の幅方向における材質特性は考慮されていなかった。

[0008] 被圧延材の幅方向端部（エッジ）は冷えやすく、中央部との間で温度差が生じる。圧延ラインに、被圧延材の幅方向端部の温度を上昇させたための装置や被圧延材の幅方向端部の温度の低下を防止するための装置が備えられる場合がある。例えば、圧延後冷却中においてエッジマスクでエッジ部に冷却水がかからないようにする。また、仕上圧延前にエッジヒータなどの誘導加熱装置でエッジ部を加熱昇温する。

[0009] 更に、近年では、上記装置の効果を検証するため、上記装置の前後にスキャンパイロメータを設置する場合がある。スキャンパイロメータを使用すれば、被圧延材の幅方向の温度分布を計測することができる。また、近年圧延ラインで採用されているマルチゲージにも、被圧延材の幅方向の温度分布を測定値の補正に用いるためにスキャンパイロメータが採用されている。マルチゲージは、板厚及びクラウン、板幅等を1台で計測する複合型計測器であり、その計測精度が近年著しく向上している。

[0010] このように、圧延ラインには、被圧延材の幅方向の温度分布を計測するための機器が導入されつつある。また、被圧延材の幅方向の温度分布を計算し、制御に活用しようとする試みが一部でなされている。下記特許文献2には、圧延材の板厚方向及び幅方向の温度分布を計算する手段が開示されている。また、下記特許文献3には、幅方向の温度分布の計算に基づいてエッジヒータを制御することで、幅方向の温度を均一化する方法が開示されている。

[0011] また、板厚や板幅、形状などと同様に材質についても、未達成部が発生した場合には、一般的に、下工程のディバイディングラインにおいて、実績データと比較しながら、余裕（マージン量）を加味して、この未達成部を切り

落とすことが要求される。この時切り落とす量は歩留りに直接関係するものの、従来では、この切り落とす量を決定するに際し、概略決定しているに過ぎなかった。このような状況に鑑み、材質未達成部が発生した場合でも、歩留り向上の観点から、切り落とす量の最適化を図ること、更には、プロセス改善により材質未達成部を極力減らすことが望まれていた。

[0012] このため、従来、圧延工程での加熱、加工、冷却等の製造条件を入力として、特性予測モデルを用いて圧延製品の特性を予測することにより、特性制御が試みられている。

[0013] 下記特許文献4には、被圧延材のミクロ組織の変化及び最終製品の機械的性質を予測する冶金現象を数式化したモデルについて、一部の製品コイルに対して実施される引張試験や組織観察など機械的性質の測定試験結果で得られる機械的性質の実績値を用いてモデル学習する方法が開示されている。下記特許文献5には、長手方向及び幅方向の二次元方向における位置と材料特性値とを関連付けた材質分布を出力する方法が開示されている。下記特許文献6には、操業条件と材質実績を蓄積しておき、類似した操業条件を探索し、オンラインで製品コイルのあらゆる位置の材質をメッシュ状に推定する方法が開示されている。また、下記特許文献7には、ニューラルネットワークを用いて材質を予測する方法が開示されている。

## 先行技術文献

### 特許文献

- [0014] 特許文献1：日本特許第6292309号公報  
特許文献2：日本特許第6197676号公報  
特許文献3：日本特許第6447710号公報  
特許文献4：日本特許第5396889号公報  
特許文献5：日本特開2022-48037号公報  
特許文献6：日本特許第6086155号公報  
特許文献7：日本特開2005-315703号公報

### 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0015] しかしながら、特許文献4や特許文献5に示されているような冶金現象を数式化したモデルに基づく材質特性予測は、ミクロ現象を忠実にモデル化した高精度なモデルほど、計算負荷が大きい。例えば、製品コイルにおける計算点が数点であっても、数秒の計算時間を要する場合がある。例えば、1 kmの製品コイルを圧延方向2 mピッチ、板厚方向3点、板幅方向5点のメッシュ粗さで予測したい場合、計算点が7500点となり、仮に1計算点あたりの計算量を1秒とした場合、2時間以上の計算時間を要する。圧延操業は、同等、または、類似の製品区分を連続して圧延する場合が多い。当該材の結果を次材や、同ロット内の材の操業変更に反映したい場合、1コイルにつき2～5分程度の間隔で圧延される場合もあるのに対し、時間がかかりすぎる。

[0016] また、特許文献6や特許文献7では、過去の操業条件と材質実績の関係性を探索やモデル化し、経験則に基づいて、新規に圧延される製品コイルの材質を予測する。このような経験則モデルは、一般に高速であることが知られ、計算負荷の課題解決に寄与する。しかしながら、過去の操業条件と材質実績に基づくモデルでは、複雑な材質挙動をモデル化する際の近似精度に限界があり、十分な予測精度が期待できない。

[0017] 本開示は、上述のような課題を解決するためになされたものである。本開示は、圧延製品群全体の材質特性の予測をオンラインで高速に精度よく行うことができる圧延製品の材質特性予測装置を提供することを目的とする。

## 課題を解決するための手段

[0018] 第1の観点では、圧延ラインで製造される圧延製品の材質特性を予測する圧延製品の材質特性予測装置に関連する。圧延製品の材質特性予測装置は、前記圧延ラインで製造される圧延製品群の材質特性を網羅的に予測する近似モデルをオフラインで作成する近似モデル作成部と、前記近似モデル作成部により作成された前記近似モデルを用いて、前記圧延ラインで製造される圧延製品の三次元メッシュ状の各区域における材質特性をオンラインで予測する

材質特性予測部と、を備える。前記近似モデル作成部は、前記圧延製品群の圧延条件を設定する条件設定部と、前記圧延条件での冶金現象と材質特性を計算する材質計算部と、を有し、前記近似モデルの作成に用いるデータセットを作成するデータセット作成部と、前記データセット用いて前記近似モデルを表現するパラメータを決定するモデルパラメータ決定部と、を備える。

[0019] 第2の観点は、第1の観点に加えて、次の特徴を更に有する。前記データセット作成部は、前記条件設定部により設定された前記圧延条件を説明変数とし、前記材質計算部により計算された前記材質特性を目的変数とする前記データセットを作成する。

[0020] 第3の観点は、第1の観点に加えて、次の特徴を更に有する。前記材質特性予測部は、前記圧延ラインで圧延製品を製造する際に得られる圧延データをオンラインで収集する圧延データ収集部と、前記圧延データ収集部が収集した前記圧延データから前記近似モデルへの入力データをオンラインで作成するモデル入力作成部と、前記モデル入力作成部により作成された前記入力データを前記近似モデルに入力することにより、製品コイルの三次元メッシュ状の各区域の材質特性をオンラインで計算する近似モデル計算部と、前記近似モデル計算部が計算した前記各区域の材質特性、前記圧延製品内の前記各区域の位置を表す情報、及び前記材質特性と関連性を有する情報とを出力する材質特性出力部と、を備える。

[0021] 第4の観点は、第1の観点に加えて、次の特徴を更に有する。前記近似モデルは、機械学習モデルである。

[0022] 第5の観点は、第1から第4の観点のいずれか1つに加えて、次の特徴を更に有する。前記材質特性予測部は、前記近似モデル計算部が前記近似モデルを用いて計算した材質特性を、冶金現象を数式化した冶金現象モデルを用いて計算した材質特性結果を用いて補正する材質特性補正部を備える。

### 発明の効果

[0023] 本開示によれば、実際の圧延プロセスで未実施の圧延条件（温度条件、加工条件、時間・速度条件）や実施経験の少ない圧延条件に対応するデータセ

ットをも予め作成し、作成したデータセットを用いて近似モデルをオフラインで作成することで、圧延製品群全体に対応可能であり、且つ、近似精度の高い近似モデルを作成することができる。このように作成した近似モデルを用いることで、圧延製品の三次元メッシュ状の各区域における材質特性をオンライン予測するための計算負荷を小さくすることができる。しかも、圧延製品のあらゆる区域（部位）の材質特性の高速計算が可能となるため、当該圧延製品の結果を、次の圧延製品や、同一ロット内の圧延製品の操業変更に反映させることも可能となる。

### 図面の簡単な説明

[0024] [図1]実施の形態1による圧延製品の材質特性予測装置が適用される熱間薄板圧延ラインの一例を示す図である。

[図2]実施の形態1による圧延システムを示すブロック図である。

[図3]実施の形態1による圧延製品の材質特性予測装置の機能を示すブロック図である。

[図4]圧延製品の材質特性予測装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

[図5]近似モデル作成部の構成を示すブロック図である。

[図6]データセット作成部で作成するデータセットを説明するための図である。

[図7]説明変数の冷却パターンの一例を説明するための概要図である。

[図8]データセット作成部の構成とデータセットの作成を説明するための図である。

[図9]条件設定部による材質計算部及び説明変数の設定を説明するための図である。

[図10]材質計算部による冶金現象計算と目的変数の設定を説明するための図である。

[図11]近似モデルの一例を示す概略図である。

[図12]材質特性予測部の構成を示すブロック図である。

[図13]近似モデル計算部が材質特性を計算する対象のメッシュ区域を示す一例の概要図である。

[図14]材質特性出力部の出力の一例を示す概略図である。

[図15]実施の形態2における材質特性予測部の構成を示すブロック図である。

[図16]実施の形態2における材質特性補正部での補正方法を示す概要図である。

### 発明を実施するための形態

[0025] 以下、図面を参照して、熱間圧延ラインで製造する圧延製品の材質特性を予測する場合を例に、本発明の実施の形態について詳細に説明する。尚、各図において共通する要素には、同一の符号を付して重複する説明を省略する。

[0026] 実施の形態1.

[圧延ライン]

図1は、実施の形態1による圧延製品の材質特性予測装置（以下「予測装置」ともいう）が適用される熱間薄板圧延ライン（以下「圧延ライン」ともいう）の一例を示す図である。本実施の形態では、図1に示す圧延ラインで製造する圧延製品の材質特性を予測する予測装置について説明するが、本開示の予測装置は、他の圧延ラインにも適用可能である。

[0027] 圧延ラインは、加熱装置、圧延機、冷却装置、ダウンコイラ、及び、これらをつなぐ搬送テーブルを備える。これらの装置は、電動機や油圧装置などのアクチュエータによって駆動される。具体的には、図1に示す圧延ライン1は、搬送テーブルの上流側から順に、加熱炉2、高圧デスクレーン装置3、粗入側温度計4、粗エッジャ5、粗水平圧延機（以下「粗圧延機」ともいう）6、粗出側温度計7、エッジヒータ8、バーヒータ9、仕上入側温度計10、クランプシャ11、仕上入側デスクレーン装置12、F1エッジャ13、仕上圧延機14、マルチゲージ15、仕上出側温度計16、ランアウトテーブル17、コイラ入側温度計18、及び、ダウンコイラ19を備え

る。

[0028] 加熱炉 2 は、被圧延材（スラブ）を加熱するための炉であり、所望のスラブ昇温パターン、加熱炉抽出温度を得るように制御される。以下の説明において、被圧延材には、スラブ、鋼板のほか、製品コイルとして完成するまでの途中の状態も含まれるものとする。高圧デスケーリング装置 3 は、加熱炉 2 を出た被圧延材に対し、上下から高圧水を噴射することで、被圧延材の表面からスケールを除去する。粗入側温度計 4 は、粗圧延機 6 の入側（上流側）に配置され、被圧延材の幅方向の中央部の表面（例えば、上面）の温度である粗入側温度を計測する。粗エッジャ 5 は、被圧延材の板幅方向の圧延を行う。粗圧延機 6 は、鋼板の板厚方向の粗圧延を行う。粗圧延機 6 では、被圧延材を所望の厚みにするために複数パスで圧延される。このため、粗圧延機 6 として、可逆式圧延機を用いることができる。粗出側温度計 7 は、被圧延材の表面（例えば、上面）の温度を計測する。粗出側温度計 5 は、粗圧延機 6 の出側（下流側）に配置される。被圧延材は、粗圧延機 6 を通過すると、粗出側温度計 7 によって幅方向の中央部の表面温度が粗出側温度として計測される。

[0029] エッジヒータ 8 は、被圧延材の温度を制御するために、電磁誘導加熱等により、被圧延材の幅方向端部（エッジ）を昇温する装置である。バーヒータ 9 は、被圧延材の温度を制御するために、電磁誘導加熱等により、被圧延材全体を昇温する装置である。仕上入側温度計 10 は、仕上圧延機 14 の入側に配置され、被圧延材の幅方向の中央部の表面（例えば、上面）の温度である仕上入側温度を計測する。クロップシャ 11 は、鋼板の先端部及び尾端部を切断する。仕上入側デスケーリング装置 12 は、仕上圧延機 14 の入側において鋼板の表面からスケールを除去する。F1 エッジャ 13 は、仕上圧延機 14 の入側に配置され、そのローラが被圧延材に側方から接触する。F1 エッジャ 13 は、被圧延材の幅が狭くなるように座屈しない範囲で被圧延材を変形させる。仕上圧延機 14 は、単数または複数のスタンドからなり、図 1 に示す例では、7 つのスタンドからなるタンデム式仕上圧延機である。仕

上圧延機 14 は、被圧延材を所定の板厚に仕上げ圧延する。

[0030] マルチゲージ 15 は、各種計測を 1 台の装置で行うことができる複合型計測器である。マルチゲージ 15 は、例えば、被圧延材の幅方向に複数の X 線検出器を並べた形態を有する。マルチゲージ 15 は、例えば、被圧延材の幅方向の板厚分布を計測する。マルチゲージ 15 を 1 台用意することにより、被圧延材の板厚、クラウン、板幅を計測することができる。近年、マルチゲージ 15 は、計測精度が大幅に向上している。このため、板厚計及びクラウン計、板幅計をそれぞれ手配するよりもマルチゲージ 15 を 1 台手配する方が割安であり、マルチゲージ 15 の熱間圧延ラインへの導入が進んでいる。マルチゲージ 15 は、内部に温度計やスキャンパイロメータを備える。マルチゲージ 15 は、被圧延材の温度を計測し、その計測値を X 線検出器の検出値の補正に用いている。

[0031] 仕上出側温度計 16 は、被圧延材の表面（例えば、上面）の温度を計測する。仕上出側温度計 16 は、仕上圧延機 14 の出側（下流側）に配置される。仕上出側温度計 16 は、仕上圧延機 14 を通過した被圧延材の幅方向の中央部の表面温度を、仕上出側温度として計測する。仕上出側温度計 12 は、仕上圧延機 10 の出側に配置される。被圧延材の仕上出側温度は、製品の金属組織の形成や材質（引張り強さ、降伏応力、伸び等）と密接に関連している。このため、被圧延材の仕上出側温度は、適切に管理される必要がある。

[0032] ランアウトテーブル 17 は、圧延製品の温度を制御するために、冷却水により被圧延材を冷却する冷却装置である。ランアウトテーブル 17 は、被圧延材の温度を制御するため、例えば、ノズルから被圧延材の表面に対して冷却水を供給する。ランアウトテーブル 17 は、被圧延材の長手方向（搬送テーブルの搬送方向）に多数のノズルを備える。これらのノズルは、複数のバンクに分けられる。ノズルに対する制御は、バンク毎に行われ、被圧延材の冷却速度が制御される。冷却水を供給するバンクでは水冷が、冷却水が供給されないバンクでは空冷が行われる。なお、圧延ラインは、冷却装置として冷却テーブル、強制冷却装置などをさらに備えてもよい。

[0033] コイラ入側温度計 18 は、ダウンコイラ 19 の入側（上流側）に配置される。被圧延材は、ランアウトテーブル 17 を通過した後、コイラ入側温度計 18 によって幅方向の中央部の表面温度が巻取温度として計測される。仕上出側温度計 12 は、仕上圧延機 10 の出側に配置される。被圧延材の巻取温度は、製品の金属組織の形成や材質（引張り強さ、降伏応力、伸び等）と密接に関連している。このため、被圧延材の巻取温度は、適切に管理される必要がある。

[0034] ダウンコイラ 19 は、圧延製品を巻き取り、搬送容易な形状にするための装置である。搬送テーブルは、各工程における圧延製品を次の工程に搬送するための装置である。これらの装置は電動機や油圧装置などのアクチュエータにより駆動される。

[0035] 図 1 に示す圧延ライン 1 は、スキャンパイロメータ 20 をさらに備える。スキャンパイロメータ 20 は、被圧延材の表面（例えば、上面、又は、上面及び下面）の温度を、少なくとも被圧延材の幅方向の複数個所において計測する。スキャンパイロメータ 20 は、被圧延材の温度を改善するための装置の前後に配置されることが好ましい。図 1 に示す例では、スキャンパイロメータ 20 をエッジヒータ 8 の前側と、バーヒータ 9 の後側と、ランアウトテーブル 17 の前後とに設置した場合を示している。なお、ランアウトテーブル 17 の入側に配置されたスキャンパイロメータ 20 は、マルチゲージ 15 の内部に備えられている。

[0036] [圧延システム]

図 2 は、実施の形態 1 による圧延システム 21 を示すブロック図である。圧延システム 21 は、圧延ライン 1 の制御系であり、レベル 0 からレベル 3 までの階層構造を有する。レベル 0 は、圧延ライン 1 の各装置を駆動する電動機を制御するドライブ制御装置や、圧延ライン 1 の各装置を駆動する油圧機器（油圧装置）を有する。レベル 1 は、制御用コントローラ 24 を有する。レベル 2 は、設定計算機 23 を有する。レベル 3 は、生産管理用の上位計算機 22 を有する。後述する圧延製品の材質特性予測装置 25 は、設定計算

機 2 3 と接続され、圧延データを受け取り可能である。

- [0037] 熱間圧延プロセスにおいては、製品品質や操業条件に関するプロセス条件、即ち、各種プロセスパラメータの目標値を変更することにより製品を作り分けている。目標の製品品質を達成するように、つまり、上記の各種プロセスパラメータの目標値を達成するように、設定計算機 2 3 によるプロセス制御がなされる。
- [0038] プロセスパラメータの目標値は、レベル 2 の設定計算機 2 3 の上位にあるレベル 3 の上位計算機 2 2 から指定される場合がある。そのほか、プロセスパラメータの目標値は、設定計算機 2 3 に属するデータベースにテーブルを持ち、鋼種、板厚、板幅などをキーとして指定される場合がある。また、プロセスパラメータの目標値は、オペレータの手動介入によって圧延中に変更される場合がある。
- [0039] 設定計算機 2 3 は、圧延ライン 1 における加熱、圧延、冷却、搬送などの各プロセスの物理現象を表現したモデル式を有する。設定計算機 2 3 は、プロセスの物理現象を表現したモデル式を用いて、実操業において上記の各種プロセスパラメータの目標値（プロセス条件）を達成するように、設定計算を行う。設定計算では、各種アクチュエータの制御目標値の算出と、プロセスの各段階における圧延材の状態（金属材料の状態予測値）の算出とを、繰り返し行う。
- [0040] アクチュエータの制御目標値とは、圧延機 6, 14 のロールギャップや、圧延速度、搬送速度、デスクーラや各種スプレーの流量、ランアウトテーブルのバルブの ON/OFF などである。プロセスの各段階における圧延材の状態（金属材料の状態予測値）とは、寸法や形状、温度、ミクロ組織などである。
- [0041] 制御用コントローラ 2 4 は、設定計算機 2 3 から設定計算結果を受け取り、制御目標値に追従するように、各種アクチュエータを制御する。実操業の熱間圧延プロセスでは、圧延ライン 1 の随所に各種センサが設置され、温度、形状、板厚、板幅、圧延荷重など、プロセス制御に影響を及ぼすパラメー

タの実績値を監視、収集する。

[0042] これらの実績値は、プロセス制御やモデル式の精度向上、品質管理に用いられる。プロセスパラメータの目標値と、各種センサで取得した実績値や、実績値と計算値から設定計算機 23 によって再計算された実績計算値とを比較し、プロセスパラメータの目標値が達成されない場合、設定計算機 23 は再度設定計算する。その結果に基づいて、フィードフォワード制御や、フィードバック制御や、ダイナミック制御などの各種制御がなされる。

[0043] プロセスのモデル式が、物理現象を精度よく模擬する場合でも、現実には、モデル予測誤差が生じる。よって、エンジニアがモデル式内の各項にかかる係数や定数を微調整し、モデル式の予測精度を高めている。調整項は、モデル式内の各項の係数や定数であり、モデル誤差の生じやすい因子、例えば、鋼種、目標板厚、目標板幅、目標温度などで区分された層別テーブルを用いて、層別毎に設定計算機 23 に属するデータベース内で管理される。調整項は、操業立ち上げ時の他は、主に、新しい鋼種の圧延時や、新しいプロセスパラメータの組み合わせで圧延される場合に調整される。調整項は、エンジニアが経験や数値解析結果に基づいて調整される場合や、近年では、ニューラルネットワークなどの統計的手法を用いて半自動調整される場合がある。学習項は、モデル出力と、実際のプロセスの出力との誤差を埋めるために、モデル式に対して乗算及び加算される項である。

[0044] [圧延製品の材質特性予測装置]

図 3 は、実施の形態 1 による圧延製品の材質特性予測装置 25 の機能を示すブロック図である。予測装置 25 は、図 1 に示す圧延ライン 1 で圧延される製品コイルの機械的性質を予測する。予測装置 25 は、近似モデル作成部 26 と材質特性予測部 27 とを備える。

[0045] 図 4 は、予測装置 25 のハードウェア構成の一例を示す図である。予測装置 25 の後述する各機能は、図 4 に示す処理回路 250 により実現することができる。この処理回路 250 は、専用ハードウェア 251 であってもよい。この処理回路は、プロセッサ 252 及びメモリ 253 を備えていてもよい。

。この処理回路は、一部が専用ハードウェア251として形成され、更にプロセッサ252及びメモリ253を備えていてもよい。図4の例は、処理回路250の一部が専用ハードウェア251として形成されるとともに、処理回路250がプロセッサ252及びメモリ253をも備えている。

[0046] 処理回路250が、少なくとも1つの専用ハードウェア251であってもよい。この場合、処理回路250は、例えば、単回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ASIC、FPGA、又はこれらを組み合わせたものが該当する。

[0047] 処理回路250が、少なくとも1つのプロセッサ252及び少なくとも1つのメモリ253を備えてもよい。この場合、予測装置25の各機能は、ソフトウェア、ファームウェア、又はソフトウェアとファームウェアとの組み合わせにより実現される。ソフトウェア及びファームウェアはプログラムとして記述され、メモリ253に格納される。プロセッサ252は、メモリ253に記憶されたプログラムを読み出して実行することにより、近似モデル作成部26及び材質特性予測部27の機能を実現する。プロセッサ252は、CPU (Central Processing Unit)、中央処理装置、処理装置、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、DSPとも呼ばれる。メモリ253は、例えば、RAM、ROM、フラッシュメモリー、EPROM、EEPROM等の、不揮発性又は揮発性の半導体メモリ等が該当する。このように、処理回路250は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、又はこれらの組み合わせによって、予測装置25の各機能を実現することができる。

[0048] 近似モデル作成部26は、圧延ライン1で製造される熱間圧延製品群、即ち、圧延ライン1で製造され得るあらゆる鋼種、寸法、操業条件の圧延製品（製品コイル）の機械的性質を網羅的に、且つ、高速に予測する近似モデル39を作成する。網羅的とは、圧延ライン1で製造されたことのある圧延製品の機械的性質だけでなく、圧延ライン1で今後製造される可能性のある圧延製品の機械的性質も網羅することを意味する。以下、近似モデル作成部2

6の詳細について説明する。

[0049] 図5は、近似モデル作成部26の構成を示すブロック図である。近似モデル作成部26は、データセット作成部28と、モデルパラメータ決定部29を備える。データセット作成部28は、近似モデル39の作成に用いるデータセットを作成する。モデルパラメータ決定部29は、データセット作成部28が作成したデータセットを用いて、近似モデル39を表現するパラメータを最適化手法などで決定する。

[0050] 図6は、データセット作成部28で作成するデータセットを説明するための図である。データセット作成部28で作成されるデータセット36は、説明変数37のデータと、目的変数38のデータとが対をなしている（ペアとなっている）データの集合体である。それぞれのペアは、ある操業条件の一部に相当する説明変数37のデータと、その操業条件下で圧延ライン1によって製造したコイルの機械的性質に相当する目的変数38のデータとで、構成される。操業条件には、さまざまあるが、説明変数37としては、特に機械的性質と相関のある操業条件（以下「第1操業条件」という）が選択され、例えば、化学成分、温度条件、加工条件、時間条件、速度条件、などである。化学成分は、鋼種を作り分けるために鉄鋼中の含有量が調整されている。C、Mn、Si、Nb、N、Tiなど機械的性質に寄与する化学成分を説明変数37に含めておく。温度条件は、化学成分と同様に鋼種を作り分けるために調整されており、機械的性質への寄与が大きい。製品コイルのある部位の温度履歴は時系列データであるが、説明変数37として与える場合、時系列データを要所要所で瞬時的に切り取った1次元データを与える。例えば、加熱炉抽出温度＝1200℃、粗圧延入側温度＝1100℃、粗圧延出側温度＝1000℃、仕上圧延入側温度950℃、仕上圧延出側温度＝900℃、巻取温度＝650℃、などのように1次元データをそれぞれの説明変数37に与えて、機械的性質に影響を与える主要な温度履歴を表現する。オンラインでの製品圧延時に温度計やスキャンパイロメータで実測できる温度、及び、設定計算機23で実績再計算される温度で、機械的性質に影響を及ぼ

す温度条件を説明変数37として選択する。加熱炉抽出温度や粗圧延入側のように製品毎にバラツキが生じる可能性がある温度条件を説明変数37とする。また、仕上圧延出側温度や巻取温度のように圧延方向や幅方向で異なる温度条件、粗圧延入側温度や粗圧延出側温度など、幅端部で温度低下が生じる温度条件も説明変数37とする。さらに、ランアウトテーブル17における冷却条件によって温度経路を調整することで、機械的性質が作り込まれる。具体的には、仕上出側温度及び巻取温度の目標温度に加え、水冷部箇所、水冷速度、水冷時間、空冷時間、などの冷却パターン条件の一部が設定及び制御される（ノーマルクーリング）。更に、ランアウトテーブル17を前半部と後半部に分けて、その中間点に中間温度計を設置し、上記の目標温度に加え、中間温度計の目標温度と、ランアウトテーブル17の前半部と後半部のそれぞれについて冷却パターン条件を設定及び制御する場合もある（ステップクーリング）。よって、後述する冷却パターン条件も説明変数に加える。加工条件は、各スタンドの圧下率、ひずみ速度などの操業条件である。圧下率やひずみ速度はミクロ組織に影響を与え、その結果、最終的な機械的性質にも影響を及ぼすことが知られている。各スタンドの加工条件として説明変数に加える。もしくは、仕上圧延全体の平均、仕上圧延後半スタンドの平均などの集約情報として説明変数に加えてもよい。時間条件は、加熱炉内でのスラブ材炉時間である加熱炉材炉時間や粗圧延後から仕上圧延開始までの時間である粗仕上間時間、など、製品ごとにバラツキがあり、かつ、機械的性質に影響を及ぼす条件を説明変数に加えることで、機械的性質の製品毎のバラツキの予測性能が向上する場合がある。また、各所における圧延速度や搬送速度など、圧延方向の先端から尾端にかけて変化し、かつ、機械的性質に影響を及ぼす速度条件も説明変数に含めることで、製品内の機械的性質のバラツキの予測性能が向上する場合がある。目的変数となる機械的性質は、降伏応力、引張強さ、伸びなどである。データセット36は、圧延ライン1で製造されるあらゆる鋼種、寸法のコイルの、長手方向の先端、尾端、幅方向の端部なども含むあらゆる場所における操業条件、及び、その操業条件で

圧延された場合の機械的性質を網羅的に含む。

[0051] 図7は、説明変数37の冷却パターンの一例を説明するための概要図である。図7では、ノーマルクーリングの冷却パターンの例を示している。図7の例では、ランアウトテーブル17の上流側バンクを設定計算による初期の冷却設定及び仕上温度実績値を用いたフィードフォワード制御に用いている。また、最下流の2バンクは、巻取温度実績を用いたフィードバック制御、フィードバック制御に用いるバンクの上流のバンクは、搬送速度変化に追従するためのダイナミック制御に用いている。図7のような冷却パターンを説明変数で表現するために、例えば、水冷部冷却速度、前半部の水冷部冷却速度、後半部の水冷部冷却速度、前半部の平均冷却速度、後半部の平均冷却速度、フィードバックバンクの水冷部冷却速度を説明変数とする。例えば、水冷部冷却速度 $V_{cool}$ は、ダイナミック制御バンクとフィードバック制御バンクを除いたバンクでの水冷による温度降下を対象とし、下式(1)で計算する。

[0052] [数1]

$$V_{cool} = \frac{T_{W_s} - T_{W_e}}{t_{W_s} - t_{W_e}} \dots (1)$$

ここで、 $t_{W_s}$ は、ダイナミック制御バンクとフィードバック制御バンクを除いた水冷開始時刻であり、 $t_{W_e}$ は、ダイナミック制御バンクとフィードバック制御バンクを除いた水冷終了時刻であり、 $T_{W_s}$ は、水冷開始時温度であり、 $T_{W_e}$ は、水冷終了時温度である。

[0053] ランアウトテーブル17では、前半部で冷却する場合と後半部で冷却する場合で機械的性質に与える影響が異なることが知られている。前半部の水冷部冷却速度、後半部の水冷部冷却速度、前半部の平均冷却速度、後半部の平均冷却速度などを計算し、説明変数とする。例えば、前半部の水冷部冷却速度 $V_{E\_cool}$ は、仕上出側温度から中間温度間のバンクでの水冷による温度降下を対象とし、下式(2)で計算する。

[0054] [数2]

$$V_{E\_cool} = \frac{T_{E_s} - T_{E_e}}{t_{E_s} - t_{E_e}} \dots (2)$$

ここで、 $t_{E_s}$ は、前半バンク水冷開始時刻であり、 $t_{E_e}$ は、前半バンク水冷終了時刻であり、 $T_{E_s}$ は、前半バンク水冷開始時温度であり、 $T_{E_e}$ は、前半バンク水冷終了時温度である。

[0055] また、後半部の水冷部冷却速度も、後半部の時刻及び温度情報を使って計算することで、説明変数に含ませる。例えば、前半部の平均冷却速度 $V_{E\_ave}$ は、仕上出側温度から中間温度間のバンクでの水冷及び空冷での温度降下を対象とし、下式（3）で計算する。

[0056] [数3]

$$V_{E\_ave} = \frac{T_{FDT} - T_{MT}}{t_{FDT} - t_{MT}} \dots (3)$$

ここで、 $t_{FDT}$ は、仕上出側温度通過時刻であり、 $t_{MT}$ は、中間温度通過時刻であり、 $T_{FDT}$ は、仕上出側温度であり、 $T_{MT}$ は、中間温度である。

[0057] また、後半部の平均冷却速度も、後半部の時刻及び温度情報を使って計算することで、説明変数に含ませる。巻取温度を制御するためのフィードバック制御によって、被圧延材の圧延方向でフィードバックバンクによる冷却パターンが異なり、その結果、機械的性質に影響を及ぼす場合がある。このような外乱を考慮するためにフィードバックバンクの水冷部冷却速度を説明変数に加える。フィードバックバンクの水冷部冷却速度 $V_{FB\_cool}$ は、フィードバックバンクの水冷部を対象とし、下式（4）で計算する。

[0058] [数4]

$$V_{FB\_cool} = \frac{T_{FB_s} - T_{FB_e}}{t_{FB_s} - t_{FB_e}} \dots (4)$$

ここで、 $t_{FB_s}$ は、フィードバックバンク水冷開始時刻であり、 $t_{FB_e}$ は、フィードバックバンク水冷終了時刻であり、 $T_{FB_s}$ は、フィードバックバンク水冷開始時温度であり、 $T_{FB_e}$ は、フィードバックバンク水冷開始時温度である。

[0059] 図8は、データセット作成部28の構成とデータセットの作成を説明するための図である。データセット作成部28は、条件設定部30と材質計算部31とを備える。条件設定部30は、データセット36の説明変数37に関わる第1操業条件を設定する。また、条件設定部30は、金属組織計算部4

4での冶金現象モデルによる金属組織計算に必要な化学成分や加工履歴、温度履歴などの操業条件（以下、金属組織計算部44が用いる冶金現象モデルの入力に関わる操業条件を「第2操業条件」という）を材質計算部31に設定する。第1操業条件と第2操業条件は、同じデータも含まれるが、異なるデータも含まれる。例えば、冶金現象モデルは時々刻々のミクロ組織の変化を予測する。よって、第2操業条件には加工履歴や温度履歴などの各設備位置や各時刻における空間的及び時間的に連続性を持つデータが含まれる。材質計算部31は、設定された第2操業条件に基づいて冶金現象と機械的性質を計算する。また、材質計算部31は、データセット36の目的変数38のデータを設定する。

[0060] 図9は、条件設定部30による材質計算部31及び説明変数37の設定を説明するための図である。条件設定部30は、例えば、操業条件抽出部40、操業条件作成部41、材質計算入力設定部42、説明変数設定部43などで構成される。

[0061] 操業条件抽出部40は、例えば、オフラインの設定計算機によって仮想圧延した仮想コイルの仮想圧延データから、化学成分や加工履歴、温度履歴などの上述した説明変数37に関わる第1操業条件と、材質計算部31で用いる第2操業条件を抽出する。

[0062] 上記のオフラインの設定計算機は、例えば、特許文献1のような装置であり、オンラインの設定計算機とプロセスパラメータを同期することで、実操業を模擬できる。これによって、実操業に負荷をかけることなく、多様な操業条件をオフラインの設定計算によって作成できる。例えば、実操業で製造経験のない製品、圧延条件であっても、各種機械制約を満たした操業を模擬できる。

[0063] 材質計算部31で用いる操業条件や説明変数37は、実際に圧延した製品コイルの実圧延データから抽出した操業条件や説明変数37を含めてもよい。または、有限要素解析結果などの、設定計算よりも詳細な解析データを用いて製品内の各部位のひずみなどの加工履歴や温度履歴などの操業条件を作

成してもよい。

- [0064] 近似モデル39の適用可能な操業条件には、実操業では計測や計算されない外乱を含めておくべきである。外乱とは、例えば、化学成分のばらつき、加熱炉再加熱での温度ムラ、予期しない仕上圧延前のオシレーションによる圧延材の温度低下、スプレー不具合によって冷却速度が確保できない、などである。外乱は、上記オフラインの設定計算機で模擬的に作成する。または、実圧延データもしくは仮想圧延データの加工履歴や温度履歴に直接外乱を加えてもよい。
- [0065] 操業条件作成部41では、実圧延データや仮想圧延データを複製して作成した圧延データの一部に意図的に外乱を模擬した変更を加える。
- [0066] 材質計算入力設定部42は、操業条件抽出部40で抽出した操業条件、もしくは、操業条件抽出部40で抽出した操業条件に対して操業条件作成部41で外乱に相当する変更を加えた操業条件、もしくは、操業条件抽出部40を介さず操業条件作成部41で有限要素解析結果などの外部データから作成した操業条件などを材質計算部31に渡す。
- [0067] 説明変数設定部43は、操業条件抽出部40で抽出した操業条件、もしくは、操業条件抽出部40で抽出した操業条件に対して操業条件作成部41で外乱に相当する変更を加えた操業条件、もしくは、操業条件抽出部40を介さず操業条件作成部41で作成した操業条件から、説明変数37に該当するデータを抽出し、データセット36に説明変数37として追加する。
- [0068] 図10は、材質計算部31による冶金現象計算と目的変数38の設定を説明するための図である。材質計算部31は、金属組織計算部44、材質特性計算部45、目的変数設定部46で構成される。
- [0069] 金属組織計算部44は、条件設定部11の材質計算入力設定部42で設定された化学成分や加工履歴、温度履歴などの圧延データを用いて、冶金現象を数式化した冶金現象モデルで金属組織を計算する。計算対象の金属組織の特性としては、フェライト、パーライト、ベイナイト、マルテンサイトの体積率や、フェライト、オーステナイトの粒径等がある。冶金現象モデルは、

様々なものが提案されており、静的回復、静的再結晶、動的回復、動的再結晶、粒成長、変態を表す数式群からなる。このモデルの一例が、塑性加工技術シリーズ7板圧延（コロナ社）P198～229に掲載されている。このモデルを用いることにより、フェライト、パーライト、ベイナイト、マルテンサイト等の体積率や、オーステナイト粒径、フェライト粒径を計算できる。ミクロオーダの組織の変化を扱うため、計算ステップや計算領域を細分化する必要があり、計算負荷が大きい。データセット36には、数千～数万コイルという膨大な説明変数と目的変数のペアが含まれている必要がある。数千～数万ケースの多様な操業条件で金属組織計算部44を実施するために、実操業のオンライン計算に影響することのない、オフライン環境にて計算する。

[0070] 材質特性計算部45は、上述した圧延データに含まれる化学成分等、及び、金属組織計算部44から得られる金属組織計算値に基づいて機械的性質を計算する。計測対象の機械的性質としては、降伏応力、引張強さ、伸び等がある。なお、オンラインの設定計算機冶金現象を数式化した冶金現象モデルは、一部の製品コイルに対して実施される引張試験など機械的性質の測定試験結果で得られる機械的性質の実績値を用いて随時モデルを自動学習している場合が多い（例えば、特許文献4の方法など）。しかし、機械的性質実測値は、コイルの先端もしくは尾端などのコイルの一部から切り出した試験片に対して計測されている。よって、一般に上述の圧延方向や板幅方向の温度などの操業条件の違いによる機械的性質の変化の実測値は得られず、冶金現象モデルの学習に反映されない。このような機械的性質実測値を得られた操業条件において、学習を含む冶金現象モデルの機械的性質予測結果が特異的な値となり、操業条件の変化に対して機械的性質予測結果の変化が滑らかでなくなる。材質特性計算部45では、実操業で自動学習された冶金現象モデルではなく、学習を含まない冶金現象モデルを用いる。

[0071] 目的変数設定部46は、材質特性計算部45が作成した機械的性質から、目的変数20に該当するデータを抽出し、材質計算部12が使用した操業条

件から作られた説明変数 37 のペアとなる目的変数 20 としてデータセット 36 に追加する。

[0072] モデルパラメータ決定部 29 は、データセット作成部 28 で作成されたデータセット 36 を用いて、材質計算部 12 での負荷の大きい金属組織予測を経た機械的性質予測計算を簡易的に模擬する近似モデル 39 を構成するモデルパラメータを決定する。

[0073] 図 11 は、近似モデルの一例を示す概略図である。近似モデル 39 としては、機械学習モデルを用いることができる。図 11 に示す例では、入力層、中間層、出力層で構成される順伝播型ニューラルネットワークによって機械学習モデルが構築されている。入力層には、操業条件である説明変数 37 が入力される。出力層からは、機械的性質である目的変数 20 が出力される。

[0074] 順伝播型ニューラルネットワークによる近似モデルを構築する例では、モデルパラメータ決定部 29 において、順伝播型ニューラルネットワークのハイパーパラメータ及びパラメータを決定する。ハイパーパラメータには、ネットワーク構成（中間層の層数、ユニット数）、活性化関数の種類、などがある。ハイパーパラメータは、経験的や試行錯誤的に決定される。または、グリッドサーチやベイズ最適化などの近年一般的に用いられる手法で決定される。パラメータは、順伝播型ニューラルネットワークの関数を表現する各ユニットの重み係数やバイアスである。あらゆる操業条件において機械的性質を精度よく予測する関数自体は不明であるが、関数の入力と出力のペアが多数与えられた場合、パラメータを調整することで、この入出力ペアをよく再現する関数を作ることができる。入出力ペアは訓練データと呼ばれる。訓練データの入力（説明変数）を関数に与えたときのニューラルネットワークの出力が、訓練データの出力（目的変数）となるべく近くなるようなパラメータを選択する。データセット作成部 28 で作成したデータセット 36 の説明変数 37 を入力とし、目的変数 20 を出力とし、説明変数 37 と目的変数 20 のペアを用いて、パラメータを調整する。学習には、データセット内のペアの一部、例えば、全体の 70% 程を訓練データとして用いる。ニューラ

ルネットワークの表現する関数の再現性を表す尺度として、二乗誤差などで表現される誤差関数などが用いられる。ニューラルネットワークは、誤差関数の最小化問題を解くことで、学習される。順伝播型ニューラルネットワークの学習には、上記の誤差関数の最小化問題を解くための最適化手法として、勾配降下法や、その改良手法としてAdamなどが、知られている。例えば、モデルパラメータ決定部29は、Adamを用いて順伝播型ニューラルネットワークを学習する。ホールドアウト法や交差検証によってモデル汎化性能を確認した後、必要に応じて、ハイパーパラメータの変更、データセットのデータペアを増やす、データ前処理を見直すなどの機械学習モデル構築で一般に行われる工夫を施した上で、再度、パラメータを調整し直す場合もある。また、機械学習モデルを上記の手順で構築したのち、データセットに新しく説明変数37と目的変数20のペアが随時追加される場合は、勾配降下法などを用いて、逐次的に学習することもある。これは、オンラインの圧延データが随時得られる場合や、オフラインの設定計算を随時実行する場合などである。また、定修時最新のデータでデータセットを作り直し、近似モデルを再度構築し、入れ替えてもよい。予測したい機械的性質の種類によって、説明変数の種類を変えることも可能である。機械的性質毎に異なる近似モデルを作成しておくことが好ましい。

[0075] 材質特性予測部27は、圧延ライン1で実際に製造される製品コイルの三次元メッシュ状の各区域の機械的性質を近似モデル作成部26がオフラインで予め作成した近似モデル39を用いて、オンラインで予測する。

[0076] 図12は、材質特性予測部27の構成を示すブロック図である。材質特性予測部27は、図12に示すように、圧延データ収集部32とモデル入力作成部33と近似モデル計算部34と材質特性出力部35を備える。圧延データ収集部32は、加熱炉から巻き取りまでのコイルの各部位での圧延データを収集する。モデル入力作成部33は、圧延データ収集部32が収集した圧延データから近似モデル39への入力データを作成する。近似モデル計算部34は、モデル入力作成部33が作成した入力データと近似モデル39によ

って、製品コイルの三次元メッシュ状の各区域の機械的性質を計算する。材質特性出力部 35 は、近似モデル計算部 34 が計算した機械的性質を製品内の位置を表す情報と共に出力する。

[0077] 圧延データ収集部 13 は、設定計算機 23 が計算した製品コイルの化学成分や加工履歴、温度履歴などの圧延データを収集する。圧延データは、圧延前であれば予測値、圧延中であれば予測値と実績再計算値、圧延後であれば実績再計算値であり、取得タイミングによって、情報精度が異なる。製品品質管理の目的で機械的性質を予測する場合、ダウンコイラ 19 で巻き取り完了後の実績再計算値が揃ったタイミングでデータ収集することが好ましい。

[0078] モデル入力作成部 33 は、圧延データ収集部 13 で収集した製品コイルの圧延データから、製品コイルの三次元メッシュ状の各区域の説明変数 37 に相当するデータを近似モデル 39 への入力データとして抽出する。圧延データ収集部 13 が収集した圧延データが三次元メッシュ状の各区域の説明変数 37 の作成に不十分である場合、不足するデータを補って説明変数 37 を作成する。例えば、近年では、圧延材の板厚方向及び幅方向の温度分布が、温度計で計測した実績とモデル予測によって計算される場合があるが、計算負荷の関係で、設定計算機 23 では、制御に必要なエッジヒータ出側まで幅方向温度分布を計算し、エッジヒータより下流では計算停止するなど、計算範囲を意図的に制限している場合がある。このような場合には、圧延データ収集部 13 で下流の、例えば、仕上圧延機出側のマルチゲージで計測された幅方向温度分布の実績値と、モデルが計算したエッジヒータ出側の幅方向温度分布ないしはエッジヒータ出側のスキャンパイロメータの幅方向温度実績分布、エッジヒータ出側から仕上圧延機出側の幅方向中央部の温度履歴計算結果を用いて、幅方向の各メッシュの温度に関する説明変数 37 のデータ、例えば、仕上圧延入側温度を線形補間等の補間式を用いて作成する。もしくは、オフライン設定計算機を用いて、幅方向温度分布を計算してもよい。また、板厚方向の圧延時のひずみ速度などの加工履歴の一部は、一般に板幅方向で実施されない。これは、板厚方向の圧延において、ロールと材料の変形域

の接触長は材料の幅に比べてかなり短く、材料の幅方向の移動は少なく、厚さ減少分は主として圧延方向の伸びとなるためである。この場合、幅方向中央部で計算されたデータを板幅方向に複製して説明変数37として用いることができる。また、化学成分など、製品コイルに対して1つの値しか得られないデータは、同じ値を全メッシュで利用する。

[0079] 近似モデル計算部34は、モデル入力作成部33が作成した入力データを予め近似モデル作成部26によって作成された近似モデル39に入力し製品コイルの三次元メッシュ状の各区域の機械的性質を計算する。

[0080] 図13は、近似モデル計算部34が材質特性を計算する対象のメッシュ区域を示す一例の概要図である。図13では、簡単のため全長の一部、板幅方向の片側半分（ワークサイドもしくはドライブサイド）を示しているが、近似モデル計算部34では、全長、及び、全幅を計算対象とする。圧延方向の設定計算間隔は製品板厚によって異なる場合があるが、例えば、2m間隔で圧延データを作成しており、同様の間隔で機械的性質も予測する。板厚方向は、例えば、上面、板厚中央、下面の3点の機械的性質を予測する。幅方向は、例えば、幅端部から40mm点（ワークサイド及びドライブサイド）、幅端部と板幅中央部の中間点（板幅1/4点）（ワークサイド及びドライブサイド）、板幅中央点の合計5点の機械的性質を予測する。

[0081] 材質特性出力部35は、近似モデル計算部34が計算した各区域の機械的性質、圧延製品内の各区域の位置を表す情報、及び機械的性質の変動と関連が大きい情報と共に出力する。上記の圧延製品内の各区域の位置とは、圧延方向先端からの距離、尾端からの距離、幅方向位置、板厚方向位置である。上記の機械的性質と関連性を有する情報とは、機械的性質の変動と関連が大きい情報であり、例えば、仕上出側温度、巻取温度、冷却速度などである。出力先は、データベースなどの記憶装置及びHMI等の可視化装置である。可視化装置に出力する場合、出力データをグラフに可視化する、もしくは、テーブルなどに数値を示す。これらは、引張試験の実施の有無、製品グレードの判定、ディバイディングラインでの切り落とし長さ、同一ロットの圧延

製品のプロセスパラメータを検討する際の参考値として利用する。各区域の機械的性質、圧延製品内の位置を表す情報、及び機械的性質の変動と関連が大きい情報を高速で得られるため、次材や同ロット材の上記プロセスパラメータに反映可能である。

[0082] 図14は、材質特性出力部35出力の一例を示す概略図である。横軸に圧延方向位置（先端からの距離）、縦軸に引張強度及び巻取温度の変化を示している。また、板厚方向及び幅方向の位置は任意に選択が可能で、この例では、板厚中央、幅方向ワークサイド1/4点が選択されている。引張強さ下限が与えられた場合、引張強さが下限以下となった圧延材の位置、巻取温度との関連性、などの情報が得られる。横軸を板厚方向や板幅方向に変更すると、それぞれの方向の機械的性質分布が可視化できる。この他の出力方法として、製品全体の機械的性質の分布を3次元メッシュ状のヒートマップで可視化してもよい。テーブルで可視化する情報には、例えば、機械的性質未達成の位置情報（先端及び尾端からの距離）、機械的性質の平均値や標準偏差などの基本統計量、機械的性質と説明変数37の相関係数などがある。

[0083] 以上説明したように、本実施の形態によれば、実際の圧延プロセスで未実施の圧延条件（温度条件、加工条件、時間・速度条件）や実施経験の少ない圧延条件に対応するデータセットをも予め網羅的に作成する。このように未実施や実施経験の少ない圧延条件を含むあらゆる圧延条件を網羅するように作成したデータセットを用いて近似モデルをオフラインで作成することで、圧延製品群全体に対応可能であり、且つ、高い近似精度の近似モデルを作成することができる。このように作成した近似モデルを用いることで、あらゆる圧延製品の三次元メッシュ状の各区域における材質特性をオンライン予測するための計算負荷を小さくすることができる。しかも、圧延製品のあらゆる区域（部位）の材質特性の計算、監視が可能となる。これにより、当該圧延製品の結果を、次の圧延製品や、同一ロット内の圧延製品の操業変更に反映させることも可能となる。

[0084] 実施の形態2.

次に、図15及び図16を参照して、本発明の実施の形態2について説明するが、上述した実施の形態1との相違点を中心に説明し、同一部分または相当部分は同一符号を付し説明を省略する。

[0085] 図15は、実施の形態2による材質特性予測部27の構成を示すブロック図である。材質特性予測部としての機械的性質予測部27は、近似モデル計算部34が前記近似モデル39を用いて計算した機械的性質（以下「第1機械的性質」という）を、冶金現象を数式化した冶金現象モデルが計算した機械的性質（以下「第2機械的性質」という）を用いて補正する材質特性補正部47を備える。第2機械的性質を予測する冶金現象を数式化した冶金現象モデルは、過去の圧延製品（製品コイル）の引張試験で得られた機械的性質実績値を用いてモデル学習されている。第2機械的性質は、圧延データの一部として、圧延データ収集部13によって、オンラインの設定計算機23から収集する。

[0086] 圧延製品の一部、例えば、圧延方向の先端部代表点、中央部代表点、尾端部代表点、それぞれの幅方向中央の機械的性質は、オンラインの設定計算機、もしくは、オンラインの設定計算機と接続されている計算機によって、冶金現象を数式化した冶金現象モデルを用いて計算している場合がある。また、冶金現象を数式化した冶金現象モデルは、一部の製品コイルに対して実施される引張試験や組織観察など機械的性質の測定試験結果で得られる機械的性質の実績値を用いてモデル学習する、もしくは、実際の機械的性質に合うよう調整されている（例えば、特許文献4の方法など）。このように学習や調整された予測された第2機械的性質の予測精度は良好であることが期待できる。

[0087] 材質特性補正部47による第1機械的性質の補正方法の例を示す。近似モデル計算部34が第1機械的性質を計算する対象のメッシュ区域のうち、区域jにおいて、第2機械的性質が得られたとする。以下では、機械的性質が引張強さである場合を例に説明する。

[0088] まず、第2機械的性質が得られたメッシュ区域jにおける、第2機械的性質

と第1機械的性質の差を下式(5)で求める。

$$\Delta TS(j) = TS_{MM}(j) - TS_{ML}(j) \cdots (5)$$

ここで、jは、第2機械的性質が得られたメッシュ区域を示すインデックスであり、 $TS_{MM}(j)$ は、実圧延データに含まれる第2機械的性質であり、 $TS_{ML}(j)$ は、近似モデル計算部34が計算した第1機械的性質であり、 $\Delta TS(j)$ は、第2機械的性質と第1機械的性質の差である。

[0089] 図15は、本発明の実施の形態2における材質特性補正部47での補正方法を示す概要図である。例えば、圧延方向の先端部代表点、中央部代表点、尾端部代表点、それぞれの幅方向中央の第2機械的性質が得られた場合、上記の3点における $\Delta TS(j)$ を用いて、線形補間などによって、他のメッシュ区域iで想定される第2機械的性質と第1機械的性質の差 $\Delta TS(i)$ を計算する。

[0090] 続いて、第2機械的性質と第1機械的性質の差 $\Delta TS(i)$ を用いて、メッシュ区域iを下式(6)で補正する。

$$TS_{comp}(i) = TS_{ML}(i) + \alpha \cdot \Delta TS(i) \cdots (6)$$

ここで、iは、引張強さを補正する対象のメッシュ区域を示すインデックスであり、 $TS_{ML}(i)$ は、近似モデル計算部34が近似モデル39によって計算した引張強さであり、 $\alpha$ は、補正調整係数(=0~1)であり、 $TS_{comp}(i)$ は、補正した引張強さである。

[0091] 以上説明したように、本実施の形態によれば、材質特性補正部47を備えるため、圧延製品のあらゆる部位の機械的性質の予測精度を向上できる。しかも、実操業圧延のオンライン計算に影響を及ぼすこともない。なお、上記では材質特性の機械的性質を予測する例を説明したが、電磁的性質についても同様である。

[0092] 以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明は、上記の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。上述した実施の形態において各要素の個数、数量、量、範囲等の数に言及した場合、特に明示した場合や原理的に明らかにその数に特定される場合を除いて、その言及した数にこの発明が限定される

ものではない。また、上述した実施の形態において説明する構造等は、特に明示した場合や明らかに原理的にそれに特定される場合を除いて、この発明に必ずしも必須のものではない。

[0093] 上記実施の形態では、材質特性として機械的性質を予測する場合を例に説明したが、電磁的性質を予測する場合についても同様である。

### 符号の説明

[0094] 1…圧延ライン、25…圧延製品の材質特性予測装置、26…近似モデル作成部、27…材質特性予測部、28…データセット作成部、29…モデルパラメータ決定部、30…条件設定部、31…材質計算部、36…データセット、37…説明変数、38…目的変数、47…材質特性補正部

## 請求の範囲

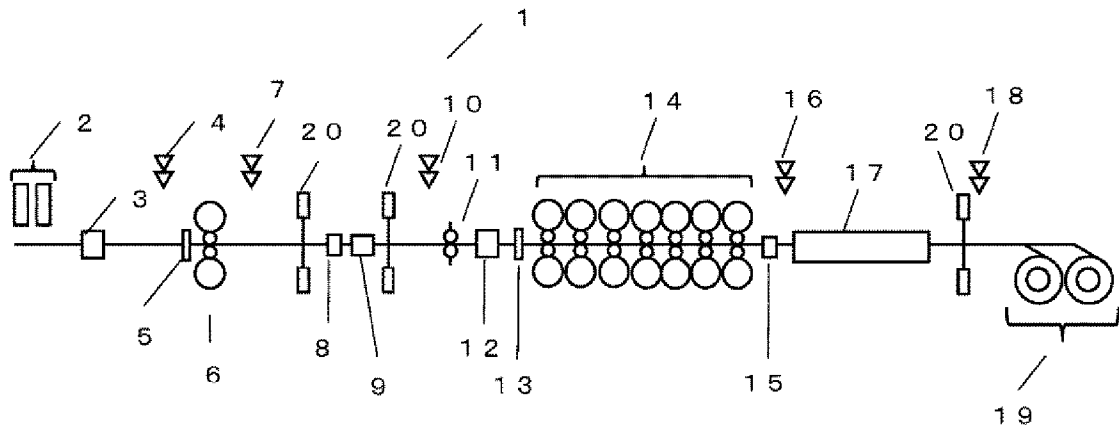
- [請求項1] 圧延ラインで製造される圧延製品の材質特性を予測する圧延製品の材質特性予測装置であって、
- 前記圧延ラインで製造される圧延製品群の材質特性を網羅的に予測する近似モデルをオフラインで作成する近似モデル作成部と、
- 前記近似モデル作成部により作成された前記近似モデルを用いて、前記圧延ラインで製造される圧延製品の三次元メッシュ状の各区域における材質特性をオンラインで予測する材質特性予測部と、を備え、
- 前記近似モデル作成部は、
- 前記圧延製品群の圧延条件を設定する条件設定部と、前記圧延条件での冶金現象と材質特性を計算する材質計算部と、を有し、前記近似モデルの作成に用いるデータセットを作成するデータセット作成部と、
- 前記データセット用いて前記近似モデルを表現するパラメータを決定するモデルパラメータ決定部と、を備える圧延製品の材質特性予測装置。
- [請求項2] 前記データセット作成部は、前記条件設定部により設定された前記圧延条件を説明変数とし、前記材質計算部により計算された前記材質特性を目的変数とする前記データセットを作成する請求項1に記載の圧延製品の材質特性予測装置。
- [請求項3] 前記材質特性予測部は、
- 前記圧延ラインで圧延製品を製造する際に得られる圧延データをオンラインで収集する圧延データ収集部と、
- 前記圧延データ収集部が収集した前記圧延データから前記近似モデルへの入力データをオンラインで作成するモデル入力作成部と、
- 前記モデル入力作成部により作成された前記入力データを前記近似モデルに入力することにより、製品コイルの三次元メッシュ状の各区域の材質特性をオンラインで計算する近似モデル計算部と、

前記近似モデル計算部が計算した前記各区域の材質特性、前記圧延製品内の前記各区域の位置を表す情報、及び前記材質特性と関連性を有する情報とを出力する材質特性出力部と、を備える請求項 1 に記載の圧延製品の材質特性予測装置。

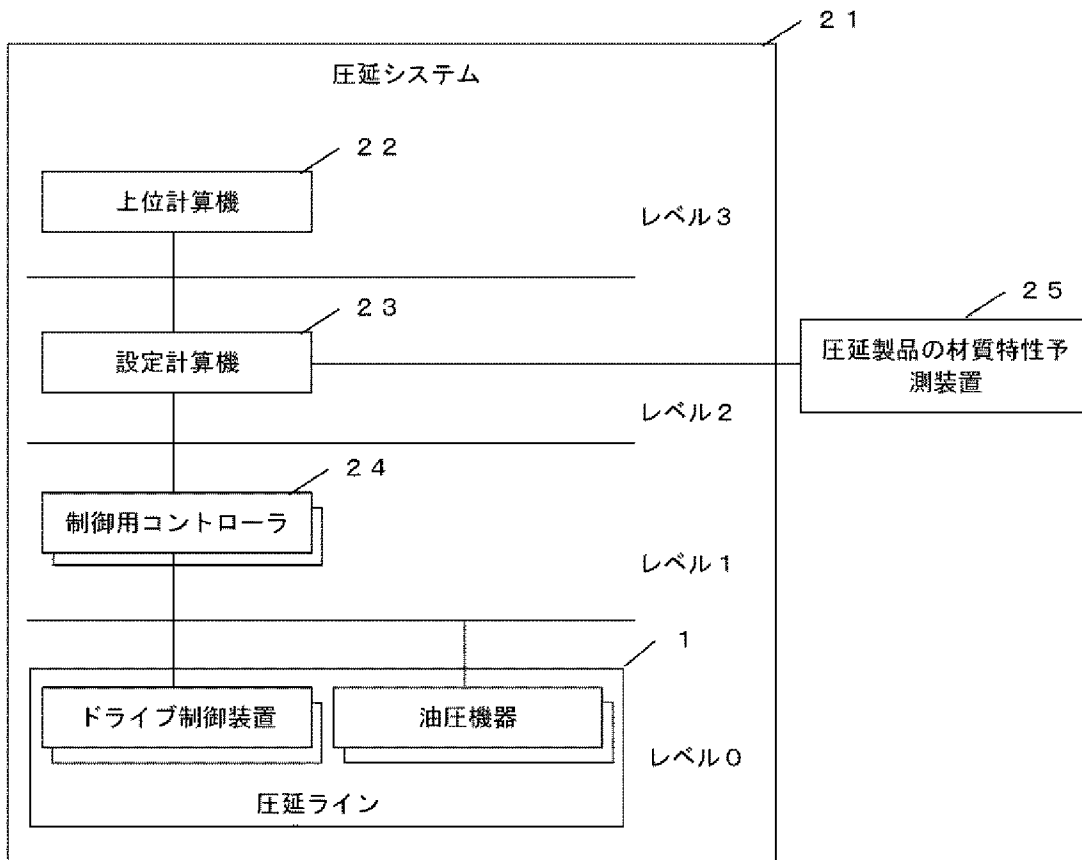
[請求項4] 前記近似モデルは、機械学習モデルである請求項 1 に記載の圧延製品の材質特性予測装置。

[請求項5] 前記材質特性予測部は、前記近似モデル計算部が前記近似モデルを用いて計算した材質特性を、冶金現象を数式化した冶金現象モデルを用いて計算した材質特性結果を用いて補正する材質特性補正部を備える請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の圧延製品の材質特性予測装置。

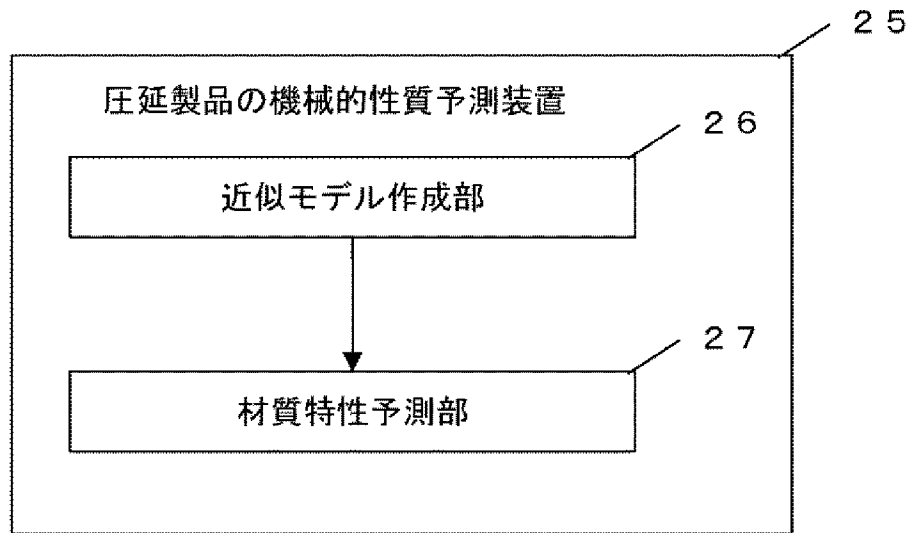
[図1]



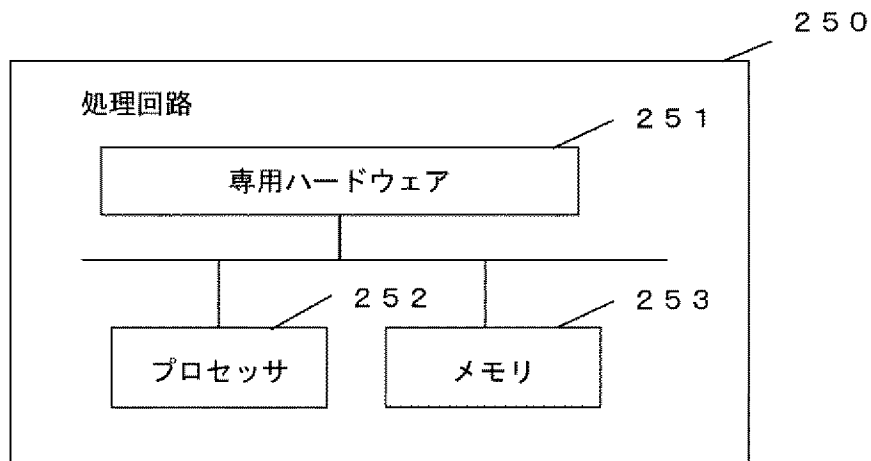
[図2]



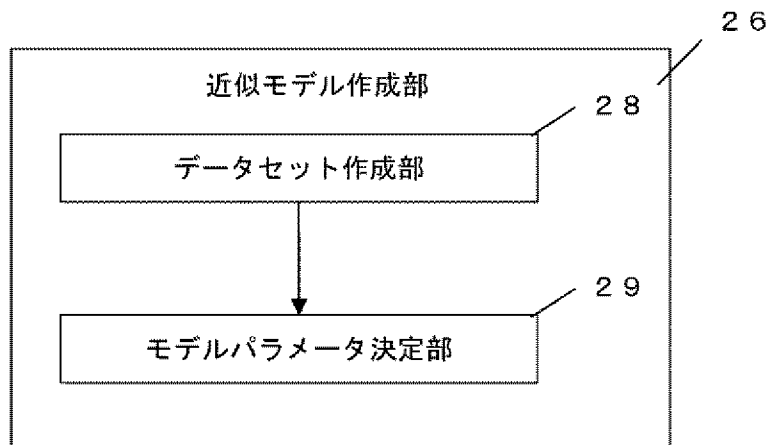
[図3]



[図4]



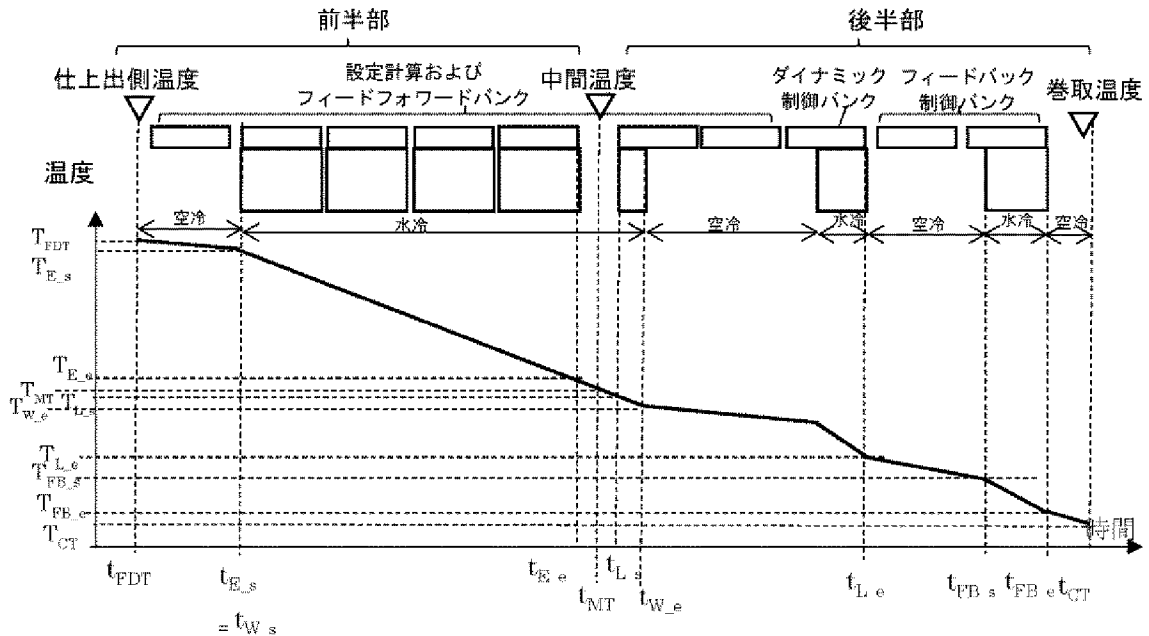
[図5]



[図6]

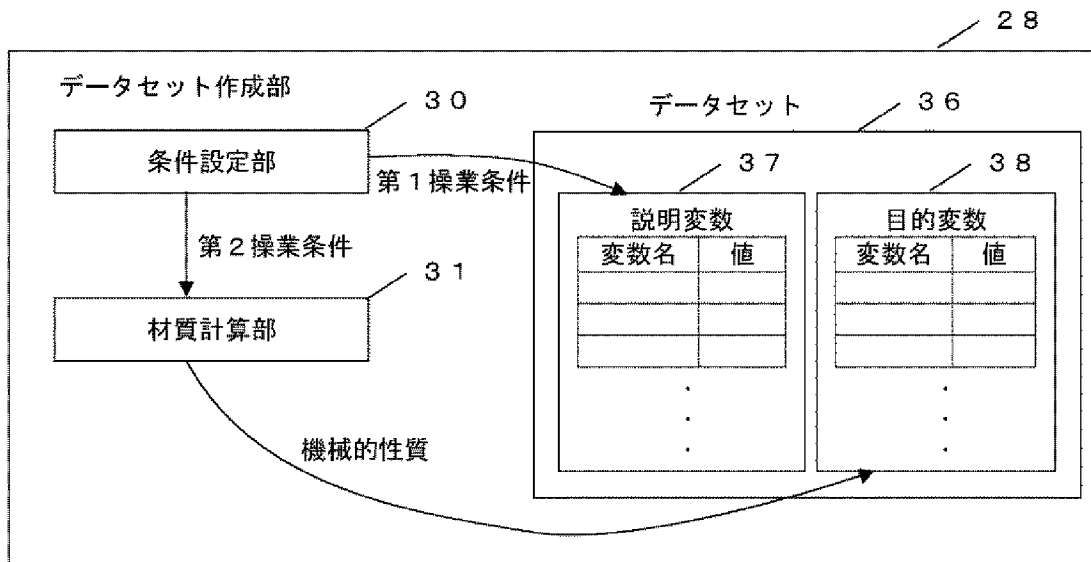


[図7]

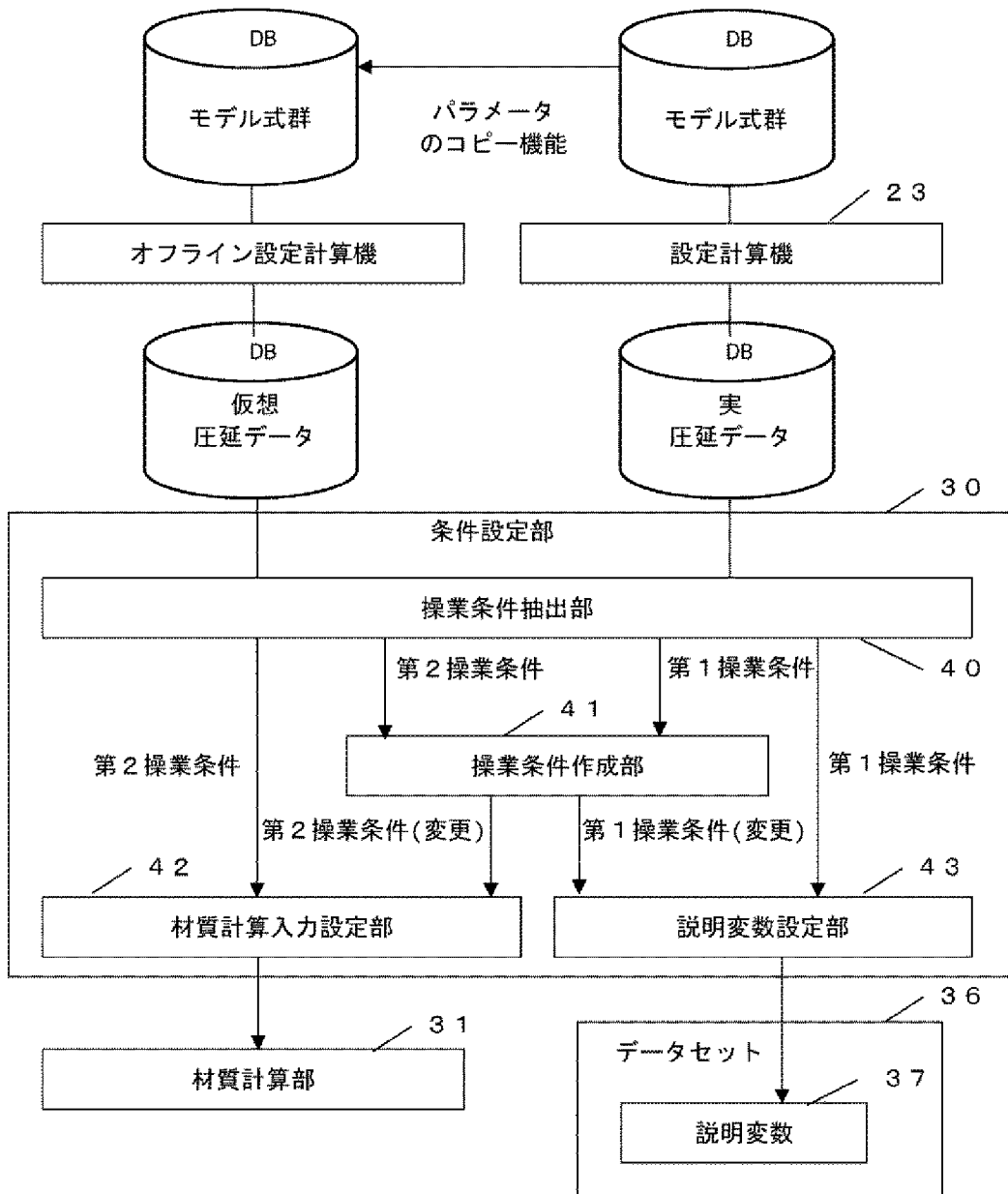


- $t_{FDT}$ : 仕上出側温度通過時刻
- $t_{E.s}$ : 前半部水冷開始時刻
- $t_{W.s}$ : 水冷開始時刻
- $t_{E.o}$ : 前半部水冷終了時刻
- $t_{MT}$ : 中間温度通過時刻
- $t_{L.s}$ : 後半部水冷開始時刻
- $t_{W.e}$ : 水冷終了時刻
- $t_{L.e}$ : 後半部水冷終了時刻
- $t_{FB.s}$ : フィードバック水冷開始時刻
- $t_{FB.e}$ : フィードバック水冷終了時刻
- $t_{CT}$ : 巻取温度通過時刻
- $T_{FDT}$ : 仕上出側温度温度
- $T_{E.s}$ : 前半部水冷開始温度
- $T_{W.s}$ : 水冷開始温度
- $T_{E.o}$ : 前半部水冷終了温度
- $T_{MT}$ : 中間温度温度
- $T_{L.s}$ : 後半部水冷開始温度
- $T_{W.e}$ : 水冷終了温度
- $T_{L.e}$ : 後半部水冷終了温度
- $T_{FB.s}$ : フィードバック水冷開始温度
- $T_{FB.e}$ : フィードバック水冷終了温度
- $T_{CT}$ : 巻取温度温度

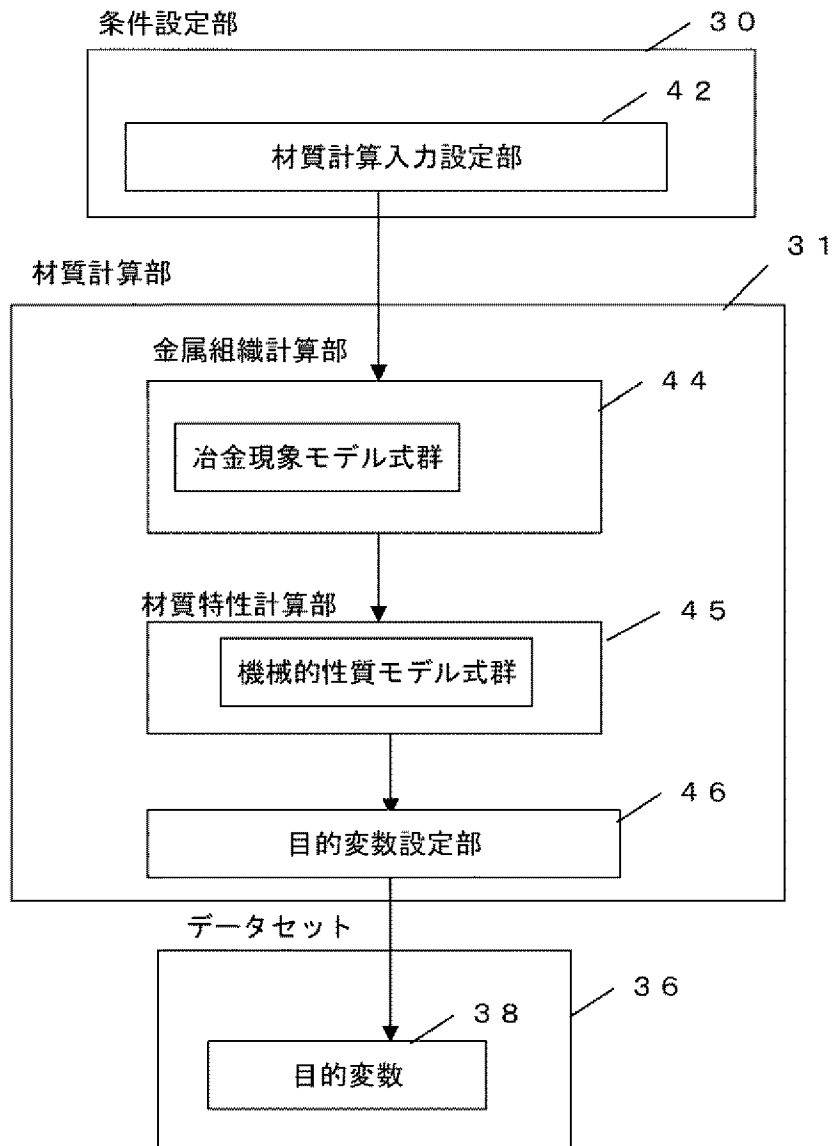
[図8]



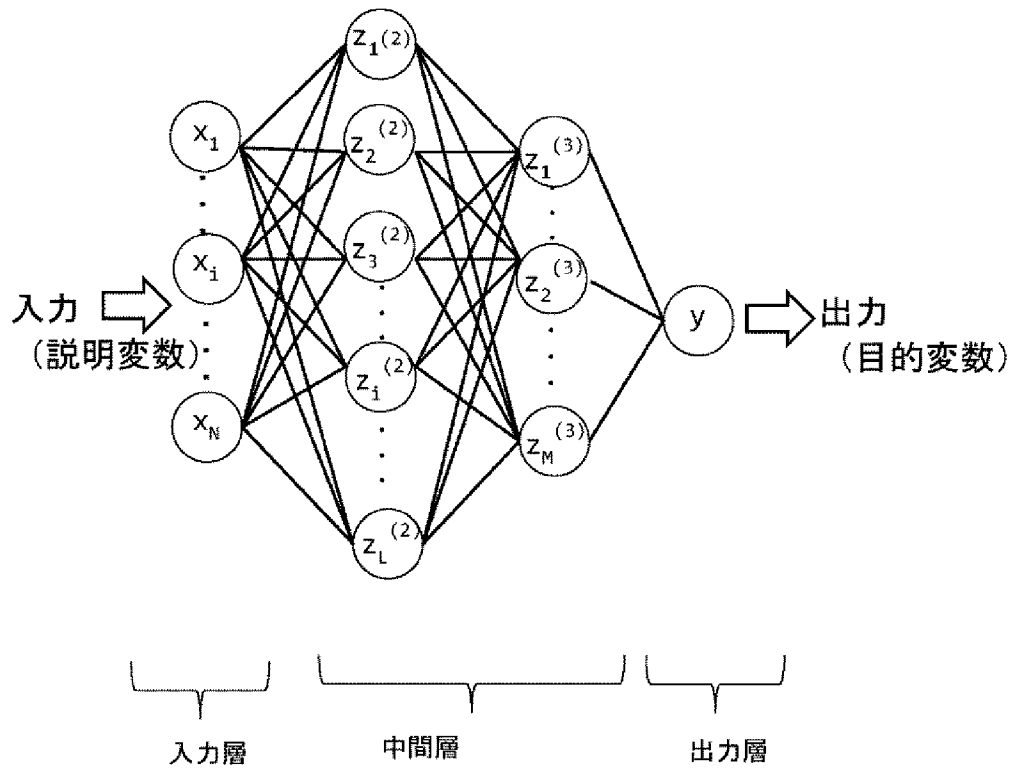
[図9]



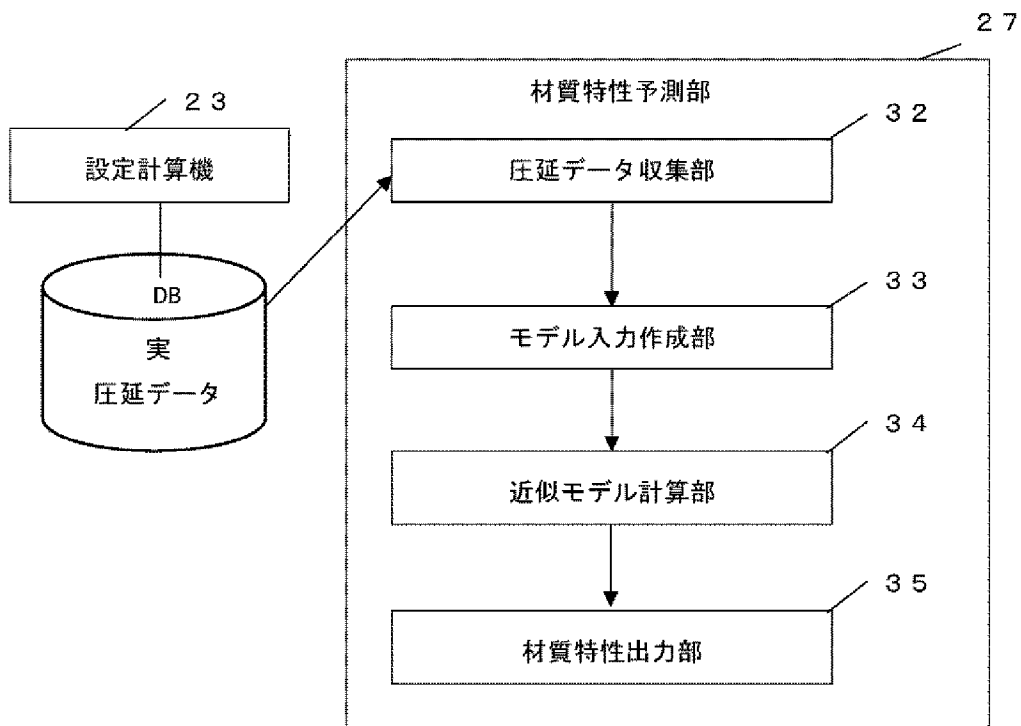
[図10]



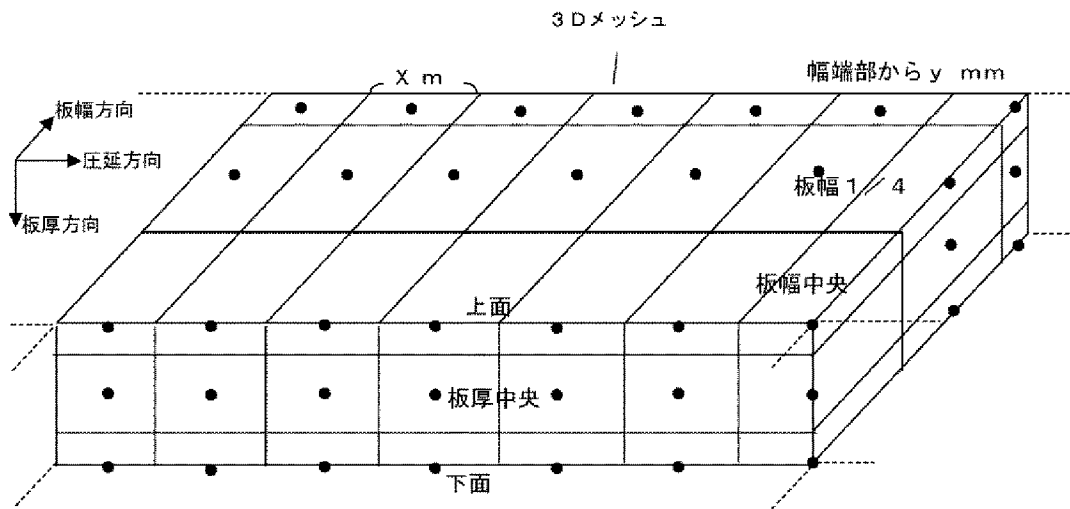
[図11]



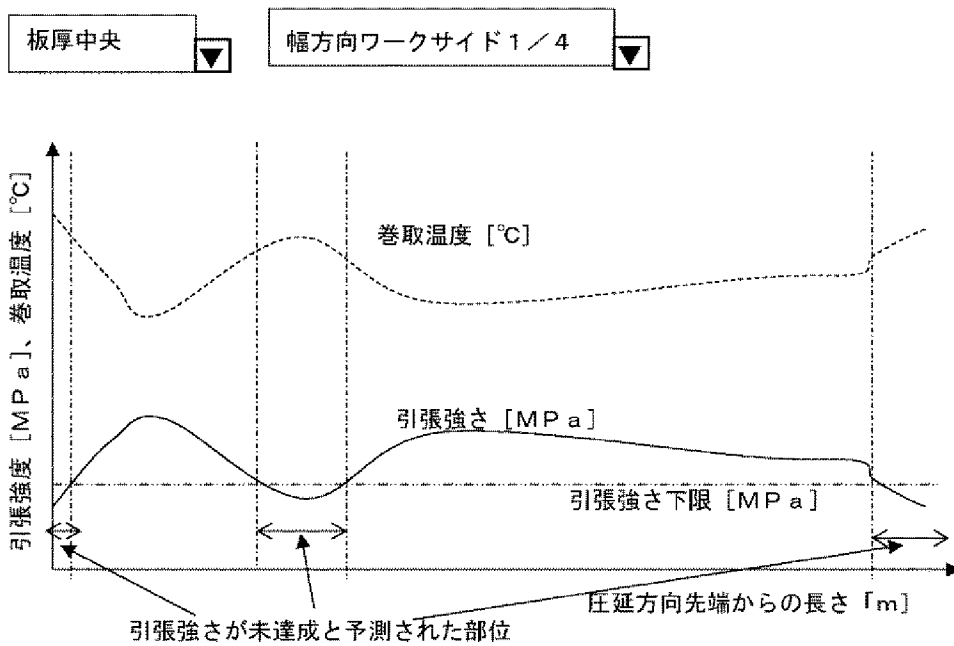
[図12]



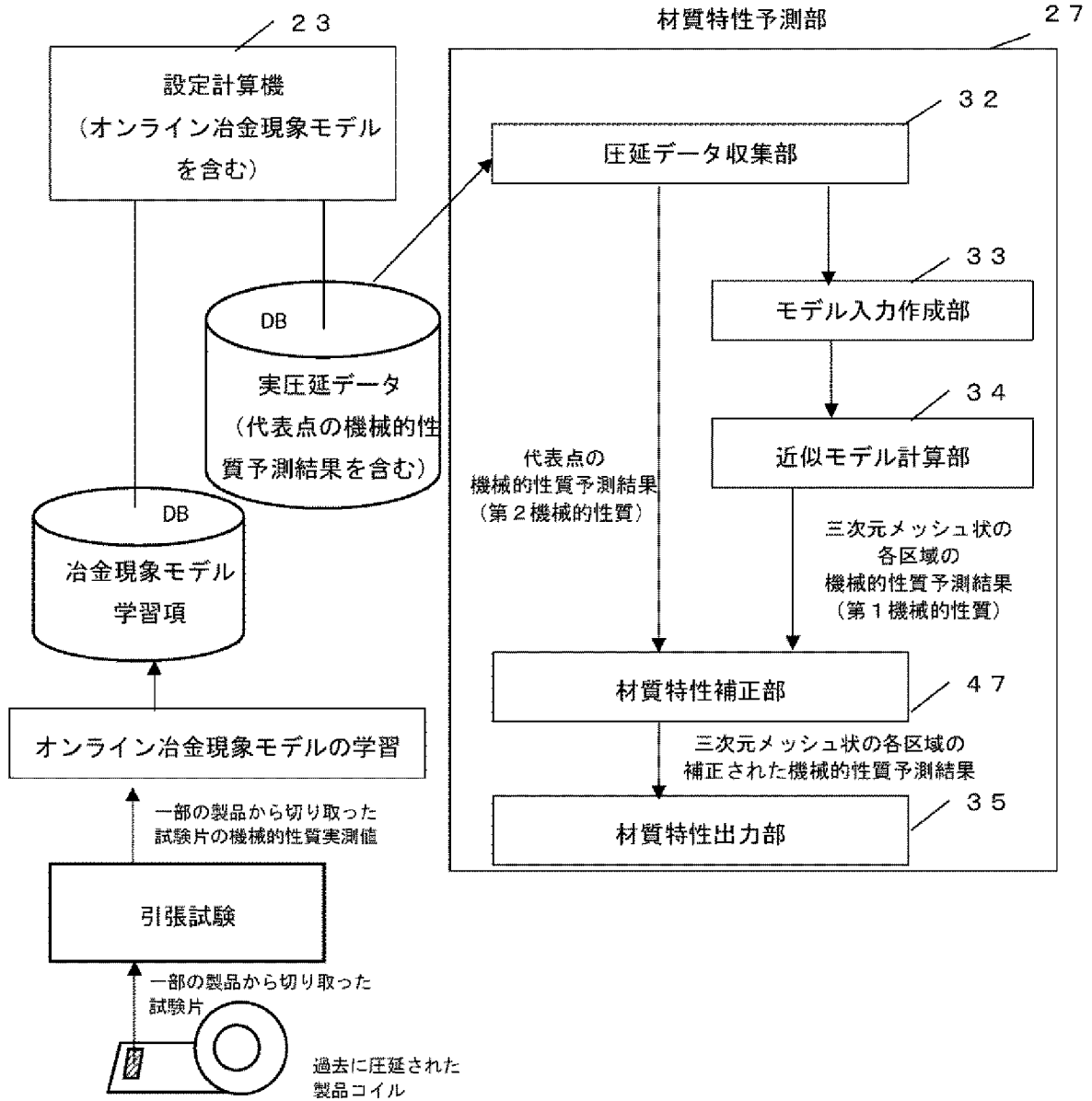
[図13]



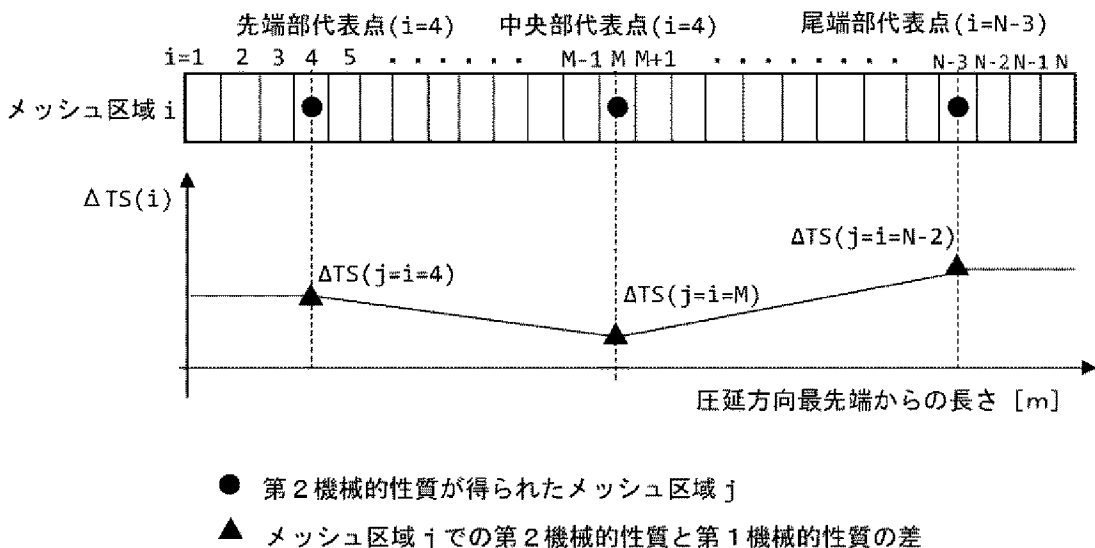
[図14]



[図15]



[図16]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/009919

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>B21B 37/00</i> (2006.01)i FI: B21B37/00 300		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B21B37/00		
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 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2001-25805 A (KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO) 30 January 2001 (2001-01-30) paragraphs [0004]-[0010], fig. 1-18	1-3
Y		1-5
Y	JP 2008-168320 A (TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORPORATION) 24 July 2008 (2008-07-24) abstract, paragraph [0038]	1-5
Y	JP 2010-172962 A (TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORPORATION) 12 August 2010 (2010-08-12) abstract, paragraphs [0023], [0029]	1-5
Y	WO 2016/038705 A1 (TOSHIBA MITSUBISHI-ELECTRIC INDUSTRIAL SYSTEMS CORPORATION) 17 March 2016 (2016-03-17) abstract, paragraphs [0037], [0052], [0056]	1-5
<input checked="" 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 <b>22 May 2023</b>		Date of mailing of the international search report <b>06 June 2023</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2023/009919**

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2001-25805 A	30 January 2001	(Family: none)	
JP 2008-168320 A	24 July 2008	(Family: none)	
JP 2010-172962 A	12 August 2010	(Family: none)	
WO 2016/038705 A1	17 March 2016	KR 10-2017-0039736 A CN 106660090 A	
CN 114417664 A	29 April 2022	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B21B 37/00(2006.01)i FI: B21B37/00 300		
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）） B21B37/00 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 - 2023年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2023年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2023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
X	JP 2001-25805 A (株式会社神戸製鋼所) 30.01.2001 (2001 - 01 - 30) [0004]-[0010], 図1-18	1-3
Y		1-5
Y	JP 2008-168320 A (東芝三菱電機産業システム株式会社) 24.07.2008 (2008 - 07 - 24) 要約, [0038]	1-5
Y	JP 2010-172962 A (東芝三菱電機産業システム株式会社) 12.08.2010 (2010 - 08 - 12) 要約, [0023], [0029]	1-5
Y	WO 2016/038705 A1 (東芝三菱電機産業システム株式会社) 17.03.2016 (2016 - 03 - 17) 要約, [0037], [0052], [0056]	1-5
Y	CN 114417664 A (DALIAN SCIENCE AND ENGINEERING UNIVERSITY) 29.04.2022 (2022 - 04 - 29) 要約, [0007], [0069]-[0070], [0082]-[0097]	4-5
<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 22.05.2023	国際調査報告の発送日 06.06.2023	
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） 藤長 千香子 4E 5796 電話番号 03-3581-1101 内線 3425	

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/JP2023/009919

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2001-25805 A	30.01.2001	(ファミリーなし)	
JP 2008-168320 A	24.07.2008	(ファミリーなし)	
JP 2010-172962 A	12.08.2010	(ファミリーなし)	
WO 2016/038705 A1	17.03.2016	KR 10-2017-0039736 A CN 106660090 A	
CN 114417664 A	29.04.2022	(ファミリーなし)	