

(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
2021年9月16日(16.09.2021)



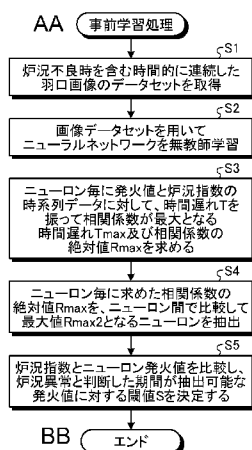
(10) 国際公開番号

WO 2021/182220 A1

- (51) 国際特許分類:
C21B 5/00 (2006.01) F27D 21/00 (2006.01)
C21B 7/24 (2006.01) G05B 23/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/008125
- (22) 国際出願日: 2021年3月3日(03.03.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-041449 2020年3月11日(11.03.2020) JP
- (71) 出願人: J F E スチール株式会社(JFE STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山 平 尚 史 (YAMAHIRA, Naoshi); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務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 虎の門三井ビルディング Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, 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,

(54) Title: BLAST-FURNACE FURNACE CONDITION LEARNING METHOD, FURNACE CONDITION LEARNING DEVICE, ABNORMALITY DETECTION METHOD, ABNORMALITY DETECTION DEVICE, AND OPERATION METHOD

(54) 発明の名称: 高炉の炉況学習方法、炉況学習装置、異常検出方法、異常検出装置、及び操作方法



- S1 Acquire data set of tuyere images that are chronologically continuous, including when furnace condition fault occurs
- S2 Perform teacherless learning of neural network using image data set
- S3 For each neuron, review time delay T relative to time-series data on ignition values and furnace condition indices to find time delay Tmax for which correlation coefficient is maximum and absolute value Rmax of correlation coefficient
- S4 Compare absolute values Rmax of correlation coefficients found for respective neurons among neurons and extract neuron with maximum value Rmax2
- S5 Compare furnace condition indices and neuron ignition values and determine ignition value threshold value S for which period can be extracted in which furnace condition abnormality was judged to have occurred
- AA Preliminary learning processing
- BB End

(57) Abstract: This blast-furnace furnace condition learning method comprises: a first step in which image data of a raceway section of a blast furnace, captured during an image-capture period that includes a period in which a furnace condition abnormality of the blast furnace occurred, is learned by a teacherless neural network; a second step in which, for each neuron constituting the teacherless neural network after learning, a correlation coefficient between an ignition value of the neuron and an index indicating furnace abnormality is calculated; and a third step in which the neurons to be used to detect furnace abnormalities are extracted as neurons for abnormality detection on the basis of the correlation coefficient.

MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：本発明に係る高炉の炉況学習方法は、高炉の炉況異常が発生した期間を含む撮影期間において撮影された高炉のレースウェイ部の画像データを無教師型のニューラルネットワークで学習する第1ステップと、学習後の無教師型のニューラルネットワークを構成する各ニューロンについて、ニューロンの発火値と炉況異常を示す指数との相関係数を算出する第2ステップと、相関係数に基づいて炉況異常を検出する際に用いるニューロンを異常検出用ニューロンとして抽出する第3ステップと、を含む。

明 細 書

発明の名称：

高炉の炉況学習方法、炉況学習装置、異常検出方法、異常検出装置、及び
操業方法

技術分野

[0001] 本発明は、高炉の炉況学習方法、炉況学習装置、異常検出方法、異常検出装置、及び操業方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、正常又は異常が既知の高炉の炉況に関するデータを用いて学習したニューラルネットワークを用いて高炉の炉況異常を検出する方法が提案されている。具体的には、特許文献1には、予め焦点を調整した撮像装置により撮影されたレースウェイの画像から抽出した特徴量と検査員の官能検査結果を教師データとして学習したニューラルネットワークを用いて、高炉羽口の状態を判別する方法が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第6350159号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、上述した方法では、検出したい炉況異常と測定した高炉の炉況に関するデータとの間の因果関係が不確かな場合や、測定した高炉の炉況に関するデータが検出したい炉況異常の影響を受けるまでの時間が不明である場合、炉況異常を検出するための学習データを作成することができず、炉況異常を精度よく検出することができない。

[0005] 本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであって、その目的は、検出したい炉況異常と測定したデータとの間の因果関係が不確かな場合や、測定し

たデータが検出したい炉況異常の影響を受けるまでの時間が不明である場合においても、高炉の炉況異常を精度よく検出可能なニューラルネットワークを生成可能な高炉の炉況学習方法及び炉況学習装置を提供することにある。また、本発明の他の目的は、高炉の炉況異常を精度よく検出可能な高炉の異常検出方法、異常検出装置、及び操業方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0006] 本発明に係る高炉の炉況学習方法は、高炉の炉況異常が発生した期間を含む撮影期間において撮影された高炉のレースウェイ部の画像データを無教師型のニューラルネットワークで学習する第1ステップと、学習後の無教師型のニューラルネットワークを構成する各ニューロンについて、ニューロンの発火値と前記炉況異常を示す指数との相関係数を算出する第2ステップと、前記相関係数に基づいて前記炉況異常を検出する際に用いるニューロンを異常検出用ニューロンとして抽出する第3ステップと、を含む。
- [0007] 前記第1ステップは、前記レースウェイ部の時系列の複数の画像データの組を1つのボクセルデータとして無教師型のニューラルネットワークで学習するステップを含むとよい。
- [0008] 前記第1ステップは、撮像装置の焦点を変更して撮影した前記レースウェイ部の複数の画像データの組を1つのボクセルデータとして無教師型のニューラルネットワークで学習するステップを含むとよい。
- [0009] 本発明に係る高炉の炉況学習装置は、高炉の炉況異常が発生した期間を含む撮影期間において撮影された高炉のレースウェイ部の画像データを無教師型のニューラルネットワークで学習する手段と、学習後の無教師型のニューラルネットワークを構成する各ニューロンについて、ニューロンの発火値と前記炉況異常を示す指数との相関係数を算出する手段と、前記相関係数に基づいて前記炉況異常を検出する際に用いるニューロンを異常検出用ニューロンとして抽出する手段と、を備える。
- [0010] 本発明に係る高炉の異常検出方法は、本発明に係る高炉の炉況学習方法により学習した無教師型のニューラルネットワークに高炉の操業中に撮影され

たレースウェイ部の画像データを入力するステップと、前記異常検出用ニューロンの発火値に基づいて高炉の炉況異常を検出するステップと、を含む。

[0011] 本発明に係る高炉の異常検出装置は、本発明に係る高炉の炉況学習装置により学習した無教師型のニューラルネットワークに高炉の操業中に撮影されたレースウェイ部の画像データを入力する手段と、前記異常検出用ニューロンの発火値に基づいて高炉の炉況異常を検出する手段と、を備える。

[0012] 本発明に係る高炉の操業方法は、本発明に係る高炉の異常検出方法を用いて高炉の炉況異常を監視しながら高炉を操業するステップを含む。

発明の効果

[0013] 本発明に係る高炉の炉況学習方法及び炉況学習装置によれば、高炉の炉況異常を精度よく検出可能なニューラルネットワークを生成することができる。また、本発明に係る高炉の異常検出方法、異常検出装置、及び操業方法によれば、高炉の炉況異常を精度よく検出することができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]図1は、本発明の一実施形態である高炉の異常検出装置が適用される高炉の一構成例を示す模式図である。

[図2]図2は、本発明の一実施形態である高炉の異常検出装置が適用される高炉の一構成例を示す模式図である。

[図3]図3は、撮像装置によって撮影されたレースウェイの画像の一例を示す模式図である。

[図4]図4は、本発明の一実施形態である高炉の異常検出装置の構成を示すブロック図である。

[図5]図5は、本発明の一実施形態である事前学習処理の流れを示すフローチャートである。

[図6]図6は、本発明の一実施形態である異常検出処理の流れを示すフローチャートである。

[図7]図7は、通気抵抗指数と全羽口平均のニューロン発火値の時間変化の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、図面を参照して、本発明の一実施形態である高炉の異常検出装置について説明する。

[0016] 〔高炉の構成〕

まず、図 1 ～図 3 を参照して、本発明の一実施形態である高炉の異常検出装置が適用される高炉の構成について説明する。

[0017] 図 1 は、本発明の一実施形態である高炉の異常検出装置が適用される高炉の一構成例を示す模式図である。図 1 に示すように、本発明の一実施形態である高炉の異常検出装置が適用される高炉 1 の羽口 2 の内側には、図示しない熱風炉からの熱風を高炉 1 内に送風するための送風管（ブローパイプ）3 が接続され、送風管 3 を貫通してランス 4 が設置されている。ランス 4 からは高炉 1 内に微粉炭、酸素、都市ガス等の燃料が吹き込まれる。羽口 2 の熱風送風方向前方のコークス堆積層にはレースウェイ 5 と呼ばれる燃焼空間が存在し、主として、このレースウェイ 5 内でコークス燃焼及びガス化（鉄鉱石の還元、すなわち造銑）が行われる。また、図 2 に示すように、送風管 3 にはオペレータが高炉 1 内の状況を監視するための炉内監視用窓 6 が形成されている。そして、炉内監視用窓 6 の近傍には、炉内監視用窓 6 を介してレースウェイ 5 の画像を撮影するための撮像装置 7 が設置されている。

[0018] 図 3 は、撮像装置 7 によって撮影されたレースウェイ 5 の画像の一例を示す模式図である。図 3 に示すように、撮像装置 7 によって撮影されたレースウェイ 5 の画像には、羽口 2 を構成する小羽口 2 a の先端開口部に相当する円形状画像の内側にランス 4 及びレースウェイ 5 のシルエットが写っている。羽口 2 は高炉 1 の周方向に約 40 本設置されており、撮像装置 7 によって高炉 1 の周方向の 40 箇所のレースウェイ 5 の画像が逐次撮像される。撮像装置 7 の焦点を調整するとレースウェイ 5 の内部で焦点が合う位置が変化する。このため、羽口 2 付近に焦点を合わせると、ランス 4 から吹き込まれる微粉炭の燃焼状態が見えやすくなり、羽口 2 からレースウェイ 5 の内部に焦点を移していくと、コークスの旋回状況等のレースウェイ 5 の内部状態が見

えやすくなる。また、撮像装置 7 で撮影された時系列のレースウェイ 5 の画像を観察すると、微粉炭の燃焼状態の変化やコークスの旋回状況の変化を確認することができる。このように撮像装置 7 の焦点位置を調整することによる羽口 2 からレースウェイ 5 の内部への複数の焦点条件による撮像とそれらの時系列の画像には高炉 1 内の状況変化に関わる情報が含まれている。

[0019] 〔異常検出装置の構成〕

次に、図 4 を参照して、本発明の一実施形態である高炉の異常検出装置の構成について説明する。

[0020] 図 4 は、本発明の一実施形態である高炉の異常検出装置の構成を示すブロック図である。図 4 に示すように、本発明の一実施形態である高炉の異常検出装置は、情報処理装置 11、表示装置 12、及び操業条件調整装置 13 を備えている。

[0021] 情報処理装置 11 は、コンピュータ等の情報処理装置によって構成され、情報処理装置内部の CPU 等の演算処理装置がコンピュータプログラムを実行することにより、事前学習処理部 11a 及び異常検出部 11b として機能する。事前学習処理部 11a 及び異常検出部 11b の機能については後述する。

[0022] 表示装置 12 は、液晶ディスプレイ装置等の表示装置により構成され、情報処理装置 11 からの制御信号に従って各種情報を表示する。

[0023] 操業条件調整装置 13 は、オペレータからの操作入力信号に従って高炉 1 の操業条件を制御する。

[0024] このような構成を有する高炉の異常検出装置では、情報処理装置 11 が、以下に示す事前学習処理及び異常検出処理を実行することにより、高炉 1 の炉況異常を精度よく検出可能なニューラルネットワークを生成すると共に、高炉 1 の炉況異常を精度よく検出する。以下、事前学習処理及び異常検出処理を実行する際の情報処理装置 11 の動作について説明する。

[0025] 〔事前学習処理〕

まず、図 5 を参照して、事前学習処理を実行する際の情報処理装置 11 の

動作について説明する。

[0026] 高炉 1 の炉況異常は、例えば高炉 1 内の通気が悪くなるといった状況を表し、通気抵抗指数等の炉況指数で判断される。そのような炉況異常に応じて羽口 2 付近に何らかの物理的な影響が生じるとすれば、撮像装置 7 によって撮影されたレースウェイ 5 の画像内にその物理的な影響を捉えられるはずである。但し、高炉 1 の内部現象は完全に明らかになっているわけではないので、物理的な影響が羽口 2 付近で観測されるかどうかは不明である。また、物理的な影響があるということがわかっていたとしても、物理的な影響が炉況指数で検知される時刻と羽口 2 付近で観測される時刻がどの程度ずれているかがわからないため、炉況指数とレースウェイ 5 の画像データとの対応付けができない。これは、機械学習を適用する場合、正常か異常かの判定が正しいかどうかを決める教師データを作ることができないということを意味する。

[0027] そこで、情報処理装置 11 は、教師データが作れない状況においてニューラルネットワークを構成する各ニューロンのパラメータを調整する事前学習処理を実行する。図 5 は、本発明の一実施形態である事前学習処理の流れを示すフローチャートである。図 5 に示すように、本発明の一実施形態である事前学習処理では、まず、事前学習処理部 11a が、撮像装置 7 によって撮影された炉況不良時を含む時間的に連続した羽口 2 の画像データセットを収集する（ステップ S1）。次に、事前学習処理部 11a が、ステップ S1 の処理において収集された羽口 2 の画像データセットを用いてニューラルネットワークを無教師学習する（ステップ S2）。具体的には、事前学習処理部 11a は、羽口 2 の画像データを入力とし、出力された画像データが入力した羽口 2 の画像データセットに再構成されるように、無教師型のニューラルネットワークを構成する各ニューロンのパラメータを繰り返し計算により最適化する。これにより、各ニューロンの発火値は、無教師学習に利用した羽口 2 の画像データセットの一部の画像特徴に対して値が大きくなるように調整されるが、各ニューロンがどのような画像特徴に対応しているかはわから

ない。

[0028] そこで、事前学習処理部 11a は、ニューロンの発火値と炉況指数の時系列データとの相関係数を計算することにより、炉況異常に対応して発火値が変動するニューロンを探索する。具体的には、炉況異常が炉況指数で検知される時刻と羽口 2 付近で観測される時刻のずれ（時間遅れ） T が不明である。このため、まず、事前学習処理部 11a は、各ニューロンの発火値において時間遅れ T の値を振りながら相関係数の絶対値が最大となる時間遅れ T_{max} 及びその時の相関係数の絶対値 R_{max} を求める（ステップ S3）。次に、事前学習処理部 11a は、ニューロン毎に求めた相関係数の絶対値 R_{max} をニューロン間で比較し、相関係数の絶対値 R_{max} の最大値 R_{max2} をとるニューロンを抽出する（この時の時間遅れを T_{max2} とする）（ステップ S4）。そして最後に、事前学習処理部 11a は、炉況指数と抽出したニューロンの発火値とを比較し、炉況異常と判断した期間が抽出可能なニューロンの発火値の閾値 S を決定する（ステップ S5）。これにより、一連の事前学習処理は終了する。

[0029] なお、相関係数の最大値 R_{max2} は、羽口 2 の画像データセットを用いて無教師学習したニューロンのうち、最も炉況指数と相関が高いニューロンから算出された値である。このため、相関係数の最大値 R_{max2} が十分大きい値であれば、羽口 2 の画像データセットに炉況異常の影響が反映されていると判断することができる。また、炉況指数よりもニューロンの発火値の方が先に変動するような条件に時間遅れ T_{max2} の値がなっていれば、ニューロンの発火値を用いて炉況異常を事前に予測することができる。換言すれば、炉況指数に対してニューロンの発火値を時間 T_{max2} だけずらして相関係数を計算した場合に時間遅れ T_{max2} がゼロより大きければ、ニューロンの発火値を用いて炉況異常を事前に予測することができる。このように、ニューロンの発火値を高炉 1 の異常検知に用いるためにはニューロンの発火値が炉況指数より前に変動する必要がある。このため、相関係数の最大値 R_{max2} を探索する際、時間遅れ T_{max2} がゼロより大きいという条

件で探索することが望ましい。

[0030] 〔異常検出処理〕

次に、図6を参照して、本発明の一実施形態である異常検出処理の流れについて説明する。

[0031] 図6は、本発明の一実施形態である異常検出処理の流れを示すフローチャートである。図6に示すように、本発明の一実施形態である異常検出処理では、まず、撮像装置7が、羽口2の画像データを撮影する（ステップS11）。次に、異常検出部11bが、ステップS11の処理において撮影された羽口2の画像データを事前学習処理によって学習済みのニューラルネットワークに入力することにより、ニューラルネットワークを構成する各ニューロンの発火値を計算する（ステップS12）。そして、異常検出部11bは、ニューロンの発火値が事前に決められた閾値S以上になった場合、そのニューロンに対応する炉況異常が時間 T_{max} 後に発生すると判断し、その旨をオペレータに通知する警告情報を表示装置12に出力する（ステップS13）。オペレータは、表示装置12に警告情報が表示されるのに応じて、操業条件調整装置13を操作することにより高炉1の操業条件を調整する。このような処理によれば、警告情報に応じて高炉1の操業状態を速やかに調整できるので、高炉1の炉況異常の程度を軽くすることができる。

[0032] 〔実施例〕

本実施例では、異常検出処理を実際の羽口の画像データ及び炉況異常に対して適用した例について説明する。周方向に40本の羽口を備える高炉に撮像装置を設置して画像データを収集した。炉況異常を含む11日間の期間の中で羽口毎に1時間1枚抽出したものを画像データセットとした。画像データは 320×240 画素のRGBカラー画像とした。また、炉況異常として通気悪化を選択し、炉況指数として通気抵抗指数を用いた。また、ニューラルネットワークとして、文献(Le et al., Building High-level Features Using Large Scale Unsupervised Learning, ICML2012)に記載された無教師型の12層構造のニューラルネットワークを採用した。なお、この

ニューラルネットワークは局所結合型のニューラルネットワークであるが、全結合型のニューラルネットワークや、CNN (Convolutional Neural Network) やGAN (Generative Adversarial Network) 等の画像データを用いた無教師学習が可能なニューラルネットワークであってもよい。

[0033] 図5に示すフローチャートに従って画像データセットを入力としてニューラルネットワークの無教師学習を行った。ここで、相関係数の計算方法について述べる。まず、無教師学習後のニューラルネットワークに対して各羽口の時系列画像を入力し、羽口毎に各ニューロンの発火値を求めた。次に、ニューロン毎に発火値を正規化した。正規化手法としては、最大・最小値を用いる $\min - \max$ 正規化及び平均値と標準偏差を用いる $z - score$ 正規化が良く知られているが、本実施例では前者を用いた。但し、後者を用いてもよい。各ニューロンで正規化した発火値のデータを羽口間で平均化し、全羽口平均の発火値を求めた。なお、本実施例では、ニューロンの発火値の出力を羽口間で平均することにより全羽口平均の発火値を求めたが、全ての撮像装置40台の画像を並べて1枚の画像データとしたものを入力として学習したニューラルネットワークのニューロンの発火値としてもよい。

[0034] 全羽口平均の発火値と炉況指数に対して時間遅れ T を $0 < \text{時間遅れ } T < 8$ 時間の条件で振って相関係数の絶対値が最大になる時間遅れ $T_{\max}$ 及びそのときの相関係数の絶対値 $R_{\max}$ を算出した。ここで、8時間は高炉内に投入した原料が溶銑になるまでの平均サイクル時間であり、これ以上長い時間は物理的な因果関係がないとみなした。その後、各ニューロン間で相関係数の絶対値 $R_{\max}$ を比較し、相関係数の絶対値 $R_{\max}$ の最大値 $R_{\max 2}$ を取るニューロンを抽出した。この時、相関係数の絶対値 $R_{\max}$ の最大値 $R_{\max 2}$ は0.41、そのときの時間遅れ $T_{\max 2}$ は1時間であった。一般に、相関係数が約0.4である場合、それほど相関が大きいわけではないが、通気が悪くなった要因すべてが羽口部で観測されるわけではないことを考慮すると十分な相関係数として判断することとした。

[0035] 図7に通気抵抗指数と全羽口平均のニューロン発火値の時間変化を併記し

たプロットを示す。ニューロン発火値は時間遅れ $T_{max} \times 2$ を考慮して1時間ずらしてプロットしている。図7に示すように、通気抵抗指数が高いと炉況が悪いと判断され、通気抵抗指数が1.1を超えると特に炉況異常の度合いが高い。日付1/17の後半では通気抵抗指数が急激に上昇し、特に通気が悪くなっていることがわかる。ニューロン発火値は探索上通気抵抗指数より1時間早く上昇することが示されているが、図7に示すプロットを定性的に比較すると、矢印R1, R2で示す1.1付近に上昇する期間でそれよりも数時間前からニューロン発火値が高いことがわかる。従って、例えばニューロン発火値の閾値Sを0.26と決めておけば、炉況異常が起こる前に送風量を下げる等、予め炉況異常を抑制するような高炉の操業をすることができる。このように、検知対象の通気と撮像した画像との因果関係が不確かな場合でも、無教師学習により画像の特徴量をニューロンに学習させておき、次のステップで通気と相関が高いニューロンを探索することで異常検知に利用可能な指標を得ることができる。また、時間遅れTに対して探索することで撮像画像が通気に影響するまでの時刻を明らかにすることができる。

[0036] なお、通常1枚の画像は、ある一瞬の時刻の炉内の様子を切り取ったものであるため、画像から得られる炉内の情報はレースウェイで見える空間的な色味の変化である。一方、炉内の通気悪化等の炉況異常は時間的な変化の情報である。このため、画像データは時系列で連続的に撮像した複数枚の画像を統合して1つのボクセルデータとして扱う方が時間的な色味の変化の情報を取りこむことができるため検出性能が向上する。例えば、上記の学習例における画像データを1秒に1回撮像した10枚(10秒分)の画像データを統合したボクセルデータとし、それを40羽口分で1時間毎に収集する等すればよい。

[0037] また、撮像装置の焦点が固定されていると炉内方向に深さのあるレースウェイのある深さの情報しか得られない。このため、画像データは複数の焦点で撮像した複数枚の画像を統合して1つのボクセルデータとして扱う方が深さ方向の情報を取りこむことができるため検出性能は向上する。例えば、上

記の学習例における画像データを、焦点を10段階に調整してそれぞれで撮像した10枚の画像を統合したボクセルデータとし、それを40羽口分で1時間毎に収集する等すればよい。また、時系列の画像と焦点を変更した画像の両方を採用してもよい。その場合、例えば上記の学習例における画像データを、焦点を10段階それぞれで1秒に1回撮像した10枚(10秒分)を撮像し、全ての画像データを統合してボクセルデータとし、それを40羽口分で1時間毎に収集する等すればよい。

[0038] 以上、本発明者らによってなされた発明を適用した実施の形態について説明したが、本実施形態による本発明の開示の一部をなす記述及び図面により本発明は限定されることはない。すなわち、本実施形態に基づいて当業者等によりなされる他の実施の形態、実施例、及び運用技術等は全て本発明の範疇に含まれる。

産業上の利用可能性

[0039] 本発明によれば、検出したい炉況異常と測定したデータとの間の因果関係が不確かな場合や、測定したデータが検出したい炉況異常の影響を受けるまでの時間が不明である場合においても、高炉の炉況異常を精度よく検出可能なニューラルネットワークを生成可能な高炉の炉況学習方法及び炉況学習装置を提供することができる。また、本発明によれば、高炉の炉況異常を精度よく検出可能な高炉の異常検出方法、異常検出装置、及び操業方法を提供することができる。

符号の説明

- [0040]
- 1 高炉
 - 2 羽口
 - 3 送風管（ブローパイプ）
 - 4 ランス
 - 5 レースウェイ
 - 6 炉内監視用窓
 - 7 撮像装置

- 1 1 情報処理装置
- 1 1 a 事前学習処理部
- 1 1 b 異常検出部
- 1 2 表示装置
- 1 3 作業条件調整装置

請求の範囲

- [請求項1] 高炉の炉況異常が発生した期間を含む撮影期間において撮影された高炉のレースウェイ部の画像データを無教師型のニューラルネットワークで学習する第1ステップと、
学習後の無教師型のニューラルネットワークを構成する各ニューロンについて、ニューロンの発火値と前記炉況異常を示す指数との相関係数を算出する第2ステップと、
前記相関係数に基づいて前記炉況異常を検出する際に用いるニューロンを異常検出用ニューロンとして抽出する第3ステップと、
を含む、高炉の炉況学習方法。
- [請求項2] 前記第1ステップは、前記レースウェイ部の時系列の複数の画像データの組を1つのボクセルデータとして無教師型のニューラルネットワークで学習するステップを含む、請求項1に記載の高炉の炉況学習方法。
- [請求項3] 前記第1ステップは、撮像装置の焦点を変更して撮影した前記レースウェイ部の複数の画像データの組を1つのボクセルデータとして無教師型のニューラルネットワークで学習するステップを含む、請求項1又は2に記載の高炉の炉況学習方法。
- [請求項4] 高炉の炉況異常が発生した期間を含む撮影期間において撮影された高炉のレースウェイ部の画像データを無教師型のニューラルネットワークで学習する手段と、
学習後の無教師型のニューラルネットワークを構成する各ニューロンについて、ニューロンの発火値と前記炉況異常を示す指数との相関係数を算出する手段と、
前記相関係数に基づいて前記炉況異常を検出する際に用いるニューロンを異常検出用ニューロンとして抽出する手段と、
を備える、高炉の炉況学習装置。
- [請求項5] 請求項1～3のうち、いずれか1項に記載の高炉の炉況学習方法に

より学習した無教師型のニューラルネットワークに高炉の操業中に撮影されたレースウェイ部の画像データを入力するステップと、

前記異常検出用ニューロンの発火値に基づいて高炉の炉況異常を検出するステップと、

を含む、高炉の異常検出方法。

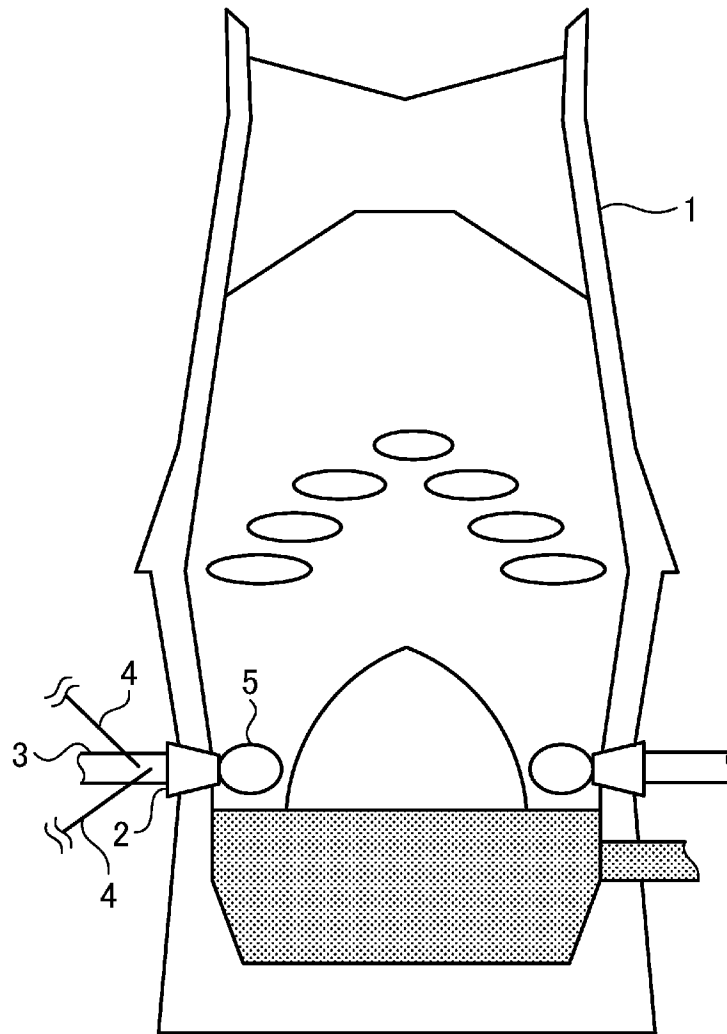
[請求項6] 請求項4に記載の高炉の炉況学習装置により学習した無教師型のニューラルネットワークに高炉の操業中に撮影されたレースウェイ部の画像データを入力する手段と、

前記異常検出用ニューロンの発火値に基づいて高炉の炉況異常を検出する手段と、

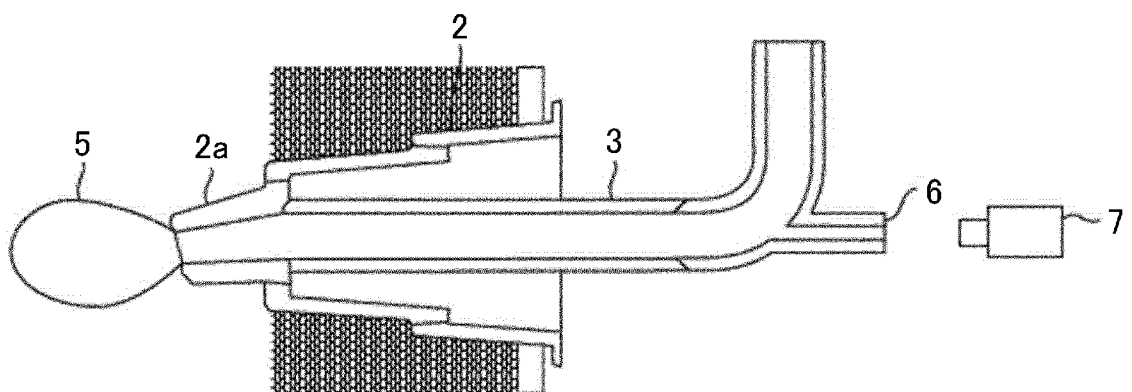
を備える、高炉の異常検出装置。

[請求項7] 請求項5に記載の高炉の異常検出方法を用いて高炉の炉況異常を監視しながら高炉を操業するステップを含む、高炉の操業方法。

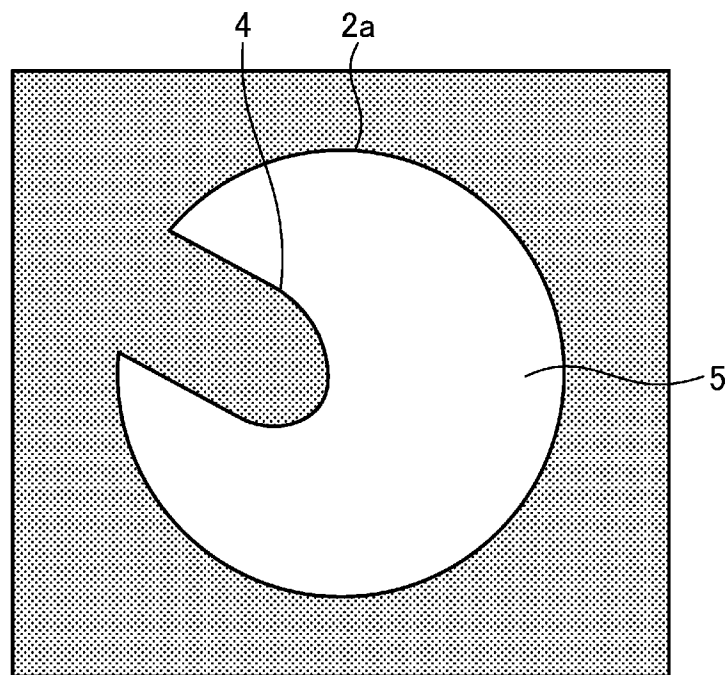
[図1]



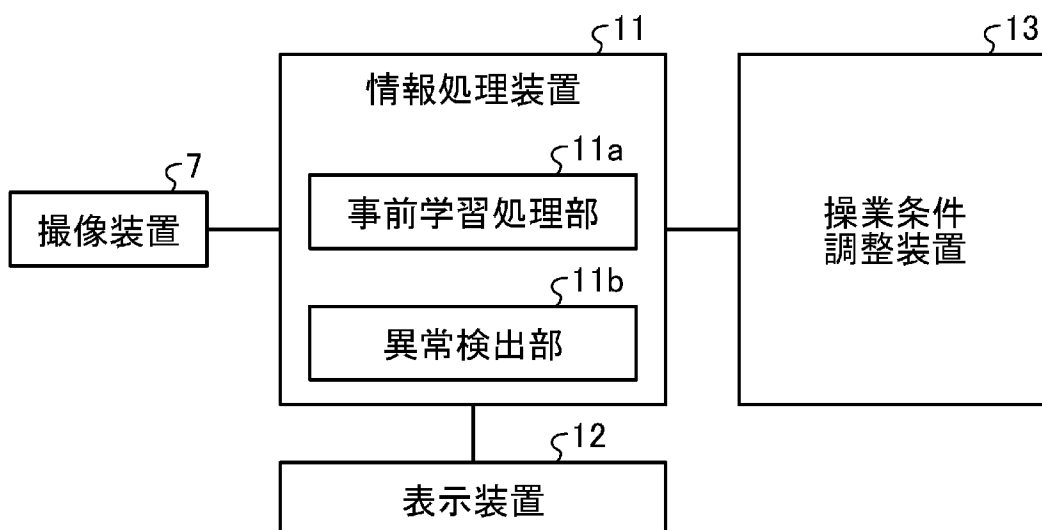
[図2]



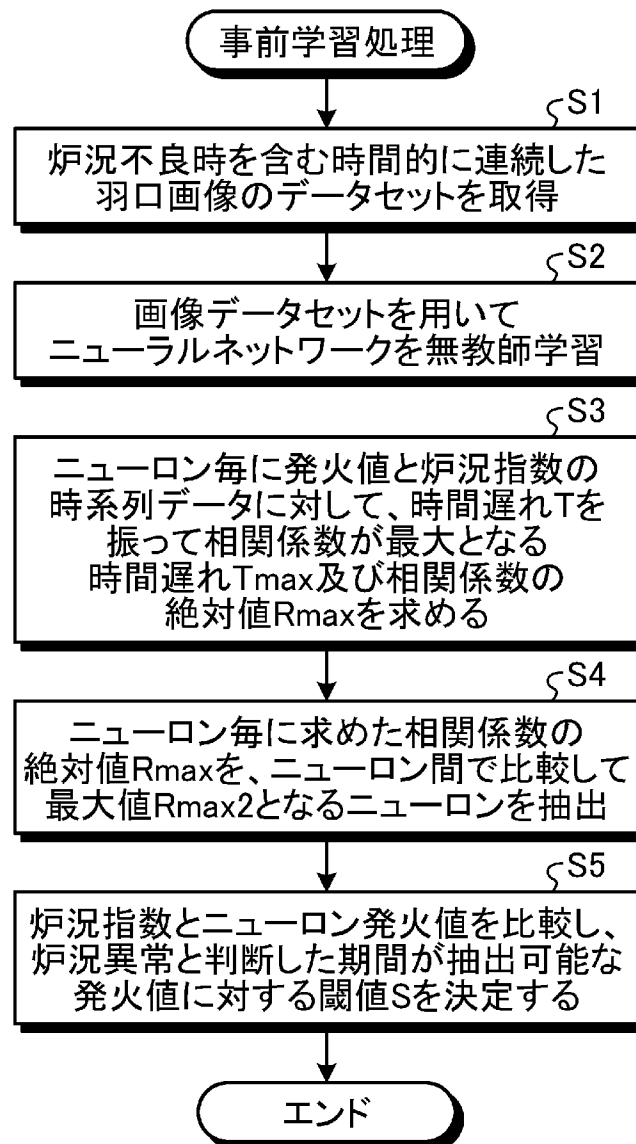
[図3]



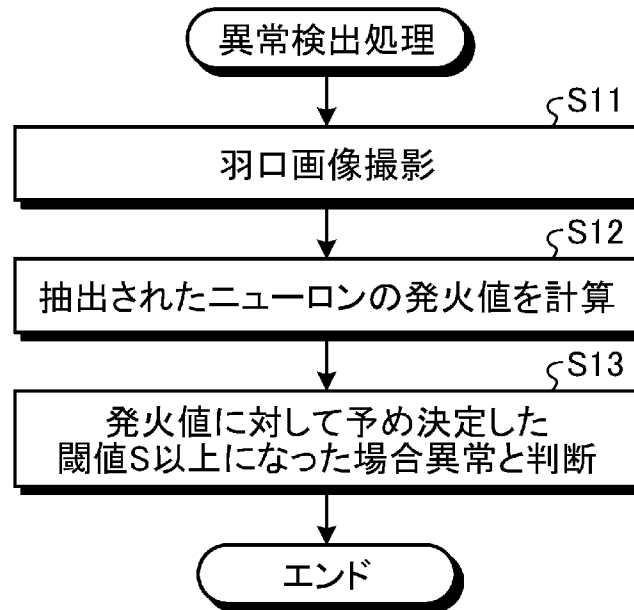
[図4]



[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/008125

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. C21B5/00(2006.01)i, C21B7/24(2006.01)i, F27D21/00(2006.01)i,
G05B23/02(2006.01)i

FI: C21B7/24, C21B5/00323, F27D21/00A, G05B23/02302R

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)

Int.Cl. C21B5/00, C21B7/24, F27D21/00, G05B23/02

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2021

Registered utility model specifications of Japan 1996-2021

Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2020-15938 A (NIPPON STEEL CORP.) 30 January 2020 (2020-01-30), entire text	1-7
A	JP 2020-15934 A (NIPPON STEEL CORP.) 30 January 2020 (2020-01-30), entire text	1-7
A	CN 110544261 A (NORTHEASTERN UNIVERSITY) 06 December 2019 (2019-12-06), entire text	1-7
A	JP 6-119454 A (BABCOCK HITACHI KK) 28 April 1994 (1994-04-28), entire text	1-7

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

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

Date of the actual completion of the international search 10 May 2021	Date of mailing of the international search report 18 May 2021
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/008125

JP 2020-15938 A	30 January 2020	(Family: none)
JP 2020-15934 A	30 January 2020	(Family: none)
CN 110544261 A	06 December 2019	(Family: none)
JP 6-119454 A	28 April 1994	(Family: none)

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C21B 5/00(2006.01)i; C21B 7/24(2006.01)i; F27D 21/00(2006.01)i; G05B 23/02(2006.01)i FI: C21B7/24; C21B5/00 323; F27D21/00 A; G05B23/02 302R										
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）） C21B5/00; C21B7/24; F27D21/00; G05B23/02 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年									
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 2020-15938 A（日本製鉄株式会社）30.01.2020（2020 - 01 - 30） 全文	1-7								
A	JP 2020-15934 A（日本製鉄株式会社）30.01.2020（2020 - 01 - 30） 全文	1-7								
A	CN 110544261 A（NORTHEASTERN UNIVERSITY）06.12.2019（2019 - 12 - 06） 全文	1-7								
A	JP 6-119454 A（バブコック日立株式会社）28.04.1994（1994 - 04 - 28） 全文	1-7								
☐ 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。										
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 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						
* 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 10.05.2021		国際調査報告の発送日 18.05.2021								
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 岡田 隆介 4E 3442 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/JP2021/008125

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2020-15938	A	30.01.2020	(ファミリーなし)	
JP	2020-15934	A	30.01.2020	(ファミリーなし)	
CN	110544261	A	06.12.2019	(ファミリーなし)	
JP	6-119454	A	28.04.1994	(ファミリーなし)	