(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7578200号
(P7578200)

(45)発行日　令和6年11月6日(2024.11.6)

(24)登録日　令和6年10月28日(2024.10.28)

(51)国際特許分類
Ｇ０５Ｂ　23/02　(2006.01)

ＦＩ
Ｇ０５Ｂ　23/02　３０２Ｙ

請求項の数　10　（全21頁）

(21)出願番号　特願2023-536874(P2023-536874)
(86)(22)出願日　令和5年3月2日(2023.3.2)
(86)国際出願番号　PCT/JP2023/007709
(87)国際公開番号　WO2023/176464
(87)国際公開日　令和5年9月21日(2023.9.21)
審査請求日　令和5年6月16日(2023.6.16)
(31)優先権主張番号　特願2022-40921(P2022-40921)
(32)優先日　令和4年3月16日(2022.3.16)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(73)特許権者　000001258
ＪＦＥスチール株式会社
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号
(74)代理人　110002147
弁理士法人酒井国際特許事務所
(72)発明者　原田　洋平
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号
ＪＦＥスチール株式会社 知的財産部内
(72)発明者　平田　丈英
東京都千代田区内幸町二丁目２番３号
ＪＦＥスチール株式会社 知的財産部内
審査官　牧 初

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　要因推論装置、要因推論方法、要因推論システムおよび端末装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

プロセスにおける現象の要因を推論する要因推論装置であって、

前記プロセスにおける現象の因果関係について、前記プロセスに生ずる事象をノードとし、前記ノード間を結ぶネットワーク形式で表現された知識モデルを取得する知識モデル取得手段と、

前記プロセスから収集したデータに基づいて、前記事象に関する異常指標を少なくとも含む情報を作成する情報作成手段と、

前記知識モデルのノードに対して、対応する前記情報を結び付けるデータ結合手段と、

前記知識モデルの構造と前記ノードに結び付けられた前記情報とに基づいて、前記現象の要因を推論して提示する要因推論手段と、

を備え、

前記異常指標は、予め定められた正常状態からの逸脱度に基づいて決定される異常または正常の区分、または異常の度合いを示す異常度であり、

前記要因推論手段は、

前記知識モデルにおいて、前記異常指標によって異常と判断された事象に対応するノードを、因果関係の結果方向へと辿り、到達した最終のノードに記述された現象を、前記プロセスに発生しうる現象として特定し、特定した現象までの因果ルートを、前記現象の要因として推論し、

前記因果ルートを特定する際に、前記事象が全て異常を示すノードからなる因果ルートを

特定するか、または原因から結果までの複数の因果ルートのうち、前記事象の異常度の総和に基づいて因果ルートを特定する、
要因推論装置。
【請求項２】
前記要因推論手段は、
前記知識モデルにおいて、前記ノード同士を結び、かつ前記現象の因果関係を示す前記因果ルートを提示し、
前記因果ルートが複数ある場合、前記因果ルートの各ノードに結び付けられた前記情報に基づいて、前記因果ルートをランク付けして提示する、
請求項１に記載の要因推論装置。
【請求項３】
前記要因推論手段は、前記因果ルートにおいて、異常を示す異常指標が結び付けられたノードの個数、または過去に因果ルートとして選択されたノードの個数に基づいて、前記因果ルートをランク付けして提示する、
請求項２に記載の要因推論装置。
【請求項４】
前記要因推論手段は、前記情報に基づいて前記知識モデルをブロック化し、前記知識モデルにおいて、前記ノード同士を結び、かつ前記現象の因果関係を示す前記因果ルートを前記ブロックごとに提示する、
請求項１から請求項３のいずれか一項に記載の要因推論装置。
【請求項５】
前記情報には、データ形式、設備の種類、前記事象のタイミングのうち、少なくとも一つが更に含まれる、
請求項１に記載の要因推論装置。
【請求項６】
前記データ形式には、観測値、設定値、カテゴリのいずれかが含まれる、
請求項５に記載の要因推論装置。
【請求項７】
前記事象のタイミングには、設定計算時、操業中、非操業中のいずれかが含まれる、
請求項５に記載の要因推論装置。
【請求項８】
コンピュータによって構築された装置によって実行され、プロセスにおける現象の要因を推論する要因推論方法であって、
前記コンピュータが備える知識モデル取得手段が、前記プロセスにおける現象の因果関係について、前記プロセスに生ずる事象をノードとし、前記ノード間を結ぶネットワーク形式で表現された知識モデルを取得する知識モデル取得ステップと、
前記コンピュータが備える情報作成手段が、前記プロセスから収集したデータに基づいて、前記事象に関する異常指標を少なくとも含む情報を作成する情報作成ステップと、
前記コンピュータが備えるデータ結合手段が、前記知識モデルのノードに対して、対応する前記情報を結び付けるデータ結合ステップと、
前記コンピュータが備える要因推論手段が、前記知識モデルの構造と前記ノードに結び付けられた前記情報とに基づいて、前記現象の要因を推論して提示する要因推論ステップと、
を含み、
前記異常指標は、予め定められた正常状態からの逸脱度に基づいて決定される異常または正常の区分、または異常の度合いを示す異常度であり、
前記要因推論ステップは、
前記知識モデルにおいて、前記異常指標によって異常と判断された事象に対応するノードを、因果関係の結果方向へと辿り、到達した最終のノードに記述された現象を、前記プロセスに発生しうる現象として特定し、特定した現象までの因果ルートを、前記現象の要因

として推論し、
前記因果ルートを特定する際に、前記事象が全て異常を示すノードからなる因果ルートを特定するか、または原因から結果までの複数の因果ルートのうち、前記事象の異常度の総和に基づいて因果ルートを特定する、
要因推論方法。
【請求項９】
要因推論サーバ装置と、端末装置と、を備える要因推論システムであって、
前記要因推論サーバ装置は、
プロセスにおける現象の因果関係について、前記プロセスに生ずる事象をノードとし、前記ノード間を結ぶネットワーク形式で表現された知識モデルを取得する知識モデル取得手段と、
前記プロセスから収集したデータに基づいて、前記事象に関する異常指標を少なくとも含む情報を作成する情報作成手段と、
前記知識モデルのノードに対して、対応する前記情報を結び付けるデータ結合手段と、
前記知識モデルの構造と前記ノードに結び付けられた前記情報とに基づいて、前記現象の要因を推論する要因推論手段と、
前記要因推論手段において推論された現象の要因を少なくとも含む情報を、前記端末装置に出力する出力手段と、
を備え、
前記異常指標は、予め定められた正常状態からの逸脱度に基づいて決定される異常または正常の区分、または異常の度合いを示す異常度であり、
前記要因推論手段は、
前記知識モデルにおいて、前記異常指標によって異常と判断された事象に対応するノードを、因果関係の結果方向へと辿り、到達した最終のノードに記述された現象を、前記プロセスに発生しうる現象として特定し、特定した現象までの因果ルートを、前記現象の要因として推論し、
前記因果ルートを特定する際に、前記事象が全て異常を示すノードからなる因果ルートを特定するか、または原因から結果までの複数の因果ルートのうち、前記事象の異常度の総和に基づいて因果ルートを特定し、
前記端末装置は、
前記要因推論サーバ装置から現象の要因を少なくとも含む情報を取得する情報取得手段と、
前記情報取得手段が取得した情報を表示する表示手段と、
を備える要因推論システム。
【請求項１０】
要因推論サーバ装置から、プロセスにおける現象の要因を少なくとも含む情報を取得する情報取得手段と、
前記情報取得手段が取得した情報を表示する表示手段と、
を備え、
前記現象の要因は、プロセスにおける現象の因果関係について、前記プロセスに生ずる事象をノードとし、前記ノード間を結ぶネットワーク形式で表現された知識モデルの構造と、前記知識モデルのノードに結び付けられた情報であって、前記事象に関する異常指標を少なくとも含む情報とに基づいて推論されたものであり、
前記表示手段は、前記情報取得手段が取得した情報に基づき、
前記プロセスにおける現象とその要因とを関連付けた因果ルート全体を表示し、
前記プロセスに発生しうる現象と、前記現象までの因果ルートを強調表示し、
複数の因果ルートが存在する場合、前記異常指標に基づきランク付けされた結果を合わせて表示し、
前記異常指標は、予め定められた正常状態からの逸脱度に基づいて決定される異常または正常の区分、または異常の度合いを示す異常度であり、

前記因果ルートは、前記事象が全て異常を示すノードからなる因果ルート、または原因から結果までの複数の因果ルートのうち、前記事象の異常度の総和に基づいて特定された因果ルートである、

端末装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、要因推論装置、要因推論方法、要因推論システムおよび端末装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

昨今、ビックデータ分析やＩｏＴの活用が盛んになり、膨大なデータを取得することができる。一方で、それらのデータを分析し、問題解決にまで至るには、分析対象に対する深い知識も持ち合わせる必要があり、そうでない場合は膨大なデータを正しく活用することは困難である。そのため、例えば生産装置のあるセンサデータが、普段とは異なる挙動を示した場合、このような挙動が生産装置や製品の品質にどのような影響を及ぼすのかに関する知識がなければ、問題解決のための対策を講じることは難しい。

【０００３】

また、機械学習技術の進歩により、膨大なデータから高精度な予測や異常検知が可能となり、様々な場面で活用されるようになってきた。例えば鉄鋼業において、製造条件を入力データとして、深層学習技術を利用して、製品の表面疵の発生有無の予測や、多くの監視項目の情報を複合的に分析した設備異常の検知等が行われている。

【０００４】

このようなデータの活用が進む中で、やはり上記と同様に、機械学習の結果から対応のアクションを起こすには課題がある。具体的には、機械学習モデルが異常と検知した監視項目の情報から、どのようなメカニズムでどのようなトラブルが起こりうるかについては、分析対象に対する深い知識が必要となる。このような知識を持ち合わせてない場合、機械学習の結果をもとにユーザがアクションを取ることは困難である。現場において、深い知識を持つベテラン層は限られているため、適切なアクションに結び付けられる補助情報の出力が求められている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【文献】特開２０１９－１９４８４９号公報

【非特許文献】

【０００６】

【文献】Marco, “Why should I trust you?：Explaining the predictions of any classifier”, Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, August 2016, pp. 1135-1144

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

適切なアクションに結び付けるための補助情報を導出するための技術として、例えば非特許文献１では、重要な役割を果たした入力変数について、相対的な影響度の数値を求める手法が提案されている。

【０００８】

しかしながら、非特許文献１で提案された技術では、各変数がどのように影響して予測や検知に至ったかのメカニズムに関する情報は与えられない。そのため、現状では、ユーザが有している予測や検知対象に対する知識を用いて、これらを推測している。従って、非専門家や経験の浅いユーザの場合、的確な推測ができず、適切なアクションに結び付け

ることができない。
【０００９】
　また、多数の変数を用いた機械学習の場合、分析対象に対する知識を持ち合わせていたとしても、推測に負荷や時間が掛かる等の理由により、迅速なアクションを起こすことができない場合もある。
【００１０】
　例えば特許文献１で提案された技術では、変数間の因果関係を自動で出力することにより、変数の影響を提示しようとしている。しかしながら、機械学習モデルで使用する変数の関係だけでは、やはり非専門家や経験の浅いユーザの場合、適切にメカニズムを理解できるとは言い難い。
【００１１】
　本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、分析対象に対する深い知識を有しないユーザが使用する場合においても、センサデータや設定値等の操業データから問題解決のために有用な補助情報を与えることができ、適切かつ迅速なアクションに結び付けることができる要因推論装置、要因推論方法、要因推論システムおよび端末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】
【００１２】
　上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る要因推論装置は、プロセスにおける現象の要因を推論する要因推論装置であって、前記プロセスにおける現象の因果関係について、前記プロセスに生ずる事象をノードとし、前記ノード間を結ぶネットワーク形式で表現された知識モデルを取得する知識モデル取得手段と、前記プロセスから収集したデータに基づいて、前記事象に関する異常指標を少なくとも含む情報を作成する情報作成手段と、前記知識モデルのノードに対して、対応する前記情報を結び付けるデータ結合手段と、前記知識モデルの構造と前記ノードに結び付けられた前記情報とに基づいて、前記現象の要因を推論して提示する要因推論手段と、を備える。
【００１３】
　また、本発明に係る要因推論装置は、上記発明において、前記要因推論手段が、前記知識モデルにおいて、前記ノード同士を結び、かつ前記現象の因果関係を示す因果ルートを提示し、前記因果ルートが複数ある場合、前記因果ルートの各ノードに結び付けられた前記情報に基づいて、前記因果ルートをランク付けして提示する。
【００１４】
　また、本発明に係る要因推論装置は、上記発明において、前記要因推論手段が、前記因果ルートにおいて、異常を示す異常指標が結び付けられたノードの個数、または過去に因果ルートとして選択されたノードの個数に基づいて、前記因果ルートをランク付けして提示する。
【００１５】
　また、本発明に係る要因推論装置は、上記発明において、前記要因推論手段が、前記情報に基づいて前記知識モデルをブロック化し、前記知識モデルにおいて、前記ノード同士を結び、かつ前記現象の因果関係を示す因果ルートを前記ブロックごとに提示する。
【００１６】
　また、本発明に係る要因推論装置は、上記発明において、前記異常指標には、異常の度合いを示す異常度、予め定められた正常状態からの逸脱度に基づいて決定される区分のうち、少なくとも一つが含まれる。
【００１７】
　また、本発明に係る要因推論装置は、上記発明において、前記情報には、データ形式、設備の種類、前記事象のタイミングのうち、少なくとも一つが更に含まれる。
【００１８】
　また、本発明に係る要因推論装置は、上記発明において、前記データ形式には、観測値、設定値、カテゴリのいずれかが含まれる。

【００１９】
　また、本発明に係る要因推論装置は、上記発明において、前記事象のタイミングには、設定計算時、操業中、非操業中のいずれかが含まれる。
【００２０】
　上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る要因推論方法は、コンピュータによって構築された装置によって実行され、プロセスにおける現象の要因を推論する要因推論方法であって、前記コンピュータが備える知識モデル取得手段が、前記プロセスにおける現象の因果関係について、前記プロセスに生ずる事象をノードとし、前記ノード間を結ぶネットワーク形式で表現された知識モデルを取得する知識モデル取得ステップと、前記コンピュータが備える情報作成手段が、前記プロセスから収集したデータに基づいて、前記事象に関する異常指標を少なくとも含む情報を作成する情報作成ステップと、前記コンピュータが備えるデータ結合手段が、前記知識モデルのノードに対して、対応する前記情報を結び付けるデータ結合ステップと、前記コンピュータが備える要因推論手段が、前記知識モデルの構造と前記ノードに結び付けられた前記情報とに基づいて、前記現象の要因を推論して提示する要因推論ステップと、を含む。
【００２１】
　上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る要因推論システムは、要因推論サーバ装置と、端末装置と、を備える要因推論システムであって、前記要因推論サーバ装置が、プロセスにおける現象の因果関係について、前記プロセスに生ずる事象をノードとし、前記ノード間を結ぶネットワーク形式で表現された知識モデルを取得する知識モデル取得手段と、前記プロセスから収集したデータに基づいて、前記事象に関する異常指標を少なくとも含む情報を作成する情報作成手段と、前記知識モデルのノードに対して、対応する前記情報を結び付けるデータ結合手段と、前記知識モデルの構造と前記ノードに結び付けられた前記情報とに基づいて、前記現象の要因を推論する要因推論手段と、前記要因推論手段において推論された現象の要因を少なくとも含む情報を、前記端末装置に出力する出力手段と、を備え、前記端末装置が、前記要因推論サーバ装置から現象の要因を少なくとも含む情報を取得する情報取得手段と、前記情報取得手段が取得した情報を表示する表示手段と、を備える。
【００２２】
　上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る端末装置は、要因推論サーバ装置から、プロセスにおける現象の要因を少なくとも含む情報を取得する情報取得手段と、前記情報取得手段が取得した情報を表示する表示手段と、を備え、前記現象の要因が、プロセスにおける現象の因果関係について、前記プロセスに生ずる事象をノードとし、前記ノード間を結ぶネットワーク形式で表現された知識モデルの構造と、前記知識モデルのノードに結び付けられた情報であって、前記事象に関する異常指標を少なくとも含む情報とに基づいて推論されたものである。
【発明の効果】
【００２３】
　本発明に係る要因推論装置、要因推論方法、要因推論システムおよび端末装置によれば、分析対象に対する深い知識を有しないユーザが使用する場合においても、センサデータや設定値等の操業データから問題解決のために有用な補助情報を与えることができる。これにより、この補助情報を利用して、ユーザが問題解決のための適切かつ迅速なアクションを起こすことが可能となる。
【図面の簡単な説明】
【００２４】
【図１】図１は、本発明の実施形態に係る要因推論装置の概略的な構成を示す図である。
【図２】図２は、本発明の実施形態に係る要因推論装置が実行する要因推論方法の手順を示すフローチャートである。
【図３】図３は、本発明の実施形態に係る要因推論方法において、知識モデルの一例を示す図である。

【図４】図４は、本発明の実施形態に係る要因推論方法において、知識モデルに登録される監視項目および属性情報の一例を示す図である。
【図５】図５は、本発明の実施形態に係る要因推論方法において、知識モデルの一部のノードをブロック化した一例を示す図である。
【図６】図６は、本発明の実施形態に係る要因推論方法において、単体監視システムによって取得する異常指標（異常／正常の区分）の一例を示す図である。
【図７】図７は、本発明の実施形態に係る要因推論方法において、異常検知システムによって取得する異常指標（異常度）の一例を示す図である。
【図８】図８は、本発明の実施形態に係る要因推論方法において、異常／正常の区分を用いた要因の推論結果の一例を示す図である。
【図９】図９は、本発明の実施形態に係る要因推論方法において、異常度を用いた要因の推論結果の一例を示す図である。
【図１０】図１０は、本発明の実施形態に係る要因推論方法を、鋼板の表面品質の予測に適用した場合の変形例を示す図である。
【図１１】図１１は、本発明の実施形態に係る要因推論システムの概略的な構成を示す図である。
【図１２】図１２は、本発明の実施形態に係る要因推論方法の実施例において、知識モデルの一例を示す図である。
【図１３】図１３は、本発明の実施形態に係る要因推論方法の実施例において、要因の推論結果の一例を示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００２５】
本発明の実施形態に係る要因推論装置、要因推論方法、要因推論システムおよび端末装置について、図面を参照しながら説明する。なお、本発明は以下の実施の形態に限定されるものではなく、以下の実施の形態における構成要素には、当業者が置換可能かつ容易なもの、あるいは実質的に同一のものも含まれる。
【００２６】
〔要因推論装置〕
実施形態に係る要因推論装置について、図１を参照しながら説明する。要因推論装置は、プロセスにおける現象の要因を推論するためのものである。本実施形態における「プロセス」としては、例えば鉄鋼製品の製造プロセス、発電設備の発電プロセス、搬送設備の搬送プロセス等が挙げられる。
【００２７】
本実施形態では、熱延プロセスにおける異常の要因を推論する場合を想定して説明を行う。熱延プロセスは、加熱したスラブを所定の厚みまで圧延する工程である。熱延プロセスでは、加熱炉、圧延機、急冷設備等の多数の設備により処理を行うが、設備で異常が起こると、圧延途中における板の破断や、穴あき等の重大なトラブルを起こす可能性がある。そのため、異常の要因を推論してユーザ（オペレータ等）に提示し、これらの重大トラブルを未然に防ぐことは、安定した生産のためには重要である。
【００２８】
図１は、要因推論装置を実現するための情報処理装置１の構成の一例を示している。この情報処理装置１は、例えばワークステーションやパソコン等の汎用コンピュータによって実現される。また、情報処理装置１は、図１に示すように、入力部１０と、記憶部２０と、演算部３０と、出力部４０と、を備えている。
【００２９】
入力部１０は、演算部３０に対する入力手段であり、例えばキーボード、マウスポインタ、テンキー等の入力装置によって実現される。入力部１０は、演算部３０における各種演算に必要な情報を入力する。
【００３０】
記憶部２０は、例えばＥＰＲＯＭ（Erasable Programmable ROM）、ハードディ

スクドライブ（Hard Disk Drive：ＨＤＤ）およびリムーバブルメディア等の記録媒体によって実現される。リムーバブルメディアとしては、例えばＵＳＢ（Universal Serial Bus）メモリ、ＣＤ（Compact Disc）、ＤＶＤ（Digital Versatile Disc）、ＢＤ（Blu-ray（登録商標） Disc）のようなディスク記録媒体が挙げられる。

【００３１】

記憶部２０には、オペレーティングシステム（Operating System：ＯＳ）、各種プログラム、各種テーブル、各種データベース等が格納可能である。記憶部２０には、知識モデル２１が格納されている。なお、記憶部２０には、知識モデル２１の他にも、必要に応じて演算部３０における演算結果等が格納されてもよい。

【００３２】

知識モデル２１は、プロセスにおける現象の因果関係について、当該プロセスに生ずる事象をノードとし、ノード間を結ぶネットワーク形式で表現されたモデルである。この知識モデル２１は、例えば予め人手で作成され、コンピュータが読み込める形で記憶部２０に格納される。また、知識モデル２１は、複数の現象（トラブル）に対応できるように一つだけ作成してもよく、あるいは複数の現象に対応させて複数作成してもよい。なお、知識モデル２１の詳細については後記する（図３～図５参照）。

【００３３】

演算部３０は、例えばＣＰＵ（Central Processing Unit）等からなるプロセッサと、ＲＡＭ（Random Access Memory）やＲＯＭ（Read Only Memory）等からなるメモリ（主記憶部）と、によって実現される。

【００３４】

演算部３０は、プログラムを主記憶部の作業領域にロードして実行し、プログラムの実行を通じて各構成部等を制御することにより、所定の目的に合致した機能を実現する。演算部３０は、前記したプログラムの実行を通じて、知識モデル取得部３１、情報作成部３２、データ結合部３３および要因推論部３４として機能する。なお、図１では、一台のコンピュータによって演算部３０の各部の機能を実現する場合の例を示しているが、各部の機能の実現方法は特に限定されず、例えば複数のコンピュータによって各部の機能をそれぞれ実現してもよい。

【００３５】

知識モデル取得部３１は、記憶部２０から知識モデル２１を取得する。

【００３６】

情報作成部３２は、プロセスから操業データを収集し、当該操業データに基づいて、事象に関する異常指標を少なくとも含む情報を作成する。情報作成部３２が作成する情報は、後記するデータ結合部３３において、知識モデル２１のノードに結び付けられる情報である。この情報としては、前記した異常指標に加えて、例えばデータ形式、設備の種類、事象のタイミング等が含まれてもよい。

【００３７】

異常指標には、例えば異常の度合いを示す異常度（異常スコア（異常値））、予め定められた正常状態からの逸脱度に基づいて決定される区分等が含まれる。なお、「正常状態からの逸脱度に基づいて決定される区分」とは、例えば正常／異常の判定結果のことを示している。

【００３８】

データ形式には、例えば観測値、設定値、カテゴリ等が含まれる。なお、「観測値」とは、センサによって取得された設備のセンサデータのことを示している。また、「設定値」とは、設備に設定される設定値のことを示している。また、「カテゴリ」とは、データの種類のことを示している。

【００３９】

事象のタイミングには、設定計算時、操業中、非操業中等が含まれる。なお、「設定計算時」とは、当該事象が設定計算時に発生したことを示している。また、「操業中」とは、当該事象が操業中に発生したことを示している。また、「非操業中」とは、当該事象が

非操業中に発生したことを示している。
【００４０】
データ結合部３３は、知識モデル２１のノードに対して、当該ノードに対応する情報（情報作成部３２によって作成された情報）を結び付ける。なお、データ結合部３３の処理の詳細については後記する（図８および図９参照）。
【００４１】
要因推論部３４は、知識モデル２１の構造と、当該知識モデル２１のノードに結び付けられた情報とに基づいて、現象が発生する要因を推論し、ユーザに提示する。要因推論部３４は、具体的には、知識モデル２１において、ノード同士を結び、かつ現象の因果関係を示す因果ルートを特定する。そして、要因推論部３４は、当該因果ルートを、出力部４０を通じてユーザに提示する。
【００４２】
また、要因推論部３４は、推論した因果ルートが複数ある場合、当該因果ルートの各ノードに結び付けられた情報に基づいて、因果ルートをランク付けして提示する。この場合、要因推論部３４は、例えば推論した因果ルートにおいて、異常を示す異常指標が結び付けられたノードの個数、または過去に因果ルートとして選択されたノードの個数に基づいて、因果ルートをランク付けして提示することができる。
【００４３】
また、要因推論部３４は、各ノードに結び付けられる情報に基づいて知識モデル２１をブロック化し、知識モデル２１において、因果ルートをブロックごとに提示することもできる。なお、要因推論部３４における各処理の詳細については後記する（図８および図９参照）。
【００４４】
出力部４０は、演算部３０による演算結果を出力する出力手段である。出力部４０は、例えばディスプレイ、プリンタ等の入力装置によって実現される。出力部４０は、例えば予め作成された知識モデル２１、要因推論部３４における現象の要因の推論結果（例えば因果ルート）等を、出力する。
【００４５】
〔要因推論方法〕
実施形態に係る要因推論方法について、図２～図９を参照しながら説明する。要因推論方法では、図２に示すように、知識モデル取得ステップ（ステップＳ１）と、操業データ収集ステップ（ステップＳ２）と、情報作成ステップ（ステップＳ３）と、データ結合ステップ（ステップＳ４）と、要因推論ステップ（ステップＳ５）と、要因提示ステップ（ステップＳ６）と、を順に行う。以下、各ステップの詳細について説明する。
【００４６】
＜知識モデル取得ステップ＞
知識モデル取得ステップでは、知識モデル取得部３１が、記憶部２０に予め格納されている知識モデル２１を取得する。以下、知識モデル２１の詳細について説明する。
【００４７】
（知識モデル）
知識モデル２１は、上記のように、プロセスにおける現象の因果関係について、当該プロセスに生ずる事象をノードとし、ノード間を結ぶネットワーク形式で表現されたモデルである。本実施形態では、プロセスの監視項目に関係する事象が、どのように発展してどのようなトラブルへと至るのかをコンピュータ上で推測するために、トラブルを引き起こす現象のメカニズムに関する知識を、コンピュータが処理可能な知識モデル２１として用意する。
【００４８】
知識モデル２１は、図３に示すように、トラブル発生のメカニズムを、事象間を因果関係で結んだ因果連鎖の形で、ネットワーク構造を用いて表現している。この因果連鎖の最終結果、すなわち各事象を辿った先（最上段）が、プロセスにおいて注目するトラブルと

なる。知識モデル２１では、具体的には、トラブルに関連する設備の設定条件、物理的現象、設備の状態等の事象を、ネットワーク構造におけるノードとし、因果関係のある事象をエッジによって接続している。

【００４９】

図３に一例として示した知識モデル２１では、Ａｎｄ条件で事象が生じる場合は、丸印を介して各事象をエッジにより接続している。一方、Ｏｒ条件で事象が生じる場合は、丸印を介さずに各事象をエッジにより直接接続している。例えば同図に示した知識モデル２１では、「事象５および事象６の両方が起こると事象３が発生する」、「事象３または事象４のいずれかが起こると事象１が発生する」、「事象１または事象２のいずれかが起こるとトラブルＡが発生する」、ということをそれぞれ示している。

【００５０】

知識モデル２１の最上段に記述される具体的なトラブル（図３のトラブルＡ）としては、例えば熱延プロセスにおける穴あき、腰折れ、破断等が挙げられる。また、知識モデル２１の各ノードが示す事象の例としては、例えば「加熱炉でのスラブの加熱むら」、「スラブに偏熱が生じる」、「クラウンが大きくなる」等が挙げられる。

【００５１】

なお、図３に示した知識モデル２１では、便宜上「トラブルＡ」、「事象１～７」と表記しているが、実際の運用では、トラブルＡおよび事象１～７に対応する具体的な内容が記述される。このように、本実施形態では、因果関係のネットワーク構造で表現した知識モデル２１を、コンピュータが読み込める形で作成しておく。

【００５２】

（知識モデルへの監視項目の登録）

知識モデル２１のノードには、図４に示すように、予めノードの事象と関係のある監視項目を割り当てる。例えば「加熱炉でのスラブの加熱むら」という事象のノードに対しては、「スラブの温度差」という監視項目が割り当てられる。

【００５３】

図４に示した知識モデル２１では、便宜上「監視項目１～４」と表記しているが、実際の運用では、監視項目１～４に対応する具体的な内容が記述されることになる。なお、事象によってはセンサ等によって監視（観測）できないものある。そのため、同図に示すように、全てのノードに監視項目を割り当てる必要はなく、監視項目のないノード（例えば事象１，３参照）があってもよい。

【００５４】

（知識モデルへの属性情報の登録）

知識モデル２１のノード（監視項目が登録されたノード）には、図４に示すように、属性情報を割り当てる。属性情報には、事象に関する異常指標が少なくとも含まれる。また、属性情報には、この異常指標に加えて、例えばデータ形式、設備の種類、事象のタイミング等が含まれてもよい。

【００５５】

異常指標には、例えば異常の度合いを示す異常度（異常スコア）、予め定められた正常状態からの逸脱度に基づいて決定される区分等が含まれる。また、データ形式には、例えば観測値、設定値、カテゴリ等が含まれる。また、事象のタイミングには、設定計算時、操業中、非操業中等が含まれる。なお、監視項目と同様に、全てのノードに属性情報を割り当てる必要はなく、属性情報のないノード（例えば事象１，３参照）があってもよい。

【００５６】

ここで、知識モデル２１は、例えば出力部４０（例えばディスプレイ）を通じて、ユーザに提示することも可能である。その際に、監視項目および属性情報が登録されたノードを選択（クリック）することにより、図４に示すように、当該ノードの監視項目および属性情報の詳細を、ポップアップ等により展開して表示させるようにしてもよい。

【００５７】

また、知識モデル２１を、出力部４０を通じてユーザに提示する際に、ノードに対して

割り当てられた属性情報に基づいて、知識モデル２１の構造を限定して提示することも可能である。例えば図４に示した知識モデル２１では、属性［設備］を「ルーパー」に限定することにより、属性［設備］が「ルーパー」である事象２，４のノードのみを表示させ、属性［設備］が「圧延機」である事象５，６のノードを非表示にすることができる。また、要因推論部３４による要因推論ステップの際に、属性［設備］が「ルーパー」以外である事象を、推論の対象から除外することも可能である。

【００５８】

（知識モデルのブロック化）

知識モデル２１は、例えば図５に示すように、属性情報に基づいて、一部の事象に対応するノードをブロック化することも可能である。例えば同図に示したブロックＸの中には、共通の属性情報を有する別の知識モデル２１が内包されている。例えば同図に示した事象３，５，６は、いずれも属性［タイミング］が「設定計算時」であるため、一つのブロックとしてまとめて表現している。

【００５９】

また、ブロックの中に更にブロックを作成することも可能であり、階層的な表現が可能となっている。また、知識モデル２１を、出力部４０を通じてユーザに提示した際に、ブロックをクリックすることにより、内包されているノードやブロックの詳細を表示することも可能である。このように、知識モデル２１の一部をブロック化することにより、事象間の因果関係を、同じ属性単位（例えば同じ設備単位）で提示することができるため、プロセスにおけるトラブルの要因をより分かりやすく提示することができる。

【００６０】

＜操業データ収集ステップ、情報作成ステップ＞

操業データ収集ステップでは、情報作成部３２がプロセスから操業データを収集する。続いて、情報作成ステップでは、情報作成部３２が、収集した操業データに基づいて、事象に関する異常指標を少なくとも含む情報を作成する。操業データ収集ステップおよび情報作成ステップでは、例えば既存の単体監視システムや異常検知システム等を通じて、操業データを収集し、かつ異常指標を含む情報を作成することができる。

【００６１】

（単体監視システム）

単体監視システムでは、設備に設置された各種センサ等により操業データを多数収集し、監視項目を決定した後、予め定めた閾値から逸脱するか否か等により監視を行う。単体監視システムにおける監視の方法としては、例えば正常時の分布の平均から３σ以上乖離すると異常と判定する方法や、図６に示すように、監視項目の値が管理上限または管理下限の範囲から逸脱した場合に異常と判定する方法等が挙げられる。

【００６２】

ここで、操業データは多岐にわたるため、全てを監視することは難しく、異常な挙動を示しているデータがあったとしても、そのデータから生産への影響を判断するには、各設備やプロセスへの深い知識が必要となる。そのため、ベテラン層でなければ、データから生産への影響を判断することは困難である。そこで、本実施形態では、単体監視システムによって取得した異常指標と、知識モデル２１とを利用して、トラブルの要因を推論する。なお、単体監視システムによって取得する異常指標は、図６に示すような異常／正常の区分（判定結果）でもよく、あるいは異常の度合いを示す異常度（異常スコア）でもよい。

【００６３】

（異常検知システム）

異常検知システムでは、設備が異常を示しているかどうかを判断するために、機械学習を用いた方法を取り入れている。単体監視システムでは、監視項目単体を見て異常かどうかを判断するのに対して、異常検知システムでは、複数の監視項目を複合的に見て異常かどうかを判断する。

【００６４】

異常検知システムにおける機械学習の手法としては、例えばグラフィカルガウシアンモ

デルや主成分分析等の統計ベースの手法、オートエンコーダ等の深層学習をベースとした手法等を用いることができる。これらの手法では、正常時における監視項目のデータを学習させ、現在のデータが異常か否かを出力する。異常検知システムでは、例えば図７に示すように、監視項目ごとの異常度（異常スコア）が出力され、監視項目が異常か否かは異常度の大小により判断する。なお、熱延プロセスにおける監視項目としては、例えば「蛇行量」、「荷重差」、「スラブの温度差」等が挙げられる。

【００６５】

ここで、異常検知システムにおける監視項目の数は、数千項目にもなり膨大である。そのため、異常と判断した監視項目から、瞬時にどのようなトラブルに結び付くのかを判断することは困難である。また、トラブルに対応するアクションを取るために、各監視項目に関連する現象がどのようなメカニズムによりトラブルへと発展しうるのかを推測することは、トラブルに関する十分な知識がない経験の浅いユーザには困難である。そこで、本実施形態では、異常検知システムによって取得した異常指標と、知識モデル２１とを利用してトラブルの要因を推論する。

【００６６】

＜データ結合ステップ＞

データ結合ステップでは、データ結合部３３が、知識モデル２１のノードに対して、当該ノードに対応する情報（情報作成部３２によって作成された情報）を結び付ける。データ結合ステップにおいて、知識モデル２１に結び付ける情報は、前記した単体監視システムや異常検知システムによって取得した異常指標を少なくとも含む情報である。

【００６７】

知識モデル２１に結び付ける情報としては、異常指標、データ形式、設備の種類、事象のタイミング等が挙げられる。また、異常指標としては、例えば表１に示すような異常／正常の区分や、表２に示すような監視項目ごとに算出された異常度等が挙げられる。なお、表１では、「異常／正常」からなる２パターンの区分を一例として示しているが、例えば「正常／小異常／大異常」からなる３パターンの区分を用いてもよい。

【００６８】

【表１】

（表1）

監視項目	異常指標(区分)
監視項目1	正常
監視項目2	正常
監視項目3	異常
監視項目4	異常

【表２】

（表2）

監視項目	異常指標(異常度)
監視項目1	2.0
監視項目2	4.0
監視項目3	20.0
監視項目4	4.0
監視項目5	1.0

【００６９】

＜要因推論ステップ＞

要因推論ステップでは、要因推論部３４が、知識モデル２１の構造と、当該知識モデル２１のノードに結び付けられた情報とに基づいて、現象の要因を推論する。要因推論ステップでは、因果連鎖のグラフ構造で表現した知識モデル２１と、表１および表２に示した異常指標とを用いて、プロセスにおいてどのようなトラブルが発生しうるか、またトラブルがどのように発生するのかを推論する。以下では、表１の異常指標（異常／正常の区分）を用いた推論と、表２の異常指標（異常度）を用いた推論とについて、それぞれ分けて説明する。

【００７０】

（異常／正常の区分を用いた推論）

データ結合ステップにおいて、表１の異常指標を知識モデル２１に反映（結合）させた上で、図８に示すように、異常と判断した監視項目の事象から因果関係の結果方向へと辿る。これにより、到達した最終のノードに記述されたトラブル（同図ではトラブルＡ）を、プロセスに発生しうるトラブルとして特定する。また、当該トラブルの発生メカニズムとして、同図の太線で示すように、先ほど辿った事象の因果ルートを特定する。

【００７１】

ここで、要因推論ステップにおいて、因果関係の結果方向へと辿る際に、Ａｎｄの接続関係がある場合は、該当する事象が全て異常となった場合のみ、更に結果方向へと辿るようにする。例えば図８では、事象５と事象６の両方が異常となっているため、事象３へ辿っている。また、結果方向へと辿る途中で、監視項目が正常の事象に到達した場合には、そこからさらに結果方向へ辿る処理は中断する。

【００７２】

（異常度を用いた推論）

データ結合ステップにおいて、表２の異常指標を知識モデル２１に反映（結合）させた上で、図９に示すように、異常度に応じて監視項目の事象から因果関係の結果方向へと辿る。これにより、到達した最終のノードに記述されたトラブル（同図ではトラブルＡ）を、プロセスに発生しうるトラブルとして特定する。また、当該トラブルの発生メカニズムとして、同図の太線で示すように、先ほど辿った事象の因果ルートを特定する。

【００７３】

ここで、要因推論ステップでは、最終のノードに記述されたの発生メカニズムとして、異常度の総和が最も高い因果ルートを特定する。例えば図９では、事象５→事象３→事象１→トラブルＡまでの因果ルートの異常度の総和が、「２４．０」で最も高いため、同図の太線で示すように、事象５→事象３→事象１→トラブルＡまでの因果ルートを特定する。

【００７４】

＜要因提示ステップ＞
　要因提示ステップでは、要因推論部３４が、要因推論ステップで推論した現象の要因を、出力部４０を通じてユーザに提示する。要因提示ステップでは、具体的には、図８および図９において太線で示した因果ルートを提示する。なお、要因提示ステップでは、同図のように因果ルートを太線で強調表示（ハイライト表示）する方法以外にも、例えば以下のように因果ルートを強調表示してもよい。例えば、要因提示ステップでは、因果ルートに含まれるノードおよびエッジを、それ以外のノードおよびエッジとは別の色で表示してもよく、あるいは、因果ルートに含まれるノードおよびエッジのみを表示し、それ以外のノードおよびエッジを非表示としてもよい。
【００７５】
　なお、要因推論ステップにおいて、複数のトラブルが特定された場合や、複数の因果ルートが特定された場合は、複数のトラブルおよび複数のトラブルを、出力部４０を通じてユーザに提示すればよい。その際、例えば要因推論ステップで特定された因果ルートにおいて、異常を示す異常指標が結び付けられたノードの個数、または過去に因果ルートとして選択されたノードの個数に基づいて、因果ルートをランク付けして提示してもよい。
【００７６】
〔変形例〕
　前記した実施形態では、熱延プロセスにおける異常の要因を推論する場合を想定していたが、例えば鋼板の表面品質の予測に適用することも可能である。鋳造や圧延において問題が生じ、製造後や製造途中において鋼板の表面に疵が付くことがある。疵が付いた鋼板は出荷できないため、歩留ロスに結び付く。
【００７７】
　そのため、鋼板の製造条件から疵の発生の有無を予測する予測モデル（機械学習モデル）が開発されている。この技術では、予測モデルが予測した結果に対して、使用した製造条件のデータ項目（以下、「説明変数」という）のうちのどれが影響しているかという指標を数値（以下「影響度」という）によって出力することが可能である。鋼板に疵が発生すると予測された場合は、原因を探るために上記の影響度を参考にするが、疵の発生メカニズムに関する深い知識がないと、各説明変数の現象がどのように結び付いて疵が発生したのかを判断することが難しい。
【００７８】
　そこで、本変形例では、図１０に示すように、疵を引き起こす事象の因果関係のネットワーク構造で表現された知識モデル２１を、コンピュータが読み込める形で作成しておく。また、この知識モデル２１のノードには、当該ノードの事象に関係する予測モデルの説明変数（同図の説明変数１～４参照）を割り当てる。
【００７９】
　本変形例のデータ結合ステップでは、知識モデル２１のノードに対して、各説明変数が重要であるか否かに関する情報を結び付ける。各説明変数が重要であるか否かに関する情報は、例えば予測モデルによって計算された説明変数の影響度が、予め定めた閾値を超えるか否かに基づいて作成することができる。
【００８０】
　本変形例では、要因推論ステップにおいて、図１０の太線で示すような因果ルートを特定する。そして、要因提示ステップにおいて、特定した因果ルートを提示する。
【００８１】
〔要因推論システム〕
　実施形態に係る要因推論システム２は、図１１に示すように、要因推論サーバ装置３と、端末装置４と、を備えている。要因推論サーバ装置３および端末装置４は、例えばインターネット回線網等のネットワークＮを通じて通信可能に構成されている。また、要因推論システム２のうち、端末装置４は、例えば製鉄所内に配置される。
【００８２】
　要因推論サーバ装置３は、例えばクラウド上に配置されたサーバ等により実現される。

この要因推論サーバ装置３は、図１に示した情報処理装置１によって実現される要因推論装置のネットワーク対応サーバ装置であり、当該要因推論装置と同様の構成を備えている。すなわち、要因推論サーバ装置３は、情報処理装置１の構成要素のうち、知識モデル取得部、情報作成部、データ結合部および要因推論部として機能する演算部と、出力部と、を少なくともを備えている。

【００８３】

要因推論サーバ装置３の知識モデル取得部は、プロセスにおける現象の因果関係について、プロセスに生ずる事象をノードとし、ノード間を結ぶネットワーク形式で表現された知識モデルを取得する。また、要因推論サーバ装置３の情報作成部は、プロセスから収集したデータに基づいて、事象に関する異常指標を少なくとも含む情報を作成する。また、要因推論サーバ装置３のデータ結合部は、知識モデルのノードに対して、対応する情報を結び付ける。また、要因推論サーバ装置３の要因推論部は、知識モデルの構造とノードに結び付けられた情報とに基づいて、現象の要因を推論する。また、要因推論サーバ装置３の出力部は、要因推論部において推論された現象の要因を少なくとも含む情報を、ネットワークＮ経由で端末装置４に出力する。

【００８４】

端末装置４は、要因推論サーバ装置３からネットワークＮを通じて各種情報を取得して表示する。この端末装置４は、例えばパソコン等の汎用コンピュータ、タブレット型コンピュータ等のモバイル情報処理機器によって実現される。また、端末装置４は、情報取得部および表示部として機能する演算部を備えている。また、端末装置４には、例えば液晶ディスプレイ（ＬＣＤ）、有機ＥＬディスプレイ（ＯＬＥＤ）、タッチパネルディスプレイ等の外部ディスプレイが接続されている。

【００８５】

端末装置４の情報取得部は、要因推論サーバ装置３から、当該要因推論サーバ装置３によって推論された現象の要因を少なくとも含む情報を取得する。この現象の要因は、プロセスにおける現象の因果関係について、プロセスに生ずる事象をノードとし、ノード間を結ぶネットワーク形式で表現された知識モデルの構造と、知識モデルのノードに結び付けられた情報とに基づいて推論されたものである。また、知識モデルのノードに結び付けられた情報は、事象に関する異常指標を少なくとも含む情報である。

【００８６】

また、上記の現象の要因としては、例えばプロセスにおける現象とその要因とを関連付けた因果ルート全体（図８および図９参照）、推論した現象の要因の因果ルートの強調表示、複数の因果ルートのランク付けの結果、等が挙げられる。そして、端末装置４の表示部は、情報取得部が取得したこれらの情報を、上記の外部ディスプレイに表示させる。

【００８７】

〔実施例〕

本発明に係る要因推論方法を鋼板の圧延プロセスに適用した実施例について、図１２および図１３を参照しながら説明する。図１２は、本実施例で用いる知識モデルを示している。

【００８８】

図１２に示した知識モデルは、あるトラブルに対して、複数の事象がどのような影響を与えるのかを示している。同図に示したノードのうち、「設備状態Ａ～Ｅ」としては、例えば圧延機の機械ガタ、機械設定に対する誤差、センサ不良等が挙げられる。また、「鋼板状態Ａ～Ｈ」としては、例えば「温度の分布」、「温度による硬さの変動」、「鋼板形状」等が挙げられる。

【００８９】

また、図１２に示した知識モデルの各ノードには、データの異常／正常の区分（異常指標）を含む属性情報が登録される。なお、ノード（現象）によっては、直接観測ができない場合やデータが存在しないものもあるため、観測可能な現象のノードを利用して要因の推論を行う。同図において、網掛けで示したノードは観測不可能な現象のノードを示して

おり、それ以外のノードは観測可能な現象のノードを示している。

【００９０】

図１２に示した知識モデルを利用して要因の推論を行った結果（因果ルート）を、図１３に示す。同図に太線で示すように、トラブルに至るノードのうち、異常となるノードを辿ると、「設備状態Ｂ（水平方向）」が根本的な原因であることがわかる。このように、本発明に係る要因推論方法によれば、知識モデルを用いることにより、トラブルの根本的な原因を容易に把握することが可能となる。

【００９１】

以上説明した実施形態に係る要因推論装置、要因推論方法、要因推論システムおよび端末装置によれば、分析対象に対する深い知識を有しないユーザ（オペレータ等）が使用する場合においても、センサデータや設定値等の操業データから問題解決のために有用な補助情報（因果ルート）を与えることができる。これにより、この補助情報を利用して、ユーザが問題解決のための適切かつ迅速なアクションを起こすことが可能となる。

【００９２】

以上、本発明に係る要因推論装置、要因推論方法、要因推論システムおよび端末装置について、発明を実施するための形態および実施例により具体的に説明したが、本発明の趣旨はこれらの記載に限定されるものではなく、請求の範囲の記載に基づいて広く解釈されなければならない。また、これらの記載に基づいて種々変更、改変等したものも本発明の趣旨に含まれることはいうまでもない。

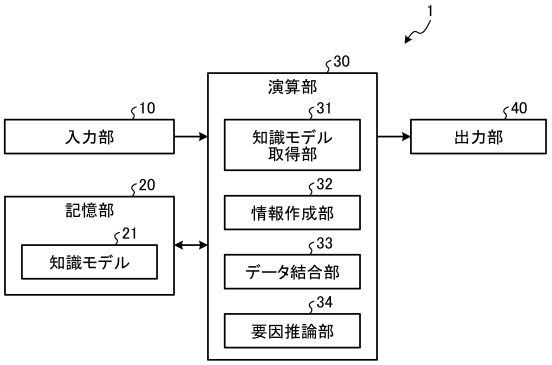
【符号の説明】

【００９３】

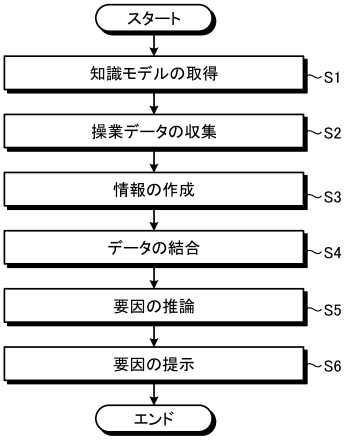
１　情報処理装置
１０　入力部（入力手段）
２０　記憶部（記憶手段）
２１　知識モデル
３０　演算部（演算手段）
３１　知識モデル取得部（知識モデル取得手段）
３２　情報作成部（情報作成手段）
３３　データ結合部（データ結合手段）
３４　要因推論部（要因推論手段）
４０　出力部（出力手段）
２　要因推論システム
３　要因推論サーバ装置
４　端末装置
Ｎ　ネットワーク

【図面】

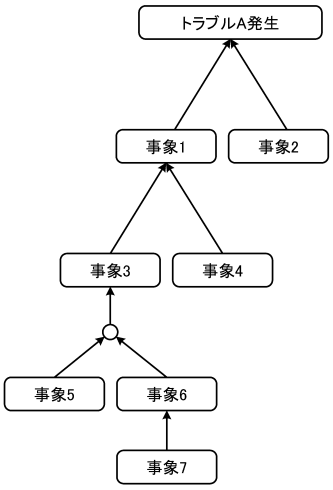
【図１】


1
30
演算部
10
入力部
31
知識モデル
取得部
40
出力部
20
記憶部
21
知識モデル
32
情報作成部
33
データ結合部
34
要因推論部

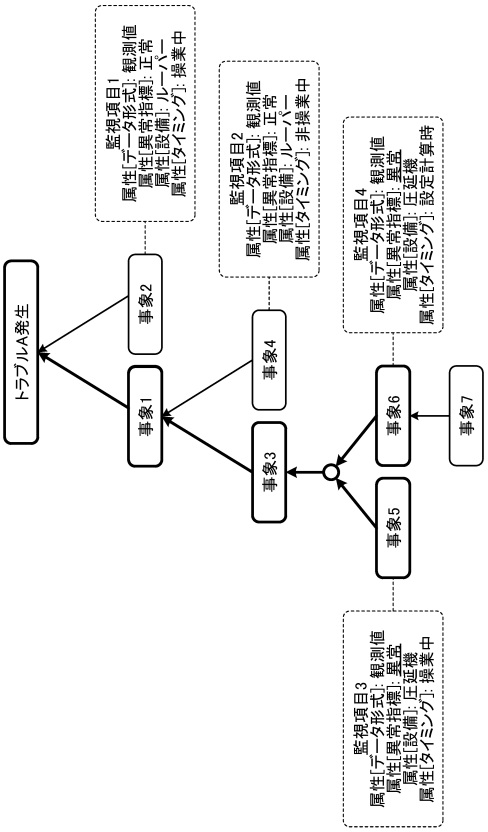
【図２】


スタート
知識モデルの取得
S1
操業データの収集
S2
情報の作成
S3
データの結合
S4
要因の推論
S5
要因の提示
S6
エンド

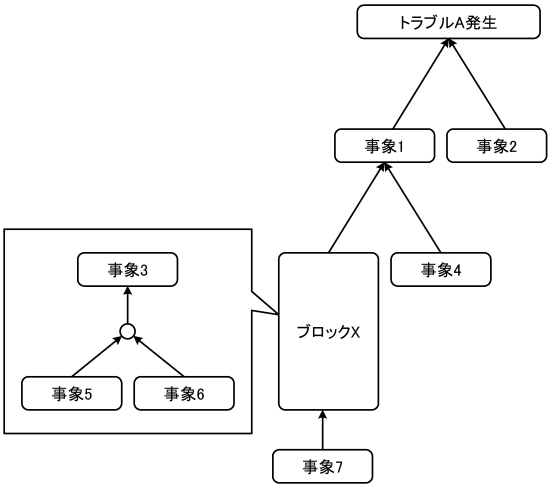
【図３】


トラブルA発生
事象1
事象2
事象3
事象4
事象5
事象6
事象7

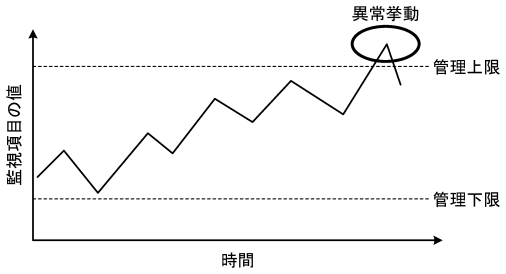
【図４】


監視項目1
属性[データ形式]: 観測値
属性[異常指標]: 正常
属性[設備]: ルーバー
属性[タイミング]: 操業中
監視項目2
属性[データ形式]: 観測値
属性[異常指標]: 正常
属性[設備]: ルーバー
属性[タイミング]: 非操業中
監視項目4
属性[データ形式]: 観測値
属性[異常指標]: 重畳
属性[設備]: 圧延機
属性[タイミング]: 設定計算時
監視項目3
属性[データ形式]: 観測値
属性[異常指標]: 重畳
属性[設備]: 圧延機
属性[タイミング]: 操業中
トラブルA発生
事象2
事象1
事象4
事象3
事象6
事象5
事象7

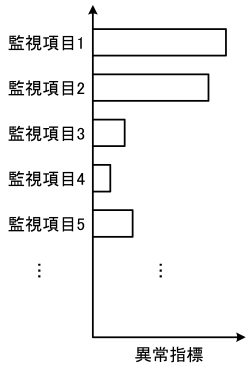
【図５】


トラブルA発生
事象1
事象2
事象3
事象4
ブロックX
事象5
事象6
事象7

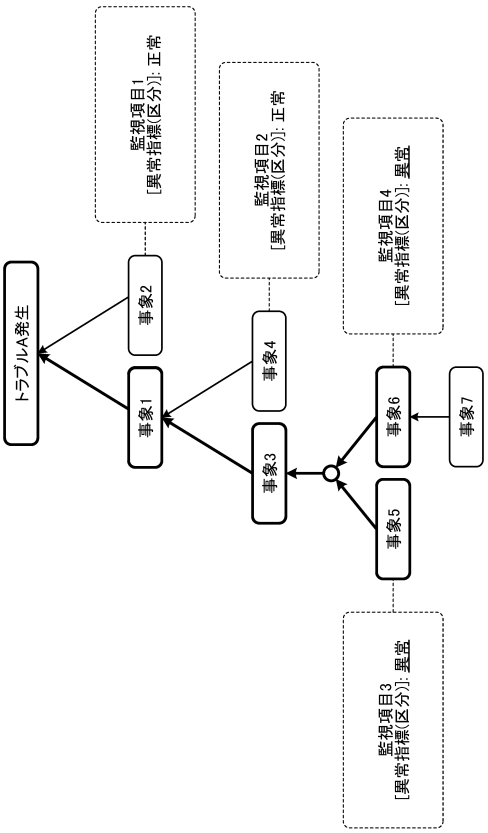
【図６】


異常挙動
管理上限
管理下限
監視項目の値
時間

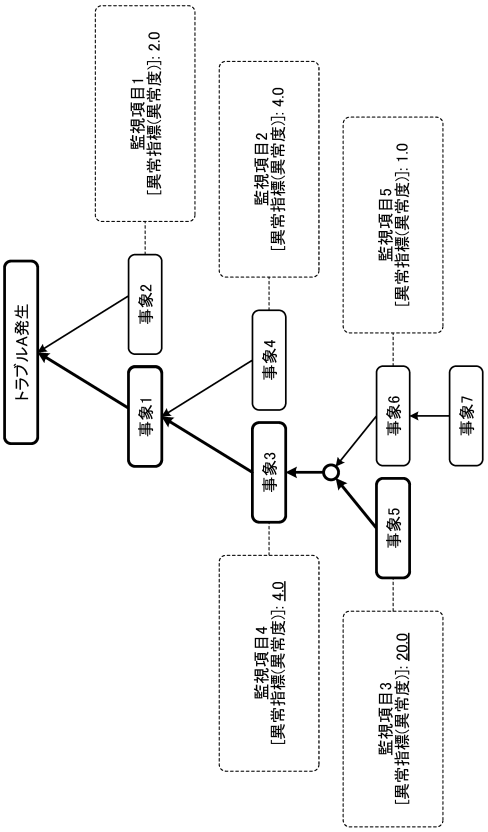
【図７】


監視項目1
監視項目2
監視項目3
監視項目4
監視項目5
異常指標

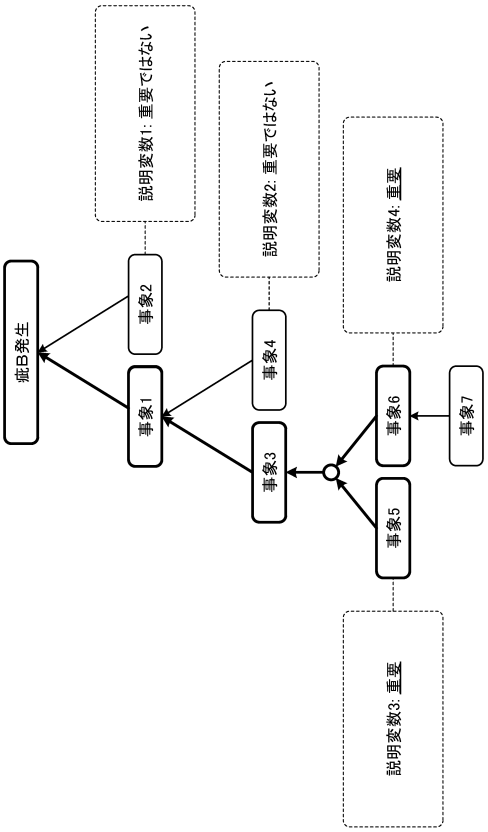
【図８】


監視項目1
[異常指標(区分)]：正常
監視項目2
[異常指標(区分)]：正常
監視項目4
[異常指標(区分)]：異常
トラブルA発生
事象2
事象1
事象4
事象3
事象6
事象7
事象5
監視項目3
[異常指標(区分)]：異常

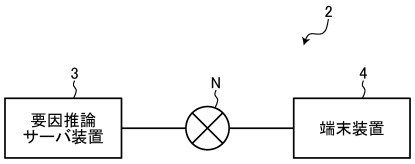
【図９】



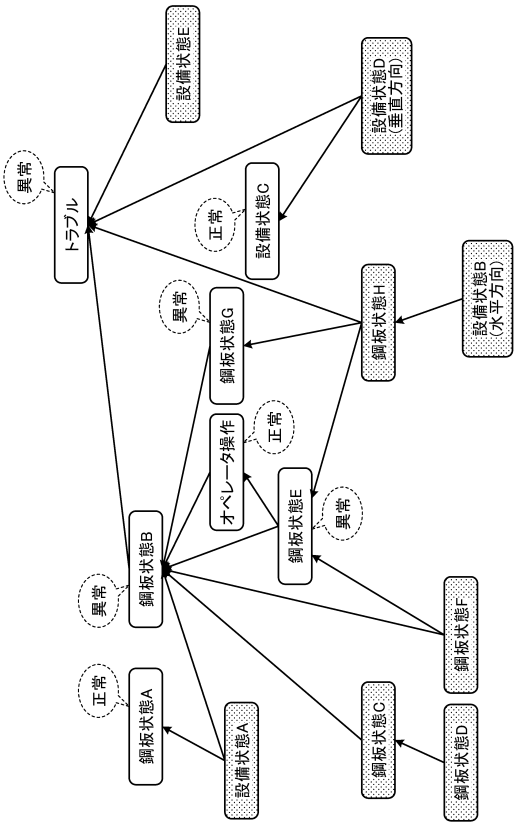
【図１０】



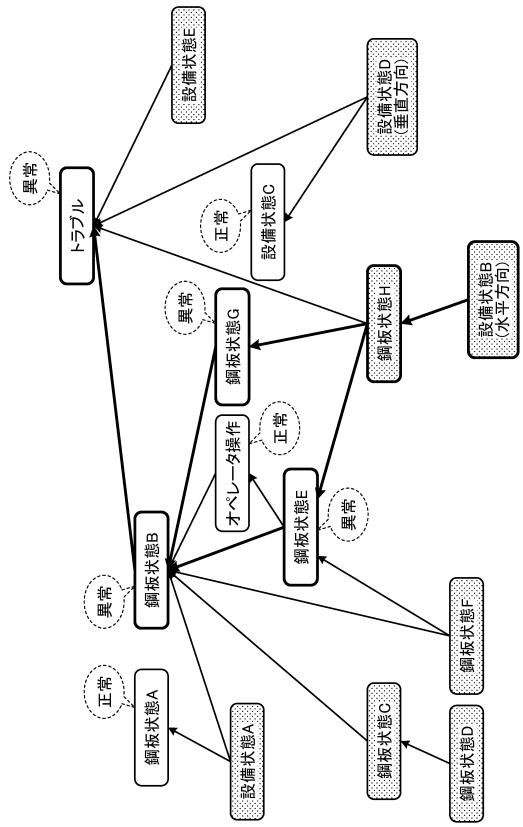
【図１１】



【図１２】



【図１３】


異常
トラブル
設備状態E
設備状態D
(垂直方向)
正常
設備状態C
異常
鋼板状態G
鋼板状態H
設備状態B
(水平方向)
オペレータ操作
正常
異常
鋼板状態E
異常
鋼板状態B
鋼板状態F
正常
鋼板状態A
設備状態A
鋼板状態C
鋼板状態D

フロントページの続き

(56)参考文献　特開２００７－２５７２８５（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－０７５９２３（ＪＰ，Ａ）
特開２０１９－０８２９４３（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－２３４８３２（ＪＰ，Ａ）
特開２０１７－１６７８４７（ＪＰ，Ａ）
特開平０４－１７５６９４（ＪＰ，Ａ）
国際公開第８９／０１２８５２（ＷＯ，Ａ１）
特開昭６２－０１４２１０（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１３７９０８（ＪＰ，Ａ）
特開昭５７－１２３４０９（ＪＰ，Ａ）
特開２０１６－１２２３３２（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０２０／１６１８３５（ＷＯ，Ａ１）
特開２０１０－１２２８４７（ＪＰ，Ａ）
特開２０１４－０５９６３９（ＪＰ，Ａ）
特開２０２１－１７４４０８（ＪＰ，Ａ）
特開２０１９－１９４８４９（ＪＰ，Ａ）
特開２０２２－０２８６２０（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０５Ｂ　２３／００－２３／０２