

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2023年9月21日(21.09.2023)



(10) 国際公開番号  
**WO 2023/176464 A1**

(51) 国際特許分類:  
**G05B 23/02** (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/007709

(22) 国際出願日: 2023年3月2日(02.03.2023)

(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 2022-040921 2022年3月16日(16.03.2022) 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: 原田 洋平(HARADA, Yohei); 〒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). 平田 丈英(HIRATA, Takehide); 〒1000011 東京都

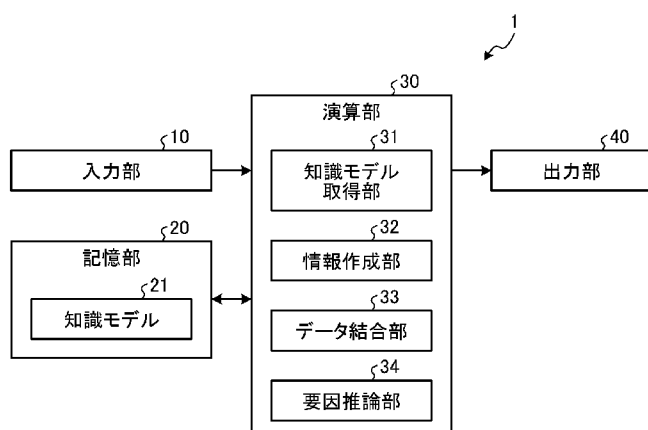
千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 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, 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,

(54) Title: CAUSE INFERENCE DEVICE, CAUSE INFERENCE METHOD, CAUSE INFERENCE SYSTEM, AND TERMINAL DEVICE

(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



- 10 Input unit  
20 Storage unit  
21 Knowledge model  
30 Arithmetic unit  
31 Knowledge model acquisition unit  
32 Information creation unit  
33 Data association unit  
34 Cause inference unit  
40 Output unit

(57) Abstract: Provided is a cause inference device for inferring the cause of a phenomenon in a process, the cause inference device comprising: a knowledge model acquisition means that acquires a knowledge model representing a causal relationship between phenomena in a process by a network connecting nodes each being a phenomenon that occurs in the process; an information creation means that creates information including at least a phenomenon abnormality indicator on the basis of data collected from the process; a data association means that associates a node of the knowledge model with corresponding information; and a cause inference means that infers and presents the cause of a phenomenon on the basis of the structure of the knowledge model and the information associated with the node.

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, 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: 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、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知識モデル取得手段と、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情報作成手段と、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データ結合手段と、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、現象の要因を推論して提示する要因推論手段と、を備える。

## 明 細 書

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

### 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] 特許文献1：特開2019-194849号公報

## 非特許文献

[0006] 非特許文献1：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組み合わせただとしても、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、操作中、非操作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 E P R O M (Erasable Programmable ROM)、ハードディスクドライブ (Hard Disk Drive : H D D) 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 U S B (Universal Serial Bus) メモリ、C D (Compact Disc)、D V D (Digital Versatile Disc)、B D (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 : O S)

、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、操作中、非操作中等が含まれる。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、「操作中」とは、当該事象が操作中に発生したことを示している。また、「非操作中」とは、当該事象が非操作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）できないものがある。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、操作中、非操作中等が含まれる。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 $3\sigma$ 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 2 1 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 3 3 が、知識モデル 2 1 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 3 2 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 2 1 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 2 1 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] &lt;要因推論ステップ&gt;

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。鑄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係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）

- 3 2 情報作成部（情報作成手段）
- 3 3 データ結合部（データ結合手段）
- 3 4 要因推論部（要因推論手段）
- 4 0 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

## 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、  
請求項1から請求項4のいずれか一項に記載の要因推論装置。
- [請求項6] 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から請求項5のいずれか一項に記載の要因推論装置。
- [請求項7] 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6に記載の要因推論装置。
- [請求項8] 前記事象のタイミングには、設定計算時、操作中、非操作中のいずれかが含まれる、  
請求項6に記載の要因推論装置。
- [請求項9] 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、

を含む要因推論方法。

[請求項10]

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11]

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、

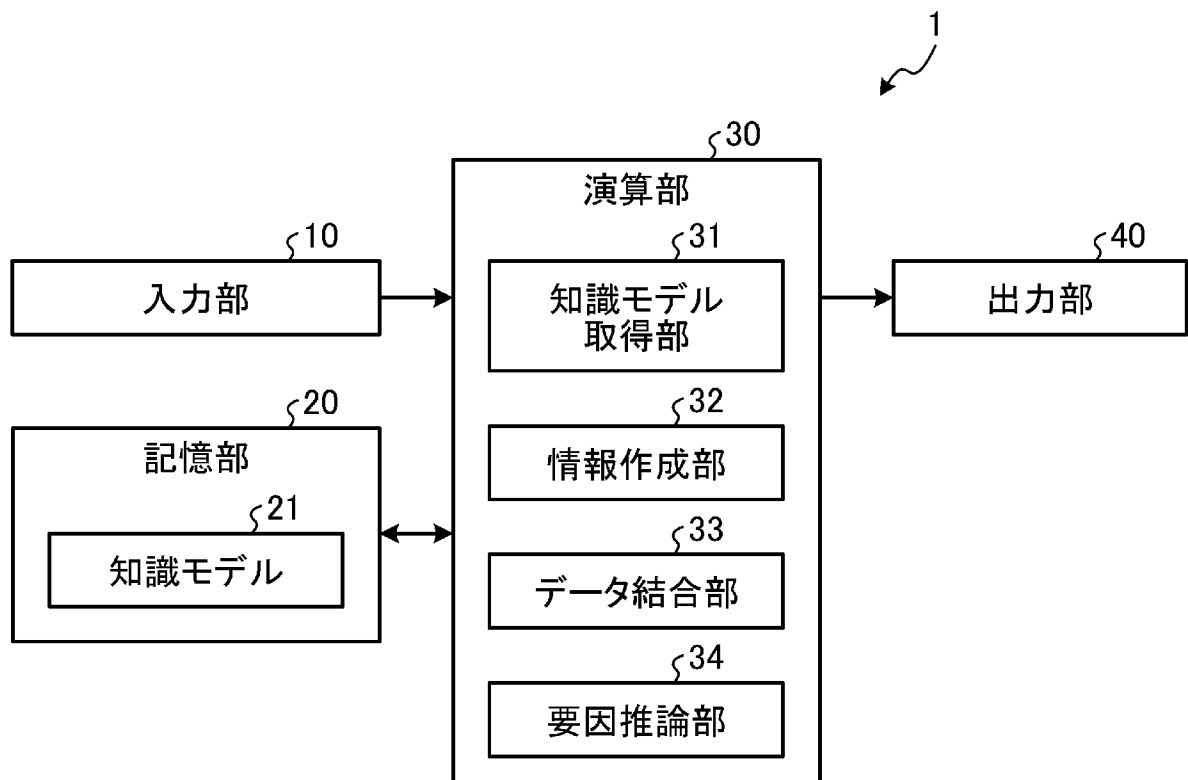
前記情報取得手段が取得した情報を表示する表示手段と、

を備え、

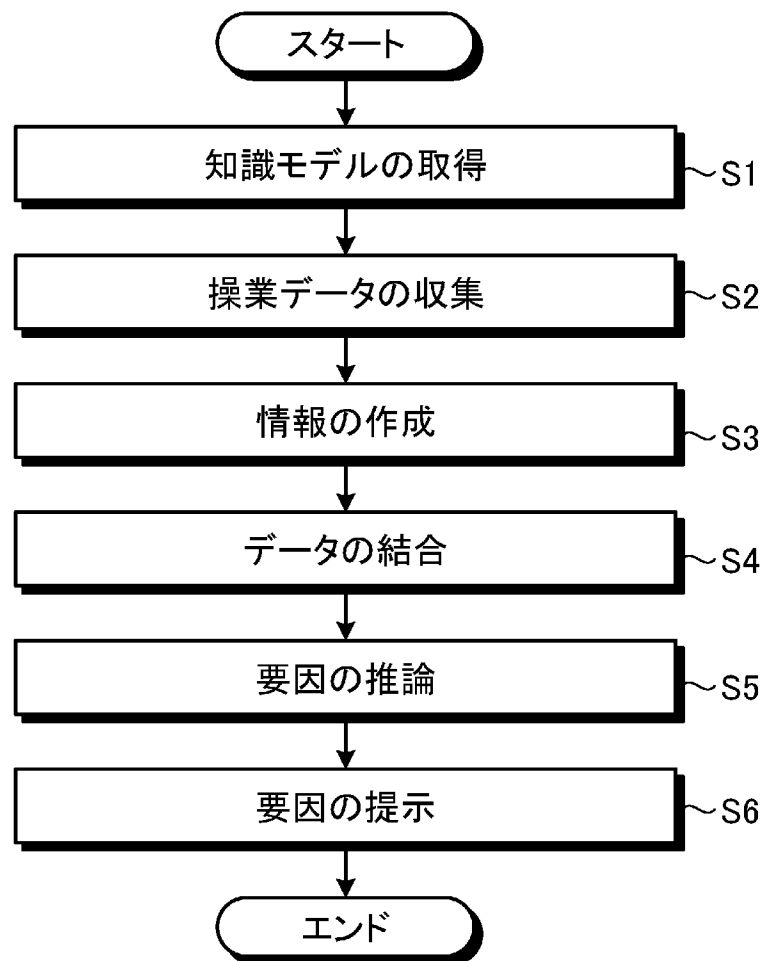
前記現象の要因は、プロセスにおける現象の因果関係について、前記プロセスに生ずる事象をノードとし、前記ノード間を結ぶネットワーク形式で表現された知識モデルの構造と、前記知識モデルのノード

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る、  
端末装置。

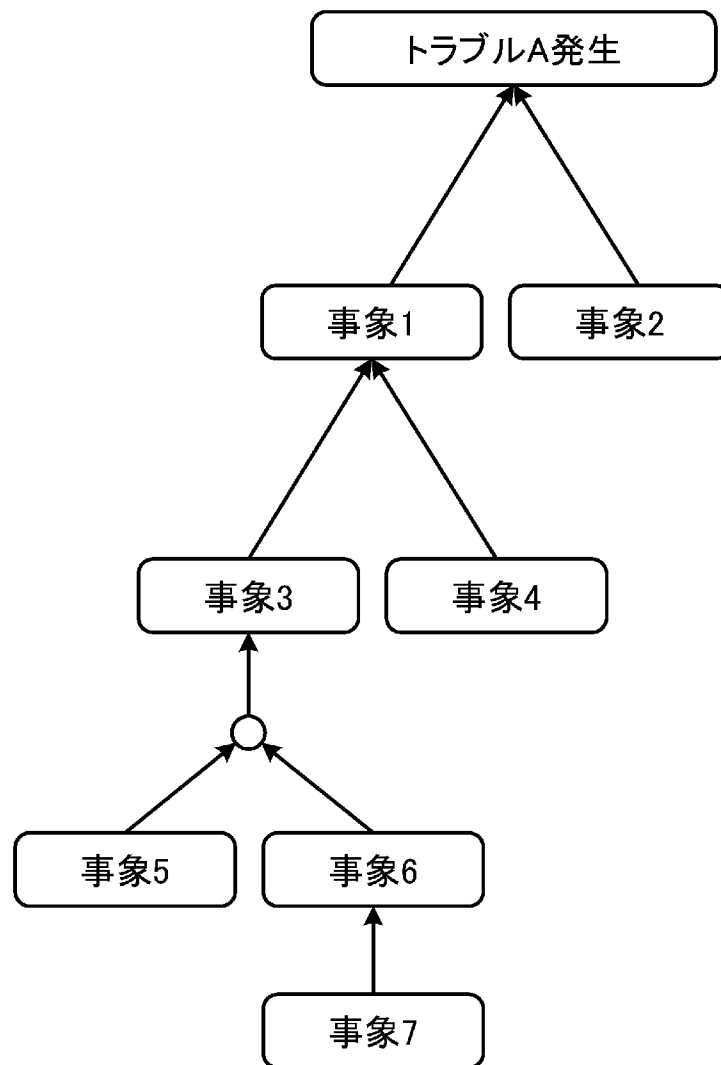
[図1]



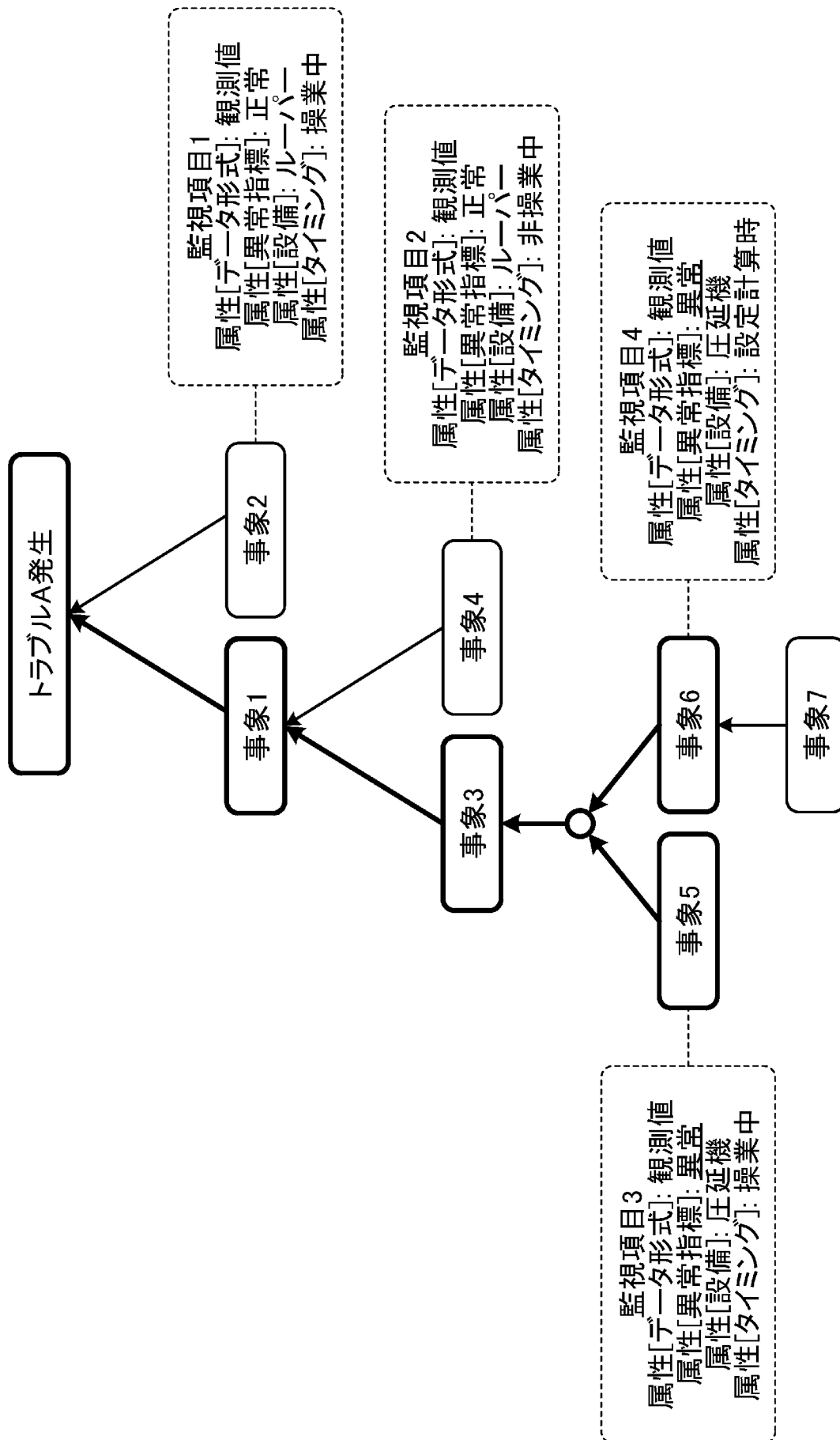
[図2]



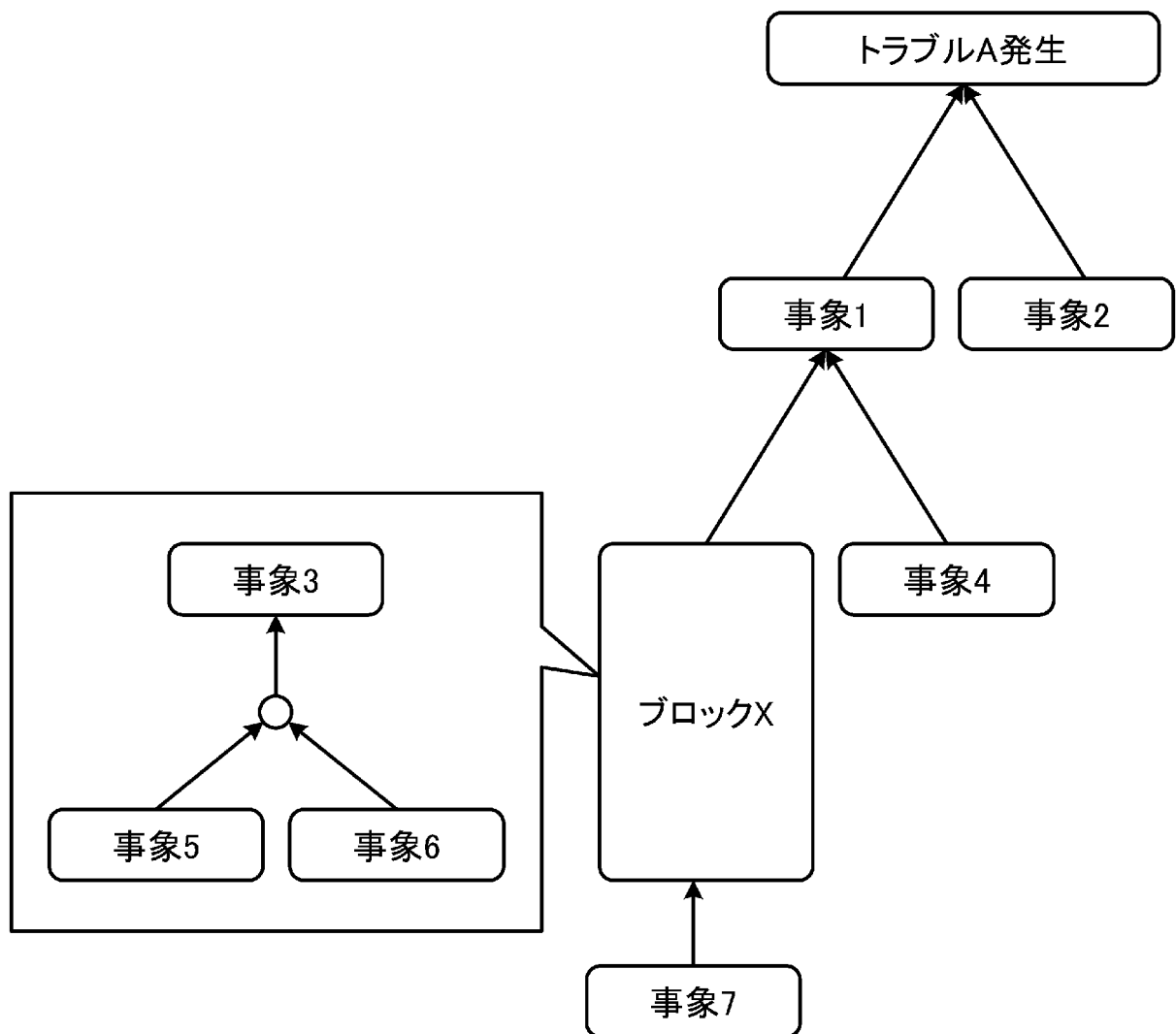
[図3]



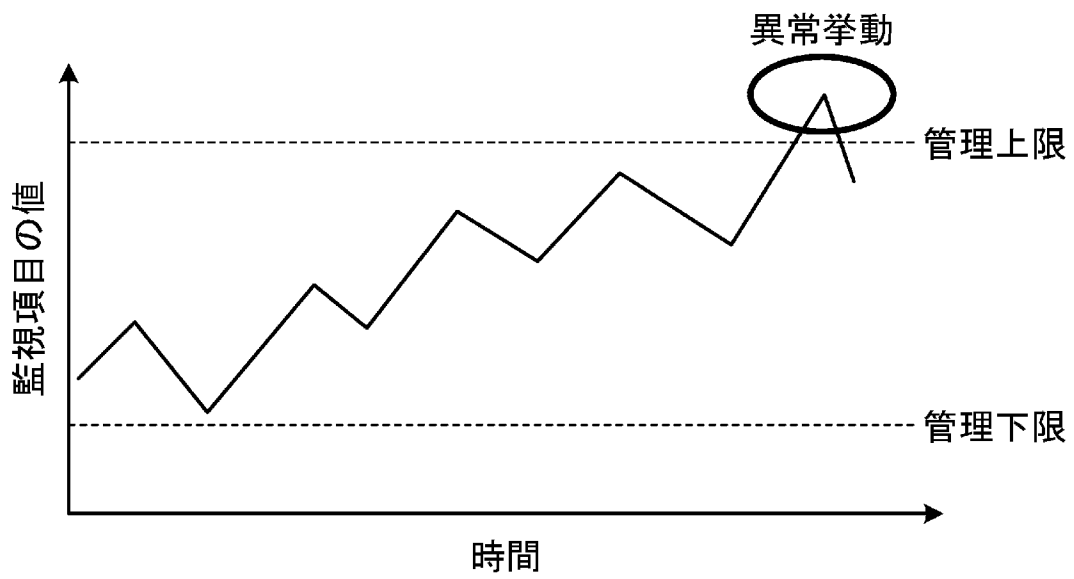
[図4]



[図5]



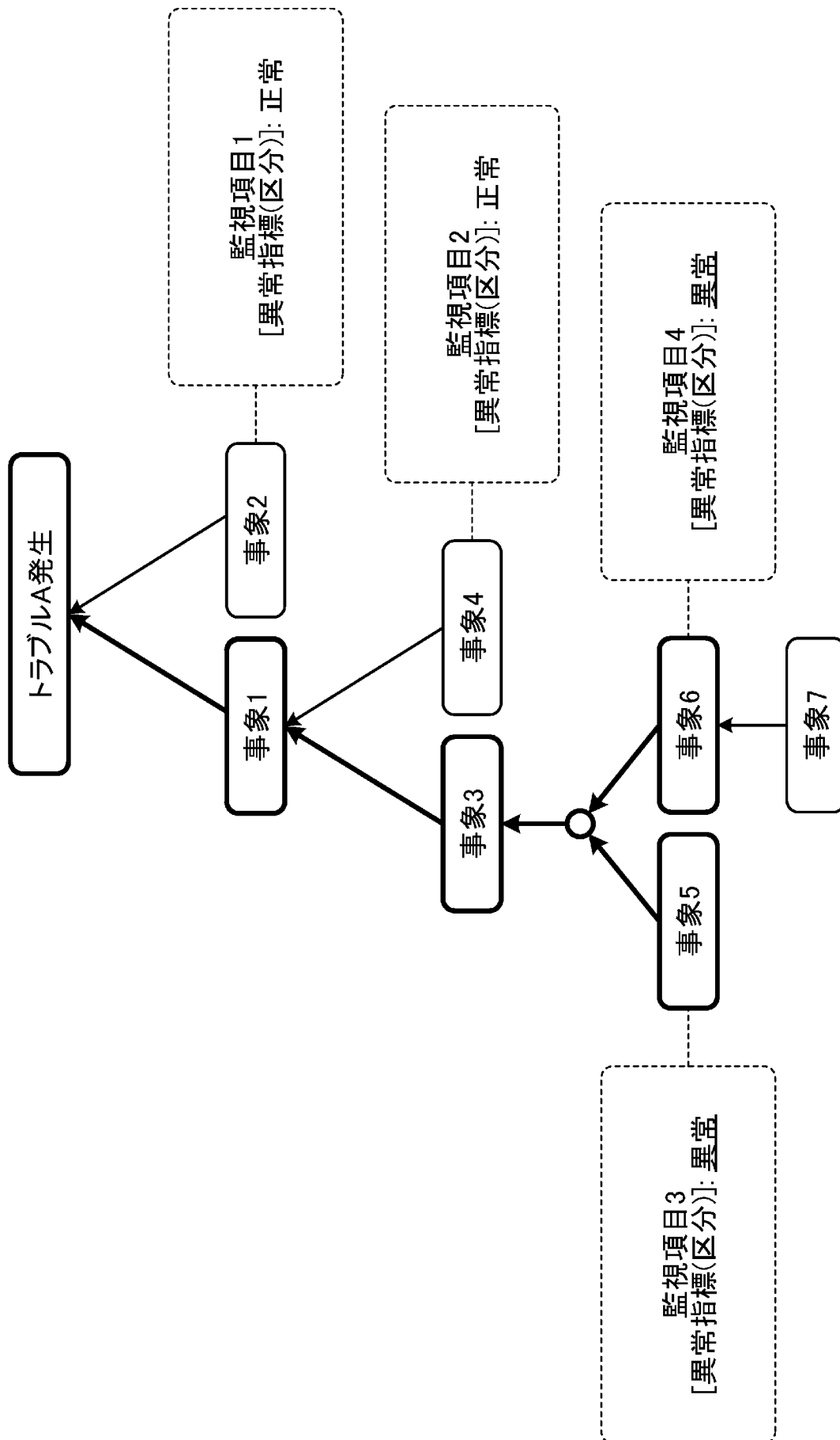
[図6]



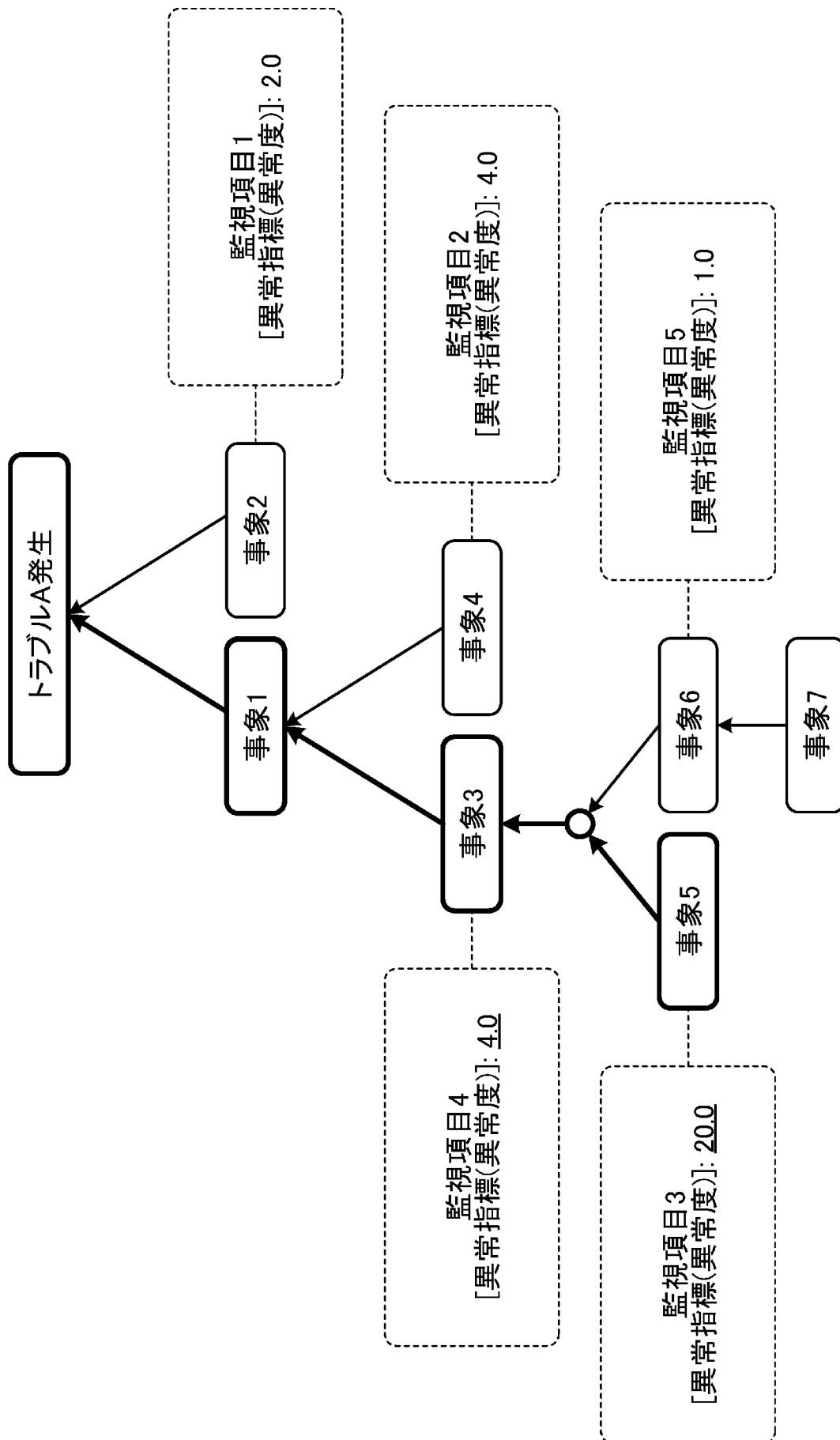
[図7]



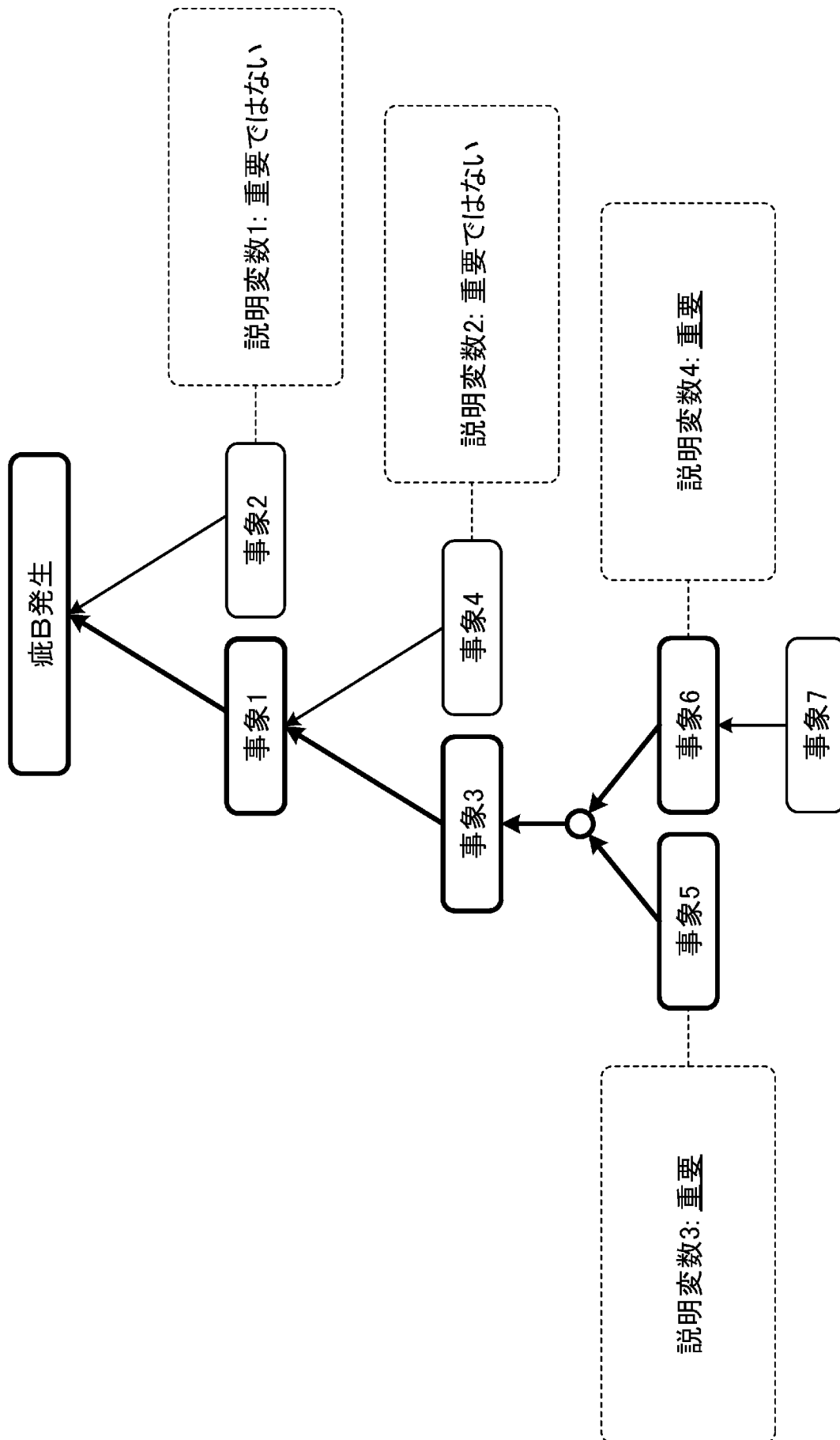
[図8]



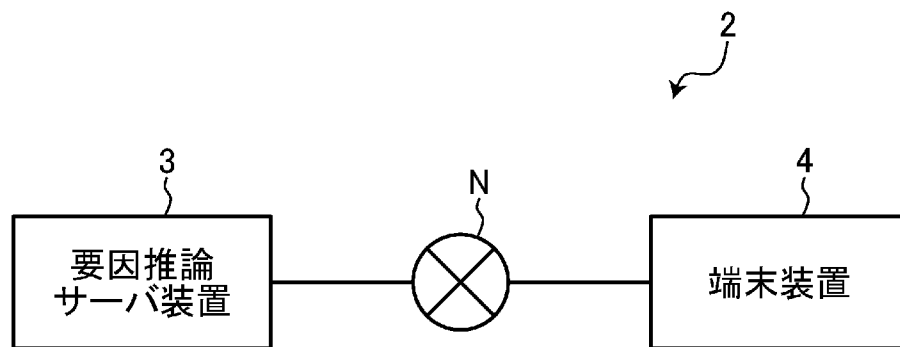
[図9]



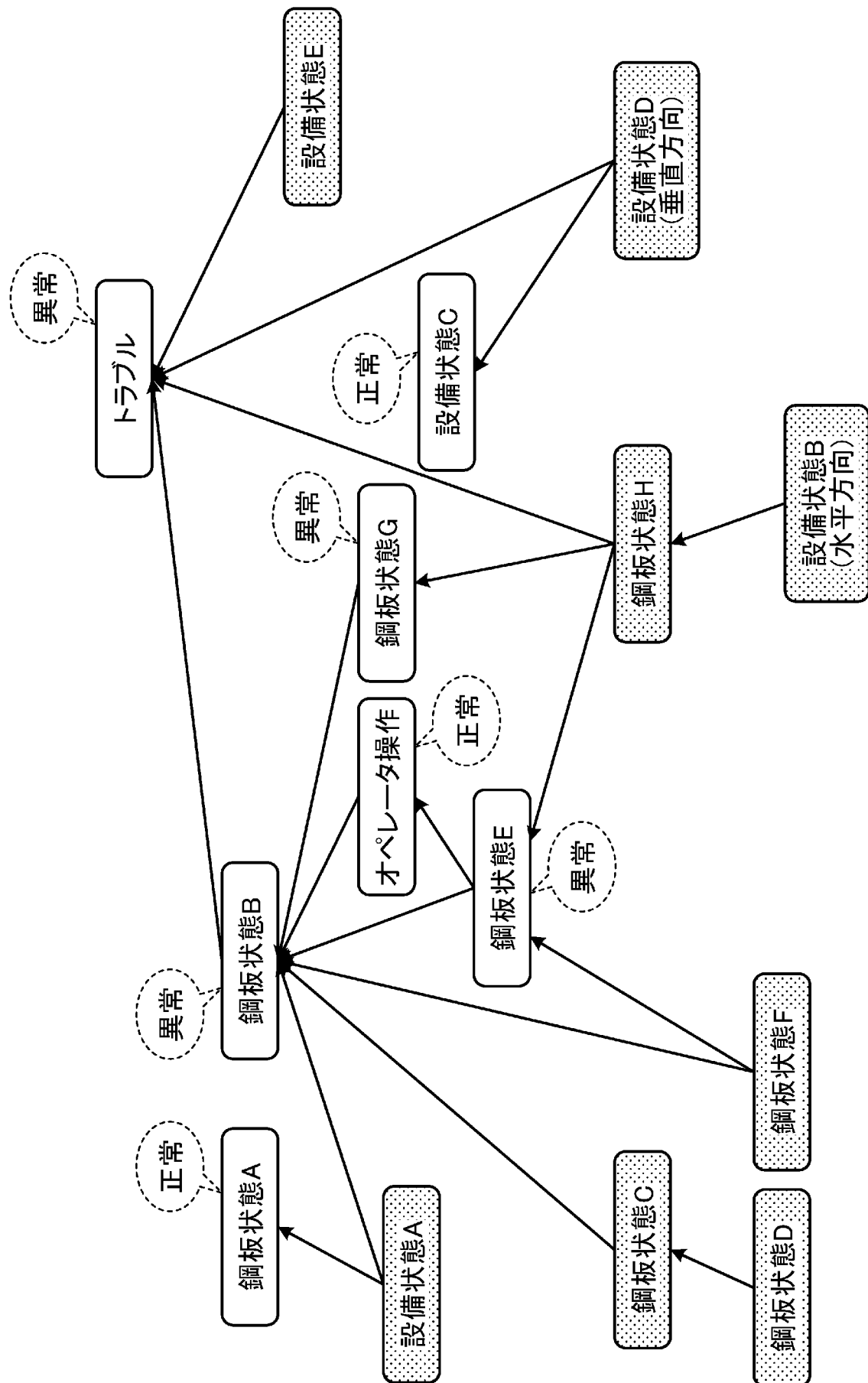
[図10]



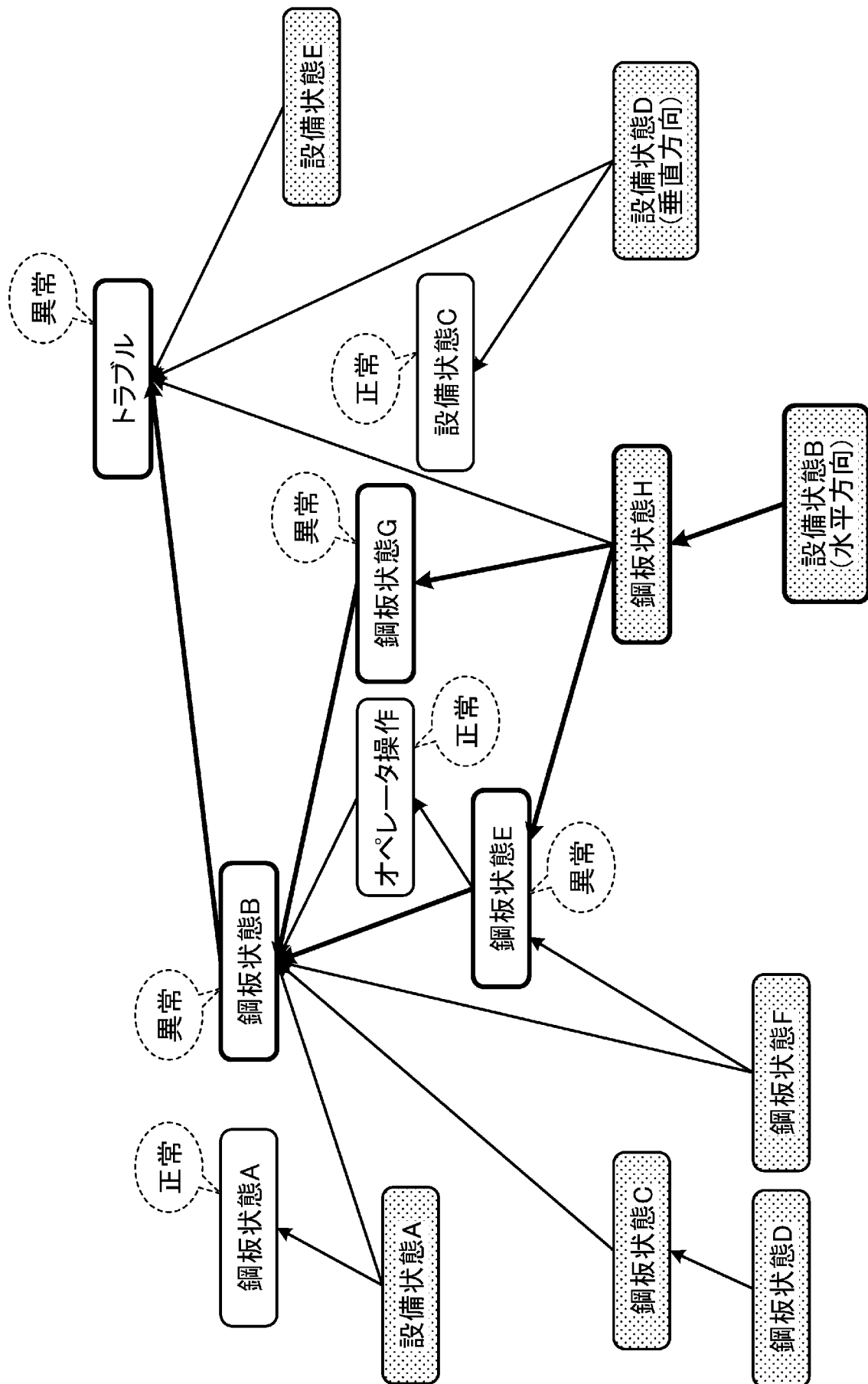
[図11]



[図12]



[図13]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/007709

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G05B 23/02**(2006.01)i

FI: G05B23/02 302Y; G05B23/02 T

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)

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 1971-2023

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)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                               | Relevant to claim No. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | JP 2007-257285 A (OMRON CORP) 04 October 2007 (2007-10-04)<br>claims, paragraphs [0001], [0033]-[0054], fig. 1-8 | 1, 9-11               |
| Y         |                                                                                                                  | 2-8                   |
| Y         | JP 2000-75923 A (YAMATAKE CORP) 14 March 2000 (2000-03-14)<br>paragraphs [0013]-[0015], [0021]-[0024], fig. 6-7  | 2-8                   |
| Y         | JP 2019-82943 A (HITACHI LTD) 30 May 2019 (2019-05-30)<br>paragraphs [0041], [0077], fig. 9, 14                  | 4-8                   |
| Y         | JP 8-234832 A (TOSHIBA CORP) 13 September 1996 (1996-09-13)<br>paragraphs [0115]-[0120], fig. 20-23              | 5-8                   |
| A         | JP 2016-122332 A (TOSHIBA CORP) 07 July 2016 (2016-07-07)<br>entire text, all drawings                           | 1-11                  |
| A         | WO 2020/161835 A1 (O-WELL CORP) 13 August 2020 (2020-08-13)<br>entire text, all drawings                         | 1-11                  |



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

“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

“&amp;” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

01 May 2023

Date of mailing of the international search report

16 May 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)

3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915

Japan

Authorized officer

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/JP2023/007709****C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages           | Relevant to claim No. |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | JP 2010-122847 A (HITACHI LTD) 03 June 2010 (2010-06-03)<br>entire text, all drawings        | 1-11                  |
| A         | JP 2014-59639 A (MITSUBISHI CHEMICALS CORP) 03 April 2014 (2014-04-03)<br>fig. 1-2           | 1-11                  |
| A         | JP 2021-174408 A (JFE STEEL CORP) 01 November 2021 (2021-11-01)<br>entire text, all drawings | 1-11                  |
| A         | JP 2019-194849 A (FUJITSU LTD) 07 November 2019 (2019-11-07)<br>entire text, all drawings    | 1-11                  |

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

International application No.

**PCT/JP2023/007709**

| Patent document<br>cited in search report |             |    | Publication date<br>(day/month/year) | Patent family member(s) | Publication date<br>(day/month/year)  |
|-------------------------------------------|-------------|----|--------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| JP                                        | 2007-257285 | A  | 04 October 2007                      | (Family: none)          |                                       |
| JP                                        | 2000-75923  | A  | 14 March 2000                        | (Family: none)          |                                       |
| JP                                        | 2019-82943  | A  | 30 May 2019                          | US 2019/0129397 A1      | paragraphs [0061], [0104], fig. 9, 14 |
| JP                                        | 8-234832    | A  | 13 September 1996                    | (Family: none)          |                                       |
| JP                                        | 2016-122332 | A  | 07 July 2016                         | (Family: none)          |                                       |
| WO                                        | 2020/161835 | A1 | 13 August 2020                       | KR 10-2020-0098471      | A                                     |
| JP                                        | 2010-122847 | A  | 03 June 2010                         | US 2011/0264424 A1      | entire text, all drawings             |
|                                           |             |    |                                      | WO 2010/058765          | A1                                    |
| JP                                        | 2014-59639  | A  | 03 April 2014                        | (Family: none)          |                                       |
| JP                                        | 2021-174408 | A  | 01 November 2021                     | (Family: none)          |                                       |
| JP                                        | 2019-194849 | A  | 07 November 2019                     | US 2019/0332957 A1      | entire text, all drawings             |
|                                           |             |    |                                      | EP 3564870              | A1                                    |

| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））<br>G05B 23/02(2006.01)i<br>FI: G05B23/02 302Y; G05B23/02 T                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                              |                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 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））<br>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<br>日本国実用新案公報 1922-1996年<br>日本国公開実用新案公報 1971-2023年<br>日本国実用新案登録公報 1996-2023年<br>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<br>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<br>請求項の番号                                                        |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | JP 2007-257285 A（オムロン株式会社）04.10.2007（2007-10-04）<br>[特許請求の範囲], 段落[0001], [0033]-[0054], 図1-8 | 1, 9-11                                                               |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                              | 2-8                                                                   |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | JP 2000-75923 A（株式会社山武）14.03.2000（2000-03-14）<br>段落[0013]-[0015], [0021]-[0024], 図6-7        | 2-8                                                                   |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | JP 2019-82943 A（株式会社日立製作所）30.05.2019（2019-05-30）<br>段落[0041], [0077], 図9, 14                 | 4-8                                                                   |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | JP 8-234832 A（株式会社東芝）13.09.1996（1996-09-13）<br>段落[0115]-[0120], 図20-23                       | 5-8                                                                   |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | JP 2016-122332 A（株式会社東芝）07.07.2016（2016-07-07）<br>全文全文                                       | 1-11                                                                  |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | WO 2020/161835 A1（オーウエル株式会社）13.08.2020（2020-08-13）<br>全文全文                                   | 1-11                                                                  |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | JP 2010-122847 A（株式会社日立製作所）03.06.2010（2010-06-03）<br>全文全文                                    | 1-11                                                                  |
| <input checked="" 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<br>“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<br>“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<br>“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）<br>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献<br>“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<br>“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<br>“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<br>“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<br>“&” 同一パテントファミリー文献 |                                                                                              |                                                                       |
| 国際調査を完了した日<br>01.05.2023                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                              | 国際調査報告の発送日<br>16.05.2023                                              |
| 名称及びあて先<br>日本国特許庁(ISA/JP)<br>〒100-8915<br>日本国<br>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）<br><br>山村 秀政 3U 3744<br><br>電話番号 03-3581-1101 内線 3364 |

| C. 関連すると認められる文献 |                                                                       |                |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号 |
| A               | JP 2014-59639 A (三菱化学株式会社) 03.04.2014 (2014 - 04 - 03)<br>図1-2        | 1-11           |
| A               | JP 2021-174408 A (J F E スチール株式会社) 01.11.2021 (2021 - 11 - 01)<br>全文全図 | 1-11           |
| A               | JP 2019-194849 A (富士通株式会社) 07.11.2019 (2019 - 11 - 07)<br>全文全図        | 1-11           |

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/JP2023/007709

| 引用文献 |             |    | 公表日        | パテントファミリー文献             | 公表日 |
|------|-------------|----|------------|-------------------------|-----|
| JP   | 2007-257285 | A  | 04.10.2007 | (ファミリーなし)               |     |
| JP   | 2000-75923  | A  | 14.03.2000 | (ファミリーなし)               |     |
| JP   | 2019-82943  | A  | 30.05.2019 | US 2019/0129397 A1      |     |
|      |             |    |            | 段落[0061],[0104], 図9, 14 |     |
| JP   | 8-234832    | A  | 13.09.1996 | (ファミリーなし)               |     |
| JP   | 2016-122332 | A  | 07.07.2016 | (ファミリーなし)               |     |
| WO   | 2020/161835 | A1 | 13.08.2020 | KR 10-2020-0098471      | A   |
| JP   | 2010-122847 | A  | 03.06.2010 | US 2011/0264424 A1      |     |
|      |             |    |            | 全文全図                    |     |
|      |             |    |            | WO 2010/058765          | A1  |
| JP   | 2014-59639  | A  | 03.04.2014 | (ファミリーなし)               |     |
| JP   | 2021-174408 | A  | 01.11.2021 | (ファミリーなし)               |     |
| JP   | 2019-194849 | A  | 07.11.2019 | US 2019/0332957 A1      |     |
|      |             |    |            | 全文全図                    |     |
|      |             |    |            | EP 3564870              | A1  |