

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年12月12日(12.12.2024)



(10) 国際公開番号
WO 2024/252587 A1

(51) 国際特許分類:
H04L 41/12 (2022.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/021235

(22) 国際出願日: 2023年6月7日(07.06.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 森谷 高明 (MORIYA, Takaaki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 西

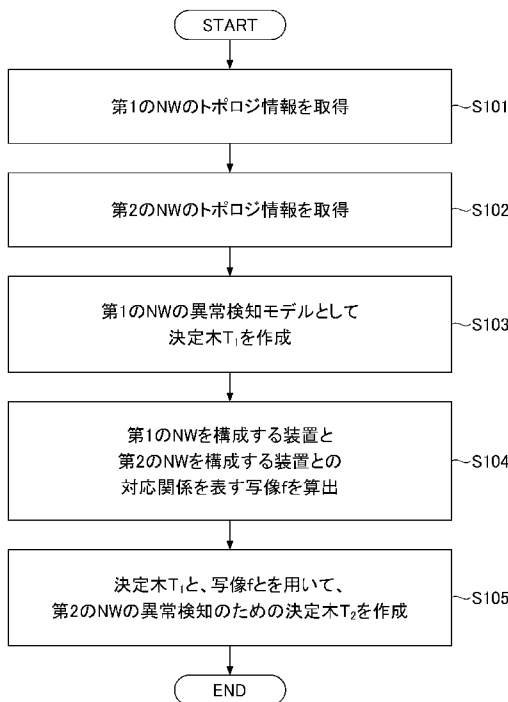
尾 学 (NISHIO, Manabu); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 角田 愛 (TSUNODA, Ai); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 向井 孝史 (MUKAI, Takashi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 可児島 建 (KANISHIMA, Ken); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 伊東 忠重, 外 (ITO, Tadashige et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号 丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 16階 Tokyo (JP).

(54) Title: TRANSFER DEVICE, TRANSFER METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 転移装置、転移方法、及びプログラム

[図4]



S101... ACQUIRE TOPOLOGY INFORMATION OF FIRST NW
S102... ACQUIRE TOPOLOGY INFORMATION OF SECOND NW
S103... CREATE DECISION TREE T_1 AS ABNORMALITY
DETECTION MODEL FOR FIRST NW
S104... CALCULATE MAPPING f THAT REPRESENTS
CORRESPONDENCE RELATIONSHIP BETWEEN DEVICE
CONSTITUTING FIRST NW AND DEVICE CONSTITUTING
SECOND NW
S105... CREATE DECISION TREE T_2 FOR ABNORMALITY
DETECTION IN SECOND NW BY USING DECISION TREE
 T_1 AND MAPPING f

(57) Abstract: A transfer device according to one aspect of the present disclosure is used for transferring a first decision tree relating to a first NW to a second NW, the transfer device comprising: a creation unit that creates the first decision tree by using observation data of the first NW and a label corresponding to the observation data; a correspondence relationship calculation unit that calculates a correspondence relationship between nodes constituting the first NW and nodes constituting the second NW; and a transfer unit that uses the first decision tree and the correspondence relationship to convert the

(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, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, 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:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

first decision tree using the correspondence relationship, thereby creating a second decision tree relating to the second NW.

(57) 要約: 本開示の一態様による転移装置は、第1のNWに関する第1の決定木を第2のNWに転移させるための転移装置であって、前記第1のNWの観測データと、前記観測データに対応するラベルとを用いて、前記第1の決定木を作成する作成部と、前記第1のNWを構成する各ノードと、前記第2のNWを構成する各ノードとの間の対応関係を算出する対応関係算出部と、前記第1の決定木と前記対応関係とを用いて、前記対応関係を利用して前記第1の決定木を変換することにより、前記第2のNWに関する第2の決定木を作成する転移部と、を有する。

明 細 書

発明の名称： 転移装置、転移方法、及びプログラム

技術分野

[0001] 本開示は、転移装置、転移方法、及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 複数のネットワークソリューションを提供するネットワーク事業者等では、複数のネットワークを管理・運用している。このため、複数のネットワークを管理・運用できる技術等が利用される（例えば、特許文献１）。

[0003] また、ネットワーク（以下、NWという。）に生じる異常（例えば、障害、装置故障、負荷増大、人為的ミス等）を検知するための異常検知モデルを決定木により作成し、その異常検知モデルによりNW異常を検知することが行われている。異常検知の他にも、決定木は、例えば、障害時の切り分け、対応手順獲得、NW構成の設計等といったNWの保全や構築の領域で用いられている。これらは、異常検知・切り分け・対応手順・NW構成設計等といったNWの保全や構築に関する知識を決定木の形で表している。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特開２００２－２９０４０５号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、新たにNWを構築した場合等にはそのNWのデータが少ないため、上述したような知識を構築することができない。一方で、或るNW（以下、第１のNWという。）の知識を新たに構築したNW（以下、第２のNWという。）の知識として転移することも考えられるが、仮に第１のNWと第２のNWが類似している場合であってもそれらのNWを構成する装置の名称等が異なるため、そのまま転移することはできない。

[0006] 本開示は、上記の点に鑑みてなされたもので、第１のNWの知識を第２の

NWの知識として転移できる技術を提供する。

課題を解決するための手段

[0007] 本開示の一態様による転移装置は、第1のNWに関する第1の決定木を第2のNWに転移させるための転移装置であって、前記第1のNWの観測データと、前記観測データに対応するラベルとを用いて、前記第1の決定木を作成する作成部と、前記第1のNWを構成する各ノードと、前記第2のNWを構成する各ノードとの間の対応関係を算出する対応関係算出部と、前記第1の決定木と前記対応関係とを用いて、前記対応関係を利用して前記第1の決定木を変換することにより、前記第2のNWに関する第2の決定木を作成する転移部と、を有する。

発明の効果

[0008] 第1のNWの知識を第2のNWの知識として転移できる技術が提供される。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]対象NWの一例を示す図である。
[図2]本実施形態に係る転移装置のハードウェア構成の一例を示す図である。
[図3]本実施形態に係る転移装置の機能構成の一例を示す図である。
[図4]決定木の作成及び転移処理の一例を示すフローチャートである。
[図5]第1のNWのネットワークトポロジの一例を示す図である。
[図6]第2のNWのネットワークトポロジの一例を示す図である。
[図7]決定木 T_1 の一例を示す図である。
[図8]決定木 T_2 の一例を示す図である。
[図9]実験で作成された決定木の一例（その1）を示す図である。
[図10]実験で作成された決定木の一例（その2）を示す図である。
[図11]実験で作成された決定木の一例（その3）を示す図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明の一実施形態について説明する。以下の実施形態では、異常

検知を例にとり、NWに関する知識として異常検知モデルを想定した上で、第1のNWの異常検知モデルを第2のNWの異常検知モデルとして転移できる転移装置10について説明する。なお、第1のNWの異常検知モデルを第2のNWの異常検知モデルとして転移するとは、第1のNWの異常検知モデルを第2のNWの異常検知モデルとして利用可能とすることを意味する。転移は、例えば、「ポーティング」、「移植」、「移行」等と呼ばれてもよい。

[0011] また、以下では、第1のNWとして、異常検知モデルである決定木を作成するのに十分な学習データが収集されているNWを想定する。一方で、第2のNWとしては、例えば、新たに構築したNWや運用後間もないNW等といった理由により異常検知モデルである決定木を作成するのに十分な学習データが収集されていないNWを想定する。更に、第1のNWと第2のNWは互いに類似するが、それらのNWを構成する装置（サーバ、NW装置等）の名称等は異なることを想定する。このとき、第1のNWの異常検知モデルを決定木により作成した上で、この決定木を第2のNWの異常検知モデルとして転移させることが目的である。以下、第1のNWの異常検知モデルとなる決定木を T_1 、第2のNWの異常検知モデルとなる決定木を T_2 とする。

[0012] <対象NW>

図1に示すように、NWは、一般に、様々なサーバ（Webサーバ、アプリケーションサーバ、データベースサーバ等）やNW装置（ルータ、ゲートウェイ、コアNW装置等）、各種端末等で構成されている。このうち、端末を除いた部分を便宜上コアNW等と呼ぶことにする。NWによって端末はその台数が大きく異なるが、コアNWの構成は類似していることが多い。このため、以下では、第1のNW及び第2のNWとしてコアNWを対象とする。なお、以下では、単に「NW」と表記した場合は端末を除いたNWである「コアNW」を指すものとする。

[0013] <転移装置10のハードウェア構成例>

本実施形態に係る転移装置10のハードウェア構成例を図2に示す。図2

に示すように、本実施形態に係る転移装置１０は、入力装置１０１と、表示装置１０２と、外部Ｉ／Ｆ１０３と、通信Ｉ／Ｆ１０４と、ＲＡＭ（Random Access Memory）１０５と、ＲＯＭ（Read Only Memory）１０６と、補助記憶装置１０７と、プロセッサ１０８とを有する。これらの各ハードウェアは、それぞれがバス１０９を介して通信可能に接続される。

[0014] 入力装置１０１は、例えば、キーボード、マウス、タッチパネル、物理ボタン等である。表示装置１０２は、例えば、ディスプレイ、表示パネル等である。なお、転移装置１０は、例えば、入力装置１０１及び表示装置１０２のうちの少なくとも一方を有していなくてもよい。

[0015] 外部Ｉ／Ｆ１０３は、記録媒体１０３ａ等の外部装置とのインタフェースである。記録媒体１０３ａとしては、例えば、ＣＤ（Compact Disc）、ＤＶＤ（Digital Versatile Disk）、ＳＤメモリカード（Secure Digital memory card）、ＵＳＢ（Universal Serial Bus）メモリカード等が挙げられる。

[0016] 通信Ｉ／Ｆ１０４は、転移装置１０が他の装置等と通信を行うためのインタフェースである。ＲＡＭ１０５は、プログラムやデータを一時保持する揮発性の半導体メモリ（記憶装置）である。ＲＯＭ１０６は、電源を切ってもプログラムやデータを保持することができる不揮発性の半導体メモリ（記憶装置）である。補助記憶装置１０７は、例えば、ＨＤＤ（Hard Disk Drive）、ＳＳＤ（Solid State Drive）、フラッシュメモリ等の不揮発性の記憶装置である。プロセッサ１０８は、例えば、ＣＰＵ（Central Processing Unit）やＧＰＧＰＵ（General Purpose computing with Graphic Processing Unit）等の各種演算装置である。

[0017] なお、図２に示すハードウェア構成は一例であって、転移装置１０は、複数の補助記憶装置１０７や複数のプロセッサ１０８を有していてもよいし、図示したハードウェアの一部を有していなくてもよいし、図示したハードウェア以外の種々のハードウェアを有していてもよい。

[0018] <転移装置１０の機能構成例>

本実施形態に係る転移装置１０の機能構成例を図３に示す。図３に示すよ

うに、本実施形態に係る転移装置10は、トポロジ情報取得部201と、決定木作成部202と、対応関係算出部203と、決定木転移部204とを有する。これら各部は、例えば、転移装置10にインストールされた1以上のプログラムが、プロセッサ108等を実行させる処理により実現される。また、本実施形態に係る転移装置10は、学習データ記憶部205を有する。学習データ記憶部205は、例えば、補助記憶装置107等により実現される。なお、学習データ記憶部205は、例えば、転移装置10と通信可能に接続されるデータベース等により実現されてもよい。

- [0019] トポロジ情報取得部201は、第1のNWのネットワークトポロジ（グラフ構造）を表すトポロジ情報と、第2のNWのネットワークトポロジ（グラフ構造）を表すトポロジ情報とを取得する。なお、トポロジ情報取得部201は、例えば、SNMP（Simple Network Management Protocol）、LLDP（Link Layer Discovery Protocol）、NW装置独自のプロトコル、OSPF（Open Shortest Path First）をはじめとするルーティングプロトコル等を利用して第1のNW及び第2のNWのトポロジ情報を取得することが可能である。
- [0020] 以下、第1のNWのトポロジ情報を $G_1 = (V_1, E_1)$ 、第2のNWのトポロジ情報を $G_2 = (V_2, E_2)$ と表す。ここで、 V_1 は第1のNWを構成するノード（例えば、サーバ、NW装置等）の集合、 E_1 はノード間を接続するエッジの集合である。同様に、 V_2 は第2のNWを構成するノードの集合、 E_2 はノード間を接続するエッジの集合である。
- [0021] 決定木作成部202は、学習データ記憶部205に記憶されている学習データを用いて、第1のNWの異常検知モデルとして決定木 T_1 を作成する。決定木作成部202は、例えば、CART等といった既知のアルゴリズムにより決定木 T_1 を作成すればよい。なお、CARTではジニ係数（不純度）と呼ばれる指標値を使用して統計的に偏りが大きくなるように木を分割することにより決定木が作成される。
- [0022] ここで、学習データとは、第1のNWが正常又は異常のいずれであるかを

表すラベル付きの観測データのことである。観測データとは、第1のNWを構成する或る1つ以上の装置から収集されたデータ（観測値）で構成される観測データのことである。例えば、 n 台の装置が観測対象として観測値が収集される場合、 n 台の装置のうちの i 番目の装置の観測値を x_i として、観測データは $x = (x_1, \dots, x_n)$ と表される。観測値の種類としては、例えば、トラヒック量、CPU使用率、メモリ使用量、温度、ログ等といったものが挙げられる。

[0023] また、決定木 T_1 は観測データ x を入力として系（つまり、第1のNW）が正常又は異常のいずれであるかを表すラベル $t \in \{0, 1\}$ （ただし、 $t = 0$ は正常、 $t = 1$ は異常を表す。）を出力するモデルである。決定木 T_1 では、葉ノード以外のノードには或る観測値を表す変数 x_i とそれに対する閾値 θ_i に関する条件式（例えば、 $x_i \leq \theta_i$ ）が設定され、葉ノードには最終的に出力されるラベル t が設定される。

[0024] 以下、第1のNWの観測データを構成する各観測値 x_i （ $i = 1, \dots, n$ ）は互いに独立であるものとする。同様に、第2のNWの観測データを $y = (y_1, \dots, y_n)$ としたとき、各観測値 y_i （ $i = 1, \dots, n$ ）は互いに独立であるものとする。

[0025] また、第1のNWのグラフ構造的に対等な位置関係にある観測値 x_i 及び x_j は同一種類の観測値であり、互いに入れ替え可能であるものとする。以下では、簡単のため、任意の観測値 x_i 及び x_j は互いに入れ替え可能であることを想定する。なお、入れ替え可能であるとは、例えば、 $n = 3$ のとき、 $x = (x_1, x_2, x_3)$ 、 $x = (x_1, x_3, x_2)$ 、 $x = (x_2, x_1, x_3)$ 、 $x = (x_2, x_3, x_1)$ 、 $x = (x_3, x_1, x_2)$ 、 $x = (x_3, x_2, x_1)$ のいずれを決定木 T_1 に入力しても出力 t が変化しないことを意味する。

[0026] 対応関係算出部203は、第1のNWのトポロジ情報 G_1 に含まれる各ノードと、第2のNWのトポロジ情報 G_2 に含まれる各ノードとの対応関係を算出する。以下、この対応関係を写像 f で表す。対応関係算出部203は、例えば、VF2（参考文献1、2）、Ullmannのアルゴリズム（参考文献

3) 等といった既知のアルゴリズムによりグラフ同型問題を解くことによって写像 f を算出すればよい。

[0027] 決定木転移部 204 は、決定木 T_1 と写像 f とを用いて、第 2 の NW の決定木 T_2 を作成する。すなわち、決定木転移部 204 は、決定木 T_1 の葉ノード以外のノード中に出現する変数 x_i ($i = 1, \dots, n$) を写像 f により第 2 の NW の或る観測値を表す変数 y_j に変換すると共にその変数 x_i に対する閾値 θ_i を変数 y_j に対する閾値 ϕ_j に変換した上で、各閾値 ϕ_j の値を算出する。これにより、葉ノード以外のノードには或る観測値を表す変数 y_j とそれに対する閾値 ϕ_j に関する条件式（例えば、 $y_j \leq \phi_j$ ）が設定され、かつ、葉ノードには最終的に出力されるラベル t が設定された決定木 T_2 が得られる。つまり、決定木 T_1 が第 2 の NW の異常検知モデルである決定木 T_2 として転移されたことになる。

[0028] 学習データ記憶部 205 は、決定木 T_1 の作成に用いられる学習データの集合（学習データセット）を記憶する。ここで、学習データは、観測データ x と、それに対するラベル t との組で表される。すなわち、学習データセットは $D = \{ (x^{(i)}, t^{(i)}) \mid i = 1, \dots, |D| \}$ と表される。なお、学習データセット D は事前に収集され、学習データ記憶部 205 に記憶される。

[0029] <決定木の作成及び転移処理>

以下、第 1 の NW の異常検知モデルとして決定木 T_1 を作成した上で、その決定木 T_1 を第 2 の NW の異常検知モデルとして転移させる処理について、図 4 を参照しながら説明する。

[0030] まず、トポロジ情報取得部 201 は、第 1 の NW のトポロジ情報 G_1 を取得する（ステップ S101）。以下、一例として、図 5 に示すネットワークトポロジを表すトポロジ情報 G_1 が取得されたものとする。また、このとき、図 5 の「サーバ 1」を 1 番目のノード、「ルータ 1」を 2 番目のノード、「ルータ 2」を 3 番目のノード、「ルータ 3」を 4 番目のノードとして、 $V_1 = \{1, 2, 3, 4\}$ とする。なお、例えば、第 1 の NW の i 番目のノードと j

番目のノードとの間のエッジを $e_{ij}^{(1)}$ とすれば、 $E_1 = \{e_{12}^{(1)}, e_{13}^{(1)}, e_{14}^{(1)}\}$ である。

[0031] 次に、トポロジ情報取得部 201 は、第 2 の NW のトポロジ情報 G_2 を取得する（ステップ S102）。以下、一例として、図 6 に示すネットワークトポロジを表すトポロジ情報 G_2 が取得されたものとする。また、このとき図 6 の「サーバ 10」を 1 番目のノード、「ルータ 10」を 2 番目のノード、「ルータ 20」を 3 番目のノード、「ルータ 30」を 4 番目のノードとして、 $V_2 = \{1, 2, 3, 4\}$ とする。なお、例えば、第 2 の NW の i 番目のノードと j 番目のノードとの間のエッジを $e_{ij}^{(2)}$ とすれば、 $E_2 = \{e_{12}^{(2)}, e_{13}^{(2)}, e_{14}^{(2)}\}$ である。

[0032] 次に、決定木作成部 202 は、学習データ記憶部 205 に記憶されている学習データ $(x, t) \in D$ を用いて、CART 等といった既知のアルゴリズムにより、第 1 の NW の異常検知モデルとして決定木 T_1 を作成する（ステップ S103）。以下、一例として、観測データは $x = (x_1, x_2, x_3)$ （ただし、 x_1 はルータ 1 のトラヒック量、 x_2 はルータ 2 のトラヒック量、 x_3 はルータ 3 のトラヒック量）であるものとして、図 7 に示す決定木 T_1 が作成されたものとする。図 7 に示す決定木 T_1 はノード $n_{11} \sim n_{17}$ で構成されており、ノード n_{11} には条件式「 $x_1 \leq \theta_1$ 」、ノード n_{12} には条件式「 $x_2 \leq \theta_2$ 」、ノード n_{14} には条件式「 $x_3 \leq \theta_3$ 」がそれぞれ設定されており、当該条件式を満たすときは左、そうでないときは右に分岐する。また、ノード n_{16} には「正常」（ $t = 0$ ）、ノード n_{13} 、 n_{15} 、 n_{17} には異常（ $t = 1$ ）がそれぞれ設定されている。

[0033] 次に、対応関係算出部 203 は、第 1 の NW のトポロジ情報 G_1 と、第 2 の NW のトポロジ情報 G_2 とを用いて、当該トポロジ情報 G_1 に含まれる各ノード（装置）と、当該トポロジ情報 G_2 に含まれる各ノード（装置）との間の対応関係を表す写像 f を算出する（ステップ S104）。対応関係算出部 203 は、例えば、VF2（参考文献 1、2）、Ullmann のアルゴリズム（参考文献 3）等といった既知のアルゴリズムによりグラフ同型問題を解く

ことによって写像 f を算出すればよい。

[0034] 一例として、以下の対応関係を表す写像 $f : V_1 \rightarrow V_2$ が算出されたものとする。

[0035] $1 = f(1)$

$2 = f(2)$

$3 = f(3)$

$4 = f(4)$

なお、 $1 \in V_1$ は「サーバ 1」、 $2 \in V_1$ は「ルータ 1」、 $3 \in V_1$ は「ルータ 2」、 $4 \in V_1$ は「ルータ 3」を表す。また、 $1 \in V_2$ は「サーバ 1 0」、 $2 \in V_2$ は「ルータ 1 0」、 $3 \in V_2$ は「ルータ 2 0」、 $4 \in V_2$ は「ルータ 3 0」を表す。

[0036] そして、決定木転移部 204 は、決定木 T_1 と写像 f とを用いて、第 2 の NW の決定木 T_2 を作成する（ステップ S105）。例えば、決定木転移部 204 は、以下の手順 1 ～ 手順 2 により決定木 T_2 を作成する。

[0037] 手順 1：まず、決定木転移部 204 は、写像 f を用いて、決定木 T_1 の葉ノード以外のノード中に出現する変数 x_i とその変数に対する閾値 θ_i を変数 y_j とその変数に対する閾値 ϕ_j にそれぞれ変換、すなわち対応関係を求める。

[0038] 例えば、変数 x_1 は「ルータ 1」のトラフィック量を表す変数であるため、写像 f により、第 2 の NW の「ルータ 1 0」のトラフィック量を表す変数に変換される。同様に、変数 x_2 は「ルータ 2」のトラフィック量を表す変数であるため、写像 f により、第 2 の NW の「ルータ 2 0」のトラフィック量を表す変数に変換される。同様に、変数 x_3 は「ルータ 3」のトラフィック量を表す変数であるため、写像 f により、第 2 の NW の「ルータ 3 0」のトラフィック量を表す変数に変換される。以下、簡単のため、第 2 の NW の「ルータ 1 0」のトラフィック量を表す変数を y_1 、第 2 の NW の「ルータ 2 0」のトラフィック量を表す変数を y_2 、第 2 の NW の「ルータ 3 0」のトラフィック量を表す変数を y_3 とする。

[0039] 同様に、閾値 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 は、それぞれ変数 y_1 、 y_2 、 y_3 に対する閾値

ϕ_1 、 ϕ_2 、 ϕ_3 に変換される。なお、手順1では閾値 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 を形式的に閾値 ϕ_1 、 ϕ_2 、 ϕ_3 に変換（言い換えれば、記号の表記のみを変換）している点に留意されたい。閾値 ϕ_1 、 ϕ_2 、 ϕ_3 の具体的な値は次の手順2で算出される。

[0040] 手順2：次に、決定木転移部204は、各閾値 ϕ_i の値を求める。以下、各 i に対して $y_i = \alpha x_i + \beta$ との関係があるものとして、閾値 ϕ_i の値を求める2つの方法を説明する。なお、 $y_i = \alpha x_i + \beta$ と仮定できるのは、例えば、 $i = 1$ を考えた場合、「ルータ1」と「ルータ10」はCPUのコア数が違う等の差異があるため、 y_1 は x_1 を α 倍してオフセット β を加えたもので表現できると考えられるためである。

[0041] ・方法1

x_i も y_i も正規分布に従うものとする。また、 x_i の平均と分散は観測値から既に得られているものとする。一方で、 y_i の平均と分散は、既知である x_i に関する知見（観測値、平均、分散等）に基づいて人手で与えられてもよいし、 y_i の観測値が得られている場合にはそれらの観測値から平均、分散を求めてもよい。

[0042] x_i の平均を μ_{x_i} 、分散を $\sigma_{x_i}^2$ とする。このとき、以下の式（1）は標準正規分布に従う。

$$[0043] \quad Z_{x_i} = (x_i - \mu_{x_i}) / \sigma_{x_i} \quad (1)$$

同様に、 y_i の平均を μ_{y_i} 、分散を $\sigma_{y_i}^2$ とする。このとき、以下の式（2）は標準正規分布に従う。

$$[0044] \quad Z_{y_i} = (y_i - \mu_{y_i}) / \sigma_{y_i} \quad (2)$$

ϕ_i は θ_i に対応するため、式（1）において $x_i = \theta_i$ 、式（2）において $y_i = \phi_i$ を代入し、 $Z_{x_i} = Z_{y_i}$ とした方程式を解けば以下の式（3）が得られる。

$$[0045] \quad \phi_i = (\sigma_{y_i} / \sigma_{x_i}) (\theta_i - \mu_{x_i}) + \mu_{y_i} \quad (3)$$

これにより、閾値 ϕ_i の値が求まる。

[0046] ・方法2

$y_i = \alpha x_i + \beta$ の α 及び β を回帰分析により求める。これにより、 $\phi_i = \alpha \theta_i + \beta$ により閾値 ϕ_i の値が求まる。回帰分析は、例えば、最小二乗法等の既知の手法を用いればよい。

[0047] なお、方法 1 と比べて、方法 2 では回帰係数 α 及び β を求めるのは計算コストが高いが、決定木 T_1 の中に或る変数 x_i に関する条件式が複数箇所出現するような場合には、それら複数箇所の変数 x_i に関する条件式 θ_i に対応する ϕ_i を求める際に、一度 $y_i = \alpha x_i + \beta$ の回帰係数 α 及び β を求めた結果を使い回せばよい。ため、方法 2 でも効率的である。

[0048] 以上により、決定木 T_1 に含まれる変数 x_i 及びその閾値 θ_i が変数 y_j 及びその閾値 ϕ_j に変換され、決定木 T_2 が得られる。図 7 に示す決定木 T_1 から得られた決定木 T_2 の一例を図 8 に示す。図 8 に示す決定木 T_2 はノード $n_{21} \sim n_{27}$ で構成されており、ノード n_{21} には条件式「 $y_1 \leq \phi_1$ 」、ノード n_{22} には条件式「 $y_2 \leq \phi_2$ 」、ノード n_{24} には条件式「 $y_3 \leq \phi_3$ 」がそれぞれ設定されており、当該条件式を満たすときは左、そうでないときは右に分岐する。また、ノード n_{26} には「正常」($t = 0$)、ノード n_{23} 、 n_{25} 、 n_{27} には異常($t = 1$) がそれぞれ設定されている。これにより、決定木 T_1 を第 2 の NW の異常検知モデルとして転移した決定木 T_2 が得られたことになる。

[0049] <実験>

・実験 1

上記の実施形態では、第 1 の NW のグラフ構造的に対等な位置関係にある観測値 x_i 及び x_j は互いに入れ替え可能であることを仮定したが、この仮定が異常検知に影響がないことを実験にて確認した。

[0050] 本実験では、第 1 の NW 中の 4 台の装置から観測値 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 が得られ、いずれかの観測値で閾値 s を下回った場合に系は異常であると判定するものとして、観測データに対してラベル付けを行って学習データを作成した。

[0051] また、観測値 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 の各々は 1 ～ 100 の整数値をランダムに取り、観測値 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 は互いに独立に影響しあっている。

ないものとして、1000個の観測データ (x_1, x_2, x_3, x_4) を準備した。分類先クラスは、 x_1, x_2, x_3, x_4 のいずれかが閾値 s を下回ったときは異常クラス (1)、それ以外の場合は正常クラス (0) とした。

[0052] 閾値 $s = 10$ のときに作成された決定木 T_1 を図9、閾値 $s = 30$ のときに作成された決定木 T_1 を図10、閾値 $s = 50$ のときに作成された決定木 T_1 を図11にそれぞれ示す。なお、図9～図11中で $gini$ はジニ係数を表し、 $samples$ はそのノードに分類された学習データ数、 $value$ はそのノードに分類された学習データのうち、異常クラスに属する学習データ数と正常クラスに属する学習データ数、 $class$ は分類先クラスをそれぞれ表す。

[0053] 図9～図11により、変数 x_1, x_2, x_3, x_4 を入れ替えても決定木 T_1 の出力には影響がないことがわかる。

[0054] ・実験2

100前後のノード数で構成される第1のNW及び第2のNWを対象として、既存のVF2アルゴリズムにより、グラフ同型問題の解を1つ得る実験を行い、1秒程度の計算時間により写像 f が得られることを確認した。これにより、少なくとも100前後のノード数で構成される第1のNW及び第2のNWに関しては実用的な時間で写像 f が求まることがわかる。

[0055] <まとめ>

以上のように、本実施形態に係る転移装置10は、第1のNWの異常検知モデルとして作成された決定木 T_1 を第2のNWの異常検知モデル (決定木 T_2) として転移することができる。このため、例えば、第1のNWは十分な学習データがある一方で、第2のNWは運用後間もない等の理由により十分な学習データがない場合等であっても、第2のNWの異常検知モデルとして決定木 T_2 を得ることが可能になる。しかも、決定木 T_1 の変数名とその変数に対する閾値を変換することにより決定木 T_2 を作成できるため、例えば、決定木 T_2 を学習データから作成するよりも高速に促成することが可能となる。

[0056] 本発明は、具体的に開示された上記の実施形態に限定されるものではなく、請求の範囲の記載から逸脱することなく、種々の変形や変更、既知の技術との組み合わせ等が可能である。例えば、本発明は、異常検知に限らず、障害時の切り分け、対応手順獲得、NW構成の設計等、NWに関して決定木が用いられる形態であれば同様に適用することが可能である。

[0057] [参考文献]

参考文献1 : Luigi P. Cordella, Pasquale Foggia, Carlo Sansone, Mario Vento, "A (Sub)Graph Isomorphism Algorithm for Matching Large Graphs", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 26, no. 10, pp. 1367-1372, Oct., 2004.

参考文献2 : L. P. Cordella, P. Foggia, C. Sansone, M. Vento, "An Improved Algorithm for Matching Large Graphs", 3rd IAPR-TC15 Workshop on Graph-based Representations in Pattern Recognition, Cuen, pp. 149-159, 2001.

参考文献3 : ULLMANN, Julian R. An algorithm for subgraph isomorphism. Journal of the ACM (JACM), 1976, 23.1: 31-42.

符号の説明

[0058]	1 0	転移装置
	1 0 1	入力装置
	1 0 2	表示装置
	1 0 3	外部 I / F
	1 0 3 a	記録媒体
	1 0 4	通信 I / F
	1 0 5	R A M
	1 0 6	R O M
	1 0 7	補助記憶装置
	1 0 8	プロセッサ
	1 0 9	バス

- 201 トポロジ情報取得部
- 202 決定木作成部
- 203 対応関係算出部
- 204 決定木転移部
- 205 学習データ記憶部

請求の範囲

- [請求項1] 第1のNWに関する第1の決定木を第2のNWに転移させるための転移装置であって、
- 前記第1のNWの観測データと、前記観測データに対応するラベルとを用いて、前記第1の決定木を作成する作成部と、
- 前記第1のNWを構成する各ノードと、前記第2のNWを構成する各ノードとの間の対応関係を算出する対応関係算出部と、
- 前記第1の決定木と前記対応関係とを用いて、前記対応関係を利用して前記第1の決定木を変換することにより、前記第2のNWに関する第2の決定木を作成する転移部と、
- を有する転移装置。
- [請求項2] 前記転移部は、
- 前記第1の決定木の葉ノード以外の各ノードに設定されている変数と前記変数に対する閾値を前記対応関係により変換し、変換後の閾値の値を求めることにより、前記第2の決定木を作成する、請求項1に記載の転移装置。
- [請求項3] 前記転移部は、
- 前記変数を x 、前記変換後の変数を y としたとき、 $y = \alpha x + \beta$ と表せる場合、前記変数 x 及び前記変換後の変数 y がいずれも正規分布に従うとの仮定の下、 $\phi = (\sigma_y / \sigma_x) (\theta - \mu_x) + \mu_y$ （ただし、 ϕ は前記変換後の変数 y に対する閾値、 θ は前記変数 x に対する閾値、 μ_x は前記変数 x の観測値の平均、 σ_x は前記変数 x の観測値の標準偏差、 μ_y は前記変換後の変数 y の観測値の平均、 σ_y は前記変換後の変数 y の観測値の標準偏差）により前記変換後の閾値 ϕ の値を求める、請求項2に記載の転移装置。
- [請求項4] 前記転移部は、
- 前記変数を x 、前記変換後の変数を y としたとき、 $y = \alpha x + \beta$ と表せる場合、回帰分析により α 、 β を算出し、 $\phi = \alpha \theta + \beta$ （ただし

、 ϕ は前記変換後の変数 y に対する閾値、 θ は前記変数 x に対する閾値)により前記変換後の閾値 ϕ の値を求める、請求項2に記載の転移装置。

[請求項5]

前記対応関係算出部は、

前記第1のNWのネットワークトポロジを表すトポロジ情報と、前記第2のNWのネットワークトポロジを表すトポロジ情報とを用いて、グラフ同型問題を解くことにより、前記対応関係を表す写像を算出する、請求項1乃至4の何れか一項に記載の転移装置。

[請求項6]

第1のNWに関する第1の決定木を第2のNWに転移させるためのコンピュータが、

前記第1のNWの観測データと、前記観測データに対応するラベルとを用いて、前記第1の決定木を作成する作成手順と、

前記第1のNWを構成する各ノードと、前記第2のNWを構成する各ノードとの間の対応関係を算出する対応関係算出手順と、

前記第1の決定木と前記対応関係とを用いて、前記対応関係を利用して前記第1の決定木を変換することにより、前記第2のNWに関する第2の決定木を作成する転移手順と、

を実行する転移方法。

[請求項7]

第1のNWに関する第1の決定木を第2のNWに転移させるためのコンピュータに、

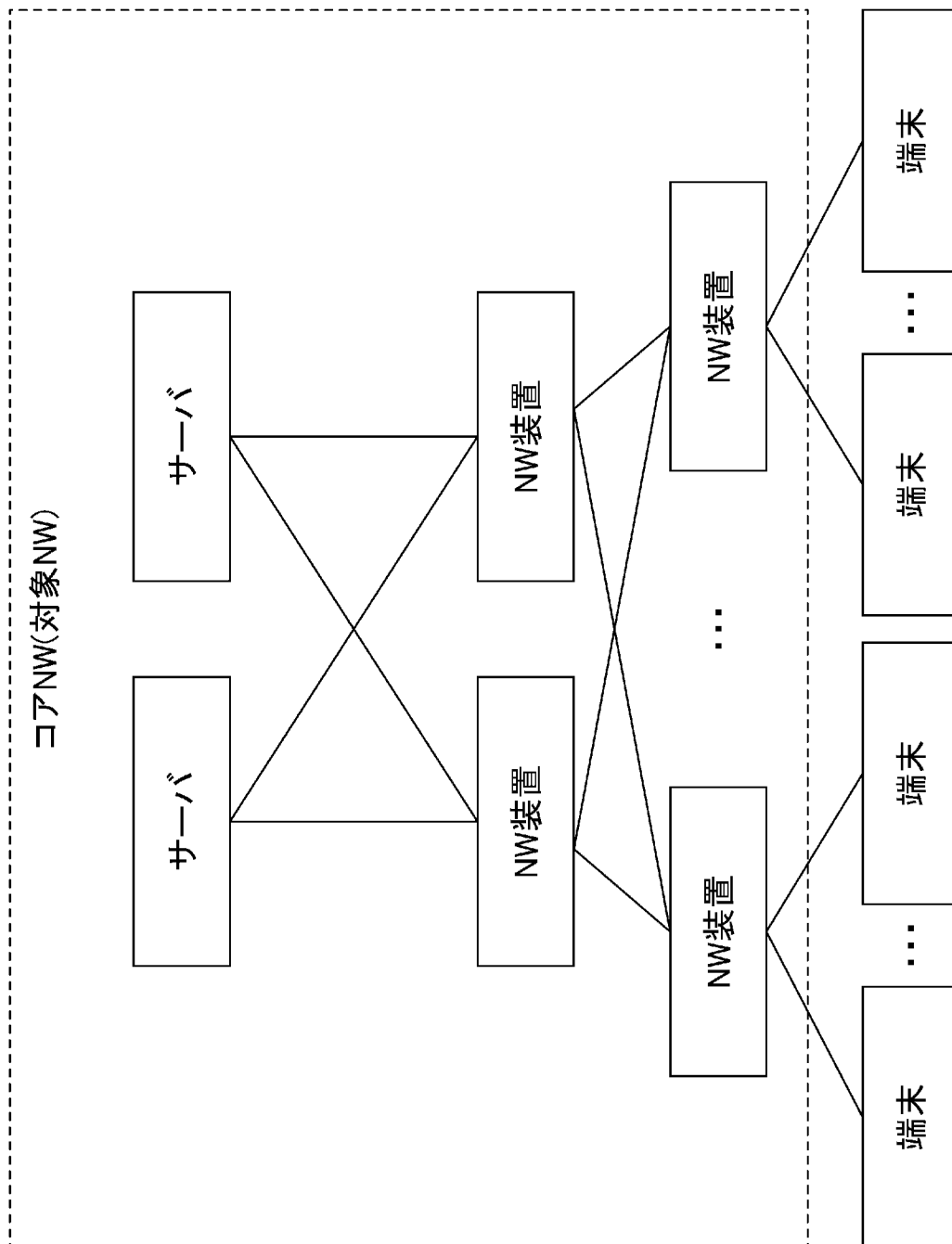
前記第1のNWの観測データと、前記観測データに対応するラベルとを用いて、前記第1の決定木を作成する作成手順と、

前記第1のNWを構成する各ノードと、前記第2のNWを構成する各ノードとの間の対応関係を算出する対応関係算出手順と、

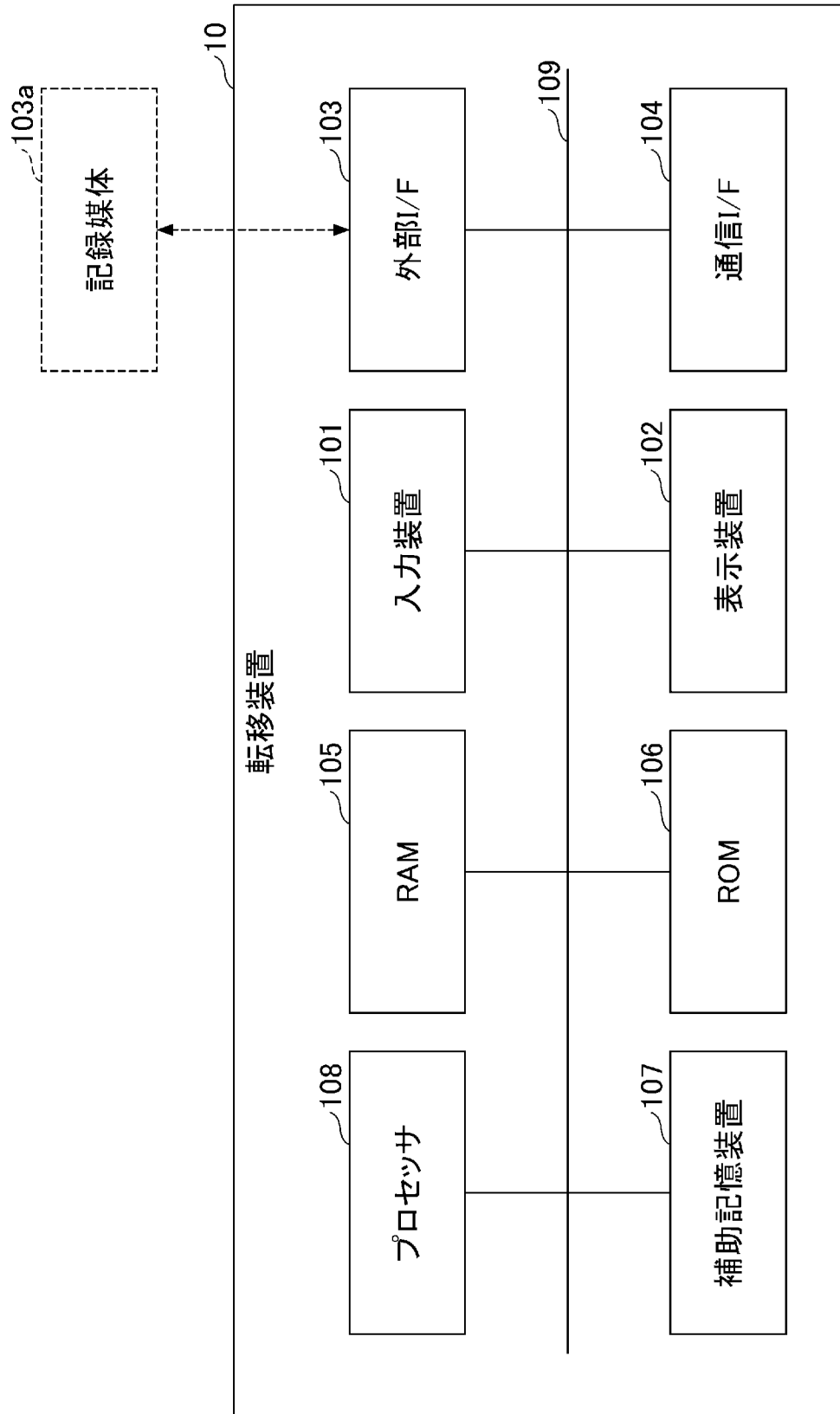
前記第1の決定木と前記対応関係とを用いて、前記対応関係を利用して前記第1の決定木を変換することにより、前記第2のNWに関する第2の決定木を作成する転移手順と、

を実行させるプログラム。

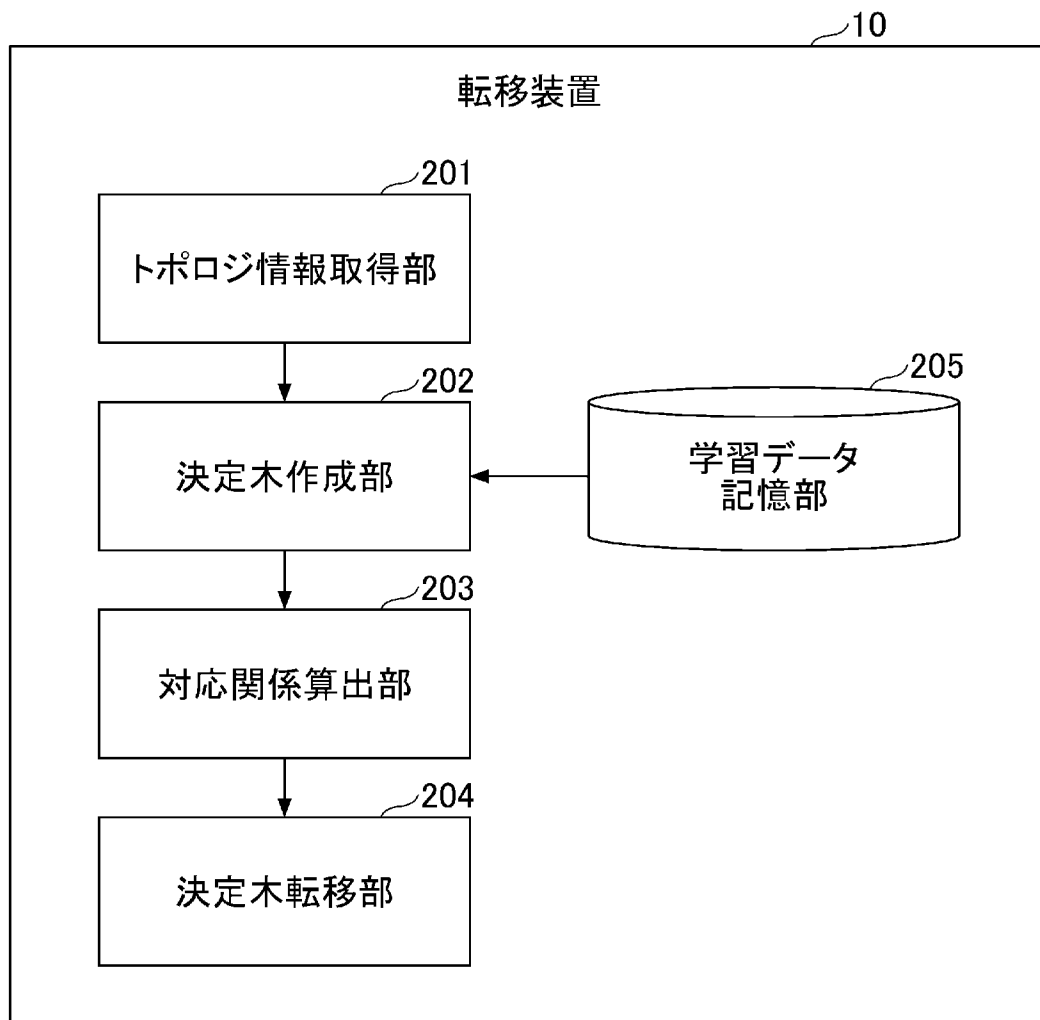
[図1]



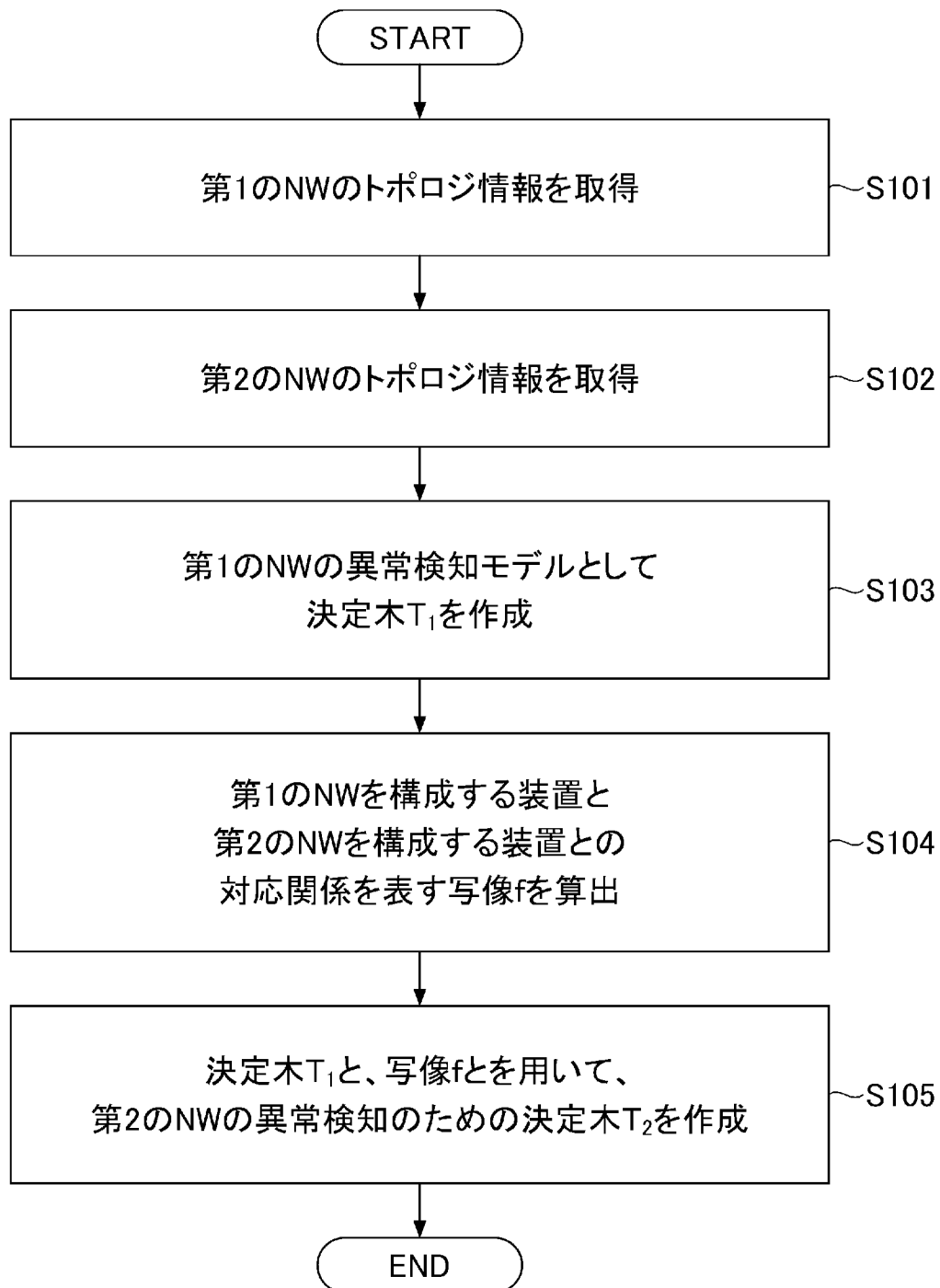
[図2]



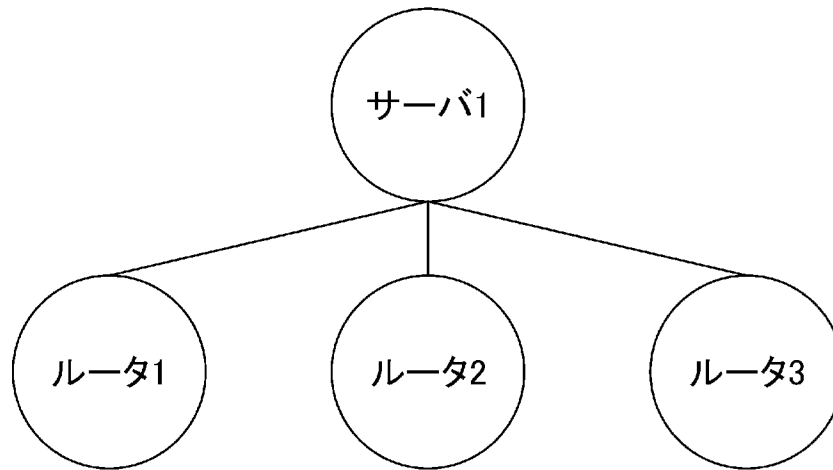
[図3]



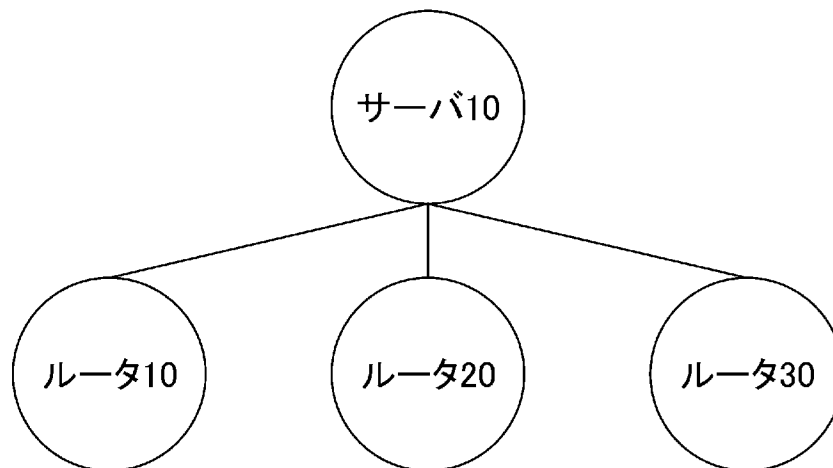
[図4]



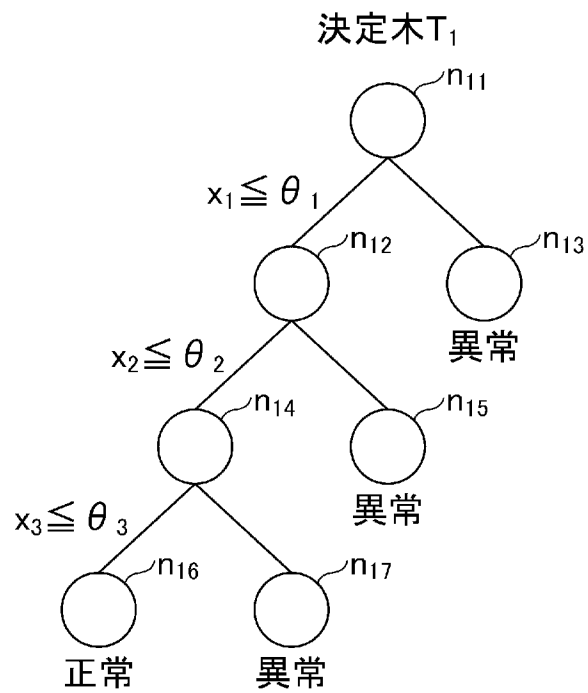
[図5]

第1のNW

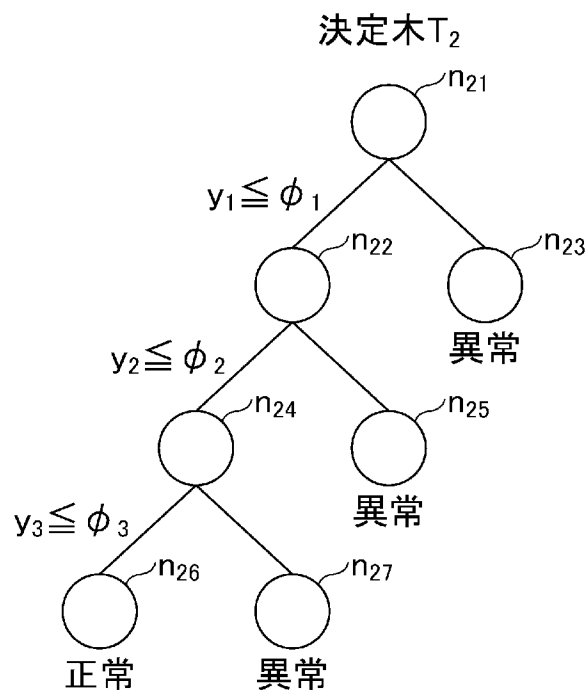
[図6]

第2のNW

[図7]

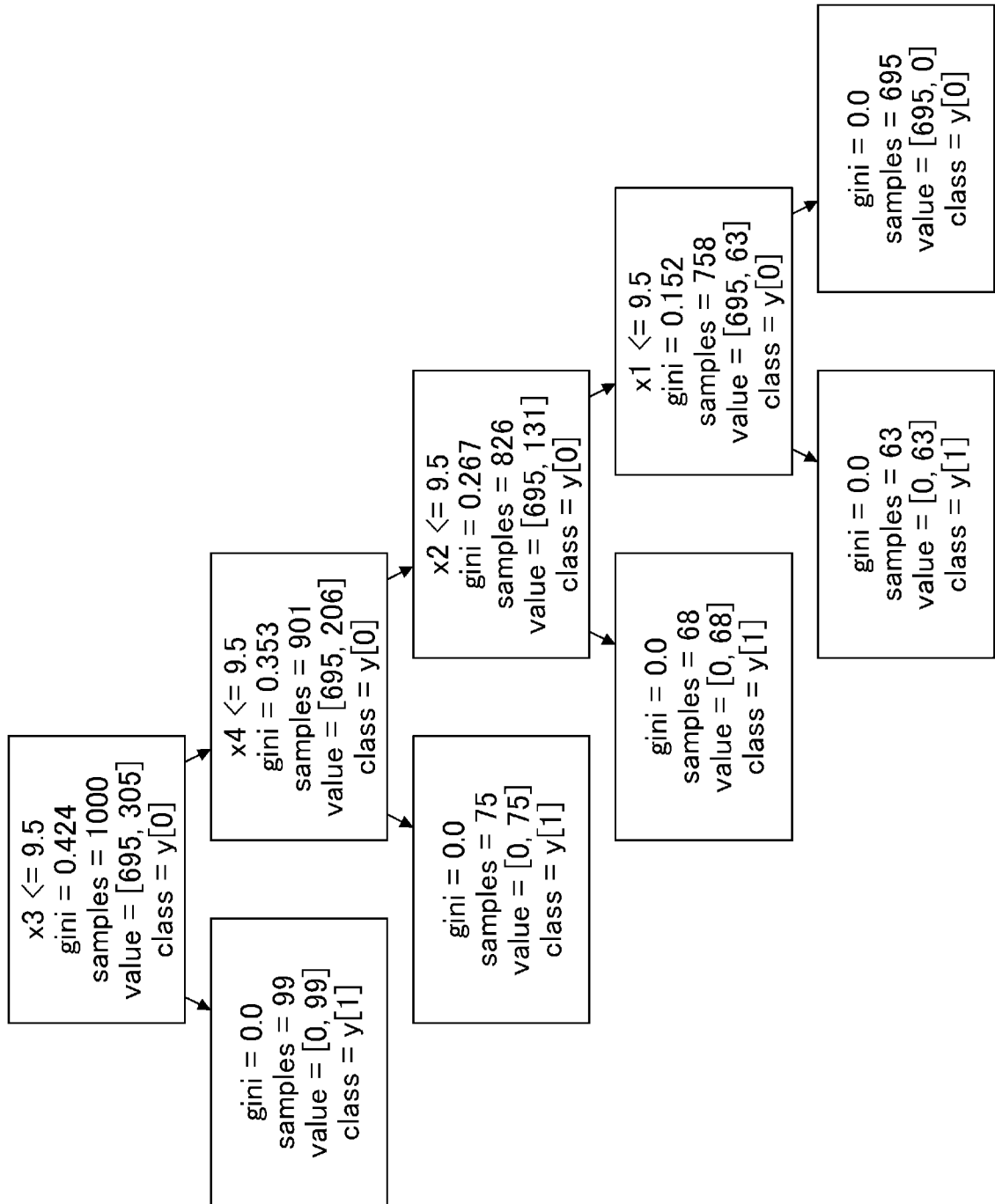


[図8]



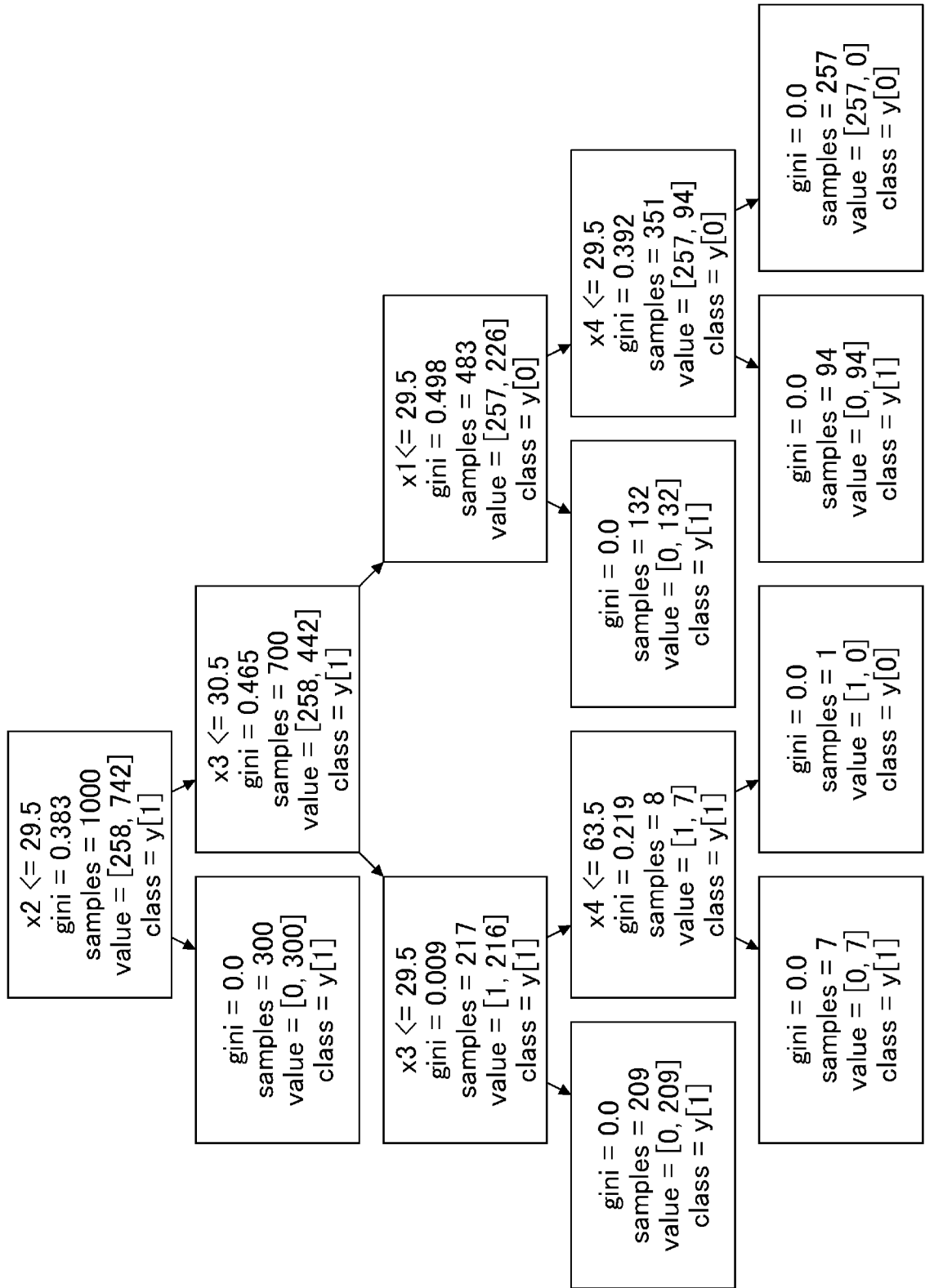
[図9]

s=10のときに作成された決定木(最大深さ=5)

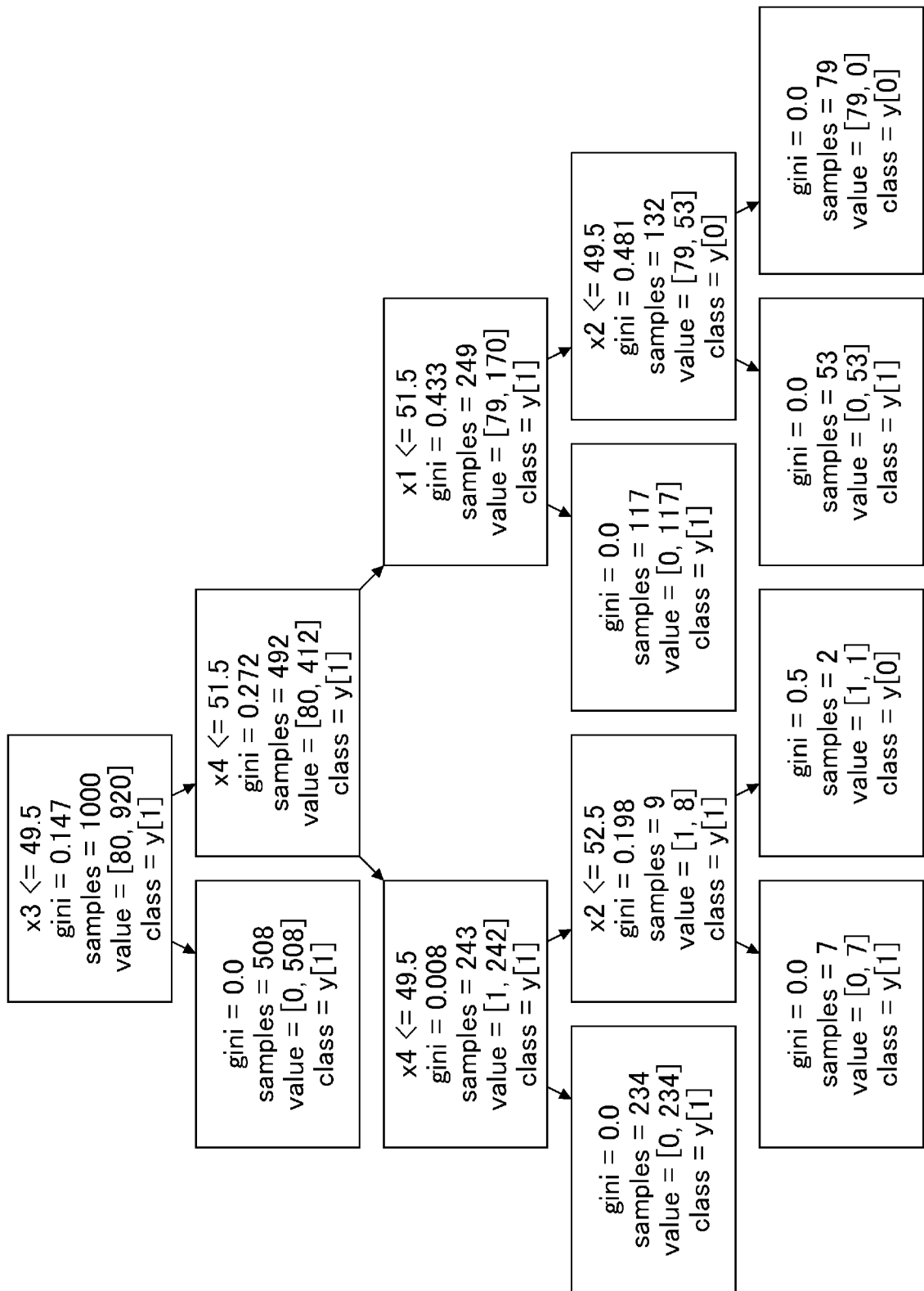


[図10]

s=30のときに作成された決定木(最大深さ=5)



$s=50$ のときに作成された決定木(最大深さ=4)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/021235

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H04L 41/12**(2022.01)i

FI: H04L41/12

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)

H04L41/12

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.
A	JP 2010-166240 A (PANASONIC CORPORATION) 29 July 2010 (2010-07-29)	1-7
A	JP 2010-193224 A (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) 02 September 2010 (2010-09-02)	1-7



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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

09 August 2023

Date of mailing of the international search report

29 August 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
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2023/021235

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2010-166240	A	29 July 2010	US	2011/0305169	A1	
				WO	2010/082281	A1	

JP	2010-193224	A	02 September 2010	(Family: none)			

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04L 41/12(2022.01)i FI: H04L41/12		
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）） H04L41/12 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922 - 1996年 日本国公開実用新案公報 1971 - 2023年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2023年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2023年 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2010-166240 A（パナソニック株式会社）29.07.2010（2010 - 07 - 29）	1-7
A	JP 2010-193224 A（日本電信電話株式会社）02.09.2010（2010 - 09 - 02）	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。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 09.08.2023	国際調査報告の発送日 29.08.2023	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 和平 悠希 5X 5380 電話番号 03-3581-1101 内線 3596	

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/JP2023/021235

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2010-166240	A	29.07.2010	US	2011/0305169	A1	
				WO	2010/082281	A1	
JP	2010-193224	A	02.09.2010	(ファミリーなし)			