

(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
2020年9月3日(03.09.2020)



(10) 国際公開番号

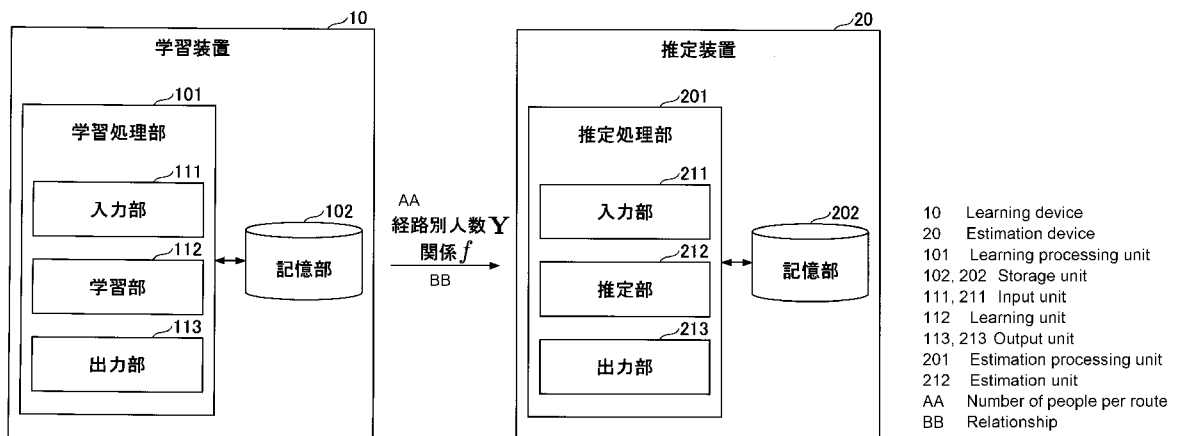
WO 2020/175140 A1

- (51) 国際特許分類:
G08G 1/00 (2006.01) *G08G 1/01* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/005315
- (22) 国際出願日: 2020年2月12日(12.02.2020)
- (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 2019-034024 2019年2月27日(27.02.2019) JP
- (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: 岩田 具治 (IWATA, Tomoharu); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).
清水 仁 (SHIMIZU, Hitoshi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 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).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,

(54) Title: LEARNING DEVICE, ESTIMATION DEVICE, LEARNING METHOD, ESTIMATION METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 学習装置、推定装置、学習方法、推定方法、及びプログラム

【図1】



(57) Abstract: The present invention is characterized by including: an input means for inputting route information indicating a route consisting of at least one road from among a plurality of roads, and for inputting number-of-mobile-bodies information indicating the number of mobile bodies, for each of multiple times-and-dates, on roads to be observed which are from among the plurality of roads; and a learning means for learning, using the route information and the number-of-mobile-bodies information, a parameter of a model which indicates the relationship between the number-of-mobile-bodies on each road and the number-of-mobile-bodies on each route, and the relationships among the numbers-of-mobile-bodies on each route at different times-and-dates.

(57) 要約: 複数の道のうちの1上の道で構成される経路を表す経路情報と、前記複数の道のうちの観測対象の道における日時毎の移動体数を表す移動体数情報とを入力する入力手段と、前記経路情報と、前記移動体数情報とを用いて、前記道毎の移動体数と前記経路毎の移動体数との関係及び異なる日時での経路毎の移動体数間の変化を表すモデルのパラメータを学習する学習手段と、を有することを特徴とする。

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：

学習装置、推定装置、学習方法、推定方法、及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、学習装置、推定装置、学習方法、推定方法、及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 道路の混雑状況を把握することは、安全性や利便性等の観点から重要な課題である。このため、センサや人を配置等することにより道路の混雑状況を把握することが従来から行われているが、多くの道路にセンサや人を配置することには膨大なコストが掛かる。

[0003] これに対して、トモグラフィックモデルにより道路の混雑状況を把握する手法が提案されている（例えば、非特許文献1参照）。また、将来のトラフィックを推定する手法も提案されている（例えば、非特許文献2参照）。

先行技術文献

非特許文献

[0004] 非特許文献1: Hitoshi Shimizu, Tatsushi Matsubayashi, Yusuke Tanaka, Tomoharu Iwata, Naonori Ueda, Hiroshi Sawada. "Improving route traffic estimation by considering staying population", PRIMA, 2018

非特許文献2: Yaguang Li, Rose Yu, Cyrus Shahabi, Yan Liu, "Diffusion Convolutional Recurrent Neural Network: Data-Driven Traffic Forecasting", ICLR, 2018

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、トモグラフィックモデルでは、現在の人数を推定することはできるが、将来の人数を推定することはできないという問題点がある。また、将来のトラフィックを推定する手法では、経路情報を用いることができ

ないため、未観測の道路における人数の推定精度が低いという問題点がある。

[0006] 本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたもので、将来の道毎の移動体数及び経路毎の移動体数を高い精度で推定可能とすることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 上記目的を達成するため、本発明の実施の形態における学習装置は、複数の道のうちの1上の道で構成される経路を表す経路情報と、前記複数の道のうちの観測対象の道における日時毎の移動体数を表す移動体数情報とを入力する入力手段と、前記経路情報と、前記移動体数情報とを用いて、前記道毎の移動体数と前記経路毎の移動体数との関係及び異なる日時での経路毎の移動体数間の変化を表すモデルのパラメータを学習する学習手段と、を有することを特徴とする。

[0008] また、本発明の実施の形態における学習装置は、複数の道のうちの1上の道で構成される経路を表す経路情報と、前記道毎の移動体数と前記経路毎の移動体数との関係及び異なる日時での経路毎の移動体数間の変化を表す学習済モデルのパラメータとを入力する入力手段と、前記経路情報と、前記学習済モデルのパラメータとを用いて、推定対象の日時における道毎の移動体数と、前記推定対象の日時における経路毎の移動体数との少なくとも一方を推定する推定手段と、を有することを特徴とする。

発明の効果

[0009] 将来の道毎の移動体数及び経路毎の移動体数を高い精度で推定することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の実施の形態における学習装置及び推定装置の機能構成の一例を示す図である。

[図2]本発明の実施の形態における学習装置及び推定装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

[図3]本発明の実施の形態における学習処理の一例を示すフローチャートであ

る。

[図4]本発明の実施の形態における推定処理の一例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本発明の実施の形態について説明する。本発明の実施の形態では、経路情報と、一部の道における移動体数の時系列データと、補助情報とが与えられたときに、道毎の移動体数と、経路毎の移動体数とを推定する場合について説明する。

[0012] なお、本発明の実施の形態では、一例として、移動体が歩行者である場合について説明するが、これに限られない。本発明の実施の形態は、例えば、自動車や自転車等の任意の移動体に対しても同様に適用可能である。

[0013] また、本発明の実施の形態では、一例として、道が道路である場合について説明するが、これに限られない。本発明の実施の形態は、例えば、イベント会場の通路や高速道路等の任意の道に対しても同様に適用可能である。更に、本発明の実施の形態は、例えば、通信ネットワーク上を流れるトラフィックを移動体、通信ネットワークを構成するリンクを道としても同様に適用可能である。

[0014] 上述したように、本発明の実施の形態では、経路情報と、一部の道における移動体数の時系列データの一例である道路毎人数と、補助情報とが与えられるものとする。

[0015] 経路情報Aは、Iを道路数、Jを経路数として、道路と経路との関係を表すI×J行列で表され、その(i, j)要素 a_{ij} は、経路jに道路iが含まれていたら1、含まれていなければ0をとる。なお、各経路は1つ以上の道路で構成される。

[0016] 道路毎人数

[0017]

[数1]

$$\mathbf{X}_{\text{obs}} = \left\{ \left\{ \{x_{dti}\}_{i \in \mathcal{I}_{\text{obs}}} \right\}_{t=1}^{T_d} \right\}_{d=1}^D$$

は、観測された道路における時刻毎の通過人数であり、 x_{dti} は日付dの時刻tに道路iを通過した人数、

[0018] [数2]

$$\mathcal{I}_{\text{obs}}$$

は観測した道路（つまり、観測対象の道路）の集合、Dは日付数、 T_d は日付dの時刻数を表す。なお、各 x_{dti} は、日付dの時刻tに道路iに存在する人数であってもよい。

[0019] 補助情報

[0020] [数3]

$$\mathbf{S} = \{\mathbf{s}_d\}_{d=1}^D$$

は、日付dに関する情報であり、例えば、日付dのイベントの予想来場者数、イベントの開場時刻や開演時刻、閉演時刻等の情報である。また、例えば、日付dの曜日や日付dが祝日か否か等の情報であってもよい。なお、補助情報Sは、日付dに関する情報ではなく、例えば、時刻に関する情報や道路に関する情報、経路に関する情報等であってもよい。

[0021] 本発明の実施の形態では、まず、経路情報Aと、道路毎人数 X_{obs} と、補助情報Sとを用いて、経路毎の人数（以降、「経路別人数」とも表す。）

[0022] [数4]

$$\mathbf{Y} = \{\{\mathbf{y}_{dt}\}_{t=1}^{T_d}\}_{d=1}^D$$

と、関係fとを学習する。ここで、

[0023] [数5]

$$\mathbf{y}_{dt} = \{y_{dtj}\}_{j=1}^J$$

であり、ydtjは日付dの時刻tに経路jに存在する人数である。また、関係fは、日付dの時刻tにおける経路毎の人数（つまり、ydt）を出力する任意の関数である。なお、関係fとしては、例えば、ニューラルネットワーク等を用いることができる。

[0024] そして、本発明の実施の形態では、学習済みの経路別人数Y及び関係fと、補助情報Sとを用いて、道路毎人数の推定値（以降、「推定道路別人数」とも表す。）

[0025] [数6]

$$\mathbf{X}_{d^*} = \{\{\mathbf{x}_{d^*ti}\}_{i=1}^I\}_{t=1}^{T_{d^*}}$$

と、経路別人数の推定値（以降、「推定経路別人数」とも表す。）

[0026]

[数7]

$$\mathbf{Y}_{d^*} = \left\{ \left\{ y_{d^*tj} \right\}_{j=1}^J \right\}_{t=1}^{T_{d^*}}$$

とを推定する。ここで、 d^* は推定対象の日付であり、例えば、日付 d^* の全ての時刻 t で必ずしも道路が観測されていない現在又は過去の日付や将来（未来）の日付等である。このとき、補助情報 S には、日付 d^* に対応する s_{d^*} が含まれていてもよい。なお、現在の日付 d^* の将来の時刻における推定道路別人数 X_{d^*} や推定経路別人数 Y_{d^*} の推定も可能である。また、推定道路別人数 X_{d^*} と推定経路別人数 Y_{d^*} とのいずれか一方のみが推定されてもよい。

[0027] <学習装置10及び推定装置20の機能構成>

まず、経路別人数 Y 及び関係 f を学習する学習装置10と、推定道路別人数 X_{d^*} 及び推定経路別人数 Y_{d^*} の少なくとも一方を推定する推定装置20との機能構成について、図1を参照しながら説明する。図1は、本発明の実施の形態における学習装置10及び推定装置20の機能構成の一例を示す図である。

[0028] 《学習装置10》

図1に示すように、本発明の実施の形態における学習装置10は、学習処理部101と、記憶部102とを有する。

[0029] 学習処理部101は、経路情報 A と、道路毎人数 X_{obs} と、補助情報 S とを入力として、経路別人数 Y と、関係 f とを学習する。このとき、学習処理部101は、道路毎の人数と経路毎の人数との関係、及び、異なる日時（つまり、日付 d 及び時刻 t ）での経路毎の人数間の関係を考慮したモデルのパラメータ（つまり、経路別人数 Y 、及び関係 f のパラメータ）を学習する。

[0030] ここで、学習処理部101には、入力部111と、学習部112と、出力部113とが含まれる。

[0031] 入力部111は、経路情報 A と、道路毎人数 X_{obs} と、補助情報 S とを入力する。なお、入力部111は、記憶部102に記憶されている経路情報 A と道路

毎人数 X_{obs} と補助情報 S とを入力してもよいし、通信ネットワークを介して接続される他の装置から経路情報 A と道路毎人数 X_{obs} と補助情報 S とを受信及び入力してもよい。又は、入力部 111 は、経路情報 A と道路毎人数 X_{obs} と補助情報 S とのうちの少なくとも 1 つを記憶部 102 から入力し、残りを他の装置から受信及び入力してもよい。

[0032] 学習部 112 は、入力部 111 により入力された経路情報 A と道路毎人数 X_{obs} と補助情報 S とを用いて、経路別人数 Y 及び関係 f （のパラメータ）を学習する。

[0033] ここで、日付 d の時刻 t に道路 i を通過した人数 x_{dti} と、日付 d の時刻 t に経路 j に存在する人数 y_{dtj} との間には、以下の式（1）に示す関係が成り立つ。

[0034] [数8]

$$x_{dti} \approx \sum_{j=1}^J a_{ij} y_{dtj} \quad (1)$$

上記の式（1）は、或る道路の通過人数は、その道路を通る経路の人数の総和で近似できることを表している。なお、上記の式（1）に示す関係の代わりに、経路を移動する時間を考慮した関係が用いられてもよいし、混雑に応じて移動時間が変化する関係が用いられてもよい。

[0035] また、日付 d の時刻 t における経路毎の人数 y_{dt} は、日付 d の補助情報 s_d やその前の時刻の経路毎の人数 $y_{d,t-1}$, $y_{d,t-2}$, $\dots$ 等から推定できるとする。すなわち、日付 d の時刻 t における経路毎の人数 y_{dt} は、以下の式（2）により推定（近似）できるとする。

[0036] [数9]

$$y_{dt} \approx f(t, s_d, y_{d,t-1}, y_{d,t-2}, \dots) \quad (2)$$

ここで、上述したように、関係 f は日付 d の時刻 t における経路毎の人数 y_{dt} を出力する任意の関数であり、例えば、ニューラルネットワーク等が用いられる。

[0037] 将来の日付 d の時刻 t における経路毎の人数 y_{dt} を推定する場合には、上記の式（２）の代わりに、以下の式（３）を用いる。

[0038] [数10]

$$y_{dt} \approx f(t, s_d) \quad (3)$$

すなわち、当該時刻 t よりも前の時刻の経路毎の人数 $y_{d, t-1}$, $y_{d, t-2}$, $\dots$ 等を入力としない関係 f を用いる。

[0039] なお、上記の式（２）及び式（３）では、異なる日時での経路毎の人数間の関係を用いたが、例えば、異なる日時での道路毎の人数の関係が用いられてもよい。

[0040] 学習部１１２は、道路毎人数 X_{obs} （及び補助情報 S ）が与えられたときに、上記の式（１）に示す関係と、上記の式（２）（又は式（３））に示す関係とをなるべく満たすように、経路別人数 Y と関係 f （のパラメータ）とを学習する。例えば、学習部１１２は、以下の式（４）に示す誤差 E を最小化するように、任意の最適化手法により経路別人数 Y と関係 f とを学習する。

[0041] [数11]

$$E = \sum_{d=1}^D \sum_{t=1}^{T_d} \sum_{i \in I_{obs}} (x_{dti} - \sum_{j=1}^J a_{ij} y_{dtj})^2 + \lambda \sum_{d=1}^D \sum_{t=1}^{T_d} \| y_{dt} - f(t, s_d, t, y_{d, t-1}, y_{d, t-2}, \dots) \|^2 \quad (4)$$

ここで、 $\lambda > 0$ はハイパーパラメータである。なお、上記の式（４）の第二項では次の時刻における経路毎の人数 y_{dt} の推定値の誤差（つまり、時刻 $t-1$ までの $y_{d, t-1}$, $y_{d, t-2}$, $\dots$ 等を用いた時刻 t での推定値 $f(t, s_d, y_{d, t-1}, y_{d, t-2}, \dots)$ ）

$y_d, t-2, \dots)$ との誤差)を用いたが、例えば、長期予測をしたい場合には長期的に推定された推定値の誤差が用いられてもよい。また、二乗誤差の最小化の代わりに、例えば、尤度の最大化やベイズ推定等が用いられてもよい。

[0042] 出力部113は、学習部112により学習された経路別人数 Y 及び関係 f (つまり、学習済みの経路別人数 Y 及び関係 f (のパラメータ))を出力する。なお、出力部113は、学習済みの経路別人数 Y 及び関係 f を記憶部102に出力(保存)してもよいし、通信ネットワークを介して接続される他の装置(例えば推定装置20)に出力してもよい。

[0043] 《推定装置20》

図1に示すように、本発明の実施の形態における推定装置20は、推定処理部201と、記憶部202とを有する。

[0044] 推定処理部201は、学習済みのモデル(つまり、学習済みの経路別人数 Y 及び関係 f)と、補助情報 S とを入力として、推定道路別人数 X_d^* と推定経路別人数 Y_d^* とを推定する。

[0045] ここで、推定処理部201には、入力部211と、推定部212と、出力部213とが含まれる。

[0046] 入力部211は、学習済みの経路別人数 Y 及び関係 f (のパラメータ)と、経路情報 A と、補助情報 S とを入力する。なお、入力部211は、記憶部202に記憶されている学習済みの経路別人数 Y 及び関係 f と経路情報 A と補助情報 S とを入力してもよいし、通信ネットワークを介して接続される他の装置(例えば学習装置10)から学習済みの経路別人数 Y 及び関係 f と経路情報 A と補助情報 S とを受信及び入力してもよい。又は、入力部211は、学習済みの経路別人数 Y と学習済みの関係 f と経路情報 A と補助情報 S とのうちの少なくとも1つを記憶部202から入力し、残りを他の装置から受信及び入力してもよい。

[0047] 推定部212は、入力部211により入力された学習済みの経路別人数 Y 及び関係 f と経路情報 A と補助情報 S とを用いて、推定道路別人数 X_d^* 及び推定経

路別人数 Y_{d*} を推定する。

[0048] 推定部 2 1 2 は、例えば、現在の時刻を $t-1$ 、推定対象の日付を $d=d^*$ として、以下の式（５）により次の時刻 t における経路毎の人数 y_{dt} を推定する。

[0049] [数12]

$$y_{dt} = f(t, s_d, y_{d,t-1}, y_{d,t-2}, \dots) \quad (5)$$

なお、長期予測を行う場合には、推定された人数 y_{dt} も、上記の式（５）に示す関係式 f に代入すればよい。

[0050] また、全ての時刻で道路が未観測の日付 $d=d^*$ の時刻 t における経路毎の人数 y_{dt} を推定する場合（例えば、日付 $d=d^*$ が将来の日付である場合等）には、推定部 2 1 2 は、以下の式（６）により人数 y_{dt} を推定する。

[0051] [数13]

$$y_{dt} = f(t, s_d) \quad (6)$$

すなわち、推定対象の時刻 t よりも前の時刻における経路毎の人数 $y_{d, t-1}$, $y_{d, t-2}$, $\dots$ 等を入力としない関係 f を用いる。

[0052] また、推定部 2 1 2 は、例えば、以下の式（７）により推定道路別人数 X_{d*} を推定する。

[0053] [数14]

$$x_{dt} = A y_{dt} \quad (7)$$

すなわち、推定道路別人数 X_{d*} は、経路毎の人数 y_{dt} （の推定値）と、経路情報 A とを用いて推定することができる。

[0054] 出力部 213 は、推定部 212 により推定された推定道路別人数 X_d^* 及び推定経路別人数 Y_d^* を出力する。なお、出力部 213 は、推定道路別人数 X_d^* 及び推定経路別人数 Y_d^* を記憶部 202 に出力（保存）してもよいし、通信ネットワークを介して接続される他の装置に出力してもよい。

[0055] ここで、本発明の実施の形態では、学習装置 10 と推定装置 20 とが異なる装置である場合について説明するが、学習装置 10 と推定装置 20 とが 1 台の装置で実現されていてもよい。この場合、当該装置は、学習処理部 101 と、推定処理部 201 と、記憶部とを有するように構成されていればよい。

[0056] <学習装置 10 及び推定装置 20 のハードウェア構成>

次に、本発明の実施の形態における学習装置 10 及び推定装置 20 のハードウェア構成について、図 2 を参照しながら説明する。図 2 は、本発明の実施の形態における学習装置 10 及び推定装置 20 のハードウェア構成の一例を示す図である。なお、学習装置 10 及び推定装置 20 は同様のハードウェア構成で実現可能であるため、以降では、主に、学習装置 10 のハードウェア構成について説明する。

[0057] 図 2 に示すように、本発明の実施の形態における学習装置 10 は、入力装置 301 と、表示装置 302 と、外部 I/F 303 と、RAM (Random Access Memory) 304 と、ROM (Read Only Memory) 305 と、プロセッサ 306 と、通信 I/F 307 と、補助記憶装置 308 とを有する。これら各ハードウェアは、それぞれがバス B を介して通信可能に接続されている。

[0058] 入力装置 301 は、例えばキーボードやマウス、タッチパネル等であり、ユーザが各種操作を入力するのに用いられる。表示装置 302 は、例えばディスプレイ等であり、学習装置 10 の処理結果等を表示する。なお、学習装置 10 及び推定装置 20 は、入力装置 301 及び表示装置 302 の少なくとも一方を有していなくてもよい。

[0059] 外部 I/F 303 は、外部装置とのインタフェースである。外部装置には、記録媒体 303a 等がある。学習装置 10 は、外部 I/F 303 を介して

、記録媒体 303a の読み取りや書き込み等を行うことができる。記録媒体 303a には、例えば、学習処理部 101 を実現する 1 以上のプログラムや推定処理部 201 を実現する 1 以上のプログラム等が記録されていてもよい。

[0060] 記録媒体 303a としては、例えば、フレキシブルディスク、CD (Compact Disc)、DVD (Digital Versatile Disk)、SD メモリカード (Secure Digital memory card)、USB (Universal Serial Bus) メモリカード等がある。

[0061] RAM 304 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である。ROM 305 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である。ROM 305 には、例えば、OS (Operating System) に関する設定情報や通信ネットワークに関する設定情報等が格納されている。

[0062] プロセッサ 306 は、例えば CPU (Central Processing Unit) や GPU (Graphics Processing Unit) 等であり、ROM 305 や補助記憶装置 308 等からプログラムやデータを RAM 304 上に読み出して処理を実行する演算装置である。学習処理部 101 は、ROM 305 や補助記憶装置 308 等に格納されている 1 以上のプログラムを RAM 304 上に読み出してプロセッサ 306 が処理を実行することで実現される。同様に、推定処理部 201 は、ROM 305 や補助記憶装置 308 等に格納されている 1 以上のプログラムを RAM 304 上に読み出してプロセッサ 306 が処理を実行することで実現される。

[0063] 通信 I/F 307 は、学習装置 10 を通信ネットワークに接続するためのインタフェースである。学習処理部 101 を実現する 1 以上のプログラムや推定処理部 201 を実現する 1 以上のプログラムは、通信 I/F 307 を介して、所定のサーバ装置等から取得 (ダウンロード) されてもよい。

[0064] 補助記憶装置 308 は、例えば HDD (Hard Disk Drive) や SSD (Solid State Drive) 等であり、プログラムやデータを格納している不揮発性の記

憶装置である。補助記憶装置308に格納されているプログラムやデータには、例えば、OS、当該OS上で各種機能を実現するアプリケーションプログラム等がある。また、学習装置10の補助記憶装置308には学習処理部101を実現する1以上のプログラムが格納されている。同様に、推定装置20の補助記憶装置308には推定処理部201を実現する1以上のプログラムが格納されている。

[0065] また、学習装置10が有する記憶部102は、例えば補助記憶装置308を用いて実現可能である。同様に、推定装置20が有する記憶部202は、例えば補助記憶装置308を用いて実現可能である。

[0066] 本発明の実施の形態における学習装置10は、図2に示すハードウェア構成を有することにより、後述する各種処理を実現することができる。同様に、本発明の実施の形態における推定装置20は、図2に示すハードウェア構成を有することにより、後述する各種処理を実現することができる。

[0067] なお、図2に示す例では、本発明の実施の形態における学習装置10及び推定装置20がそれぞれ1台の装置（コンピュータ）で実現されている場合を示したが、これに限られない。本発明の実施の形態における学習装置10及び推定装置20の少なくとも一方が、複数台の装置（コンピュータ）で実現されていてもよい。また、1台の装置（コンピュータ）には、複数のプロセッサ306や複数のメモリ（RAM304やROM305、補助記憶装置308等）が含まれていてもよい。

[0068] <学習処理>

次に、本発明の実施の形態における学習処理（経路別人数 Y と関係 f とを学習する処理）について、図3を参照しながら説明する。図3は、本発明の実施の形態における学習処理の一例を示すフローチャートである。

[0069] まず、入力部111は、経路情報 A と、道路毎人数 X_{obs} と、補助情報 S とを入力する（ステップS101）。

[0070] 次に、学習部112は、経路情報 A と、道路毎人数 X_{obs} と、補助情報 S とを用いて、例えば上記の式（4）を任意の最適化手法により最適化することで

、経路別人数 Y 及び関係 f を学習する（ステップS102）。

[0071] そして、出力部113は、学習済みの経路別人数 Y 及び関係 f を出力する（ステップS103）。これにより、学習済みの経路別人数 Y 及び関係 f が得られる。

[0072] <推定処理>

次に、本発明の実施の形態における推定処理（推定道路別人数 X_d^* と推定経路別人数 Y_d^* とを推定する処理）について、図4を参照しながら説明する。図4は、本発明の実施の形態における推定処理の一例を示すフローチャートである。

[0073] まず、入力部211は、学習済みの経路別人数 Y と、学習済みの関係 f と、経路情報 A と、補助情報 S とを入力する（ステップS201）。

[0074] 次に、推定部212は、学習済みの経路別人数 Y と、学習済みの関係 f と、経路情報 A と、補助情報 S とを用いて、上記の式（5）又は式（6）により推定経路別人数 Y_d^* を推定すると共に、上記の式（7）により推定道路別人数 X_d^* を推定する（ステップS202）。なお、推定部212は、推定道路別人数 X_d^* 及び推定経路別人数 Y_d^* のうちのいずれか一方のみを推定してもよい。

[0075] そして、出力部213は、推定道路別人数 X_d^* 及び推定経路別人数 Y_d^* （又は、推定道路別人数 X_d^* 及び推定経路別人数 Y_d^* のうちのいずれか一方）を出力する（ステップS203）。これにより、推定結果として、推定道路別人数 X_d^* 及び推定経路別人数 Y_d^* の少なくとも1つが得られる。

[0076] <評価結果>

最後に、一例として、イベント会場付近の経路数を80、道路数を227、観測された道路数を37としたデータを用いた推定結果の評価結果を示す。補助情報 S としては、イベントの開場時刻、開演時刻、閉演時刻、予想来場者数を用いた。また、学習データの日数を7、開発データの日数を1、テストデータの日数を1とした。

[0077] 評価尺度としては、以下の式（8）に示す正則化誤差 E を用いた。

[0078]

[数15]

$$E = \frac{\sum_{t=1}^{T_{d^*}} \sum_{i \in \mathcal{I}_{\text{obs}}} |\hat{x}_{d^*ti} - x_{d^*ti}|}{\sum_{t=1}^{T_{d^*}} \sum_{i \in \mathcal{I}_{\text{obs}}} x_{d^*ti}} \quad (8)$$

ここで、

[0079] [数16]

$$\hat{x}_{d^*ti}$$

は日付 d^* の時刻 t に道路 i を通過した人数の推定値、 x_{d^*ti} はその観測値を表す。

[0080] このとき、1時刻先の誤差は0.326であった。なお、前の時刻の値をそのまま推定に用いた場合の誤差は0.408であり、本発明の実施の形態を用いた場合の方が、推定誤差が小さいことがわかる。また、未観測の日付（つまり、全ての時刻で道路が未観測）での誤差は0.455であり、未観測の日付でも或る程度の精度で推定が可能であることがわかる。

[0081] 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、特許請求の範囲から逸脱することなく、種々の変形や変更が可能である。

符号の説明

[0082]

1 0	学習装置
2 0	推定装置
1 0 1	学習処理部
1 0 2	記憶部
1 1 1	入力部
1 1 2	学習部

1 1 3	出力部
2 0 1	推定処理部
2 0 2	記憶部
2 1 1	入力部
2 1 2	推定部
2 1 3	出力部

請求の範囲

- [請求項1] 複数の道のうちの1上の道で構成される経路を表す経路情報と、前記複数の道のうちの観測対象の道における日時毎の移動体数を表す移動体数情報とを入力する入力手段と、
- 前記経路情報と、前記移動体数情報とを用いて、前記道毎の移動体数と前記経路毎の移動体数との関係及び異なる日時での経路毎の移動体数間の関係を表すモデルのパラメータを学習する学習手段と、
- を有することを特徴とする学習装置。
- [請求項2] 前記モデルは、
- 日付dの時刻tに道iを通過した移動体数と、前記日付dの前記時刻tに前記道iを含む経路j上の移動体数の総和との近似関係と、
- 時刻tと、日付dに関する補助的な情報sdとを少なくとも入力とし、前記日付dの前記時刻tにおける経路j毎の移動体数を出力する関数fである、ことを特徴とする請求項1に学習装置。
- [請求項3] 前記関数fは、前記時刻tにより前の時刻における経路j毎の移動体数を更に入力とする、ことを特徴とする請求項2に記載の学習装置。
- [請求項4] 複数の道のうちの1上の道で構成される経路を表す経路情報と、前記道毎の移動体数と前記経路毎の移動体数との関係及び異なる日時での経路毎の移動体数間の関係を表す学習済モデルのパラメータとを入力する入力手段と、
- 前記経路情報と、前記学習済モデルのパラメータとを用いて、推定対象の日時における道毎の移動体数と、前記推定対象の日時における経路毎の移動体数との少なくとも一方を推定する推定手段と、
- を有することを特徴とする推定装置。
- [請求項5] 前記学習済モデルは、
- 日付dの時刻tに道iを通過した移動体数と、前記日付dの前記時刻tに前記道iを含む経路j上の移動体数の総和との近似関係を表す学習済モデルと、

時刻 t と、日付 d に関する補助的な情報 sd とを少なくとも入力とし、前記日付 d の前記時刻 t における経路 j 毎の移動体数を出力する関数 f で表される学習済モデルと、の少なくとも一方である、ことを特徴とする請求項4に記載の推定装置。

[請求項6] 複数の道のうちの1上の道で構成される経路を表す経路情報と、前記複数の道のうちの観測対象の道における日時毎の移動体数を表す移動体数情報とを入力する入力手順と、

前記経路情報と、前記移動体数情報とを用いて、前記道毎の移動体数と前記経路毎の移動体数との関係及び異なる日時での経路毎の移動体数間の変化を表すモデルのパラメータを学習する学習手順と、

をコンピュータが実行することを特徴とする学習方法。

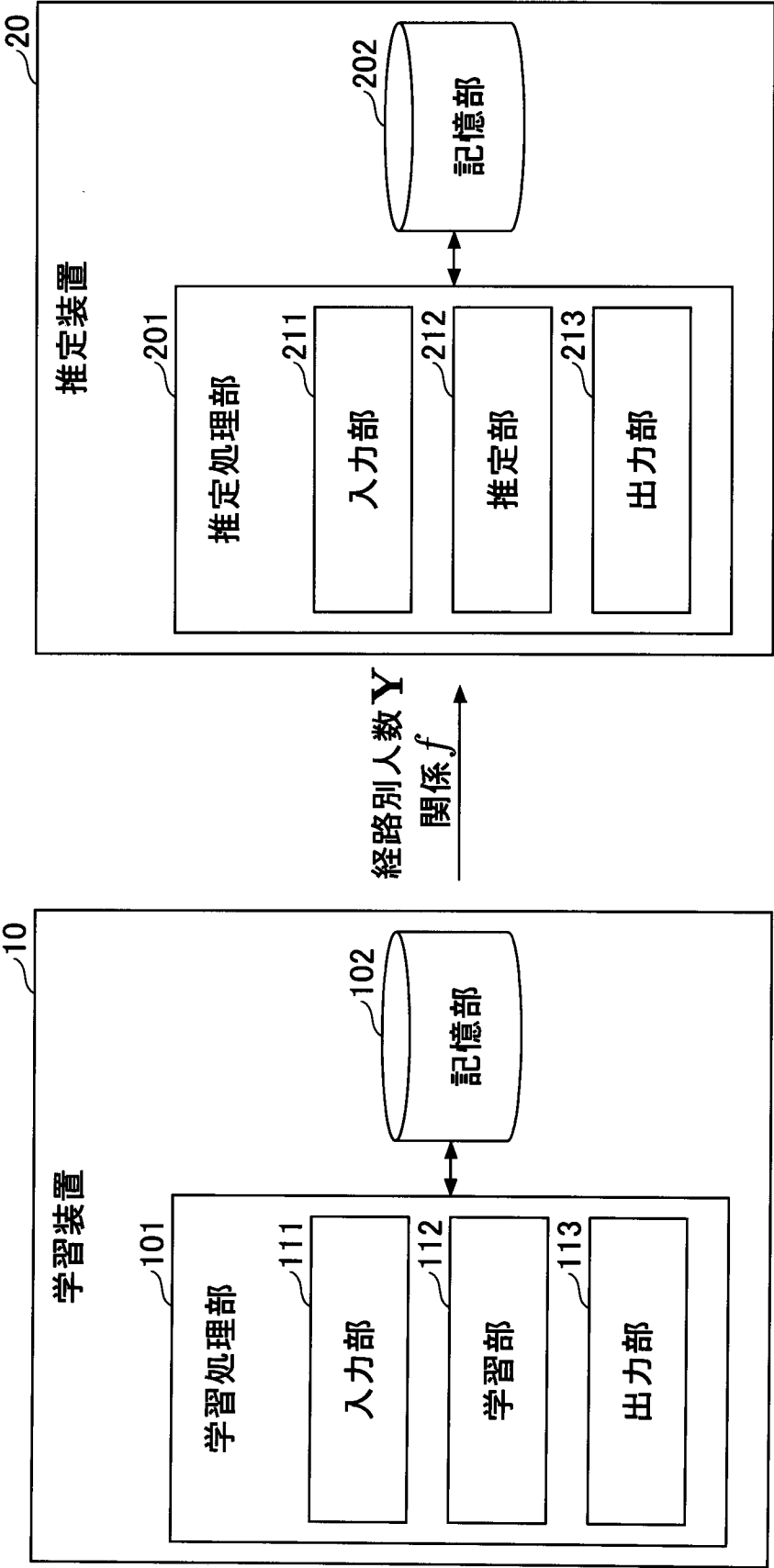
[請求項7] 複数の道のうちの1上の道で構成される経路を表す経路情報と、前記道毎の移動体数と前記経路毎の移動体数との関係及び異なる日時での経路毎の移動体数間の変化を表す学習済モデルのパラメータとを入力する入力手順と、

前記経路情報と、前記学習済モデルのパラメータとを用いて、推定対象の日時における道毎の移動体数と、前記推定対象の日時における経路毎の移動体数との少なくとも一方を推定する推定手順と、

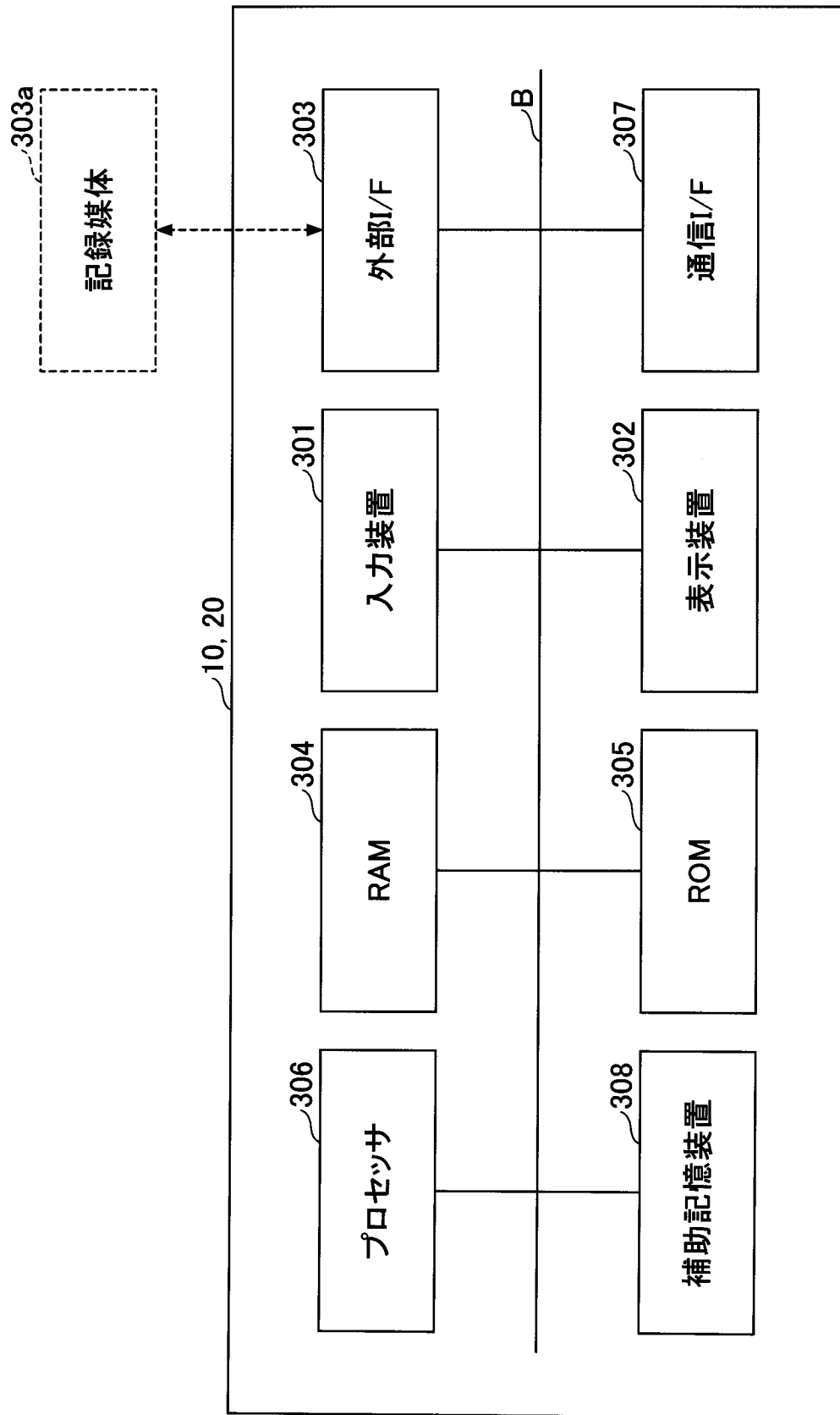
をコンピュータが実行することを特徴とする推定方法。

[請求項8] コンピュータを、請求項1乃至3の何れか一項に記載の学習装置における各手段、又は、請求項4又は5に記載の推定装置における各手段、として機能させるためのプログラム。

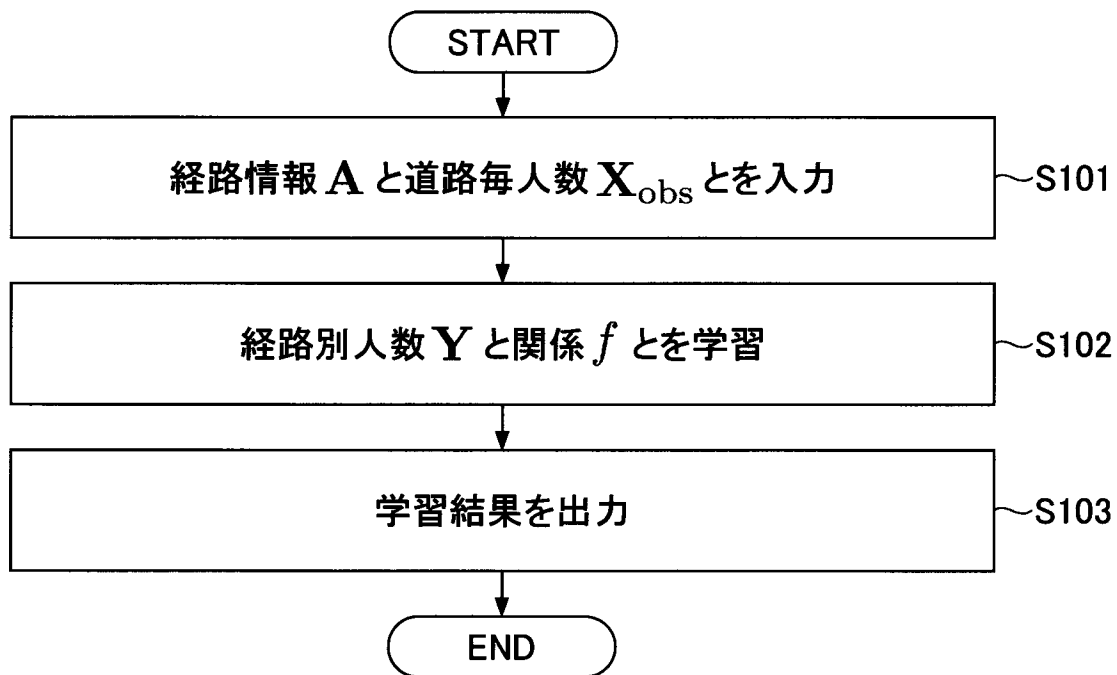
[図1]



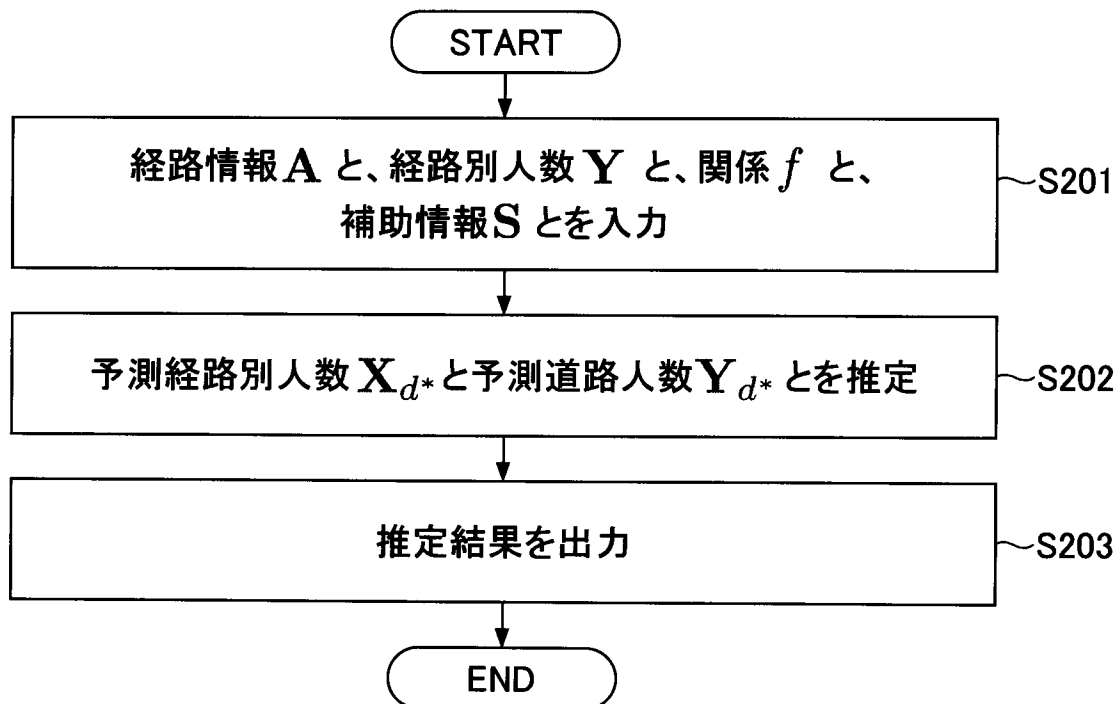
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/005315

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G08G 1/00 (2006.01) i; G08G 1/01 (2006.01) i
FI: G08G1/00 C; G08G1/01 F

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)

G08G1/00; G08G1/01

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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	WO 2017/122258 A1 (HITACHI KOKUSAI ELECTRIC INC.) 20.07.2017 (2017-07-20)	1-8
A	JP 2016-222114 A (HITACHI, LTD.) 28.12.2016 (2016-12-28) entire text, all drawings	1-8
A	JP 2010-287206 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 24.12.2010 (2010-12-24) entire text, all drawings	1-8



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

"I" 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
23 April 2020 (23.04.2020)

Date of mailing of the international search report
12 May 2020 (12.05.2020)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/005315

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	清武 寛 他, KIYOTAKE, Hiroshi et al., 時間遅れを考慮した 経路別通行人数の推定, "Estimation of people flow considering time delay", 一般社団法人 人工知能学会 第 32 回全国大会論文集 DVD [DVD-ROM] 2018 年度人工知能学会全 国大会 (第 32 回), 08 June 2018, 3J1-04, entire text, all drawings, (Proceedings of the 32nd National Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence DVD [DVD-ROM], 2018 National conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence (32nd))	1-8
A	飯山 将晃 他, エリア内に設置された複数台のカメラを用いた視野外の人 数推定, 電子情報通信学会技術研究報告 vol. 116, no. 150, IEICE Technical Report, 13 July 2016, pp. 43-46, entire text, all drawings, (IIYAMA, Masaaki et al., "Out- of-view People Counting in the Area with Multiple Cameras")	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/005315

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
WO 2017/122258 A1	20 Jul. 2017	US 2019/0012547 A1 entire text, all drawings	
JP 2016-222114 A	28 Dec. 2016	(Family: none)	
JP 2010-287206 A	24 Dec. 2010	JP 2010-287214 A entire text, all drawings	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G08G 1/00(2006.01)i; G08G 1/01(2006.01)i FI: G08G1/00 C; G08G1/01 F										
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）） G08G1/00; G08G1/01										
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020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	WO 2017/122258 A1（株式会社日立国際電気）20.07.2017（2017 - 07 - 20） 全文，全図	1-8								
A	JP 2016-222114 A（株式会社日立製作所）28.12.2016（2016 - 12 - 28） 全文，全図	1-8								
A	JP 2010-287206 A（住友電気工業株式会社）24.12.2010（2010 - 12 - 24） 全文，全図	1-8								
A	清武 寛 Hiroshi Kiyotake 他，時間遅れを考慮した経路別通行人数の推定 Estimation of people flow considering time delay, 一般社団法人 人工知能学会 第32回全国大会論文集DVD [DVD-ROM] 2018年度 人工知能学会全 国大会（第32回），2018.06.08, 3J1-04 全文，全図	1-8								
A	飯山 将晃 他，エリア内に設置された複数台のカメラを用いた視野外の人数推定， 電子情報通信学会技術研究報告 Vol. 116 No. 150 IEICE Technical Report, 2016.07.13, pp.43-46 全文，全図	1-8								
☐ 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 23.04.2020	国際調査報告の発送日 12.05.2020									
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） 上野 博史 3Z 8369 電話番号 03-3581-1101 内線 3395									

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/JP2020/005315

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2017/122258	A1	20.07.2017	US	2019/0012547	A1	
				全文, 全図			
JP	2016-222114	A	28.12.2016	(ファミリーなし)			
JP	2010-287206	A	24.12.2010	JP	2010-287214	A	
				全文, 全図			