

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第6992534号
(P6992534)

(45)発行日 令和4年1月13日(2022.1.13)

(24)登録日 令和3年12月13日(2021.12.13)

(51)国際特許分類

F I

G 0 8 G 1/00 (2006.01)

G 0 8 G 1/00

C

G 0 8 G 1/005(2006.01)

G 0 8 G 1/005

G 0 8 G 1/01 (2006.01)

G 0 8 G 1/01

F

G 0 6 N 20/00 (2019.01)

G 0 6 N 20/00

請求項の数 9 (全15頁)

(21)出願番号 特願2018-6710(P2018-6710)
 (22)出願日 平成30年1月18日(2018.1.18)
 (65)公開番号 特開2019-125260(P2019-125260
 A)
 (43)公開日 令和1年7月25日(2019.7.25)
 審査請求日 令和2年2月7日(2020.2.7)

(73)特許権者 000004226
 日本電信電話株式会社
 東京都千代田区大手町一丁目5番1号
 (74)代理人 100107766
 弁理士 伊東 忠重
 (74)代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (74)代理人 100124844
 弁理士 石原 隆治
 (72)発明者 岩田 具治
 東京都千代田区大手町一丁目5番1号
 日本電信電話株式会社内
 (72)発明者 大塚 琢馬
 東京都千代田区大手町一丁目5番1号
 日本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 データ作成装置、誘導モデル学習装置、誘導推定装置、データ作成方法、誘導モデル学習方法、誘導推定方法及びプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

道路の構造を表す第1の道路構造が取得又は作成されると、前記第1の道路構造毎に、前記第1の道路構造と、前記第1の道路構造に対応する複数のシミュレーションパラメータの各々とを用いて、第1の交通シミュレーションをそれぞれ行うことで、各シミュレーション時刻における道路状況を前記第1の道路構造及び前記シミュレーションパラメータ毎に作成する道路状況作成手段と、

前記第1の道路構造毎に、前記第1の道路構造に対して所定の誘導策を行った場合の第2の道路構造と、前記第1の道路構造を用いて前記第1の交通シミュレーションを行ったときの最終シミュレーション時刻における道路状況と、前記道路状況が得られたときに前記第1の交通シミュレーションで用いられたシミュレーションパラメータと同一のシミュレーションパラメータとを用いて、前記道路状況を初期値とした第2の交通シミュレーションをそれぞれ行うことで、前記誘導策の効果を示す誘導効果を作成する誘導効果作成手段と、

前記誘導効果と、前記第1の道路構造及び前記道路状況の少なくとも一方とが含まれる道路効果データを作成するデータ作成手段と、
 を有することを特徴とするデータ作成装置。

【請求項2】

道路の構造を表す道路構造と前記道路構造毎の道路状況との少なくとも一方が入力されると、誘導策に関する情報を出力するモデルのパラメータを推定する誘導モデル学習装置で

あって、

請求項 1 に記載のデータ作成装置により作成された道路効果データを学習データとして前記モデルに入力することで出力される前記誘導策に関する情報と、道路効果データに含まれる誘導効果との誤差を最小化するように前記パラメータを推定するパラメータ推定手段、を有することを特徴とする誘導モデル学習装置。

【請求項 3】

前記パラメータ推定手段は、

前記誘導策に関する情報と、前記誘導効果を所定の関数を用いて正規化した値との誤差を最小化するように前記パラメータを推定する、ことを特徴とする請求項 2 に記載の誘導モデル学習装置。

【請求項 4】

道路の構造を表す道路構造と前記道路構造毎の道路状況との少なくとも一方が入力されると、誘導策に関する情報を出力するモデルにより前記誘導策に関する情報を推定する誘導推定装置であって、

請求項 2 又は 3 に記載の誘導モデル学習装置により推定されたパラメータを設定した前記モデルに対して、前記道路構造と前記道路状況との少なくとも一方を入力することで、前記誘導策に関する情報を推定する誘導推定手段、を有することを特徴とする誘導推定装置。

【請求項 5】

道路の構造を表す第 1 の道路構造が取得又は作成されると、前記第 1 の道路構造毎に、前記第 1 の道路構造と、前記第 1 の道路構造に対応する複数のシミュレーションパラメータの各々を用いて、第 1 の交通シミュレーションをそれぞれ行うことで、各シミュレーション時刻における道路状況を前記第 1 の道路構造及び前記シミュレーションパラメータ毎に作成する道路状況作成手順と、

前記第 1 の道路構造毎に、前記第 1 の道路構造に対して所定の誘導策を行った場合の第 2 の道路構造と、前記第 1 の道路構造を用いて前記第 1 の交通シミュレーションを行ったときの最終シミュレーション時刻における道路状況と、前記道路状況が得られたときに前記第 1 の交通シミュレーションで用いられたシミュレーションパラメータと同一のシミュレーションパラメータとを用いて、前記道路状況を初期値とした第 2 の交通シミュレーションをそれぞれ行うことで、前記誘導策の効果を示す誘導効果を作成する誘導効果作成手順と、

前記誘導効果と、前記第 1 の道路構造及び前記道路状況の少なくとも一方が含まれる道路効果データを作成するデータ作成手順と、

をコンピュータが実行することを特徴とするデータ作成方法。

【請求項 6】

道路の構造を表す道路構造と前記道路構造毎の道路状況との少なくとも一方が入力されると、誘導策に関する情報を出力するモデルのパラメータを推定するコンピュータが、

請求項 5 に記載のデータ作成方法により作成された道路効果データを学習データとして前記モデルに入力することで出力される前記誘導策に関する情報と、道路効果データに含まれる誘導効果との誤差を最小化するように前記パラメータを推定するパラメータ推定手順、を実行することを特徴とする誘導モデル学習方法。

【請求項 7】

前記パラメータ推定手順は、

前記誘導策に関する情報と、前記誘導効果を所定の関数を用いて正規化した値との誤差を最小化するように前記パラメータを推定する、ことを特徴とする請求項 6 に記載の誘導モデル学習方法。

【請求項 8】

道路の構造を表す道路構造と前記道路構造毎の道路状況との少なくとも一方が入力されると、誘導策に関する情報を出力するモデルにより前記誘導策に関する情報を推定するコンピュータが、

10

20

30

40

50

請求項 6 又は 7 に記載の誘導モデル学習方法により推定されたパラメータを設定した前記モデルに対して、前記道路構造と前記道路状況との少なくとも一方を入力することで、前記誘導策に関する情報を推定する誘導推定手順、
を実行することを特徴とする誘導推定方法。

【請求項 9】

コンピュータを、請求項 1 に記載のデータ作成装置、請求項 2 若しくは 3 に記載の誘導モデル学習装置又は請求項 4 に記載の誘導推定装置として機能させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、データ作成装置、誘導モデル学習装置、誘導推定装置、データ作成方法、誘導モデル学習方法、誘導推定方法及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

道路を通行する人に対して適切な誘導を行うことで、混雑を解消し、安全性を高め、移動に掛かる時間を短縮させることができる。

【0003】

センサ技術の発展により、交通量等の道路情報を容易に収集することが可能になった。このため、収集された道路情報を利用して適切な誘導を得る方法が提案されている。例えば、収集された道路情報からシミュレータのパラメータを推定し、推定したパラメータを用いたシミュレータで試行錯誤を行うことにより適切な誘導を推定する手法が提案されている（例えば非特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【文献】 Naonori Ueda, Futoshi Naya, Hitoshi Shimizu, Tomoharu Iwata, Maya Okawa, and Hiroshi Sawada. 2015. Real-time and proactive navigation via spatio-temporal prediction. In Adjunct Proceedings of the 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers (UbiComp / ISWC'15 Adjunct). ACM, New York, NY, USA, 1559-1566. インターネット<<http://doi.org/10.1145/2800835.2801624>>

【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、シミュレータのパラメータの推定には、通常大量の道路情報が必要である。また、シミュレータによる試行錯誤が必要なため、適切な誘導を得るまでに多くの時間を要する場合があった。

【0006】

本発明は、上記の点に鑑みてなされたもので、道路情報を用いて、効果的な誘導を推定することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

そこで、本発明の一実施形態に係るデータ作成装置は、道路の構造を表す道路構造と、前記道路構造毎の道路状況とが取得又は作成されると、前記道路構造毎に誘導をした場合における前記道路の構造を表す誘導道路構造と、前記誘導を行わなかった場合に対する前記誘導を行った場合の効果を表す誘導効果と、前記道路構造及び前記道路状況の少なくとも一方とが含まれる道路効果データを作成するデータ作成手段、を有することを特徴とする。

【0008】

また、本発明の一実施形態に係る誘導モデル学習装置は、道路の構造を表す道路構造と前

10

20

30

40

50

記道路構造毎の道路状況との少なくとも一方が入力されると、誘導に関する情報を出力するモデルのパラメータを推定する誘導モデル学習装置であって、前記データ作成装置におけるデータ作成手段により作成された道路効果データを学習データとして前記モデルに入力することで出力される前記誘導に関する情報と、道路効果データに含まれる誘導効果との誤差を最小化するように前記パラメータを推定するパラメータ推定手段、を有することを特徴とする。

【０００９】

更に、本発明の一実施形態に係る誘導推定装置は、道路の構造を表す道路構造と前記道路構造毎の道路状況との少なくとも一方が入力されると、誘導に関する情報を出力するモデルにより前記誘導に関する情報を推定する誘導推定装置であって、前記誘導モデル学習装置におけるパラメータ推定手段により推定されたパラメータを設定した前記モデルに対して、前記道路構造と前記道路状況との少なくとも一方を入力することで、前記誘導に関する情報を推定する誘導推定手段、を有することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【００１０】

道路情報を用いて、効果的な誘導を推定することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】本発明の実施の形態における誘導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誘導推定装置が実行する処理の一例を示すフローチャートである。

20

【図３】本発明の評価結果の一例を示す図である。

【図４】本発明の実施の形態における誘導推定装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００１２】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。本発明の実施の形態では、道路情報から誘導を推定する誘導推定装置１０について説明する。なお、誘導の対象となる移動体は、道路を移動する人（歩行者等）に限られず、例えば、道路を移動する車や自動車等の任意のグラフを移動する任意の移動体であっても良い。グラフは、道路に限られず、例えば、屋内の通路等であっても良い。

30

【００１３】

<誘導推定装置１０の機能構成>

まず、本発明の実施の形態における誘導推定装置１０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誘導推定装置１０の機能構成の一例を示す図である。

【００１４】

図１に示すように、本発明の実施の形態における誘導推定装置１０は、データ作成部１１０と、パラメータ推定部１２０と、誘導推定部１３０とを有する。これら各機能部は、誘導推定装置１０にインストールされた１以上のプログラムがＣＰＵ（Central Processing Unit）等を実行させる処理により実現される。なお、これらの各機能部は１つのプログラムが実行する処理により実現されていても良いし、異なるプログラムがそれぞれ実行する処理により実現されていても良い。

40

【００１５】

また、本発明の実施の形態における誘導推定装置１０は、記憶部１４０を有する。記憶部１４０は、例えば、ＨＤＤ（Hard Disk Drive）やＳＳＤ（Solid State Drive）等の補助記憶装置を用いて実現可能である。なお、記憶部１４０は、誘導推定装置１０とネットワークを介して接続される記憶装置等を用いて実現されていても良い。

【００１６】

データ作成部１１０は、シミュレーションにより、道路情報と、そのときの誘導効果に関

50

するデータ（このデータを「道路効果データ」と表す。）を作成する。データ作成部 110 には、道路構造作成部 111 と、道路状況作成部 112 と、誘導道路構造作成部 113 と、誘導効果測定部 114 と、道路効果データ作成部 115 とが含まれる。なお、シミュレーションに用いるシミュレータとしては、任意の交通シミュレータを用いることができる。

【0017】

道路構造作成部 111 は、N 個の道路構造 G_n の集合

【0018】

【数 1】

10

$$\{G_n\}_{n=1}^N$$

を作成する。以降では、道路構造 G_n の集合を「道路構造集合」と表す。

【0019】

道路構造 G_n とは、例えば、道路同士の繋がり、幅、傾斜等の道路の構造を表す情報である。道路構造 G_n は、実世界の道路をセンサ等で観測することで得られた情報であっても良いし、シミュレータ等により生成した情報であっても良い。道路構造 G_n は、例えば、グラフで表現することができ、ノードが道路、エッジが道路同士の接続を表す。

20

【0020】

道路状況作成部 112 は、各道路構造 G_n 毎に、 M_n 個のシミュレーションのパラメータを生成する。そして、道路状況作成部 112 は、これらのパラメータを用いてシミュレーションすることにより、 M_n 個の道路状況 X_{nm} の集合

【0021】

【数 2】

30

$$\{X_{nm}\}_{m=1}^{M_n}$$

を作成する。以降では、 M_n 個の道路状況 X_{nm} の集合を「道路状況集合」と表す。

【0022】

道路状況 X_{nm} とは、或る時間帯における各道路に含まれる人数、或る場所の通過人数、各道路の平均移動速度等の移動体の情報を表すものである。例えば、道路状況 X_{nm} として、各時刻で各道路に含まれる人数

40

【0023】

【数 3】

50

$$\mathbf{X}_{nm} = (\mathbf{x}_{nmi})_{i=1}^{I_n}, \mathbf{x}_{nmi} = (x_{nmit})_{t=1}^T$$

が利用できる。ここで、 x_{nmit} は n 番目の道路構造 G_n における m 番目の道路状況 X_{nm} で時刻 t に i 番目の道路に含まれる人数、 I_n は n 番目の道路構造 G_n の道路数、 T は観測の時刻数を表す。なお、時刻 t は、シミュレーションの或る時刻から或る時刻までを或る時間幅に分割した場合における各時間幅を表すインデックスである。また、道路状況 X_{nm} として全時刻の状況ではなく、観測の最終時刻から或る時間幅の時刻の状況を用いても良い。

【0024】

誘導道路構造作成部113は、各道路構造 G_n で、 K_n 個の誘導をした場合の道路構造 G_{nk} の集合

【0025】

【数4】

$$\{\mathbf{G}_{nk}\}_{k=1}^{K_n}$$

を作成する。

【0026】

例えば、誘導策として各道路を通行止めにする場合、 G_{nk} は k 番目の道路を通行止めにしたときの道路構造、すなわち、 G_n から k 番目のノード（道路）と当該ノードに対応するエッジとを削除したグラフで表現される。

【0027】

誘導策としては、例えば、通行止め、道幅変更、通行人数規制、次に進むべき道路への誘導、一方通行、速度が異なるレーンを作る、通行速度を上げる・下げる、道路の追加等を用いることができる。すなわち、誘導策は、必ずしも誘導に限られず、道路構造として表現できる任意の施策を用いることができる。

【0028】

誘導効果測定部114は、誘導しない場合の道路構造 G_n を用いてシミュレーションすることで作成した最終時刻（観測の最終時刻）の道路状況 x_{nmT} を初期値とし、誘導しない場合のシミュレーションと同じパラメータと、各誘導した場合の道路構造 G_{nk} とを用いてシミュレーションすることにより、誘導効果 s_{nmk} を測定及び作成する。

【0029】

なお、誘導しない場合の道路構造 G_n を用いたシミュレーションのパラメータと、道路状況 x_{nmT} とは、道路状況作成部112により生成及び作成されたものを用いる。また、例えば、道路状況 X_{nm} として各時刻で各道路に含まれる人数を用いた場合、最終時刻の道路状況 x_{nmT} は、

【0030】

【数5】

10

20

30

40

50

$$\mathbf{x}_{nmT} = (x_{nmiT})_{i=1}^{I_n}$$

である。

【0031】

誘導効果としては、目的地に到達するまでの平均時間の短縮時間、目的地に到達するまでの最長時間の短縮時間、目的地への到着人数等、誘導により高めたい任意の指標を用いることができる。なお、誘導効果としては、例えば、混雑度、混雑箇所の数等、誘導により減らしたい任意の指標を用いることもできるが、この場合は、その指標の値の負をとる（すなわち、−1を乗じた値を採用する）ものとする。

【0032】

道路効果データ作成部115は、各道路構造 G_n と、各道路状況 X_{nm} と、各誘導効果 s_{nmk} とをまとめた道路効果データ

【0033】

【数6】

$$\{\mathbf{G}_n, \{\mathbf{X}_{nm}, \mathbf{s}_{nm}\}_{m=1}^{M_n}\}_{n=1}^N$$

を作成する。ここで、

【0034】

【数7】

$$\mathbf{s}_{nm} = (s_{nmk})_{k=1}^{K_n}$$

は n 番目の道路構造 G_n における m 番目の道路状況 X_{nm} での誘導効果 s_{nmk} をまとめたベクトルである。道路状況 X_{nm} として、誘導をする直前の時刻のみの道路状況を用いても良いし、誘導をする直前の時刻から或る一定時間の道路状況を用いても良い。

【0035】

なお、以降では、道路構造 G_n と、道路状況 X_{nm} とが含まれる情報を「道路情報」とも表す。したがって、道路誘導データとは、道路情報と、各誘導効果 s_{nmk} とをまとめたデータであるということができる。

【0036】

ただし、道路情報は、道路構造 G_n 又は道路状況 X_{nm} のいずれか一方が含まれる情報であっても良い。

【0037】

道路効果データ作成部 115 により作成された道路効果データは、記憶部 140 に格納される。この道路効果データが、後述する誘導モデルのパラメータ推定に用いられる学習データである。

【0038】

なお、各道路構造 G_n 及び各道路状況 X_{nm} の少なくとも一方について、必ずしもデータ作成部 110 が作成する必要はなく、例えば、実世界をセンサ等で観測することで得られるデータが外部から入力されても良い。すなわち、道路構造作成部 111 は、外部から入力された各道路構造 G_n を取得しても良い。同様に、道路状況作成部 112 は、外部から入力された道路状況 X_{nm} を取得しても良い。

【0039】

パラメータ推定部 120 は、記憶部 140 に格納されている道路効果データを用いて、誘導モデルのパラメータを推定する。誘導モデルとは、道路情報を入力として、誘導（又は誘導に対応する情報）を推定及び出力するモデルである。

【0040】

パラメータ推定部 120 は、道路情報が与えられたときに、より適切な誘導（より効果的な誘導）を推定できるように、誘導モデルのパラメータを推定する。誘導モデルとしては、グラフ畳み込みニューラルネットワークを用いることができる。ただし、これに限られず、道路情報が与えられたときに誘導を推定及び出力することができるモデルであれば、例えば、ニューラルネットワーク、サポートベクターマシン、ガウス過程等の任意のモデルを誘導モデルとして用いることができる。

【0041】

グラフ畳み込みニューラルネットワークの場合、例えば、以下の式 1 に示すようなニューラルネット層を用いることができる。

【0042】

【数 8】

$$z_{nmi}^{(\ell)} = \sigma \left(\sum_{j \in \mathcal{I}_{nmi}} \frac{1}{|\mathcal{I}_{nmi}|} \mathbf{W}_{in}^{(\ell)} z_{nmj}^{(\ell-1)} + \sum_{j \in \mathcal{O}_{nmi}} \frac{1}{|\mathcal{O}_{nmi}|} \mathbf{W}_{out}^{(\ell)} z_{nmj}^{(\ell-1)} + \mathbf{W}_{self}^{(\ell)} z_{nmi}^{(\ell-1)} \right)$$

30

... (式 1)

$\mathcal{I}_{nmi}$ は道路 i へとつながっている道路の集合

$\mathcal{O}_{nmi}$ は道路 i からつながっている道路の集合

$\mathbf{W}_{in}^{(\ell)}$, $\mathbf{W}_{out}^{(\ell)}$, $\mathbf{W}_{self}^{(\ell)}$ はそれぞれ ℓ 層目の線形変換行列

σ は活性化関数

40

ここで、

【0043】

【数 9】

50

$$\mathbf{z}_{nmi}^{(\ell)}$$

は l 層目のノード i における隠れ層のベクトルであり、0 層目の隠れ層は道路状況、すなわち、

【 0 0 4 4 】
【 数 1 0 】

10

$$\mathbf{z}_{nmi}^{(0)} = \mathbf{x}_{nmi}$$

20

であるとする。

【 0 0 4 5 】

この場合、線形変換行列

【 0 0 4 6 】
【 数 1 1 】

$$\mathbf{W}_{\text{in}}^{(\ell)}, \mathbf{W}_{\text{out}}^{(\ell)}, \mathbf{W}_{\text{self}}^{(\ell)}$$

30

が推定すべきパラメータである。

【 0 0 4 7 】

道路の通行止めの誘導を想定した場合、各道路を示すインデックス i と各誘導を示すインデックス k とが対応するため、最終隠れ層（すなわち、 L 層目の隠れ層）の大きさを 1 とし、その最終隠れ層の値

【 0 0 4 8 】
【 数 1 2 】

40

$$\mathbf{z}_{nmi}^{(L)}$$

を出力とすることができる。なお、簡単のため、最終隠れ層の値を「 $\mathbf{z}_{nmi}$ 」とも表すものとする。

50

【0049】

一方で、誘導策によっては、各道路を示すインデックス*i*と各誘導を示すインデックス*k*とが対応しない場合も有り得る。この場合、道路構造*G_n*を表現するグラフのノードが、各誘導を示すインデックスと対応するようにグラフを構築することで対処できる。

【0050】

多くの道路効果データで、誘導効果*s_{nmi}*と相関するように出力した場合に値が高くなり、そうでない場合に値が低くなるようなものを目的関数とし、その目的関数の値をなるべく小さくするようにパラメータを推定する。例えば、誘導効果*s_{nmi}*を*softmax*関数により足して1（総和が1）になるように正規化したものを*y_{nmi}*とする。なお、各道路を示すインデックス*i*と各誘導を示すインデックス*k*とが対応するため、インデックス*k*をインデックス*i*で置き換えている。

10

【0051】

ここで、誘導効果*s_{nmi}*（同様に、正規化した*y_{nmi}*）は、その値が高い程、誘導による効果が高い（すなわち、例えば、目的地に到達するまでの平均時間が短い、目的地への到着人数が多い、混雑度が低い、混雑箇所が少ない等）ものとする。そして、以下の式2に示すように、全道路効果データにおいて、*y_{nmi}*と、最終隠れ層の値*z_{nmi}*に対して*softmax*関数をとったものとの交差エントロピーを目的関数として用いることができる。

【0052】

【数13】

20

$$E = - \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^{M_n} \sum_{i=1}^{I_n} y_{nmi} \log \frac{\exp(z_{nmi})}{\sum_{i'} \exp(z_{nmi'})} \quad \dots(\text{式2})$$

なお、交差エントロピー以外にも、例えば、二乗誤差等の他の誤差を用いても良い。

30

【0053】

パラメータ推定部120により推定されたパラメータは、記憶部140に格納される。

【0054】

なお、誘導モデルは、道路構造*G_n*と道路状況*X_{nm}*との2つの情報を用いるモデルだけでなく、例えば、道路構造*G_n*又は道路状況*X_{nm}*のいずれか一方の情報を用いるモデルであっても良い。

【0055】

誘導推定部130は、記憶部140に格納されているパラメータを設定した誘導モデルと、道路情報とを用いて、誘導を推定する。すなわち、例えば、誘導推定部130は、道路情報に含まれる道路構造*G_n*と道路状況*X_{nm}*とを、当該パラメータを設定した誘導モデルに入力することで、出力*z_{nmi}*を得る。この出力*z_{nmi}*のうち、最も値が高い出力*z_{nmi}*に対応する誘導が最適な誘導（すなわち、その効果（誘導効果）が高いと期待される誘導）である。また、例えば、複数の誘導をランキングしたい場合には、出力の値が高い順に並び替えれば良い。

40

【0056】

また、複数の誘導を組み合わせても良い。例えば、誘導モデルにより最適な誘導を得た後で、この誘導に従って道路構造を修正し、修正後の道路構造を用いて、再度、誘導モデルにより次の誘導を得ることを繰り返す。これにより、複数の誘導の組み合わせを得ることができる。

【0057】

50

なお、道路構造 G_n 又は道路状況 X_{nm} のいずれか一方の情報をを用いて誘導モデルのパラメータを推定した場合、道路情報に含まれる道路構造 G_n 又は道路状況 X_{nm} のいずれか一方を、当該パラメータを設定した誘導モデルに入力することで、誘導を出力として得れば良い。

【0058】

誘導推定部 130 により推定された誘導は、所定の出力先に出力される。所定の出力先としては、ディスプレイ等の表示装置であっても良いし、記憶部 140 や外部記録媒体等であっても良いし、ネットワークを介して接続される他の装置等であっても良い。

【0059】

なお、図 1 に示す例では、データ作成部 110 と、パラメータ推定部 120 と、誘導推定部 130 とを 1 台の装置（誘導推定装置 10）が有する場合について説明したが、これに限られない。データ作成部 110 と、パラメータ推定部 120 と、誘導推定部 130 とは、複数台の装置に分散されていても良い。例えば、本発明の実施の形態は、例えば、データ作成部 110 を有するデータ作成装置と、パラメータ推定部 120 を有する誘導モデル学習装置と、誘導推定部 130 を有する誘導推定装置とで実現されても良い。

【0060】

< 誘導推定装置 10 が実行する処理 >

次に、本発明の実施の形態における誘導推定装置 10 が実行する処理の流れについて、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誘導推定装置 10 が実行する処理の一例を示すフローチャートである。

【0061】

ステップ S101：データ作成部 110 は、道路効果データを作成する。すなわち、データ作成部 110 は、道路構造作成部 111 による各道路構造 G_n の作成又は取得と、道路状況作成部 112 による各道路状況 X_{nm} の作成又は取得と、誘導道路構造作成部 113 による各道路構造 G_{nk} の作成と、誘導効果測定部 114 による各誘導効果 s_{nmk} の作成とを行う。そして、データ作成部 110 は、道路効果データ作成部 115 による道路効果データの作成を行って、作成された道路効果データを記憶部 140 に格納する。

【0062】

ステップ S102：次に、パラメータ推定部 120 は、記憶部 140 に格納されている道路効果データを用いて、誘導モデルのパラメータを推定する。すなわち、パラメータ推定部 120 は、道路効果データに含まれる道路情報を用いた誘導モデルの出力と、道路効果データに含まれる誘導効果との誤差を最小化させるパラメータを推定する。そして、パラメータ推定部 120 は、推定したパラメータを記憶部 140 に格納する。

【0063】

ステップ S103：次に、誘導推定部 130 は、記憶部 140 に格納されているパラメータを設定した誘導モデルと、道路情報とを用いて、誘導を推定する。

【0064】

すなわち、例えば、誘導推定部 130 は、道路情報に含まれる道路構造 G_* と道路状況 X_* とを、当該パラメータを設定した誘導モデルに入力することで、出力を得る。又は、道路構造 G_* 又は道路状況 X_* のいずれか一方を用いて誘導モデルのパラメータを推定した場合は、誘導推定部 130 は、道路情報に含まれる道路構造 G_* 又は道路状況 X_* のいずれか一方を、当該パラメータを設定した誘導モデルに入力することで、出力を得る。そして、誘導推定部 130 は、例えば、最も高い出力値の出力に対応する誘導を最適な誘導とする。

【0065】

以上により、本発明の実施の形態における誘導推定装置 10 は、シミュレーションにより、道路情報と、その時の誘導効果に関するデータ（道路効果データ）を作成する。そして、本発明の実施の形態における誘導推定装置 10 は、この道路効果データを用いて、誘導モデルのパラメータを推定する。これにより、本発明の実施の形態における誘導推定装置 10 では、このパラメータを設定した誘導モデルに道路情報を入力することで、最適な誘

10

20

30

40

50

導（すなわち、効果的な誘導）を高速に推定することができるようになる。

【0066】

＜本発明の評価例＞

ここで、本発明の評価例について説明する。本発明の評価を行うために、次のような実験を行った。すなわち、まず、日本の鉄道駅周辺の道路に基づいて、700個の道路構造を作成した。各道路構造において、周辺のランダムないくつかの場所から駅へ向かう歩行者と、駅からランダムないくつかの場所へ向かう歩行者との合計10万人を30分間シミュレーションした。この30分間のシミュレーションの終了時刻を開始時刻として、更に、各道路を通行止めにする誘導をした場合のシミュレーションを追加で30分間行った。

【0067】

全1時間のシミュレーションにおいて目的地に到達するまでの平均時間に-1を掛けたものを誘導効果として、700個の道路構造においてそれぞれ1つの道路状況と誘導効果とを含む道路効果データを学習データとして誘導モデルのパラメータを推定した。道路状況として、誘導をする直前1時刻の各道路に含まれる人数を用いた。

【0068】

そして、学習データとは異なる70個の道路構造の道路効果データを検証データ、学習データ及び検証データとは異なる70個の道路構造の道路効果データをテストデータとした。誘導モデルとしては、隠れ層の数が3、各隠れ層のサイズが10のグラフ畳み込みニューラルネットワークを用いて、初期値を変え5回学習し、検証データで最も交差エントロピーが低いものを採用した。一方で、本発明との比較手法として、通行止めにする道路をランダムに選択する「ランダム」と、最も人数の多い道路を選択する「最大人数」と、最も人数の多い道路へつながる道路を選択する「最大人数前」と、最も人数の多い道路からつながる道路を選択する「最大人数後」とを用いた。

【0069】

本発明及び各比較手法のそれぞれについて、テストデータを用いて、誘導を行わなかった場合の平均到達時間と、誘導を行った場合の平均到達時間との差を図3に示す。図3において、負の値は、誘導を行わなかった場合よりも誘導を行った場合の方が、平均到達時間が短くなったことを表している。

【0070】

図3に示すように、本発明により推定された誘導を行った場合、誘導を行わなかった場合と比べて、1人あたり21.9秒到達時間を短縮できたことがわかる。一方、図3に示すように、比較手法では、誘導を行った場合、誘導を行わなかった場合と比べて到達時間が長くなっている。

【0071】

＜誘導推定装置10のハードウェア構成＞

最後に、本発明の実施の形態における誘導推定装置10のハードウェア構成について、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誘導推定装置10のハードウェア構成の一例を示す図である。

【0072】

図4に示す誘導推定装置10は、入力装置201と、表示装置202と、外部I/F203と、RAM(Random Access Memory)204と、ROM(Read Only Memory)205と、CPU206と、通信I/F207と、補助記憶装置208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。

【0073】

入力装置201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202は、例えばディスプレイ等であり、誘導推定装置10の処理結果を表示する。なお、誘導推定装置10は、入力装置201及び表示装置202の少なくとも一方を有していなくても良い。

【0074】

外部I/F203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20

10

20

30

40

50

3 a等がある。誘導推定装置10は、外部I/F203を介して、記録媒体203a等の読み取りや書き込みを行うことができる。記録媒体203aには、誘導推定装置10が有する各機能を実現するプログラム等が記録されていても良い。

【0075】

記録媒体203aには、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。

【0076】

RAM204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。ROM205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。ROM205には、例えば、OS (Operating System) 設定やネットワーク設定等が格納されている。

【0077】

CPU206は、ROM205や補助記憶装置208等からプログラムやデータをRAM204上に読み出して処理を実行する演算装置である。

【0078】

通信I/F207は、誘導推定装置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。誘導推定装置10が有する各機能を実現するプログラムは、通信I/F207を介して、所定のサーバ装置等から取得 (ダウンロード) されても良い。

【0079】

補助記憶装置208は、例えばHDDやSSD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208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上において各種機能を実現するアプリケーションプログラム、誘導推定装置10が有する各機能を実現するプログラム等がある。

【0080】

本発明の実施の形態における誘導推定装置10は、図4に示すハードウェア構成を有することにより、上述した各種処理を実現することができる。

【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】

10 誘導推定装置
110 データ作成部
111 道路構造作成部
112 道路状況作成部
113 誘導道路構造作成部
114 誘導効果測定部
115 道路効果データ作成部
120 パラメータ推定部
130 誘導推定部
140 記憶部

10

20

30

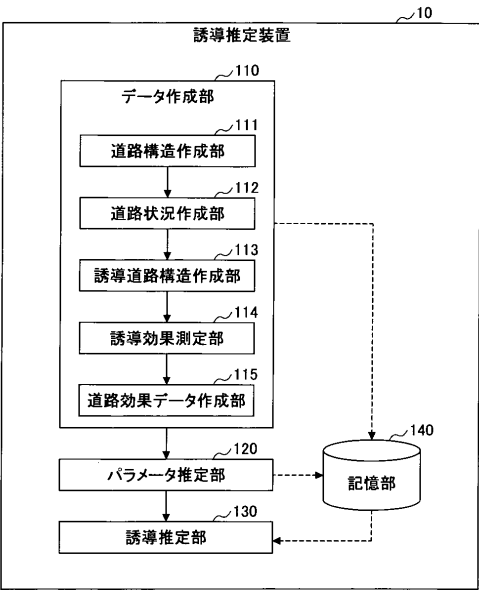
40

50

【図面】

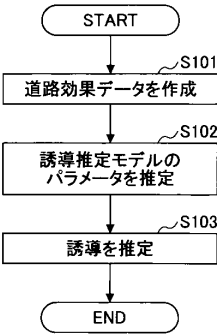
【図 1】

本発明の実施の形態における誘導推定装置の機能構成の一例を示す図



【図 2】

本発明の実施の形態における誘導推定装置が実行する処理の一例を示すフローチャート



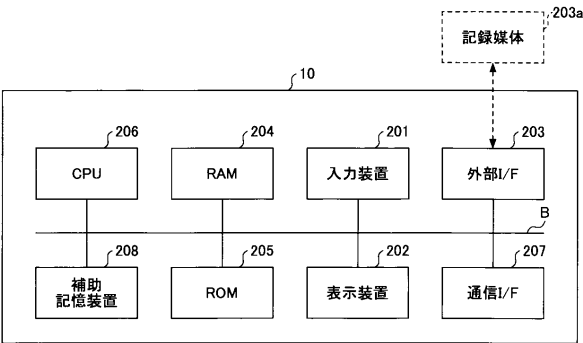
【図 3】

本発明の評価結果の一例を示す図

本発明	ランダム	最大人数	最大人数前	最大人数後	誘導なし
-21.9	33.7	26.1	26.7	30.4	0.0

【図 4】

本発明の実施の形態における誘導推定装置のハードウェア構成の一例を示す図



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 清水 仁
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 上田 修功
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 納谷 太
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 澤田 宏
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- 審査官 山本 賢明
- (56)参考文献 特開平07-220193 (JP, A)
特開2013-073492 (JP, A)
特開2012-043066 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G08G 1/00
G08G 1/005
G08G 1/01
G06N 20/00