

明 細 書

発明の名称：

航路標識識別装置、自律航行システム、航路標識識別方法、及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、航路標識識別装置、自律航行システム、航路標識識別方法、及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、航路標識を自動的に識別する自動視認装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特公平4－76562号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、海面に浮かぶ浮標のうち、側面浮標は左舷標識及び右舷標識の何れかを表すが、国によっては左舷標識と右舷標識の解釈が反対となる場合がある。

[0005] 本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、その主な目的は、船舶の位置に依らずに左舷標識と右舷標識を判別することが可能な航路標識識別装置、自律航行システム、航路標識識別方法、及びプログラムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するため、本発明の一の態様の航路標識識別装置は、船舶に設置されるカメラにより生成された画像を取得する取得部と、前記画像に

含まれる側面浮標の態様が第1態様及び第2態様の何れであるか識別する態様識別部と、前記船舶の位置を検出する位置検出部により検出された位置が属する国を判定する国判定部と、前記第1態様及び前記第2態様が各国において左舷標識及び右舷標識の何れに対応するかを表す所定の対応関係に基づき、前記側面浮標の態様及び前記判定された国から、前記側面浮標の標識内容が左舷標識及び右舷標識の何れであるか判定する左右舷判定部と、を備える。

[0007] 上記態様において、前記態様識別部は、前記側面浮標の色が緑色及び赤色の何れであるか識別してもよい。

[0008] 上記態様において、前記態様識別部は、前記側面浮標のトップマークが円筒形及び円錐形の何れであるか識別してもよい。

[0009] 上記態様において、前記画像内の浮標の種別を識別する種別識別部をさらに備え、

前記態様識別部は、前記浮標の種別が側面浮標である場合に、前記側面浮標の態様を識別してもよい。

[0010] 上記態様において、前記側面浮標の標識内容、前記第1画像内の前記側面浮標の位置、及び前記カメラの撮像方向に基づいて、前記第1画像、電子海図、又はレーダー画像上に前記側面浮標の標識内容を表すシンボルを表示する表示制御部をさらに備えてもよい。

[0011] 上記態様において、前記側面浮標の標識内容、前記第1画像内の前記側面浮標の位置、前記カメラの撮像方向、及び前記船舶の位置に基づいて、前記側面浮標の標識内容と電子海図に記録された航路標識データが表す標識内容との整合性を判定する整合判定部をさらに備えてもよい。

[0012] 上記態様において、前記整合性の判定結果を、前記第1画像、前記電子海図、又はレーダー画像上に表示する表示制御部をさらに備えてもよい。

[0013] また、本発明の他の態様の自律航行システムは、上記の航路標識識別装置と、複数の前記側面浮標の標識内容が、左舷標識、右舷標識、及び安全水域標識のうちの少なくとも2つを含む場合に、前記第1画像内の前記側面浮標

の位置及び前記カメラの撮像方向に基づいて、前記船舶の航路または航路幅を算出する航路算出部と、を備えてもよい。

[0014] また、本発明の他の態様の自律航行システムは、上記の航路標識識別装置と、仮想標識の位置及び標識内容を表すデータを取得する仮想標識取得部と、前記側面浮標の標識内容、前記仮想標識の位置、及び前記仮想標識の標識内容に基づいて前記船舶の航路または航路幅を算出する航路算出部と、を備えてもよい。

[0015] また、本発明の他の態様の自律航行システムは、上記の航路標識識別装置と、前記船舶の位置を検出する位置検出部と、前記側面浮標の標識内容、前記第1画像内の前記側面浮標の位置、前記カメラの撮像方向、及び前記船舶の位置に基づいて、前記船舶が経路すべき変針点を設定する航路算出部と、を備えてもよい。

[0016] また、本発明の他の態様の自律航行システムは、上記の航路標識識別装置と、前記船舶の船首方位を検出する方位検出部と、前記側面浮標の標識内容、前記カメラの撮像方向、及び前記船舶の船首方位に基づいて、前記船舶が航行すべき方位を設定する航路算出部と、を備えてもよい。

[0017] 上記態様において、前記側面浮標の標識内容に基づいて自律航行制御を行う自動操舵装置をさらに備えてもよい。

[0018] また、本発明の他の態様の航路標識識別方法は、船舶に設置されるカメラにより生成された画像を取得し、前記画像に含まれる側面浮標の態様が第1態様及び第2態様の何れであるか識別し、前記船舶の位置を検出する位置検出部により検出された位置が属する国を判定し、前記第1態様及び前記第2態様が各国において左舷標識及び右舷標識の何れに対応するかを表す所定の対応関係に基づき、前記側面浮標の態様及び前記判定された国から、前記側面浮標の標識内容が左舷標識及び右舷標識の何れであるか判定する。

[0019] また、本発明の他の態様のプログラムは、船舶に設置されるカメラにより生成された画像を取得すること、前記画像に含まれる側面浮標の態様が第1態様及び第2態様の何れであるか識別すること、前記船舶の位置を検出する

位置検出部により検出された位置が属する国を判定すること、及び、前記第1態様及び前記第2態様が各国において左舷標識及び右舷標識の何れに対応するかを表す所定の対応関係に基づき、前記側面浮標の態様及び前記判定された国から、前記側面浮標の標識内容が左舷標識及び右舷標識の何れであるか判定すること、をコンピュータに実行させる。

発明の効果

[0020] 本発明によれば、船舶の位置に依らずに左舷標識と右舷標識を判別することが可能となる。

図面の簡単な説明

- [0021] [図1]船載システムの構成例を示すブロック図である。
- [図2]浮標の標識内容などを説明するための図である。
- [図3]航路標識識別装置の機能構成例を示すブロック図である。
- [図4]第1画像の例を示す図である。
- [図5]第1識別部による識別例を示す図である。
- [図6]第2画像の例を示す図である。
- [図7]航路標識識別方法の手順例を示すフロー図である。
- [図8]標識内容識別処理の手順例を示すフロー図である。
- [図9]浮標管理データベースの例を示す図である。
- [図10]表示部による表示例を示す図である。
- [図11]表示部による別の表示例を示す図である。
- [図12]航路標識識別装置の別の構成例を示すブロック図である。
- [図13]航路標識識別装置のさらに別の構成例を示すブロック図である。
- [図14]第1変形例に係る第2識別部の構成例を示すブロック図である。
- [図15]左右舷標識識別処理の手順例を示すフロー図である。
- [図16]国別左右舷態様テーブルの例を示す図である。
- [図17]第2変形例に係る第2識別部の構成例を示すブロック図である。
- [図18]標識内容識別処理の手順例を示すフロー図である。
- [図19]浮標の光り方などを説明するための図である。

発明を実施するための形態

- [0022] 以下、本発明の実施形態について、図面を参照しながら説明する。
- [0023] 図1は、自律航行システム100の構成例を示すブロック図である。自律航行システム100は、船舶に搭載されるICTシステムである。以下、自律航行システム100が搭載された船舶を「自船」という。
- [0024] 自律航行システム100は、航路標識識別装置1、カメラ2、レーダー3、AIS4、無線通信部5、表示部6、GNSS受信機7、ジャイロコンパス8、ECDIS9、及び自動操舵装置10を備えている。これらの機器は、例えばLAN等のネットワークNに接続されており、相互にネットワーク通信が可能である。
- [0025] 航路標識識別装置1は、CPU、RAM、ROM、不揮発性メモリ、及び入出力インターフェース等を含むコンピュータである。航路標識識別装置1のCPUは、ROM又は不揮発性メモリからRAMにロードされたプログラムに従って情報処理を実行する。
- [0026] プログラムは、例えば光ディスク又はメモリカード等の情報記憶媒体を介して供給されてもよいし、例えばインターネット又はLAN等の通信ネットワークを介して供給されてもよい。
- [0027] カメラ2は、自船の外部を撮像して画像データを生成するデジタルカメラである。カメラ2は、例えば自船のブリッジに船首方位を向いて設置される。カメラ2は、少なくとも可視域の撮像が可能な可視光カメラである。可視域だけでなく、赤外域の撮像が可能であってもよい。
- [0028] 本実施形態では、カメラ2は、パン・チルト機能及び光学ズーム機能を有するカメラ、いわゆるPTZカメラである。カメラ2は、航路標識識別装置1からの指令に応じて、パン、チルト、又はズームを行う。
- [0029] レーダー3は、自船の周囲に電波を発するとともにその反射波を受信し、受信信号に基づいてエコーデータを生成する。また、レーダー3は、エコーデータから物標を識別し、物標の位置及び速度を表す物標追跡データ（TTデータ）を生成する。

- [0030] A I S (Automatic Identification System) 4 は、自船の周囲に存在する他船又は陸上の管制から A I S データを受信する。A I S に限らず、V D E S (VHF Data Exchange System) が用いられてもよい。A I S データは、他船の位置及び速度等を含んでいる。
- [0031] また、A I S 4 は、仮想標識の位置及び標識内容を表す A I S データを取得してもよい。A I S 4 は、仮想標識取得部の例である。A I S を利用した仮想標識は、いわゆる仮想 A I S 航路標識である。
- [0032] 無線通信部 5 は、例えば超短波帯、中短波帯、短波帯の無線設備など、他船又は陸上の管制との通信を実現するための種々の無線設備を含んでいる。
- [0033] 表示部 6 は、例えばタッチセンサ付き表示装置、いわゆるタッチパネルである。表示部装置には、例えば液晶表示装置又は有機 E L 表示装置等が用いられる。タッチセンサに限らず、トラックボール又はマウス等の他のポインティングデバイスが用いられてもよい。
- [0034] 表示部 6 には、カメラ 2 により撮像された画像、レーダー 3 により生成されたレーダー画像、電子海図、又はレーダー画像と電子海図を合成した合成画像などが表示される。
- [0035] G N S S 受信機 7 は、G N S S (Global Navigation Satellite System) から受信した電波に基づいて自船位置を検出する。G N S S 受信機 7 は、自船位置を検出する位置検出部の例である。
- [0036] ジャイロコンパス 8 は、自船の船首方位を検出する。ジャイロコンパス 8 は、自船の船首方位を検出する方位検出部の例である。ジャイロコンパスに限らず、G P S コンパス等の他方式の方位計が用いられてもよい。
- [0037] E C D I S (Electronic Chart Display and Information System) 9 は、G N S S 受信機 7 から自船位置を取得して、電子海図上に自船位置を表示する。また、E C D I S 9 は、電子海図上に自船の予定航路も表示する。E C D I S に限らず、G N S S プロッタが用いられてもよい。
- [0038] 自動操舵装置 1 0 は、航路標識識別装置 1 等から取得した目標針路と、ジャイロコンパス 8 から取得した船首方位とに基づき、目標針路に船首を向け

るための目標舵角を算出し、操舵機の舵角が目標舵角に近付くよう操舵機を駆動する。また、自動操舵装置 10 は、エンジンを制御してもよい。

[0039] 本実施形態では、航路標識識別装置 1 は独立した装置であるが、これに限らず、ECDIS 9 等の他の装置と一体であってもよい。すなわち、航路標識識別装置 1 の機能が ECDIS 10 等の他の装置で実現されてもよい。

[0040] また、本実施形態では、表示部 2 も独立した装置であるが、これに限らず、ECDIS 9 等の他の装置が備える表示部が、航路標識識別装置 1 により生成された画像を表示する表示部 2 として用いられてもよい。

[0041] 図 2 は、浮標の標識内容などを説明するための図である。浮標とは、海面に浮かんだ航路標識であり、ブイとも呼ばれる。浮標の種別及び標識内容は、浮標の色及びトップマークの形状等によって分類される。

[0042] 浮標の種別には、側面標識、方位標識、孤立障害標識、安全水域標識、及び特殊標識がある。側面標識の標識内容には、左舷標識及び右舷標識がある。左右舷は、水源に向かったときの左右を表す。方位標識の標識内容には、北方位標識、東方位標識、南方位標識、及び西方位標識がある。

[0043] 孤立障害標識、安全水域標識、及び特殊標識については、それ以上標識内容が細分化されていない。すなわち、浮標の種別自体が標識内容を表していると言える。

[0044] ところで、海面に浮かぶ浮標は、船舶と比べて小さく、船舶から遠く離れた浮標の標識内容を識別することは困難である。そこで、本実施形態では、以下に説明するように段階的に画像を取得することで、標識内容の識別精度の向上を図っている。

[0045] 図 3 は、実施形態に係る航路標識識別装置 1 の機能構成例を示すブロック図である。航路標識識別装置 1 は、第 1 取得部 11、第 1 識別部 12、第 2 取得部 13、第 2 識別部 14、表示制御部 15、航路算出部 16、及び整合判定部 18 を備えている。

[0046] これらの機能部は、航路標識識別装置 1 の CPU がプログラムに従って情報処理を実行することによって実現される。なお、表示制御部 15 又は航路

算出部 16 等の一部の機能部は、E C D I S 9 又は自動操舵装置 10 等に含まれる、航路標識識別装置 1 とは別のコンピュータで実現されてもよい。

[0047] また、航路標識識別装置 1 は、学習済みモデルを記憶するモデル記憶部 17 を備えている。この記憶部は、航路標識識別装置 1 の不揮発性メモリに設けられる。これに限らず、モデル記憶部 17 は、航路標識識別装置 1 の外部に設けられてもよい。

[0048] 第 1 取得部 11 は、カメラ 2 により生成された第 1 画像を取得する。具体的には、第 1 取得部 11 は、カメラ 2 により生成された時系列の複数の第 1 画像を順次取得し、第 1 識別部 12 に順次提供する。

[0049] 第 1 画像は、カメラ 2 が標準状態にあるときに撮像された画像である。標準状態は、例えば光学ズームの倍率が最小で、撮像方向が船首方位を向いた状態である。カメラ 2 は、第 2 取得部 13 によって制御される期間以外は、標準状態で第 1 画像の生成を繰り返す。

[0050] 時系列の複数の第 1 画像は、例えば動画像に含まれる複数の静止画像（フレーム）であってもよいし、所定の時間間隔での撮像により個別に生成された複数の静止画像であってもよい。

[0051] 図 4 は、第 1 取得部 11 により取得される第 1 画像 P 1 の例を示す図である。同図は、第 1 画像 P 1 が、自船の船体 S P とともに、自船の前方の海面に浮かんだ左舷標識 L L 及び右舷標識 L R を含んだ例を示している。

[0052] 第 1 識別部 12 は、第 1 画像 P 1 内の浮標の位置を識別する。具体的には、第 1 識別部 12 は、モデル記憶部 17 に記憶された第 1 学習済みモデルを用いて、第 1 画像 P 1 内の浮標の位置を識別する。また、第 1 識別部 12 は、第 1 画像 P 1 内の浮標の位置とともに、当該浮標の種別をさらに識別してもよい。

[0053] 第 1 学習済みモデルは、学習用画像を入力データとし、学習用画像内の浮標のラベル（又は、浮標の種別のラベル）及び位置を教師データとして、機械学習により生成される。このように生成された第 1 学習済みモデルは、第 1 画像 P 1 内の浮標のラベル（又は、浮標の種別のラベル）、位置、及び確

度を推定する。浮標の位置は、例えば浮標を囲む境界ボックスの座標で表される。

- [0054] 第1学習済みモデルには、例えば SSD (Single Shot MultiBox Detector)、YOLO (You Only Look Once)、又は Mask R-CNN 等の物体検出モデルが用いられる。これに限らず、第1学習済みモデルには、Semantic Segmentation 又は Instance Segmentation 等の領域分割モデルが用いられてもよいし、Keypoint Detection 等の特徴点検出モデルが用いられてもよい。
- [0055] 図5は、第1識別部12による第1画像P1の識別例を示す図である。同図は、左舷標識LL及び右舷標識LRのそれぞれが浮標（又は、側面浮標）として識別され、境界ボックスBBにより囲まれた例を示している。
- [0056] 第2取得部13は、第1画像P1のうちの浮標の位置を含む部分領域に対応する、第1画像P1よりも分解能が高い第2画像を取得する。部分領域は、例えば第1識別部12により識別された境界ボックスBB（図5参照）である。
- [0057] カメラ2は、光学ズーム機能を実現するレンズ部21と、パン・チルト機能を実現するパン・チルト機構22とを備えており、第2取得部13は、カメラ2のレンズ部21及びパン・チルト機構22を制御することで、第2画像を取得する。
- [0058] 具体的には、第2取得部13は、レンズ部21を制御して、カメラ2に第1画像P1の部分領域に対応する実空間の範囲を拡大して撮像させることで、第2画像を取得する。このように光学ズーム機能を利用することで、第1画像P1よりも分解能が高い第2画像が取得される。
- [0059] また、第2取得部13は、パン・チルト機構22を制御して、カメラ2の撮像方向を第1画像P1の部分領域に対応する実空間の範囲に向けさせる。第2取得部13は、第1識別部12により識別された第1画像P1内の浮標の位置に応じて、カメラ2の撮像方向の目標値を設定する。
- [0060] 図6は、第2取得部13により取得される第2画像P2の例を示す図である。同図では、第2画像P2に左舷標識LLが含まれる例を示している。第

2 画像 P 2 では、左舷標識 L L の色やトップマーク T M の形状等が、第 1 画像 P 1（図 4 参照）よりも識別し易くなっている。

[0061] なお、上記図 5 に示すように、第 1 画像 P 1 内に複数の浮標（図示の例では、左舷標識 L L と右舷標識 L R）が識別された場合には、第 2 取得部 1 3 は、カメラ 2 に複数の浮標のそれぞれを順次撮像させることで、複数の浮標のそれぞれについて第 2 画像 P 2 を取得する。

[0062] 第 2 識別部 1 4 は、第 2 画像 P 2 から浮標の標識内容を識別する。具体的には、第 2 識別部 1 4 は、モデル記憶部 1 7 に記憶された第 2 学習済みモデルを用いて、第 2 画像 P 2 から浮標の標識内容を識別する。

[0063] 第 2 学習済みモデルは、学習用画像を入力データとし、学習用画像内の浮標の標識内容のラベルを教師データとして、機械学習により生成される。このように生成された第 2 学習済みモデルは、第 2 画像 P 2 内の浮標の標識内容のラベル及び確度を推定する。

[0064] 第 2 学習済みモデルには、例えば上記第 1 学習済みモデルと同種のモデルが用いられる。その場合、第 1 学習済みモデル及び第 2 学習済みモデルは、互いに異なる第 1 学習済みパラメータ及び第 2 学習済みパラメータが共通の推論プログラムにそれぞれ組み込まれたものとなる。

[0065] これに限らず、第 2 学習済みモデルには、物体の識別のみを行い、物体の位置の検出を行わない物体識別モデルが用いられてもよい。

[0066] また、第 2 学習済みモデルは、側面標識の標識内容の識別に特化した側面標識用の学習済みモデルと、方位標識の標識内容の識別に特化した方位標識用の学習済みモデルとを含んでもよい。

[0067] 図 7 及び図 8 は、航路標識識別装置 1 により実現される航路標識識別方法の手順例を示すフロー図である。同図では、航路標識識別装置 1 が実行する処理のうち、画像の取得及び標識内容の識別に係る処理を主に示している。

[0068] 航路標識識別装置 1 の CPU は、これらの図に示す情報処理をプログラムに従って実行することで、第 1 取得部 1 1、第 1 識別部 1 2、第 2 取得部 1 3、及び第 2 識別部 1 4 として機能する。

- [0069] 図7に示すように、まず、航路標識識別装置1は、カメラ2から第1画像P1（図4参照）を取得する（S11：第1取得部11としての処理）。
- [0070] 次に、航路標識識別装置1は、第1学習済みモデルを用いて、第1画像P1内の浮標の位置及び種別を識別する（S12：第1識別部12としての処理）。
- [0071] 次に、航路標識識別装置1は、第1画像P1で識別された浮標の種別が側面浮標又は方位浮標であるか否か判定する（S13）。
- [0072] 浮標の種別が側面浮標又は方位浮標である場合には（S13→YES）、航路標識識別装置1は、カメラ2を制御して、浮標を拡大して撮像した第2画像P2（図6参照）を取得する（S14：第2取得部13としての処理）。
- [0073] 次に、航路標識識別装置1は、第2画像P2から浮標の標識内容を識別するための標識内容識別処理を実行する（S15：第2識別部14としての処理）。
- [0074] 図8に示すように、標識内容識別処理S15において、航路標識識別装置1は、浮標の種別が側面浮標である場合には（S21→側面浮標）、第2学習済みモデルとしての側面標識用の学習済みモデルを用いて、標識内容が左舷標識及び右舷標識の何れであるか識別する（S22）。
- [0075] 一方で、航路標識識別装置1は、浮標の種別が方位浮標である場合には（S21→方位浮標）、第2学習済みモデルとしての方位標識用の学習済みモデルを用いて、標識内容が北方位標識、東方位標識、南方位標識、及び西方位標識の何れであるか識別する（S23）。
- [0076] なお、浮標の種別が側面浮標又は方位浮標でない場合（S13→NO）、すなわち浮標の種別が孤立障害標識、安全水域標識、又は特殊標識である場合には、航路標識識別装置1は第2画像P2を取得しない。それらの浮標においては、種別自体が標識内容を表すからである。
- [0077] 航路標識識別装置1は、S12において第1画像P1内に複数の浮標が識別された場合には、識別された全ての浮標についてS13～S15を実行す

る（S16）。すなわち、側面浮標又は方位浮標である全ての浮標について、第2画像P2の取得と標識内容の識別を行う。

[0078] 以上に説明した実施形態によれば、第1画像P1で識別された浮標の位置に基づいて拡大して撮像された、第1画像P1よりも分解能が高い第2画像P2から標識内容を識別するので、標識内容の識別精度の向上を図ることが可能となる。

[0079] また、実施形態によれば、第1画像P1で浮標の種別を識別した上で第2画像P2から標識内容を識別するので、浮標の種別に応じて標識内容を絞り込むことができ、標識内容の識別精度のさらなる向上を図ることが可能となる。

[0080] これに限らず、第1画像P1から浮標及びその位置を識別し、第2画像P2から浮標の種別及び標識内容を識別してもよい。

[0081] 図9は、浮標管理DB（データベース）の例を示す図である。浮標管理DBは、識別ないし取得された浮標の情報を管理するためのデータベースであり、航路標識識別装置1の不揮発性メモリに設けられる。浮標管理DBには、カメラ2の画像から識別された浮標の情報だけでなく、AIS4により取得された仮想標識の情報も含まれる。

[0082] 浮標管理DBは、例えば「識別子」、「種別」、「標識内容」、「画像内位置」、「実位置」、及び「仮想浮標」等のフィールドを含んでいる。「識別子」は、浮標を識別するための識別子である。「仮想浮標」は、仮想浮標であるか否かを表す。

[0083] 「種別」は、浮標の種別を表す。「標識内容」は、浮標の標識内容を表す。「種別」が側面標識又は方位標識である場合には、「標識内容」に左舷標識又は北方位標識等が入力される。一方、「種別」が孤立障害標識、安全水域標識、又は特殊標識である場合には、「標識内容」にデータが入力されない。

[0084] 「画像内位置」は、第1画像P1（図4参照）内における浮標の位置を表す。なお、仮想浮標の場合は、「画像内位置」にデータが入力されない。「

実位置」は、浮標の実位置を表す。カメラ２の画像から識別された浮標の実位置は、浮標の画像内位置及びカメラ２の撮像方向に基づいて算出される。

[0085] 図３の説明に戻る。表示制御部１５は、浮標に係る表示データを生成し、表示部６に出力する。具体的には、表示制御部１５は、識別された浮標の標識内容、第１画像Ｐ１内の浮標の位置、及びカメラ２の撮像方向等に基づいて、第１画像Ｐ１、電子海図、又はレーダー画像等に浮標の標識内容を表すシンボルを表示する。

[0086] 例えば、図１０に示すように、表示制御部１５は、第１画像Ｐ１内の左舷標識ＬＬ及び右舷標識ＬＲの位置に関連付けてそれらの標識内容を表すシンボルＭＬ，ＭＲを付した画像を、表示部６に表示する。シンボルＭＬ，ＭＲには、例えば標識内容を表す文字列が含まれる。

[0087] また、図１１に示すように、表示制御部１５は、電子海図とレーダー画像を合成した合成画像ＣＰ内の左舷標識ＬＬ及び右舷標識ＬＲの実位置に対応する位置にそれらの標識内容を表すシンボルＴＬ，ＴＲを付した画像を、表示部６に表示する。シンボルＴＬ，ＴＲは、例えば標識内容を表す形状を有する。

[0088] 合成画像ＣＰには、自船のシンボルＳＦ、自船の予定航路ＲＴ、予定航路ＲＴ上の変針点ＤＦ、及び他船のシンボルＥＬ等が表示される。

[0089] また、合成画像ＣＰには、仮想標識の標識内容を表すシンボルＶＬ，ＶＲが表示されてもよい。シンボルＶＬ，ＶＲは、シンボルＴＬ，ＴＲと同種の形状を有する。シンボルＶＬ，ＶＲは、例えば透明度を変える等、シンボルＴＬ，ＴＲと識別可能に表示されることが好ましい。

[0090] 航路算出部１６は、識別された浮標の標識内容に基づいて自律航行制御を行うための目標針路、つまり方位や変針点、航路を算出する。算出される目標針路は、自律航行制御を行う自動操舵装置１０に提供される。ここで、自律航行制御を行う上で航路標識識別内容の誤認識は重大な事故を引き起こす原因となる。そのため、本発明により精度を向上させた航路標識内容の識別により自律航行制御を行うことで、実環境での操船に耐えうる自律航行シス

テムを実現することができる。

[0091] 航路算出部16は、図5に示すように第1画像P1内で識別された浮標が左舷標識LL及び右舷標識LRを含む場合に、第1画像P1内の左舷標識LL及び右舷標識LRの位置及びカメラ2の撮像方向に基づいて、自船の予定航路又は航路幅を算出する。具体的には、航路算出部16は、第1画像P1内の左舷標識LL及び右舷標識LRの位置及びカメラ2の撮像方向から算出される左舷標識LL及び右舷標識LRの実位置に基づいて、自船位置から左舷標識LLと右舷標識LRの間を通るように自船の予定航路RTを設定する（図11参照）。これに限らず、航路算出部16は、第1画像P1内で識別された浮標が左舷標識LL又は右舷標識LRと安全水域標識とを含む場合には、左舷標識LL又は右舷標識LRと安全水域標識との間に自船の予定航路RTを設定してもよい。

[0092] また、航路算出部16は、第1画像P1内の左舷標識LL及び右舷標識LRの位置及びカメラ2の撮像方向から算出される左舷標識LL及び右舷標識LRの実位置に基づいて、左舷標識LLと右舷標識LRの距離を航路幅Wとして算出してもよい。算出された航路幅Wは、表示部6に表示される第1画像P1内に表示されてもよいし、電子海図とレーダー画像を合成した合成画像CP内に表示されてもよい（図11参照）。

[0093] 航路算出部16は、識別された浮標の標識内容、第1画像P1内の浮標の位置、カメラ2の撮像方向、及び自船位置に基づいて、自船が経由すべき変針点を設定してもよい。具体的には、航路算出部16は、識別された側面標識及び方位浮標などの標識内容、第1画像P1内のそれらの浮標の位置及びカメラ2の撮像方向から算出されるそれらの浮標の実位置、並びに自船位置に基づいて、港に入港する又は港から出港する自船の予定航路RTを設定するための1又は複数の変針点DFを設定する（図11参照）。これに限らず、航路算出部16は、識別された孤立障害標識又は特殊標識などの標識内容、第1画像P1内のそれらの浮標の位置及びカメラ2の撮像方向から算出されるそれらの浮標の実位置、並びに自船位置に基づいて、障害物又は特別区

域を避ける避航航路を設定するための1又は複数の変針点を設定してもよい。

- [0094] 航路算出部16は、識別された浮標の標識内容、カメラ2の撮像方向、及び自船の船首方位に基づいて、自船が航行すべき方位を設定してもよい。例えば、航路算出部16は、時系列の複数の第1画像P1内に側面浮標などの浮標が含まれ続けるように、自船が航行すべき方位を維持ないし調整する。また、航路算出部16は、第1画像P1内の浮標の位置もさらに用いて、左舷標識と右舷標識の間に向かうように、又は複数の左舷標識又は右舷標識に沿った方向に向かうように、自船が航行すべき方位を設定してもよい。
- [0095] 航路算出部16は、識別された浮標の標識内容に加えて、さらに仮想標識の位置及び標識内容に基づいて自律航行制御を行うための目標針路、つまり方位や変針点、航路を算出してもよい。具体的には、航路算出部16は、仮想左舷標識VL及び仮想右舷標識VRのデータが取得された場合に、第1画像P1内で識別された左舷標識LLと右舷標識LRの間だけでなく、仮想左舷標識VLと仮想右舷標識VRの間も通るように自船の予定航路RTを設定してもよい。
- [0096] 整合判定部18は、識別された浮標の標識内容、第1画像P1内の浮標の位置、カメラ2の撮像方向、及び自船位置に基づいて、浮標の標識内容と電子海図に記録された航路標識データが表す標識内容との整合性を判定する。具体的には、整合判定部18は、第1画像P1内の浮標の位置、カメラ2の撮像方向、及び自船位置から浮標の実位置を算出するとともに、電子海図に記録された航路標識データから浮標の実位置に対応する航路標識データを抽出し、識別された浮標の標識内容と抽出された航路標識データが表す標識内容とが一致するか否かを判定する。
- [0097] 表示制御部15は、整合判定部18による判定結果を、第1画像P1、電子海図、又はレーダー画像等に表示する。例えば、表示制御部15は、表示部6に表示する第1画像P1（図10参照）又は合成画像CP（図11参照）等に、整合の有無を表すシンボルを浮標と関連付けて表示する。又は、表

示制御部 15 は、整合が取れた浮標にのみ、標識内容を表すシンボル（図 10 のシンボル ML, MR 又は図 11 のシンボル TL, TR 等）を表示してもよい。

[0098] 航路標識識別装置 1 の構成は、上記図 3 に示した例に限られない。例えば図 12 に示すように、第 2 取得部 13A は、第 1 画像の部分領域を高解像度化することで第 2 画像を取得する画像処理部であってもよい。このように高解像度化を行うことによって、第 1 画像よりも分解能が高い第 2 画像が取得される。

[0099] これに限らず、第 1 取得部 11 が、カメラ 2 により生成された原画像を間引き処理又は平均処理することで第 1 画像を取得し、第 2 取得部 13 が、第 1 画像の部分領域に対応する領域を原画像から切り出すことで第 2 画像を取得してもよい。これによっても、第 1 画像よりも分解能が高い第 2 画像が取得される。

[0100] また、図 13 に示すように、第 2 取得部 13B は、カメラ 2 よりも分解能が高い補助カメラ 3 に第 1 画像の部分領域に対応する実空間の範囲を撮像させることで、第 2 画像を取得するカメラ制御部であってもよい。このように補助カメラ 3 を利用することで、第 1 画像よりも分解能が高い第 2 画像が取得される。

[0101] 補助カメラ 3 は、上記図 3 に示したカメラ 2 と同様に、光学ズーム機能を実現するレンズ部 31 と、パン・チルト機能を実現するパン・チルト機構 32 とを備えている。補助カメラ 3 のレンズ部 31 は、カメラ 2 のレンズ部 21 よりも倍率が高い。

[0102] [第 1 変形例]

以下、第 1 変形例について説明する。上記実施形態と重複する構成ないし処理については、同符号を付すことで詳細な説明を省略することがある。

[0103] 側面浮標は、国によって左舷標識と右舷標識の解釈が反対となる場合がある。そこで、本変形例では、以下に説明するようにして、自船位置に依らずに左舷標識と右舷標識を判別している。

- [0104] 図 1 4 は、第 1 変形例に係る第 2 識別部 1 4 A の構成例を示すブロック図である。同図は、第 2 識別部 1 4 A において実現される機能部のうちの、側面浮標の標識内容を識別するための機能部を主に示している。
- [0105] 第 2 識別部 1 4 A は、色識別部 3 1、形状識別部 3 2、国判定部 3 3、及び左右舷判定部 3 4 を備えている。色識別部 3 1 及び形状識別部 3 2 は、態様識別部の例である。
- [0106] 上記図 3 に示した第 1 識別部 1 2（種別識別部）により識別された浮標の種別が側面浮標である場合に、第 2 識別部 1 4 A の機能部が、第 2 画像 P 2（図 6 参照）に含まれる側面浮標の標識内容を識別する。
- [0107] 図 1 5 は、第 2 識別部 1 4 A により実現される、第 1 変形例に係る左右舷標識識別処理 S 2 2 の手順例を示すフロー図である。航路標識識別装置 1 は、同図に示す情報処理をプログラムに従って実行する。
- [0108] 左右舷標識識別処理 S 2 2 は、上記図 8 に示した S 2 2 に対応する。すなわち、航路標識識別装置 1 は、上記図 7 に示した S 1 2 において識別された浮標の種別が側面浮標である場合に、左右舷標識識別処理 S 2 2 を実行する。
- [0109] まず、航路標識識別装置 1 は、第 2 画像 P 2 に含まれる側面浮標の色が緑色及び赤色の何れであるか識別する（S 3 1：色識別部 3 1 としての処理）。緑色及び赤色は、第 1 態様及び第 2 態様の例である。
- [0110] 次に、航路標識識別装置 1 は、第 2 画像 P 2 に含まれる側面浮標のトップマークが円筒形及び円錐形の何れであるか識別する（S 3 2：形状識別部 3 2 としての処理）。円筒形及び円錐形は、第 1 態様及び第 2 態様の例である。
- [0111] 色の識別及びトップマークの形状の識別は、上記実施形態と同様に、学習済みモデルを用いて行われる。例えば、色及びトップマークの形状の両方を識別する学習済みモデルが用いてもよいし、色を識別する学習済みモデルとトップマークの形状を識別する学習済みモデルとが個別に用いられてもよい。

[0112] 次に、航路標識識別装置 1 は、GNSS 受信機 7（図 1 参照）により検出された自船の検出位置が属する国を判定する（S 3 3：国判定部 3 3 としての処理）。例えば、航路標識識別装置 1 は、自船の検出位置の座標がどの国の領海内に含まれるか、海図データに基づいて判定する。

[0113] 次に、航路標識識別装置 1 は、国別左右舷態様テーブルを参照して、S 3 1 で識別された色、S 3 2 で識別されたトップマークの形状、及び S 3 3 で判定された国から、側面浮標の標識内容が左舷標識及び右舷標識の何れであるか判定する（S 3 4：左右舷判定部 3 4 としての処理）。

[0114] 図 1 6 は、国別左右舷態様テーブルの例を示す図である。国別左右舷態様テーブルは、浮標の態様と標識内容との対応関係を表すテーブルであり、航路標識識別装置 1 の不揮発性メモリに設けられる。

[0115] 具体的には、国別左右舷態様テーブルは、側面浮標の色における緑色及び赤色が各国において左舷標識及び右舷標識の何れに対応するかを表す。また、国別左右舷態様テーブルは、トップマークの形状における円筒形及び円錐形が各国において左舷標識及び右舷標識の何れに対応するかも表す。

[0116] 以上に説明した第 1 変形例によれば、側面浮標の標識内容について、自船位置に依らずに左舷標識と右舷標識を判別することが可能となる。

[0117] [第 2 変形例]

以下、第 2 変形例について説明する。上記実施形態と重複する構成ないし処理については、同符号を付すことで詳細な説明を省略することがある。

[0118] 浮標の種別及び標識内容は、浮標の色、トップマークの形状、及び光り方等の要素によって識別が可能であるが、画像から標識内容を直接識別する場合、各要素の寄与が分からず、識別精度が十分でない場合がある。そこで、本変形例では、以下に説明するようにして、標識内容の識別精度の向上を図っている。

[0119] 図 1 7 は、第 2 変形例に係る第 2 識別部 1 4 B の構成例を示すブロック図である。第 2 識別部 1 4 B は、色識別部 4 1、第 1 候補判定部 4 2、形状識別部 4 3、第 2 候補判定部 4 4、光り方識別部 4 5、第 3 候補判定部 4 6、

及び標識内容決定部47を備えている。

[0120] 図18は、第2識別部14Bにより実現される、第2変形例に係る標識内容識別処理S15の手順例を示すフロー図である。航路標識識別装置1は、同図に示す情報処理をプログラムに従って実行する。標識内容識別処理S15は、上記図7に示したS15に対応する。

[0121] 図19は、浮標の標識内容に対応する色、トップマークの形状、及び光り方を表す図である。浮標の標識内容は、浮標の色、トップマークの形状、及び光り方によって分類される。光り方とは、点灯と消灯の時間パターンである。

[0122] 図18に示すように、まず、航路標識識別装置1は、第2画像P2に含まれる浮標の色候補を識別する（S41：色識別部41としての処理）。具体的には、航路標識識別装置1は、学習済みモデルを用いて、第2画像P2内の浮標の色候補を識別する。また、航路標識識別装置1は、色候補とともに、色候補の確からしさを表す第1確度を算出する。

[0123] 次に、航路標識識別装置1は、識別された色候補に対応する浮標の標識内容の第1候補を判定する（S42：第1候補判定部42としての処理）。具体的には、航路標識識別装置1は、色と標識内容との対応関係を表すテーブルを参照して、色候補に対応する標識内容を第1候補として判定する。

[0124] 次に、航路標識識別装置1は、第2画像P2に含まれる浮標のトップマークの形状候補を識別する（S43：形状識別部43としての処理）。具体的には、航路標識識別装置1は、学習済みモデルを用いて、第2画像P2内の浮標のトップマークの形状候補を識別する。また、航路標識識別装置1は、形状候補とともに、形状候補の確からしさを表す第2確度を算出する。

[0125] 次に、航路標識識別装置1は、識別された形状候補に対応する浮標の標識内容の第2候補を判定する（S44：第2候補判定部44としての処理）。具体的には、航路標識識別装置1は、形状と標識内容との対応関係を表すテーブルを参照して、形状候補に対応する標識内容を第2候補として判定する。

- [0126] 次に、航路標識識別装置 1 は、時系列の複数の第 2 画像 P 2 から浮標の光り方候補を識別する（S 4 5：光り方識別部 4 5 としての処理）。航路標識識別装置 1 は、所定のルールに従って浮標の光り方候補を識別する。
- [0127] 具体的には、航路標識識別装置 1 は、時系列の複数の第 2 画像 P 2 から浮標の点灯と消灯の時間パターンを抽出し、予め記憶された複数の標準時間パターンの中から、抽出した時間パターンと最も類似する標準時間パターンを光り方候補とする。標準時間パターンは、各標識内容の光り方（図 1 9 参照）に基づいて作成される。
- [0128] また、航路標識識別装置 1 は、光り方候補とともに、光り方候補の確からしさを表す第 3 確度を算出する。具体的には、航路標識識別装置 1 は、抽出した時間パターンと光り方候補とされた標準時間パターンとの類似度を、第 3 確度として算出する。
- [0129] 次に、航路標識識別装置 1 は、識別された光り方候補に対応する浮標の標識内容の第 3 候補を判定する（S 4 6：第 3 候補判定部 4 6 としての処理）。具体的には、航路標識識別装置 1 は、光り方候補とされた標準時間パターンに対応する標識内容を、第 3 候補として判定する。
- [0130] 次に、航路標識識別装置 1 は、現在時刻が昼間であるか夜間であるか判定し（S 4 7）、昼間である場合には昼間用判定基準を適用し（S 4 8）、夜間である場合には夜間用判定基準を適用する（S 4 9）。現在時刻は、カメラ 2 により画像が生成された時刻である。判定基準は、浮標の標識内容を決定するための判定基準である。
- [0131] 次に、航路標識識別装置 1 は、S 4 2 で判定された標識内容の第 1 候補、S 4 4 で判定された標識内容の第 2 候補、及び S 4 6 で判定された標識内容の第 3 候補に基づいて、浮標の標識内容を決定する（S 5 0：標識内容決定部 4 7 としての処理）。
- [0132] 具体的には、航路標識識別装置 1 は、第 1 候補、第 2 候補、及び第 3 候補のうちの少なくとも 2 つが同一の標識内容である場合に、当該同一の標識内容を浮標の標識内容として決定する。例えば、第 1 候補、第 2 候補、及び第

3 候補の 2 つが左舷標識であり、残り 1 つが右舷標識である場合には、左舷標識が標識内容として決定される。

[0133] また、航路標識識別装置 1 は、第 1 確度、第 2 確度、及び第 3 確度に基づいて、浮標の標識内容を決定してもよい。例えば、第 1 確度、第 2 確度、及び第 3 確度のうちの最も高い確度に対応する候補が、標識内容として決定される。また、複数の候補が同一の標識内容を表す場合、それらに対応する確度が足し合わされてもよい。

[0134] 航路標識識別装置 1 は、昼間用判定基準と夜間用判定基準とで、第 1 確度、第 2 確度、及び第 3 確度のそれぞれに付与する重み付けを変更する。例えば、昼間には明るい環境で見え易い浮標の色及びトップマークの形状に係る候補を優先し、夜間には暗い環境でも見え易い浮標の光り方に係る候補を優先する。

[0135] すなわち、昼間用判定基準では、浮標の色及びトップマークの形状に係る第 1 及び第 2 確度の重み付けを、浮標の光り方に係る第 3 確度の重み付けよりも高くする。反対に、夜間用判定基準では、浮標の光り方に係る第 3 確度の重み付けを、浮標の色及びトップマークの形状に係る第 1 及び第 2 確度の重み付けよりも高くする。

[0136] なお、本変形例に係る標識内容の決定手法は、側面標識及び方位標識だけでなく、孤立障害標識、安全水域標識、及び特殊標識にも適用されてよい。

[0137] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は以上に説明した実施形態に限定されるものではなく、種々の変更が当業者にとって可能であることはもちろんである。

符号の説明

[0138] 1 航路標識識別装置、2 カメラ、3 レーダー、4 AIS、5 無線通信部、6 表示部、7 GNSS受信機、8 ジャイロコンパス、9 ECDIS、10 自動操舵装置、11 第 1 取得部、12 第 1 識別部、13 第 2 取得部、14 第 2 識別部、15 表示制御部、16 航路算出部、17 モデル記憶部、21 レンズ部、22 パン・チルト機構、31

色識別部、3 2 形状識別部、3 3 国判定部、3 4 左右舷判定部、4 1
色識別部、4 2 第 1 候補判定部、4 3 形状識別部、4 4 第 2 候補判
定部、4 5 光り方識別部、4 6 第 3 候補判定部、4 7 標識内容決定部
、1 0 0 自律航行システム

請求の範囲

- [請求項1] 船舶に設置されるカメラにより生成された画像を取得する取得部と、
前記画像に含まれる側面浮標の態様が第1態様及び第2態様の何れであるか識別する態様識別部と、
前記船舶の位置を検出する位置検出部により検出された位置が属する国を判定する国判定部と、
前記第1態様及び前記第2態様が各国において左舷標識及び右舷標識の何れに対応するかを表す所定の対応関係に基づき、前記側面浮標の態様及び前記判定された国から、前記側面浮標の標識内容が左舷標識及び右舷標識の何れであるか判定する左右舷判定部と、
を備える、航路標識識別装置。
- [請求項2] 前記態様識別部は、前記側面浮標の色が緑色及び赤色の何れであるか識別する、
請求項1に記載の航路標識識別装置。
- [請求項3] 前記態様識別部は、前記側面浮標のトップマークが円筒形及び円錐形の何れであるか識別する、
請求項1または2に記載の航路標識識別装置。
- [請求項4] 前記画像内の浮標の種別を識別する種別識別部をさらに備え、
前記態様識別部は、前記浮標の種別が側面浮標である場合に、前記側面浮標の態様を識別する、
請求項1ないし3の何れかに記載の航路標識識別装置。
- [請求項5] 前記側面浮標の標識内容、前記第1画像内の前記側面浮標の位置、及び前記カメラの撮像方向に基づいて、前記第1画像、電子海図、又はレーダー画像上に前記側面浮標の標識内容を表すシンボルを表示する表示制御部をさらに備える、
請求項1ないし4の何れかに記載の航路標識識別装置。
- [請求項6] 前記側面浮標の標識内容、前記第1画像内の前記側面浮標の位置、

前記カメラの撮像方向、及び前記船舶の位置に基づいて、前記側面浮標の標識内容と電子海図に記録された航路標識データが表す標識内容との整合性を判定する整合判定部をさらに備える、

請求項 1 ないし 5 の何れかに記載の航路標識識別装置。

[請求項7] 前記整合性の判定結果を、前記第 1 画像、前記電子海図、又はレーダー画像上に表示する表示制御部をさらに備える、

請求項 6 に記載の航路標識識別装置。

[請求項8] 請求項 1 ないし 7 の何れかに記載の航路標識識別装置と、

複数の前記側面浮標の標識内容が、左舷標識、右舷標識、及び安全水域標識のうちの少なくとも 2 つを含む場合に、前記第 1 画像内の前記側面浮標の位置及び前記カメラの撮像方向に基づいて、前記船舶の航路または航路幅を算出する航路算出部と、

を備える、自律航行システム。

[請求項9] 請求項 1 ないし 7 の何れかに記載の航路標識識別装置と、

仮想標識の位置及び標識内容を表すデータを取得する仮想標識取得部と、

前記側面浮標の標識内容、前記仮想標識の位置、及び前記仮想標識の標識内容に基づいて前記船舶の航路または航路幅を算出する航路算出部と、

を備える、自律航行システム。

[請求項10] 請求項 1 ないし 7 の何れかに記載の航路標識識別装置と、

前記船舶の位置を検出する位置検出部と、

前記側面浮標の標識内容、前記第 1 画像内の前記側面浮標の位置、前記カメラの撮像方向、及び前記船舶の位置に基づいて、前記船舶が経路すべき変針点を設定する航路算出部と、

を備える、自律航行システム。

[請求項11] 請求項 1 ないし 7 の何れかに記載の航路標識識別装置と、

前記船舶の船首方位を検出する方位検出部と、

前記側面浮標の標識内容、前記カメラの撮像方向、及び前記船舶の船首方位に基づいて、前記船舶が航行すべき方位を設定する航路算出部と、

を備える、自律航行システム。

[請求項12] 前記側面浮標の標識内容に基づいて自律航行制御を行う自動操舵装置をさらに備える、

請求項8ないし11の何れかに記載の自律航行システム。

[請求項13] 船舶に設置されるカメラにより生成された画像を取得し、
前記画像に含まれる側面浮標の態様が第1態様及び第2態様の何れであるか識別し、

前記船舶の位置を検出する位置検出部により検出された位置が属する国を判定し、

前記第1態様及び前記第2態様が各国において左舷標識及び右舷標識の何れに対応するかを表す所定の対応関係に基づき、前記側面浮標の態様及び前記判定された国から、前記側面浮標の標識内容が左舷標識及び右舷標識の何れであるか判定する、

航路標識識別方法。

[請求項14] 船舶に設置されるカメラにより生成された画像を取得すること、
前記画像に含まれる側面浮標の態様が第1態様及び第2態様の何れであるか識別すること、

前記船舶の位置を検出する位置検出部により検出された位置が属する国を判定すること

、及び、

前記第1態様及び前記第2態様が各国において左舷標識及び右舷標識の何れに対応するかを表す所定の対応関係に基づき、前記側面浮標の態様及び前記判定された国から、前記側面浮標の標識内容が左舷標識及び右舷標識の何れであるか判定すること、

をコンピュータに実行させるためのプログラム。