明　細　書

発明の名称 ： 地図生成装置及び運転支援システム

技術分野

[0001]　ここに開示された技術は、地図生成装置及び運転支援システムに関する。

背景技術

[0002]　例えば、特許文献１には、自動走行支援システムが開示されている。この自動走行支援システムでは、各車両が共通の道路地図データを有している。各車両は、道路地図データの基準点に対する相対位置を算出し、他車両へ出力する。各車両は、道路地図データの基準点と他車両の相対位置とを照らし合わせて、他車両の位置を求める。各車両は、求めた他車両の位置に基づいて、他車両との衝突を回避するように自動走行する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１９－１３２９８８号公報

発明の概要

[0004]　ところで、前述のシステムにおいては、車両は、自動運転における経路を生成する。その際に、各車両は、他車両との相対的な位置情報に基づいて他車両との衝突の可能性等を判断する。そのため、各車両において経路を生成する際の演算負荷等の処理量が大きくなる。

[0005]　ここに開示された技術は、かかる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、経路を生成する際の演算負荷等の処理量を低減することにある。

[0006]　本開示の地図生成装置は、環境の監視情報を収集する収集器と、移動体の自動運転の支援のための地図を前記監視情報に基づいて生成する生成器とを備え、前記生成器は、環境に含まれる回避すべき危険領域を前記監視情報に基づいて求め、地理的情報と前記危険領域とを含む前記地図を生成する。

[0007]　本開示の運転支援システムは、自動運転を実行する移動体と、前記移動体

の自動運転の支援のための地図を生成する地図生成装置とを備え、前記地図生成装置は、環境の監視情報を収集する収集器と、前記監視情報に基づいて前記地図を生成する生成器とを有し、前記生成器は、環境に含まれる回避すべき危険領域を前記監視情報に基づいて求め、地理的情報と前記危険領域とを含む前記地図を生成し、前記地図を前記移動体へ送信し、前記移動体は、自動運転の経路を前記地理的情報及び前記危険領域に基づいて生成する。

[0008] ここで、「地図」とは、実際に図として表現されているものに限定されず、データの形式のものも含まれる概念である。つまり、「地図」は、「地図情報」又は「地図データ」と読み替えることもできる。

[0009] 前記地図生成装置によれば、経路を生成する際の演算負荷等の処理量を低減することができる。

[0010] 前記運転支援システムによれば、経路を生成する際の演算負荷等の処理量を低減することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]図１は、運転支援システムの概要図である。

[図2]図２は、地図の構成を示す説明図である。

[図3]図３は、第１監視装置の概略的なハードウェア構成を示す図である。

[図4]図４は、第１監視装置の制御器の機能ブロック図である。

[図5]図５は、第２監視装置の概略的なハードウェア構成を示す図である。

[図6]図６は、第２監視装置の制御器の機能ブロック図である。

[図7]図７は、移動体の概略的なハードウェア構成を示す図である。

[図8]図８は、移動体の制御器の機能ブロック図である。

[図9]図９は、地図生成装置の概略的なハードウェア構成を示す図である。

[図10]図１０は、地図生成装置の制御器の機能ブロック図である。

[図11]図１１は、地理的情報の一例を示す模式図である。

[図12]図１２は、第１危険領域情報の一例を示す模式図である。

[図13]図１３は、第２危険領域情報の一例を示す模式図である。

[図14]図１４は、障害情報の一例を示す模式図である。

[図15]図１５は、外乱情報の一例を示す模式図である。

[図16]図１６は、探索情報の一例を示す模式図である。

[図17]図１７は、監視必要度を変化を示す説明図である。

[図18]図１８は、監視処理のフローチャートである。

[図19]図１９は、自動運転のフローチャートである。

[図20]図２０は、地理的情報に第１危険領域情報を重畳させた地図の模式図である。

[図21]図２１は、地理的情報に第１危険領域情報及び第２危険領域情報を重畳させた地図の模式図である。

[図22]図２２は、障害情報に基づいて予測された障害の挙動を地理的情報に重畳させた地図の模式図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、例示的な実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。図１は、運転支援システム１０００の概要図である。運転支援システム１０００は、自動運転を実行する移動体１と、環境内の監視情報を取得する監視装置８と、自動運転を支援するための地図２を生成する地図生成装置１００とを備える。運転支援システム１０００は、複数の移動体１を含んでいてもよい。地図生成装置１００は、移動体１及び監視装置８と通信可能に接続されている。地図生成装置１００は、移動体１及び監視装置８との間で各種情報を送受信する。地図生成装置１００は、移動体１の運転を支援するための地図２を監視装置８によって取得される監視情報に基づいて生成し、生成された地図２を移動体１へ送信する。移動体１は、地図２に基づいて経路を生成し、自動運転を実行する。また、地図生成装置１００は、監視装置８による監視情報の取得を支援するための地図２を生成し、生成された地図２を監視装置８へ送信する。監視装置８は、地図２に基づいて監視情報を取得し、取得された監視情報を地図生成装置１００へ送信する。地図生成装置１００と移動体１及び監視装置８との通信は、中継装置１２１を介して行われる。地図生成装置１００と中継装置１２１とは、インターネット等の通信ネットワークＮを介

して接続されている。中継装置１２１と移動体１及び監視装置８とは、無線通信を行う。

[0013] －地図－

まず、地図生成装置１００によって生成される地図について説明する。図２は、地図２の構成を示す説明図である。

[0014] 地図２には、地理的情報２１と危険領域３とが含まれている。具体的には、地図２は、地理的情報２１と危険領域情報２２とが含まれる。危険領域情報２２は、環境に含まれる回避すべき危険領域３に関する情報である。さらに、地図２は、障害情報２５と外乱情報２６とをさらに含んでいてもよい。障害情報２５は、障害の動きに関する情報である。外乱情報２６は、移動体１の自動運転の外乱に関する情報である。監視情報の取得のために用いられる地図２は、探索情報２７を含んでいる。探索情報２７は、環境内の各位置の監視必要度に関する情報である。

[0015] 地理的情報２１は、道路、通路及び地物（建物、樹木及び岩石など、自然及び人工に関わらず地上又は海上にある物）の少なくとも１つを含む。地理的情報２１は、道路図、施設図、航路図等の一般的な地図に関する情報である。地理的情報２１は、静的な情報であり得る。地理的情報２１は、道路の変更、建物の取り壊し又は岩石の風化等によって変化し得るが、基本的には恒久的な情報である。地理的情報２１は、危険領域情報２２、障害情報２５、外乱情報２６及び探索情報２７のそれぞれと共通の座標系を有している。つまり、危険領域情報２２、障害情報２５、外乱情報２６及び探索情報２７のそれぞれにおける位置は、地理的情報２１上の位置と対応している。

[0016] 危険領域情報２２は、環境に含まれる、回避すべき危険領域３の位置及び外形に関する情報である。危険領域情報２２には、第１危険領域情報２３及び第２危険領域情報２４の少なくとも一方が含まれ得る。

[0017] 第１危険領域情報２３は、環境に含まれる障害のうち静的な障害に対応する危険領域３の位置及び外形に関する情報である。静的な障害に対応する危険領域３を「第１危険領域３１」と称する。静的な障害とは、動きのほとん

どない障害である。静的な障害には、一時的又は時限的に存在する構造物、設備及び地物が含まれ得る。例えば、静的な障害には、工事現場、事故現場、不整地、浅瀬、養殖場、暗所、霧及び局所的な豪雨が含まれ得る。第１危険領域情報２３では、対象となる障害が静的であるので、第１危険領域３１の位置は障害の存在する位置と略同じであり、第１危険領域３１の外形は障害の外形と略同じであって障害を包含している。また、静的な障害には、法的又は慣行上通行不能な領域も含まれ得る。

[0018] 第２危険領域情報２４は、環境に含まれる障害のうち動的な障害に対応する危険領域３の位置及び外形に関する情報である。動的な障害に対応する危険領域３を「第２危険領域３２」と称する。動的な障害とは、動く可能性のある障害である。例えば停止している自動車のように、本来的に移動するものの、偶発的に停止している物体は、動的な障害である。例えば、動的な障害には、人、動物、虫の群れ、車両、渋滞、船及び漂流物が含まれ得る。第２危険領域情報２４では、対象となる障害が動的であるので、第２危険領域３２の位置は障害の存在する位置から障害の移動方向へシフトした位置であり、第２危険領域３２の外形は障害の移動方向及び移動量から予測される形状をしている。

[0019] 尚、第１危険領域３１と第２危険領域３２とを区別しない場合には、単に「危険領域３」と称する。

[0020] 障害情報２５は、環境に含まれる障害のうち動的な障害の位置及び動作に関する情報である。障害情報２５は、第２危険領域情報２４の基本となる情報である。障害情報２５に含まれる障害から、第２危険領域情報２２Ｂの第２危険領域３２が生成される。また、障害情報２５は、移動体１の自動運転において用いられる。

[0021] 外乱情報２６は、環境における外乱に関する情報である。つまり、外乱情報２６は、環境を通過する移動体１に対する外乱に関する情報である。例えば、外乱には、風及び潮流が含まれ得る。

[0022] 探索情報２７は、環境における各位置の監視必要度に関する情報である。

例えば、監視必要度は、監視情報が取得されてからの経過時間に対応する。或る位置の監視必要度は、該位置の監視情報が取得されてからの経過時間に応じて大きくなる。監視情報が取得されてすぐは、監視必要度は低い。監視情報が取得されてから時間が経つと、監視必要度は高くなる。

[0023] 危険領域情報２２、障害情報２５、外乱情報２６及び探索情報２７の少なくとも１つが地理的情報２１と対応付けられることによって地図２が形成されている。この例では、地図２は、地理的情報２１、第１危険領域情報２３、第２危険領域情報２４、障害情報２５、外乱情報２６及び探索情報２７のそれぞれを異なるレイヤとして含んでいる。第１危険領域情報２３、第２危険領域情報２４、障害情報２５、外乱情報２６及び探索情報２７のそれぞれの位置は、地理的情報２１の位置に対応付けられている。

[0024] －監視装置－

監視装置８は、固定式の第１監視装置８Ａと移動式の第２監視装置８Ｂとを含む。第１監視装置８Ａと第２監視装置８Ｂとを区別しない場合には、単に「監視装置８」と称する。尚、図面においては、第１監視装置８Ａと第２監視装置８Ｂとが区別されている。監視装置は、所定範囲の監視情報を取得する監視センサを有している。監視情報には、地形、建物、地物、設備、移動体、風向き又は潮流等が含まれ得る。監視センサは、カメラ、ＬｉＤＡＲ（Light Detection And Ranging）、赤外線センサ、レーザ距離計、ドップラＬｉＤＡＲ及び風速計の少なくとも１つを含む。例えば、カメラは、静止画又は動画を撮影する。レーザ距離計は、グリーンレーザを採用していてもよい。

[0025] 第１監視装置８Ａは、環境中に固定的に設置されている。環境とは、移動体１が移動し得る周辺環境を意味する。第１監視装置８Ａは、例えば、建物、街灯又は電信柱等に設置されている。あるいは、第１監視装置８Ａは、専用の構造体に設置されている。第１監視装置８Ａの監視範囲は、固定的であってもよいし、変更可能であってもよい。この例では、第１監視装置８Ａは、環境中に固定的に設置され、その向きを３６０度変更可能に構成されてい

る。つまり、第１監視装置８Ａは、監視範囲を時間的に変化させ、その周囲３６０度の監視情報を取得することができる。

[0026] 第２監視装置８Ｂは、飛行装置又は車両等の移動体である。この例では、第２監視装置８Ｂは、飛行装置としてのドローンである。第２監視装置８Ｂは、前述の監視センサを搭載し、環境内を自在に飛行することによって環境中の任意の領域の監視情報を取得する。第２監視装置８Ｂは、移動式監視装置の一例である。

[0027] 監視装置８は、中継装置１２１を介して地図生成装置１００と通信を行う。中継装置１２１は、例えば、管制塔１２０に設置されている。中継装置１２１は、通信ネットワークＮを介して地図生成装置１００と通信可能に接続される。

[0028] ＝第１監視装置＝

第１監視装置８Ａは、監視情報を継続的に取得し、取得された監視情報を地図生成装置１００へ周期的に送信する。第１監視装置８Ａは、地図２を地図生成装置１００から周期的に受け取り、地図２に基づいて監視領域を決定し、決定された監視領域の監視情報を取得する。

[0029] 図３は、第１監視装置８Ａの概略的なハードウェア構成を示す図である。第１監視装置８Ａは、監視センサ８１とアクチュエータ８２と通信器８３と制御器８５と記憶器８６とメモリ８７とを有している。監視センサ８１は、前述のカメラ等の少なくとも１つである。この例では、監視センサ８１は、カメラ及びＬｉＤＡＲである。監視センサ８１は、所定の監視領域内の画像及び物体の点群データを監視情報として取得する。アクチュエータ８２は、監視センサ８１の向きを変更することによって、監視センサ８１の監視領域を変更する。アクチュエータ８２は、例えば、電動モータである。通信器８３は、外部装置と無線通信を行う。

[0030] 制御器８５は、第1監視装置８Ａの全体を制御する。制御器８５は、各種の演算処理を行う。例えば、制御器８５は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）等のプロセッサで形成されている。制御器８５は、ＭＣＵ（Micro Control

ler Unit）、ＭＰＵ（Micro Processor Unit）、ＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）、ＰＬＣ（Programmable Logic Controller）、システムＬＳＩ等で形成されていてもよい。

[0031] 記憶器８６は、制御器８５で実行されるプログラム及び各種データを格納している。例えば、記憶器８６は、制御プログラムを格納している。記憶器８６は、第１監視装置８Ａの位置情報を記憶している。記憶器８６は、不揮発性メモリ、ＨＤＤ（Hard Disc Drive）又はＳＳＤ（Solid State Drive）等で形成される。メモリ８７は、データ等を一時的に格納する。例えば、メモリ８７は、揮発性メモリで形成される。

[0032] 図４は、制御器８５の機能ブロック図である。制御器８５は、記憶器８６からプログラムをメモリ８７に読み出して展開することによって、各種機能を実現する。具体的には、制御器８５は、監視センサ８１の監視領域を決定する決定器８８と、監視センサ８１によって監視情報を取得する取得器８９として機能する。

[0033] 決定器８８は、地図生成装置１００からの探索指令及び地図２に基づいて監視センサ８１の監視領域を決定する。監視領域の決定方法については後述する。

[0034] 取得器８９は、決定器８８によって決定された監視領域の監視情報を監視センサ８１によって取得する。詳しくは、取得器８９は、アクチュエータ８２を作動させて監視センサ８１の監視領域を調節して、監視センサ８１によって監視情報を取得する。取得器８９は、取得された監視情報、取得時の時間情報及び監視領域の位置情報を記憶器８６に保存する。取得器８９は、記憶器８６に保存された監視情報、時刻情報及び位置情報を地図生成装置１００へ送信する。

[0035] ＝第２監視装置＝

第２監視装置８Ｂは、環境内を移動しながら監視情報を継続的に取得し、取得された監視情報を地図生成装置１００へ周期的に送信する。第２監視装置８Ｂは、地図２を地図生成装置１００から周期的に受け取り、地図２に基

づいて監視領域を決定し、決定された監視領域の監視情報を取得する。

[0036] 図５は、第２監視装置８Ｂの概略的なハードウェア構成を示す図である。第２監視装置８Ｂは、監視センサ９１とアクチュエータ９２と通信器９３と位置検出器９４と制御器９５と記憶器９６とメモリ９７とを有している。監視センサ９１は、前述のカメラ等の少なくとも１つである。この例では、監視センサ９１は、ＬｉＤＡＲ及びカメラである。監視センサ９１は、所定の監視領域内の物体の点群データ及び静止画像を監視情報として取得する。アクチュエータ９２は、監視センサ９１を移動させることによって、監視センサ９１の監視領域を変更する。アクチュエータ９２は、例えば、ドローンの複数（例えば、４つ）のプロペラの電動モータである。アクチュエータ９２は、複数のプロペラの駆動を調節することによって、第２監視装置８Ｂを飛行させ、監視センサ９１の監視領域を変更する。通信器９３は、外部装置と無線通信を行う。位置検出器９４は、第２監視設備９Ｂの位置を検出する。例えば、位置検出器９４は、ＧＰＳ（Global Positioning System）受信機である。位置検出器９４は、ジャイロセンサ又は加速度センサを含んでいてもよい。

[0037] 制御器９５は、第２監視装置８Ｂの全体を制御する。制御器９５は、各種の演算処理を行う。例えば、制御器９５は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）等のプロセッサで形成されている。制御器９５は、ＭＣＵ（Micro Controller Unit）、ＭＰＵ（Micro Processor Unit）、ＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）、ＰＬＣ（Programmable Logic Controller）、システムＬＳＩ等で形成されていてもよい。

[0038] 記憶器９６は、制御器９５で実行されるプログラム及び各種データを格納している。例えば、記憶器９６は、制御プログラムを格納している。記憶器９６は、不揮発性メモリ、ＨＤＤ（Hard Disc Drive）又はＳＳＤ（Solid State Drive）等で形成される。メモリ９７は、データ等を一時的に格納する。例えば、メモリ９７は、揮発性メモリで形成される。

[0039] 図６は、制御器９５の機能ブロック図である。制御器９５は、記憶器９６

からプログラムをメモリ９７に読み出して展開することによって、各種機能を実現する。具体的には、制御器９５は、監視センサ９１の監視領域を決定する決定器９８と、監視センサ９１によって監視情報を取得する取得器９９として機能する。

[0040] 決定器９８は、地図生成装置１００からの探索指令及び地図２に基づいて監視センサ９１の監視領域を決定する。監視領域の決定方法については後述する。

[0041] 取得器９９は、決定器９８によって決定された監視領域の監視情報を監視センサ９１によって取得する。詳しくは、取得器９９は、アクチュエータ９２を制御することによって、第２監視設備９Ｂを移動させて、監視センサ９１の監視領域を決定された監視領域に合わせる。取得器９９は、監視センサ９１によって監視領域の監視情報を取得する。取得器９９は、取得された監視情報、取得時の時間情報及び監視領域の位置情報を記憶器９６に保存する。監視領域の位置は、位置検出器９４によって検出される第２監視設備９Ｂの位置である。取得器９９は、記憶器９６に保存された監視情報、時刻情報及び位置情報を地図生成装置１００へ送信する。

[0042] －移動体－

移動体１は、例えば、車両である。あるいは、移動体１は、船舶又は自律ロボットであってもよい。図７は、移動体１の概略的なハードウェア構成を示す図である。移動体１は、監視センサ１１とアクチュエータ１２と通信器１３と位置検出器１４と表示装置１１１と制御器１５と記憶器１６とメモリ１７とを有している。監視センサ１１は、前述のカメラ等の少なくとも１つである。この例では、監視センサ１１は、ＬｉＤＡＲである。監視センサ１１は、所定の監視領域内の物体の点群データを監視情報として取得する。アクチュエータ１２は、移動体１の駆動源である。例えば、アクチュエータ１２は、電動モータ又はエンジンである。通信器１３は、外部装置と無線通信を行う。位置検出器１４は、移動体１の位置を検出する。例えば、位置検出器１４は、ＧＰＳ（Global Positioning System）受信機である。位置検出器

１４は、ジャイロセンサ又は加速度センサを含んでいてもよい。移動体１が車両である場合、表示装置１１１は、例えばカーナビである。表示装置１１１は、地図２を適宜表示する。

[0043] 制御器１５は、移動体１の全体を制御する。制御器１５は、各種の演算処理を行う。例えば、制御器１５は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）等のプロセッサで形成されている。制御器１５は、ＭＣＵ（Micro Controller Unit）、ＭＰＵ（Micro Processor Unit）、ＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）、ＰＬＣ（Programmable Logic Controller）、システムＬＳＩ等で形成されていてもよい。

[0044] 記憶器１６は、制御器１５で実行されるプログラム及び各種データを格納している。例えば、記憶器１６は、制御プログラムを格納している。記憶器１６は、移動体１の位置情報を記憶している。記憶器１６は、不揮発性メモリ、ＨＤＤ（Hard Disc Drive）又はＳＳＤ（Solid State Drive）等で形成される。

[0045] メモリ１７は、データ等を一時的に格納する。例えば、メモリ１７は、揮発性メモリで形成される。

[0046] 制御器１５がアクチュエータ１２を制御することによって、移動体１は自律運転を行う。移動体１は、通信器１３を介して地図生成装置１００から地図２を受け取り、地図２に基づいて経路を生成する。制御器１５は、生成された経路に沿って移動体１が移動するように、監視センサ１１及び位置検出器１４による検出結果に基づいてアクチュエータ１２を制御する。移動体１は、地図生成装置１００から地図２を周期的に受け取り、経路を更新する。

[0047] 図８は、制御器１５の機能ブロック図である。制御器１５は、記憶器１６からプログラムをメモリ１７に読み出して展開することによって、各種機能を実現する。具体的には、制御器１５は、経路生成器１８と、運転実行器１９と、監視情報取得器１１０として機能する。

[0048] 経路生成器１８は、地図２に基づいて経路を生成する。移動体１には、予め目的地が設定されている。経路生成器１８は、移動体１の現在位置から目

的地に到達する経路を地図２に基づいて生成する。このとき、経路生成器１８は、地図２に含まれる地理的情報２１及び危険領域情報２２を参照する。経路生成器１８は、地図２を表示装置１１１に表示させる。例えば、経路生成器１８は、地理的情報２１に危険領域情報２２を重畳させて表示装置１１１に表示させる。経路生成器１８は、地図２に経路を重畳させて表示装置１１１に表示させてもよい。

[0049] 運転実行器１９は、生成された経路に沿って移動体１が移動するようにアクチュエータ１２を制御する。運転実行器１９は、位置検出器１４によって検出される移動体１の位置が生成された経路上を移動するようにアクチュエータ１２を制御する。運転実行器１９は、衝突を回避すべき障害が存在すると地図２に基づいて判定した場合には、アクチュエータ１２を制御して、障害との衝突を回避する回避運転を実行する。

[0050] 監視情報取得器１１０は、監視センサ１１によって監視情報を取得する。監視情報取得器１１０は、取得された監視情報、取得時の時間情報及び監視領域の位置情報を記憶器１６に保存する。監視領域の位置は、位置検出器１４によって検出される移動体１の位置である。監視情報取得器１１０は、記憶器１６に保存された監視情報、時刻情報及び位置情報を地図生成装置１００へ送信する。

[0051] －地図生成装置－

地図生成装置１００は、複数の監視装置８から監視情報を周期的に収集する。地図生成装置１００は、複数の監視装置８からの監視情報を統合して処理し、地図２を生成する。地図生成装置１００は、地図２を周期的に生成し、移動体１又は監視装置８へ送信する。

[0052] 例えば、地図生成装置１００は、コンピュータ又はサーバ群である。図９は、地図生成装置１００の概略的なハードウェア構成を示す図である。地図生成装置１００は、制御器６１と記憶器６２とメモリ６３と通信器６４とを有している。通信器６４は、外部装置と無線通信を行う。

[0053] 制御器６１は、地図生成装置１００の全体を制御する。制御器６１は、各

種の演算処理を行う。例えば、制御器６１は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）等のプロセッサで形成されている。制御器６１は、ＭＣＵ（Micro Controller Unit）、ＭＰＵ（Micro Processor Unit）、ＦＰＧＡ（Field Programmable Gate Array）、ＰＬＣ（Programmable Logic Controller）、システムＬＳＩ等で形成されていてもよい。

[0054] 記憶器６２は、制御器６１で実行されるプログラム及び各種データを格納している。例えば、記憶器６２は、制御プログラムを格納している。記憶器６２は、環境の地理的情報２１を格納している。記憶器６２は、不揮発性メモリ、ＨＤＤ（Hard Disc Drive）又はＳＳＤ（Solid State Drive）等で形成される。メモリ６３は、データ等を一時的に格納する。例えば、メモリ６３は、揮発性メモリで形成される。

[0055] 図１０は、制御器６１の機能ブロック図である。制御器６１は、記憶器６２からプログラムをメモリ６３に読み出して展開することによって、各種機能を実現する。具体的には、制御器６１は、監視情報を収集する収集器６５と、監視情報から環境中の障害を認識する認識器６６と、地図２を生成する生成器６７として機能する。

[0056] 収集器６５は、第１監視装置８Ａ及び第２監視装置８Ｂから監視情報を収集する。この例では、移動体１も監視情報を取得する機能を有するので、収集器６５は、移動体１からも監視情報を収集する。詳しくは、収集器６５は、監視情報を取得させる探索指令を第１監視装置８Ａ、第２監視装置８Ｂ及び移動体１へ、地図２と共に周期的に通信器６４を介して送信する。このときの地図２は、探索情報２７が少なくとも含まれる。探索指令及び地図２を受信した第１監視装置８Ａ、第２監視装置８Ｂ及び移動体１は、監視情報を取得して、取得された監視情報を地図生成装置１００へ送信する。収集器６５は、第１監視装置８Ａ、第２監視装置８Ｂ及び移動体１のそれぞれからの監視情報を通信器６４を介して受信し、記憶器６２に保存する。探索指令が周期的に送信されるので、監視情報も周期的に収集される。

[0057] 認識器６６は、環境中の障害を監視情報に基づいて認識する。認識器６６

は、記憶器６２に保存された監視情報を統合して処理し、環境中の障害を同定する。例えば、認識器６６は、記憶器６２に保存された監視情報の同期を行う。認識器６６は、同期された監視情報をセンサフュージョン技術に基づいて統合して障害を同定する。認識器６６は、同定された障害の状態推定を行い、障害の位置、速度、種類、大きさ及び形状等を推定する。認識器６６は、障害の種類等に基づいて、障害を第１障害と第２障害とに分類する。第１障害は、第１危険領域情報２３の対象となる障害であり、即ち、静的な障害である。第２障害は、第２危険領域情報２４の対象となる障害であり、即ち、動的な障害である。

[0058] 生成器６７は、各種情報を参照して地図２を生成する。詳しくは、生成器６７は、記憶器６２に格納されている地理的情報２１を読み出す。生成器６７は、認識器６６によって認識された障害に基づいて危険領域情報２２、障害情報２５、外乱情報２６及び探索情報２７を生成する。

[0059] ＝第１危険領域情報＝

生成器６７は、第１障害に基づいて第１危険領域情報２３を生成する。図１１は、地理的情報２１の一例を示す模式図である。図１２は、第１危険領域情報２３の一例を示す模式図である。図１１の例では、地理的情報２１では、建物等によって道路が区画されている。図１２では、参考のため、地理的情報２１が二点鎖線で示されている。生成器６７は、認識器６６によって第１障害として認識された障害を囲む領域を第１危険領域３１として設定する。図１２の例では、２つの第１危険領域３１ａ及び３１ｂが設定されている。第１危険領域３１ａは、工事現場として同定された第１障害に対応する。第１危険領域３１ｂは、不整地として同定された第１障害に対応する。生成器６７は、第１危険領域３１ａ及び３１ｂの位置及び外形を第１危険領域情報２３として記憶器６２に保存する。

[0060] このとき、生成器６７は、回避の必要性を示す回避必要度を第１危険領域３１に設定してもよい。つまり、生成器６７は、監視情報に基づいて第１危険領域３１の回避必要度を求め、第１危険領域３１に回避必要度を設定する

。生成器６７は、絶対回避する必要がある第１危険領域３１には高い回避必要度を設定し、可能であれば回避すべき第１危険領域３１には低い回避必要度を設定する。例えば、生成器６７は、工事現場に対応する第１危険領域３１ａには高い回避必要度を設定し、不整地に対応する第１危険領域３１ｂには低い回避必要度を設定する。

[0061] また、生成器６７は、法又は慣行によって航路、通路又は道路が規定されている場合には、通行できない領域を第１危険領域３１として第１危険領域情報２３に含めてもよい。例えば、或る海域において法又は慣行によって通行方向が決まっている場合には、逆方向となり得る航路に対応する領域が第１危険領域３１として設定され得る。尚、地図生成装置１００は、外部のデータベース等から法又は慣行上の航路、通路又は道路に関する情報を取得し得る。

[0062] ＝第２危険領域情報＝

生成器６７は、第２障害に基づいて第２危険領域情報２４を生成する。図１３は、第２危険領域情報２４の一例を示す模式図である。尚、図１３では、参考のため、地理的情報２１が二点鎖線で示されている。生成器６７は、認識器６６によって第２障害として認識された障害の速度等の情報に基づいて時間経過に伴う第２障害の挙動予測を行い、第２障害が存在し得る範囲を第２危険領域３２として設定する。第２障害の挙動予測は、公知の様々な手法によって実行される。図１３の例では、４つの第２危険領域３２ａ，３２ｂ，３２ｃ及び３２ｄが設定されている。第２危険領域３２ａは、移動している車両として同定された第２障害に対応する。第２危険領域３２ｂは、移動している別の車両として同定された第２障害に対応する。第２危険領域３２ｃは、停止しているさらに別の車両として同定された第３障害に対応する。第２危険領域３２ｄは、移動している人として同定された第２障害に対応する。第２危険領域３２ａ及び３２ｂは、移動する車両に対応するため、比較的広い領域となっている。第２危険領域３２ｃは、停止する車両に対応するため、比較的狭い領域であり、全方向に対して一様な回避必要度が設定さ

れている。第２危険領域３２ｄは、人に対応するため、第２危険領域３２ａ及び３２ｂに比べて、狭い領域となっている。

[0063] 生成器６７は、第１危険領域３１と同様に、第２危険領域３２にも回避必要度を設定してもよい。つまり、生成器６７は、監視情報に基づいて第２危険領域３２の回避必要度を求め、第２危険領域３２に回避必要度を設定する。例えば、生成器６７は、挙動が安定している第２障害に対応する第２危険領域３２には低い回避必要度を付与し、挙動が不安定な第２障害に対応する第２危険領域３２には高い回避必要度を付与する。通行禁止区域を通行する移動体が第２障害として同定された場合には、生成器６７は、該移動体に対応する第２危険領域３２に高い回避必要度を設定する。

[0064] 生成器６７は、第２危険領域３２内で回避必要度を変化させてもよい。つまり、第２危険領域３２内の回避必要度は、均一ではなくもよい。生成器６７は、監視情報に基づいて第２危険領域３２内の回避必要度を求め、第２危険領域３２内に回避必要度を設定する。第２危険領域３２は、第２障害の挙動予測に基づいて設定されるため、第２危険領域３２内でも第２障害の存在確率が異なる。第２危険領域３２内において第２障害の存在確率が高い部分、例えば、第２障害の現在位置に近い部分には高い回避必要度が設定され、第２障害の存在確率が低い部分、例えば、第２障害の現在位置から遠い部分には低い回避必要度が設定される。図１３では、３段階の回避必要度が用いられ、実線が高回避必要度を、一点鎖線が中回避必要度を、破線が低回避必要度の部分を表している。

[0065] 一例として、生成器６７は、第２障害の予測軌道を以下の運動モデルで表されると仮定し、カルマンフィルタ又はベイジアンフィルタ等を用いて予測分布を求める。

[0066] [数1]

$$x_{t+1} = f(x_t, u_t, \theta) + \omega \qquad \cdots (1)$$

ここで、x_tは、時刻tにおける第２障害の状態量であり、u_tは、時刻tにおける第２障害の入力（速度又は加速度等）であり、θは、例えば、質量又は粘

性力等の運動モデルのパラメータであり、ωは、例えば、ランダムなノイズ等の外乱である。

[0067] そして、生成器６７は、第２障害ごとに以下の予測モデルを用いる。

[0068] [数2]

$$p(x_{t+1}|\theta,\alpha,\beta)=\iint p(x_{t+1}|x_t,u_t,\theta,\alpha)p(x_t,u_t|\beta)dx_t du_t \quad \cdots(2)$$

ここで、$p(x_{t+1}|\theta,\alpha,\beta)$は、$x_{t+1}$の事後分布であり、$p(x_t,u_t|\beta)$は、$x_t$の事前分布であり、$p(x_{t+1}|x_t,u_t,\theta,\alpha)$は、確率運動モデルである。α，βは、運動モデルのパラメータである。

[0069] これらの式（１）及び（２）では、運動モデルのパラメータθ、α、βを設定する必要があり、生成器６７は、パラメータθ、α、βを推定する。例えば、生成器６７は、第２障害の種類及び外形に基づいて各種パラメータを推定する。第２障害が船である場合、船の支配的な抵抗である造波抵抗は、速度と船形（フルード数及び造波抵抗係数）から推定され得る。そのため、生成器６７は、パラメータθ、α、βを船種と速度の関数として推定することができる。

[0070] あるいは、生成器６７は、データ駆動型制御を用いて、運動モデル又は入力の分布を推定する。例えば、生成器６７は、過去の軌道データを利用して、確率的運動モデル及び入力の分布を機械学習（ガウス過程又はベイズ推定等）によって推定する。生成器６７は、第２障害の予測分布を、ＭＣＭＣ（Markov Chain Monte Carlo）法のようなサンプリング法によって計算し得る。あるいは、生成器６７は、第２障害の予測分布を、モーメントマッチング等によって近似する。

[0071] 生成器６７は、運動モデルを用いる方法以外に、第２障害の軌道をデータベースを用いて予測してもよい。生成器６７は、第２障害の過去の軌道のデータベースから、軌道を確率的に予測してもよい。生成器６７は、第２障害の軌道とデータベース内の過去の軌道とを比較して、尤度に基づいてサンプリングしてもよい。

[0072] また、生成器６７は、複数の第２障害に基づいて１つの第２危険領域３２

を設定してもよい。例えば、生成器６７は、位置と移動方向に基づいて第２障害をクラスタリングし、クラスタ内の第２障害の平均速度及び速度分散からクラスタ速度分布をモーメントマッチング等で近似する。生成器６７は、近似された速度分布からクラスタの予測分布を導出し、第２危険領域３２を設定してもよい。例えば、複数の第２障害が密集する輻輳域においては、第２危険領域３２の設定が単純化される。

[0073] ＝障害情報＝

生成器６７は、障害に基づいて障害情報２５を生成する。図１４は、障害情報２５の一例を示す模式図である。尚、図１４では、参考のため、地理的情報２１が二点鎖線で示されている。生成器６７は、認識器６６によって第２障害として認識された障害の位置、速度、種類、大きさ及び形状を障害情報２５として記憶器６２に保存する。生成器６７は、第２障害の速度分散も障害情報２５として記憶器６２に保存してもよい。さらに、生成器６７は、第２危険領域３２を求める際に用いた運動モデルのパラメータも、対応する第２障害の障害情報２５として記憶器６２に保存してもよい。

[0074] 図１４の例では、障害情報２５には、４つの第２障害が含まれている。図１４では、各第２障害の位置及び速度が模式的に示されている。第２障害４１ａは、移動している車両である。第２障害４１ｂは、移動している別の車両である。第２障害４１ｃは、停止しているさらに別の車両である。第２障害４１ｄは、移動している人である。

[0075] ＝外乱情報＝

生成器６７は、外乱情報２６を生成する。図１５は、外乱情報２６の一例を示す模式図である。尚、図１５では、参考のため、地理的情報２１が二点鎖線で示されている。生成器６７は、移動体１又は監視装置８からの外乱に関する情報に基づいて外乱情報２６を生成する。外乱は、例えば、風向き及び風速である。外乱は、潮流であってもよい。生成器６７は、外乱情報２６を図１５に示すようにベクトル場として表現する。

[0076] 例えば、移動体１又は監視装置８がドップラＬｉＤＡＲを監視センサとし

て有している場合には、移動体１又は監視装置８は、環境中において風向き及び風速を測定し得る。移動体１又は第２監視装置８Ｂは、環境中を移動しながら各地点において風向き及び風速を測定する。第１監視装置８Ａは、自身が設置された地点の風向き及び風速を測定する。地図生成装置１００は、移動体１又は監視装置８から測定地点の位置情報、風向き及び風速を収集する。風向き及び風速を検出する監視センサは、風速計に限定されず、赤外線カメラ等のカメラであってもよい。赤外線カメラは、環境中の蒸気又は煙を撮像することができ、蒸気又は煙に基づいて風向き及び風速が導出され得る。

[0077] あるいは、移動体１又は第２監視装置８Ｂが外乱オブザーバを有する場合、生成器６７は、外乱オブザーバによって求められた外乱を移動体１又は第２監視装置８Ｂから収集してもよい。

[0078] 尚、外乱として潮流を含む場合には、第２監視装置８Ｂとして水中ドローンが採用されてもよい。生成器６７は、水中ドローンの外乱オブザーバによって求められる外乱又はＤＶＬ（Doppler Velocity Log）による耐水速度に基づいて潮流を求めてもよい。

[0079] 環境内で外乱を検出できる地点は限られているので、生成器６７は、機械学習によって得られたモデルによって、実際に求められた複数の外乱のベクトルから環境内のベクトル場を推定してもよい。あるいは、生成器６７は、実際に求められた複数の外乱のベクトルから、ガウス過程等によって環境内の各地点の外乱のベクトルを補間してもよい。

[0080] ＝探索情報＝

生成器６７は、探索情報２７を生成する。図１６は、探索情報２７の一例を示す模式図である。図１７は、監視必要度を変化を示す説明図である。尚、図１６では、参考のため、地理的情報２１が二点鎖線で示されている。生成器６７は、監視装置８からの監視情報に基づいて探索情報２７を生成する。探索情報２７は、環境中の各位置の監視必要度に関する情報である。生成器６７は、各位置の監視情報が取得されてからの経過時間に応じて各位置の

監視必要度を設定する。監視情報が取得されてからの時間が経過するにつれて、監視必要度は高くなる。図１６では、監視必要度が点の粗密によって表されている。点の密度が濃い領域は監視必要度が高く、点の密度が薄い領域は監視必要度が低い。

[0081] 例えば、生成器６７は、環境Qの各位置qの監視必要度φ(q, t)を位置q及び時刻tの関数として設定する。監視必要度φは、監視情報が取得されてからの経過時間に伴って徐々に上昇し、監視情報が取得されると低下するように、下記式のように設定される。探索情報２７は、監視必要度φ(q, t)又は式（３）の監視必要度φ(q, t)の偏微分を含む。

[0082] [数3]

$$\frac{\partial \emptyset(q,t)}{\partial t} = \begin{cases} -\frac{1}{\tau_d(q)}\emptyset(q,t) & observed \\ \frac{1}{\tau_u(q)}\left(1-\emptyset(q,t)\right) & not\ observed \end{cases} \quad (3)$$

ここで、$\tau_d(q)$は、位置qにおける監視必要度φの減少に関する時定数である。$\tau_u(q)$は、位置qにおける監視必要度φの上昇に関する時定数である。

[0083] 図１７の縦軸は、監視必要度φであり、横軸は、位置qである。第２監視装置８Ｂは、監視情報を取得しながら、横軸に沿って左から右へ移動している。第２監視装置８Ｂによって監視情報が取得された位置qの監視必要度φが低く、監視情報がまだ取得されていない位置qの監視必要度φが高くなっている。既に監視情報が取得された位置qの監視必要度φは、時間の経過と共に上昇している。

[0084] 時定数$\tau_d(q)$、$\tau_u(q)$は、位置qに応じて異なる値であってもよい。例えば、過去の事故履歴が多い位置qにおいては、$1/\tau_u(q)$が他の位置ｑよりも大きくなるように時定数$\tau_u(q)$が設定されていてもよい。

[0085] 生成器６７は、基本的には監視必要度φを式（３）に従って変化させる。しかし、生成器６７は、特定のイベントに応じて監視必要度φを式（３）とは無関係に特別に変化させてもよい。例えば、生成器６７は、移動体１の軌道を予測し、予測された軌道上の位置qの監視必要度φを高く設定してもよい。これにより、移動体１の将来的な軌道上の監視必要度φが高くなる。生成

器６７は、ＩＤ等が不明の未確認の移動体を検出した場合に、未確認の移動体を追従するように未確認の移動体の周辺の監視必要度φを高く設定してもよい。尚、監視必要度φを高くする方法は、監視必要度φを直接変更するのではなく、時定数$\tau_u(q)$を増大させてもよい。これにより、特定の位置ｑの監視必要度φの増加速度が速くなり、監視必要度φが早期に増大する。

[0086] －監視処理－

続いて、運転支援システム１０００における監視処理について説明する。運転支援システム１０００は、環境中の各位置の監視情報を収集する監視処理を実行する。監視処理では、地図生成装置１００が監視装置８へ探索指令を送信し、監視装置８が監視情報を取得して、監視情報を地図生成装置１００へ送信する。図１８は、監視処理のフローチャートである。地図生成装置１００及び監視装置８は、図１８のフローチャートに従って監視処理を実行する。尚、複数の監視装置８は、位置情報を周期的に互いに交換しており、互いの位置を認識している。

[0087] まず、ステップＳ１０１において、地図生成装置１００は、探索指令及び探索のための地図２を監視装置８へ送信する。探索のための地図２は、少なくとも探索情報２７を含んでいる。この例では、地図２は、地理的情報２１も含んでいる。地図２は、全ての監視装置８に対して共通である。地図生成装置１００は、現在取得されている監視情報に基づいて探索情報２７を生成する。具体的には、生成器６７は、環境中の各位置ｑにおける監視情報が取得されてからの経過時間ｔに基づいて、式（３）を用いて監視必要度φを求め、探索情報２７を生成する。生成器６７は、記憶器６２から地理的情報２１を読み出し、地理的情報２１と探索情報２７とを含む地図２を生成する。地図生成装置１００は、探索指令及び地図２を全ての監視装置８へ送信する。このとき、地図生成装置１００は、監視情報を取得する機能を有する移動体１にも探索指令及び地図２を送信してもよい。

[0088] 探索指令及び地図２が送信されると、監視装置８は、ステップＳ２０１において探索指令及び地図２を受信する。各監視装置８は、ステップＳ２０２

において、監視情報を取得すべき領域である監視領域を探索情報２７に基づいて決定する。各監視装置８は、環境内の監視必要度φが全体的に低下するように、探索情報２７に基づいて監視領域を決定する。探索情報２７は、監視必要度φ(q, t)又は式（３）の監視必要度φ(q, t)の偏微分を含む。詳しくは、監視装置８は、下記式で示される全体必要度Ｊが減少するように監視領域を決定し、監視装置８の速度（具体的には、速度ベクトル）u_iを設定する。結果として、環境内において監視必要度φが高い領域に監視領域が設定される。

[0089] [数4]

$$J = \int_{q \in Q} \min_i \|p_i - q\| \emptyset(q,t) dq \quad \cdots (4)$$

$$u_i = -C \frac{\partial J}{\partial p_i} \quad \cdots (5)$$

ここで、p_iは、監視装置８の位置ベクトルであり、u_iは、監視装置８の速度ベクトルであり、Cは、定数である。

[0090] このとき、監視装置８は、他の監視装置８と協調制御を行って監視領域を決定する。詳しくは、第２監視装置８Ｂは、第１監視装置８Ａ及び他の第２監視装置８Ｂの位置を把握している。第２監視装置８Ｂは、自身の比較的近くに位置する、監視必要度φの高い領域に監視情報を設定する。第２監視装置８Ｂは、監視必要度φの高い領域までの距離が自身からの距離よりも短い他の監視装置８が存在する場合には、他の監視装置８に該領域の監視情報の取得を任せる。第１監視装置８Ａは、移動できないので、自身の監視可能範囲で監視領域を決定する。このように、監視装置８は、他の監視装置８と連携して監視領域を決定する。

[0091] 監視領域が設定されると、監視装置８は、ステップＳ２０３において監視情報を取得する。詳しくは、第１監視装置８Ａは、監視センサ８１の向き（例えば、ＬｉＤＡＲのＦＯＶ（Field of View））を監視領域に合わせ、監視センサ８１によって監視情報を取得する。第２監視装置８Ｂは、監視センサ９１のＦＯＶが監視領域に合うように移動し、監視センサ９１によって監視情報を取得する。このとき、第２監視装置８Ｂは、地理的情報２１を参照し

て、建物又は地物に衝突しないように経路を生成する。

[0092] 尚、監視情報を取得する機能を有する移動体１は、自動運転を実行している場合には、自動運転に必要な監視情報を取得する。つまり、移動体１は、監視必要度φとは無関係に監視情報を取得する。

[0093] その後、ステップＳ２０４において、監視装置８は、取得された監視情報を地図生成装置１００へ送信する。

[0094] 地図生成装置１００は、ステップＳ１０２において、監視情報を受信する。地図生成装置１００は、環境内の複数の監視装置８から監視情報を収集する。

[0095] 地図生成装置１００は、監視情報を受信すると、ステップＳ１０３において、探索情報２７を更新する。詳しくは、地図生成装置１００は、監視情報が取得された地点の監視必要度φ(q, t)の偏微分を式（３）の上式に従って減少させ、監視情報が取得されていない地点の監視必要度φ(q, t)の偏微分を式（３）の下式に従って上昇させる。こうして、探索情報２７が更新される。

[0096] その後、地図生成装置１００は、更新された探索情報２７を用いて、ステップＳ１０１からの処理を繰り返す。

[0097] こうして、監視情報が取得されてからの経過時間に応じて監視必要度φが上昇するように探索情報２７が更新され、更新された探索情報２７に基づいて複数の監視装置８が監視必要度φの高い領域の監視情報を優先的に取得する。その結果、環境内において長期間監視されずに放置される地点が減少し、環境内の監視情報が新鮮に維持される。

[0098] －地図生成処理－

次に、運転支援システム１０００における運転支援について説明する。運転支援システム１０００は、運転支援のための地図２を環境中の監視情報に基づいて生成する地図生成処理を実行する。地図生成処理では、地図生成装置１００は、監視情報に基づいて地図２を生成する。

[0099] 運転支援のための地図２は、少なくとも地理的情報２１及び危険領域情報２２を含んでいる。この例では、地図２は、危険領域情報２２として第１危

険領域情報２３及び第２危険領域情報２４を含む。地図２は、障害情報２５及び外乱情報２６も含んでいる。地図２は、全ての移動体１に対して共通である。地図生成装置１００は、地理的情報２１、危険領域情報２２、障害情報２５及び外乱情報２６を全て含む形式で地図２を生成してもよい。あるいは、地図生成装置１００は、例えば地理的情報２１及び危険領域情報２２を含む地図２、地理的情報２１及び障害情報２５を含む地図２、又は、外乱情報２６を含む地図２のように、異なる情報を含む複数種類の地図２を生成してもよい。以下の説明では、地図２は、地理的情報２１、第１危険領域情報２３、第２危険領域情報２４、障害情報２５及び外乱情報２６を含んでいる。

[0100] 地図生成装置１００は、監視情報を監視装置８から周期的に収集し、地図２を周期的に更新する。地図生成装置１００は、地図２を移動体１へ周期的に送信する。監視情報の収集周期、地図２の更新周期及び地図２の送信周期は、それぞれ同期していても、同期していなくてもよい。

[0101] －自動運転－

続いて、移動体１の自動運転について説明する。移動体１は、地図２を地図生成装置１００から受け取り、地図２に基づいて経路を生成し、生成された経路に従って自律運転を行う。また、移動体１は、必要に応じて、障害に対する回避動作を実行する。図１９は、自動運転のフローチャートである。移動体１は、図１９のフローチャートに従って自動運転を実行する。

[0102] まず、移動体１は、ステップＳ３０１において、地図２を受信する。この例では、地図２は、地理的情報２１、第１危険領域情報２３、第２危険領域情報２４、障害情報２５及び外乱情報２６を含む。

[0103] 移動体１は、ステップＳ３０２において、地図２に基づいて経路５を生成する。詳しくは、移動体１には、目的地５１が設定されている。また、移動体１には、経由地５２が設定されている場合もある。経路生成器１８は、地理的情報２１及び第１危険領域情報２３に基づいて、現在地から目的地５１までの経路５の全体を生成する。経由地５２が設定されている場合には、経

路生成器１８は、現在地から経由地５２を経由して目的地５１に到達する経路５を生成する。このとき、経路生成器１８は、外乱情報２６に基づいて、外乱の影響を考慮して経路５を生成する。

[0104] 図２０は、地理的情報２１に第１危険領域情報２３を重畳させた地図２の模式図である。この例では、目的地５１と経由地５２とが設定されている。移動体１の経路生成器１８は、基本的には地理的情報２１に基づいて現在地から目的地までの経路５を生成する。経路生成器１８は、図２０の実線で示すような経路５をまずは生成する。経路生成器１８は、地理的情報２１を参照して、地物等に衝突しないような経路を生成する。環境内に道路、通路又は航路が設定されている場合には、経路生成器１８は、道路、通路又は航路に沿った経路を生成する。また、経路生成器１８は、外乱情報２６を参照して、強風域を避けるような経路５を生成する。例えば、経路生成器１８は、Ａ－ｓｔａｒ探索アルゴリズム、Ｈｙｂｒｉｄ　Ａ－ｓｔａｒ探索アルゴリズム、又は、ＲＲＴ－ｓｔａｒ探索アルゴリズムを活用して経路を生成する。

[0105] ここで、生成された経路５上又は近傍に第１危険領域３１が存在する場合には、経路生成器１８は、経路５を修正する。図１８の例では、地理的情報２１のみから生成された経路５は、第１危険領域３１ａ上を通過すると共に第１危険領域３１ｂの近傍を通過する。そのため、経路生成器１８は、一点鎖線で示すように、第１危険領域３１ａを迂回し且つ第１危険領域３１ｂから離れるように経路５を修正する。このとき、経路生成器１８は、地理的情報２１も参照して、地物等との干渉を回避するように経路５を修正する。

[0106] ただし、第１危険領域３１に回避必要度が設定されている場合には、経路生成器１８は、第１危険領域３１を迂回するか否か、及び、経路５と第１危険領域３１との距離をどの程度空けるか等を回避必要度に基づいて判断してもよい。例えば、第１危険領域３１ａには比較的高い回避必要度が設定され、第１危険領域３１ｂには比較的低い回避必要度が設定されている。その場合、経路生成器１８は、第１危険領域３１ａを迂回し、第１危険領域３１ｂ

を迂回しないように経路５を修正してもよい。あるいは、経路生成器１８は、第１危険領域３１ａを大きく迂回し、第１危険領域３１ｂを少しだけ迂回するように経路５を修正してもよい。

[0107] 次に、経路生成器１８は、ステップＳ３０３において、経路５を局所的に修正する。詳しくは、経路生成器１８は、第２危険領域情報２４に基づいて経路５を修正する。図２１は、地理的情報２１に第１危険領域情報２３及び第２危険領域情報２４を重畳させた地図２の模式図である。経路生成器１８は、移動体１の現在地から所定の第１範囲Ｒ１内において、経路５上又は近傍に第２危険領域３２が存在するか否かを第２危険領域情報２４に基づいて判定する。図２１の例では、第２危険領域３２ｅが第１範囲Ｒ１内において経路５上に位置する。経路生成器１８は、第２危険領域３２ｅを迂回するように経路５を修正する。詳しくは、経路生成器１８は、第１範囲Ｒ１外の経路５上に局所的な目的地（waypoint）５３を設定し、一点鎖線で示すように、局所的な目的地５３に向かいつつ第２危険領域３２ｅを迂回するように経路５を修正する。このとき、経路生成器１８は、地理的情報２１及び第１危険領域情報２３も参照して、地物等及び第１危険領域３１との干渉を回避するように経路５を修正する。さらに、経路生成器１８は、外乱情報２６を参照してもよい。例えば、経路生成器１８は、移動体１のダイナミクスと外乱を考慮したエネルギ効率の高い経路を探索してもよい。

[0108] 尚、第２危険領域３２ａも経路５上に位置するが、第２危険領域３２ａは第１範囲Ｒ１外に存在するので、経路生成器１８は、第２危険領域３２ａに対応する経路５の修正は実行しない。

[0109] 経路生成器１８は、第１危険領域３１については第１範囲Ｒ１の内外の第１危険領域３１を考慮して経路４を生成するのに対し、第２危険領域３２については第１範囲Ｒ１内の第２危険領域３２だけを考慮して経路４を生成する。つまり、第１危険領域３１は、経時的な変動がほとんどないので、経路生成器１８は、移動体１から比較的遠方までの第１危険領域３１を考慮する。一方、第２危険領域３２は経時的に変動し得るので、経路生成器１８は、

移動体１に比較的近いものだけを考慮する。

[0110] また、第２危険領域３２に回避必要度が設定されている場合には、経路生成器１８は、第２危険領域３２を迂回するか否か、及び、経路５と第２危険領域３２との距離をどの程度空けるか等を回避必要度に基づいて判断してもよい。例えば、通行禁止区域を通行する移動体が第２障害に対応する第２危険領域３２が存在する場合には、該第２危険領域３２には比較的高い回避必要度が設定されている。その場合、経路生成器１８は、該第２危険領域３２を他の第２危険領域３２に比べて優先的に又は大きく迂回するように経路５を修正してもよい。

[0111] さらに、第２危険領域３２内に回避必要度が設定されている場合には、経路生成器１８は、第２危険領域３２のうち絶対に回避すべき部分と可能であれば回避すべき部分とを判断することができる。例えば、経路生成器１８は、第２危険領域３２内の高い回避必要度が設定された部分を大きく迂回し、低い回避必要度が設定された部分を少しだけ迂回するように経路５を修正してもよい。あるいは、経路生成器１８は、第２危険領域３２内の高い回避必要度が設定された部分を迂回し、低い回避必要度が設定された部分を通過するように経路５を修正してもよい。

[0112] 経路５が生成されると、移動体１は、ステップＳ３０４において移動を実行する。運転実行器１９は、監視センサ１１及び位置検出器１４の検出結果を参照しながら経路５に沿って移動するようにアクチュエータ１２をフィードバック制御する。

[0113] 続いて、移動体１は、ステップＳ３０５において、回避動作が必要か否かを地図２に基づいて判定する。運転実行器１９は、衝突を回避すべき障害が存在するか否かを地図２の障害情報２５に基づいて判定する。図２２は、障害情報２５に基づいて予測された障害の挙動を地理的情報２１に重畳させた地図２の模式図である。図２２には、第１危険領域情報２３及び第２危険領域情報２４も重畳されている。

[0114] 詳しくは、運転実行器１９は、移動体１の現在地から所定の第２範囲Ｒ２

内に、障害が存在するか否かを障害情報２５に基づいて判定する。第２範囲Ｒ２は、第１範囲Ｒ１よりも狭い。第２範囲Ｒ２内に障害が存在する場合には、運転実行器１９は、該障害の挙動を予測して、該障害が移動体１と干渉する可能性があるか否かを判定する。図２１の例では、第２範囲Ｒ２内に、障害４１ｅ及び４１ｆが存在する。詳しくは、運転実行器１９は、対象となる障害４１ｅ及び４１ｆの位置、速度、種類、大きさ、形状又は運動モデルのパラメータに基づいて障害の予測軌道を推定する。運転実行器１９は、生成器６７と同様にして、運動モデルのパラメータ等を使って障害４１ｅ及び４１ｆの予測軌道を推定してもよい。

[0115] 第２範囲Ｒ２内の障害４１ｅ又は４１ｆが経路５と干渉する可能性がある場合には、運転実行器１９は、障害情報２５に基づいて回避動作を実行する。運転実行器１９は、障害４１ｅ又は４１ｆの予測軌道を回避するように移動体１の位置をフィードバック制御する。例えば、運転実行器１９は、ＭＰＣ（Model Predictive Control）又はＣＢＦ（Control Barrier Function）を用いて移動体１を制御する。例えば、移動体１は、障害４１ｅ又は４１ｆを回避するように経路５から外れて移動する。移動体１は、障害４１ｅ又は４１ｆとの衝突を回避するように停止又は減速する。このとき、経路生成器１８は、地理的情報２１及び第１危険領域情報２３も参照して、地物等及び第１危険領域３１との干渉を回避するように移動体１を移動させる。あるいは、運動実行器１９は、外乱の影響を考慮して、外乱補償と回避を両立する実行可能操作量を算出して、算出された操作量でアクチュエータ１２を動作させてもよい。

[0116] 回避動作を完了した場合又は第２範囲Ｒ２内に干渉の可能性のある障害が存在しない場合には、ステップＳ３０７において、運転実行器１９は、目的地５１に到達したか否かを判定する。目的地５１に到達していない場合には、移動体１は、ステップＳ３０１に戻って、ステップＳ３０１の処理から繰り返す。目的地５１に到達している場合には、移動体１は自動運転を終了する。

[0117] このように自動運転においては、移動体１は、地図生成装置１００から受け取った地図２に基づいて、経路５の生成及び修正を行うと共に、必要に応じて回避動作を実行することによって、目的地５１まで障害等と干渉することなく自律的に移動する。移動体１は、更新された地図２を周期的に受け取ることによって、経路５の生成及び修正、並びに、回避動作を最新の地図２に基づいて実行することができる。

[0118] このような運転支援システム１０００においては、環境内の監視情報に基づいて危険領域情報２２が求められ、地理的情報２１と危険領域情報２２とを含む地図２が生成される。地図２を用いることによって経路５が簡単に生成される。詳しくは、監視情報として障害の検出結果だけが地理的情報２１に付与される場合には、経路５を生成する上で障害の同定及び障害の挙動予測等を行う必要がある。しかし、地図生成装置１００が監視情報に基づいて危険領域３を求め、危険領域情報２２を生成する。地理的情報２１に基づいて経路５を生成する際に危険領域３を回避すべき領域として捉えて経路５を生成することによって、環境中の障害等との干渉を回避した経路５を生成することができる。障害の同定又は障害の挙動予測等を行う必要がないので、経路５を容易に生成することができる。

[0119] 地図生成装置１００は障害の動きに対応する危険領域３を生成するので、危険領域３を考慮して経路５を生成することによって、動的な障害との干渉を回避できる経路５を生成することができる。詳しくは、地図生成装置１００は、動的な障害の挙動を予測して、障害の予測挙動を包含する第２危険領域３２を生成する。つまり、動的な障害の予測挙動が、第２危険領域３２という形で表現されている。第２危険領域３２を迂回するように経路５を生成することによって、経路５の生成時に障害の挙動予測をしなくても、動的な障害との干渉を回避する経路５を容易に形成することができる。

[0120] また、地図生成装置１００は、危険領域３を静的な障害に対応する第１危険領域３１と動的な障害に対応する第２危険領域３２とに分類する。これにより、危険領域３を経路５の生成に適切に反映させることができる。詳しく

は、危険領域３が第１危険領域３１と第２危険領域３２とに分類されることによって、危険領域３に障害の動きに関する情報が追加される。これにより、経路５を生成する際に危険領域３を適切に取捨選択し、危険領域３を適切に反映することができる。例えば、第２危険領域３２は、動的な障害に対応するので、時間と共に変化する可能性がある。そのため、第２危険領域３２は、比較的短期的な経路計画に反映されることが好ましい。一方、第１危険領域３１は、静的な障害に対応するので、経時的な変化がほとんどない。そのため、第１危険領域３１は、比較的長期的な経路計画に反映されることが好ましい。第１危険領域３１と第２危険領域３２とを適切に使用して経路５を生成することによって、障害を適切に回避した経路５を形成することができる。

[0121] さらに、地図生成装置１００は、監視情報に基づいて危険領域の回避必要度を求め、回避必要度を危険領域に設定する。これにより、危険領域を経路５の生成に適切に反映させることができる。詳しくは、危険領域を経路５の生成に反映させるか否かを回避必要度に基づいて判断することができる。経路５を生成する際には様々な制約を受ける。危険領域も制約の１つである。危険領域の回避必要度に基づいて、経路５の生成に反映させる際の危険領域の優先順位を判断することができる。

[0122] また、地図生成装置１００は、監視情報に基づいて危険領域内の回避必要度を求め、危険領域内に回避必要度を設定する。つまり、危険領域内に異なる回避必要度が付与され得る。これにより、危険領域を経路５の生成に適切に反映させることができる。詳しくは、１つの危険領域に対して、絶対に回避するべき部分と可能であれば回避する部分とを危険領域内の回避必要度に基づいて判断することができる。

[0123] 地図生成装置１００は、障害情報２５を求め、障害情報２５を地図に追加する。これにより、移動体１が経路５に沿って移動するときに必要な回避動作を実行することができる。経路計画において障害を回避する経路５を生成できたとしても、実際の移動中に回避が必要となる障害が出現する場合もあ

り得る。そのため、危険領域に加えて、障害情報２５も地図２に追加することによって、移動体１は、障害情報２５に基づいて回避動作を実行することができる。

[0124] 地図生成装置１００は、外乱情報２６を求め、外乱情報２６を地図２に追加する。これにより、危険領域３に加えて外乱も考慮して経路５を生成することができる。移動体１が移動する際には外乱の影響を受け得る。地図２に基づいて経路５を生成することによって、外乱の影響を考慮して経路５を生成することができる。

[0125] 地図生成装置１００は、環境内の各位置の監視必要度に関する探索情報２７を求め、探索情報２７を地図２に追加する。これにより、監視装置８は、環境内において監視情報を取得する領域を探索情報２７によって判断することができる。その結果、地図生成装置１００は、環境内の監視情報を適切に収集することができる。

[0126] また、監視必要度は、環境内の各位置において監視情報が取得されてからの経過時間に応じて設定されている。これにより、監視情報が取得されてからの経過時間に基づいて、監視情報を取得する領域の優先順位が決定される。これにより、環境内の全体的な監視情報をできるだけ新しい状態にすることができる。

[0127] さらに、監視装置９は、探索情報２７に基づいて監視情報を取得する領域を決定する際に、他の監視装置９と協調制御を行う。詳しくは、監視必要度が高い領域の近くに位置する監視装置９が該領域の監視情報を取得する。監視装置９は、他の監視装置９と連携して、環境内の監視情報の取得を適切に分担する。その結果、環境内の全体的な監視情報をできるだけ新しい状態に維持することができる。

[0128] 《その他の実施形態》

以上のように、本出願において開示する技術の例示として、前記実施形態を説明した。しかしながら、本開示における技術は、これに限定されず、適宜、変更、置き換え、付加、省略などを行った実施の形態にも適用可能であ

る。また、前記実施形態で説明した各構成要素を組み合わせて、新たな実施の形態とすることも可能である。また、添付図面および詳細な説明に記載された構成要素の中には、課題解決のために必須な構成要素だけでなく、前記技術を例示するために、課題解決のためには必須でない構成要素も含まれ得る。そのため、それらの必須ではない構成要素が添付図面や詳細な説明に記載されていることをもって、直ちに、それらの必須ではない構成要素が必須であるとの認定をするべきではない。

[0129] 運転支援システム１０００における移動体１及び監視装置８は、前述の例に限定されない。例えば、移動体１は、車両に限定されず、自律ロボット（例えば、キャリアパレット）、船舶又は飛行装置（例えば、ドローン）等であってもよい。第２監視装置８Ｂは、車両又は水中ドローンであってもよい。

[0130] 運転支援システム１０００に含まれる移動体１の個数及び監視装置８の個数は、図１の例に限定されず、任意である。第１監視装置８Ａの個数及び第２監視装置８Ｂの個数も任意である。例えば、第１監視装置８Ａ及び第２監視装置８Ｂの一方が省略されてもよい。

[0131] 地図生成装置１００と移動体１及び監視装置８との通信は、中継装置１２１を介した通信に限定されない。また、地図生成装置１００は、固定的に配置されていなくてもよい。例えば、地図生成装置１００は、移動体に搭載され、移動体と共に移動してもよい。例えば、地図生成装置１００は、船舶に搭載されていてもよい。地図生成装置１００は、周囲のドローン又は他の船舶からの監視情報を収集し、監視情報に基づいて地図２を生成し、周囲の移動体１へ地図２を配信してもよい。

[0132] 地図２は、前述の全ての情報を含んでいなくてもよい。例えば、地図２は、危険領域情報２２として第１危険領域情報２３及び第２危険領域情報２４の何れか一方だけを含んでいてもよい。地図２は、障害情報２５及び外乱情報２６の少なくとも一方を含んでいなくてもよい。

[0133] 探索のための地図２は、少なくとも探索情報２７を含んでいる。探索のた

めの地図２は、地理的情報２１を含んでいなくてもよい。

[0134] 地図２に含まれる各種情報の求め方及び表現の仕方は、前述の例に限定されない。例えば、第２危険領域３２は、直径が異なる３つの円を重ねた形状で表現されているが、これに限定されない。例えば、第２危険領域３２は、滑らかな外形を有する楕円形又は方形で表現されてもよい。

[0135] フローチャートは、一例に過ぎない。フローチャートにおけるステップを適宜、変更、置き換え、付加、省略等を行ってもよい。また、フローチャートにおけるステップの順番を変更したり、直列的な処理を並列的に処理したりしてもよい。

[0136] 本明細書中に記載されている構成要素により実現される機能は、当該記載された機能を実現するようにプログラムされた、汎用プロセッサ、特定用途プロセッサ、集積回路、ＡＳＩＣｓ（Application Specific Integrated Circuits）、ＣＰＵ（a Central Processing Unit）、従来型の回路、及び／又はそれらの組合せを含む、回路（circuitry）又は演算回路（processing circuitry）において実装されてもよい。プロセッサは、トランジスタ及びその他の回路を含み、回路又は演算回路とみなされる。プロセッサは、メモリに格納されたプログラムを実行する、プログラマブルプロセッサ（programmed processor）であってもよい。

[0137] 本明細書において、回路（circuitry）、ユニット、手段は、記載された機能を実現するようにプログラムされたハードウェア、又は実行するハードウェアである。当該ハードウェアは、本明細書に開示されているあらゆるハードウェア、又は、当該記載された機能を実現するようにプログラムされた、又は、実行するものとして知られているあらゆるハードウェアであってもよい。

[0138] 当該ハードウェアが回路（circuitry）のタイプであるとみなされるプロセッサである場合、当該回路、手段、又はユニットは、ハードウェアと、当該ハードウェア及び又はプロセッサを構成する為に用いられるソフトウェアの組合せである。

[0139] 本開示の技術をまとめると、以下のようになる。

[0140] ［１］地図生成装置１００は、環境の監視情報を収集する収集器６５と、移動体１の自動運転の支援のための地図２を前記監視情報に基づいて生成する生成器６７とを備え、前記生成器６７は、環境に含まれる回避すべき危険領域３を前記監視情報に基づいて求め、地理的情報２１と前記危険領域３とを含む前記地図２を生成する。

[0141] この構成によれば、地図２を用いることによって自動運転における経路５が容易に生成される。つまり、経路５を生成する際に、監視情報として検出された障害の同定又は障害の挙動予測等を行う必要がない。地理的情報２１に基づいて経路５を生成する際に危険領域３を回避すべき領域として捉えて経路５を生成することによって、環境中の障害等との干渉を回避した経路５を容易に生成することができる。その結果、経路５を生成する際の演算負荷等、即ち、処理量を低減することができる。

[0142] ［２］ ［１］に記載の地図生成装置１００において、前記生成器６７は、環境に含まれる障害の動きに対応する危険領域３を前記監視情報に基づいて求める。

[0143] この構成によれば、危険領域３を考慮して経路５を生成することによって、動的な障害との干渉を回避できる経路５を生成することができる。つまり、経路５を生成する際に障害の挙動予測等を行う必要がないため、演算負荷等、即ち、処理量をより低減することができる。

[0144] ［３］ ［１］又は［２］に記載の地図生成装置１００において、前記生成器６７は、環境に含まれる複数の障害の集合の動きに対応する前記危険領域３を前記監視情報に基づいて求める。

[0145] この構成によれば、複数の障害を１つの危険領域３として捉えて経路５を生成することができる。その結果、経路５を生成する際の演算負荷等、即ち、処理量をより一層低減することができる。

[0146] ［４］ ［１］乃至［３］の何れか１つに記載の地図生成装置１００において、前記生成器６７は、前記危険領域３の回避必要度を前記監視情報に基づ

いて求め、前記回避必要度を前記地図２に追加する。

[0147] この構成によれば、経路５を生成する際に、回避必要度に基づいて危険領域３に優先順位を付けることができる。その結果、危険領域３を回避するか否か、又は、危険領域３からどの程度離れるか等、経路５を柔軟に生成することができる。

[0148] ［５］ ［１］乃至［４］の何れか１つに記載の地図生成装置１００において、前記生成器６７は、前記危険領域３内の回避必要度を前記監視情報に基づいて求め、前記回避必要度を前記地図２に追加する。

[0149] この構成によれば、危険領域３内に異なる回避必要度が付与され得る。その場合、１つの危険領域３に対し優先的に回避すべき部分とそうでない部分とを回避必要度に基づいて判断することができる。その結果、危険領域３を経路５の生成に適切に反映させることができる。

[0150] ［６］ ［１］乃至［５］の何れか１つに記載の地図生成装置１００において、前記生成器６７は、前記危険領域３を静的な障害に対応する第１危険領域３１と動的な障害に対応する第２危険領域３２とに分類する。

[0151] この構成によれば、危険領域３が経時的に変化するか否かを知ることができる。そのため、危険領域３を経路５の生成に適切に反映させることができる。例えば、第１危険領域３１は経時的な変化がないので、比較的遠方の第１危険領域３１まで考慮して経路５が生成される。一方、第２危険領域３２は経時的に変化し得るので、比較的近傍の第２危険領域３２だけを考慮して経路５が生成される。第１危険領域３１と第２危険領域３２とを適切に使用して経路５を生成することによって、障害を適切に回避した経路５を形成することができる。

[0152] ［７］ ［１］乃至［６］の何れか１つに記載の地図生成装置１００において、前記生成器６７は、前記危険領域３の基礎となる障害の動きに関する情報、即ち、障害情報２５を前記監視情報に基づいて求め、前記障害情報２５を前記地図２に追加する。

[0153] この構成によれば、必要に応じて障害情報２５を活用して自動運転が実行

される。危険領域３を回避する経路５が生成されたとしても、実際の移動体１の移動中に回避が必要となる障害が出現する場合もあり得る。移動体１は、そのような障害の出現を障害情報２５に基づいて判定することができる。衝突の可能性が有る場合には、移動体１は、障害情報２５に基づいて回避動作を実行することもできる。つまり、地図２が障害情報２５を含むことによって、移動体１は障害に対してより緊急的な対応を取ることができる。

[0154] ［８］　［１］乃至［７］の何れか１つに記載の地図生成装置１００において、前記生成器６７は、前記移動体１の自動運転の外乱に関する情報、即ち、外乱情報２６を前記監視情報に基づいて求め、前記外乱情報２６を前記地図２に追加する。

[0155] この構成によれば、危険領域３に加えて外乱も考慮して経路５を生成することができる。移動体１が移動する際には外乱の影響を受け得る。地図２に基づいて経路５を生成することによって、外乱の影響を考慮して経路５を生成することができる。

[0156] ［９］　［１］乃至［８］の何れか１つに記載の地図生成装置１００において、前記生成器６７は、環境内の各位置の監視必要度を前記監視情報に基づいて設定し、前記監視必要度を前記地図２に追加する。

[0157] この構成によれば、環境内において監視情報を取得する地点を監視必要度に基づいて判定することができる。つまり、地図２を用いることによって、必要な箇所の監視情報を収集することができる。

[0158] ［１０］　［９］に記載の地図生成装置１００において、前記生成器６７は、環境内の各位置において前記監視情報が取得されてからの経過時間に応じて前記監視必要度を設定する。

[0159] この構成によれば、環境内において監視情報を取得する地点を監視情報が取得されてからの経過時間に基づいて判定することができる。例えば、監視情報が取得されてからの経過時間が長い地点の監視情報が優先的に取得され得る。これにより、環境内の全体的な監視情報をできるだけ新しい状態にすることができる。

[0160] ［１１］　運転支援システム１０００は、自動運転を実行する移動体１と、前記移動体１の自動運転の支援のための地図２を生成する地図生成装置１００とを備え、前記地図生成装置１００は、環境の監視情報を収集する収集器６５と、前記監視情報に基づいて前記地図２を生成する生成器６７とを有し、前記生成器６７は、環境に含まれる回避すべき危険領域３を前記監視情報に基づいて求め、地理的情報２１と前記危険領域３とを含む前記地図２を生成し、前記地図２を前記移動体１へ送信し、前記移動体１は、自動運転の経路５を前記地理的情報２１及び前記危険領域３に基づいて生成する。

[0161] この構成によれば、移動体１は、地図２を用いることによって経路５を容易に生成することができる。つまり、移動体１は、経路５を生成する際に、監視情報として検出された障害の同定又は障害の挙動予測等を行う必要がない。移動体１は、地理的情報２１に基づいて経路５を生成する際に危険領域３を回避すべき領域として捉えて経路５を生成することによって、環境中の障害等との干渉を回避した経路５を容易に生成することができる。その結果、経路５を生成する際の移動体１の演算負荷等、即ち、処理量を低減することができる。

[0162] ［１２］　［１１］に記載の運転支援システム１０００において、前記生成器６７は、前記危険領域３の回避必要度を前記監視情報に基づいて求め、前記回避必要度を前記地図２に追加し、前記移動体１は、前記地理的情報２１及び前記危険領域３に加えて前記回避必要度に基づいて前記経路５を生成する。

[0163] この構成によれば、移動体１は、経路５を生成する際に、全ての危険領域３を一律に取り扱うのではなく、回避必要度に基づいて優先順位を付けて取り扱うことができる。例えば、移動体１は、危険領域３を回避するか否か、又は、危険領域３からどの程度離れるか等を回避必要度に基づいて判断して、危険領域３を柔軟に反映させた経路５を生成することができる。

[0164] ［１３］　［１１］又は［１２］に記載の運転支援システム１０００において、前記生成器６７は、前記危険領域３内の回避必要度を前記監視情報に基

づいて求め、前記回避必要度を前記地図２に追加し、前記移動体１は、前記地理的情報２１及び前記危険領域３に加えて前記回避必要度に基づいて前記経路５を生成する。

[0165] この構成によれば、危険領域３内に異なる回避必要度が付与され得る。その場合、移動体１は、１つの危険領域３に対し優先的に回避すべき部分とそうでない部分とを回避必要度に基づいて判断することができる。その結果、移動体１は、危険領域３を柔軟に反映させた経路５を生成することができる。

[0166] ［１４］ ［１１］乃至［１３］の何れか１つに記載の運転支援システム１０００において、前記生成器６７は、前記危険領域３を静的な障害に対応する第１危険領域３１と動的な障害に対応する第２危険領域３２とに分類し、前記移動体１は、現在地から所定の第１範囲Ｒ１内の前記第２危険領域３２を考慮すると共に、前記第１範囲Ｒ１内及び前記第１範囲Ｒ１外の前記第１危険領域３１を考慮して、前記経路５を生成する。

[0167] この構成によれば、移動体１は、危険領域３が経時的に変化するか否かを知ることができる。そのため、移動体１は、危険領域３を経路５の生成に適切に反映させることができる。第１危険領域３１は経時的な変化がないので、移動体１は、第１範囲Ｒ１の内外の第１危険領域３１を考慮して経路５を生成する。一方、第２危険領域３２は経時的に変化し得るので、移動体１は、第１範囲Ｒ１内の第２危険領域３２だけを考慮して経路５を生成する。遠方の第２危険領域３２まで考慮すると、移動体１が該第２危険領域３２に到達するときには該第２危険領域３２は既に移動している可能性があり、経路生成への考慮が無駄になるためである。危険領域３が第１危険領域３１と第２危険領域３２とに分類されることによって、移動体１は、必要な危険領域３を適切に反映して経路５を生成することができる。

[0168] ［１５］ ［１１］乃至［１４］の何れか１つに記載の運転支援システム１０００において、前記生成器６７は、前記危険領域３の基礎となる障害の動きに関する情報、即ち、障害情報２５を前記監視情報に基づいて求め、前記

障害情報２５を前記地図２に追加し、前記移動体１は、障害との衝突を回避する回避動作を前記障害情報２５に基づいて実行する。

[0169] この構成によれば、移動体１は、自動運転において必要に応じて障害情報２５を活用することができる。危険領域３を回避する経路５が生成されたとしても、実際の移動体１の移動中に回避が必要となる障害が出現する場合もあり得る。移動体１は、そのような障害の出現を障害情報２５に基づいて判定することができる。衝突の可能性が有る場合には、移動体１は、障害情報２５に基づいて回避動作を実行することもできる。つまり、地図２が障害情報２５を含むことによって、移動体１は障害に対してより緊急的な対応を取ることができる。

[0170] ［１６］ ［１１］乃至［１５］の何れか１つに記載の運転支援システム１０００において、前記生成器６７は、前記移動体１の自動運転の外乱に関する情報、即ち、外乱情報２６を前記監視情報に基づいて求め、前記外乱情報２６を前記地図２に追加し、前記移動体１は、前記地理的情報２１及び前記危険領域３に加えて前記外乱情報２６に基づいて前記経路５を生成する。

[0171] この構成によれば、移動体１は、危険領域３に加えて外乱も考慮して経路５を生成することができる。移動体１が移動する際には外乱の影響を受け得る。移動体１は、地図２に基づいて経路５を生成することによって、外乱の影響を考慮して経路５を生成することができる。

[0172] ［１７］ ［１１］乃至［１６］の何れか１つに記載の運転支援システム１０００において、環境内で前記監視情報を取得して、前記監視情報を前記地図生成装置１００へ送信する監視装置８をさらに備え、前記生成器６７は、環境内の各位置の監視必要度を前記監視情報に基づいて設定し、前記監視必要度を前記地図２に追加し、前記地図２を前記監視装置８へ送信し、前記監視装置８は、環境内における前記監視情報を取得する領域を前記監視必要度に基づいて決定する。

[0173] この構成によれば、監視装置８は、環境内において監視情報を取得すべき地点を監視必要度に基づいて判定することができる。つまり、地図生成装置

１００は、地図２を用いることによって、監視装置８に必要な箇所の監視情報を取得させることができる。

[0174] ［１８］　［１７］に記載の運転支援システム１０００において、前記監視装置８は、複数の移動式監視装置、即ち、第２監視装置８Ｂを含み、前記第２監視装置８Ｂは、環境内における前記監視情報を取得する領域を前記監視必要度と他の前記第２監視装置８Ｂの位置に基づいて決定する。

[0175] この構成によれば、監視装置８は、環境内において監視情報を取得すべき地点を監視情報が取得されてからの経過時間に基づいて判定することができる。例えば、監視装置８は、監視情報が取得されてからの経過時間が長い地点の監視情報を優先的に取得する。これにより、地図生成装置１００は、環境内の全体的な監視情報をできるだけ新しい状態にすることができる。

符号の説明

[0176] １０００　運転支援システム

１００　地図生成装置

１　移動体

２　地図

２１　地理的情報

２５　障害情報（障害の動きに関する情報）

２６　外乱情報（外乱に関する情報）

３　危険領域

３１　第１危険領域

３２　第２危険領域

５　経路

６５　収集器

６７　生成器

８　監視装置

８Ｂ　第２監視装置（移動式監視装置）

請求の範囲

[請求項1] 環境の監視情報を収集する収集器と、

移動体の自動運転の支援のための地図を前記監視情報に基づいて生成する生成器とを備え、

前記生成器は、

環境に含まれる回避すべき危険領域を前記監視情報に基づいて求め、

地理的情報と前記危険領域とを含む前記地図を生成する地図生成装置。

[請求項2] 請求項１に記載の地図生成装置において、

前記生成器は、環境に含まれる障害の動きに対応する前記危険領域を前記監視情報に基づいて求める地図生成装置。

[請求項3] 請求項２に記載の地図生成装置において、

前記生成器は、環境に含まれる複数の障害の集合の動きに対応する前記危険領域を前記監視情報に基づいて求める地図生成装置。

[請求項4] 請求項１に記載の地図生成装置において、

前記生成器は、前記危険領域の回避必要度を前記監視情報に基づいて求め、前記回避必要度を前記地図に追加する地図生成装置。

[請求項5] 請求項１に記載の地図生成装置において、

前記生成器は、前記危険領域内の回避必要度を前記監視情報に基づいて求め、前記回避必要度を前記地図に追加する地図生成装置。

[請求項6] 請求項１に記載の地図生成装置において、

前記生成器は、前記危険領域を静的な障害に対応する第１危険領域と動的な障害に対応する第２危険領域とに分類する地図生成装置。

[請求項7] 請求項１に記載の地図生成装置において、

前記生成器は、前記危険領域の基礎となる障害の動きに関する情報を前記監視情報に基づいて求め、前記障害の動きに関する情報を前記地図に追加する地図生成装置。

[請求項8] 請求項１に記載の地図生成装置において、

前記生成器は、前記移動体の自動運転の外乱に関する情報を前記監視情報に基づいて求め、前記外乱に関する情報を前記地図に追加する地図生成装置。

[請求項9] 請求項１に記載の地図生成装置において、

前記生成器は、環境内の各位置の監視必要度を前記監視情報に基づいて設定し、前記監視必要度を前記地図に追加する地図生成装置。

[請求項10] 請求項９に記載の地図生成装置において、

前記生成器は、環境内の各位置において前記監視情報が取得されてからの経過時間に応じて前記監視必要度を設定する地図生成装置。

[請求項11] 自動運転を実行する移動体と、

前記移動体の自動運転の支援のための地図を生成する地図生成装置とを備え、

前記地図生成装置は、環境の監視情報を収集する収集器と、前記監視情報に基づいて前記地図を生成する生成器とを有し、

前記生成器は、環境に含まれる回避すべき危険領域を前記監視情報に基づいて求め、地理的情報と前記危険領域とを含む前記地図を生成し、前記地図を前記移動体へ送信し、

前記移動体は、自動運転の経路を前記地理的情報及び前記危険領域に基づいて生成する運転支援システム。

[請求項12] 請求項１１に記載の運転支援システムにおいて、

前記生成器は、前記危険領域の回避必要度を前記監視情報に基づいて求め、前記回避必要度を前記地図に追加し、

前記移動体は、前記地理的情報及び前記危険領域に加えて前記回避必要度に基づいて前記経路を生成する運転支援システム。

[請求項13] 請求項１１に記載の運転支援システムにおいて、

前記生成器は、前記危険領域内の回避必要度を前記監視情報に基づいて求め、前記回避必要度を前記地図に追加し、

前記移動体は、前記地理的情報及び前記危険領域に加えて前記回避必要度に基づいて前記経路を生成する運転支援システム。

[請求項14] 請求項１１に記載の運転支援システムにおいて、

前記生成器は、前記危険領域を静的な障害に対応する第１危険領域と動的な障害に対応する第２危険領域とに分類し、

前記移動体は、現在地から所定の範囲内の前記第２危険領域を考慮すると共に、前記範囲内及び前記範囲外の前記第１危険領域を考慮して、前記経路を生成する運転支援システム。

[請求項15] 請求項１１に記載の運転支援システムにおいて、

前記生成器は、前記危険領域の基礎となる障害の動きに関する情報を前記監視情報に基づいて求め、前記障害の動きに関する情報を前記地図に追加し、

前記移動体は、障害との衝突を回避する回避動作を前記障害の動きに関する情報に基づいて実行する運転支援システム。

[請求項16] 請求項１１に記載の運転支援システムにおいて、

前記生成器は、前記移動体の自動運転の外乱に関する情報を前記監視情報に基づいて求め、前記外乱に関する情報を前記地図に追加し、

前記移動体は、前記地理的情報及び前記危険領域に加えて前記外乱に関する情報に基づいて前記経路を生成する運転支援システム。

[請求項17] 請求項１１に記載の運転支援システムにおいて、

環境内で前記監視情報を取得して、前記監視情報を前記地図生成装置へ送信する監視装置をさらに備え、

前記生成器は、環境内の各位置の監視必要度を前記監視情報に基づいて設定し、前記監視必要度を前記地図に追加し、前記地図を前記監視装置へ送信し、

前記監視装置は、環境内における前記監視情報を取得する領域を前記監視必要度に基づいて決定する運転支援システム。

[請求項18] 請求項１７に記載の運転支援システムにおいて、

前記監視装置は、複数の移動式監視装置を含み、

前記移動式監視装置は、環境内における前記監視情報を取得する領域を前記監視必要度と他の前記移動式監視装置の位置に基づいて決定する運転支援システム。