

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-126101

(P2017-126101A)

(43) 公開日 平成29年7月20日(2017.7.20)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 0 8 G 5/00 (2006.01)	G 0 8 G 5/00 A	2 F 1 2 9
G 0 1 C 21/34 (2006.01)	G 0 1 C 21/34	5 H 1 8 1
B 6 4 C 39/02 (2006.01)	B 6 4 C 39/02	5 H 3 0 1
G 0 5 D 1/10 (2006.01)	G 0 5 D 1/10	

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2016-3241 (P2016-3241)	(71) 出願人	000005348
(22) 出願日	平成28年1月12日 (2016.1.12)		株式会社 S U B A R U
			東京都渋谷区恵比寿一丁目20番8号
		(74) 代理人	100090033
			弁理士 荒船 博司
		(74) 代理人	100093045
			弁理士 荒船 良男
		(72) 発明者	板橋 直亮
			東京都渋谷区恵比寿一丁目20番8号 富
			士重工業株式会社内
		(72) 発明者	岡田 悟史
			東京都渋谷区恵比寿一丁目20番8号 富
			士重工業株式会社内

最終頁に続く

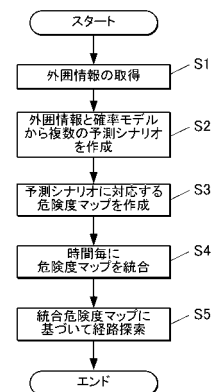
(54) 【発明の名称】 移動経路設定装置、移動経路設定方法及び移動経路設定プログラム

(57) 【要約】

【課題】移動時の安全性を脅かし得る様々な要因を考慮した安全な移動経路を作成・設定する。

【解決手段】飛行経路設定装置10は、無人航空機1の外圍状況に関する外圍情報を取得する機体センサー11及び通信部12と、無人航空機1の外圍状況に関する確率モデル132を記憶した記憶部13と、制御部14とを備える。制御部14は、取得された外圍情報及び確率モデル132に基づいて、将来の複数の所定時刻における無人航空機1の外圍状況を予測した予測シナリオFを時刻毎に複数作成し、これら複数の予測シナリオFに基づいて飛行経路を探索する。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

移動体の移動経路を設定する移動経路設定装置であって、
前記移動体の外圍状況に関する外圍情報を取得する情報取得手段と、
前記移動体の外圍状況に関する確率モデルを記憶した記憶手段と、
前記外圍情報及び前記確率モデルに基づいて、将来の複数の所定時刻における前記移動体の外圍状況を予測した予測シナリオを、時刻毎に複数作成する予測シナリオ作成手段と、
前記予測シナリオ作成手段により作成された複数の予測シナリオに基づいて移動経路を探索する経路探索手段と、
を備えることを特徴とする移動経路設定装置。

10

【請求項 2】

前記予測シナリオ作成手段により作成された複数の予測シナリオを時刻毎に 1 つに統合する統合手段を備え、
前記経路探索手段は、前記統合手段により時刻毎に 1 つに統合された予測シナリオに基づいて、1 つの移動経路を探索することを特徴とする請求項 1 に記載の移動経路設定装置。

【請求項 3】

前記統合手段は、
前記予測シナリオ作成手段により作成された複数の予測シナリオの各々に基づいて、前記移動体の移動時の安全性に対する危険度を数値化して地図データ上に表した危険度マップを作成するとともに、
作成された複数の危険度マップに基づいて、時刻毎の複数の危険度マップ上の対応する各地点における前記危険度の統合値を算出することにより、前記複数の危険度マップを時刻毎に 1 つに統合した統合危険度マップを作成し、
前記経路探索手段は、前記統合手段により作成された統合危険度マップに基づいて、前記危険度が最も小さくなる移動経路を探索することを特徴とする請求項 2 に記載の移動経路設定装置。

20

【請求項 4】

前記移動体が無人航空機であり、
当該移動経路設定装置が前記無人航空機に搭載されていることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の移動経路設定装置。

30

【請求項 5】

移動体の移動経路を設定する移動経路設定方法であって、
前記移動体の外圍状況に関する外圍情報を取得する情報取得手段と、前記移動体の外圍状況に関する確率モデルを記憶した記憶手段とを用い、
前記外圍情報及び前記確率モデルに基づいて、将来の複数の所定時刻における前記移動体の外圍状況を予測した予測シナリオを、時刻毎に複数作成する予測シナリオ作成工程と、
前記予測シナリオ作成工程で作成された複数の予測シナリオに基づいて移動経路を探索する経路探索工程と、
を備えることを特徴とする移動経路設定方法。

40

【請求項 6】

移動体の移動経路を設定する移動経路設定プログラムであって、
前記移動体の外圍状況に関する外圍情報を取得する情報取得手段と、前記移動体の外圍状況に関する確率モデルを記憶した記憶手段とを備える移動経路設定装置に、
前記外圍情報及び前記確率モデルに基づいて、将来の複数の所定時刻における前記移動体の外圍状況を予測した予測シナリオを、時刻毎に複数作成する予測シナリオ作成機能と、
前記予測シナリオ作成機能により作成された複数の予測シナリオに基づいて移動経路を

50

探索する経路探索機能と、

を実現させることを特徴とする移動経路設定プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、移動体の移動経路を設定する技術に関し、特に、将来における外圍状況の変化を考慮した安全な移動経路を作成・設定するのに有用な技術である。

【背景技術】

【0002】

従来、車両や航空機などの移動体の移動経路を設定する際には、この移動体の外圍状況に関する情報が用いられる。例えば航空機の飛行経路は、機体の各種センサーなどで取得された現在時点での情報に基づいて作成・設定される。そのため、この飛行経路に沿った飛行途中において、情報取得時には認識されなかった何らかの障害に遭遇してしまう可能性があった。

そこで、例えば特許文献1に記載の技術では、飛行経路における大気条件の変化を予測し、その予測結果に応じて飛行経路を修正している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2006-321475号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記特許文献1に記載の技術では、大気条件の変化しか飛行経路の修正に反映されず、移動時の安全性を脅かし得る他の要因を考慮することができていない。

例えば敵勢力圏内を飛行する航空機においては、大気条件は勿論のこと、敵機からの攻撃などによっても移動時の安全性が脅かされ得るため、これら様々な要因を考慮した安全な飛行経路を設定できることが望ましい。

【0005】

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、移動時の安全性を脅かし得る様々な要因を考慮した安全な移動経路を作成・設定することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、移動体の移動経路を設定する移動経路設定装置であって、

前記移動体の外圍状況に関する外圍情報を取得する情報取得手段と、

前記移動体の外圍状況に関する確率モデルを記憶した記憶手段と、

前記外圍情報及び前記確率モデルに基づいて、将来の複数の所定時刻における前記移動体の外圍状況を予測した予測シナリオを、時刻毎に複数作成する予測シナリオ作成手段と、

前記予測シナリオ作成手段により作成された複数の予測シナリオに基づいて移動経路を探索する経路探索手段と、

を備えることを特徴とする。

【0007】

請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の移動経路設定装置において、

前記予測シナリオ作成手段により作成された複数の予測シナリオを時刻毎に1つに統合する統合手段を備え、

前記経路探索手段は、前記統合手段により時刻毎に1つに統合された予測シナリオに基づいて、1つの移動経路を探索することを特徴とする。

【0008】

10

20

30

40

50

請求項 3 に記載の発明は、請求項 2 に記載の移動経路設定装置において、
前記統合手段は、

前記予測シナリオ作成手段により作成された複数の予測シナリオの各々に基づいて、前記移動体の移動時の安全性に対する危険度を数値化して地図データ上に表した危険度マップを作成するとともに、

作成された複数の危険度マップに基づいて、時刻毎の複数の危険度マップ上の対応する各地点における前記危険度の統合値を算出することにより、前記複数の危険度マップを時刻毎に 1 つに統合した統合危険度マップを作成し、

前記経路探索手段は、前記統合手段により作成された統合危険度マップに基づいて、前記危険度が最も小さくなる移動経路を探索することを特徴とする。

10

【0009】

請求項 4 に記載の発明は、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の移動経路設定装置において、

前記移動体が無人航空機であり、

当該移動経路設定装置が前記無人航空機に搭載されていることを特徴とする。

【0010】

請求項 5 及び請求項 6 に記載の発明は、請求項 1 に記載の移動経路設定装置と同様の特徴を具備する移動経路設定方法及び移動経路設定プログラムである。

【発明の効果】

【0011】

20

請求項 1, 5, 6 に記載の発明によれば、移動体の外圍状況に関する外圍情報が取得され、当該外圍情報と外圍状況に関する確率モデルとに基づいて、将来の所定時刻における移動体の外圍状況を予測した予測シナリオが時刻毎に複数作成される。そして、作成された複数の予測シナリオに基づいて移動経路が探索される。

そのため、移動時の安全性を脅かし得る外圍状況の要因に対応する確率モデルを備えておくことにより、将来に起こり得る様々な外圍状況の変化を想定して移動経路を設定することができる。

したがって、大気条件しか考慮できなかった従来と異なり、移動時の安全性を脅かし得る様々な要因を考慮した、より安全な移動経路を作成・設定することができる。

【0012】

30

請求項 2 に記載の発明によれば、複数の予測シナリオが時刻毎に 1 つに統合され、この時刻毎に 1 つに統合された予測シナリオに基づいて 1 つの移動経路が探索される。

したがって、各予測シナリオについて経路探索を行って複数の移動経路を作成し、これら複数の移動経路の中から最適なものを選択する手法に比べ、比較的計算時間の長い経路探索計算（最適化計算）が 1 度で足り、時間短縮を図ることができる。

【0013】

請求項 4 に記載の発明によれば、移動経路設定装置の経路設定対象である移動体が無人航空機であり、当該移動経路設定装置がこの無人航空機に搭載されているので、当該無人航空機を安全に自律飛行させることができる。

【図面の簡単な説明】

40

【0014】

【図 1】実施形態における無人航空機の概略構成を示すブロック図である。

【図 2】飛行経路設定処理の流れを示すフローチャートである。

【図 3】現在の外圍状況例を示す図である。

【図 4】将来の時刻における予測シナリオ例を示す図である。

【図 5】図 3 の外圍状況例に対応する現在の危険度マップを示す図である。

【図 6】図 4 の予測シナリオ例に対応する危険度マップを示す図である。

【図 7】図 6 の危険度マップを統合した統合危険度マップを示す図である。

【図 8】統合危険度マップに基づく経路探索を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

50

【0015】

以下、本発明に係る移動経路設定装置、移動経路設定方向及び移動経路設定プログラムを、無人航空機の飛行経路を設定する飛行経路設定装置、飛行経路設定方法及び飛行経路設定プログラムに適用した場合の実施形態について、図面を参照して説明する。

【0016】

〔飛行経路設定装置の構成〕

まず、本実施形態における飛行経路設定装置10の構成について、図1を参照して説明する。

図1は、飛行経路設定装置10が搭載された無人航空機1の概略構成を示すブロック図である。

10

【0017】

飛行経路設定装置10は、本実施形態では無人航空機1に搭載されており、将来の状況予測によって自機の安全な飛行経路を作成・設定するものである。無人航空機1は、本実施形態においては、敵からの攻撃を受ける可能性がある敵勢力圏内を飛行するものである。

具体的に、飛行経路設定装置10は、図1に示すように、機体センサー11と、通信部12と、記憶部13と、制御部14とを備えて構成されている。

【0018】

機体センサー11は、無人航空機1の飛行状態を検出したり、機体の外圍状況に関する情報（以下、「外圍情報」という）を取得したりするための各種のセンサーであり、レーダー、映像センサー（カメラ）、ジャイロセンサー、速度センサー、GPS（Global Positioning System）等を含んで構成されている。これらの機体センサー11は、制御部14からの制御指令に基づいて各種情報を取得し、その信号を制御部14へ出力する。

20

【0019】

通信部12は、地上（海上及び空中を含む）の管制設備や他の航空機との間で通信を行い、互いに各種信号を送受信可能であるほか、通信ネットワークに接続して各種情報を入手可能なものである。

【0020】

記憶部13は、無人航空機1の各種機能を実現するためのプログラムやデータを記憶するとともに、作業領域としても機能するメモリである。本実施形態においては、記憶部13は、飛行経路設定プログラム130を記憶している。

30

飛行経路設定プログラム130は、後述の飛行経路設定処理（図2参照）を制御部14に実行させるためのプログラムである。

【0021】

また、記憶部13には、後述の飛行経路設定処理に必要な情報として、地図データ131と、各種の確率モデル132とが記憶されている。

地図データ131は、山や河川などの地形情報に加え、道路や鉄道、建造物などの土地の利用状態に関する情報も含めた総合的な地理情報を有するものであり、記憶部13には、少なくとも無人航空機1の飛行空域を含む所定範囲のものが記憶されている。

【0022】

40

確率モデル132は、無人航空機1の外圍状況に関するものであって不確定性を有するものについての確率的法則性を表すものである。この確率モデル132は、本実施形態においては、敵の情報（例えば敵機の移動速度・方位、射程範囲など）や天候等に関するものであり、敵機の性能、地形、天候、パターン、戦術、経験則等に基づいて設定されている。

なお、本実施形態では、敵の移動速度や天候といった複数種類の外圍状況に対応した複数の確率モデル132が記憶部13に記憶されているが、1種類の外圍状況に対して複数の確率モデル132が記憶されていてもよい。例えば、晴天時と台風時とでは天気の変化の確率が大きく異なるため、天候に関する確率モデル132として晴天時用と台風時用とが備えられていてもよい。このようにした場合、外圍状況に応じて最適な確率モデル13

50

2 が選択されるようにすればよい。

【0023】

制御部 14 は、無人航空機 1 の各部を中央制御する。具体的に、制御部 14 は、エンジンや舵面駆動用のアクチュエータ等からなる飛行機構 15 を駆動制御して無人航空機 1 の飛行を制御したり、記憶部 13 に記憶されているプログラムを展開し、展開されたプログラムと協働して各種処理を実行したりする。

【0024】

〔飛行経路設定装置の動作〕

続いて、飛行経路設定処理を実行する際の飛行経路設定装置 10 の動作について、図 2 を参照して説明する。

図 2 は、飛行経路設定処理の流れを示すフローチャートである。

【0025】

飛行経路設定処理は、将来の状況予測に基づいて、より安全な飛行経路を探索・設定する処理であり、本実施形態においては飛行中に随時実行される処理である。この飛行経路設定処理は、地上設備からの制御指令等により当該飛行経路設定処理の実行指示が入力されたときに、制御部 14 が記憶部 13 から飛行経路設定プログラム 130 を読み出して展開することで実行される。

なお、ここでは、無人航空機 1 が初期設定された飛行経路に沿って、所定の目標地点に向かって飛行中であるものとする。

【0026】

図 2 に示すように、飛行経路設定処理が実行されると、まず制御部 14 は、自機（無人航空機 1）の周囲情報を取得する（ステップ S1）。

具体的に、制御部 14 は、自機の位置情報や他機の位置情報等を機体センサー 11 により取得するとともに、天候・気象情報等を通信部 12 により取得し、記憶部 13 に記憶させる。

なお、取得される情報は原則として現在（情報取得時）の情報であるが、例えば管制局から得られる他機の移動情報や天候・気象情報など、将来の予測情報も含まれるものについては、この予測情報も取得される。

【0027】

次に、制御部 14 は、将来における自機の周囲状況を予測した予測シナリオ F（図 4 参照）を、時刻毎に複数作成する（ステップ S2）。

具体的に、制御部 14 は、ステップ S1 で取得した周囲状況に関する周囲情報と、当該周囲状況に対応する確率モデル 132 等を記憶部 13 から読み出す。そして、制御部 14 は、これら周囲情報及び確率モデル 132 等を用いて、例えばモンテカルロ法によるシミュレーションを行い、将来の複数の時刻（例えば、10 分後、20 分後、…）における予測シナリオ F を、所定の将来時刻にまで亘って時刻毎に複数作成する。

【0028】

次に、制御部 14 は、ステップ S2 で作成した複数の予測シナリオ F に対応する複数の危険度マップ M（図 6 参照）を作成する（ステップ S3）。危険度マップ M とは、無人航空機 1 の飛行安全性（飛行時の安全性）に対する危険度を地図データ 131 上に表したものである。

具体的に、制御部 14 は、地図データ 131 を記憶部 13 から読み出して、水平面内で格子状（例えば、各辺が南北及び東西に沿った正方格子状）の複数のセルに分割し、各セルにおける危険度を予測シナリオ F から数値化する。

またこのとき、制御部 14 は、ステップ S1 で取得した周囲情報に基づいて、現在の危険度マップ M も同時に作成する。

【0029】

次に、制御部 14 は、時刻毎の全ての危険度マップ M を統合して統合危険度マップ M I（図 7 参照）を作成する（ステップ S4）。

具体的に、制御部 14 は、時刻毎の全ての危険度マップ M 上の対応する各セルにおける

10

20

30

40

50

危険度の統合値を算出し、1つのマップにまとめる。こうして、各時刻に1つの統合危険度マップM Iが作成される。ここで、危険度の統合値とは、時刻毎の全ての危険度マップM上の対応する各セルにおける危険度を、例えば予測シナリオFの特徴などに応じた係数で個別に重み付けして1つに統合した値である。但し、場合によっては単純に平均値などとしてもよい。

【0030】

次に、制御部14は、ステップS4で作成した統合危険度マップM Iに基づいて、自機の現在位置から所定の目標位置までの飛行経路を探索する（ステップS5）。

具体的に、制御部14は、時刻毎に1つに統合された統合危険度マップM Iを用い、危険度が最も小さくなる最適な飛行経路を探索する。このときの探索手法としては、代表的な探索アルゴリズムの1つであるA*アルゴリズム（A-Star algorithm）が用いられる。

そして、制御部14は、無人航空機1の飛行経路を探索されたものに更新する。

【0031】

〔飛行経路設定装置の動作例〕

続いて、上述した飛行経路設定装置10の動作について、具体例を挙げて説明する。

本動作例では、無人航空機1が、敵勢力の戦車Tや、飛行が困難な悪天候BWの存在する空域を飛行する場合について説明する。

図3～図8は、本動作例を説明するための図である。このうち、図3は、現在の外圍状況例を示す図であり、図4（a）～（c）は、将来の時刻における予測シナリオF例を示す図であり、図5は、図3の外圍状況例に対応する現在の危険度マップMを示す図である。また、図6（a）～（c）は、図4（a）～（c）の予測シナリオF例に対応する危険度マップMを示す図であり、図7は、図6（a）～（c）の危険度マップMを統合した統合危険度マップM Iを示す図であり、図8は、統合危険度マップM Iに基づく経路探索を説明するための図である。

【0032】

飛行経路設定処理が実行されると、機体センサー11及び通信部12により自機の外圍情報が取得される（ステップS1）。

これにより、図3に示すように、現在（情報取得時）における自機の外圍情報として、3台の戦車Tと悪天候BWの存在についての情報が取得される。ここで、戦車Tの射程範囲Rについては、敵の情報として記憶部13に予め記憶されている。

【0033】

次に、ステップS1で取得された外圍情報と、記憶部13から読み出された確率モデル132等を用いてシミュレーションが行われ、将来の所定時刻毎に複数の予測シナリオFが作成される（ステップS2）。

これにより、例えば図4（a）～（c）に示すように、現在から所定時間後の時刻t1における、3台の戦車Tの位置や悪天候BWの状態が異なる3つの予測シナリオF t1が作成される。また、図示は省略するが、将来の時刻t2，t3，…の各々における複数の予測シナリオF t2，F t3，…も、同様にして作成される。

【0034】

次に、各予測シナリオFでの飛行安定性に対する危険度を数値化して地図データ131上に落とし込むことにより、ステップS2で作成された複数の予測シナリオFに対応する複数の危険度マップMが作成される（ステップS3）。また同時に、ステップS1で取得された現在の外圍状況に対応する現在の危険度マップMも作成される。

これにより、図5に示すように、現在（時刻t0）における危険度マップM t0が作成されるとともに、図6（a）～（c）に示すように、時刻t1における3つの予測シナリオF t1に対応する3つの危険度マップM t1が作成される。また、図示は省略するが、将来の時刻t2，t3，…の各々における複数の予測シナリオF t2，F t3，…に対応する複数の危険度マップM t2，M t3，…も、同様にして作成される。

なお、図5及び図6（a）～（c）では、飛行安全性に対する危険度を、ドットが濃いほど危険度が高いものとして、ドットの濃淡（無地を含む）で示している。また同図では

10

20

30

40

50

、分かり易さのために戦車 T の射程範囲 R や悪天候 BW を実線で示している。

【0035】

次に、時刻毎の複数の危険度マップ M における各セルの危険度の統合値を算出することにより、当該複数の危険度マップ M を統合した統合危険度マップ M I が作成される（ステップ S 4）。

これにより、図 7 に示すように、時刻 t 1 における 3 つの危険度マップ M t 1 が統合された統合危険度マップ M I t 1 が作成される。また、図示は省略するが、将来の時刻 t 2 , t 3 , … における統合危険度マップ M I t 2 , M I t 3 , … も、同様にして作成される。

【0036】

次に、ステップ S 4 で作成された統合危険度マップ M I に基づいて、自機の現在位置から所定の目標位置までの飛行経路が探索される（ステップ S 5）。より詳しくは、図 8 に示すように、現在（時刻 t 0）における危険度マップ M t 0 と、将来の時刻 t 1 , t 2 , … , t n における統合危険度マップ M I t 1 , M I t 2 , … , M I t n とを用い、A* アルゴリズムによる経路探索が行われ、飛行安全性に対する危険度が最も小さくなる飛行経路が探索される。

そして、無人航空機 1 の飛行経路が、探索されたものに設定される。

【0037】

[効果]

以上のように、本実施形態によれば、無人航空機 1 の外圍状況に関する外圍情報が取得され、当該外圍情報と外圍状況に関する確率モデル 132 とに基づいて、将来の所定時刻における無人航空機 1 の外圍状況を予測した予測シナリオ F が時刻毎に複数作成される。そして、作成された複数の予測シナリオ F に基づいて飛行経路が探索される。

そのため、飛行安全性を脅かし得る外圍状況の要因に対応する確率モデル 132 を備えておくことにより、将来に起こり得る様々な外圍状況の変化を想定して飛行経路を設定することができる。

したがって、大気条件しか考慮できなかった従来と異なり、飛行安全性を脅かし得る様々な要因を考慮した、より安全な飛行経路を作成・設定することができる。

【0038】

また、例えば敵機の移動情報など、取得が困難な情報であっても、これに関する確率モデル 132 を備えておくことで、好適に加味して飛行経路を設定することができる。

【0039】

また、複数の予測シナリオ F が危険度マップ M として時刻毎に 1 つに統合され、この時刻毎に 1 つに統合された予測シナリオ F（統合危険度マップ M I）に基づいて 1 つの飛行経路が探索される。

したがって、各予測シナリオについて経路探索を行って複数の飛行経路を作成し、これら複数の飛行経路の中から最適なものを選択する手法に比べ、比較的計算時間の長い経路探索計算（最適化計算）が 1 度で足り、時間短縮を図ることができる。

【0040】

また、飛行経路設定装置 10 の経路設定対象である航空機が無人航空機 1 であり、当該飛行経路設定装置 10 がこの無人航空機 1 に搭載されているので、当該無人航空機 1 を安全に自律飛行させることができる。

【0041】

[変形例]

なお、本発明を適用可能な実施形態は、上述した実施形態に限定されることなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。

【0042】

例えば、上記実施形態では、飛行経路設定装置 10 の動作例において、予測シナリオ F を 3 つ作成する場合について説明したが、作成する予測シナリオ F の数は特に限定されない。但し、より多くの予測シナリオ F を作成した方が、より確度の高い統合危険度マップ

10

20

30

40

50

M I を作成することができる。

【 0 0 4 3 】

また、飛行経路設定装置 1 0 の動作例では、飛行安全性を脅かし得る要因が敵（戦車 T）と悪天候 B W である場合について説明したが、これらの要因以外であっても、その危険度を適切に数値化可能であれば、例えば火山灰や鳥群など、あらゆる要因を考慮することができる。

【 0 0 4 4 】

また、飛行経路設定装置 1 0 を無人航空機 1 の移動経路の設定に適用した例について説明したが、本発明は、有人の航空機は勿論のこと、車両や船舶など、航空機以外の様々な移動体の移動経路の設定にも適用可能である。

10

【 0 0 4 5 】

また、飛行経路設定装置 1 0 が無人航空機 1 に搭載されている例について説明したが、本発明に係る飛行経路設定装置は、地上設備に設けられていてもよいし、機上のものと地上設備のものとで連携して制御を行うように構成されていてもよい。

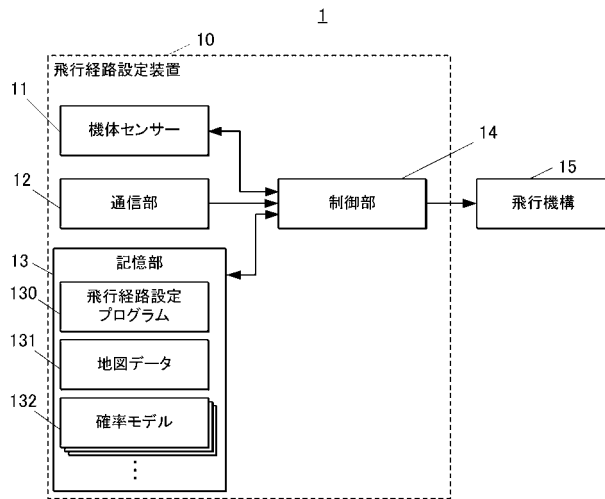
【符号の説明】

【 0 0 4 6 】

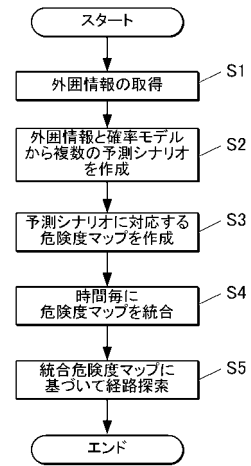
1	無人航空機
1 0	飛行経路設定装置（移動経路設定装置）
1 1	機体センサー
1 2	通信部
1 3	記憶部
1 3 0	飛行経路設定プログラム（移動経路設定プログラム）
1 3 1	地図データ
1 3 2	確率モデル
1 4	制御部
F	予測シナリオ
M	危険度マップ
M I	統合危険度マップ

20

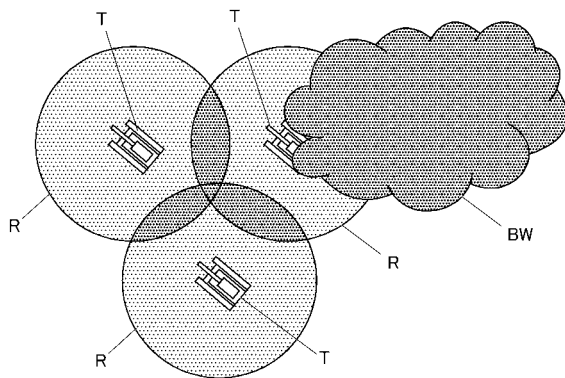
【図 1】



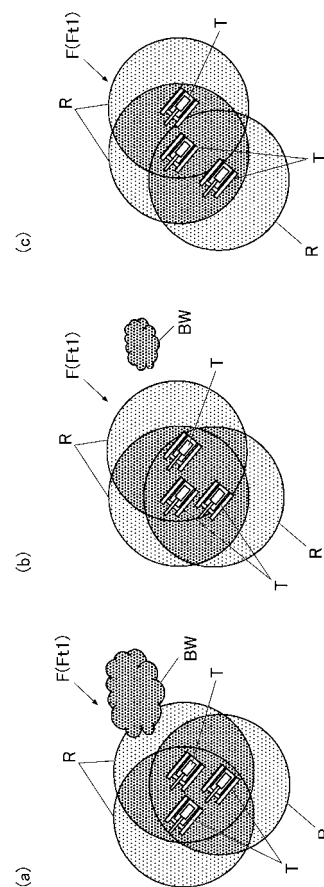
【図 2】



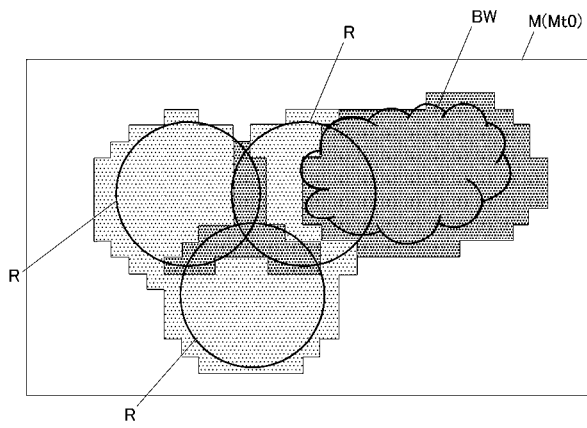
【図 3】



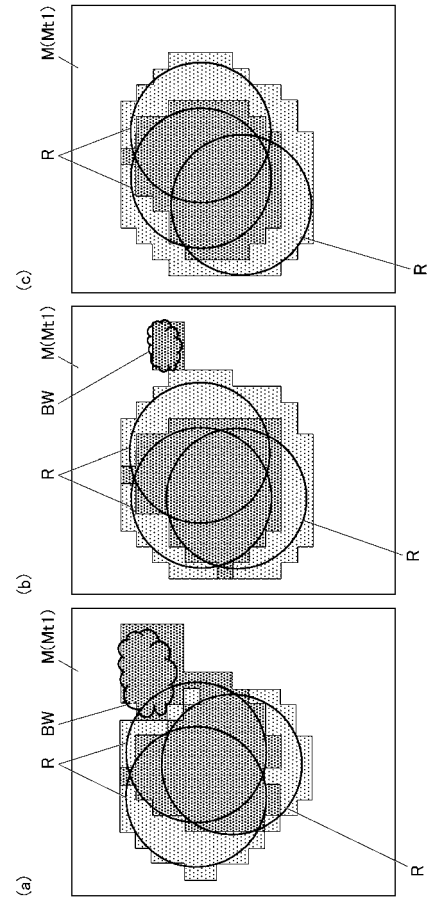
【図 4】



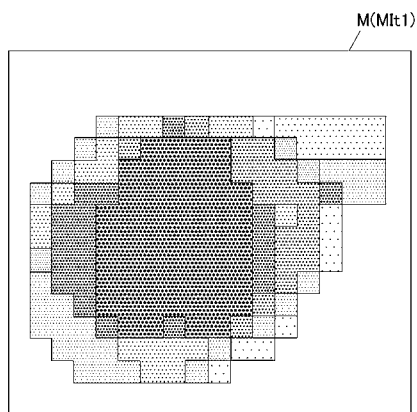
【図 5】



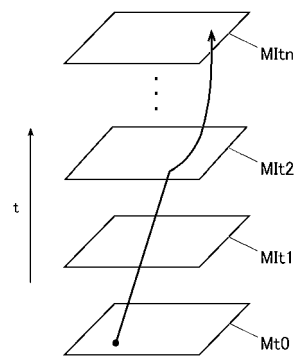
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【手続補正書】

【提出日】平成28年9月20日(2016.9.20)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0004

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0004】

しかしながら、上記特許文献1に記載の技術では、大気条件の変化しか飛行経路の修正に反映されず、移動時の安全性を脅かし得る他の要因を考慮することができていない。

例えば飛行中の航空機においては、大気条件は勿論のこと、鳥や他機など空中の障害物によっても移動時の安全性が脅かされ得るため、これら様々な要因を考慮した安全な飛行経路を設定できることが望ましい。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0017】

飛行経路設定装置10は、本実施形態では無人航空機1に搭載されており、将来の状況予測によって自機の安全な飛行経路を作成・設定するものである。無人航空機1は、本実施形態においては、障害物が存在する領域内を飛行するものである。

具体的に、飛行経路設定装置10は、図1に示すように、機体センサー11と、通信部12と、記憶部13と、制御部14とを備えて構成されている。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0022

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0022】

確率モデル132は、無人航空機1の外囲状況に関するものであって不確定性を有するものについての確率的法則性を表すものである。この確率モデル132は、本実施形態においては、障害物の情報（例えば障害物の移動速度・方位、能力・性能など）や天候等に関するものであり、地形、天候、パターン、経験則等に基づいて設定されている。

なお、本実施形態では、障害物の移動速度や天候といった複数種類の外囲状況に対応した複数の確率モデル132が記憶部13に記憶されているが、1種類の外囲状況に対して複数の確率モデル132が記憶されていてもよい。例えば、晴天時と台風時とでは天気の急変の確率が大きく異なるため、天候に関する確率モデル132として晴天時用と台風時用とが備えられていてもよい。このようにした場合、外囲状況に応じて最適な確率モデル132が選択されるようにすればよい。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0030

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0030】

次に、制御部14は、ステップS4で作成した統合危険度マップMIに基づいて、自機の現在位置から所定の目標位置までの飛行経路を探索する（ステップS5）。

具体的に、制御部14は、時刻毎に1つに統合された統合危険度マップMIを用い、危険度が最も小さくなる最適な飛行経路を探索する。このときの探索手法としては、代表的

な探索アルゴリズムの1つであるA*アルゴリズム (A-Star algorithm) などが用いられる。

そして、制御部14は、無人航空機1の飛行経路を探索されたものに更新する。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0031

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0031】

[飛行経路設定装置の動作例]

続いて、上述した飛行経路設定装置10の動作について、具体例を挙げて説明する。

本動作例では、無人航空機1が、障害物Hや、飛行が困難な悪天候BWの存在する空域を飛行する場合について説明する。

図3～図8は、本動作例を説明するための図である。このうち、図3は、現在の外圍状況例を示す図であり、図4(a)～(c)は、将来の時刻における予測シナリオF例を示す図であり、図5は、図3の外圍状況例に対応する現在の危険度マップMを示す図である。また、図6(a)～(c)は、図4(a)～(c)の予測シナリオF例に対応する危険度マップMを示す図であり、図7は、図6(a)～(c)の危険度マップMを統合した統合危険度マップMIを示す図であり、図8は、統合危険度マップMIに基づく経路探索を説明するための図である。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0032

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0032】

飛行経路設定処理が実行されると、機体センサー11及び通信部12により自機の外圍情報が取得される(ステップS1)。

これにより、図3に示すように、現在(情報取得時)における自機の外圍情報として、3つの障害物Hと悪天候BWの存在についての情報が取得される。ここで、障害物Hの影響範囲Rについては、障害物の情報として記憶部13に予め記憶されている。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0033

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0033】

次に、ステップS1で取得された外圍情報と、記憶部13から読み出された確率モデル132等とを用いてシミュレーションが行われ、将来の所定時刻毎に複数の予測シナリオFが作成される(ステップS2)。

これにより、例えば図4(a)～(c)に示すように、現在から所定時間後の時刻t1における、3つの障害物Hの位置や悪天候BWの状態が異なる3つの予測シナリオF t1が作成される。また、図示は省略するが、将来の時刻t2, t3, …の各々における複数の予測シナリオF t2, F t3, …も、同様にして作成される。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0034

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0034】

次に、各予測シナリオFでの飛行安定性に対する危険度を数値化して地図データ131上に落とし込むことにより、ステップS2で作成された複数の予測シナリオFに対応する複数の危険度マップMが作成される（ステップS3）。また同時に、ステップS1で取得された現在の外圍状況に対応する現在の危険度マップMも作成される。

これにより、図5に示すように、現在（時刻 t_0 ）における危険度マップ M_{t_0} が作成されるとともに、図6（a）～（c）に示すように、時刻 t_1 における3つの予測シナリオ F_{t_1} に対応する3つの危険度マップ M_{t_1} が作成される。また、図示は省略するが、将来の時刻 t_2 , t_3 , …の各々における複数の予測シナリオ F_{t_2} , F_{t_3} , …に対応する複数の危険度マップ M_{t_2} , M_{t_3} , …も、同様にして作成される。

なお、図5及び図6（a）～（c）では、飛行安全性に対する危険度を、ドットが濃いほど危険度が高いものとして、ドットの濃淡（無地を含む）で示している。また同図では、分かり易さのために障害物Hの影響範囲Rや悪天候BWを実線で示している。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0036

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0036】

次に、ステップS4で作成された統合危険度マップMIに基づいて、自機の現在位置から所定の目標位置までの飛行経路が探索される（ステップS5）。より詳しくは、図8に示すように、現在（時刻 t_0 ）における危険度マップ M_{t_0} と、将来の時刻 t_1 , t_2 , …, t_n における統合危険度マップ MI_{t_1} , MI_{t_2} , …, MI_{t_n} とを用い、A*アルゴリズムなどによる経路探索が行われ、飛行安全性に対する危険度が最も小さくなる飛行経路が探索される。

そして、無人航空機1の飛行経路が、探索されたものに設定される。

【手続補正10】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0038

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0038】

また、例えば鳥やハングライダー等航空管制を受けない飛行体、花火等の障害物の移動情報など、取得が困難な情報であっても、これに関する確率モデル132を備えておくことで、好適に加味して飛行経路を設定することができる。

【手続補正11】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0043

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0043】

また、飛行経路設定装置10の動作例では、飛行安全性を脅かし得る要因が障害物Hと悪天候BWである場合について説明したが、これらの要因以外であっても、その危険度を適切に数値化可能であれば、例えば火山灰等の空中の障害物や、地上から打ち上げられるロケットや気球の飛行の可能性がある範囲、地形や建造物など、あらゆる要因を考慮することができる。

【手続補正12】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

移動体の移動経路を設定する移動経路設定装置であって、
前記移動体の外圍状況に関する外圍情報を取得する情報取得手段と、
前記移動体の外圍状況に関する確率モデルを記憶した記憶手段と、
前記外圍情報及び前記確率モデルに基づいて、将来の複数の所定時刻における前記移動体の外圍状況を予測した予測シナリオを、時刻毎に複数作成する予測シナリオ作成手段と、
前記予測シナリオ作成手段により作成された複数の予測シナリオに基づいて移動経路を探索する経路探索手段と、
を備えることを特徴とする移動経路設定装置。

【請求項 2】

前記予測シナリオ作成手段により作成された複数の予測シナリオを時刻毎に 1 つに統合する統合手段を備え、
前記経路探索手段は、前記統合手段により時刻毎に 1 つに統合された予測シナリオに基づいて、1 つの移動経路を探索することを特徴とする請求項 1 に記載の移動経路設定装置。

【請求項 3】

前記統合手段は、
前記予測シナリオ作成手段により作成された複数の予測シナリオの各々に基づいて、前記移動体の移動時の安全性に対する危険度を数値化して地図データ上に表した危険度マップを作成するとともに、
作成された複数の危険度マップに基づいて、時刻毎の複数の危険度マップ上の対応する各地点における前記危険度の統合値を算出することにより、前記複数の危険度マップを時刻毎に 1 つに統合した統合危険度マップを作成し、
前記経路探索手段は、前記統合手段により作成された統合危険度マップに基づいて、前記危険度が最も小さくなる移動経路を探索することを特徴とする請求項 2 に記載の移動経路設定装置。

【請求項 4】

前記移動体が無人航空機であり、
当該移動経路設定装置が前記無人航空機に搭載されていることを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の移動経路設定装置。

【請求項 5】

移動体の移動経路を設定する移動経路設定方法であって、
前記移動体の外圍状況に関する確率モデルを記憶した記憶手段を備える移動経路設定装置が、
前記移動体の外圍状況に関する外圍情報を取得する情報取得工程と、
前記外圍情報及び前記確率モデルに基づいて、将来の複数の所定時刻における前記移動体の外圍状況を予測した予測シナリオを、時刻毎に複数作成する予測シナリオ作成工程と、
前記予測シナリオ作成工程で作成された複数の予測シナリオに基づいて移動経路を探索する経路探索工程と、
を実行することを特徴とする移動経路設定方法。

【請求項 6】

移動体の移動経路を設定する移動経路設定プログラムであって、
移動経路設定装置を、
前記移動体の外圍状況に関する外圍情報を取得する情報取得手段、
前記移動体の外圍状況に関する確率モデルを記憶した記憶手段、
前記外圍情報及び前記確率モデルに基づいて、将来の複数の所定時刻における前記移動体の外圍状況を予測した予測シナリオを、時刻毎に複数作成する予測シナリオ作成手段、

前記予測シナリオ作成手段により作成された複数の予測シナリオに基づいて移動経路を探索する経路探索手段、

として機能させることを特徴とする移動経路設定プログラム。

【手続補正 1 3】

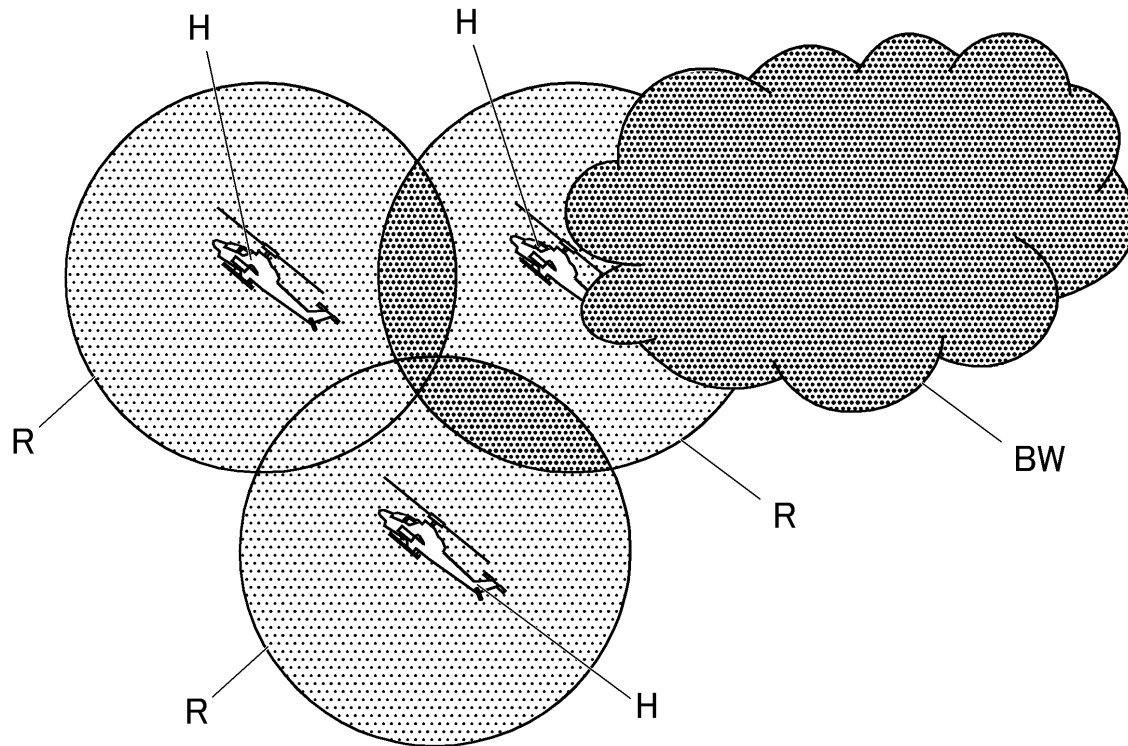
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 3】



【手続補正 1 4】

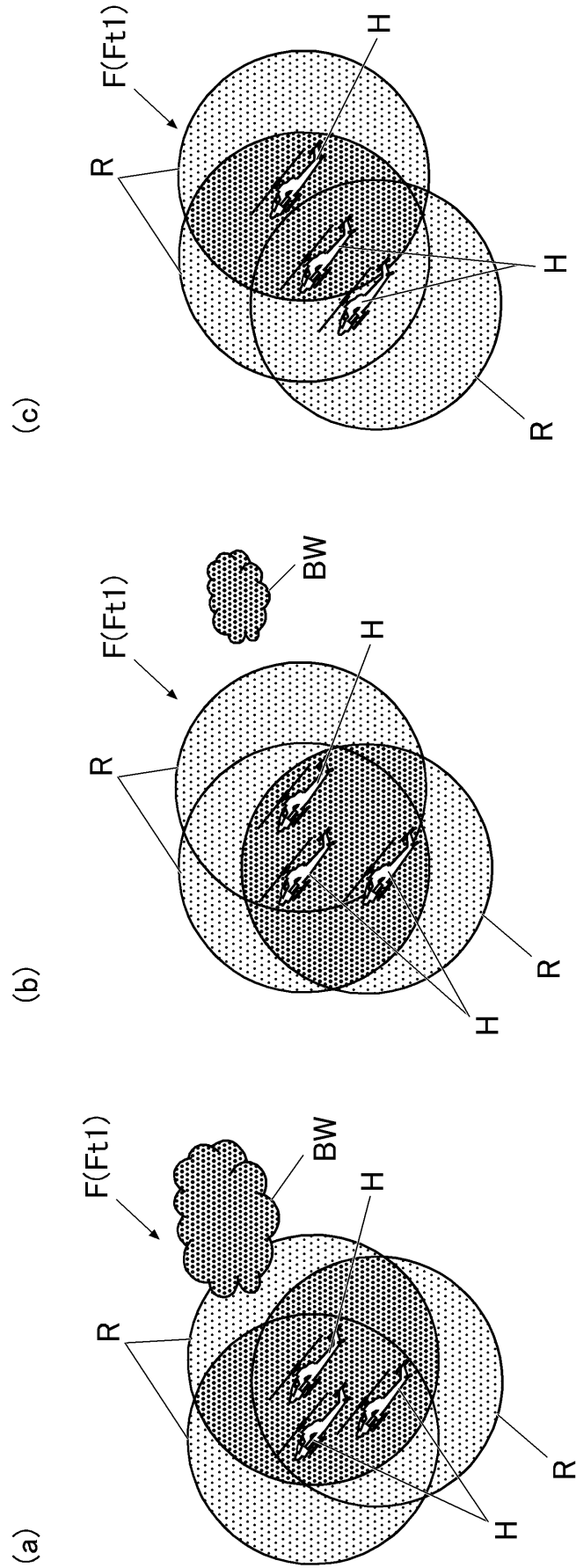
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 4

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 山根 章弘

東京都渋谷区恵比寿一丁目20番8号 富士重工業株式会社内

Fターム(参考) 2F129 AA11 BB03 BB20 BB22 DD04 DD13 DD15 DD53 DD57 EE52

EE95 FF02 FF20 FF59 FF72

5H181 AA26 BB04 CC04 CC14 FF04 FF13 FF14 FF22 FF27

5H301 AA06 BB16 CC04 CC07 CC10 GG08 GG09 GG14 GG17