

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3557445号

(P3557445)

(45) 発行日 平成16年8月25日(2004.8.25)

(24) 登録日 平成16年5月28日(2004.5.28)

(51) Int. Cl.⁷

F I

G O 1 C 21/00

G O 1 C 21/00

Z

B 6 4 D 45/00

B 6 4 D 45/00

Z

G O 8 G 5/00

G O 8 G 5/00

A

請求項の数 4 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2001-328005 (P2001-328005)	(73) 特許権者	390014306 防衛庁技術研究本部長 東京都新宿区市谷本村町5番1号
(22) 出願日	平成13年10月25日(2001.10.25)	(73) 特許権者	000000974 川崎重工業株式会社 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号
(65) 公開番号	特開2003-130676 (P2003-130676A)	(74) 代理人	100075557 弁理士 西教 圭一郎
(43) 公開日	平成15年5月8日(2003.5.8)	(74) 代理人	100072235 弁理士 杉山 毅至
審査請求日	平成13年10月25日(2001.10.25)	(74) 代理人	100101638 弁理士 廣瀬 峰太郎
		(72) 発明者	戸田 憲雄 埼玉県行田市埼玉4925

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 低高度飛行計画経路の作成方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

入力手段と演算手段と出力手段とを用いて作成する低高度飛行計画経路の作成方法であって、

入力手段の操作に基づいて複数のウェイポイントと、各ウェイポイント間を接続する航空機の運転能力内で実飛行可能な旋回、上昇及び下降の空間的位置及び3次元の軌道を定義した低高度の複数のポイント間経路とが記録されたデータベースを演算手段によって準備し、

このデータベースに基づいて、指定された出発地点および目的地点間の中央地点を中心とし、かつ出発地点および目的地点間の距離を直径とした仮想円内のウェイポイントを、途中

10

で経由するウェイポイントの候補として演算手段によって選択し、前記選択した候補ウェイポイント間のすべてのポイント間経路に対して、少なくとも探知網に対する地形による隠し効果および経路長を照合して各ポイント間経路の評価値を演算手段によって求め、

この評価値の積算値が最も小さくなるように、前記候補ウェイポイントの中から出発地点および目的地点間で経由すべきウェイポイントを演算手段によって選択し、

出発地点から前記経由すべきウェイポイントを経て目的地点に至る複数のポイント間経路を接続して、最適な低高度の飛行計画経路を演算手段および出力手段によって抽出し、候補ウェイポイント間のポイント間経路がデータベースに存在しないときには、その経路の評価値を演算手段によって最大値に設定することを特徴とする低高度飛行計画経路の作

20

成方法。

【請求項 2】

前記探知網に関する情報は、変更可能であり、変更前の探知網に関する情報に基づく前記各経路の評価値は、変更後の探知網に関する情報に基づく評価値に演算手段によって更新されることを特徴とする請求項 1 記載の低高度飛行計画経路の作成方法。

【請求項 3】

実飛行中の航空機の位置は、入力手段の操作に基づき出発地点として演算手段によって設定可能であることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の低高度飛行計画経路の作成方法。

【請求項 4】

複数のウエイポイントと、各ウエイポイント間を接続する航空機の運転能力内で実飛行可能な旋回、上昇及び下降の空間的位置及び 3 次元の軌道を定義した低高度の複数のポイント間経路とが記録されるデータベースと、

このデータベースに基づいて、指定された出発地点および目的地点間の中央地点を中心とし、かつ出発地点および目的地点間の距離を直径とした仮想円内のウエイポイントを、途中で経由するウエイポイントの候補として選択する候補ウエイポイント選択手段と、

前記選択した候補ウエイポイント間のすべてのポイント間経路に対して、少なくとも探知網に対する地形による隠し効果および経路長を照合して各経路の評価値を求める経路評価手段と、

この評価値の積算値が最も小さくなるように、前記候補ウエイポイントの中から出発地点および目的地点間で経由すべきウエイポイントを選択する経由ウエイポイント選択手段と

、
出発地点から前記経由すべきウエイポイントを経て目的地点に至る複数のポイント間経路を接続して、最適な低高度の飛行計画経路を抽出する最適経路抽出手段とを含み、

候補ウエイポイント間のポイント間経路がデータベースに存在しないときには、その経路の評価値を演算手段によって最大値に設定するように構成されることを特徴とする低高度飛行計画経路の作成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、低高度の複数のポイント間経路の中からレーダ網などの探知網に対して地形による隠し効果の高いポイント間経路を選択し、この選択した各ポイント間経路を接続して飛行計画経路を作成する低高度飛行計画経路の作成方法および装置に関する。

【0002】

本発明において、用語「地上レーダ」は地上に設置されるレーダおよび車両等に積載され地上を移動するレーダを意味し、用語「空中レーダ」は航空機等に搭載されるレーダを意味する。

【0003】

【従来の技術】

典型的な従来の技術は、たとえば特許第 2812639 号公報に開示されている。この従来の技術では、航空機の最適な飛行経路を決定する方法として、4 つの飛行経路探索方法が示されている。第 1 の方法では、入力装置から出発地点と目標地点とを入力し、飛行環境データベースに保有している現在の飛行環境データに基づいて、その環境に適した地上目標物を、目標物データベースに保有している目標物の特性情報と比較して検出して、そのすべてを算出し、算出したすべての目標物データに基づいて、出発地点から目標地点までの間に存在し、かつ出発地点と目標地点とを結ぶ直線に対して一定角度の範囲内で、相互に隣接する目標物を結んで複数の探索経路モデルを作成し、各探索経路モデルに対して、レーダ網データベースに保有しているレーダ網に関するデータに基づいて、飛行速度に応じたレーダ網に対する暴露状態を数値化した暴露値を割付け、この暴露値の総和が最も小さくなる探索経路モデルを所定の探索アルゴリズムに従って算出し、最適な飛行経路を抽出している。

10

20

30

40

50

【0004】

また第2の方法では、上記の第1の方法で求めた最適な飛行経路から自機位置が予め定める値以上ずれたとき、再び第1の方法によって、現在の自機位置を出発地点として将来の最適な飛行経路を作成して、飛行経路の変更要因に対する適応性を向上している。

【0005】

さらに第3の方法では、上記の第1の方法によって最適な飛行経路を求めた後にレーダ網および飛行環境の変化が生じたとき、この変化したレーダ網および飛行環境を用いて、再び上記の第1の方法によって、現在の自機位置を出発地点として将来の最適な飛行経路を作成して、飛行経路の変更要因に対する適応性を向上している。

【0006】

さらに第4の方法では、上記の第2および第3の方法をともに実行して、飛行経路の変更要因に対する適応性の拡張が図られている。

【0007】

このようにしてこの従来技術では、自機位置のずれ、ならびにレーダ網および飛行環境の変化に対して常に最適な飛行経路に更新されるようにして、飛行経路選択に対する最適性を保持している。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

このような従来技術では、上記の第2～第4の方法において飛行経路の変更要因が生じたとき、必ず第1の方法によって、入力装置から出発地点と目標地点とを入力し、飛行環境データベースに保有している現在の飛行環境データに基づいて、その環境に適した地上目標物を、目標物データベースに保有している目標物の特性情報と比較して検出して、そのすべてを算出し、算出したすべての目標物データに基づいて、出発地点から目標地点までの間に存在し、かつ出発地点と目標地点とを結ぶ直線に対して一定角度の範囲内で、相互に隣接する目標物を結んで複数の探索経路モデルを作成し、各探索経路モデルに対して、レーダ網データベースに保有しているレーダ網のデータに基づいて、飛行速度に応じた暴露値を割付け、この暴露値の総和が最も小さくなる探索経路モデルを所定の探索アルゴリズムに従って算出する、という動作を繰り返し行わなければならない、従って最適な飛行経路を作成するためのジョブが多く、応答性が悪くなり、この応答性は前記経路変更要因が頻繁であるほど顕著であるという問題がある。

【0009】

また、従来技術では航空機の運転能力が考慮されておらず、探索経路モデルを、この運動能力で制限される旋回や上昇下降等で定義される実飛行可能な経路に修正する段階で計算負荷が非常に大きくなるという問題がある。

【0010】

さらに探索経路モデルに沿って旋回しきれない等の場合には、実際の飛行経路と探索経路モデルに相違が生じ、最適性が保たれないとの問題がある。

【0011】

本発明の目的は、頻繁な各種の飛行経路の変更要因に対して、常に最適な飛行計画経路を高い応答性で作成することができるようにした低高度飛行計画経路の作成方法および装置を提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】

請求項1記載の本発明は、入力手段と演算手段と出力手段とを用いて作成する低高度飛行計画経路の作成方法であって、

入力手段の操作に基づいて複数のウェイポイントと、各ウェイポイント間を接続する航空機の運転能力内で実飛行可能な旋回、上昇及び下降の空間的位置及び3次元の軌道を定義した低高度の複数のポイント間経路とが記録されたデータベースを演算手段によって準備し、

このデータベースに基づいて、指定された出発地点および目的地点間の中央地点を中心と

10

20

30

40

50

し、かつ出発地点および目的地点間の距離を直径とした仮想円内のウエイポイントを、途中で経由するウエイポイントの候補として演算手段によって選択し、前記選択した候補ウエイポイント間のすべてのポイント間経路に対して、少なくとも探知網に対する地形による隠し効果および経路長を照合して各ポイント間経路の評価値を演算手段によって求め、

この評価値の積算値が最も小さくなるように、前記候補ウエイポイントの中から出発地点および目的地点間で経由すべきウエイポイントを演算手段によって選択し、出発地点から前記経由すべきウエイポイントを経て目的地点に至る複数のポイント間経路を接続して、最適な低高度の飛行計画経路を演算手段および出力手段によって抽出し、候補ウエイポイント間のポイント間経路がデータベースに存在しないときには、その経路の評価値を演算手段によって最大値に設定することを特徴とする低高度飛行計画経路の作成方法である。

10

【0013】

本発明に従えば、入力手段の操作に基づき複数のウエイポイントおよび複数のポイント間経路が記録されたデータベースに基づいて、出発地点および目的地点間の中央地点を中心とし、かつ出発地点および目的地点間の距離を直径とした仮想円内の候補ウエイポイントを接続するすべてのポイント間経路に対して評価値を演算手段によって求め、この評価値の積算値が最も小さくなるように、出発地点から経由すべきウエイポイントを経て目的地点に至る複数のポイント間経路を接続して、最適な低高度の飛行計画経路を抽出するので、頻繁な各種の飛行計画経路の変更要因に対して、この変更要因に関するポイント間経路の評価値だけを修正し、計算機の負荷を最少限に抑えて、実飛行可能な最適な飛行計画経路を容易に抽出することができ、経路探索時に最適と判断された経路そのものを使用するので常に最適な飛行計画経路を高い応答性で演算手段および出力手段によって作成することができる。また前記仮想円内の候補ウエイポイントを経由するポイント間経路についてだけ評価して飛行計画経路を抽出するので、出発地点から目的地点に向かう方向と大きく異なる方向に存在するウエイポイントを接続するポイント間経路に関して評価する無駄な演算処理を省くことができ、これによっても計算機の負荷を少なくして飛行計画経路を高い応答性で作成することができる。候補ウエイポイント間のポイント間経路が前記データベースに存在しないときには、その経路の評価値が演算手段によって最大値に設定されるので、データベースに存在しないポイント間経路が選択され、このようなポイント間経路を航行する飛行計画経路が作成されてしまうことが防がれる。したがって最適な飛行計画経路を確実に作成することができる。

20

30

【0014】

請求項2記載の本発明は、前記探知網に関する情報は、変更可能であり、変更前の探知網に関する情報に基づく前記各経路の評価値は、変更後の探知網に関する情報に基づく評価値に演算手段によって更新されることを特徴とする。

【0015】

本発明に従えば、たとえばレーダ網などの探知網に関する情報の変更に基づいて、探知網に関する情報に基づく各ポイント間経路の評価値が演算手段によって更新されるので、時間とともに変化しやすい探知網を、飛行計画時に正確に評価して、高い精度で最適な飛行計画経路を作成することができる。

40

【0016】

請求項3記載の本発明は、実飛行中の航空機の位置は、入力手段の操作に基づき出発地点として演算手段によって設定可能であることを特徴とする。

【0017】

本発明に従えば、実飛行中の航空機の位置は、入力手段の操作に基づき出発地点として演算手段によって設定可能であるので、ウエイポイント間を飛行中に、現在の位置を出発地点として、飛行計画を立直ことができ、各種の変更要因に対して迅速に対応して飛行計画経路を作成できるとともに、航空機は新たに作成された飛行計画経路を容易に航行することができる。

50

【 0 0 2 0 】

請求項 4 記載の本発明は、複数のウェイポイントと、各ウェイポイント間を接続する航空機の運転能力内で実飛行可能な旋回、上昇及び下降の空間的位置及び 3 次元の軌道を定義した低高度の複数のポイント間経路とが記録されるデータベースと、

このデータベースに基づいて、指定された出発地点および目的地点間の中央地点を中心とし、かつ出発地点および目的地点間の距離を直径とした仮想円内のウェイポイントを、途中で経由するウェイポイントの候補として選択する候補ウェイポイント選択手段と、前記選択した候補ウェイポイント間のすべてのポイント間経路に対して、少なくとも探知網に対する地形による隠し効果および経路長を照合して各経路の評価値を求める経路評価手段と、

この評価値の積算値が最も小さくなるように、前記候補ウェイポイントの中から出発地点および目的地点間で経由すべきウェイポイントを選択する経由ウェイポイント選択手段と、

出発地点から前記経由すべきウェイポイントを経て目的地点に至る複数のポイント間経路を接続して、最適な低高度の飛行計画経路を抽出する最適経路抽出手段とを含み、

候補ウェイポイント間のポイント間経路がデータベースに存在しないときには、その経路の評価値を演算手段によって最大値に設定するように構成されることを特徴とする低高度飛行計画経路の作成装置である。

【 0 0 2 1 】

本発明に従えば、複数のウェイポイントおよび複数のポイント間経路とが記録されるデータベースに基づいて、候補ウェイポイント選択手段によって出発地点および目的地点間の中央地点を中心とし、かつ出発地点および目的地点間の距離を直径とした仮想円内の候補ウェイポイントを選択し、選択した候補ウェイポイント間のすべてのポイント間経路に対して、経路評価手段によって評価値を求め、評価値の積算値が最も小さくなるように、出発地点および目的地点間で経由すべきウェイポイントを経由ウェイポイント選択手段によって選択し、出発地点から経由すべきウェイポイントを経て目的地点に至る、最適な低高度の飛行計画経路を、最適経路抽出手段によって抽出するので、頻繁な各種の飛行計画経路の変更要因に対して、この変更要因に関するポイント間経路のデータおよび評価値だけを修正し、計算機の負荷を最少限に抑えて、実飛行可能な最適な飛行計画経路経路を容易に抽出することができ、最適と判断された複数の経路を接続して経路生成を行うので常に最適な飛行計画経路を高い応答性で作成することができる。また前記仮想円内の候補ウェイポイントを経由するポイント間経路についてだけ評価して飛行計画経路を抽出するので、出発地点から目的地点に向かう方向と大きく異なる方向に存在するウェイポイントを接続するポイント間経路に関して評価する無駄な演算処理を省くことができ、計算機の負荷を少なくして飛行計画経路を高い応答性で作成することができる。候補ウェイポイント間のポイント間経路がデータベースに存在しないときには、その経路の評価値を演算手段によって最大値に設定されるので、データベースに存在しないポイント間経路が選択され、このようなポイント間経路を航行する飛行計画経路が作成されてしまうことが防がれる。したがって最適な飛行計画経路を確実に作成することができる。

【 0 0 2 2 】

【 発明の実施の形態 】

図 1 は、本発明の実施の一形態の低高度飛行計画経路の作成方法を実施するための飛行計画支援設備 1 の全体の概略的構成を示すブロック図である。この飛行計画支援設備 1 は、地上の飛行計画立案段階での使用を想定した地上用飛行計画作成装置 2 と、機上に搭載して実飛行状態での使用を想定した機上用飛行計画作成装置 3 とを含む。地上用飛行計画作成装置 2 は、飛行計画作成手段 4、飛行計画ファイル出力手段 5、C D U 模擬手段 6、M F D 模擬手段 7、およびリハーサル手段 8 を含む。また機上用飛行計画作成装置 3 は、飛行計画作成手段 1 1 およびインターフェイス 1 2 を含む。機上用飛行計画作成装置 3 には、インターフェイス 1 2 によって、コントロールディスプレイユニット (Control and Display Unit : 制御表示装置 : 略称 C D U) 1 3、およびマルチフ

10

20

30

40

50

アクションディスプレイ (Multi-Function Display : 多機能表示装置 : 略称 MFD) 14 が接続されている。

【0023】

前記地上用飛行計画作成装置2の飛行計画作成手段4と、機上用飛行計画作成装置3の飛行計画作成手段11とは、ほぼ共通な機能を有している。また地上用飛行計画作成装置2のCDU模擬手段6は、機上用飛行計画作成装置3に接続されるCDU13と同様のCDU13aを図示しないディスプレイに表示し、CDU13を模擬することができる。CDU模擬手段6によってディスプレイに表示されるCDU13aは、機上用飛行計画作成装置3に接続されるCDU13と共通の機能を有している。さらに地上用飛行計画作成装置2のMFD模擬手段7は、機上用飛行計画作成装置3に接続されるMFD14と同様のMFD14aを図示しないディスプレイに表示し、MFD14を模擬することができる。MFD模擬手段7によってディスプレイに表示されるMFD14aは、機上用飛行計画作成装置3に接続されるMFD14と共通の機能を有している。

10

【0024】

地上用および機上用の各飛行計画作成装置2, 3は、避けるべき探知網であるたとえば地上に設置された地上レーダ網および航空機に搭載された空中レーダ網などのレーダ網からの地形による隠し効果の高い飛行計画経路が作成でき、レーダ網情報の変化に対応して地上はもちろん機上においても飛行計画経路の変更が可能であり、さらに簡単な操作で飛行計画経路の作成が可能であり、加えてマニュアル操作によってユーザの意図が反映できるように構成される。具体的には、地上用および機上用の各飛行計画作成装置2, 3は、各飛行計画作成手段4, 11によってレーダ網情報を評価パラメータとしてポイント間経路の選択を行い、この経路選択は、低高度飛行経路作成装置10によって作成された実飛行可能な3次元飛行経路が記録された経路データベース9を用いて、正確な地形による隠し効果の計算を可能とし、レーダ網情報の入力および変更手段として機能するCDU13, 13aを設けて、その表示および操作機能によって、その新たなレーダ網情報に基づく経路評価、特に実飛行中に変化したレーダ網情報に基づく経路評価を可能とし、CDU13, 13aの表示および操作機能ならびにMFD14, 14aの地形表示機能を有効に活用し、さらに経由点の入力による経路の拘束、および複数の候補経路を提供するなどの飛行関連情報の提供を可能とする。

20

【0025】

地上用飛行計画作成装置2は、MFD模擬手段7によるMFD14aの表示によってMFD14による表示の模擬、CDU模擬手段6によるCDU13aの表示および操作によってCDU13による表示および操作の模擬、リハーサル手段8による模擬飛行によって作成した飛行計画経路を確認可能とするリハーサル、ならびに機上用飛行計画作成装置3へ飛行計画経路を搭載するために飛行計画ファイル出力手段5による飛行計画のファイル化を行うことができるように構成される。このような地上用飛行計画作成装置2は、たとえばグラフィック計算機によって実現される。

30

【0026】

図2は、地上用飛行計画作成装置2の具体的構成を説明するための系統図であり、図3は、地上用飛行計画作成装置2における飛行計画経路の作成手順の概略を示すフローチャートである。上記の地上用飛行計画作成装置2の飛行計画作成手段4は、飛行計画作成のための制御指令を入力するためメイン制御手段である飛行計画作成制御手段60を有する。この制御手段60は、低高度飛行区間設定手段61による低高度飛行区間の入力、レーダ網情報入力手段62によるレーダ網情報の入力、経由点入力手段63による経由点の入力、各種処理手段64による飛行計画ファイルの読み込み、および飛行計画検索手段65による飛行計画検索機能の実行などを制御する。

40

【0027】

地上用飛行計画作成装置2による飛行計画経路の作成においては、まずステップa1で、低高度飛行区間設定手段61によって、ユーザの操作に基づく出発地点および目的地点の入力に従って、低高度飛行区間が設定されるとともに、レーダ網情報入力手段62によ

50

って、ユーザーの操作に基づく入力に従って、レーダ網情報が入力、設定され、さらに経由点入力手段 63 によって、ユーザーの操作に基づく入力に従って、経由点、すなわち経由すべきウエイポイントが入力、設定される。レーダ網情報および経由点は、設定する必要がある場合だけ、設定される。

【0028】

次に、ステップ a2 において、複数のウエイポイントと、各ウエイポイント間を接続する実飛行可能な低高度の複数のポイント間経路とが記録されたデータベースに基づいて、指定された出発地点および目的地間の中央地点を中心とし、かつ出発地点および目的地間の距離を直径とした仮想円内のウエイポイントを、途中で経由するウエイポイントの候補として、飛行計画検索手段 65 によって選択される。次に、ステップ a3 で、飛行計画検索手段 65 によって、前記選択した候補ウエイポイント間のすべてのポイント間経路に対して、レーダ網に対する地形による隠し効果および経路長を照合して各ポイント間経路の評価値が求められる。

10

【0029】

最後に、ステップ a4 で、評価値の積算値が最も小さくなるように、前記候補ウエイポイントの中から出発地点および目的地間で経由すべきウエイポイントを選択し、出発地点から前記経由すべきウエイポイントを経て目的地に至る複数のポイント間経路を接続して、最適な低高度の飛行計画経路が抽出される。

【0030】

図 4 は、模擬表示された CDU 13 a の一部をウィンドウ 22 に飛行経路作成のためのメインメニューの一例が表示された状態で示す図である。CDU 13 a は、ウィンドウ 22 と、このウィンドウ 22 の両側に 4 つずつ計 8 つ、具体的には、ウィンドウ 22 の左方に上から下にキー SW1 ~ SW4 がこの順序で並んで表示され、ウィンドウ 22 の右方に上から下にキー SW5 ~ SW8 がこの順序で並んで表示される。また CDU 13 a は、ウィンドウ 22 の下方に、アルファベットおよび数字入力するためのキー、ならびにカーソルを上・下・左・右に移動させるためのカーソル移動キーなどの図示しない各種機能を有するキーが表示される。

20

【0031】

飛行計画を作成する初期状態にあるとき、ウィンドウ 22 には、前記飛行計画作成制御手段 60 によって、上記各機能の選択をするモードにあることを示すタイトル「RTE 1 FLIGHT PLAN」が上部に表示されている。このモードにあるとき、ウィンドウ 22 の左方に表示される、キー SW1 は到達地点である目的地入力モード選択キーとして機能し、キー SW2 は出発地点である始点入力モード選択キーとして機能し、キー SW3 は飛行計画名の入力/読み込み選択キーとして機能し、キー SW4 は計画作成モードキャンセルキーとして機能する。またウィンドウ 22 の右方に表示される、キー SW5 はレーダ網入力選択キーとして機能し、キー SW6 は経由点入力モード選択キーとして機能し、キー SW7 は計画確認モード選択キーとして機能し、キー SW8 は飛行計画検索機能実行キーとして機能する。

30

【0032】

さらにウィンドウ 22 の左側領域には、キー SW1 が目的地入力モード選択キーであることを示す「< DEST.」、キー SW2 が始点入力モード選択キーであることを示す「< START」、キー SW3 が飛行計画名の入力/読み込み選択キーであることを示す「FP1」、およびキー SW4 が計画作成モードキャンセルキーであることを示す「< RETURN」が上から下へこの順序で表示され、ウィンドウ 22 の右側領域には、キー SW5 がレーダ網入力モード選択キーであることを示す「THREAT」、キー SW6 が経由点入力モード選択キーであることを示す「VIA」、キー SW7 が計画確認モード選択キーであることを示す「PLN CHECK」、およびキー SW8 が飛行計画検索機能実行キーであることを示す「EXEC」が上から下へこの順序で表示される。これらの表示によって各キー SW1 ~ SW8 の機能を容易に把握することができる。またウィンドウ 22 内の下部には、たとえば目的地が設定されていないことを示す「Dest. Not S

40

50

pecified !」などのユーザへのメッセージが表示され、操作性に優れている。

【0033】

図5は、模擬表示されたCDU13aの一部をウィンドウ22に低高度飛行区間設定用のコントロールメニューの一例が表示された状態で示す図である。低高度飛行計画は、離着陸を含む全体飛行計画の一部であり、戦術飛行固有の特殊な飛行区間として位置づけられる。したがって、低高度飛行、すなわちテラインマスキング飛行を実施する低高度飛行区間を定義する必要がある。CDU13aによって低高度飛行区間の始点と終点とを入力し、この入力に基づいて低高度飛行区間設定手段61によって低高度飛行区間を設定することができる。

【0034】

始点および終点は、緯度および経度で与えられる任意の位置に設定することが可能であり、経路データベース9に記録されているウェイポイントも始点および終点として選択することができる。また低高度飛行中の計画変更のために、現在位置も始点として設定することができる。このような低高度飛行区間を設定するにあたっては、ウィンドウ22に図3に示すメインメニューが表示される機能選択モードにおいて、キーSW1を操作して目的地入力モードに切り換えて終点を入力するとともに、上記機能選択モードにおいて、キーSW2を操作して始点入力モードに切り換えて始点を入力し、このようにして低高度飛行区間が設定される。始点および終点の入力は、入力順序は限定されず、いずれを先に入力してもよい。

【0035】

機能選択モードにおいて、キーSW1を操作して、目的地入力モードを選択すると、CDU13aのウィンドウ22には、低高度飛行区間設定手段61によって図5に示されるように、低高度飛行区間設定用のコントロールメニューが表示され、ウィンドウ22の上部には、目的地入力モードであることを示すタイトル「RTE 1 DEST .」が表示される。このモードにあるとき、ウィンドウ22の左方に表示される、キーSW1は緯度数値入力設定モード選択キーとして機能し、キーSW2は通過高度入力モード選択キーとして機能し、キーSW3はカーソルによる位置入力モード選択キーとして機能し、キーSW4は区間設定モードのキャンセルキーとして機能する。またウィンドウ22の右方に表示される、キーSW5は経度数値入力モード選択キーとして機能し、キーSW6はウェイポイント名の入力および検索キーとして機能し、キーSW7はカーソルによるウェイポイント入力モード選択キーとして機能し、キーSW8は区間設定実行キーとして機能する。

【0036】

さらにウィンドウ22の左側領域には、キーSW1が緯度数値入力設定モード選択キーであることを示し、現在の設定緯度を示す「N36:10:00」が表示され、キーSW2が通過高度入力モード選択キーであることを示し、現在の設定高度を示す「FL100」が表示され、キーSW3がカーソルによる位置入力モード選択キーであることを示す「<CURSOR ON」が表示され、キーSW4が区間設定モードのキャンセルキーであることを示す「<RETURN」が表示される。またウィンドウ22の右側領域には、キーSW5が経度数値入力モード選択キーであることを示し、現在の設定経度を示す「E137:56:02」が表示され、キーSW6がウェイポイント名の入力および検索キーであることを示す「WP NAME」が表示され、その下に現在名称が未入力であることを示す「-」が表示され、キーSW7がカーソルによるウェイポイント入力モード選択キーであることを示す「WP-CUR ON>」が表示され、キーSW8が区間設定実行キーであることを示す「EXEC>」が表示される。これらの表示は、CDU13aのキーボードまたはMFD14a上のカーソルによって入力された内容に書き換えられる。これらの表示によって各キーSW1~SW8の機能を容易に把握することができる。さらにウィンドウ22内の下部には、たとえばウェイポイントがデータファイルに設定されていないために検索が不可能であることを示す「No Waypoint Picked !!」などのユーザへのメッセージが表示される。

【0037】

10

20

30

40

50

目的地入力モードで行う終点の入力操作は、たとえばキーSW1を操作した後、ウィンドウ22下方のキーの操作によって緯度を数値入力するとともに、キーSW5を操作した後、ウィンドウ22下方のキーの操作によって経度を数値入力して、終点を入力する、キーSW3を操作した後、MFD14aに表示された地図上のカーソルを、CDU13aのウィンドウ下方のキーの操作によって移動し、そのカーソルの位置を終点として入力する、また経路データベース9に記録されたウェイポイントを、MFD14a上でカーソルを上記のように移動して位置を合わせて選択して、終点として入力するなどが挙げられる。これらは水平面上での位置の特定であり、さらに加えて、キーSW2を操作した後、ウィンドウ22下方のキーの操作によって通過高度を入力して、終点を3次元的に入力し、またキーSWを操作した後に、ウィンドウ22下方のキー操作によってこの終点の名称を入力6または予めデータ登録されている名称を検索して、名称を付す。このようにして入力された終点は、キーSW8を操作することによって設定、記憶される。この目的地入力モードにおいて、キーSW4を操作することによって、上述の機能選択モードに戻ることができる。

10

【0038】

機能選択モードにおいて、キーSW2を操作して、始点入力モードを選択すると、CDU13aのウィンドウ22には、低高度飛行区間設定手段61によって図5に示すコントロールメニューと類似する低高度飛行区間設定用のコントロールメニューが表示される。異なる点は、ウィンドウ22の上部に、始点入力モードであることを示すタイトル「RTET 1 START」が表示される点であり、他の表示は、終点入力の場合と同様である。このモードにあるとき、各キーSW1～SW8の機能は、終点入力の場合と同様であり、上述の終点入力の場合と同様の操作によって始点を設定することができる。

20

【0039】

図6は、模擬表示されたCDU13aの一部をウィンドウ22にレーダ網情報設定用のコントロールメニューの一例が表示された状態で示す図である。上記の図4に示すメインメニューが表示された機能選択モードにおいて、レーダ網入力モード選択キーSW5を操作してレーダ網入力モードを選択することによって、レーダ網が存在する場合にそのレーダ網のデータを入力することができる。レーダ網が存在しなければ、設定する必要はない。このレーダ網入力モードが選択されると、CDU13aのウィンドウ22には、レーダ網情報入力手段62によって、レーダ網情報設定用のコントロールメニューが表示され、ウィンドウ22の上部にレーダ網入力モードであることを示すタイトル「THREAT LIST [3]」が表示される。このモードにあるとき、ウィンドウ22の左方に表示される、キーSW1は第1修正レーダ網の選択キーとして機能し、キーSW2は第2修正レーダ網の選択キーとして機能し、スイッチSW3は第3修正レーダ網の選択キーとして機能し、キーSW4はレーダ網入力モード終了キーとして機能する。またウィンドウ22の右方に表示されるキーSW8は、レーダ網情報の追加キーとして機能する。

30

【0040】

さらにウィンドウ22内には、第1修正レーダ網の選択キーSW1に対応して、このキーSW1によって選択されるレーダ網の種類などのデータ「<1 SAM R 20NM GL 100FT」と、その下に所在位置すなわちレーダ網を作り出すレーダ装置の位置を表す緯度「N35:59:00」および経度「E138:02:02」とが表示され、第2修正レーダ網の選択キーSW2に対応して、このキーSW2によって選択されるレーダ網の種類などのデータ「<2 SAM R 10NM GL 100FT」と、その下に所在位置を表す緯度「N35:40:00」および経度「E137:57:44」とが表示され、第3修正レーダ網の選択キーSW3に対応して、このキーSW3によって選択されたレーダ網の種類などのデータ「<3 AEW R 200NM FL 300」と、その下に所在位置を表す緯度「N36:10:00」および経度「E136:46:12」とが表示され、レーダ網入力モード終了キーSW4に対応して、レーダ網入力モード終了キーであることを示す「<RETURN」が表示され、レーダ網情報の追加キーSW8に対応して、レーダ網情報の追加キーであることを示す「ADD>」が表示される。これらの表

40

50

示によって各キーSW1～SW4, SW8の機能を容易に把握することができる。なお、このモードにおいては、キーSW5～SW7は、機能を有していない。またこれらキーSW5～SW7の操作によって、レーダ網情報が4つ以上ある場合に、ウインドウ22に表示する3つのレーダ網情報を、前記4つ以上あるレーダ網情報の中から選択するようにしてもよい。なお、レーダ網が4つ以上ある場合は、ウインドウ22下方のキー操作によって表示する部分を上下させることができる。

【0041】

レーダ網情報を修正するにあたっては、各キーSW1～SW3の操作によって、修正すべきレーダ網情報を選択して、そのレーダ網のデータを修正する。またレーダ網情報を追加するにあたっては、キーSW8を操作した後、追加すべきレーダ網のデータを入力する。レーダ網情報の修正および追加操作を終了するときには、キーSW4を操作することによって、上述の機能選択モードに戻ることができる。

10

【0042】

図7は、模擬表示されたCDU13aのウインドウ22にレーダ網情報入力用のコントロールメニューの一例が表示された状態を示す図である。図6のレーダ網情報設定用のコントロールメニューが表示された状態で、修正レーダ網の選択キーSW1～SW3のいずれか、またはレーダ網情報追加キーSW8が選択されると、ウインドウ22には、レーダ網情報入力用のコントロールメニューが表示され、ウインドウ22の上部に第1のレーダ網に関するデータ入力モードであることを示すタイトル「No. 1 THREAT」が表示される。このタイトルは、修正または追加するレーダ網に対応して、識別用の番号「No. 1」が変更された表示される。このモードにあるとき、ウインドウ22の左方表示される、キーSW1はレーダ網タイプ入力モード選択キーとして機能し、キーSW2は緯度の数値入力モード選択キーとして機能し、キーSW3はカーソルによる位置入力モード選択キーとして機能し、キーSW4は個別レーダ網入力モード終了キーとして機能する。またウインドウ22の右方に表示されるキーSW5はレーダ網レンジ入力モード選択キーとして機能し、キーSW6は緯度の数値入力モード選択キーとして機能し、キーSW7はレーダ網高度入力モード選択キーとして機能し、スイッチ8はレーダ網情報入力実行キーとして機能する。

20

【0043】

さらにウインドウ22内の左側領域には、キーSW1がレーダ網タイプ入力モード選択キーであることを示す「TYPE」およびその下に現在の設定レーダ網種類を示す「SAM」が表示され、キーSW2が緯度数値入力モード選択キーであることを示し、現在の設定緯度を示す「N35:59:00」が表示され、キーSW3がカーソル位置入力モード選択キーであることを示す「<CURSOR ON」が表示され、キーSW4が個別レーダ網入力モードの終了キーであることを示す「<RETURN」が表示される。またウインドウ22内の右側領域には、キーSW5がレーダ網レンジ入力モード選択キーであることを示す「RANGE」、およびその下に現在の設定内容であるレーダ網の探知可能範囲の半径を示す「20NM」が表示され、キーSW6が経度数値入力モード選択キーであることを示し、現在の設定経度を示す「E138:02:02」が表示され、キーSW7がレーダ網高度入力モード選択キーであることを示し、現在の設定レーダ網高度、すなわちレーダ網を作り出すレーダ網装置の所在高度を示す「GL100FT」が表示され、キーSW8がレーダ網情報入力モード実行キーであることを示す「EXEC>」が表示される。これらの表示は、CDU13aのキーボードまたはMFD14a上のカーソルによって入力された内容に書き換えられる。これらの表示によって各キーSW1～SW8の機能を容易に把握することができる。

30

40

【0044】

レーダ網情報の設定操作は、図6に示すレーダ網情報設定モードにおいて、修正すべきレーダ網情報を各キーSW1～SW3によって選択し、またはレーダ網情報の追加であることをキーSW8によって入力する。たとえば第1レーダ網情報を修正するときには、キーSW1を操作する。これによって図7に示すようなレーダ網情報入力モードにする。この

50

ようなレーダ網入力モードにおいて、たとえばキーSW1を操作した後、ウインドウ22下方のキーの操作によってレーダ網のタイプを選択または入力し、キーSW5を操作した後、ウインドウ22下方のキーの操作によってレーダ網レンジを入力し、キーSWを操作した後、緯度を数値入力するとともに、スイッチSW6を操作した後、ウインドウ22下方のキーの操作によって経度を数値入力し、さらにキーSW7を操作した後、ウインドウ22下方のキーの操作によって高度を数値入力して、レーダ網に関するデータとして、タイプ、レンジおよび3次元の位置を入力する。次にキーSW8を操作することによって、上述のようにして入力したデータのレーダ網を設定、記憶することができる。図7に示すレーダ網情報入力モードにおいて、レーダ網情報の入力終了したとき、キーSW4を操作することによって、レーダ網情報設定モードに戻り、この状態で再び上記のような操作をすることによって、他のレーダ網情報の修正および追加をすることができる。また図6に示すレーダ網情報設定モードにおいて、レーダ網情報の設定を終了するときには、キーSW4を操作することによって、上述の機能選択モードに戻ることができる。

10

【0045】

図8は、模擬表示されたCDU13aの一部をウインドウ22に経由点入力用のコントロールメニューの一例が表示された状態で示す図である。経由点は、飛行ルートを検索する際の拘束点となるウェイポイントであり、経由点が指定されると、指定した経由点を通るように出発地点および目的地間の飛行経路を設定する。出発地点と目的地間に経由すべき経由点がある場合は、設定することが可能であり、経由点が特になければ、設定する必要がない。経由点を指定する手順は、MFD14aに表示された地図上でカーソルを用いてウェイポイントを指定することによって設定することができる。以下に経由点の設定の手順について詳細に説明する。

20

【0046】

図4に示すような上述の機能選択モードにおいて、キーSW6を操作して経由点入力モードが選択されると、CDU13aのウインドウ22には、経由点入力手段63によって、経由点入力用のコントロールメニューが表示され、ウインドウ22の上部に経由点入力モードであることを示すタイトル「RTE 1 VIA LIST [3]」が表示される。このモードにあるとき、このウインドウ22の左方に表示される、キーSW1は第1経由点消去キーとして機能し、キーSW2は第2経由点消去キーとして機能し、キーSW3は第3経由点消去キーとして機能し、キーSW4は経由点入力モード終了キーとして機能する。またウインドウ22の右方に表示されるキーSW8は経由点追加モード選択キーとして機能する。

30

【0047】

さらにウインドウ22内には、第1経由点消去キーSW1に対応して、このキーSW1の操作によって消去される経由点の名称「<1 NAKATSU」と、その下に所在位置を表す緯度「N35:30:00」および経度「E137:27:53」とが表示され、第2経由点消去キーSW2に対応して、このキーSW2の操作によって消去される経由点の名称「<2 SUHARA」と、その下に所在位置を表す緯度「N35:41:25」および経度「E137:41:00」とが表示され、第3経由点消去キーSW3に対応して、このキーSW3の操作によって消去される経由点の名称「<3 MATSUMOTO」と、その下に所在位置を表す緯度「N36:08:32」および経度「E137:36:26」とが表示され、経由点入力モード終了キーSW4に対応して、経由点入力モード終了キーであることを示す「<RETURN」が表示され、経由点追加モードキーSW8に対応して、カーソルによる経由点の追加のためのキーであることを示す「ADD.BY CUR>」が表示される。これらの表示によって各キーSW1~SW4, SW8の機能を容易に把握することができる。なお、このモードにおいては、キーSW5~SW7は、機能を有していない。またこれらキーSW5~SW7の操作によって、経由点が4つ以上ある場合に、ウインドウ22に表示する3つの経由点を、前記4つ以上ある経由点の中から選択するようにしてもよい。なお、経由点が4つ以上ある場合は、ウインドウ22の下方のキー操作によって表示する部分を上下させることができる。

40

50

【 0 0 4 8 】

経路点を消去するにあたっては、各キー S W 1 ~ S W 3 の操作によって消去すべき経路点を選択して、その経路点の消去を実行する。また経路点を追加するにあたっては、キー S W 8 を操作した後、追加すべき経路点をを入力する。経路点の入力は、キー S W 8 を操作した後、M F D 1 4 a に表示される地図上でカーソルを用いて経路すべきウェイポイントを指定することによって、容易に設定することができる。このようにして経路点を入力し、または消去することによって、出発地点および目的地点間の飛行ルートを検索する際のすべての拘束点を指定し、設定することができる。経路点の消去および追加操作を終了するときには、キー S W 4 を操作することによって、上述の機能選択モードに戻ることができる。

10

【 0 0 4 9 】

次に、前述した図 5 の低高度飛行区間、図 6 および図 7 のレーダ網情報、ならびに図 8 の経路点の設定が終了した後、図 4 の模擬表示された C D U 1 3 a のウィンドウ 2 2 に表示された機能選択モードのメインメニュー内の飛行計画検索実行キー S W 8 を選択すると、飛行計画検索手段 6 5 の飛行経路選択接続手段 6 6 および地形による隠し効果計算手段 6 7 によって既に設定されているレーダ網情報および経路点に基づき、経路データベース 9 から経路する連続的なウェイポイントを選択して接続する、飛行計画経路の検索が行われる。この飛行計画経路の検索は、経路点がある場合には、出発地点から経路点までの経路を検索し、この経路点から次の経路点まで経路を検索し、この次の経路点からさらに次の経路点まで経路を検索し、というように各経路点間の経路を順に検索し、最後の経路点から目的地点までの経路を検索する。

20

【 0 0 5 0 】

飛行経路選択接続手段 6 6 は、候補ウェイポイント選択手段を有し、連続的なウェイポイント選択は、まず上記入力設定した経路点の他の経路点として、設定された出発地点および目的地点間の中央地点を中心とし、かつ出発地点および目的地点間の距離を直径とした仮想円内のウェイポイントが、途中で経路するウェイポイントの候補として選択される。この次に、経路評価手段である地形による隠し効果計算手段 6 7 によって、各候補ウェイポイントを接続する各ポイント間経路の地形による隠し効果が計算され、さらにこれをふまえて評価計算される。評価されるポイント間経路は、実飛行可能な 3 次元経路であるので、すべてのレーダ網に対する隠し効果が計算によって 3 次元的に求められる。さらに飛行経路選択接続手段 6 6 は、経路ウェイポイント選択手段および最適経路抽出手段を有しており、最も隠し効果の高い実飛行可能な飛行計画経路が抽出される。

30

【 0 0 5 1 】

つまり前記選択した候補ウェイポイント間のすべてのポイント間経路に対して、レーダ網に対する地形による隠し効果および経路長を照合して各経路の評価値を求め、この評価値の積算値が最も小さくなるように、前記候補ウェイポイントの中から出発地点および目的地点間で経路すべきウェイポイントを、経路ウェイポイント選択手段によって選択し、出発地点から前記経路すべきウェイポイントを経て目的地点に至る複数のポイント間経路を、最適経路抽出手段によって接続して、最適な低高度飛行計画経路を抽出する。

【 0 0 5 2 】

このような経路検索にあたって、出発地点および目的地点、経路データベース 9 に記録されたウェイポイントではない場合、飛行計画検索手段 6 5 は、この出発地点および目的地点の最寄りの数カ所のウェイポイントを選択して、これら各ウェイポイントとの間を接続する 3 次元低高度の飛行経路を、簡易な生成アルゴリズムに従って生成し、ポイント間経路の 1 つとし、評価の対称とする。

40

【 0 0 5 3 】

各ウェイポイント間経路の評価値は、たとえば次の式 (1) によって算出される。

【 0 0 5 4 】

【 数 1 】

$$\begin{aligned}
 \text{評価値 } J = & \text{経路長} + K A \times \sum_{i=1}^{N A} \text{空中レーダ網 } i \text{ の探知可能範囲内にある経路長} \\
 & + K S \times \sum_{i=1}^{N S} \text{地上レーダ網 } i \text{ の探知可能範囲内にある経路長} \\
 & + K M \times \text{旋回機動等のワークロード} \\
 & \dots (1)
 \end{aligned}$$

ただし、 $K A$ = 空中レーダ網に対する重み (係数)

$K S$ = 地上レーダ網に対する重み (係数)

$K M$ = 機動に対する重み (係数)

$N A$ = 空中レーダ網の数

$N S$ = 地上レーダ網の数

10

【0055】

ここで、探知可能範囲内にある経路長の計算は、その経路部分がレーダ網の探知可能範囲内にあるかどうか、および地形によって隠されているかどうかを判定して計算される。このように経路評価に経路長を用いることによって、目的地点にできるだけ早く到達することができる飛行計画経路を抽出することができる。

20

【0056】

また経路データベース9にポイント間経路が記録されていない場合には、そのポイント間の経路の評価値は、最大値とされる。これによって経路データベース9の作成時に、沿うべき稜線が存在しないなどによって生成されなかったポイント間経路を、飛行計画時に選択されてしまうことを防ぐことができる。

【0057】

上記式(1)によってそれぞれ評価された各ポイント間経路の評価値に基づいて、経由するウェイポイントを選択するにあたっては、ダイクストラ(Dijkstra)などの最短経路問題解法が用いられる。たとえばこのダイクストラ・アルゴリズムでは、まず、出発地点($i = 0$)から各ウェイポイント($i = 1 \sim n - 1$)および目的地点($i = n$)までの前記式(1)で求めた各ポイント間経路の評価値 J_{ij} (ここで j はウェイポイント i に隣接するウェイポイント)に基づく積算値を、 $d_0 = 0$ 、 $d_1 = d_2 = \dots = d_n =$ と、それぞれ初期化する。次に、 $i = 0$ から始め、各ウェイポイント j についての評価値の積算値 d_j に、 $\min(d_i + J_{ij}, d_j)$ を代入して、この積算値 d_j を更新する。次にこの積算値 d_j が最も小さいウェイポイント j をウェイポイント i として隣接するウェイポイント j の上記の積算値 d_j の更新を繰り返す。このようにして積算値 d_n 最小値を求め、最短経路(レーダ網に対する暴露値などを経路長に換算して最短経路となる経路)が求められる。積算値 d_j を求めるウェイポイントをおとずれるとき、直前のウェイポイントを記憶しておいて、それを逆にたどれば目的地点まで経由するウェイポイントの配列によって、最短経路が求められる。

30

40

【0058】

このようにして出発地点から目的地点までの経由するウェイポイントが求めれば、これらを接続するウェイポイント間経路に関するのデータを、経路データベース9から読み込んで接続することによって3次元低高度の飛行計画経路を作成することができる。

【0059】

検索結果として出力される経路が1つの場合は、飛行計画検索手段65は、ウィンドウ22に、経路長、所要時間およびレーダ網に暴露される割合などのデータを示す、候補経路

50

選択用のコントロールメニューに、候補経路を1つだけ表示し、ユーザがこの候補経路に対応するキーを操作することによって、飛行計画確認手段68によってその候補経路確認用のコントロールメニューを表示する経路確認モードとなり、その候補経路に関する詳細データを確認することが可能な状態になる。また検索結果として出力される経路に複数の候補がある場合は、飛行計画確認手段65は、ウインドウ22に、経路長、所要時間およびレーダ網に暴露される割合などのデータを各候補経路毎に、それぞれ示す、候補経路選択用のコントロールメニューを表示し、ユーザが判断して経路を選択できるように構成される。この候補経路選択用のコントロールメニューにおいて、検索結果から1つの候補経路を選択すると、経路確認モードとなり、その経路に関する詳細データを確認することが可能な状態になる。

10

【0060】

図9は、模擬表示されたCDU13aの一部をウインドウ22に候補経路選択用のコントロールメニューの一例が表示された状態で示す図である。上記の飛行計画検索手段65による検索の結果、経路として複数の候補がある場合、飛行計画検索手段65によってウインドウ22に候補経路選択用のコントロールメニューが表示され、ウインドウ22の上部に候補経路選択モードであることを示すタイトル「RTE 1 SELECTION」が表示される。このモードにあるとき、ウインドウ22の左方に表示される、キーSW1は第1候補経路の選択キーとして機能し、キーSW2は第2候補経路の選択キーとして機能し、スイッチSW3は第3候補経路の選択キーとして機能し、キーSW4は飛行検索モード終了キーとして機能する。

20

【0061】

さらにウインドウ22内には、第1候補経路の選択キーSW1に対応して、このキーSW1によって選択される経路の経路長「< 1 R 78 NM」および時間「T 0 : 17 : 53」と、その下にレーダ網である地上レーダ網および空中レーダ網への暴露確率(%)「SAM 1 AEW 4」(暴露値に相当)とが表示され、第2候補経路の選択キーSW2に対応して、このキーSW2によって選択される経路の経路長「< 2 R 75 NM」および時間「T 0 : 17 : 02」と、その下にレーダ網である地上レーダ網および空中レーダ網への暴露確率(%)「SAM 2 AEW 23」とが表示され、第3候補経路の選択キーSW3に対応して、このキーSW3によって選択される経路の経路長「< 3 R 93 NM」および時間「0 : 21 : 13」と、その下にレーダ網である地上レーダ網および空中レーダ網への暴露確率(%)「SAM 18 AEW 1」とが表示され、飛行経路検索モード終了キーSW4に対応して、飛行経路検索モード終了キーであることを示す「< RETURN」が表示され、これらの表示によって各キーSW1~SW4の機能を容易に把握することができる。なお、このモードにおいては、キーSW5~SW8は、機能を有していない。またこれらキーSW5~SW8の操作によって、候補経路が4つ以上ある場合に、ウインドウ22に表示する3つの候補経路を、前記4つ以上ある候補経路の中から選択するようにしてもよい。なお、候補経路が4つ以上ある場合は、ウインドウ22の下方にあるキー操作で表示する部分を上下させてもよい。

30

【0062】

上記の検索結果として表示される複数の候補経路の内の1つの候補経路の詳細データを確認するにあたっては、図9に示す候補経路選択用のコントロールメニューが表示された候補経路選択モードにおいて、ウインドウ22に表示される主要データに基づいて候補経路を選択し、対応する選択キーSW1~SW3を操作する。

40

【0063】

図10は、模擬表示されたCDU13aのウインドウ22に候補経路確認用のコントロールメニューの一例が表示された状態を示す図である。図9の候補経路選択モードにおいて、候補経路の選択キーSW1~SW3のいずれかが操作されると、ウインドウ22には、飛行計画確認手段68によって候補経路確認用のコントロールメニューが表示され、ウインドウ22の上部に候補経路に関する詳細データの確認モードであることを示すタイトル「RTE 1 LEGS [3]」が表示される。このモードにあるとき、ウインドウ2

50

2の左方に表示されるキーSW4は、飛行経路検索の候補経路選択モードに戻るための候補経路確認モード終了キーとして機能し、ウィンドウ22の右方に表示されるキーSW8は、飛行経路の決定キーとして機能する。

【0064】

さらにウィンドウ22には、出発地点に対する経由点および目的地点に関するデータが表示される。具体的には、左側領域に、第1経由点の名称「NAKATSU」と、その上に、出発地点および第1経由点間の距離「31NM」および出発地点に対する第1経由点の方位「T061」と、右側領域に「NAKATSU」に対応させて、出発地点からの総経路長「TR 31NM」と、その下に出発地点からの総所用時間「T 0:07:10」とが表示され、左側領域の第1経由点に関するデータの下方に、第2経由点の名称「SUHARA」と、その上に、第1および第2経由点間の距離「16NM」および第1経由点に対する第2経由点の方位「T043」と、右側領域に「SUHARA」に対応させて、出発地点からの総経路長「TR 47NM」と、その下に出発地点からの総所用時間「T 0:10:53」とが表示され、左側領域の第2経由点に関するデータの下方に、目的地点の名称「MATSUMOTO」と、その上に、第2経由点および目的地点間の距離「30NM」および第2経由点に対する目的地点の方位「T024」と、右側領域に「MATSUMOTO」に対応させて、出発地点からの総経路長「TR 78NM」と、その下に出発地点からの総所用時間「T 0:17:53」とが表示され、さらにこれらのデータの下方に、レーダ網である地上レーダ網および空中レーダ網への暴露確率「SAM 1 AEW 4」が表示される。またウィンドウ22には、候補経路確認モード終了キーSW4に対応して、このキーSW4の操作によって、飛行経路検索の候補経路選択モードに戻ることを表す「<RETURN」が表示され、飛行経路決定キーSW8に対応して、このキーSW8の操作によって、現在選択されている候補経路を飛行計画経路に決定することを表す「EXEC>」が表示される。

10

20

【0065】

また上記飛行計画検索手段65による検索の結果、候補経路が1つだけの場合には、図9に示す経路選択モードにおいて、その1つの候補経路だけが示される。この場合も、その候補経路を選択キーSW1操作によって選択することによって、図10に示す経路確認モードで、詳細な経路データを確認することができる。

【0066】

飛行計画経路の検索および決定操作は、上記のようにして出発地点、目的地点、経由地点、およびレーダ網情報を入力した後、機能選択モードにおいて飛行計画検索実行キーSW8を操作して、図9に示すように飛行計画の候補経路を検索表示させ、候補経路の1つを選択して図10に示すようにその詳細データを表示して、そのデータを確認したうえで、その候補経路を、飛行計画経路に決定する。確認モードにおいて、詳細データを確認して飛行計画経路を決定し、飛行計画の検索および決定操作が終了したときには、確認モードにおける確認モード終了キーSW4を操作して候補経路選択モードに戻り、さらに飛行計画検索モード終了キーSW4を操作して機能選択モードに戻ることができる。

30

【0067】

このように複数の候補経路があるとき、各候補経路の主要データを同時に表示して、その主要データに基づいて、候補経路の1つを選択するので、候補経路の比較判断が容易であり、さらにこのようにして選択した候補経路の詳細データを表示させて確認し、この詳細データが表示された画面で、飛行計画経路を決定できるので、経路決定にあたっての判断ミスをすくなくすることができる。

40



【0068】

またこのようにして飛行計画経路を決定した後も、機能選択モードにおいて、計画確認モード選択キーSW7を操作することによって、上述の図10に示す表示と同様に表示させ、飛行計画経路の詳細データを確認することができる。また機能選択モードにおいて、飛行計画名の入力および読み込み選択キーSW3を操作することによって、飛行計画名設定用のコントロールメニューを表示させ、入力または読み込んで設定することができる。また



50

地上用機能では計算機のキーボード操作等によって、たとえば各種処理手段64のリハーサル制御手段によってリハーサル手段8に制御指令を与えて、飛行計画経路のリハーサル飛行をするためのモードなど、他の動作を選択するためのモードに移行することができる。

【0069】

図11は、MFD14による飛行計画経路の表示の一例を示す図である。飛行計画作成装置2の飛行計画作成手段4は、各種処理手段64によって、MFD14aに、デジタルマップなどによって実現される地図データベース70から地図情報を読み出して、陰影のある平面地形を参照符81で示される緯度および参照符82で示される経度とともに表示する。また設定された各ウエイポイントが、対象とする地域の地図（または平面地形）上に丸印「」で表示され、各丸印「」の右横には、「Komaki」、「Nakatsu」、「Ontake」、...などの地名が表示される。また左上には、その画面の中央の位置に対応する地図上の位置が「Center 35:50:38.62 137:43:43.93」のように緯度および経度で表示され、その下にはマウスのポインタ表示の位置に対応する地図上の位置が「Mouse 35:24:09.72 137:50:20.99」のように緯度および経度で表示される。これらの画面の中央位置およびマウスのポインタ表示位置を示す各緯度および経度の数値表示は、地図の移動およびマウスの移動に対応して常に地図上の緯度および経度を示すように変化する。なお、地図の表示領域の選択は、図示しないキーボードに備えられる上・下・右・左の4つのカーソルキーによってスクロールさせ、あるいはマウスのクリックボタンによって画面上のポインタ表示位置まで地図画面をシフトさせて、希望する地域を画面上に表示させることができる。

【0070】

このような地図上に、飛行計画経路83が表示される。飛行計画経路83の始点となる「Komaki」と付されたウエイポイントの丸印「」の下には、始点であることを示す「START」が表示され、飛行計画経路83の終点となる「matsumoto」と付されたウエイポイントの丸印「」の下には、終点であることを示す「DEST」が表示され、飛行計画経路83は、これら始点および終点を結び、経由点である「nakatsu」および「suhara」と付される各ウエイポイントを通る曲線で表される。また飛行計画経路83とともに、各レーダ網84, 85, 86が表示される。各レーダ網84~86は、レーダ網の所在位置において相互に直交する2本の直線と、各直線の交点を中心とする円または円弧によって表され、円または円弧の半径は、レーダ網のレンジを示す。また飛行計画経路83が、各レーダ網84~86に対して暴露される領域を有する場合には、暴露領域84a, 85aが、そのレーダ網の所在位置から暴露領域84a, 85aに延びる三角形の領域表示によって表示される。

【0071】

このように検索決定された飛行計画経路83を、地図上に、各レーダ網84~86とともに表示することによって、ユーザーは、飛行計画経路83を視覚的に捉えて容易に把握することができる。しかも飛行経路83のどの領域において、どの方向からレーダ網84~86に対して暴露されるかを、容易に把握することができる。さらにCDU13aによる詳細データと併せて確認することによって、より正確な把握をすることができる。

【0072】

また飛行計画作成手段4は、各種処理手段64によって飛行計画ファイル出力手段5に指令を与えて、上述のようにして作成された飛行計画経路のファイルを作成し、出力することができる。たとえばミニディスク（略称MD）およびフロッピーディスク（略称FD）などに記録することができる。また飛行計画作成手段4は、各種処理手段64によってリハーサル手段8に指令を与えて、飛行計画経路に沿って飛行シミュレートすることができる。リハーサル手段は、画面制御手段および3次元表示手段を有しており、MFD14aにリハーサル表示画面を3次的に表示し、かつマウスなどの入力手段の操作に対応して、画面を変更することができる。リハーサル表示画面には、飛行計画経路に沿って複数の凹状の飛行経路シンボルが3次的に等間隔をあけて地形図上に表示される。またこの画

面には、自機が三角形の自機シンボルによって表示され、この自機シンボルによって示される自機の垂直方向および水平方向の対地クリアランスがクリアランススケールによってそれぞれ表示される。これによって自機の垂直方向および水平方向の対地クリアランスを視覚的および数値的に容易に把握することができる。

【 0 0 7 3 】

上述のように機上用飛行計画作成装置 3 は、飛行計画経路ファイル出力手段 5 への指令制御に代えて、この飛行計画経路ファイル出力手段 5 によって出力されたファイル、たとえば上記 M D または F D に記録されたファイルを読み込制御することができるように構成されている点および飛行シミュレートを行うリハーサル機能を除いて共通の機能を有している。また C D U 1 3 は、C D U 模擬手段 6 によって、模擬表示される C D U 1 3 a の表示および操作によって達成される機能と、同様の機能を有し、M F D 1 4 は、M F D 模擬手段 7 によって、模擬表示される M F D 1 4 a の表示によって達成される機能と同様の機能を有する。したがって機上用飛行計画作成装置 3 は、模擬表示される C D U 1 3 a に代えて接続される C D U 1 3、および模擬表示される M F D 1 4 a に代えて接続される M F D 1 4 の表示および操作によって、上述した地上用飛行経路作成装置 2 による飛行計画経路と同様の、飛行計画経路の作成をすることができる。すなわち機上において、飛行前および飛行中に最適な飛行計画経路を迅速かつ容易に作成することができる。またこのような機上において飛行計画を作成するにあたって、レーダ網に関する情報を、変更可能であり、変更前のレーダ網に関する情報に基づく前記各経路の評価値は、変更後のレーダ網に関する情報に基づく評価値に更新されることは、上述の通りであり、さらに実飛行中の航空機の現在位置は、出発地点として入力することができるように、構成されている。

【 0 0 7 4 】

また機上用飛行計画作成装置 3 は、上述のように地上用飛行計画作成装置 2 によって作成され、出力された飛行計画経路のファイルを読み込んで、C D U 1 3 による表示および操作、ならびに M F D 1 4 による表示によって、機上において飛行計画経路の確認などを行うことができ、またこの確認時点で、修正などを行うことができる。

【 0 0 7 5 】

以上のような本実施の形態によれば複数のウェイポイントおよび航空機の運動能力内で実飛行可能な複数の低高度飛行経路が記録されたデータベース 9 に基づいて、出発地点および目的地点間の中央地点を中心とし、かつ出発地点および目的地点間の距離を直径とした仮想円内の候補ウェイポイントを接続するすべての経路に対して評価値を求め、この評価値の積算値が最も小さくなるように、出発地点から経路すべきウェイポイントを経て目的地点に至る複数の経路を接続して、最適な低高度飛行計画経路を抽出するので、頻繁な各種の飛行経路の変更要因に対して、この変更要因に関するデータおよび評価値だけを修正し、計算機の負荷を最少限に抑えて、実飛行可能な最適な飛行計画経路を容易に抽出することができ、最適と判断された複数の経路を接続して経路生成を行うので、常に最適な飛行計画経路を高い応答性で作成することができる。また前記仮想円内の候補ウェイポイントを経由する経路についてだけ評価して飛行計画経路を抽出するので、出発地点から目的地点に向かう方向と大きく異なる方向に延びる経路に関して評価する無駄な演算処理を省くことができ、計算機の負荷を少なくして飛行計画経路を高い応答性で作成することができる。特に本実施の形態のように、各ポイント間経路の評価の基準に経路長を用いている場合には、有効である。

【 0 0 7 6 】

また本実施の形態によれば、レーダ網に関する情報の変更に基づいて、レーダ網に関する情報に基づく各経路の評価値が更新されるので、時間とともに変化しやすいレーダ網を、飛行計画時に好適に評価して、高い精度で最適な飛行計画経路を作成することができる。

【 0 0 7 7 】

また本実施の形態によれば、実飛行中の航空機の位置は、出発地点として設定可能であるので、ウェイポイント間を飛行中に、現在の位置を出発地点として、飛行計画を立直すことができ、各種の変更要因に対して迅速に対応して飛行計画経路を作成することができる

とともに、航空機は新たに作成された飛行計画経路を容易に航行することができる。

【0078】

また本実施の形態によれば、データベースに存在しない候補ウェイポイント間経路の評価値を最大値に設定することができるので、データベースに存在しない経路を航行する飛行計画経路が選択されることを防止し、最適な飛行計画経路を確実に作成することができる。

【0079】

図12は、MFD14に表示される飛行計画管理画面の一例を示す図である。機上には、低高度飛行計画管理手段15が搭載されたおり、機上用飛行計画作成装置3によって作成され、または地上用飛行計画作成装置2によって作成された飛行計画経路に基づいて、自機がその飛行計画経路に従って航行しているか管理、表示することができる。飛行計画管理手段15は、自機位置を検出するための手段、たとえばグローバルポジショニングシステム(略称GPS)を有しており、検出自機位置と、飛行計画経路とを同一画面に表示して、自機の航行状態を表示することができる。

10

【0080】

この飛行計画管理画面には、自機の進行方向を画面上方にして簡略平面地形図とともに、飛行計画経路83が表示される。自機は、三角形のシンボル88で表され、自機88が飛行計画経路83に沿って飛行しているか確認することができる。また地形図は、たとえば現在の自機高度よりも高い部分と、低い部分とで、濃淡などによって色分けされて表示され、現在の地形による隠し状態を容易に把握することができる。また飛行計画管理手段15は、誘導表示手段16に指令を与え、ヘッドアップディスプレイ(略称HUD)17に、自機を飛行計画経路に沿って航行するように、誘導するためのシンボルを表示することができる。

20

【0081】

上記の本発明の低高度飛行計画作成装置1の地上用および機上用の各飛行計画作成手段2, 3は、上述の低高度飛行計画の作成方法に基づいて作成されるプログラムを実行することができる計算機によって実現され、この場合、各手段4~8, 11、さらに詳しくは、各手段60~68などによる機能は、前記プログラムの一部(サブルーチン)によって実現されてもよい。また低高度飛行区間、レーダ網情報、および経由点の設定順序は、上述の順序に限定されることはなく、相互の入れ換えても、同様の効果を達成することができる。

30

【0082】

【発明の効果】

請求項1記載の本発明によれば、入力手段の操作に基づき複数のウェイポイントおよび航空機の運動能力内で実飛行可能な複数のポイント間経路が記録されたデータベースに基づいて、出発地点および目的地点間の中央地点を中心とし、かつ出発地点および目的地点間の距離を直径とした仮想円内の候補ウェイポイントを接続するすべてのポイント間経路に対して評価値を演算手段によって求め、この評価値の積算値が最も小さくなるように、出発地点から経由すべきウェイポイントを経て目的地点に至る複数のポイント間経路を接続して、最適な低高度の飛行計画経路を抽出するので、頻繁な各種の飛行計画経路の変更要因に対して、この変更要因に関するポイント間経路のデータおよび評価値だけを修正し、計算機の負荷を最少限に抑えて、実飛行可能な最適な飛行計画経路を容易に抽出することができる。最適と判断された複数の経路を接続して経路生成を行うので、常に最適な飛行計画経路を高い応答性で演算手段および出力手段によって作成することができる。また前記仮想円内の候補ウェイポイントを経由するポイント間経路についてだけ評価して飛行計画経路を抽出するので、出発地点から目的地点に向かう方向と大きく異なる方向に存在するウェイポイントを接続するポイント間経路に関して評価する無駄な演算処理を省くことができ、これによっても計算機の負荷を少なくして飛行計画経路を高い応答性で作成することができる。候補ウェイポイント間のポイント間経路が前記データベースに存在しないときには、その経路の評価値が演算手段によって最大値に設定されるので、データベースに

40

50

存在しないポイント間経路が選択され、このようなポイント間経路を航行する飛行計画経路が作成されてしまうことが防がれる。したがって最適な飛行計画経路を確実に作成することができる。

【0083】

請求項2記載の本発明によれば、たとえばレーダ網などの探知網に関する情報の変更に基づいて、探知網に関する情報に基づく各ポイント間経路の評価値が演算手段によって更新されるので、時間とともに変化しやすい探知網を、飛行計画時に正確に評価して、高い精度で最適な飛行計画経路を作成することができる。

【0084】

請求項3記載の本発明によれば、実飛行中の航空機の位置は、入力手段の操作に基づき出発地点として演算手段によって設定可能であるので、ウェイポイント間を飛行中に、現在の位置を出発地点として、飛行計画を立て直すことができ、各種の変更要因に対して迅速に対応して飛行計画経路を作成できるとともに、航空機は新たに作成された飛行計画経路を容易に航行することができる。

【0086】

請求項4記載の本発明によれば、複数のウェイポイントおよび航空機の運動能力内で実飛行可能な旋回、上昇及び下降の空間的位置及び3次元の軌道を定義した複数のポイント間経路とが記録されるデータベースに基づいて、候補ウェイポイント選択手段によって出発地点および目的地点間の中央地点を中心とし、かつ出発地点および目的地点間の距離を直径とした仮想円内の候補ウェイポイントを選択し、選択した候補ウェイポイント間のすべてのポイント間経路に対して、経路評価手段によって評価値を求め、評価値の積算値が最も小さくなるように、出発地点および目的地点間で経由すべきウェイポイントを、経由ウェイポイント選択手段によって選択し、出発地点から経由すべきウェイポイントを経て目的地点に至る、最適な低高度の飛行計画経路を、最適経路抽出手段によって抽出するので、頻繁な各種の飛行計画経路の変更要因に対して、この変更要因に関するポイント間経路のデータおよび評価値だけを修正し、計算機の負荷を最少限に抑えて、実飛行可能な最適な飛行計画経路経路を容易に抽出ことができ、最適と判断された複数の経路を接続して経路生成を行うので、常に最適な飛行計画経路を高い応答性で作成することができる。また前記仮想円内の候補ウェイポイントを経由するポイント間経路についてだけ評価して飛行計画経路を抽出するので、出発地点から目的地点に向かう方向と大きく異なる方向に存在するウェイポイントを接続するポイント間経路に関して評価する無駄な演算処理を省くことができ、計算機の負荷を少なくして飛行計画経路を高い応答性で作成することができる。候補ウェイポイント間のポイント間経路がデータベースに存在しないときには、その経路の評価値を演算手段によって最大値に設定されるので、データベースに存在しないポイント間経路が選択され、このようなポイント間経路を航行する飛行計画経路が作成されてしまうことが防がれる。したがって最適な飛行計画経路を確実に作成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の一形態の低高度飛行計画作成方法を実施するための飛行計画支援設備1の全体の概略的構成を示すブロック図である。

【図2】地上用飛行計画作成装置2の具体的構成を説明するための系統図である。

【図3】地上用飛行計画作成装置2における飛行計画経路の作成手順の概略を示すフローチャートである。

【図4】CDU13aの一部をウインドウ22に飛行経路作成のためのメインメニューの一例が表示された状態で示す図である。

【図5】CDU13aの一部をウインドウ22に低高度飛行区間設定用のコントロールメニューが表示された状態で示す図である。

【図6】CDU13aの一部をウインドウ22にレーダ網情報設定用のコントロールメニューが表示された状態で示す図である。

【図7】CDU13aの一部をウインドウ22にレーダ網情報入力用のコントロールメニ

10

20

30

40

50

ユーが表示された状態で示す図である。

【図 8】CDU 13 a の一部をウインドウ 22 に経由点設定用のコントロールメニューが表示された状態で示す図である。

【図 9】CDU 13 a の一部をウインドウ 22 に候補経路選択用のコントロールメニューが表示された状態で示す図である。

【図 10】CDU 13 a の一部をウインドウ 22 に候補経路確認用のコントロールメニューが表示された状態で示す図である。

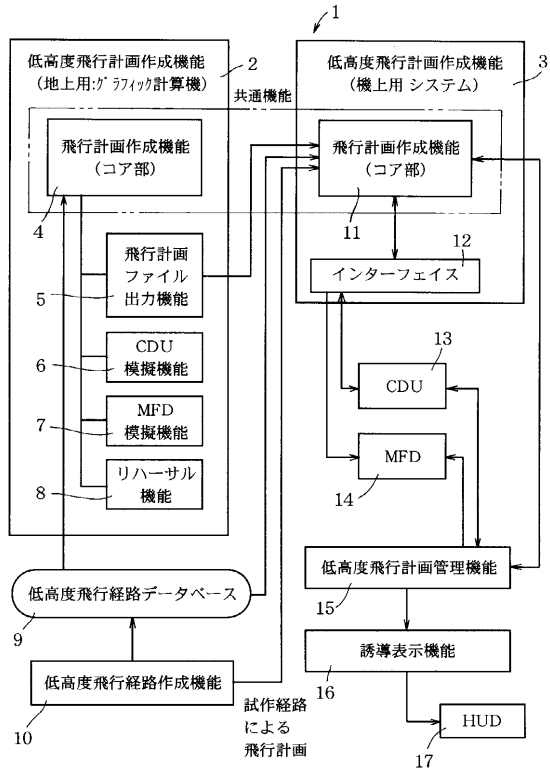
【図 11】MFD 14 a による飛行計画経路の表示の一例を示す図である。

【図 12】MFD 14 による飛行計画管理画面の一例を示す図である。

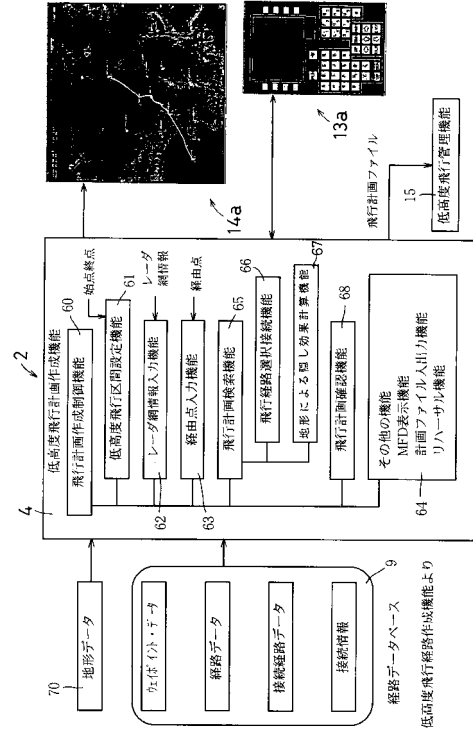
【符号の説明】

- | | | |
|---------|---------------|----|
| 1 | 飛行計画支援設備 | |
| 2 | 地上用飛行計画作成装置 | |
| 3 | 機上用飛行計画作成装置 | |
| 4 | , 11 飛行計画作成手段 | |
| 5 | 飛行計画ファイル出力手段 | |
| 6 | CDU 模擬手段 | |
| 7 | MFD 模擬手段 | |
| 8 | リハーサル手段 | |
| 12 | インターフェイス | |
| 13 | , 13 a CDU | 20 |
| 14 | , 14 a MFD | |
| 15 | 飛行計画管理手段 | |
| 16 | 誘導表示装置 | |
| 17 | HUD | |
| 60 | 飛行計画作成手段 | |
| 61 | 低高度飛行区間設定手段 | |
| 62 | レーダ網情報入力手段 | |
| 63 | 経由点入力手段 | |
| 64 | 各種処理手段 | |
| 65 | 飛行計画検索手段 | 30 |
| 66 | 飛行経路選択接続手段 | |
| 67 | 地形による隠し効果計算手段 | |
| 68 | 飛行計画確認手段 | |
| 70 | 地図データベース | |
| 83 | 飛行計画経路 | |
| 84 ~ 86 | レーダ網 | |

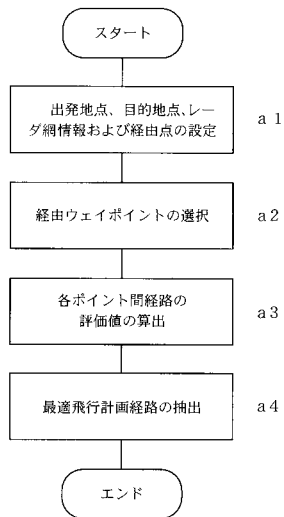
【図1】



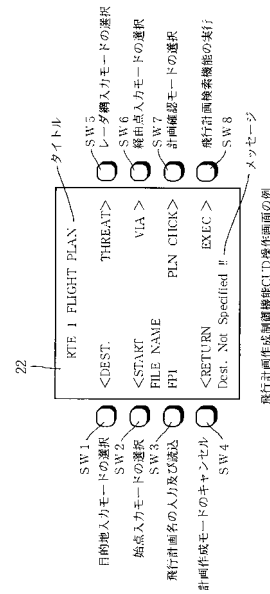
【図2】



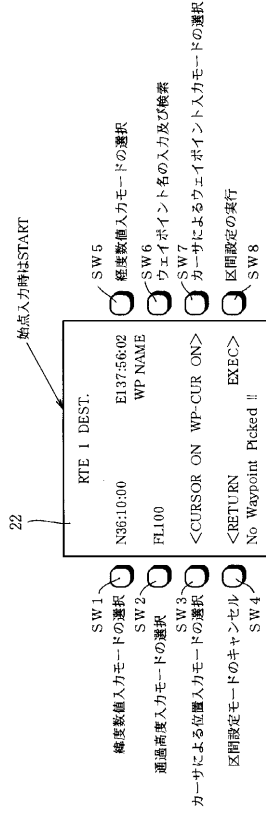
【図3】



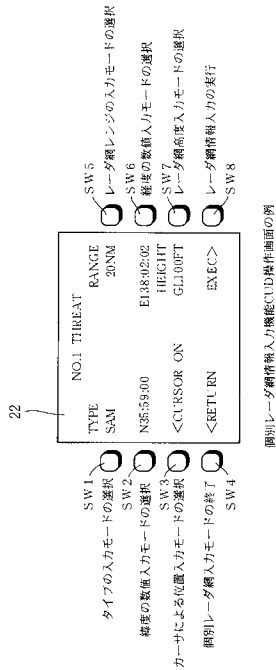
【図4】



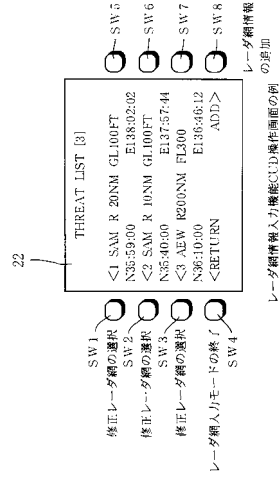
【 図 5 】



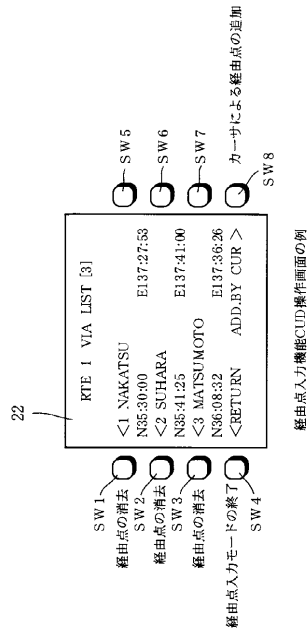
【 図 7 】



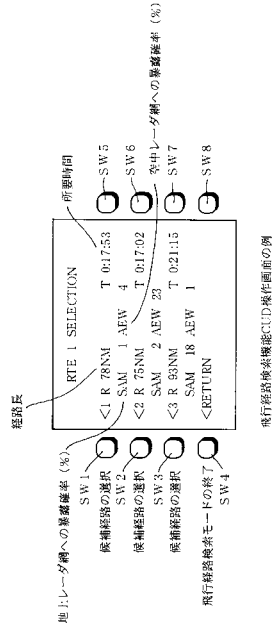
【 図 6 】



【 図 8 】

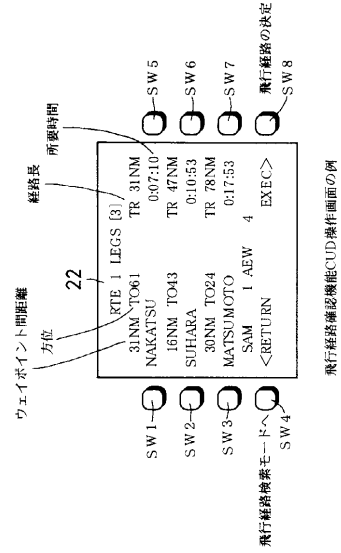


【 図 9 】



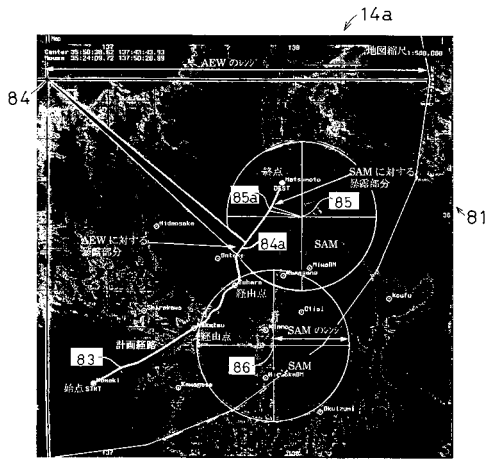
飛行経路検索機能CUD操作画面の例

【 図 10 】



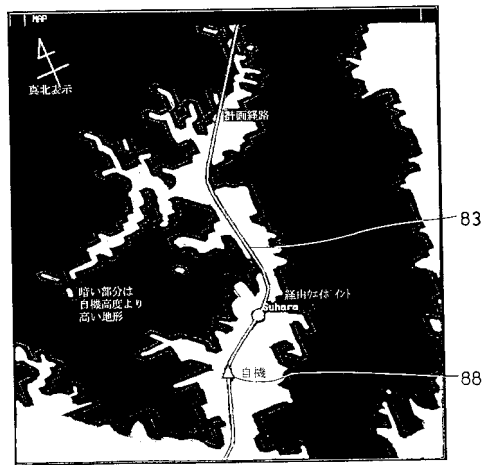
飛行経路確認機能CUD操作画面の例

【 図 11 】



低高度飛行計画作成機能MFD表示の例

【 図 12 】



低高度飛行計画管理機能MFD地形表示の例

フロントページの続き

(72)発明者 西尾 靖典

埼玉県浦和市沼影1-30-25-1302

(72)発明者 國頭 聖

岐阜県各務原市川崎町1番地 川崎重工業株式会社 岐阜工場内

審査官 高橋 学

(56)参考文献 特開平04-298000(JP,A)

特開平10-334387(JP,A)

特開平06-072390(JP,A)

特開平06-084100(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

G01C 21/00-21/36

B64D 45/00

G08G 5/00-5/06