

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マコード ⁸ (参考)
G01C 21/00		G01C 21/00	Z 2F029
B64D 45/00		B64D 45/00	Z 5H180
G08G 5/00		G08G 5/00	A

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全19頁)

(21)出願番号	特願2001 - 328005(P 2001 - 328005)	(71)出願人	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)	(71)出願人	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
		(72)発明者	戸田 憲雄 埼玉県行田市埼玉4925
		(74)代理人	100075557 弁理士 西教 圭一郎 (外 2 名)

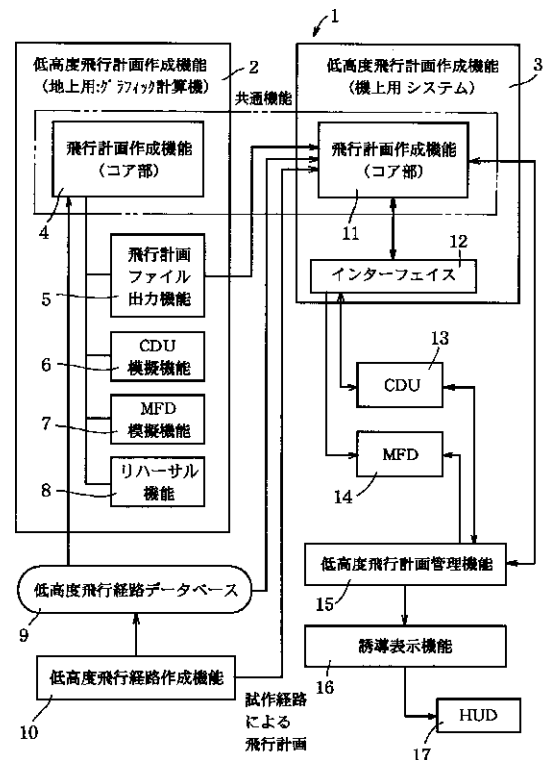
最終頁に続く

(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) 【要約】

【課題】 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飛行計画経路作成方法およびを提供する。

【解決手段】 複数のウェイポイントおよび複数の航空機の運動能力内で実飛行可能な低高度飛行経路のデータベースに基づいて、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候補ウェイポイントを選択し、経路評価手段によって選択した候補ウェイポイント間のすべての経路に対して評価値を求め、経由ウェイポイント選択手段によって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間で経由すべきウェイポイントを選択し、最適経路抽出手段によって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に至る、最適な低高度飛行計画経路を抽出する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 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間で経由すべきウェイポイントを選択し、

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ことを特徴とする低高度飛行計画経路の作成方法。

【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、出発地点とし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】 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、その経路の評価値を最大値に設定することを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の低高度飛行計画経路の作成方法。

【請求項 5】 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む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び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。

【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の技術では、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】このような従来の技術では、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、従来の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、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、途中で経由するウェイポイントの候補として選択し、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抽出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。

【0013】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。

【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。

【0016】請求項3記載の本発明は、請求項1または2記載の構成において、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、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のと同時に、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。

【0018】請求項4記載の本発明は、請求項1～3のいずれかに記載の構成において、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、その経路の評価値を最大値に設定することを特徴とする。

【0019】本発明に従えば、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が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。

【0020】請求項5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む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。

【0021】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。

【0022】

【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、CDU模擬手段6、MFD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11およびインターフェイス12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12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CDU）13、およびマルチファン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。

【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 CDU 13, 13 a 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、CDU 13, 13 a の表示および操作機能ならびに MFD 14, 14 a 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。

【0025】地上用飛行計画作成装置 2 は、MFD 模擬手段 7 による MFD 14 a の表示によって MFD 14 による表示の模擬、CDU 模擬手段 6 による CDU 13 a の表示および操作によって CDU 13 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。

【0026】図 2 は、地上用飛行計画作成装置 2 の具体的な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。

【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、ユーザーの操作に基づく出発地点および目的地の入力に従って、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。

【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。CDU 13 a は、ウインドウ 22 と、このウインドウ 22 の両側に 4 つずつ計 8 つ、具体的には、ウインドウ 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、ウインドウ 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、ウインドウ 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。

【0031】飛行計画を作成する初期状態にあるとき、ウインドウ 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、ウインドウ 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。またウインドウ 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。

【0032】さらにウインドウ 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、ウインドウ 2 2 の右側領域には、キー SW 5 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 SW 6 が経由点入力モード選択キーであることを示す「VIA」、キー SW 7 が計画確認モード選択キーであることを示す「PLN CHCK>」、およびキー SW 8 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 SW 1 ~ SW 8 の機能を容易に把握することができる。またウインドウ 2 2 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 Specified!」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 CDU 13 a の一部をウインドウ 2 2 に低高度飛行区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。CDU 13 a 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 6 1 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、ウインドウ 2 2 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 SW 1 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 SW 2 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 SW 1 を操作して、目的地入力モードを選択すると、CDU 13 a のウインドウ 2 2 には、低高度飛行区設定手段 6 1 によって図 5 に示されるように、低高度飛行区設定用のコントロールメニューが表示され、ウインドウ 2 2 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、ウインドウ 2 2 の左方に表示される、キー SW 1 は緯度数値入力設定モード選択キーとして機能し、キー SW 2 は通過高度入力モード選択キーとして機能し、キー SW 3 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 SW 4 は区間設定モードのキャンセルキー

として機能する。またウインドウ 2 2 の右方に表示される、キー SW 5 は経度数値入力モード選択キーとして機能し、キー SW 6 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 SW 7 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 SW 8 は区間設定実行キーとして機能する。

【0036】さらにウインドウ 2 2 の左側領域には、キー SW 1 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 SW 2 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 SW 3 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 SW 4 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。またウインドウ 2 2 の右側領域には、キー SW 5 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 SW 6 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 SW 7 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 SW 8 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、CDU 13 a のキーボードまたは MFD 14 a 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 SW 1 ~ SW 8 の機能を容易に把握することができる。さらにウインドウ 2 2 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】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 SW 1 を操作した後、ウインドウ 2 2 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 SW 5 を操作した後、ウインドウ 2 2 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 SW 3 を操作した後、MFD 14 a に表示された地図上のカーソルを、CDU 13 a のウイ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、MFD 14 a 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 SW 2 を操作した後、ウインドウ 2 2 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 8 を操作した後に、ウインドウ 2 2 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 SW 8 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 SW 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。

【0038】機能選択モードにおいて、キー SW 2 を操作して、始点入力モードを選択すると、CDU 13 a 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「RTE 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 SW 1 ~ SW 8 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。

【0039】図 6 は、模擬表示された CDU 13 a 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 SW 5 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、CDU 13 a 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 SW 1 は第 1 修正レーダ網の選択キーとして機能し、キー SW 2 は第 2 修正レーダ網の選択キーとして機能し、スイッチ SW 3 は第 3 修正レーダ網の選択キーとして機能し、キー SW 4 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 SW 8 は、レーダ網情報の追加キーとして機能する。

【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 SW 1 に対応して、このキー SW 1 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 GL100FT」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 SW 2 に対応して、このキー SW 2 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 GL100FT」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 SW 3 に対応して、このキー SW 3 によって選択されたレーダ網の種類などのデータ「<3 AEW R200NM FL300」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 SW 4 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 SW 8 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。これらの表示によって各キー SW 1 ~ SW 4 , SW 8 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 SW 5 ~ SW 7 は、機能を有していない。またこれらキー SW 5 ~ SW 7 の操作によって、レーダ網情報が 4 つ以上ある場合に、ウィンドウ 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、ウィンドウ 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 SW 1 ~ SW 3 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 SW 8 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 SW 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。

【0042】図 7 は、模擬表示された CDU 13 a のウィンドウ 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 SW 1 ~ SW 3 のいずれか、またはレーダ網情報追加キー SW 8 が選択されると、ウィンドウ 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、ウィンドウ 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、ウィンドウ 22 の左方表示される、キー SW 1 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 SW 2 は緯度の数値入力モード選択キーとして機能し、キー SW 3 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 SW 4 は個別レーダ網入力モード終了キーとして機能する。またウィンドウ 22 の右方に表示されるキー SW 5 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 SW 6 は緯度の数値入力モード選択キーとして機能し、キー SW 7 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。

【0043】さらにウィンドウ 22 内の左側領域には、キー SW 1 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 SW 2 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 SW 3 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 SW 4 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 2 2 内の右側領域には、キー SW 5 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 SW 6 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 SW 7 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 SW 8 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、CDU 13 a のキーボードまたは MFD 14 a 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 SW 1 ~ SW 8 の機能を容易に把握することができる。

【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 SW 1 ~ SW 3 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 SW 8 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 SW 1 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。このようなレーダ網入力モードにおいて、たとえばキー SW 1 を操作した後、ウインドウ 2 2 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 SW 5 を操作した後、ウインドウ 2 2 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 SW 6 を操作した後、ウインドウ 2 2 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 SW 7 を操作した後、ウインドウ 2 2 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 SW 8 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が終了したとき、キー SW 4 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 SW 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。

【0045】図 8 は、模擬表示された CDU 13 a の一部をウインドウ 2 2 に経路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。経路点

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、経路点が指定されると、指定した経路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路すべき経路点がある場合は、設定することが可能であり、経路点が特になければ、設定する必要がない。経路点を指定する手順は、MFD 14 a 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。以下に経路点の設定の手順について詳細に説明する。

【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 SW 6 を操作して経路点入力モードが選択されると、CDU 13 a のウインドウ 2 2 には、経路点入力手段 63 によって、経路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 2 2 の上部に経路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 2 2 の左方に表示される、キー SW 1 は第 1 経路点消去キーとして機能し、キー SW 2 は第 2 経路点消去キーとして機能し、キー SW 3 は第 3 経路点消去キーとして機能し、キー SW 4 は経路点入力モード終了キーとして機能する。またウインドウ 2 2 の右方に表示されるキー SW 8 は経路点追加モード選択キーとして機能する。

【0047】さらにウインドウ 2 2 内には、第 1 経路点消去キー SW 1 に対応して、このキー SW 1 の操作によって消去される経路点の名称「<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 経路点消去キー SW 2 に対応して、このキー SW 2 の操作によって消去される経路点の名称「<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 経路点消去キー SW 3 に対応して、このキー SW 3 の操作によって消去される経路点の名称「<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、経路点入力モード終了キー SW 4 に対応して、経路点入力モード終了キーであることを示す「<RETURN」が表示され、経路点追加モードキー SW 8 に対応して、カーソルによる経路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 SW 1 ~ SW 4 , SW 8 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 SW 5 ~ SW 7 は、機能を有していない。またこれらキー SW 5 ~ SW 7 の操作によって、経路点が 4 つ以上ある場合に、ウインドウ 2 2 に表示する 3 つの経路点を、前記 4 つ以上ある経路点の中から選択するようにしてもよい。なお、経路点が 4 つ以上ある場合は、ウインドウ 2 2 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。

【0048】経路点を消去するにあたっては、各キー S

W1 ~ SW3 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 SW8 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 SW8 を操作した後、MFD14a に表示される地図上でカーソルを用いて経路すべきウエ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 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。

【0049】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CDU13aのウィンドウ22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SW8を選択すると、飛行計画検索手段65の飛行経路選択接続手段66および地形による隠し効果計算手段67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エ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までの経路を検索する。

【0050】飛行経路選択接続手段66は、候補ウエイポイント選択手段を有し、連続的なウエイポイント選択は、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

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

ただし、KA = 空中レーダ網に対する重み (係数)
 KS = 地上レーダ網に対する重み (係数)
 KM = 機動に対する重み (係数)
 NA = 空中レーダ網の数
 NS = 地上レーダ網の数

【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

いた仮想円内のウエイポイントが、途中で経路するウエ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67によって、各候補ウエ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次的に求められる。さらに飛行経路選択接続手段66は、経路ウエ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。

【0051】つまり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、前記候補ウエイポイントの中から出発地点および目的地間で経路すべきウエイポイントを、経路ウエ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、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。

【0052】このような経路検索にあたって、出発地点および目的地が、経路データベース9に記録されたウエイポイントではない場合、飛行計画検索手段65は、この出発地点および目的地の最寄りの数カ所のウエイポイントを選択して、これら各ウエ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。

【0053】各ウエ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。

【0054】
 【数1】

いることによって、目的地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。

【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

10

20

30

50

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、経由するウエ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($i = 0$)から各ウエイポイント($i = 1 \sim n - 1$)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 はウエイポイント i に隣接するウエイポイント)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、各ウエイポイント 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 が最も小さいウエイポイント j をウエイポイント i として隣接するウエイポイント 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 を求めるウエイポイントをおとずれるとき、直前のウエ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エイポイントの配列によって、最短経路が求められる。

【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エイポイントが求めれば、これらを接続するウエイポイント間経路に関するデータを、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示す、候補経路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。

【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。

【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 78NM」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 R75NM」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 93NM」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。

【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。

【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 SW 1 ~ SW 3 のいずれかが操作されると、ウインドウ 2 2 には、飛行計画確認手段 6 8 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 2 2 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 2 の左方に表示されるキー SW 4 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、ウインドウ 2 2 の右方に表示されるキー SW 8 は、飛行経路の決定キーとして機能する。

【0064】さらにウインドウ 2 2 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。またウインドウ 2 2 には、候補経路確認モード終了キー SW 4 に対応して、このキー SW 4 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 SW 8 に対応して、このキー SW 8 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。

【0065】また上記飛行計画検索手段 6 5 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 SW 1 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 SW 8 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 SW 4 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 SW 4 を操作して機能選択モードに戻ることができる。

10 【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。

20 【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 SW 7 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 SW 3 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 6 4 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。

30 【0069】図 11 は、MFD 14 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 6 4 によって、MFD 14 a 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 7 0 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 8 1 で示される緯度および参照符 8 2 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「Center35:50:38.62 137:43:43.93」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

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」と付されたウェイポイントの丸印「」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」と付されたウェイポイントの丸印「」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」と付される各ウェ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次元的に表示し、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次元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。

【0073】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MDまたはFD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CDU13は、CDU模擬手段6によって、模擬表示されるCDU13a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、MFD14は、MFD模擬手段7によって、模擬表示されるMFD14a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CDU13aに代えて接続されるCDU13、および模擬表示されるMFD14aに代えて接続されるMFD14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。

【0074】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、CDU13による表示および操作、ならびにMFD14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。

【0075】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。

【0076】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。

【0077】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。

【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。

【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。

【0082】

【発明の効果】請求項1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。

【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、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。

【0085】請求項4記載の本発明によれば、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が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。

【0086】請求項5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路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、出発地点から経路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。

【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ューが表示された状態で示す図である。

10 【図8】CDU13a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】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が表示された状態で示す図である。

【図10】CDU13a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。

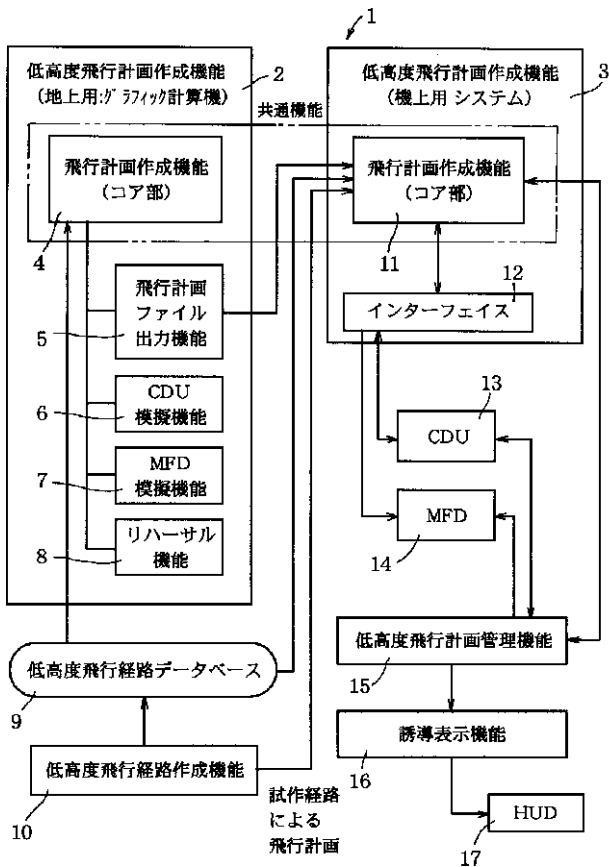
【図11】MFD14aによる飛行計画経路の表示の一例を示す図である。

20 【図12】MFD14による飛行計画管理画面の一例を示す図である。

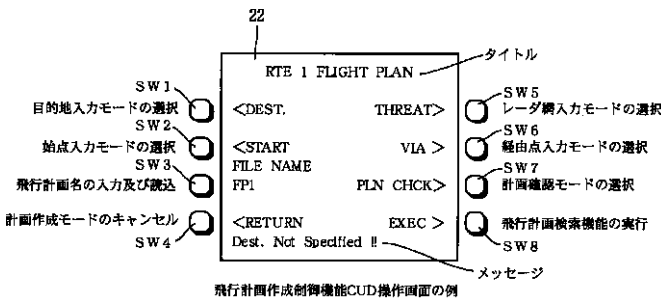
【符号の説明】

- 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
- 30 8 リハーサル手段
- 12 インターフェイス
- 13, 13a CDU
- 14, 14a 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
- 40 63 経由点入力手段
- 64 各種処理手段
- 65 飛行計画検索手段
- 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

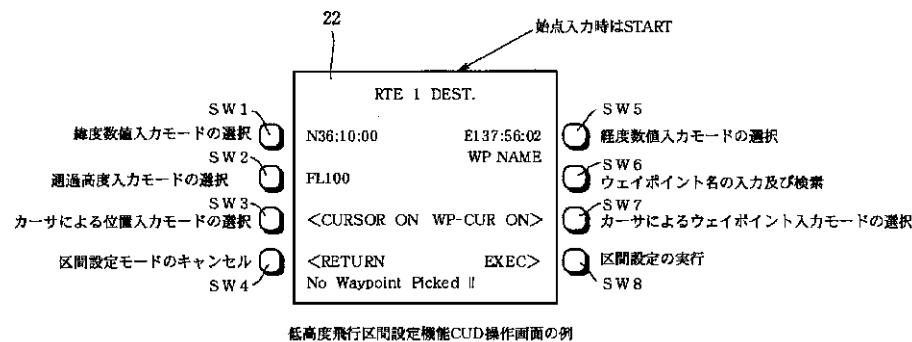
【図 1】



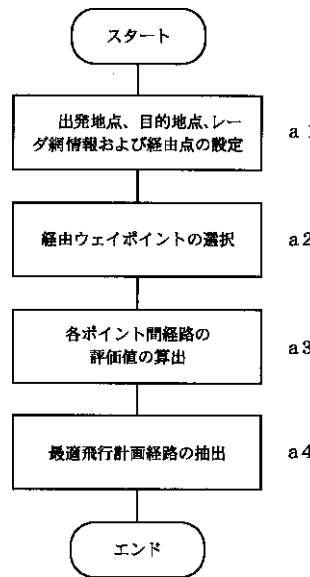
【図 4】



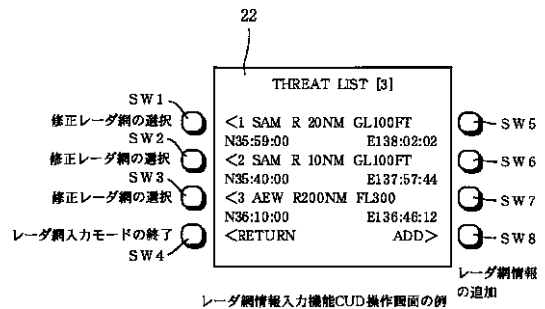
【図 5】



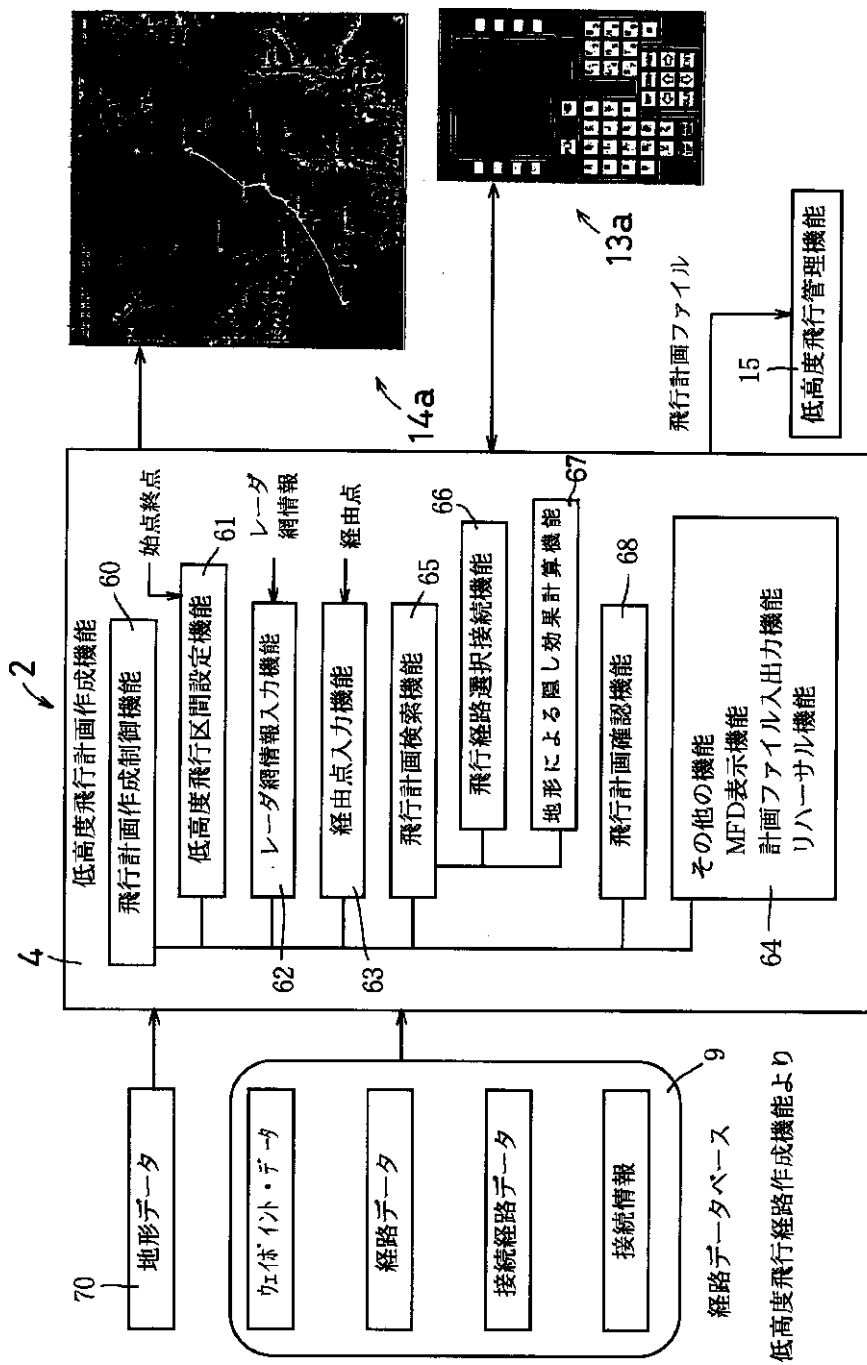
【図 3】



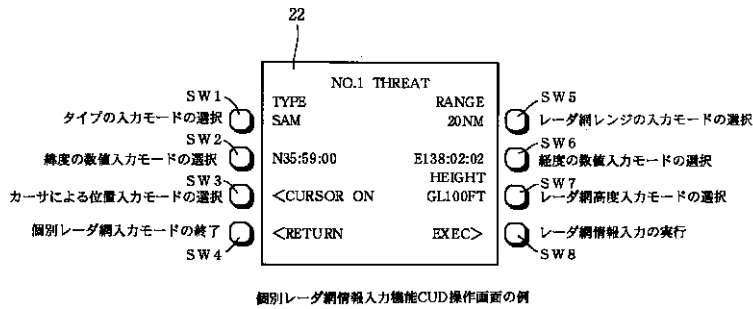
【図 6】



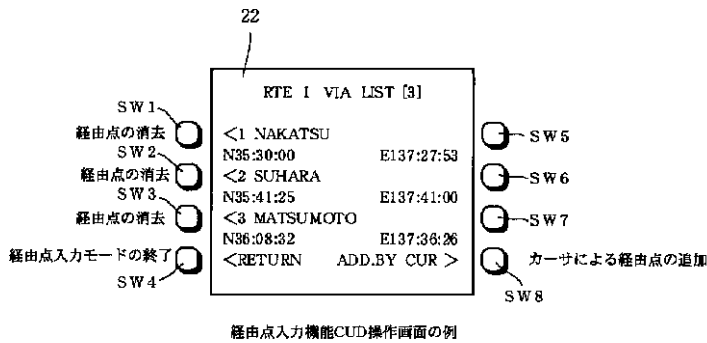
【図2】



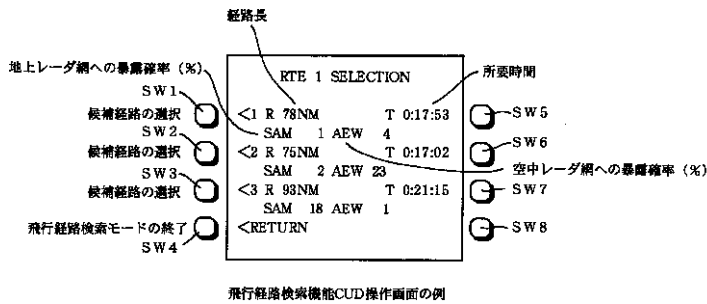
【 図 7 】



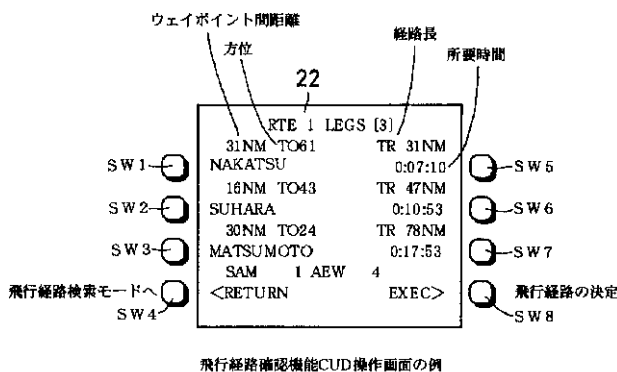
【 図 8 】



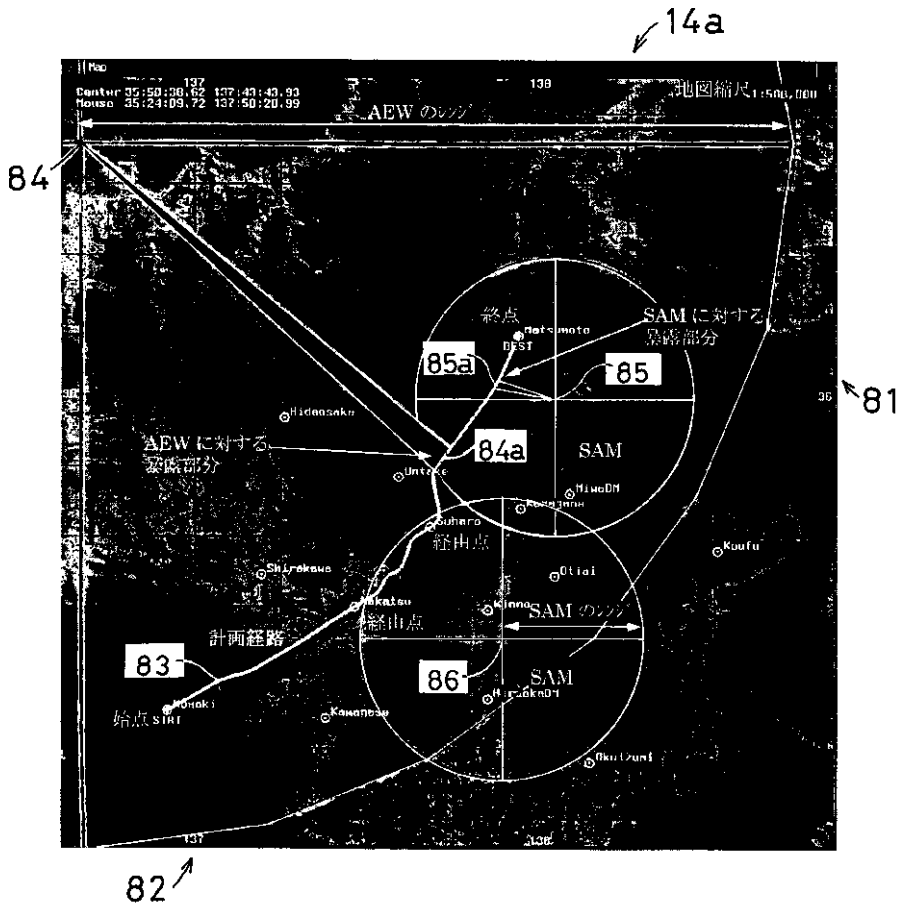
【 図 9 】



【 図 10 】

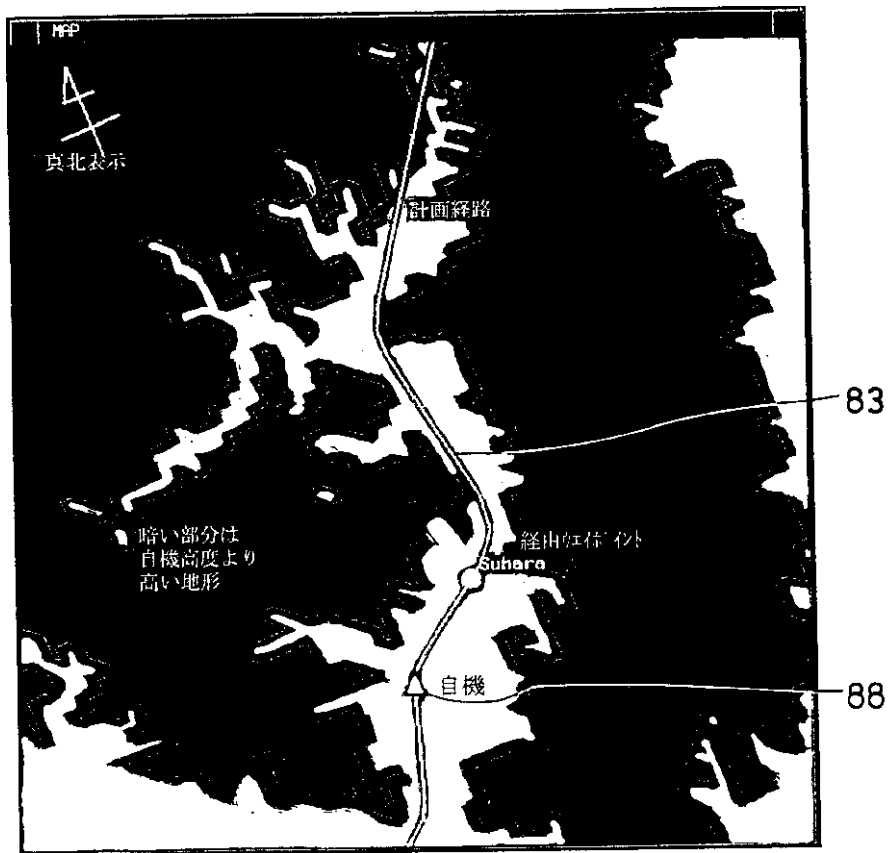


【図11】



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
Fターム(参考) 2F029 AA05 AB13 AC08
5H180 AA26 FF22 FF32