

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコード <sup>8</sup> (参考)
G01C 21/00		G01C 21/00	Z 2F029
B64D 43/00		B64D 43/00	5H180
G08G 5/00		G08G 5/00	A

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全15頁)

(21)出願番号 特願2001 - 328004( P 2001 - 328004)

(22)出願日 平成13年10月25日(2001.10.25)

(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

(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 藤本 直

千葉県千葉市美浜区磯辺 5 - 15 - 5 - 104

(74)代理人 100075557

弁理士 西教 圭一郎 (外 2 名)

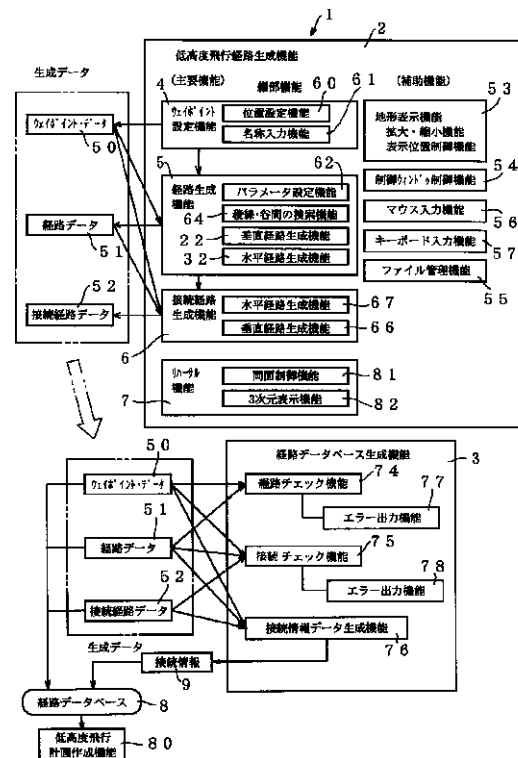
最終頁に続く

(54)【発明の名称】低高度飛行経路の作成方法および装置

(57)【要約】

【課題】 頻繁な各種変更要因に対して、実飛行可能で最適な飛行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経路の作成方法および装置を提供する。

【解決手段】 各ウェイポイント間経路の決定を制限する条件および地図データに基づいて、地形による隠し効果の高い連続的な稜線および谷間を検索し、連続的な谷間に対する垂直および水平方向の対地クリアランスを満足し、かつ航空機の機動能力を満足する垂直方向の飛行可能領域を算出して求められる、垂直ウェイポイント間経路の高度帯で、水平方向の対地クリアランスを満足し、かつ前記連続的な稜線に可能な限り接近した水平方向の飛行可能境界線を算出して簡略化し、直線軌道と曲線軌道とに変換して、水平ウェイポイント間経路を求め、これらの垂直および水平ウェイポイント間経路の決定と同様に、垂直接続経路および水平接続経路を求め、複数のウェイポイント間経路および接続経路をデータベース化し、各種の経路変更要因に対して最適な経路を選択して接続することにより 3 次元飛行計画経路を作成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 飛行経路の出発地点、到達地点および経由地点となる複数のウェイポイントを設定し、各ウェイポイント間経路を決定するにあたって制限される各種の条件および地図データに基づいて、地形による隠し効果の高い山陰を利用するために沿って飛行すべき連続的な稜線および谷間を検索し、前記連続的な谷間に対する垂直方向および水平方向の対地クリアランスを満足し、かつ航空機の機動能力を満足する垂直方向の飛行可能領域を算出して、ウェイポイント間を接続する垂直方向のウェイポイント間経路を求め、前記垂直方向のウェイポイント間経路の高度帯で水平方向の対地クリアランスを満足し、かつ前記沿って飛行すべき連続的な稜線に可能な限り接近した水平方向の飛行可能境界線を算出して簡略化し、水平方向のウェイポイント間経路を求め、前記水平および垂直方向のウェイポイント間経路を経由地点で、水平方向および垂直方向の対地クリアランスを満足し、かつ、航空機の機動能力を満足する水平および垂直方向の経路で接続する接続経路を求め、各複数のウェイポイント間経路および接続経路を選択的に接続して、出発地点と到達地点とを結ぶ 3 次元飛行計画経路を作成することを特徴とする低高度飛行経路作成方法。

【請求項 2】 各複数のウェイポイント間経路および接続経路は、経路両端の各ウェイポイントに関する情報が付された識別コードを記号化したファイル名を有するファイルとしてデータベース化され、各ファイルには、経路生成時に経路両端の緯度および経度が記録されていることを特徴とする請求項 1 記載の低高度飛行経路の作成方法。

【請求項 3】 飛行経路の出発地点、到達地点および経由地点となる複数のウェイポイントを設定するウェイポイント設定手段と、各ウェイポイント間経路を決定するにあたって制限される各種の条件および地図データに基づいて、地形による隠し効果の高い山陰を利用するために沿って飛行すべき連続的な稜線および谷間を検索し、この連続的な谷間に対する垂直方向および水平方向の対地クリアランスを満足し、かつ航空機の機動能力を満足する垂直方向の飛行可能領域を算出して、垂直方向の複数の垂直ウェイポイント間経路を求めるとともに、垂直方向のウェイポイント間経路の高度帯で水平方向の対地クリアランスを満足し、かつ前記沿って飛行すべき連続的な稜線に可能な限り接近した水平方向の飛行可能境界線を算出して簡略化し、水平方向の複数の水平ウェイポイント間経路を求める個別経路生成手段と、前記垂直方向および水平方向のウェイポイント間経路を経由地点で対地クリアランスを満足し、かつ航空機の機

動能力を満足する水平方向および垂直方向の経路で接続する接続経路を求める接続経路生成手段とを含み、個別経路生成手段によって生成された垂直ウェイポイント間経路および水平ウェイポイント間経路、接続経路生成手段によって生成された垂直接続経路および水平接続経路は、データベース化されることを特徴とする低高度飛行経路の作成装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

10 【発明の属する技術分野】本発明は、山の稜線と谷間の間の高度帯をその稜線に沿って低高度で飛行するラインマスキング航法による航行支援および飛行計画などに好適に用いることができる低高度飛行経路の作成方法および装置に関する。なお、本発明において、「垂直」とは「鉛直」を意味するものとする。

【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。

20 【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

30 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地上レーダ網および空中レーダ網などの避けるべきレーダ網のデータに基づいて、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。

40 【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避けるべき地上および空中の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

50

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するとしているが、航空機の機動能力が考慮されおらず、航空機の機動能力内で実際に飛行可能な経路と探索モデルが異なることから最適性が損われるという問題がある。

【0009】本発明の目的は、航空機の機動能力を考慮して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経路の作成方法および装置を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の本発明は、飛行経路の出発地点、到達地点および経由地点となる複数のウェイポイントを設定し、各ウェイポイント間経路を決定するにあたって制限される各種の条件および地図データに基づいて、地形による隠し効果の高い山陰を利用するために沿って飛行すべき連続的な稜線および谷間を検索し、前記連続的な谷間に対する垂直方向および水平方向の対地クリアランスを満足し、かつ航空機の機動能力を満足する垂直方向の飛行可能領域を算出して、ウェイポイント間を接続する垂直方向のウェイポイント間経路を求め、前記垂直方向のウェイポイント間経路の高度帯で水平方向の対地クリアランスを満足し、かつ前記沿って飛行すべき連続的な稜線に可能な限り接近した水平方向の飛行可能境界線を算出して簡略化し、水平方向のウェイポイント間経路を求め、前記水平および

垂直方向のウェイポイント間経路を経由地点で、水平方向および垂直方向の対地クリアランスを満足し、かつ、航空機の機動能力を満足する水平および垂直方向の経路で接続する接続経路を求め、各複数のウェイポイント間経路および接続経路を選択的に接続して、出発地点と到達地点とを結ぶ3次元飛行計画経路を作成することを特徴とする低高度飛行経路作成方法である。

【0011】本発明に従えば、対地クリアランスおよび航空機の機動能力を満足するようにあらかじめ作成した経路の中から各種の飛行経路の変更要因に対して最適な各複数の水平ウェイポイント間経路および水平接続経路を選択的に接続して、出発地点と到達地点とを結ぶ3次元飛行計画経路を作成するので、実飛行可能で、かつ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。

【0012】請求項2記載の本発明は、請求項1記載の構成において、各複数のウェイポイント間経路および接続経路は、経路両端の各ウェイポイントに関する情報が付された識別コードを記号化したファイル名を有するファイルとしてデータベース化され、各ファイルには、経路生成時に経路両端の緯度および経度が記録されていることを特徴とする。

【0013】本発明に従えば、各複数のウェイポイント間経路ならびに各複数の接続経路は、経路両端の各ウェイポイントに関する情報が付された識別コードを記号化したファイル名を有するファイルとしてデータベース化され、各ファイルには、経路生成時に経路両端の緯度および経度が記録されているので、ウェイポイントの識別コードによって呼び出されたファイル内の緯度および経度と、ウェイポイントの緯度および経度との一致/不一致を確認することによって、各ウェイポイント間経路および各接続経路に関する緯度および経度と、各ウェイポイントの緯度および経度との整合性を、容易かつ迅速に確認することができる。このような整合性の確認は、各ウェイポイントの緯度および経度に対して、データファイルに設定されている各経路の両端位置がずれていると、出発地点および到達地点間に、各ウェイポイント間経路および各接続経路から正確な経路の抽出および接続ができなくなり、その結果、出発地点および到達地点間を結ぶ連続した飛行計画経路の生成が不可能になってしまうからである。したがって各ウェイポイントの緯度および経度と、各経路の緯度および経度とは整合しなければならず、このようなファイル保管データの整合性の確認は極めて重要であり、この確認作業を容易かつ迅速に行えることによって、飛行計画経路の設定作業を支援することができる。

【0014】請求項3記載の本発明は、飛行経路の出発地点、到達地点および経由地点となる複数のウェイポイントを設定するウェイポイント設定手段と、各ウェイポイント間経路を決定するにあたって制限される各種の条

件および地図データに基づいて、地形による隠し効果の高い山陰を利用するために沿って飛行すべき連続的な稜線および谷間を検索し、この連続的な谷間に対する垂直方向および水平方向の対地クリアランスを満足し、かつ航空機の機動能力を満足する垂直方向の飛行可能領域を算出して、垂直方向の複数の垂直ウェイポイント間経路を求めるとともに、垂直方向のウェイポイント間経路の高度帯で水平方向の対地クリアランスを満足し、かつ前記沿って飛行すべき連続的な稜線に可能な限り接近した水平方向の飛行可能境界線を算出して簡略化し、水平方向の複数の水平ウェイポイント間経路を求める個別経路生成手段と、前記垂直方向および水平方向のウェイポイント間経路を経由地点で対地クリアランスを満足し、かつ航空機の機動能力を満足する水平方向および垂直方向の経路で接続する接続経路を求める接続経路生成手段と含み、個別経路生成手段によって生成された垂直ウェイポイント間経路および水平ウェイポイント間経路、接続経路生成手段によって生成された垂直接続経路および水平接続経路は、データベース化されることを特徴とする低高度飛行経路の作成装置である。

【0015】本発明に従えば、対地クリアランスおよび航空機の機動能力を満足するようにあらかじめ作成した経路の中から各種の飛行経路の変更要因に対して最適な各複数の水平ウェイポイント間経路および水平接続経路を選択的に接続して、出発地点と到達地点とを結び3次元飛行計画経路を作成するので、実飛行可能で、かつ、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。

【0016】

【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経路の作成方法が実施される低高度飛行経路作成装置1の全体の構成を簡略化して示すブロック図である。本実施の形態の低高度飛行経路作成装置1は、実際に飛行可能な3次元低高度飛行経路を個別に生成する個別経路作成手段2と、この個別経路作成手段2によって生成された多数の低高度飛行経路を統合してデータベース化し、経路データベース8を作成する経路データベース生成手段3とに大別される。

【0017】図2は、複数のウェイポイントWPが相互に個別経路線mによって道路網状に結ばれた状態を示す図である。上記の個別経路作成手段2は、ウェイポイント設定手段4と、個別経路生成手段5と、接続経路生成手段6と、リハーサル手段7とを含む。ウェイポイント設定手段4は、飛行経路の出発地点および到達地点および経由点となる複数のウェイポイントWP1, WP2, ... (総称する場合には、ウェイポイントWPと記す) が設定される。個別経路生成手段5は、ウェイポイント設定手段4に設定された各ウェイポイントWPを直線的に結び複数の個別経路線m1, m2, ... (総称する場合には、個別経路mと記す) に沿って各ウェイポイントWP

を接続する複数の低高度の飛行経路を3次的にそれぞれ生成する。接続経路生成手段6は、各個別経路線mを相互に結ぶ複数の接続経路線n1, n2, ... (総称する場合には、接続経路nと記す) に沿って、個別経路生成手段5によって生成された各ウェイポイントWP間の3次元低高度飛行経路を接続する低高度の複数の接続経路を3次的にそれぞれ生成する。リハーサル手段7は、生成された各個別経路線mに沿う各飛行経路および各接続経路線nに沿う各接続経路を画面に表示してシミュレートする。

【0018】ウェイポイント設定手段4は、設定される各ウェイポイントWPに関するデータをファイル化してウェイポイントファイル50を作成する。個別経路生成手段5は、生成した各飛行経路に関するデータをファイル化して個別経路ファイル51を作成する。接続経路生成手段6は、生成した各接続経路に関するデータをファイル化して接続経路ファイル52を作成する。作成された各ファイル50~52の管理は、個別経路作成手段2のファイル管理手段55によって行われる。

【0019】図3は、個別経路作成手段2によって作成されるウェイポイントファイル50、および経路データベース生成手段3によって作成される接続情報ファイル9の内容を簡略化して示す図である。ウェイポイントファイル50は、経路データベースの基準点となる複数のウェイポイントWPをその緯度Nおよび経度Eと対応づけてファイル化されている。経路データベース生成手段3は、このウェイポイントファイル50、個別経路ファイル51および接続経路ファイル52を検索して、経路データすなわち個別経路に関するデータの有無などによって、各ウェイポイントWP間の接続状況を表す接続情報を生成し、ファイル化して接続情報ファイル9を作成する。前記ウェイポイントファイル50においては、たとえばウェイポイントWP1に関する情報として緯度N36°20'24"および経度E136°30'15"が、「WP1 N36:20:24 E136:30:15」と書き込まれ、また前記接続情報ファイル9においては、たとえばウェイポイントWP1に関する接続情報としてウェイポイントWP1に経路によって接続されるすべてのウェイポイントWP2, WP3, WP4, WP5が、「WP1: WP2, WP3, WP4, WP5」と書き込まれている。

【0020】図4は、地図上に複数のウェイポイントWPおよび各ウェイポイントWPの設定操作を行うための設定用サブウィンドウ14などが表示されたウェイポイント設定画面10を示す図である。個別経路作成手段2は、地形表示制御手段53を有しており、図示しないディスプレイの画面をウェイポイント設定画面10に切換え、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12で示される緯度および参照符13で示される経度とともに表示する。さらに個別経路作成手段2



は、サブウィンドウ制御手段 54 を有しており、ウエイポイント設定画面 10 の右寄りにウエイポイント WP を設定するためのサブウィンドウである設定用サブウィンドウ 14 を表示する。また個別経路作成手段 2 は、マウス入力制御手段 56 およびキーボード入力制御手段 57 を有しており、これら各手段 56, 57 によって図示しない入力手段であるマウスおよびキーボードの操作者による操作に基づいて、その入力情報を適宜選択して各手段 4 ~ 7, 53 ~ 55 にそれぞれ与え、前記入力情報に従って図示しないディスプレイの画面の表示を変更するなどの処理をすることができる。

【0021】この設定用サブウィンドウ 14 内には、そのサブウィンドウ表示がウエイポイント WP を設定するためのものであることを示すタイトル「Waypoint」が表示され、さらにその内側には設定領域を示すサブタイトル「Waypoint Date」が表示される。このサブタイトル「Waypoint Date」の枠内には、ウエイポイント設定画面 10 内の全ウエイポイント WP の数に対する指定ウエイポイント WP の番号「No. = 7 / 15」、指定ウエイポイント WP の名称「Name = Suhara」、指定ウエイポイント WP の緯度「Lat. = N35:41:24.73」、指定ウエイポイントの経度「Lan. = E137:41:00.61」、指定ウエイポイント WP の標高「G.L. = 1828 ft」、高度「H [ft] = 3300」、この高度を自動設定値 / 手動入力値のモードを切り換えるためのスイッチ「Auto」、およびデジタルマップ表示モード切り換えスイッチ（飛行高度より高い地形を赤く表示するモードを ON / OFF する）を示す「D.M.Disp.Mode」, 「OFF」が表示される。

【0022】また設定用サブウィンドウ 14 内の上記サブタイトル「Waypoint Date」の枠の下には、ウエイポイント位置の入力方法を選択するためのもう一つの設定領域が設けられ、その枠内には設定内容が入力方法の選択であることを示す「Location Input」、マウス選択スイッチ「Mouse」、および画面中心の選択スイッチ「Center」が表示される。さらに設定用サブウィンドウ 14 の最も下の領域には、ウエイポイント WP の設定内容の確認のための「Mod. WP」が表示され、その右横には、設定内容の変更を適用するためのスイッチ「OK?」が表示され、さらにその右横には設定内容をキャンセルするためのスイッチ「QUIT」が表示される。

【0023】各ウエイポイント WP は、マウスまたはキーボードの操作によって設定用サブウィンドウ 14 の前記各スイッチを操作して入力モードなどを制御するとともに、マウスをクリックして地図上のポインタ表示位置

に指定する、またはキーボードを用いて緯度および経度ならびに名称を入力するなど、マウスおよび / またはキーボードの操作によって、画面 10 の地図上において、ウエイポイント WP を追加、変更および削除して、設定することができる。このように画面 10 上で地図と対応させて設定することができるので、各ウエイポイント WP の設定作業が容易である。

【0024】このようにして設定された各ウエイポイント WP は、対象とする地域の地図（または平面地形）が表示された画面 10 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。また画面 10 の左上には、その画面の中央の位置に対応する地図上の位置が「Center 35:41:24.73 137:41:00.61」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 35:23:10.83 138:28:38.54」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、あるいは置数キーによって画面の中央に呼び出したい緯度および経度を指定して実行キーで移動させ、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。またウエイポイント設定手段 4 は、上記のように設定される各ウエイポイント WP に関して、緯度および経度などの位置情報を位置設定手段 60 によって、名称などを名称入力制御手段 61 によってそれぞれ処理し、ウエイポイントファイル 50 を作成する。

【0025】図 5 は、指定された 2 つのウエイポイント WP を接続する経路を生成する手順を説明するためのフローチャートである。指定された 2 つのウエイポイント WP を接続する経路を、個別経路生成手段 5 によって生成するにあたっては、まずステップ a1 で、この個別経路生成手段 5 のパラメータ設定手段 62 によって経路を生成するための条件となる次のような各種のパラメータを設定する。

【0026】

【表 1】

パラメータ	内 容	デフォルト値
飛行速度	旋回半径等の制限を設定するための基準速度	250kt
バンク角制限	旋回時のバンク角制限	30deg
垂直対地クリアランス	垂直方向の対地クリアランス	500ft
水平対地クリアランス	水平方向の対地クリアランス	1000ft
谷の水平クリアランス	谷底を飛行する際の安全確保に必要な谷の幅	1nm
経路角	飛行速度および高度における最大上昇経路角 に対して使用可能とする経路角の割合	80%
アッシュオーバーG	下降に遷移するときの許容アッシュオーバーG	0.2g
ブルアップG	上昇に遷移するときの許容ブルアップG	0.2g

【0027】上記の表1において、各パラメータとしては、飛行速度、バンク角制限、垂直対地クリアランス、水平対地クリアランス、谷の水平クリアランス、経路角、ブッシュオーバー加速度、およびブルアップ加速度であり、各パラメータのデフォルト値として、前記飛行速度に対して旋回半径などの制限を設定するための基準速度「250kt」が設定され、バンク角制限に対して旋回時のバンク角の制限値として「30deg」が設定され、垂直対地クリアランスに対して垂直方向の対地クリアランスとして「500ft」が設定され、水平対地クリアランスとして「1000ft」が設定され、さらに谷の水平クリアランスに対して谷底を飛行する際の安全確保に必要な谷の幅として「1nm」が設定され、経路角に対して飛行速度および高度における最大上昇経路角に対して使用可能な経路角の割合として「80%」が設定され、ブッシュオーバー加速度に対して下降に遷移するときの許容ブッシュオーバー加速度として「0.2g」が設定され、ブルアップ加速度に対して上昇に遷移するときの許容ブルアップ加速度として「0.2g」が設定される。

【0028】これらのデフォルト値を変更するときには、マウスおよびキーボードなどを操作して、サブウィンドウ制御手段54によって、ディスプレイの画面に、上記の設定用サブウィンドウ14のように、各種のパラメータ設定情報を表示し、およびデータの入力など行うことができる検索用サブウィンドウを表示し、この検索用サブウィンドウを用いて、キーボードによって数値入力を行う。

【0029】次に、ステップa2で、経路を生成するために基準となる連続的な稜線および谷間を検索して見つけ出す必要がある。テラインマスキング航法によって地形による隠し効果の高い山陰を利用するためには、沿って飛行すべき連続的な稜線および谷間を地図上の地形データを探索して見つけ出す。稜線および谷間の検索には、地形の標高、総経路長、および基準線からの偏差などを評価パラメータとして、連続的な地形を検索するダイナミックプログラミングなどの手法を使用する。

【0030】またこの検索には、沿うべき稜線の方向の指定、評価パラメータの変更、地形表示への検索結果および検索過程の重畳表示、ならびに手動による搜索拘束

点の指定などの各種の機能が具備されており、これらに必要な情報は、上記の搜索用サブウィンドウによって表示され、この搜索用サブウィンドウを用いて、上記の搜索に関する機能を実行することができる。このようなステップa2の搜索は、個別経路生成手段5の稜線および谷間搜索手段64によって行われる。

【0031】図6は、稜線および谷間の搜索結果が表示された搜索結果表示画面17の表示の一例を示す図である。この搜索結果表示画面17には、地図上に地名「Nakatsu」が付されたウエイポイントWP1と、地名「Matsumoto」が付されたウエイポイントWP2とを直線で接続する個別経路線mが、地図に表示された谷間18に沿って画面17の上下方向中央部を左右に横切るようにして表示されており、この経路線63の下方には稜線19が表示される。

【0032】このような個別経路線mは、すべてのウエイポイントWPに対して、前述の図2に示されるように、指定された2つのウエイポイントWPの組み合わせについて、いわばジャンクション間を繋ぐ道路網のようにそれぞれ設定されるが、これは各ウエイポイントWP間で接続されるべき実飛行経路を決定するにあたって、各ウエイポイントWPを相互にリンクさせるためのデータ間の関係を設定するものであって、垂直方向および水平方向のクリアランスの確保などについては、後述のようにして決定される。

【0033】図7は、垂直飛行経路の生成結果が表示された垂直飛行経路表示画面21の表示の一例を示す図である。ステップa2における連続的な稜線および谷間の検索が終了すると、次のステップa3で、個別経路生成手段5の垂直飛行経路生成手段22によって垂直飛行経路29を生成する。垂直ウエイポイント間経路である垂直飛行経路29は、垂直方向の対地クリアランスおよび谷間の水平クリアランスを満足し、地形の起伏に基づいて航空機の機動能力、すなわち飛行性能上、許容される範囲の空間で、可能な限り稜線と谷間の間の高度帯を通るように設定される。垂直飛行経路は、ワークロードの軽減のためにできるだけ簡略化し、直線軌道、ブッシュオーバー軌道、およびブルアップ軌道の組合せによって構成する。

【0034】すなわち、垂直飛行経路生成手段22は、谷間に対する垂直方向の対地クリアランスによる最低飛行可能高度の設定、谷間の水平クリアランスによる最低飛行可能高度の設定、機動加速度Gおよび経路角限界による最低飛行可能高度の設定、稜線と谷間の間の高度帯の算出、飛行高度の設定、飛行経路の簡略化、直線軌道、プッシュオーバー軌道およびプルアップ軌道による経路の決定、設定結果および設定過程と地形との重畳表示、ならびに手動による飛行経路の変更などの各種の情報処理手段によって構成される。手動による飛行経路の変更は、垂直飛行経路表示画面21に、飛行経路変更用のサブウインドウを表示し、このサブウインドウを用いて、行うことができる。

【0035】このような垂直飛行経路生成手段22によって生成された垂直飛行経路の設定結果の一例を示す図7において、縦軸は高度[ft.]であり、横軸は飛行経路に沿う距離を示している。この経路に沿う縦断地形として、地形標高23、稜線19、および稜線と谷間の間の高度帯が示され、また垂直経路の生成結果として、対地クリアランスおよび谷間の水平クリアランスを考慮した最低飛行可能高度25、運動能力を考慮した最低飛行可能高度26、複数のプルアップ軌道27a、27b、複数のプッシュオーバー軌道28a、28b、28c、ならびに垂直飛行経路29が示される。

【0036】図8は、水平飛行経路の生成結果が表示された水平飛行経路表示画面31の表示の一例を示す図である。ステップa3における垂直飛行経路29の生成が終了すると、次のステップa4で、個別経路生成手段5の水平飛行経路生成手段32によって水平飛行経路37を生成する。水平ウェイポイント間経路である水平飛行経路37は、垂直方向の飛行経路29で設定された高度帯に対して水平方向の左右の地形の対地クリアランスを満足する領域に設定される。また水平飛行経路37は、上記のようにして搜索した稜線に可能な限り接近するように策定されるため、稜線側の飛行領域の境界線35aを、平地側の境界線35bとによって挟まれる飛行可能領域内で簡略化し、旋回軌道と直線軌道とに変換することによって生成する。

【0037】すなわち、水平飛行経路生成手段32は、垂直飛行経路生成手段32によって設定された設定高度帯における左右方向の飛行可能領域の算出、稜線方向の境界線の簡略化、バンク角制限などによる旋回軌道の設定、旋回軌道の接続、対地クリアランスの確認および垂直方向飛行経路の再設定、設定結果および設定過程と地形との重畳表示、ならびに手動による飛行経路の変更などの各種の情報処理手段によって構成される。手動による飛行経路の変更は、垂直飛行経路の生成の場合と同様に、水平飛行経路表示画面31に、飛行経路変更用のサブウインドウを表示し、このサブウインドウを用いて、行うことができる。

【0038】このような水平飛行経路生成手段32によって生成された水平飛行経路の設定結果の一例を示す図8において、平面地形として、地形図上に稜線19と谷間18とが示され、水平経路の生成結果として、飛行可能領域を示す稜線側および平地側の境界線35a、35b、2つのウェイポイントWP1、WP2、複数の旋回軌道36a、36b、36c、36d、36e、ならびに生成される水平飛行経路37が示される。このようにして個別経路生成手段5において最終的に生成される水平飛行経路37および垂直飛行経路29が、3次元低高度飛行経路に相当する。個別経路生成手段5は、水平飛行経路37に関するデータ、垂直飛行経路29に関するデータおよび個別経路線mに関するデータなどをファイル化して、個別経路ファイル51を作成する。

【0039】前記接続経路生成手段6は、前もって生成された、1つのウェイポイントWP1と、他の2つのウェイポイントWP2、WP3を接続する2本の個別経路m1、m2に沿う水平飛行経路を接続する接続経路を、各接続経路線nに沿って生成するための手段である。この接続経路は、飛行計画時に連続的にウェイポイント間の水平飛行経路が選択されると、該当する接続経路に関するデータが呼び出されて、各水平飛行経路を連続的に接続するために用いられる。

【0040】垂直接続経路は、垂直方向および水平方向の各対地クリアランスを満足し、かつ航空機の機動能力を満足する垂直方向の飛行可能領域を算出して求められ、各個別経路を相互に接続する。水平接続経路は、前記複数の垂直接続経路の高度帯で水平方向の対地クリアランスを満足し、航空機の機動能力を満足するように求められる。接続経路生成手段6は、水平接続経路に関するデータ、垂直接続経路に関するデータおよび接続経路線nに関するデータなどをファイル化して、接続経路ファイル52を作成する。

【0041】この接続経路生成過程においても、各ウェイポイント間の経路生成と同様に、ユーザによるマニュアル操作が可能なユーザインターフェイス、生成される経路を容易に確認するための地形表示、および経路を飛行する様子をシミュレートするための後述のリハーサル機能のインターフェイスなどを備えている。具体的には、画面に地図とともにサブウインドウを表示し、このサブウインドウを用いて、経路の変更などを行うことができる。

【0042】図9は、飛行経路のリハーサル表示画面41の一例を示す図である。リハーサル手段7は、画面制御手段81および3次元表示手段82を有しており、リハーサル表示画面41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41には、垂直および水平飛行経路生成手段22、32によって生成した低高度飛行経路29および37に沿って複数の凹状の飛行経路

シンボル 4 2 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 4 1 には、自機が三角形の自機シンボル 4 3 によって表示され、この自機シンボル 4 3 によって示される自機の垂直方向の対地クリアランスが垂直対地クリアランススケール 4 4 によって、また水平方向の対地クリアランスが水平対地クリアランススケール 4 5 によってそれぞれ表示される。各対地クリアランススケール 4 4 , 4 5 は、符号「{」にクリアランスの距離「500ft」、「1000ft」をそれぞれ付して示され、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。

【0043】図 10 は、個別経路作成手段 2 によって個別に作成された低高度飛行経路 3 7 をデータベース化する手順を説明するための図である。前述した個別経路生成手段 5 および接続経路生成手段 6 を含む個別経路作成手段 2 によって生成された個別の経路は、出発地点と到着地点とを結ぶ全飛行計画経路を作成するために、各経路毎に個別にファイル 5 0 ~ 5 2 を作成してアクセスし、経路の有無を調べる必要がある。各ファイル 5 0 ~ 5 2 をアクセスするにあたっては、飛行計画作成時にレーダ網情報などに基づいて連続的にウエイポイント WP を選択する必要があるため、計算量が多くなり、計算機にとって負荷が大きくなってしまふ。またデータベースに基づく経路作成作業においては、接続経路を生成した後、各ウエイポイント間の経路を変更すると、経路に関するデータの不整合が起こってしまう。このような不具合を解決するために、このデータベース生成手段 3 は、個別経路間の不整合をチェックした上で、経路の接続情報をファイル化し、飛行計画作成の効率化およびエラー発生防止を図ることができるように構成される。

【0044】具体的には、経路データベース生成手段 3 は、各ウエイポイント間経路のデータの整合性をチェックするために、各ウエイポイントに関連するすべてのウエイポイント間経路のデータファイルを検索し、経路とウエイポイントとの整合性をチェックするための経路チェック手段 7 4、各ウエイポイント間経路と接続経路とのデータの整合性をチェックするために、各ウエイポイント間経路に関するすべての接続経路のデータファイルを検索し、各ウエイポイント間経路と接続経路との接点位置を計算して整合性をチェックするための接続チェック手段 7 5、および飛行計画作成時に効率的な経路探索を可能とするために、接続可能なウエイポイントの組合せに加えて、左右いずれの稜線に沿う経路の使用が可能かという判定および各経路長などの情報を作成して準備する接続情報作成手段 7 6 を含む。

【0045】前記経路チェック手段 7 4 においては、各ウエイポイント間の経路、すなわち垂直飛行経路 2 9 および水平飛行経路 3 7 は、各ウエイポイント WP の識別番号などを記号化したファイル名を有し、経路生成時に

経路両端の経度および緯度が保持されている。またウエイポイント WP の識別番号で呼び出された個別経路ファイル 5 1 内の経度および緯度が、ウエイポイント WP の経度および緯度と一致していれば、整合しているものと判断する。前記識別番号で呼び出した個別経路ファイル 5 1 内の経度および緯度が、ウエイポイント WP の経度および緯度と一致していない場合には、エラー出力手段 7 7 によってエラーメッセージをディスプレイに出力して画面に表示するとともに、エラーファイルにエラーとなったすべての経路の情報を記録する。こうしてエラーとなった経路の情報が記録されたエラーファイルは、垂直飛行経路および水平飛行経路に関するデータを修正するために参照される。

【0046】前記接続チェック手段 7 5 においては、接続経路は、ウエイポイントの識別番号などを記号化したファイル名を有し、生成時に使用した 2 つのウエイポイント間経路名、および経路接続のための経路の接点に関する情報が保存されている。この接点の位置が各ウエイポイント間経路上に存在している場合は、整合しているものと判断され、前記接点の位置が各ウエイポイント経路上にない場合には、整合していないものと判断して、エラー出力手段 7 8 によってエラーメッセージをディスプレイに出力して画面に表示するとともに、エラーファイルにエラーとなったすべての接続経路の情報を記録する。こうしてエラーとなった接続経路の情報が記録されたエラーファイルは、垂直接続経路および水平接続経路に関するデータを修正するために参照される。

【0047】前記接続情報作成手段 7 6 は、各ウエイポイント WP 毎に、1 つのウエイポイントに接続されている他のウエイポイントの数、各ウエイポイント WP に接続されている他のウエイポイント WP の識別番号、ならびに各ウエイポイント間経路の左右ルートの有無および各経路長などの各種の情報を検索して、記号データ化し、これらのデータを有する接続情報ファイル 9 を作成する。

【0048】以上のようにして作成された多数のウエイポイント WP に関するデータを有するウエイポイントファイル 5 0、各垂直飛行経路 2 9 および各水平接続経路 3 7 に関するデータをそれぞれ有する個別経路ファイル 5 1、各経路間を接続する各垂直接続経路および各水平接続経路に関するデータをそれぞれ有する接続経路ファイル 5 2、および上記各ウエイポイント WP の接続に関するデータを有する接続情報ファイル 9 を統合して、経路データベース生成手段 3 は、実飛行可能な経路に関するデータが記憶された経路データベース 8 を作成する。このようにして作成される経路データベース 8 を参照して、飛行計画作成手段 8 0 による飛行計画作成時に出発地点、目標地点、および避けるべき探知網であるレーダ網に関する情報などを入力することによって、前記出発地点と目標地点とを結ぶ最適な飛行計画経路を作成する



ことができる。

【0049】このように各ウェイポイントWPに関するデータ、各ウェイポイントに接続されるウェイポイントに関するデータ、各垂直飛行経路29に関するデータ、各水平飛行経路37に関するデータ、各垂直接続経路に関するデータ、および各水平接続経路に関するデータが各手段4～6、74～76によって求められるとともに、整合性をチェックして、経路データベース8が作成されているので、飛行計画経路の変更要因に対して、この変更要因に影響を受けるデータだけを修正し、最少のデータの変更によって新たな飛行計画経路を求めることができる。したがって計算機(コンピュータ)による飛行計画経路の計算負荷が少なく、機上搭載の計算機でも迅速に新たな飛行計画経路を作成することができる。

【0050】以上のように本実施の形態によれば、複数のウェイポイントWPを設定し、次に連続的な稜線および谷間を検索し、各複数の垂直飛行経路29および水平飛行経路37を求め、さらに各複数の垂直接続経路および水平接続経路を求めて、各種の飛行経路の変更要因に対して最適な各複数の水平飛行経路および水平接続経路を選択的に接続して、出発地点と到達地点とを結ぶ3次元飛行計画経路を作成することができるので、機動能力を考慮した実飛行可能な飛行計画経路を生成することができ、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。

【0051】また各複数の垂直および水平飛行経路29、37ならびに各複数の垂直および水平接続経路は、経路両端の各ウェイポイントWPに関する情報が付された識別コードを記号化したファイル名を有するファイル51、52としてデータベース化され、各ファイル51、52には、経路生成時に経路両端の緯度および経度が記録されているので、ウェイポイントWPの識別コードによって呼び出されたファイル内の緯度および経度と、ウェイポイントWPの緯度および経度との一致/不一致を確認することによって、各飛行経路29、37および各接続経路に関する緯度および経度と、各ウェイポイントWPの緯度および経度との整合性を、容易かつ迅速に確認することができる。このような整合性の確認は、各ウェイポイントWPの緯度および経度に対して、データファイルに設定されている各経路の両端位置がずれていると、出発地点および到達地点間に、各飛行経路29、37および各接続経路から正確な経路の抽出および接続ができなくなり、その結果、出発地点および到達地点間を結ぶ連続した飛行計画経路の生成が不可能になってしまうからである。したがって各ウェイポイントWPの緯度および経度と、各経路の緯度および経度とは整合しなければならず、このようなファイル保管データの整合性の確認は極めて重要であり、この確認作業を容易かつ迅速に行えることによって、飛行計画経路の設定作業を支援することができる。

【0052】上記の本発明の低高度飛行経路作成装置1は、上述の低高度飛行経路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4～7、74～78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。

【0053】また、本発明の実施の形態として、少なくとも各ウェイポイントに関するデータ、水平飛行経路37に関するデータ、および水平接続経路に関するデータだけをファイル化して、データベースを作成するようにしてもよい。

【0054】また、本発明の実施の他の形態として、少なくとも各ウェイポイントに関するデータ、水平飛行経路37に関するデータ、および水平接続経路に関するデータだけをファイル化して、データベースを作成するようにしてもよい。

【0055】

【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を設定し、航空機の機動能力を考慮して複数のウェイポイント間経路を求め、さらに複数の接続経路を求めておき、各種の飛行経路の変更要因に対して最適な各複数のウェイポイント間経路を選択的に接続して、出発地点と到達地点とを結ぶ3次元飛行計画経路を作成するので、実飛行可能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。

【0056】請求項2記載の本発明によれば、各複数のウェイポイント間経路ならびに各複数の接続経路は、経路両端の各ウェイポイントに関する情報が付された識別コードを記号化したファイル名を有するファイルとしてデータベース化され、各ファイルには、経路生成時に経路両端の緯度および経度が記録されているので、ウェイポイントの識別コードによって呼び出されたファイル内の緯度および経度と、ウェイポイントの緯度および経度との一致/不一致を確認することによって、各ウェイポイント間経路および各接続経路に関する緯度および経度と、各ウェイポイントの緯度および経度との整合性を、容易かつ迅速に確認することができる。このような整合性の確認は、各ウェイポイントの緯度および経度に対して、データファイルに設定されている各経路の両端位置がずれていると、出発地点および到達地点間に、各ウェイポイント間経路および各接続経路から正確な経路の抽出および接続ができなくなり、その結果、出発地点および到達地点間を結ぶ連続した飛行計画経路の生成が不可能になってしまうからである。したがって各ウェイポイントの緯度および経度と、各経路の緯度および経度とは整合しなければならず、このようなファイル保管データの整合性の確認は極めて重要であり、この確認作業を容易かつ迅速に行えることによって、飛行計画経路の設定作業を支援することができる。

【0057】請求項3記載の本発明によれば、ウェイポ

イント設定手段によって複数のウェイポイントを設定し、個別経路生成手段によって、地形クリアランスおよび航空機の機動能力を考慮し複数のウェイポイント間経路および複数の接続経路を求め、こうして求めた各複数のウェイポイント間経路ならびに接続経路はデータベース化されるので、各種の飛行経路の変更要因に対して、最適な経路を選択して接続することにより実飛行可能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。

【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経路の作成方法が実施される低高度飛行経路作成装置 1 の全体の構成を簡略化して示すブロック図である。

【図 2】複数のウェイポイント WP が相互に経路 m によって道路網状に結ばれた状態を示す図である。

【図 3】経路データベース生成手段 3 によって生成されるウェイポイント情報ファイル 7 および接続情報ファイル 8 の内容を簡略化して示す図である。

【図 4】地図上に複数のウェイポイント WP および各ウェイポイント WP の設定操作を行うための設定用サブウインドウ 14 などが表示されたウェイポイント設定画面 10 を示す図である。

【図 5】指定された 2 つのウェイポイント WP を接続する経路を生成する手順を説明するためのフローチャートである。

【図 6】稜線および谷間の検索結果が表示された検索結果表示画面 17 の表示の一例を示す図である。

【図 7】垂直飛行経路の生成結果が表示された垂直飛行経路表示画面 21 の表示の一例を示す図である。

【図 8】水平飛行経路の生成結果が表示された水平飛行経路表示画面 31 の表示の一例を示す図である。

【図 9】飛行経路のリハーサル表示画面 41 を示す図である。

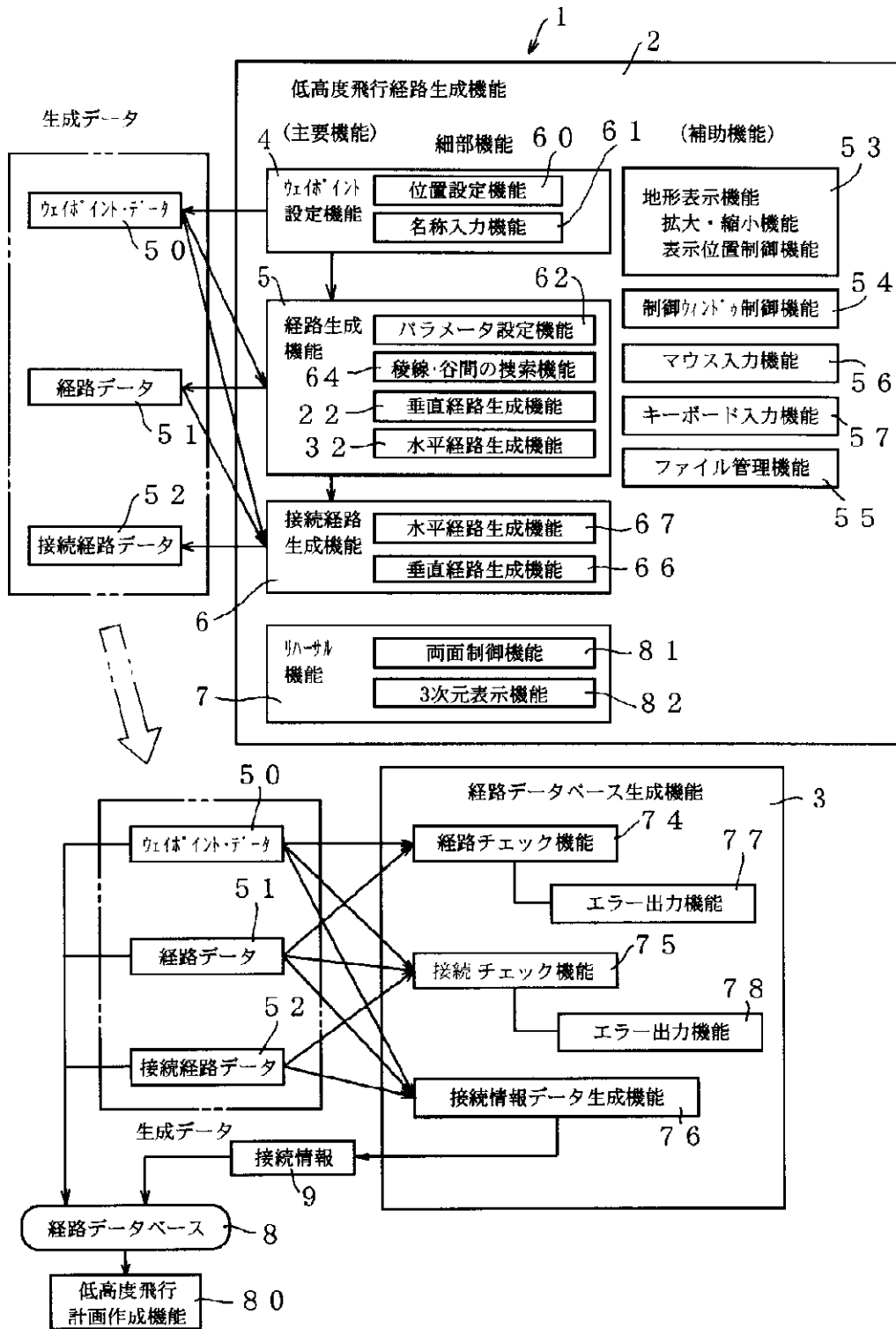
【図 10】個別経路作成手段 2 によって個別に作成された飛行経路 37 をデータファイル化する手順を説明するための図である。

【符号の説明】

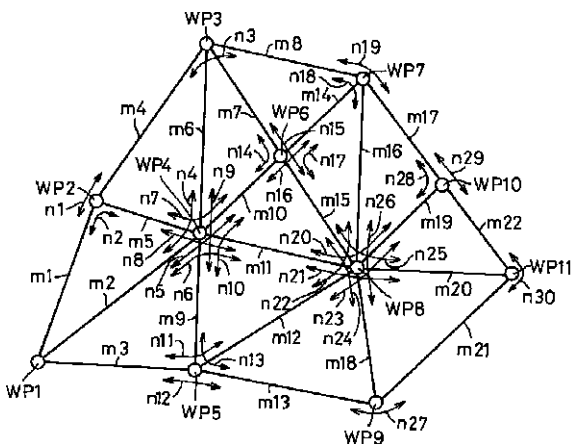
1 低高度飛行経路作成手段

- 2 個別経路作成手段
- 3 経路データベース生成手段
- 4 ウェイポイント設定手段
- 5 個別経路生成手段
- 6 接続経路生成手段
- 7 リハーサル手段
- 8 経路データベース
- 9 接続情報ファイル
- 10 ウェイポイント設定画面
- 10 14 設定用サブウインドウ
- 17 検索結果表示画面
- 18 谷間
- 19 稜線
- 21 垂直飛行経路表示画面
- 22 垂直飛行経路生成手段
- 23 地形標高
- 25, 26 最低飛行可能高度
- 27 a, 27 b ブルアップ軌道
- 28 a, 28 b プッシュオーバー軌道
- 20 31 水平飛行経路表示画面
- 32 水平飛行経路生成手段
- 35 a, 35 b 境界線
- 36 a ~ 36 e 旋回軌道
- 37 飛行経路
- 41 リハーサル表示画面
- 42 飛行経路シンボル
- 43 垂直対地スケールクリアランス
- 44 水平対地クリアランス
- 64 稜線および谷間検索手段
- 30 66 垂直接続経路生成手段
- 67 水平接続経路生成手段
- 74 経路チェック手段
- 75 接続チェック手段
- 76 接続情報作成手段
- 80 飛行計画作成手段
- WP ウェイポイント
- m 個別経路線
- n 接続経路線

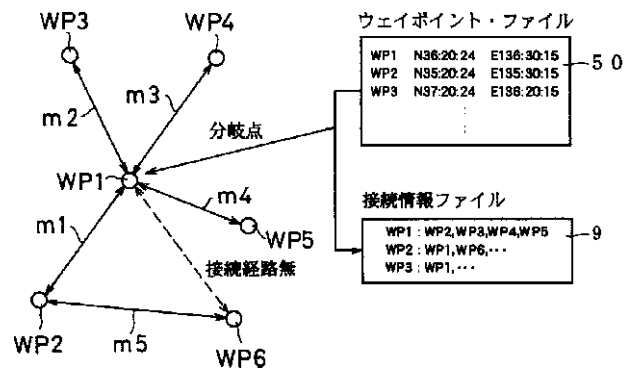
【図 1】



【図 2】

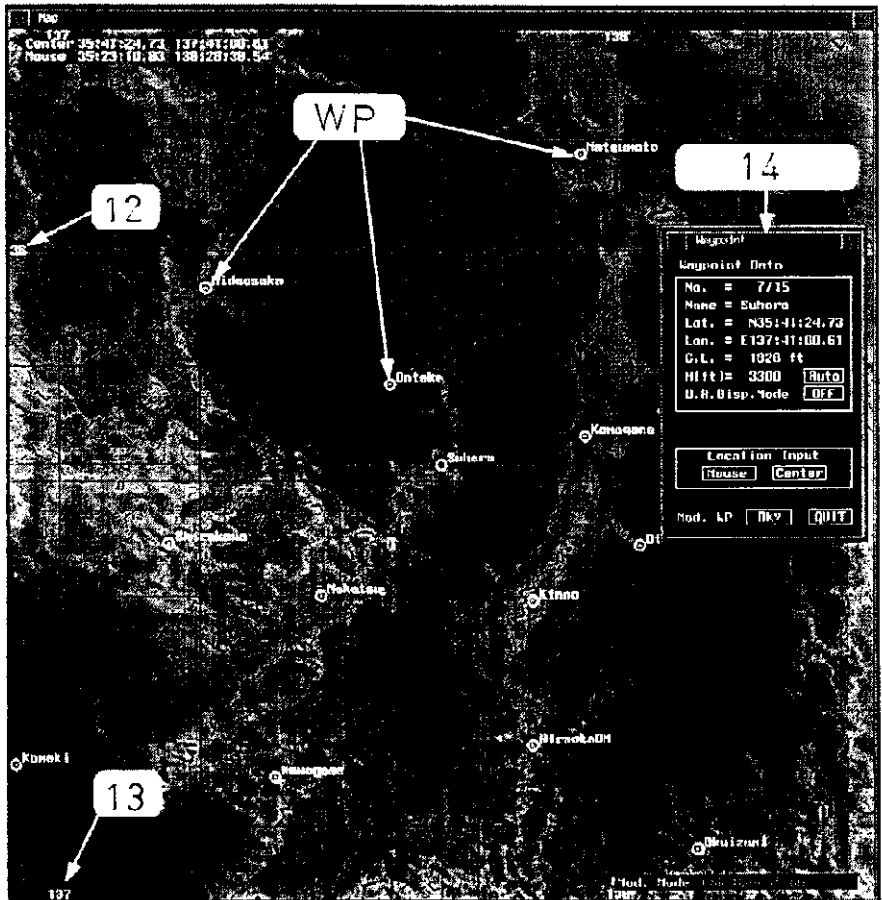


【図 3】



【図 4】

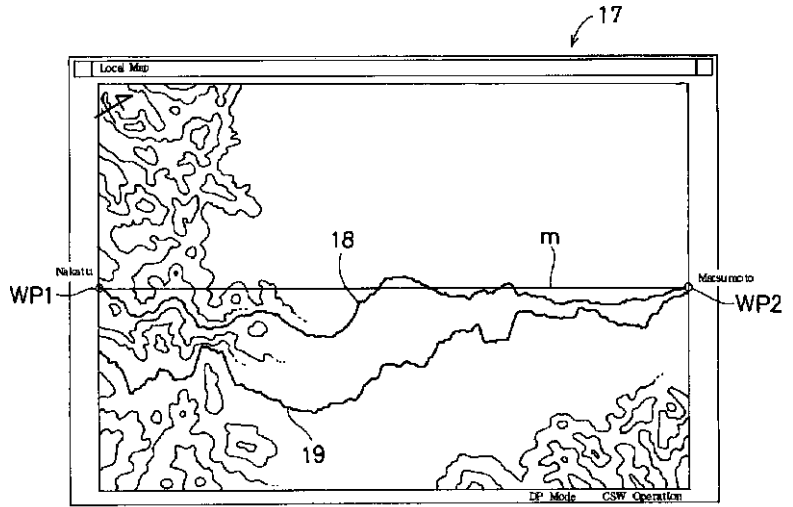
10



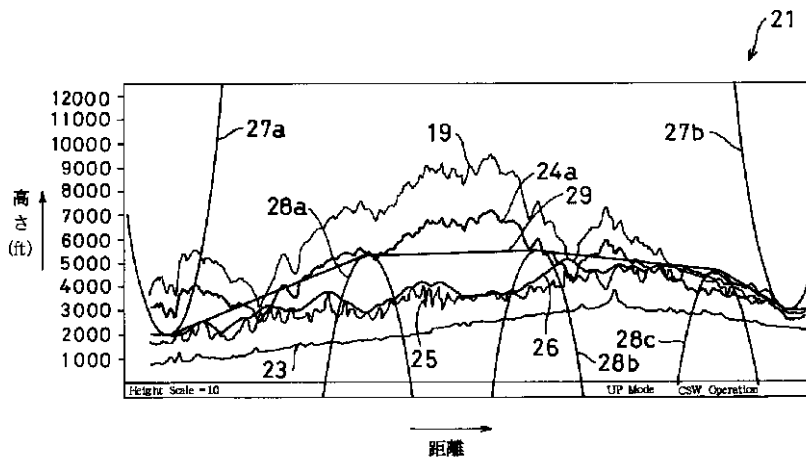
【図5】



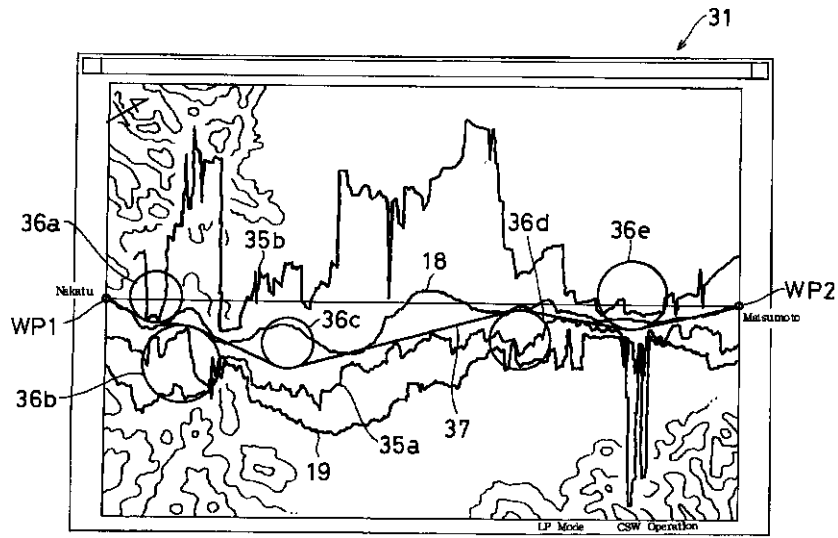
【図6】



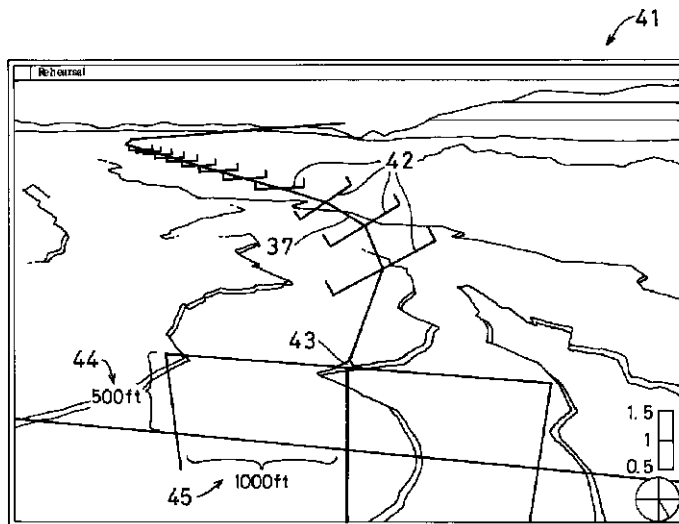
【図7】



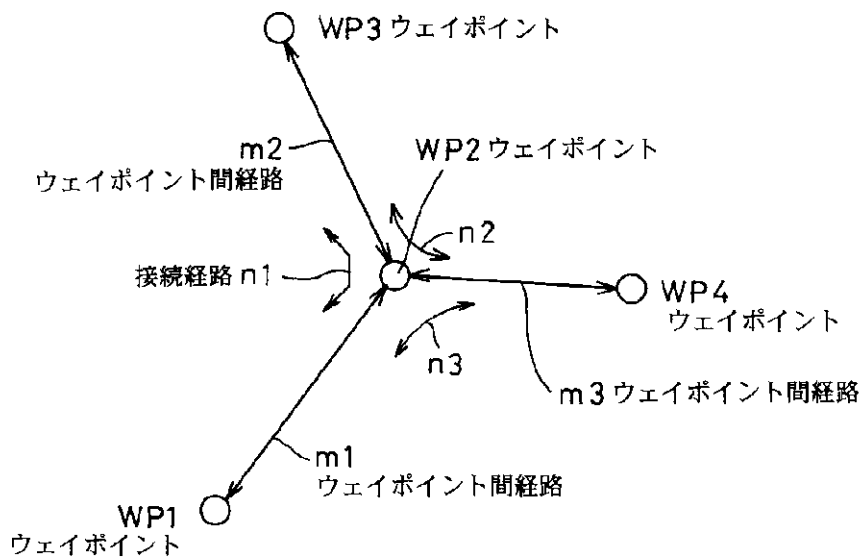
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(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