

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-297922

(P2005-297922A)

(43) 公開日 平成17年10月27日(2005. 10. 27)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

B 6 4 D 45/04

B 6 4 C 13/18

G 0 8 G 5/02

F I

B 6 4 D 45/04

B 6 4 C 13/18

G 0 8 G 5/02

テーマコード (参考)

5 H 1 8 O

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2004-120814 (P2004-120814)

(22) 出願日 平成16年4月15日 (2004. 4. 15)

(71) 出願人 000005348

富士重工業株式会社

東京都新宿区西新宿一丁目7番2号

(74) 代理人 100090033

弁理士 荒船 博司

(74) 代理人 100093045

弁理士 荒船 良男

(72) 発明者 山根 章弘

東京都新宿区西新宿一丁目7番2号 富士  
重工業株式会社内

Fターム(参考) 5H180 AA26 BB04

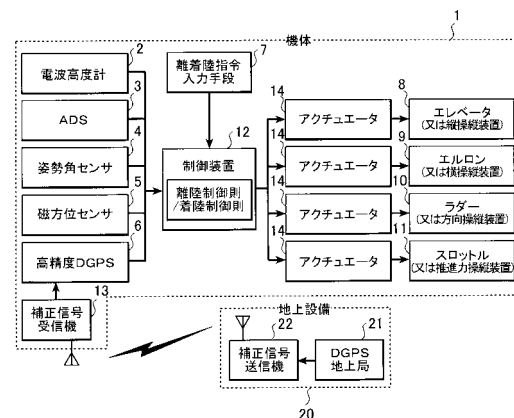
(54) 【発明の名称】 航空機の自動離陸装置、自動着陸装置及び自動離着陸装置並びに航空機の自動離陸方法、自動着陸方法及び自動離着陸方法

(57) 【要約】

【課題】 複雑な搭載機器や複雑な制御ロジックを用いることなく、航空機の全自動離陸及び／又は全自動着陸を実現させる。

【解決手段】 航空機1の対地高度、対気速度、姿勢角、飛行方位及び位置を検出するセンサ2～6と、離着陸指令を入力するための手段7と、航空機1に係る情報や離着陸指令に基づいて航空機1の推進装置や操縦装置8～10を制御する制御装置12と、を備える。制御装置12は、航空機1の対気速度が所定の離陸判定速度を超えた場合に、離陸滑走制御から機首上げ制御に移行し、航空機1の対地高度が所定の離陸判定高度を超えた場合に、機首上げ制御から上昇飛行制御に移行する。また、制御装置12は、航空機1の対地高度が所定の着陸判定高度未満となった場合に、進入飛行制御から引き起こし制御に移行し、航空機1の対気速度が所定の着陸判定速度未満となった場合に、引き起こし制御から着陸滑走制御に移行する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

航空機の対地高度を計測する高度センサと、  
航空機の対気速度を計測する対気速度センサと、  
航空機の姿勢角を検出する姿勢角センサと、  
航空機の向きを検出する方位センサと、  
離陸指令を入力するための離陸指令入力手段と、  
前記航空機の対地高度、対気速度、姿勢角、向き及び前記離陸指令に基づいて、前記航空機の推進装置及び操縦装置を制御する制御装置と、を備え、  
前記制御装置は、  
前記離陸指令を受けて、最大出力を発現するように前記推進装置を制御するとともに前記航空機の姿勢角及び進行方向を一定に保持するように前記操縦装置を制御して離陸滑走を実現させる離陸滑走制御手段と、  
前記航空機の対気速度が所定の離陸判定速度を超えた場合に、機首上げを行わせるように前記操縦装置を制御する機首上げ制御手段と、  
前記航空機の対地高度が所定の離陸判定高度を超えた場合に、所定の上昇速度を維持したまま所定の目標高度まで上昇飛行を行わせるように前記推進装置及び前記操縦装置を制御する上昇飛行制御手段と、  
を有することを特徴とする航空機の自動離陸装置。

10

## 【請求項 2】

航空機の対地高度を計測する高度センサと、  
航空機の対気速度を計測する対気速度センサと、  
航空機の姿勢角を検出する姿勢角センサと、  
航空機の向きを検出する方位センサと、  
航空機の位置を検出する位置センサと、  
着陸指令を入力するための着陸指令入力手段と、  
前記航空機の対地高度、対気速度、姿勢角、向き、位置及び前記着陸指令に基づいて、前記航空機の推進装置及び操縦装置を制御する制御装置と、を備え、  
前記制御装置は、  
前記着陸指令を受けて、前記推進装置及び前記操縦装置を制御して所定の進入経路に沿った進入飛行を実現させる進入飛行制御手段と、  
前記航空機の対地高度が所定の着陸判定高度未満となった場合に、最小出力を発現するように前記推進装置を制御するとともに引き起こしを行わせるように前記操縦装置を制御する引き起こし制御手段と、  
前記航空機の対気速度が所定の着陸判定速度未満となった場合に、最小出力を維持するように前記推進装置を制御するとともに前記航空機の姿勢角及び進行方向を一定に保持するように前記操縦装置を制御して着陸滑走を実現させる着陸滑走制御手段と、  
を有することを特徴とする航空機の自動着陸装置。

20

30

## 【請求項 3】

航空機の対地高度を計測する高度センサと、  
航空機の対気速度を計測する対気速度センサと、  
航空機の姿勢角を検出する姿勢角センサと、  
航空機の向きを検出する方位センサと、  
航空機の位置を検出する位置センサと、  
離陸指令を入力するための離陸指令入力手段と、  
着陸指令を入力するための着陸指令入力手段と、  
前記航空機の対地高度、対気速度、姿勢角、向き、位置、前記離陸指令及び前記着陸指令に基づいて、前記航空機の推進装置及び操縦装置を制御する制御装置と、を備え、  
前記制御装置は、  
前記離陸指令を受けて、最大出力を発現するように前記推進装置を制御するとともに前

40

50

記航空機の姿勢角及び進行方向を一定に保持するように前記操縦装置を制御して離陸滑走を実現させる離陸滑走制御手段と、

前記航空機の対象速度が所定の離陸判定速度を超えた場合に、機首上げを行わせるように前記操縦装置を制御する機首上げ制御手段と、

前記航空機の対象高度が所定の離陸判定高度を超えた場合に、所定の上昇速度を維持したまま所定の目標高度まで上昇飛行を行わせるように前記推進装置及び前記操縦装置を制御する上昇飛行制御手段と、

前記着陸指令を受けて、前記推進装置及び前記操縦装置を制御して所定の進入経路に沿った進入飛行を実現させる進入飛行制御手段と、

前記航空機の対象高度が所定の着陸判定高度未満となった場合に、最小出力を発現するように前記推進装置を制御するとともに引き起こしを行わせるように前記操縦装置を制御する引き起こし制御手段と、

前記航空機の対象速度が所定の着陸判定速度未満となった場合に、最小出力を維持するように前記推進装置を制御するとともに前記航空機の姿勢角及び進行方向を一定に保持するように前記操縦装置を制御して着陸滑走を実現させる着陸滑走制御手段と、  
を有することを特徴とする航空機の自動離着陸装置。

#### 【請求項 4】

航空機の対象高度、対象速度、姿勢角及び向きに係る情報を取得する航空機情報取得工程と、

離陸指令を入力する離陸指令入力工程と、

前記航空機情報取得工程で取得した各情報及び前記離陸指令に基づいて、前記航空機の推進装置及び操縦装置を制御する制御工程と、を備え、

前記制御工程は、

前記離陸指令を受けて、最大出力を発現するように前記推進装置を制御するとともに前記航空機の姿勢角及び進行方向を一定に保持するように前記操縦装置を制御して離陸滑走を実現させる離陸滑走制御工程と、

前記航空機の対象速度が所定の離陸判定速度を超えた場合に、機首上げを行わせるように前記操縦装置を制御する機首上げ制御工程と、

前記航空機の対象高度が所定の離陸判定高度を超えた場合に、所定の上昇速度を維持したまま所定の目標高度まで上昇飛行を行わせるように前記推進装置及び前記操縦装置を制御する上昇飛行制御工程と、

を有することを特徴とする航空機の自動離陸方法。

#### 【請求項 5】

航空機の対象高度、対象速度、姿勢角、向き及び位置に係る情報を取得する航空機情報取得工程と、

着陸指令を入力する着陸指令入力工程と、

前記航空機情報取得工程で取得した各情報及び前記着陸指令に基づいて、前記航空機の推進装置及び操縦装置を制御する制御工程と、を備え、

前記制御工程は、

前記着陸指令を受けて、前記推進装置及び前記操縦装置を制御して所定の進入経路に沿った進入飛行を実現させる進入飛行制御工程と、

前記航空機の対象高度が所定の着陸判定高度未満となった場合に、最小出力を発現するように前記推進装置を制御するとともに引き起こしを行わせるように前記操縦装置を制御する引き起こし制御工程と、

前記航空機の対象速度が所定の着陸判定速度未満となった場合に、最小出力を維持するように前記推進装置を制御するとともに前記航空機の姿勢角及び進行方向を一定に保持するように前記操縦装置を制御して着陸滑走を実現させる着陸滑走制御工程と、  
を有することを特徴とする航空機の自動着陸方法。

#### 【請求項 6】

航空機の対象高度、対象速度、姿勢角、向き及び位置に係る情報を取得する航空機情報

10

20

30

40

50

取得工程と、

離陸指令を入力する離陸指令入力工程と、

着陸指令を入力する着陸指令入力工程と、

前記航空機情報取得工程で取得した各情報、並びに、前記離陸指令若しくは前記着陸指令に基づいて、前記航空機の推進装置及び操縦装置を制御する制御工程と、を備え、

前記制御工程は、

前記離陸指令を受けて、最大出力を発現するように前記推進装置を制御するとともに前記航空機の姿勢角及び進行方向を一定に保持するように前記操縦装置を制御して離陸滑走を実現させる離陸滑走制御工程と、

前記航空機の前記対気速度が所定の離陸判定速度を超えた場合に、機首上げを行わせるように前記操縦装置を制御する機首上げ制御工程と、

前記航空機の前記対地高度が所定の離陸判定高度を超えた場合に、所定の上昇速度を維持したまま所定の目標高度まで上昇飛行を行わせるように前記推進装置及び前記操縦装置を制御する上昇飛行制御工程と、

前記着陸指令を受けて、前記推進装置及び前記操縦装置を制御して所定の進入経路に沿った進入飛行を実現させる進入飛行制御工程と、

前記航空機の前記対地高度が所定の着陸判定高度未満となった場合に、最小出力を発現するように前記推進装置を制御するとともに引き起こしを行わせるように前記操縦装置を制御する引き起こし制御工程と、

前記航空機の前記対気速度が所定の着陸判定速度未満となった場合に、最小出力を維持するように前記推進装置を制御するとともに前記航空機の姿勢角及び進行方向を一定に保持するように前記操縦装置を制御して着陸滑走を実現させる着陸滑走制御工程と、  
を有することを特徴とする航空機の自動離着陸方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、航空機の自動離陸装置、自動着陸装置及び自動離着陸装置並びに航空機の自動離陸方法、自動着陸方法及び自動離着陸方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、航空機の自動着陸を実現させるための技術が種々提案されている。例えば、図9に示すように、地上に設置された電波航法設備100から誘導電波（グライドスロープGやマーカビーコンM等）を発信し、この誘導電波に従って航空機200のコンピュータが機体の姿勢や速度や位置を制御することにより、機体を所定の滑走路300に進入・着陸させる自動着陸装置（ILS：Instrument Landing System）が提案されている（特許文献1参照。）

【特許文献1】特開平8-108899号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

従来の自動着陸装置においては、コンピュータが推進装置や操縦装置を制御することにより航空機の自動進入飛行を実現させているが、接地後の滑走モードにおいては自動操縦からパイロットによる手動操縦に切り替える必要がある。このため、実際には全自動で着陸を行うことが困難であった。

【0004】

また、従来の自動離着陸技術においては、離陸・着陸の判定に脚スイッチを採用しており、脚の数だけスイッチを設ける必要があるため搭載機器の構成が複雑となっていた。また、脚スイッチは誤作動し易いため、誤作動した場合を想定して複雑な制御ロジックを構築する必要があった。

【0005】

10

20

30

40

50

本発明の課題は、複雑な搭載機器や複雑な制御ロジックを用いることなく、航空機の全自動離陸及び／又は全自動着陸を実現させることである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

以上の課題を解決するために、請求項１に記載の発明は、航空機の自動離陸装置であって、航空機の対地高度を計測する高度センサと、航空機の前気速度を計測する前気速度センサと、航空機の姿勢角を検出する姿勢角センサと、航空機の向きを検出する方位センサと、離陸指令を入力するための離陸指令入力手段と、前記航空機の対地高度、前気速度、姿勢角、向き及び前記離陸指令に基づいて、前記航空機の推進装置及び操縦装置を制御する制御装置と、を備え、前記制御装置は、前記離陸指令を受けて、最大出力を発現するように前記推進装置を制御するとともに前記航空機の姿勢角及び進行方向を一定に保持するように前記操縦装置を制御して離陸滑走を実現させる離陸滑走制御手段と、前記航空機の前気速度が所定の離陸判定速度を超えた場合に、機首上げを行わせるように前記操縦装置を制御する機首上げ制御手段と、前記航空機の対地高度が所定の離陸判定高度を超えた場合に、所定の上昇速度を維持したまま所定の目標高度まで上昇飛行を行わせるように前記推進装置及び前記操縦装置を制御する上昇飛行制御手段と、を有することを特徴とする。

10

【0007】

請求項２に記載の発明は、航空機の自動着陸装置であって、航空機の対地高度を計測する高度センサと、航空機の前気速度を計測する前気速度センサと、航空機の姿勢角を検出する姿勢角センサと、航空機の向きを検出する方位センサと、航空機の前位置を検出する位置センサと、着陸指令を入力するための着陸指令入力手段と、前記航空機の対地高度、前気速度、姿勢角、向き、位置及び前記着陸指令に基づいて、前記航空機の推進装置及び操縦装置を制御する制御装置と、を備え、前記制御装置は、前記着陸指令を受けて、前記推進装置及び前記操縦装置を制御して所定の進入経路に沿った進入飛行を実現させる進入飛行制御手段と、前記航空機の対地高度が所定の着陸判定高度未満となった場合に、最小出力を発現するように前記推進装置を制御するとともに引き起こしを行わせるように前記操縦装置を制御する引き起こし制御手段と、前記航空機の前気速度が所定の着陸判定速度未満となった場合に、最小出力を維持するように前記推進装置を制御するとともに前記航空機の姿勢角及び進行方向を一定に保持するように前記操縦装置を制御して着陸滑走を実現させる着陸滑走制御手段と、を有することを特徴とする。

20

30

【0008】

請求項３に記載の発明は、航空機の自動離着陸装置であって、航空機の対地高度を計測する高度センサと、航空機の前気速度を計測する前気速度センサと、航空機の姿勢角を検出する姿勢角センサと、航空機の向きを検出する方位センサと、航空機の前位置を検出する位置センサと、離陸指令を入力するための離陸指令入力手段と、着陸指令を入力するための着陸指令入力手段と、前記航空機の対地高度、前気速度、姿勢角、向き、位置、前記離陸指令及び前記着陸指令に基づいて、前記航空機の推進装置及び操縦装置を制御する制御装置と、を備え、前記制御装置は、前記離陸指令を受けて、最大出力を発現するように前記推進装置を制御するとともに前記航空機の姿勢角及び進行方向を一定に保持するように前記操縦装置を制御して離陸滑走を実現させる離陸滑走制御手段と、前記航空機の前気速度が所定の離陸判定速度を超えた場合に、機首上げを行わせるように前記操縦装置を制御する機首上げ制御手段と、前記航空機の対地高度が所定の離陸判定高度を超えた場合に、所定の上昇速度を維持したまま所定の目標高度まで上昇飛行を行わせるように前記推進装置及び前記操縦装置を制御する上昇飛行制御手段と、前記着陸指令を受けて、前記推進装置及び前記操縦装置を制御して所定の進入経路に沿った進入飛行を実現させる進入飛行制御手段と、前記航空機の対地高度が所定の着陸判定高度未満となった場合に、最小出力を発現するように前記推進装置を制御するとともに引き起こしを行わせるように前記操縦装置を制御する引き起こし制御手段と、前記航空機の前気速度が所定の着陸判定速度未満となった場合に、最小出力を維持するように前記推進装置を制御するとともに前記航空機の姿勢角及び進行方向を一定に保持するように前記操縦装置を制御して着陸滑走を実現させ

40

50

る着陸滑走制御手段と、を有することを特徴とする。

【0009】

請求項4に記載の発明は、航空機の自動離陸方法であって、航空機の対地高度、対気速度、姿勢角及び向きに係る情報を取得する航空機情報取得工程と、離陸指令を入力する離陸指令入力工程と、前記航空機情報取得工程で取得した各情報及び前記離陸指令に基づいて、前記航空機の推進装置及び操縦装置を制御する制御工程と、を備え、前記制御工程は、前記離陸指令を受けて、最大出力を発現するように前記推進装置を制御するとともに前記航空機の姿勢角及び進行方向を一定に保持するように前記操縦装置を制御して離陸滑走を実現させる離陸滑走制御工程と、前記航空機の対気速度が所定の離陸判定速度を超えた場合に、機首上げを行わせるように前記操縦装置を制御する機首上げ制御工程と、前記航空機の対地高度が所定の離陸判定高度を超えた場合に、所定の上昇速度を維持したまま所定の目標高度まで上昇飛行を行わせるように前記推進装置及び前記操縦装置を制御する上昇飛行制御工程と、を有することを特徴とする。

10

【0010】

請求項5に記載の発明は、航空機の自動着陸方法であって、航空機の対地高度、対気速度、姿勢角、向き及び位置に係る情報を取得する航空機情報取得工程と、着陸指令を入力する着陸指令入力工程と、前記航空機情報取得工程で取得した各情報及び前記着陸指令に基づいて、前記航空機の推進装置及び操縦装置を制御する制御工程と、を備え、前記制御工程は、前記着陸指令を受けて、前記推進装置及び前記操縦装置を制御して所定の進入経路に沿った進入飛行を実現させる進入飛行制御工程と、前記航空機の対地高度が所定の着陸判定高度未満となった場合に、最小出力を発現するように前記推進装置を制御するとともに引き起こしを行わせるように前記操縦装置を制御する引き起こし制御工程と、前記航空機の対気速度が所定の着陸判定速度未満となった場合に、最小出力を維持するように前記推進装置を制御するとともに前記航空機の姿勢角及び進行方向を一定に保持するように前記操縦装置を制御して着陸滑走を実現させる着陸滑走制御工程と、を有することを特徴とする。

20

【0011】

請求項6に記載の発明は、航空機の自動離着陸方法であって、航空機の対地高度、対気速度、姿勢角、向き及び位置に係る情報を取得する航空機情報取得工程と、離陸指令を入力する離陸指令入力工程と、着陸指令を入力する着陸指令入力工程と、前記航空機情報取得工程で取得した各情報、並びに、前記離陸指令若しくは前記着陸指令に基づいて、前記航空機の推進装置及び操縦装置を制御する制御工程と、を備え、前記制御工程は、前記離陸指令を受けて、最大出力を発現するように前記推進装置を制御するとともに前記航空機の姿勢角及び進行方向を一定に保持するように前記操縦装置を制御して離陸滑走を実現させる離陸滑走制御工程と、前記航空機の対気速度が所定の離陸判定速度を超えた場合に、機首上げを行わせるように前記操縦装置を制御する機首上げ制御工程と、前記航空機の対地高度が所定の離陸判定高度を超えた場合に、所定の上昇速度を維持したまま所定の目標高度まで上昇飛行を行わせるように前記推進装置及び前記操縦装置を制御する上昇飛行制御工程と、前記着陸指令を受けて、前記推進装置及び前記操縦装置を制御して所定の進入経路に沿った進入飛行を実現させる進入飛行制御工程と、前記航空機の対地高度が所定の着陸判定高度未満となった場合に、最小出力を発現するように前記推進装置を制御するとともに引き起こしを行わせるように前記操縦装置を制御する引き起こし制御工程と、前記航空機の対気速度が所定の着陸判定速度未満となった場合に、最小出力を維持するように前記推進装置を制御するとともに前記航空機の姿勢角及び進行方向を一定に保持するように前記操縦装置を制御して着陸滑走を実現させる着陸滑走制御工程と、を有することを特徴とする。

30

40

【0012】

請求項1、請求項3、請求項4又は請求項6に記載の発明によれば、制御装置（制御工程で）は、離陸指令を受けて、最大出力を発現するように航空機の推進装置を制御するとともに、航空機の姿勢角及び進行方向を一定に保持するように操縦装置を制御して離陸滑

50

走を実現させる。次いで、制御装置（制御工程で）は、航空機の対気速度が所定の離陸判定速度を超えた場合に、機首上げを行わせるように操縦装置を制御する。続いて、制御装置（制御工程で）は、航空機の対地高度が所定の離陸判定高度を超えた場合に、所定の上昇速度を維持したまま所定の目標高度まで上昇飛行を行わせるように推進装置及び操縦装置を制御する。

【0013】

すなわち、航空機の「対気速度」を参照して離陸滑走制御から機首上げ制御への移行判定を行うとともに、航空機の「対地高度」を参照して機首上げ制御から上昇飛行制御への移行判定を行って、地上滑走から上昇飛行にいたるまでの全自動離陸を実現させることができる。しかも、この際、航空機の「対地高度」を参照して離陸の判定（離陸が完了して上昇飛行に移行できるか否かの判定）を行っているので、離陸の判定に脚スイッチを用いる必要がない。従って、複雑な搭載機器や複雑な制御ロジックを採用することなく全自動離陸を実現させることができる。

10

【0014】

請求項2、請求項3、請求項5又は請求項6に記載の発明によれば、制御装置（制御工程で）は、着陸指令を受けて、推進装置及び前記操縦装置を制御して所定の進入経路に沿った進入飛行を実現させる。次いで、制御装置（制御工程で）は、航空機の対地高度が所定の着陸判定高度未満となった場合に、最小出力を発現するように推進装置を制御するとともに引き起こしを行わせるように操縦装置を制御する。続いて、制御装置（制御工程で）は、航空機の対気速度が所定の着陸判定速度未満となった場合に、最小出力を維持するように推進装置を制御するとともに航空機の姿勢角及び進行方向を一定に保持するように操縦装置を制御して着陸滑走を実現させる。

20

【0015】

すなわち、航空機の「対気高度」を参照して進入飛行制御から引き起こし制御への移行判定を行うとともに、航空機の「対地速度」を参照して引き起こし制御から着陸滑走制御への移行判定を行って、進入飛行から接地後の滑走にいたるまでの全自動着陸を実現させることができる。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、航空機の「対気速度」を参照して離陸滑走制御から機首上げ制御への移行判定を行うとともに、航空機の「対地高度」を参照して機首上げ制御から上昇飛行制御への移行判定を行って、複雑な搭載機器や複雑な制御ロジックを採用することなく、地上滑走から上昇飛行にいたるまでの全自動離陸を実現させることができる。また、航空機の「対気高度」を参照して進入飛行制御から引き起こし制御への移行判定を行うとともに、航空機の「対地速度」を参照して引き起こし制御から着陸滑走制御への移行判定を行って、進入飛行から接地後の滑走にいたるまでの全自動着陸を実現させることができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、本発明の実施の形態を、図を用いて詳細に説明する。

【0018】

まず、図1及び図8を用いて、本実施の形態に係る自動離着陸装置の構成について説明する。なお、本実施の形態に係る自動離着陸装置は、固定翼航空機（以下、「航空機」という）1の完全自動離着陸を実現させるものである。

40

【0019】

自動離着陸装置は、図1に示すように、航空機1の機体に搭載された電波高度計2、ADS（Air Data Sensor）3、姿勢角センサ4、磁方位センサ5、高精度DGPS（Differential Global Positioning System）6、離着陸指令入力手段7、操縦装置（エレベータ8、エルロン9及びラダー10）、スロットル11、制御装置12、地上設備20等を備えて構成されている。

【0020】

50

電波高度計 2 は、本発明における高度センサであり、航空機 1 から電波を地表に向けて発射し、その反射電波が戻ってくるまでの時間を計測して、対地高度を計測する。なお、電波高度計 2 に代えてレーザ高度計等を高度センサとして採用することもできる。

【0021】

A D S 3 は、本発明における対気速度センサであり、機体 20 に搭載されたピトー管や温度計等で計測された静圧、動圧、外気温度等に基づいて航空機 1 の対気速度を計測する。姿勢角センサ 4 は、航空機 1 の姿勢角（ロール角、ピッチ角、ヨー角）を検出する。本実施の形態においては、姿勢角センサとしてジャイロを採用している。磁方位センサ 5 は、本発明における方位センサであり、航空機 1 の向きを検出する。

【0022】

高精度 D G P S 6 は、図 8 に示した G P S 衛星 30 から送信される情報を、航空機 1 に搭載された図示されていない G P S 受信機で受信することにより、航空機 1 の三次元的な位置を検出する。また、高精度 D G P S 6 は、地上設備 20 から送信される補正情報を補正信号受信機 13 で受信することにより、G P S 受信機を介して検出した位置を補正してきわめて高精度な位置情報を得ることができる。すなわち、高精度 D G P S 6 及び補正信号受信機 13 は、本発明における位置センサを構成する。

【0023】

離着陸指令入力手段 7 は、本発明における離陸指令入力手段及び着陸指令入力手段であり、制御装置 12 に対して離陸指令及び着陸指令を入力するためのものである。離着陸指令入力手段 7 としては、航空機 1 に搭乗者が搭乗している場合には、搭乗者が操作できる各種スイッチ群を採用することができ、航空機 1 に搭乗者が搭乗していない場合には、地上からの入力指令を受信する受信機を採用することができる。

【0024】

エレベータ 8、エルロン 9 及びラダー 10 は、本発明における操縦装置であり、アクチュエータ 14 を介して制御装置 12 によって駆動制御されることにより航空機 1 のピッチ角、ロール角及びヨー角を変化させて、所望の態様での飛行や地上滑走を実現させる。

【0025】

スロットル 11 は、図示されていない推進装置（エンジン）の出力を操作するためのものであり、アクチュエータ 14 を介して制御装置 12 によって駆動制御される。推進装置であるエンジンは、アクチュエータ 14 及びスロットル 11 を介して制御装置 12 によって駆動制御されることとなる。

【0026】

制御装置 12 は、演算処理回路、飛行制御に必要な各種制御プログラム、各種情報を記憶するメモリ、等を備えたマイクロコンピュータであり、航空機 1 に係る情報（対地高度、対気速度、姿勢角、向き、位置等）や離着陸指令に基づいて操縦装置や推進装置を制御する。

【0027】

具体的には、制御装置 12 は、離着陸指令入力手段 7 で離陸指令が入力された場合に、推進装置の出力を最大にするための制御指令を生成し、この制御指令によりスロットル 11 を操作することにより推進装置の出力を滑らかに上昇させ、最大出力にして固定する。また、制御装置 12 は、離陸指令の入力を受けて、航空機 1 の姿勢角及び進行方向を一定に保持するように操縦装置（エレベータ 8、エルロン 9 及びラダー 10）を制御する。このように推進装置及び操縦装置を制御することにより、離陸滑走を実現させることができる。すなわち、制御装置 12 は、本発明における離陸滑走制御手段を有する。

【0028】

また、制御装置 12 は、航空機 1 の対気速度が所定の離陸判定速度を超えた場合に、機首上げを行わせるように操縦装置（エレベータ 8）を制御する。このように操縦装置を制御することにより、離陸滑走モードから機首上げ（ローテーション）モードに移行させて航空機 1 の離陸を開始させることができる。すなわち、制御装置 12 は、本発明における機首上げ制御手段を有する。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 2 9 】

また、制御装置 1 2 は、航空機 1 の対地高度が所定の離陸判定高度を超えた場合に、所定の上昇速度を維持したまま所定の目標高度まで上昇飛行を行わせるように推進装置及び操縦装置（エレベータ 8、エルロン 9 及びラダー 1 0）を制御する。このように推進装置及び操縦装置を制御することにより、機首上げ（ローテーション）モードから上昇飛行モードへと移行させて航空機 1 の離陸を完了させることができる。すなわち、制御装置 1 2 は、本発明における上昇飛行制御手段を有する。

## 【 0 0 3 0 】

また、制御装置 1 2 は、離着陸指令入力手段 7 で着陸指令が入力された場合に、航空機 1 に係る情報（対地高度、対気速度、姿勢角、向き、位置等）に基づいて推進装置及び操縦装置（エレベータ 8、エルロン 9 及びラダー 1 0）を制御して、所定の進入経路に沿った進入飛行を実現させる。すなわち、制御装置 1 2 は、本発明における進入飛行制御手段を有する。

10

## 【 0 0 3 1 】

また、制御装置 1 2 は、航空機 1 の対地高度が所定の着陸判定高度未満となった場合に、推進装置の出力を最小（アイドリング状態）にするための制御指令を生成し、この制御指令によりスロットル 1 1 を操作することにより推進装置をアイドリング状態にして固定する。また、制御装置 1 2 は、航空機 1 の対地高度が所定の着陸判定高度未満となった場合に、引き起こしを行わせるように操縦装置（エレベータ 8）を制御する。このように推進装置及び操縦装置を制御することにより、進入飛行モードから引き起こし（フレア）モードに移行させて航空機 1 の引き起こしを開始させることができる。すなわち、制御装置 1 2 は、本発明における引き起こし制御手段を有する。

20

## 【 0 0 3 2 】

また、制御装置 1 2 は、航空機 1 の対気速度が所定の着陸判定速度未満となった場合に、推進装置の出力を最小（アイドリング状態）に維持するための制御指令を生成し、この制御指令によりスロットル 1 1 を操作することにより推進装置をアイドリング状態のまま維持する。また、制御装置 1 2 は、航空機 1 の対気速度が所定の着陸判定速度未満となった場合に、航空機 1 の姿勢角及び進行方向を一定に保持するように操縦装置（エレベータ 8、エルロン 9 及びラダー 1 0）を制御する。このように推進装置及び操縦装置を制御することにより、着陸滑走を実現させることができる。すなわち、制御装置 1 2 は、本発明における着陸滑走制御手段を有する。

30

## 【 0 0 3 3 】

なお、制御装置 1 2 は、離陸滑走の開始時や着陸滑走の終了時において、航空機 1 の対気速度が所定の最小閾値以下になった場合には、その対気速度の入力を「零」として操縦装置及び推進装置の制御を行うようにしている。

## 【 0 0 3 4 】

地上設備 2 0 は、図 1 及び図 8 に示すように、GPS の補正情報を生成する DGPS 地上局 2 1 と、生成した補正情報を航空機 1 に送信する補正信号送信機 2 2 と、を備えている。DGPS 地上局 2 1 で生成した補正情報を補正信号送信機 2 2 によって航空機 1 に送信し、この補正情報を補正信号受信機 1 3 で受信し、この補正情報に基づいて航空機 1 の GPS 受信機で検出した位置情報を補正して高精度な位置情報を得ることができる。

40

## 【 0 0 3 5 】

次に、図 2 ～図 7 を用いて、本実施の形態に係る自動離着陸装置を用いた航空機 1 の自動離着陸方法について説明する。

## 【 0 0 3 6 】

< 自動離陸方法について >

まず、図 2 及び図 4 を用いて、本実施の形態に係る自動離着陸装置を用いた航空機 1 の自動離陸方法について説明する。

## 【 0 0 3 7 】

まず、航空機 1 の推進装置を始動させるとともに、制御装置 1 2 等の各種搭載機器に電

50

源を投入して起動させ、電波高度計 2、A D S 3、姿勢角センサ 4、磁方位センサ 5 及び高精度 D G P S 6 を用いて、航空機 1 の対地高度、対気速度、姿勢角、向き及び位置の検出を開始する（航空機情報取得工程）。そして、航空機 1 を所定の滑走路上に移動させた後、航空機 1 の離着陸指令入力手段 7 により離陸指令を入力する（離陸指令入力工程）。この離陸指令を受けた航空機 1 の制御装置 1 2 は、航空機情報取得工程で取得した各情報に基づいて推進装置及び操縦装置を制御する（制御工程）。

【 0 0 3 8 】

以下、制御工程の内容を具体的に説明する。

【 0 0 3 9 】

（ 1 ）離陸滑走モード

離陸指令を受けた航空機 1 の制御装置 1 2 は、推進装置の出力を最大にするための制御指令を生成し、この制御指令によりスロットル 1 1 を操作することにより推進装置の出力を最大にして固定するとともに、航空機 1 の姿勢角及び進行方向を一定に保持するように操縦装置を制御する（離陸滑走制御工程）。

【 0 0 4 0 】

具体的には、制御装置 1 2 は、エレベータ 8 及びエルロン 9 を制御して、ピッチ角を所定の滑走ピッチ角に固定するとともにバンク角を 0 度に固定し、かつ、ラダー 1 0 を制御して航空機 1 の滑走方向を規制する。このように推進装置及び操縦装置を制御することにより、航空機 1 は、滑走路上の軸線に沿った直進離陸滑走を行うこととなる。

【 0 0 4 1 】

次いで、航空機 1 の制御装置 1 2 は、航空機 1 の対気速度が所定の離陸判定速度（ローテーション速度）を超えるか否かを判定する（離陸速度判定工程）。この離陸速度判定工程で、航空機 1 の対気速度が所定の離陸判定速度以下であると判定された場合には、制御装置 1 2 は、離陸滑走制御工程における制御を続行する。

【 0 0 4 2 】

（ 2 ）ローテーションモード

一方、離陸速度判定工程において、航空機 1 の対気速度が所定の離陸判定速度を超えたと判定された場合には、制御装置 1 2 は、機首上げを行わせるように操縦装置を制御する（機首上げ制御工程）。

【 0 0 4 3 】

具体的には、制御装置 1 2 は、航空機 1 の対気速度が離陸判定速度を超えた場合に、エレベータ 8 を制御して、ピッチ角を所定のローテーションピッチ角へと変化させる。また、制御装置 1 2 は、エルロン 9 及びラダー 1 0 を離陸滑走制御工程と同様に制御するとともに、推進装置の出力を最大に維持する。このように推進装置及び操縦装置を制御することにより、航空機 1 は機首上げを行って離陸を開始する。

【 0 0 4 4 】

次いで、航空機 1 の制御装置 1 2 は、航空機 1 の対地高度が所定の離陸判定高度を超えるか否かを判定するとともに、航空機 1 の高度変化率（上昇率）が所定の離陸判定上昇率を超えるか否かを判定する（離陸高度判定工程）。この離陸高度判定工程で、航空機 1 の対地高度が所定の離陸判定高度以下であると判定された場合、又は、航空機 1 の上昇率が所定の離陸判定上昇率以下であると判定された場合には、制御装置 1 2 は、機首上げ制御工程における制御を続行する。

【 0 0 4 5 】

（ 3 ）上昇飛行モード

一方、離陸高度判定工程において、航空機 1 の対地高度が所定の離陸判定高度を超えたと判定されるとともに、航空機 1 の上昇率が所定の離陸判定上昇率を超えたと判定された場合には、制御装置 1 2 は、所定の上昇率を維持したまま所定の目標高度まで上昇飛行を行わせるように推進装置及び操縦装置を制御する（上昇飛行制御工程）。

【 0 0 4 6 】

具体的には、制御装置 1 2 は、エレベータ 8 を制御して所定の上昇率を維持しながらエ

10

20

30

40

50

エルロン 9 を制御して滑走路上の軸線に沿った直線飛行を行わせるとともに、ラダー 10 を制御して機首振れを抑制し、かつ、推進装置の出力を最大に維持する。このように推進装置及び操縦装置を制御することにより、航空機 1 の離陸を完了させて目標高度での巡航飛行を開始させることができる。

【0047】

<自動着陸方法について>

次に、図 3 及び図 5 ~ 図 7 を用いて、本実施の形態に係る自動離着陸装置を用いた航空機 1 の自動着陸方法について説明する。

【0048】

まず、航空機 1 の制御装置 12 は、所定の巡航飛行中に、電波高度計 2、A D S 3、姿勢角センサ 4、磁方位センサ 5 及び高精度 D G P S 6 を用いて、航空機 1 の対地高度、対気速度、姿勢角、向き及び位置の検出を行う（航空機情報取得工程）。そして、航空機 1 の離着陸指令入力手段 7 により着陸指令を入力する（着陸指令入力工程）。この着陸指令を受けた航空機 1 の制御装置 12 は、航空機情報取得工程で取得した各情報に基づいて推進装置及び操縦装置を制御する（制御工程）。

【0049】

以下、制御工程の内容を説明する。

【0050】

(1) グライドスローブモード

着陸指令を受けた航空機 1 の制御装置 12 は、推進装置及び操縦装置を制御して所定の進入経路に沿った進入飛行を実現させる（進入飛行制御工程）。具体的には、制御装置 12 は、エルロン 9 を制御して滑走路上の軸線に沿った直線飛行を行わせるとともに、ラダー 10 を制御して機首振れを抑制し、かつ、エレベータ 8 を制御して図 3 に示すような進入経路（進入目標点に対して所定の進入経路角をなす経路）に沿った進入飛行を実現させる。この際、制御装置 12 は、推進装置の出力を巡航飛行時の状態に維持する。

【0051】

次いで、航空機 1 の制御装置 12 は、航空機 1 の対地高度が所定の着陸判定高度（フレア開始高度）未満となったか否かを判定する（着陸高度判定工程）。この着陸高度判定工程で、航空機 1 の対地高度が所定の着陸判定高度以上であると判定された場合には、制御装置 12 は、進入飛行制御工程における制御を続行する。

【0052】

(2) フレアモード

一方、着陸高度判定工程において、航空機 1 の対地高度が所定の着陸判定高度未満となったと判定された場合には、制御装置 12 は、最小出力を発現するように推進装置を制御するとともに引き起こしを行わせるように操縦装置を制御する（引き起こし制御工程）。

【0053】

具体的には、制御装置 12 は、推進装置の出力を最小（アイドリング状態）にするための制御指令を生成し、この制御指令によりスロットル 11 を操作することにより推進装置をアイドリング状態にして固定するとともに、エレベータ 8 を制御してピッチ角を所定のフレアピッチ角へと変化させる。このように推進装置及び操縦装置を制御することにより、航空機 1 は引き起こしを開始する。なお、制御装置 12 は、引き起こし制御工程において、エルロン 9 を制御してバンク角を 0 度に固定するとともに、ラダー 10 を制御して航空機 1 の飛行方向を規制する。

【0054】

また、引き起こし制御工程においては、図 6 (a) に示すように、航空機 1 の対地高度及び高度変化率に基づいてピッチ角コマンドレートを生成し、このピッチ角コマンドレートを積分することにより、フレアピッチ角を算出している。

【0055】

例えば、航空機 1 の対地高度が高高度である場合には、図 6 (b) に示したグラフに従ってピッチ角コマンドレートを生成することができる。高度変化率が負の場合にはピッチ

10

20

30

40

50

角コマンドレートを比較的大きい値に設定して機首上げ効果を高め、高度変化率が負から正へ移行する範囲内にある場合にはピッチ角コマンドレートを中程度の値に設定する。また、高度変化率が正の場合には、ピッチ角コマンドレートを「零」に設定して機首上げを抑制する。

【 0 0 5 6 】

また、航空機 1 の対地高度が低高度である場合には、図 6 ( c ) に示したグラフに従ってピッチ角コマンドレートを生成することができる。対地高度が比較的低くかつ高度変化率が負の場合には、ピッチ角コマンドレートを大きい値に設定して迅速な機首上げを行わせる。また、高度変化率が正（ないし正に近い負）の場合にはピッチ角コマンドレートを「零」に設定して機首上げを抑制する。

10

【 0 0 5 7 】

また、図 7 に示したグラフに従ってピッチ角コマンドレートを生成することもできる。航空機 1 の対地高度が低高度でかつ高度変化率が負の場合には、迅速な機首上げを行わせるためにピッチ角コマンドレートを大きい値に設定する。一方、航空機 1 の対地高度が高高度でかつ高度変化率が負の場合には、緩やかな機首上げを行わせるためにピッチ角コマンドレートを比較的小さい値に設定する。そして、高度変化率が負から正に移行するに従ってピッチ角コマンドレートを漸次低減させ、高度変化率が正に達したらピッチ角コマンドレートを「零」に設定して機首上げを抑制する。

【 0 0 5 8 】

このような引き起こし制御工程を実施する間に、航空機 1 の制御装置 1 2 は、航空機 1 の対気速度が所定の着陸判定速度未満となったか否かを判定する（着陸速度判定工程）。この着陸速度判定工程で、航空機 1 の対気速度が所定の着陸判定速度以上であると判定された場合には、制御装置 1 2 は、引き起こし制御工程における制御を続行する。

20

【 0 0 5 9 】

( 3 ) 着陸滑走モード

一方、着陸速度判定工程において、航空機 1 の対気速度が所定の着陸判定速度未満となったと判定された場合には、制御装置 1 2 は、最小出力を維持するように推進装置を制御するとともに、航空機 1 の姿勢角を一定に保持するように操縦装置を制御する（着陸滑走制御工程）。

【 0 0 6 0 】

具体的には、制御装置 1 2 は、推進装置の出力を最小（アイドリング状態）に維持するための制御指令を生成し、この制御指令によりスロットル 1 1 を操作することにより推進装置をアイドリング状態のまま維持する。また、制御装置 1 2 は、エレベータ 8 及びエルロン 9 を制御して、ピッチ角を所定の滑走ピッチ角に固定するとともにバンク角を 0 度に固定し、かつ、ラダー 1 0 を制御して航空機 1 の飛行方向及び滑走方向を規制する。このように推進装置及び操縦装置を制御することにより、航空機 1 は、滑走路に接地した後、滑走路上の軸線に沿った直線着陸滑走を行うこととなる。

30

【 0 0 6 1 】

以上説明した本実施の形態に係る自動離着陸装置においては、航空機 1 の制御装置 1 2 が、離陸指令を受けて、最大出力を発現するように航空機 1 の推進装置を制御するとともに、航空機 1 の姿勢角及び進行方向を一定に保持するように操縦装置を制御して離陸滑走を実現させる。次いで、制御装置 1 2 は、航空機 1 の対気速度が所定の離陸判定速度（ローテーション速度）を超えた場合に、機首上げを行わせるように操縦装置を制御する。続いて、制御装置 1 2 は、航空機 1 の対地高度が所定の離陸判定高度を超え、かつ、航空機 1 の上昇率が所定の離陸判定上昇率を超えた場合に、所定の上昇速度を維持したまま所定の目標高度まで上昇飛行を行わせるように推進装置及び操縦装置を制御する。

40

【 0 0 6 2 】

すなわち、航空機 1 の「対気速度」を参照して離陸滑走モードからローテーションモードへの移行判定を行うとともに、航空機 1 の「対地高度」を参照してローテーションモードから上昇飛行モードへの移行判定を行って、地上滑走から上昇飛行にいたるまでの全自

50

動離陸を実現させることができる。しかも、この際、航空機 1 の「対地高度」を参照して離陸の判定（離陸が完了して上昇飛行に移行できるか否かの判定）を行っているので、離陸の判定に脚スイッチを用いる必要がない。従って、複雑な搭載機器や複雑な制御ロジックを採用することなく全自動離陸を実現させることができる。

【0063】

また、以上説明した本実施の形態に係る自動離着陸装置においては、航空機 1 の制御装置 12 が、着陸指令を受けて、推進装置及び前記操縦装置を制御して所定の進入経路に沿った進入飛行を実現させる。次いで、制御装置 12 は、航空機 1 の対地高度が所定の着陸判定高度（フレア開始高度）未満となった場合に、最小出力を発現するように推進装置を制御するとともに引き起こしを行わせるように操縦装置を制御する。続いて、制御装置 12 は、航空機 1 の対気速度が所定の着陸判定速度未満となった場合に、最小出力を維持するように推進装置を制御するとともに航空機 1 の姿勢角及び進行方向を一定に保持するように操縦装置を制御して着陸滑走を実現させる。

10

【0064】

すなわち、航空機 1 の「対気高度」を参照して進入飛行モードからフレアモードへの移行判定を行うとともに、航空機 1 の「対地速度」を参照してフレアモードから着陸滑走モードへの移行判定を行って、進入飛行から接地後の滑走にいたるまでの全自動着陸を実現させることができる。

【0065】

また、以上説明した本実施の形態に係る自動離着陸装置においては、位置センサとして高精度 DGPS 6 を採用しているため、航空機 1 の位置をきわめて高い精度で検出することができ、この高精度の位置情報に基づいて機体の姿勢や速度を制御することができるので、図 9 に示すような従来の電波航法設備 100 が不要となる。

20

【0066】

なお、以上の実施の形態で採用した離陸判定速度（ローテーション速度）、離陸判定高度、離陸判定上昇率、着陸判定高度（フレア開始高度）及び着陸判定速度の値は、航空機 1 の機体の大きさや飛行特性に応じて適宜変更することができる。

【0067】

また、以上の実施の形態においては、図 6 及び図 7 に示すように、航空機 1 の対地高度及び高度変化率に基づいてピッチ角コマンドレートを生成し、このピッチ角コマンドレートを積分することによりフレアピッチ角を算出した例を示したが、フレアピッチ角の算出（決定）方法はこれに限られるものではない。

30

【0068】

また、本発明は、有人の固定翼航空機だけでなく無人の固定翼航空機の自動離着陸制御にも適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【0069】

【図 1】本発明の実施の形態に係る自動離着陸装置の機能的構成を説明するためのブロック図である。

【図 2】本発明の実施の形態に係る自動離着陸装置を用いた航空機の自動離陸方法を説明するための説明図である。

40

【図 3】本発明の実施の形態に係る自動離着陸装置を用いた航空機の自動着陸方法を説明するための説明図である。

【図 4】本発明の実施の形態に係る自動離着陸装置を用いた航空機の自動離陸方法を説明するためのフローチャートである。

【図 5】本発明の実施の形態に係る自動離着陸装置を用いた航空機の自動着陸方法を説明するためのフローチャートである。

【図 6】本発明の実施の形態に係る自動離着陸装置を用いた航空機の自動着陸方法のフレアモードで使用されるフレアピッチ角の決定方法を説明するための説明図である。

【図 7】同上

50

【図 8】本発明の実施の形態に係る自動離着陸装置の概要を説明するための説明図である。

【図 9】従来の自動着陸装置（ILS）を説明するための説明図である。

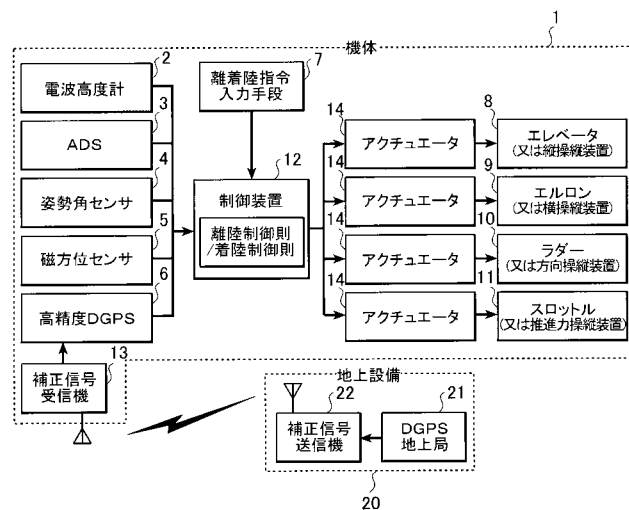
【符号の説明】

【0070】

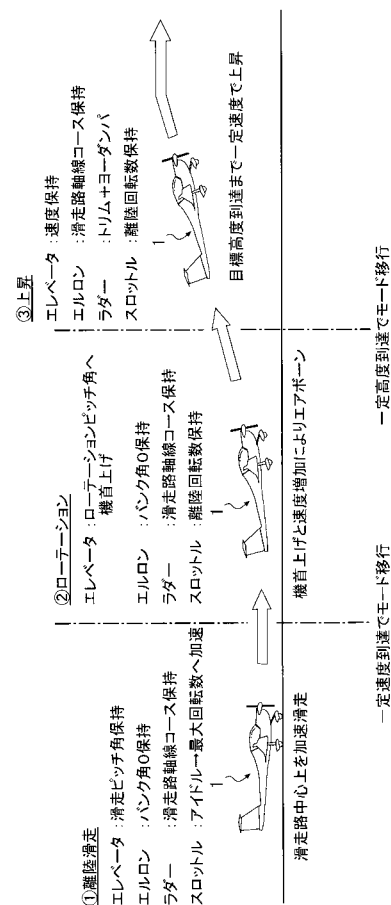
- 1 航空機
- 2 電波高度計（高度センサ）
- 3 A D S（対気速度センサ）
- 4 姿勢角センサ
- 5 磁方位センサ（方位センサ）
- 6 高精度 D G P S（位置センサ）
- 7 離着陸指令入力手段（離陸指令入力手段、着陸指令入力手段）
- 8 エレベータ（操縦装置）
- 9 エルロン（操縦装置）
- 10 ラダー（操縦装置）
- 12 制御装置
- 13 補正信号受信機（位置センサ）

10

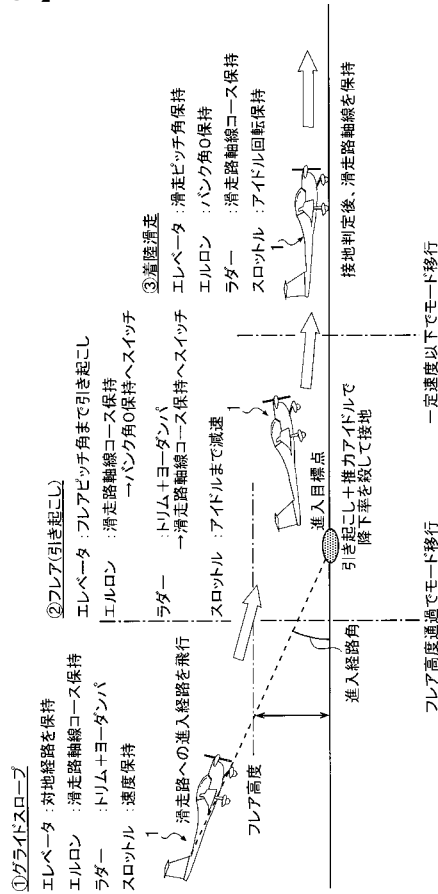
【図 1】



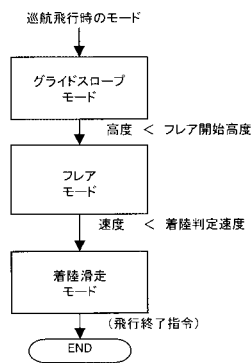
【図 2】



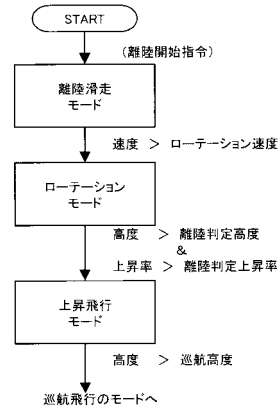
【図 3】



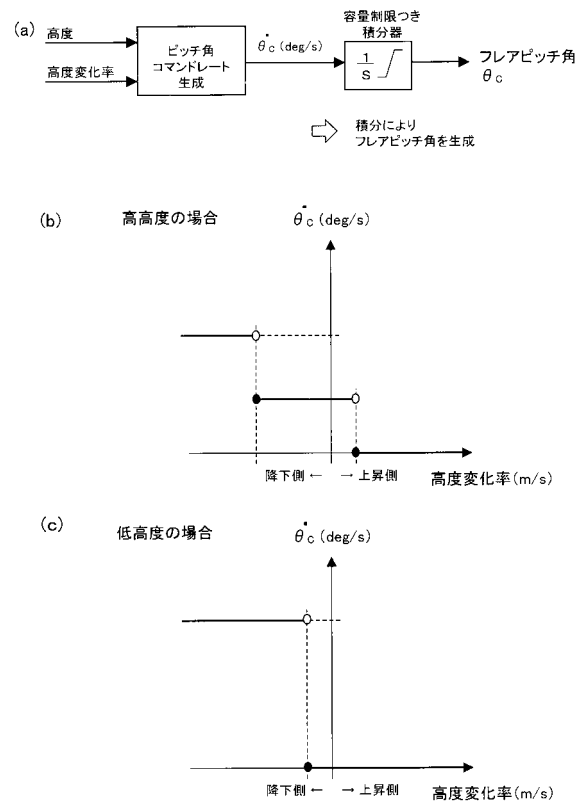
【図 5】



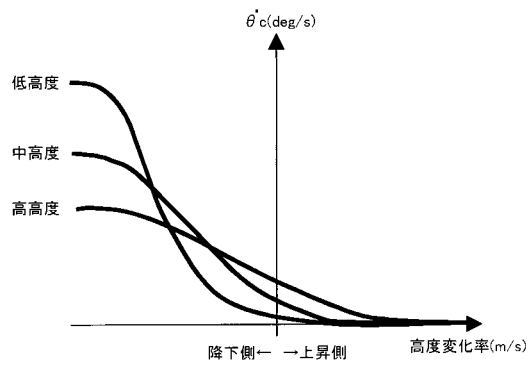
【図 4】



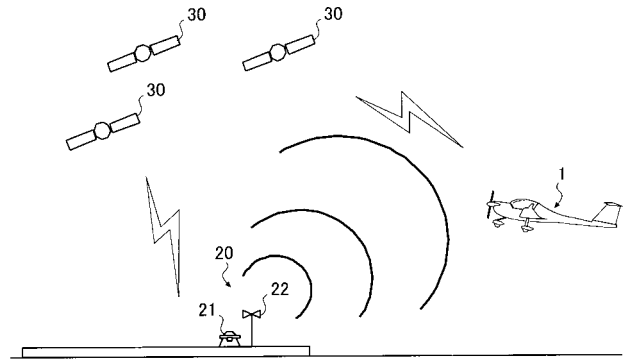
【図 6】



【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】

