

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6932043号
(P6932043)

(45) 発行日 令和3年9月8日(2021.9.8)

(24) 登録日 令和3年8月19日(2021.8.19)

(51) Int.Cl. F 1
B 6 4 D 31/06 (2006.01) B 6 4 D 31/06

請求項の数 15 外国語出願 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2017-156342 (P2017-156342)	(73) 特許権者	500520743
(22) 出願日	平成29年8月14日 (2017.8.14)		ザ・ボーイング・カンパニー
(65) 公開番号	特開2018-79914 (P2018-79914A)		The Boeing Company
(43) 公開日	平成30年5月24日 (2018.5.24)		アメリカ合衆国、60606-2016
審査請求日	令和2年8月7日 (2020.8.7)		イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイド・プラザ、100
(31) 優先権主張番号	15/253,306	(74) 代理人	110002077
(32) 優先日	平成28年8月31日 (2016.8.31)		園田・小林特許業務法人
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)	(72) 発明者	ジャコウスキー, ジェイソン ジェイ. アメリカ合衆国 ワシントン 98124 -2207, シアトル, ピーオー ボックス 3707

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 航空エンジンのスラストラランピングを制御するための方法及び装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

航空機に使用されるスラスト制御システム（102）であって、
横風の速度を測定するためのセンサ（132）、及び
前記測定された横風の速度を横風閾値範囲と比較するスラストラランピングマネージャー（204）であって、前記測定された横風の速度が前記横風閾値範囲内にあるときに、複数のスラストラランピングスケジュール（402、404、406、408）から選択された、部分的スラストラランピングスケジュールを、離陸の間、起動する、スラストラランピングマネージャー（204）を備える、システム（102）。

【請求項 2】

前記スラストラランピングマネージャー（204）が、基準横風速度を受信する、請求項 1 に記載のシステム（102）。

【請求項 3】

前記スラストラランピングマネージャー（204）が、前記基準横風速度と前記測定された横風の速度とを比較する、請求項 2 に記載のシステム（102）。

【請求項 4】

前記基準横風速度が前記測定された横風の速度未満であるときに警報を開始する、アラームコントローラ（208）を更に含む、請求項 3 に記載のシステム（102）。

【請求項 5】

航空機のスラストを制御するための方法（300）であって、

10

20

前記航空機がタクシングしているときに横風の速度を測定すること（３０４）、
前記測定された横風の速度を横風閾値範囲と比較すること（３１２）、及び
前記測定された横風の速度が前記横風閾値範囲内にあるときに、前記測定された横風の速度に基づいて、離陸の間、部分的スラストランピングスケジュールを起動すること（３２４）を含む、方法（３００）。

【請求項６】

前記測定された横風の速度が前記横風閾値範囲の上限よりも大きいときに、離陸の間、最大スラストランピングスケジュールを適用すること（３２０、３２２）を更に含む、請求項５に記載の方法（３００）。

【請求項７】

前記測定された横風の速度が前記横風閾値範囲の下限未満であるときに、離陸の間、スラストランピングを起動解除すること（３１４、３１６）を更に含む、請求項６に記載の方法（３００）。

【請求項８】

基準横風速度と前記測定された横風の速度とを比較すること（３０６）、及び前記基準横風速度が前記測定された横風の速度未満であるときに警報を開始すること（３１０）を更に含む、請求項５から７のいずれか一項に記載の方法（３００）。

【請求項９】

前記部分的スラストランピングスケジュールを提供することが、前記部分的スラストランピングスケジュールを参照表から読み出すことを含む、請求項５から８のいずれか一項に記載の方法（３００）。

【請求項１０】

離陸の間に前記航空機対気速度を測定すること、及び前記測定された対気速度に応じてスラスト出力制限を変更することを更に含む、請求項５から９のいずれか一項に記載の方法（３００）。

【請求項１１】

前記測定された対気速度が増加するに従って、前記スラスト出力制限を縮小させることを更に含む、請求項１０に記載の方法（３００）。

【請求項１２】

指示命令を含んだ有形的コンピュータ可読媒体であって、前記指示命令が実行されたときに、前記指示命令がマシンに、

横風の速度を測定させ、

前記測定された横風の速度を横風閾値範囲と比較させ、且つ

前記測定された横風の速度が前記横風閾値範囲内にあるときに、前記測定された横風の速度に基づいて、離陸の間、部分的スラストランピングスケジュールを起動させる、コンピュータ可読媒体。

【請求項１３】

指示命令であって、実行されたときに、前記マシンに、前記測定された横風の速度が前記横風閾値範囲の上限よりも大きいときに、離陸の間、最大スラストランピングスケジュールを適用させる、指示命令を更に含む、請求項１２に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項１４】

指示命令であって、実行されたときに、前記マシンに、前記測定された横風の速度が前記横風閾値範囲の下限未満であるときに、離陸の間、スラストランピングを起動解除させる、指示命令を更に含む、請求項１３に記載のコンピュータ可読媒体。

【請求項１５】

指示命令であって、実行されたときに、前記マシンに、基準横風速度と前記測定された横風の速度とを比較させ、前記基準横風速度が前記測定された横風の速度未満であるときに警報を開始させる、指示命令を更に含む、請求項１２から１４のいずれか一項に記載のコンピュータ可読媒体。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、広くは、航空機に関し、特に、航空エンジンのスラストラッキングを制御するための方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

エンジンのスラストは、エンジンの応力を低減させるために、離陸の最初の部分の間で、低い地上速度において制限又は制御され得る。例えば、特定の横風状態が存在する離陸の間、利用可能なスラストを制限することは、航空エンジンの摩耗を低減させ、それによって、整備費用及び／又は騒音を低減させる。

10

【発明の概要】

【0003】

例示的なスラスト制御システムは、横風の速度を測定するためのセンサ、及び測定された横風の速度を横風閾値範囲と比較するためのスラストマネージャーを含む。スラストマネージャーは、測定された横風の速度が横風閾値範囲内にあるときに、離陸の間、部分的スラストラッキングスケジュールを起動する。部分的スラストラッキングスケジュールは、複数のスラストラッキングスケジュールから選択される。

【0004】

例示的な一方法は、航空機がタクシングしているときに横風の速度を測定すること、測定された横風の速度を横風閾値範囲と比較すること、及び、測定された横風の速度が横風閾値範囲内にあるときに、測定された横風の速度に基づいて、離陸の間、部分的スラストラッキングスケジュールを起動することを含む。

20

【0005】

例示的なコンピュータ可読媒体は、指示命令であって、実行されたときに、マシンに、横風の速度を測定させ、測定された横風の速度を横風閾値範囲と比較させ、且つ、測定された横風の速度が横風閾値範囲内にあるときに、測定された横風の速度に基づいて、離陸の間、部分的スラストラッキングスケジュールを起動させる、指示命令を含む。

【図面の簡単な説明】

【0006】

30

【図1】本開示の教示による例示的なスラストラッキングシステムが実装された例示的な航空機である。

【図2】図1の例示的なスラストラッキングシステムの例示的なスラストラッキングコントローラのブロック図である。

【図3A】図1及び図2の例示的なスラストラッキングコントローラを実施するために実行され得る例示的な方法を表すフローチャートである。

【図3B】図1及び図2の例示的なスラストラッキングコントローラを実施するために実行され得る例示的な方法を表すフローチャートである。

【図4】図1及び図2の例示的なスラストラッキングコントローラによって採用され得るスラストラッキングスケジュールを表す例示的なグラフである。

40

【図5】図3A及び図3Bの方法並びに図1及び図2の例示的なスラストラッキングコントローラを実施するために指示命令を実行することができる、例示的なプロセッサプラットフォームのブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

航空エンジンのインレットにおける空力的な悪条件は、エンジンの性能に影響を与える。例えば、離陸状態の間に、横風は、エンジンのインレットを通る気流がエンジンのローター又はファンに向かって移動する際に、気流がインレットの内面に沿って剥離することをもたらし得る。そのような気流の剥離は、ローター又はファンが空力的な悪条件の間にあまりにも急激に加速するときに、エンジン内のファンブレードに関連する不十分な空力

50

状態を提供し得る。例えば、空力的な悪条件は、ファンブレード上に振動力を加え、その振動力は、ファンブレードを摩耗させ及び／又はファンブレードに損傷を与え、それによって、ブレードを頻繁に交換すること又はブレードの頻繁な整備をもたらす得る。したがって、離陸の間の横風状態によって、ローター又はファンブレードの加速度は、エンジンに対して要求される整備スケジュールに影響を与え得る。整備の増加は、費用を増加させ、及び／又はその航空機を利用可能な航空機の編隊 (fleet) から排除する。

【0008】

離陸の間の横風状態による航空エンジンに対する損傷を低減させ又は妨げるために、航空機は速度 (例えば、航空エンジンの長手方向軸と平行な気流の順速度) が、エンジンのインレットにおける空力的な悪条件がもはや生じない速度になるまで、エンジンの出力又はスラストが (例えば、利用可能な最高出力未満に) 制限され、及び／又はローター若しくはファンの加速度を制御するように漸進的に調整され得る。例えば、エンジンのインレットの中への気流 (例えば、気流の相対速度) が特定の速度に到達したときに (例えば、航空機が離陸のために適切な相対速度閾値に到達したときに)、航空エンジンのインレットに垂直な気流の横風は、航空エンジンのインレットと平行な気流に対して無視できる。言い換えると、航空機が十分な対気速度を生成するときに、エンジンの長手方向軸と平行なインレットの中へ流れる気流ベクトルは、航空機のインレットの長手方向軸に対して平行でない (例えば、垂直な) 横風の気流ベクトルよりもかなり大きい。したがって、航空機が特定の対気速度に到達したときに、横風の影響は、無視することができ、エンジン性能及び／又は航空エンジンの整備に、もはや影響を与えない。

【0009】

離陸フェーズの一部分の間の横風の悪条件によるエンジンの摩耗を低減させるために、ある例示的な航空機は、スラストランピングシステムを採用して、エンジンのスラスト出力を制限する。例えば、スラストランピングは、航空機が比較的遅い地上速度で移動しているときに、ローター又はファンの加速度を制限する。例えば、スラストランピングシステムは、横風がもはやエンジンの空力性能に影響を与えない閾値対気速度が到達されるまで、ゆっくりとスラストを増加させることによって、横風及び遅い地上速度によるファンブレードへの高応力荷重を相殺するように、電子式エンジンコントローラを操作することができる。そのような対気速度閾値は、エンジン (例えば、ナセルのインレット) の性能特性に応じる。

【0010】

しかし、一部のスラストランピングシステムは、横風状態がスラスト制限を必要とするか否かに関わらず、全ての離陸に対してアクティブである。例えば、横風状態 (例えば、10ノット以下の横風) がエンジン性能に影響を与えない (例えば、利用可能な最高スラストの使用を許容する) ときでも、スラスト制限が課され得る。更に、一部のスラストランピングシステムは、全ての横風状態に対して同じスラスト制限を与える。例えば、一部のスラスト制限システムは、横風状態が12ノット又は30ノットであるときに、同じスラスト制限を課し得る。

【0011】

離陸の間のスラストランピングは、高い横風状態の間に航空エンジンへの負担を低減させるが、離陸の間にスラストを制限することは、離陸速度及び航空機の重量に影響を与える。例えば、より重い航空機の重量は、離陸のためのより大きな速度を必要とする。したがって、離陸の間にスラストを制限することは、離陸フェーズの継続時間の間に課されたスラスト制限のために、適切な離陸速度に到達するための更なる滑走路の長さを必要とし得る。したがって、スラストランピングシステムは、滑走路の長さのペナルティー及び／又は積載量のペナルティーを課し得る。例えば、スラストランピングシステムは、14,000フィートの高度の滑走路において、120フィートの小さい滑走路の長さのペナルティーを課し得る。結果として、スラストランピングシステムが装備された航空機は、より長い滑走路を必要とし、及び／又はより軽い積荷 (例えば、最大許容可能な積荷未満の積荷) を運ぶことが必要とされ得る。したがって、一部のスラストランピングシステムは

、離陸の間に、スラスト制限又はランピングを必要としないかもしれない横風状態の間に負荷を制限することによって、航空機がより低い効率で動作することをもたらし得る。

【0012】

本明細書で開示される例示的な方法及び装置は、離陸条件（例えば、横風状態）に基づいて、選択的にスラストランピングを起動する。特に、一部のスラストランピングシステムとは異なり、本開示の例示的な方法及び装置は、タクシングの間に判定された測定された横風に基づく、スラスト制御又はランピングを採用する。例えば、本開示の例示的な方法は、タクシングの間に（例えば、航空機が静止している間に）横風の速度を測定することを含み、測定された横風の速度を横風閾値範囲と比較する。ある実施例では、本開示の方法及び装置が、横風の速度が横風閾値よりも大きいときに、スラスト制限を課し及び／又はスラストランピングを提供する。したがって、本開示の例示的な方法及び装置は、測定された横風が横風閾値未満であるときに、スラスト制限及び／又はスラストランピングを与えなくてもよい。このやり方では、航空機が、横風の悪条件がない場合（例えば、横風状態がスラストランピングを必要としない場合）に、離陸の間に利用可能な最大スラストを採用し得る。一部のそのような例では、スラストランピングが起動されていないときに、航空機の離陸性能が実現され得る。例えば、スラストランピングなしに、航空機は、より短い滑走路の長さを使用して、及び／又はより重い積載量（例えば、積荷）を伴って離陸し得る。

10

【0013】

更に、本開示の例示的な方法及び装置は、異なる測定された横風状態に対応する複数の異なるスラストランピングを採用する。本開示の例示的な方法及び装置は、測定された横風の速度が横風閾値範囲内にあるときに、部分的スラストランピングを採用し、測定された横風の速度が横風閾値範囲の上限を超えたときに、最大スラストランピングを採用する。

20

【0014】

ある実施例では、部分的スラストランピングが、測定された横風の速度に対して、拡大縮小され又は最適化されたスラストランピングを提供する。したがって、部分的スラストランピングが起動されたときに、スラストランピングスケジュールは、測定された横風の速度に基づく。例えば、測定された横風の速度が横風閾値範囲内の第1の値であるときに、第1のスラストランピングスケジュールが選択され、測定された横風の速度が横風閾値範囲内の第2の値であるときに、第2のスラストランピングスケジュールが選択される。例えば、第1の測定された横風の速度に基づいて選択された第1のスラストランピングスケジュールのスラスト出力制限は、（例えば、横風閾値範囲の上限における）第2の測定された横風の速度に基づいて選択された第2のスラストランピングスケジュールのスラスト出力制限未満であり得る。例えば、近似的に15ノットの測定された横風の速度に関連付けられたスラストランピングスケジュールは、利用可能なエンジンスラストの近似的に80%の最初のスラスト制限を課し得る。そして、近似的に25ノットの測定された横風の速度に関連付けられたスラストランピングスケジュールは、利用可能なエンジンスラストの近似的に50%の最初のスラスト制限を課し得る。更に、一部の実施例では、最初のスラスト制限と利用可能な最大スラストとの間でのエンジンの加速度が、異なるスラストランピングスケジュールによって変動し得る。例えば、比較的遅い横風の速度に関連付けられた第1のスラストランピングスケジュールの変化量は、比較的速い横風の速度に関連付けられた第2のスラストランピングスケジュールの変化量よりも大きくなり得る。

30

40

【0015】

最大スラストランピングスケジュールは、測定された横風の値が、横風閾値範囲の上限よりも大きいときに、選択され得る。例えば、同じ最大スラストランピングスケジュールが、横風閾値範囲の上限よりも大きい全ての測定された横風の速度に与えられる。したがって、例えば、30ノットよりも大きい全ての横風の値に対して、最大スラストランピングスケジュールが起動される。測定された横風の速度が、横風閾値範囲の下限未満であるときに、スラストランピングは起動解除される。したがって、本開示の例示的な方法は、

50

スラストランピングが起動解除状態にあるときに、離陸の間にスラスト制限を課さない。

【0016】

図1は、本開示の教示による、スラストランピングシステム102とも称されるスラスト制御システム102が実装された例示的な航空機100である。航空機100は例示的な航空機であり、したがって、本開示の例示的な方法及び装置は、本開示の範囲から逸脱することなく、他の航空機、宇宙船、又は輸送体に実装され得る。示されている実施例の例示的な航空機100は、胴体108から延在する第1の翼104と第2の翼106を有する、民間航空機である。示されている実施例の航空機100は、第1の翼104に連結された第1のエンジン110と、第2の翼106に連結された第2のエンジン112を含む。第1のエンジン110と第2のエンジン112のスラスト出力は、航空機100の操縦室115内に配置されたスラストレバー114を介して制御される。例えば、動作の間に、スラストレバー114は、第1のエンジン110と第2のエンジン112のスラスト出力を指示命令するために操作される。

10

【0017】

スラストレバー114によって提供されたスラストコマンド入力に基づいて、第1のエンジン110と第2のエンジン112の動作（例えば、スラスト出力）を制御するために、示されている実施例のエンジン110と112の各々は、電子式エンジンコントローラ116を採用する。例えば、電子式エンジンコントローラ116は、スラストレバー114を介して指示命令された第1のエンジン110と第2のエンジン112からのパワー又はスラスト出力の量を判定する。更に、示されている実施例の電子式エンジンコントローラ116は、スラストレバー114によって設定された所望のスラストを実現するために、動作特性（例えば、航空機100の速度、迎え角、高度、空気の静圧及び／動圧、対気速度、大気密度、大気圧、エンジン110の圧力、エンジン112の温度など）を判定し又は受信する。例えば、電子式エンジンコントローラ116は、スラストレバー114によって提供されたスラストコマンド入力に相当するスラストを実現するためのファン速度を計算する。パワー若しくはスラスト出力及び／又は動作特性に基づいて、電子式エンジンコントローラ116は、第1のエンジン110と第2のエンジン112に対する燃料流量を（例えば、空燃比に基づいて）調節する。

20

【0018】

離陸の間に、示されている実施例の航空機100は、特定の横風状態の間のスラストランピングを選択的に起動する。例えば、示されている実施例の航空機100は、航空機100の地上速度が比較的遅いときに、制限しなければエンジン110と112のファン（例えば、ファンブレード）に対する損傷をもたらし得る横風の悪条件の間、第1のエンジン110と第2のエンジン112のファンの加速度を制限する。例えば、比較的遅い地上速度の間に、第1のエンジン110と第2のエンジン112のインレット122の長手方向軸120に垂直な速い横風118は、インレット122の内面に沿って流れの剥離をもたらし得る。そのような流れの剥離は、乱流をもたらし得る。乱流は、エンジン110と112の加速度が急激に上昇するならば、第1のエンジン110及び／又は第2のエンジン112のファンブレードに損傷をもたらし得る。航空機100の対気速度124が（例えば、長手方向軸120と平行な順方向において）増加する際に、横風の悪条件は、もはやインレット122の中への気流のパターンに影響を与えない。

30

40

【0019】

第1のエンジン110と第2のエンジン112の加速度を選択的に制限するために、示されている実施例の例示的な航空機100は、スラストランピングシステム102を採用する。より具体的に、示されている実施例の例示的なスラストランピングシステム102は、スラストランピングシステム102が特定の動作状態を検出したときに、スラスト出力制限を採用して、第1のエンジン110と第2のエンジン112の加速度を制御する。ある実施例では、示されている実施例のスラストランピングシステム102が、オンデマンドのスラストランピングを提供する。例えば、示されている実施例のスラストランピングシステム102は、航空機100が（離陸の前に）タクシングしているときに、横風の速度を

50

測定することによって、スラストランピングが必要であるか否かを判定する。例えば、示されている実施例のスラストランピング102は、航空機100が静止しているときに、横風の速度（例えば、最初の横風の速度）を測定する。例えば、航空機100が静止しているときに、航空機100の地上速度はゼロであり、測定された気流は風の速度に等しい。風の速度ベクトルが、解析されて、横風の速度118を判定し得る。横風の速度に基づいて、示されている実施例のスラストランピングシステム102は、タクシングの間に測定された横風状態が、横風閾値よりも大きい（例えば、12ノットよりも速い）ときに、離陸の間のスラスト出力を制限し得る。

【0020】

更に、以下でより詳細に説明されるように、示されている実施例の例示的なスラストランピングシステムは、測定された横風の速度に基づいて、異なるスラスト出力制限を有する異なるスラストランピングスケジュールを課す。スラストランピングが、第1のエンジン110と第2のエンジン112のファンの加速度を制御するために起動されたときに、示されている実施例のスラストランピングシステムは、離陸の間に測定された航空機100の対気速度に応じて、最初のスラスト出力制限から利用可能な最大スラスト出力にスラスト出力を増加させる。例えば、示されている実施例のスラストランピングシステム102は、離陸の最初の部分の間にスラスト出力を制限し、利用可能な最大スラスト出力が実現されるまで、徐々にスラスト出力を増加させる。スラストランピングシステム102は、光ファイバケーブル126、無線システム、セルラーシステム、及び／又は任意の他の適切な通信システムを介して、電子式エンジンコントローラ116と通信可能に接続され得る。ある実施例では、スラストランピングシステム102が、電子式エンジンコントローラ116と共に形成され得る（例えば、埋め込まれる）。

【0021】

気流に関連付けられた大気データ（例えば、横風の速度など）及び／又は航空機100の対気速度を検出又は測定するために、示されている実施例の例示的なスラストランピングシステム102は、光センサシステム130（例えば、LIDARセンサシステム）を採用する。示されている実施例の光センサシステム130は、スラストランピングコントローラ134（例えば、センサ信号処理ユニット）と通信可能に接続された複数のセンサ132を含む。スラストランピングコントローラ134は、センサ132からの信号を解析して、風の速度などの大気データを判定又は測定（例えば、計算）する。言い換えると、示されている実施例の光センサシステム130は、横風118と航空機100の対気速度124（例えば、気流に対する航空機100の速度）を検出する。例えば、航空機100が、移動していない（例えば、地上速度がゼロである）ときに、センサ132は、気流の風の速度を測定する。航空機100が地上に対して移動するときに、センサ132は、航空機100の対気速度を測定する。

【0022】

例示的な実施例では、センサ132の各々が、ケーブル136（例えば、光ファイバケーブル）を介して、スラストランピングコントローラ134と通信可能に接続されている。ある実施例では、光センサシステム130が、採用されて、例えば、大気圧、高度、大気温、大気密度、及び／又は他の動作特性などの、他の大気データ又は動作特性を測定又は判定し得る。あるそのような実施例では、動作特性が、電子式エンジンコントローラ116及び／又は航空機100の他のコントローラシステム（例えば、完全統括デジタル電子制御器（FADC））に通信され得る。ある実施例では、航空機100が、例えば、大気圧、高度、大気温、エンジンの温度、エンジンの圧力などの、動作特性を、電子式エンジンコントローラ116に提供するための他のセンサも採用し得る。ある実施例では、情報又はデータ（例えば、横風の基準値）が、航空機100の操縦室115内に配置された入力／出力インターフェース138（例えば、ディスプレイ、タッチスクリーン、ビジュアルインジケータなど）を介して、スラストランピングシステム102及び／又は電子式エンジンコントローラ116に提供され得る。

【0023】

示されている実施例のセンサ132は、第1のセンサ132a、第2のセンサ132b、及び第3のセンサ132cを含む。より具体的には、第1のセンサ132aが、航空機100の第1の側面140（例えば、右側）に隣接して配置され、第2のセンサ132bが、航空機100の第1の側面140とは反対側の第2の側面142（例えば、左側）に隣接して配置され、且つ、第3のセンサ132cが、航空機100のノーズ144に隣接して配置されている。例えば、第1のセンサ132aは、第1のエンジン110又は航空機100の第1の側面140の近くの気流の大気データ（例えば、風の速度、相対速度など）を検出又は判定し、第2のセンサ132bは、第2のエンジン112又は第2の側面142の近くの気流の大気データ（例えば、風の速度、相対速度など）を検出又は判定し、且つ、第3のセンサ132cは、航空機100のノーズ144の近くの気流の大気データ（例えば、風の速度、相対速度など）を検出又は判定し得る。このやり方では、横風118が、図1の配置において第2のエンジン112から第1のエンジン110に向かう方向において移動しているならば、胴体108は、第1のセンサ132aが横風118を正確に検出することを阻み又は妨げ得る。あるそのような事例では、第2のセンサ132b及び／又は第3のセンサ132cが、横風118（例えば、横風の速度）を検出し得る。ある実施例では、第1のセンサ132aによって提供された情報が、第2のセンサ132b及び／又は第3のセンサ132cによって提供された情報と併せて使用されて、大気データ又は動作特性を検出し得る。例えば、センサ132の各々によって提供された気流の特性は、航空機100に対する気流の全体的な特性をマッピング又はグラフ化するために使用され得る。図1で示されている実施例は、複数のセンサ132を示しているが、本開示の例示的な光センサシステム130は、1つだけのセンサ、2つのセンサ、又は4つ以上のセンサを伴って実装され得る。

【0024】

示されている実施例の例示的なセンサ132は、レーザレーダーセンサ又はトランシーバ（例えば、LIDARセンサ）である。例えば、示されている実施例のセンサ132の各々は、レーザ送信器及び受信機を含む。示されている実施例のセンサ132は、航空機100の胴体108に取り付けられ得る。ある実施例では、センサ132が、胴体108の内側に配置され、航空機100の窓を通してレーザエネルギーを放出するように配置され得る。ある実施例では、センサ132が、航空機100の外表面（例えば、翼及び／若しくは第1のエンジン110、第2のエンジン112の空力面、並びに／又はノーズ144）に取り付けられ得る。ある実施例では、示されている実施例のセンサ132は、航空機100の外表面（例えば、空力面、胴体など）に対して平坦に取り付けられ得る。それによって、センサ132は、センサ132が取り付けられた外表面（例えば、胴体及び／又は空力面）にわたり移動する気流（の、例えば、パターン又はプロファイル）と干渉せず、邪魔をせず、改変せず、及び／又は遮らない。ある実施例では、1以上のカバー（例えば、透明なカバー）が、レーザ送信器及び／又は受信機を覆って配置され得る。

【0025】

対気速度、風の速度、横風、及び／又は他の大気データ若しくは特性を測定するために、光センサシステム130は、空気の容積及び／又は空気雲（例えば、空気の粒子、空気の分子、液滴など）を特性付け又は解析する。空気の容積又は空気雲を特性付け又は解析するために、例示的なセンサ132は、例えば、送信器からレーザビーム又はレーザエネルギー（例えば、放射線、1以上の波長など）を生成又は放出する。例えば、3次元の気流の速度ベクトル（例えば、風の速度ベクトル）を測定するために、センサ132（例えば、センサの送信器）の各々は、（例えば、センサ及び／又は胴体と垂直な）3つのレーザビーム150を放出し、送信器及び／又は胴体108に対して予め規定された異なる角度の、3つの異なる速度ベクトルを測定する。ある実施例では、大気中に送信された（例えば、連続的な又はパルス状の）レーザエネルギーが、（例えば、空気の粒子、空気の分子などとの衝突のために）空気雲によって後方錯乱され、反射され、後方錯乱したレーザエネルギーは、センサ132の受信機によって受信される。図2との関連で以下により詳細に説明されるように、示されている実施例のスラストランピングコントローラ134は

、後方錯乱したレーザエネルギーを変換し又は調整して、電子信号を生成し、気流の速度を測定する。

【0026】

図2は、図1の例示的なスラストランピングコントローラ134のブロック図である。示されている実施例の例示的なスラストランピングコントローラ134は、例示的なレーザレンジングユニット202、例示的なスラストランピングマネージャー204、例示的なデータストア206（例えば、メモリ）、及び例示的なアラームコントローラ208を含む。

【0027】

示されている実施例の例示的なレーザレンジングユニット202は、図1のセンサ132からの信号を解析し、例えば、横風及び対気速度などの、気流データ及び／又は動作特性を判定する。示されている実施例のレーザレンジングユニット202は、図1のセンサ132の受信機から信号（例えば、後方錯乱したレーザエネルギー）を受信する、例示的な信号プロセッサ210を含む。例えば、センサ132によって信号プロセッサ210に提供された信号は、後方錯乱したレーザエネルギーによって提供された情報に関する、データ（例えば、生データ）であり得る。例示的な信号プロセッサ210は、そのような情報をコンピュータ処理可能な電子信号に変換する。その信号は、動作特性及び／又は気流のパラメータを判定するために使用され得る。例えば、信号プロセッサ210は、例えば、センサ132からのデータを電子信号（例えば、デジタル電子信号）に変換するための、アナログデジタル（A/D）コンバータ及び／又は光変換器（optical transducer）を含み得る。

【0028】

変換され又は調整された後方錯乱したレーザエネルギー（例えば、電子信号）は、その後、処理され又は解析されて大気データ（例えば、風の速度）を測定する。気流の速度を測定するために、示されている実施例のレーザレンジングユニット202は、気流速度判定器212を含む。気流速度判定器212は、信号プロセッサ210から電子信号を受信して、その電子信号を処理し、例えば、ドップラー速度方程式を適用するアルゴリズムを使用して、周波数シフト解析から気流又は風の速度を判定し、航空機100に対する気流の速度を判定する。例えば、例示的な信号プロセッサ210は、送信光と受信光との間のドップラーシフトの量を検出し、気流の速度を測定する。ある実施例では、後方錯乱したレーザエネルギーが、処理されて、大気温、大気圧、大気密度、及び／又は他の大気データ若しくは特性を判定又は測定し得る。

【0029】

航空機100の対気速度を判定又は測定するために、示されている実施例のレーザレンジングユニット202は、対気速度判定器214を含む。同様に、横風を判定又は測定するために、レーザレンジングユニットは、横風判定器216を含む。対気速度判定器214と横風判定器216は、気流速度判定器212によって提供された気流の速度ベクトルを解析する。例えば、対気速度判定器214は、エンジン110及び／又は112の長手方向軸120に対して平行な気流速度判定器212によって提供された気流の速度ベクトルから、航空機100の対気速度を判定又は計算する。ある実施例では、対気速度判定器214が、センサ132のレーザビーム150の分離の角度（例えば、センサ132の送信器及び／又は胴体108に対するレーザビーム150の各々の角度）に基づいて、対気速度を計算又は測定する。例えば、気流速度判定器212は、航空機100が地面に対して移動しているときに、地上速度と風の特徴（例えば、追い風、向かい風、上昇気流、下降気流など）を考慮して対気速度を判定する。

【0030】

同様に、横風判定器216は、気流速度判定器212によって提供された気流の速度ベクトルから、横風の値（エンジン110と112の長手方向軸120に垂直な横風）を判定又は計算する。例えば、気流速度判定器212が、航空機100が静止しているときの気流の速度を測定するときに、気流の速度は風の速度に等しい。ある実施例では、スラス

トランピングコントローラ 134 は、（例えば、航空機 100 の着陸装置の地上速度センサから）航空機 100 がタクシングしている又は静止していることを判定する。ある実施例では、横風判定器 216 が、センサ 132 及び／又はレーザビーム 150 の角度に基づいて、測定された（例えば、航空機 100 が静止しているときに測定された）気流の速度の垂直ベクトル成分を判定し、横風の速度を判定する。対気速度判定器 214 と横風判定器 216 は、対気速度と横風の速度をスラストランピングマネージャ 204 に通信する。

【0031】

スラストランピングマネージャ 204 は、レーザレンジングユニット 202 から対気速度及び／又は横風の速度を受信する。この受信した情報に基づいて、スラストランピングマネージャ 204 は、スラストランピングを起動する（例えば、スラスト出力制限を課す）か又はスラストランピングを起動解除する（例えば、スラスト出力制限を除去する）かを判定する。例えば、スラストランピングマネージャ 204 は、航空機 100 がタクシングしているとき及び離陸の前に（例えば、航空機 100 がゼロに等しい地上速度を有しているときに）、スラストランピングを起動するか否かを判定する。スラストランピングマネージャ 204 がスラストランピングを起動するならば、示されている実施例のスラストランピングマネージャ 204 は、電子式エンジンコントローラ 116 にスラスト出力制限を通信する。電子式エンジンコントローラ 116 は、エンジン 110 と 112 の出力スラストが、スラストランピングマネージャ 204 によって判定されたスラスト出力制限を超えることを妨げる。そのような実施例では、電子式エンジンコントローラ 116 が、スラスト出力制限を超えるスラストレバー 114 からのスラストコマンド入力を低減させる。例えば、電子式エンジンコントローラ 116 は、スラストレバー 114 からのスラストコマンド入力が、スラストランピングマネージャ 204 によって提供されたスラスト出力制限よりも大きいときに、エンジン 110 と 112 の出力スラストを、スラストランピングマネージャ 204 によって提供されたスラスト出力制限に設定する。

【0032】

スラストランピングマネージャ 204 が、スラストランピングが必要とされないことを判定したならば、スラストランピングマネージャ 204 は、スラストランピングを起動解除する。スラストランピングが起動解除されたときに、スラスト出力制限は、スラストランピングマネージャ 204 によって、エンジン 110 と 112 に課されない。そのような実施例では、電子式エンジンコントローラ 116 が、スラストレバー 114 からのスラストコマンド入力及び／又は動作状態に基づいて、エンジン 110 と 112 の出力スラストを制御する。

【0033】

スラストランピングを課すか否かを判定するために、例示的なスラストランピングマネージャ 204 は、スラスト制限判定器 218 を含む。それは、横風判定器 216 によって提供された測定された横風の速度を受信する。スラストランピングが必要とされるか否かを判定するために、スラスト制限判定器 218 は、比較器 220 によって、測定された横風の速度を横風閾値範囲と比較する。横風閾値範囲は、（例えば、参照表として）データストア 206 内に記憶され得る。横風閾値範囲は、航空エンジンの性能特性に基づいて変動し得る。例えば、航空エンジンのナセルのインレットの空力特性は、別のナセルの空力特性よりも大きな横風の速度における流れの剥離を妨げるように構成され得る。あるそのような実施例では、エンジンが、第 1 のエンジンとは異なる第 2 のエンジンの横風閾値範囲とは異なる第 1 の横風閾値範囲を有し得る。したがって、横風閾値範囲は、異なる種類の航空エンジンに対して異なり得る。例えば、横風閾値範囲は、特定のエンジンの試験の間に研究室内で判定された所定の参照表によって提供され得る。

【0034】

横風の速度と横風閾値範囲との間の比較に基づいて、スラスト制限判定器 218 は、スラストランピングが必要であるか否か及び／又は最大スラストランピング又は部分的スラストランピングの何れが必要であるかを判定する。示されている実施例において、スラスト

ト制限判定器 218 は、測定された横風の速度が横風閾値範囲内にあるときに、部分的スラストランピングを起動し、測定された横風の速度が横風閾値範囲の上限を超えたときに、最大スラストランピングを起動する。概して、最大スラストランピングスケジュールは、部分的スラストランピングスケジュールと比較して、エンジン 110 と 112 の加速を、より遅い変化量において最大スラスト出力へと傾斜付けし得る。

【0035】

更に、部分的スラストランピングが起動されたときに、示されている実施例のスラスト制限判定器 218 は、横風判定器 216 によって提供された測定された横風の速度に対応する、スラストランピングスケジュールを選択する。例えば、データストア 206 は、複数の横風状態に対応する複数のスラストランピングスケジュールを記憶し得る。したがって、示されている実施例の例示的なスラストランピングマネージャ 204 は、横風閾値範囲内にある異なる横風の速度に対して、異なるスラストランピング及び／又は異なるスラスト出力制限を与え又は課す。例えば、第 1 の部分的スラストランピングスケジュールは、横風の速度が、横風閾値範囲の上限に近い横風の速度と比較して、横風閾値範囲の下限に近いときに、より大きなエンジンの加速度を許容し得る。言い換えると、示されている実施例の部分的スラストランピングは、横風判定器 216 によって判定された測定された横風状態に応じた、スライド制のスラストランピングスケジュールを提供する。したがって、横風閾値範囲内の比較的低い横風の速度に対して、示されている実施例のスラストランピングマネージャ 204 は、横風閾値範囲内の比較的高い横風の速度に対して課されるスラストランピングと比較して、（例えば、より小さい滑走路の長さを必要とする）離陸フェーズのより短い継続時間のためのスラストランピングを課す。ある実施例では、複数のスラストランピングスケジュールが、エンジンの性能特性に基づいて判定され、異なるエンジン間で変動し得る。

【0036】

最大スラストランピング又は部分的スラストランピングの何れかがアクティブなときに、示されている実施例のスラストランピングマネージャ 204 は、航空機 100 の対気速度に応じて、エンジン 110 と 112 の許容可能なスラスト出力を傾斜付ける（例えば、変化量を制限する）。スラストランピングマネージャ 204 が、対気速度に応じてエンジン 110 と 112 のスラスト制限を縮小させるときの変化量は、データストア 206 から（例えば、参照表を介して）読み出された選択されたスラストランピングスケジュールから判定され得る。

【0037】

横風の速度に基づいて選択されたスラストランピングスケジュールは、対気速度が増加する際に、スラスト出力制限への調整を含み得る（例えば、縮小させる）。例えば、示されている実施例のスラストランピングマネージャ 204 は、エンジン出力の制限（例えば、スラスト制限）を、対気速度がゼロであるときに課された最初のスラスト制限から、横風による第 1 のエンジン 110 と第 2 のエンジン 112 のインレット 122 における空力的な悪条件がもはや生じない対気速度であるときの利用可能な最大スラスト（例えば、ゼロスラスト制限）へと、漸進的に縮小させる。言い換えると、示されている実施例のスラストランピングマネージャ 204 は、航空機 100 がタクシング位置（例えば、ゼロの地上速度を有する静止位置）から離陸（例えば、離陸のための離陸速度が十分であるとき）へ移動する際に、航空機 100 の対気速度に基づいてスラスト出力制限を、漸進的に調整する（例えば、縮小させる）。対気速度に応じたスラスト低減の変化量は、直線的、指数関数的、連続的、漸進的、階段状であり、及び／又は任意の他のパターンを有し得る。更に、対気速度に応じたスラスト低減の変化量は、選択されたスラストランピングスケジュールに応じて変動し得る。例えば、スラスト低減の変化量は、横風閾値範囲の上限に近い横風の速度に関連付けられたスラストランピングスケジュールのスラスト低減の変化量と比較して、横風閾値範囲の下限に近い横風の速度に関連付けられたスラストランピングスケジュールに対してより大きくなり得る。

【0038】

ある実施例では、示されている実施例のスラスト制限判定器 218 は、入力／出力インターフェース 138 によって提供された横風の基準入力値と、横風判定器 216 によって提供された横風の速度とを比較する。スラストランピングマネージャ 204 は、横風の基準入力値が、横風判定器 216 によって提供された測定された横風の速度未満であるときに、アラームコントローラ 208 に操縦室 115 内で警報を開始するように指示命令する。ある実施例では、アラームコントローラ 208 によって開始された警報が、パイロットに航空機 100 の積載量を再評価するように警告する。

【0039】

示されている実施例の例示的なスラストランピングシステム 102 及び／又はスラストランピングコントローラ 134 は、航空機が、横風状態がスラストランピングを必要としないときに、より大きな積載量を有することを可能にする。例えば、航空機 100 の最大積載量は、横風の基準値、滑走路の長さ、大気圧、大気温、高度などの考慮を含む、離陸最適化に基づいて判定される。例えば、航空機に貨物を積み込む前に、交通管制タワーが、パイロットに横風の基準値を提供し、パイロットは、入力／出力インターフェース 138 を介して横風の基準値を入力する。横風の基準値と上述の他のパラメータに基づいて、パイロットは、航空会社及び／又は政府機関の安全基準に基づく離陸最適化のための最大積載量を判定する。ある実施例では、横風の基準値が、航空機 100 に関連付けられた横風閾値範囲の下限未満であるならば、示されている実施例の航空機 100 は、既知のスラストランピングシステムに関連付けられた滑走路のペナルティーを考慮しない重量まで、貨物を積み込み得る。しかし、既知のスラストランピングシステムが実装された他の航空機は、離陸最適化を判定するときにスラストランピング率の算入を必要とし、それは、航空機の最大許容積載量を低減させる。更に、示されている実施例の例示的なスラストランピングシステム 102 及び／又はスラストランピングコントローラ 134 は、特定の横風状態の間の部分的スラストランピングを起動することによって、離陸最適化性能を改良する。このやり方では、滑走路及び／又は重量のより少ないペナルティーを、航空機 100 が被り得る。

【0040】

図 1 の例示的なスラストランピングコントローラ 134 を実装する例示的なやり方が、図 2 で示されているが、図 2 で示されている要素、プロセス、及び／又は装置のうちの 1 以上は、組み合わせられ、分割され、再配置され、省略され、除去され、及び／又は任意の他のやり方で実装されてもよい。更に、例示的なレーザレンジングユニット 210、例示的なスラストランピングマネージャ 204、例示的なデータストア 206、例示的なアラームコントローラ 208、例示的な信号プロセッサ 210、例示的な気流速度判定器 212、例示的な対気速度判定器 214、例示的な横風判定器 216、例示的なスラスト制限判定器 218、例示的な比較器 220、及び／又は、より一般的には、図 2 の例示的なスラストランピングコントローラ 134 は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、並びに／又は、ハードウェア、ソフトウェア、及び／若しくはファームウェアの任意の組み合わせによって実装され得る。従って、例えば、例示的なレーザレンジングユニット 210、例示的なスラストランピングマネージャ 204、例示的なデータストア 206、例示的なアラームコントローラ 208、例示的な信号プロセッサ 210、例示的な気流速度判定器 212、例示的な対気速度判定器 214、例示的な横風判定器 216、例示的なスラスト制限判定器 218、例示的な比較器 220、及び／又は、より一般的には、図 2 の例示的なスラストランピングコントローラ 134 のうちの何れかは、1 以上のアナログ若しくはデジタル回路、論理回路、プログラマブルプロセッサ、特定用途向け集積回路（ASIC）、プログラマブル論理デバイス（PLD）、及び／又はフィールドプログラマブル論理デバイス（FPLD）によって実装され得る。本特許出願の装置若しくはシステムクレームのうちの何れかを、純粋にソフトウェア及び／又はファームウェア実装を包含するものとして読む場合に、例示的なレーザレンジングユニット 210、例示的なスラストランピングマネージャ 204、例示的なデータストア 206、例示的なアラームコントローラ 208、例示的な信号プロセッサ 210、例示的な気流速度判定器 212、

10

20

30

40

50

例示的な対気速度判定器 214、例示的な横風判定器 216、例示的なスラスト制限判定器 218、例示的な比較器 220 のうちの少なくとも 1 つは、本明細書で明示的に規定されることによって、メモリなどの有形的コンピュータ可読記憶装置若しくは記憶ディスク、デジタル多用途ディスク (DVD)、コンパクトディスク (CD)、ブルーレイディスクなどを含み、ソフトウェア及び／又はファームウェアを記憶する。更にまた、図 1 の例示的なスラストランピングコントローラ 134 は、図 2 で示されたものに加えて又はその代わりに、1 以上の要素、プロセス、及び／若しくは装置を含み、並びに／又は示されている要素、プロセス、及び装置の何れかのうちの 2 以上若しくは全てを含み得る。

【0041】

図 1 及び図 2 のスラストランピングコントローラ 134 を実施するための例示的な方法 300 を表すフローチャートが、図 3 A 及び図 3 B で示されている。この実施例において、方法は、図 5 との関連で以下に説明される例示的なプロセッサプラットフォーム 500 内で示されているプロセッサ 512 などの、プロセッサによる実行のためのプログラムを含む、機械可読指示命令を使用して実施され得る。プログラムは、CD-ROM、フロッピーディスク、ハードドライブ、デジタル多用途ディスク (DVD)、ブルーレイディスク、又はプロセッサ 512 に関連付けられたメモリなどの、有形的コンピュータ可読記憶媒体に記憶されたソフトウェア内で具現化されてもよいが、代替的に、プログラム全体が及び／又はプログラムの部分がプロセッサ 512 以外の装置によって実行されてもよく、及び／又はファームウェア若しくは専用のハードウェア内で具現化されてもよい。更に、例示的なプログラムは、図 3 A 及び図 3 B で示されているフローチャートを参照して説明されるが、例示的なスラストランピングコントローラ 134 を実施する多くの他の方法が代替的に使用され得る。例えば、ブロックの実行順は変更され、及び／又は記載されているブロックのうちの幾つかは変更され、排除され、又は組み合わせられ得る。

【0042】

上述のように、図 3 A 及び図 3 B の例示的な方法は、ハードディスクドライブ、フラッシュメモリ、リードオンリーメモリ (ROM)、コンパクトディスク (CD)、デジタル多用途ディスク (DVD)、キャッシュ、ランダムアクセスメモリ (RAM)、及び／又は、任意の期間 (例えば、長期間、永続的に、短期間、一時的な緩衝用に、及び／又は情報のキャッシング用に) 情報が記憶される、任意の他の記憶装置若しくは記憶ディスクといった、有形的コンピュータ可読記憶媒体に記憶される、符号化された指示命令 (例えば、コンピュータ可読指示命令及び／又は機械可読指示命令) を使用して実装され得る。本明細書で使用されるように、有形的コンピュータ可読記憶媒体という用語は、任意のタイプのコンピュータ可読記憶デバイス及び／又は記憶ディスクを含み、伝播信号を除外し、伝送媒体を除外するように明確に定義される。本明細書で使用される「有形的コンピュータ可読記憶媒体」という用語と「有形的機械可読記憶媒体」という用語は、交換可能に使用される。付加的に又は代替的に、図 3 A 及び図 3 B の例示的な方法は、ハードディスクドライブ、フラッシュメモリ、リードオンリーメモリ、コンパクトディスク、デジタル多用途ディスク、キャッシュ、ランダムアクセスメモリ、及び／又は、任意の期間 (例えば、長期間、永続的に、短期間、一時的な緩衝用に、及び／又は情報のキャッシング用に) 情報が記憶される、任意の他の記憶装置もしくは記憶ディスクといった、非一時的コンピュータ可読媒体及び／又は機械可読媒体に記憶される符号化された指示命令 (例えば、コンピュータ可読指示命令及び／又は機械可読指示命令) を使用して実装され得る。本明細書で使用する、非一過性コンピュータ可読媒体という用語は、任意のタイプのコンピュータ可読記憶デバイス及び／又は記憶ディスクを含み、伝播信号を除外し、伝送媒体を除外するように明確に定義される。本明細書で使用されるフレーズ「少なくとも」は、請求項の前文における移行用語として使用され、用語「含む」がオープンエンドであるのと同じ方式でオープンエンドである。

【0043】

図 3 A と図 3 B の方法 300 は、ブロック 302 で開始し、スラストランピングマネージャ 204 が、基準横風速度を受信する (ブロック 302)。例えば、示されている実

施例のスラストランピングマネージャー 204 は、操縦室 115 の入力／出力インターフェース 138 から基準横風速度を受信する。ある実施例では、パイロットが、交通管制タワーから基準横風速度（例えば、15 ノット）を受信する。スラストランピングマネージャー 204 は、データストア 206 内に基準横風速度を記憶し得る。パイロットは、滑走路の長さやタワーによって提供された基準横風速度による利用可能なエンジンスラストとに基づいて、航空機 100 に貨物を積み込み得る。ある実施例では、パイロットが、基準横風速度に横風のバッファ値（例えば、5 ノット）を加え得る。

【0044】

スラストランピングコントローラ 134 が、横風の速度を測定する（ブロック 304）。例えば、示されている実施例のスラストランピングシステム 102 は、航空機 100 がタクシングしている（例えば、静止している）ときに、横風の速度を測定する。横風判定器 216 は、気流速度判定器 212 によって提供された気流の速度ベクトルに基づいて横風の速度を測定し、測定された横風の速度をスラストランピングマネージャー 204 に通信する。

10

【0045】

次に、スラストランピングマネージャー 204 は、基準横風速度と測定された横風の速度とを比較する（ブロック 306）。その後、スラストランピングマネージャー 204 は、基準横風速度が、測定された横風の速度未満であるか否かを判定する（ブロック 308）。ブロック 308 において、基準横風速度が、測定された横風の速度未満であるならば、スラストランピングマネージャー 204 は、アラームコントローラ 208 にゲートへ戻る警報を開始させる。例えば、アラームコントローラ 208 は、入力／出力インターフェース 138 を介して、操縦室 115 内の警報（例えば、聴覚アラーム、視覚インジケータ）を開始させ得る。例えば、タクシングの間に、スラストランピングシステム 102 が、15 ノットである基準横風速度よりも大きい 18 ノットの横風の速度を測定したならば、パイロットは、ゲートへ戻って積載量を低減させるように警告される。

20

【0046】

ブロック 308 において、基準横風速度が、測定された横風の速度未満でないならば、スラスト制限判定器 218 が、測定された横風の速度を横風閾値範囲と比較する（ブロック 312）。例えば、スラスト制限判定器 218 は、データストア 206 から横風閾値範囲を判定し／読み出し得る。例えば、横風閾値範囲は、近似的に、12 ノット（例えば、下限）と 25 ノット（例えば、上限）との間であり得る。

30

【0047】

スラスト制限判定器 218 は、測定された横風の速度が、横風閾値範囲の下限よりも大きいと判定する（ブロック 314）。ブロック 314 で、スラスト制限判定器 218 が、測定された横風の速度が横風閾値範囲の下限よりも大きくないと判定したならば、スラスト制限判定器 218 は、スラストランピングを起動解除する（ブロック 316）。例えば、測定された横風の速度が 12 ノット未満であるならば、スラストランピングマネージャー 204 は、スラストランピングを起動解除する。

【0048】

ブロック 314 で、スラスト制限判定器 218 が、測定された横風の速度が横風閾値範囲の下限よりも大きいと判定したならば、スラスト制限判定器 218 は、スラストランピングを起動する（ブロック 318）。スラストランピングが起動されたときに、スラスト制限判定器 218 は、測定された横風の速度が、横風閾値範囲の上限よりも大きいと判定する（ブロック 320）。ブロック 320 で、横風の速度が、横風閾値範囲の上限よりも大きいならば、スラストランピングマネージャー 204 は、最大スラストランピングスケジュールを選択又は起動する（ブロック 322）。ブロック 320 で、横風の速度が、横風閾値範囲の上限よりも大きくないならば、スラストランピングマネージャー 204 は、部分的スラストランピングスケジュールを選択又は起動する（ブロック 324）。例えば、スラストランピングマネージャー 204 は、測定された横風の速度に関連付けられた部分的スラストランピングスケジュールを選択する。

40

50

【0049】

その後、対気速度判定器214が、航空機100の対気速度を測定する（ブロック326）。例えば、対気速度判定器214は、スラストラッキングマネージャ204に対気速度を通信する。スラスト制限判定器218は、選択されたスラストラッキングスケジュールが、測定された対気速度においてスラスト出力制限を必要とするか否かを判定する（ブロック328）。ブロック328で、スラスト制限判定器218が、選択されたスラストラッキングスケジュールが測定された対気速度に関連付けられたスラスト出力制限を必要としないと判定したならば、スラストラッキングマネージャ204は、選択されたスラストラッキングスケジュールを起動解除し、プロセスは終了する。幾つかのそのような実施例では、スラストラッキングが起動解除されたときに、電子式エンジンコントローラ116が、第1のエンジン110と第2のエンジン112のスラスト出力を、スラストレバー114からのスラストコマンド入力として設定する。

10

【0050】

ブロック328で、スラスト制限判定器218が、選択されたスラストラッキングスケジュールがスラスト出力制限を必要とすると判定したならば、スラスト制限判定器218が、選択されたスラストラッキングスケジュールから、測定された対気速度に対応するスラスト出力制限を判定する（ブロック330）。例えば、スラスト制限判定器218は、選択されたスラストラッキングスケジュールに関連付けられた参照表から、測定された対気速度に対応するスラスト出力制限を読み出す。スラストラッキングマネージャ204は、スラスト出力制限を、第1のエンジン110と第2のエンジン112の最大許容可能スラスト出力として設定する。例えば、方法300は、その後、ブロック326に戻り、ブロック328で、測定された対気速度がスラスト出力制限を必要としなくなるまで、選択されたスラストラッキングスケジュールに基づいて、対気速度が変化する（例えば、増加する）に従ってスラスト出力制限を調整し続ける。例えば、測定された対気速度が、もはや横風が第1のエンジン110と第2のエンジン112の性能特性に影響を与えない速度になったときに、スラスト出力制限は必要とされない。

20

【0051】

図4は、図1及び図2の例示的なスラストラッキングコントローラ134を実施するために使用され得る、例示的なスラストラッキングスケジュールを表す例示的なグラフ400である。例えば、グラフ400は、第1の横風の速度（例えば、15ノット）に関連付けられた第1のスラストラッキングスケジュール402、第2の横風の速度（例えば、20ノット）に関連付けられた第2のスラストラッキングスケジュール404、第3の横風の速度（例えば、25ノット）に関連付けられた第3のスラストラッキングスケジュール406、及び第4の横風の速度（例えば、30ノット）に関連付けられた第4のスラストラッキングスケジュール408を示している。例えば、示されている実施例の第1、第2、及び第3のランピングスケジュール402～406は、部分的スラストラッキングを提供し、示されている実施例の第4のランピングスケジュール408は、最大スラストラッキングを提供する。

30

【0052】

示されている実施例のグラフ400は、様々な例示的なスラストラッキングスケジュール402～408に対する、スラスト制限 - 対 - 対気速度のグラフを提供する。示されている実施例では、グラフのy軸が、利用可能な最大スラストのパーセンテージとしてのスラスト出力制限値410を表し、x軸が、対気速度412（例えば、航空機100の相対速度の順ベクトル）を表す。したがって、各スラストラッキングスケジュール402～408に対して、スラスト出力制限410は、対気速度412の関数として提供される。

40

【0053】

例えば、動作の間に、示されている実施例のスラスト制限判定器218は、スラストラッキングスケジュール402～408のうちの選択された1つに対して、測定された対気速度412に応じてスラスト出力制限410を判定する。例えば、動作の間に、航空機100が静止しているか又はタクシングしているときに、スラストラッキングシステム10

50

2が15ノットの横風の速度を測定したときに、スラストランピングマネージャー204は、第1のスラストランピングスケジュール402（例えば、部分的スラストランピングスケジュール）を選択又は起動する。スラスト制限判定器218は、対気速度判定器214から対気速度412を受信し、測定された対気速度412に基づいて、選択されたスラストランピングスケジュール402～408に関連付けられたスラスト出力制限410を判定するために、グラフ400を採用する。したがって、第1のスラストランピングスケジュール402が選択され、且つ、対気速度判定器214からの測定された対気速度412が0ノットと15ノットの間であるときに、スラスト出力制限410は80パーセントのエンジンスラストである。対気速度412が15ノットから約20ノットに増加した際に、スラスト制限判定器218は、スラスト出力制限410を、80パーセントのエンジンスラストから100パーセントのエンジンスラストに変更する。したがって、示されている実施例の第1のスラストランピングスケジュール402は、対気速度412が約20ノットであるときに、第1のエンジン110と第2のエンジン112が、最大スラストを実現することを可能にする。

10

【0054】

反対に、第2のスラストランピングスケジュール404は、対気速度412が約0ノットと15ノットの間にあるときに、スラスト出力を65パーセントのエンジンスラストに制限し、対気速度412が約45ノットであるときに、第1のエンジン110と第2のエンジン112が、100パーセントのエンジンスラストを実現することを可能にする。したがって、第2のスラストランピングスケジュール404は、第1のスラストランピングスケジュール402よりも、100パーセントのエンジンスラストまでのゆっくりとしたスラストの増加を提供する。示されている実施例の例示的なスラストランピングスケジュール402～408は、異なる種類の航空エンジンに対しても構成されることができ、及び／又は異なるエンジンの性能特性に基づいて異なり得る。

20

【0055】

図5は、図3A及び図3Bの方法300並びに図1及び図2の例示的なスラストランピングコントローラ134を実施するための指示命令を実行することができる、例示的なプロセッサプラットフォームのブロック図である。プロセッサプラットフォーム500は、例えば、サーバ、パーソナルコンピュータ、モバイル機器（例えば、携帯電話、スマートフォン、iPad（米国登録商標）などのタブレット）、携帯情報端末（PDA）、インターネット家電、DVDプレーヤー、CDプレーヤー、デジタルビデオレコーダ、ブルーレイプレーヤー、又は任意の他の種類のコンピューティングデバイスであり得る。

30

【0056】

示されている実施例のプロセッサプラットフォーム500は、プロセッサ512を含む。示されている実施例のプロセッサ512は、ハードウェアである。例えば、プロセッサ512は、任意の望ましいファミリーもしくは製造者からの、1以上の集積回路、論理回路、マイクロプロセッサ、又はコントローラによって実装されることができ。

【0057】

示されている実施例のプロセッサ512は、ローカルメモリ513（例えば、キャッシュ）を含む。示された実施例のプロセッサ512は、バス518を介して、揮発性メモリ514及び不揮発性メモリ516を含むメインメモリと通信可能である。揮発性メモリ514は、同期型ダイナミックランダムアクセスメモリ（SDRAM）、ダイナミックランダムアクセスメモリ（DRAM）、RAMBUSダイナミックランダムアクセスメモリ（RDRAM）、及び／又は任意の他のタイプのランダムアクセスメモリデバイスによって実装され得る。不揮発性メモリ516は、フラッシュメモリ及び／又は任意の望ましいタイプのメモリデバイスによって実装され得る。メインメモリ514、516へのアクセスは、メモリコントローラによって制御される。

40

【0058】

示されている実施例のプロセッサプラットフォーム500は、インターフェース回路520も含む。インターフェース回路520は、イーサネットインターフェース、ユニバー

50

サルシリアルバス（USB）、及び／又はPCIエクスプレスインターフェースといった任意のタイプのインターフェース規格で実装され得る。

【0059】

示されている実施例では、1以上の入力デバイス522が、インターフェース回路520に接続されている。入力デバイス522は、ユーザが、データ及び指示命令をプロセッサ512に入力することを可能にする。入力デバイスは、例えば、音響センサ、マイクロフォン、カメラ（静止画又はビデオ）、キーボード、ボタン、マウス、タッチスクリーン、トラックパッド、トラックボール、アイソポイント（isopoint）、及び／又は音声認識システムによって実装され得る。

【0060】

1以上の出力デバイス524も、示されている実施例のインターフェース回路520に接続されている。出力デバイス524は、例えば、ディスプレイデバイス（例えば、発光ダイオード（LED）、有機発光ダイオード（OLED）、液晶ディスプレイ、カソードレイチューブディスプレイ（CRT）、タッチスクリーン、触覚出力デバイス、プリンタ及び／又はスピーカ）によって、実装されることができ。したがって、示されている実施例のインターフェース回路520は、通常、グラフィックドライバカード、グラフィックドライバチップ、又はグラフィックドライバプロセッサを含む。

【0061】

示されている実施例のインターフェース回路520は、外部の機械（例えば、任意の種類のコンピューティングデバイス）との、ネットワーク526（例えば、イーサネット接続、デジタル加入者線（DSL）、電話線、同軸ケーブル、セルラーフォンシステムなど）を介したデータ授受を容易にするための、送信機、受信機、トランシーバ、モデム、及び／又はネットワークインターフェースカードなどの通信デバイスも含む。

【0062】

示されている実施例のプロセッサプラットフォーム500は、ソフトウェア及び／又はデータを記憶するための1以上の大容量記憶デバイス518も含む。そのような大容量記憶デバイス528は、フロッピーディスクドライブ、ハードドライブディスクドライブ、コンパクトディスクドライブ、ブルーレイディスクドライブ、RAIDシステム、及びデジタル多用途ディスク（DVD）ドライブを含む。

【0063】

図3A及び図3Bの方法を実施するための符号化された指示命令532は、大容量記憶デバイス528、揮発性メモリ514、不揮発性メモリ516、及び／又はCD若しくはDVDなどの取り外し可能な有形のコンピュータ可読記憶媒体に、記憶され得る。

【0064】

更に、本開示は下記の条項に係る実施例を含む。

条項1

航空機に使用されるスラスト制御システムであって、
横風の速度を測定するためのセンサ、及び

前記測定された横風の速度を横風閾値範囲と比較するスラストランピングマネージャーであって、前記測定された横風の速度が前記横風閾値範囲内にあるときに、複数のスラストランピングスケジュールから選択された、部分的スラストランピングスケジュールを、離陸の間、起動する、スラストランピングマネージャーを備える、システム。

条項2

前記スラストランピングマネージャー（204）が、基準横風速度を受信する、条項1に記載のシステム。

条項3

前記スラストランピングマネージャーが、前記基準横風速度と前記測定された横風の速度とを比較する、条項2に記載のシステム。

条項4

前記基準横風速度が前記測定された横風の速度未満であるときに警報を開始する、アラ

10

20

30

40

50

ームコントローラを更に含む、条項 3 に記載のシステム。

条項 5

前記スラストコントローラが、前記測定された横風の速度が前記横風閾値範囲の上限よりも大きいときに、離陸の間、最大スラストランピングスケジュールを起動する、条項 1 に記載のシステム。

条項 6

前記スラストコントローラが、前記測定された横風の速度が前記横風閾値範囲の下限未満であるときに、スラストランピングを起動解除する、条項 5 に記載のシステム。

条項 7

航空機のスラストを制御するための方法であって、

前記航空機がタクシングしているときに横風の速度を測定すること、

前記測定された横風の速度を横風閾値範囲と比較すること、及び

前記測定された横風の速度が前記横風閾値範囲内にあるときに、前記測定された横風の速度に基づいて、離陸の間、部分的スラストランピングスケジュールを起動することを含む、方法。

条項 8

前記測定された横風の速度が前記横風閾値範囲の上限よりも大きいときに、離陸の間、最大スラストランピングスケジュールを適用することを更に含む、条項 7 に記載の方法。

条項 9

前記測定された横風の速度が前記横風閾値範囲の下限未満であるときに、離陸の間、スラストランピングを起動解除することを更に含む、条項 8 に記載の方法。

条項 10

基準横風速度と前記測定された横風の速度とを比較すること、及び前記基準横風速度が前記測定された横風の速度未満であるときに警報を開始することを更に含む、条項 7 に記載の方法。

条項 11

前記部分的スラストランピングスケジュールを提供することが、前記部分的スラストランピングスケジュールを参照表から読み出すことを含む、条項 7 に記載の方法。

条項 12

離陸の間に前記航空機の対気速度を測定すること、及び前記測定された対気速度に応じてスラスト出力制限を変更することを更に含む、条項 7 に記載の方法。

条項 13

前記測定された対気速度が増加するに従って、前記スラスト出力制限を縮小させることを更に含む、条項 12 に記載の方法。

条項 14

指示命令を含んだ有形的コンピュータ可読媒体であって、前記指示命令が実行されたときに、前記指示命令がマシンに、

横風の速度を測定させ、

前記測定された横風の速度を横風閾値範囲と比較させ、且つ

前記測定された横風の速度が前記横風閾値範囲内にあるときに、前記測定された横風の速度に基づいて、離陸の間、部分的スラストランピングスケジュールを起動させる、コンピュータ可読媒体。

条項 15

指示命令であって、実行されたときに、前記マシンに、前記測定された横風の速度が前記横風閾値範囲の上限よりも大きいときに、離陸の間、最大スラストランピングスケジュールを適用させる、指示命令を更に含む、条項 14 に記載のコンピュータ可読媒体。

条項 16

指示命令であって、実行されたときに、前記マシンに、前記測定された横風の速度が前記横風閾値範囲の下限未満であるときに、離陸の間、スラストランピングを起動解除させる、指示命令を更に含む、条項 15 に記載のコンピュータ可読媒体。

10

20

30

40

50

条項 1 7

指示命令であって、実行されたときに、前記マシンに、基準横風速度と前記測定された横風の速度とを比較させ、前記基準横風速度が前記測定された横風の速度未満であるときに警報を開始させる、指示命令を更に含む、条項 1 4 に記載のコンピュータ可読媒体。

条項 1 8

指示命令であって、実行されたときに、前記マシンに、所定の参照表から、前記測定された横風の速度に対応する前記部分的スラストランピングスケジュールを読み出させる、指示命令を更に含む、条項 1 4 に記載のコンピュータ可読媒体。

条項 1 9

指示命令であって、実行されたときに、前記マシンに、離陸の間に航空機の対気速度を測定させ、前記測定された対気速度に応じてスラスト出力制限を変更させる、指示命令を更に含む、条項 1 4 に記載のコンピュータ可読媒体。

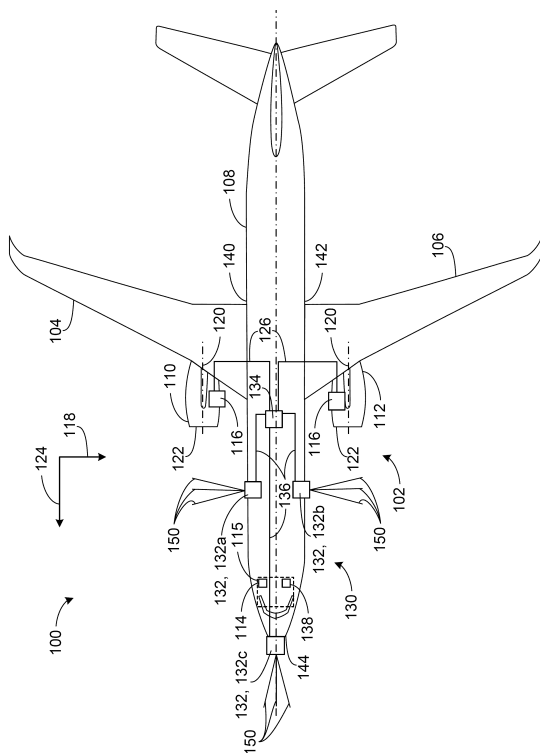
条項 2 0

指示命令であって、実行されたときに、前記マシンに、前記測定された対気速度が増加するに従って、前記スラスト出力制限を縮小させる、指示命令を更に含む、条項 1 9 に記載のコンピュータ可読媒体。

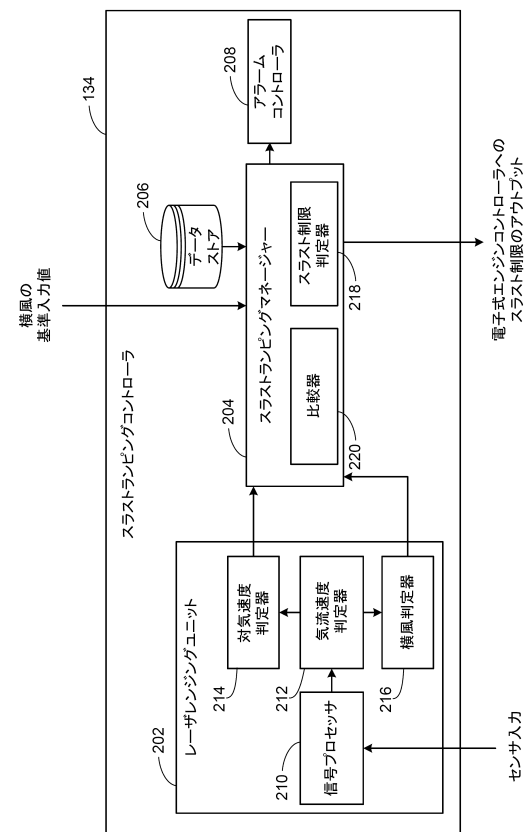
【0065】

本明細書では、特定の例示的な方法、装置、及び製品が開示されたが、本特許出願の範囲はこれらに限定されるものではない。反対に、本特許出願は、本特許出願の特許請求の範囲内に公正に当てはまるすべての方法、装置、及び製品を包含する。

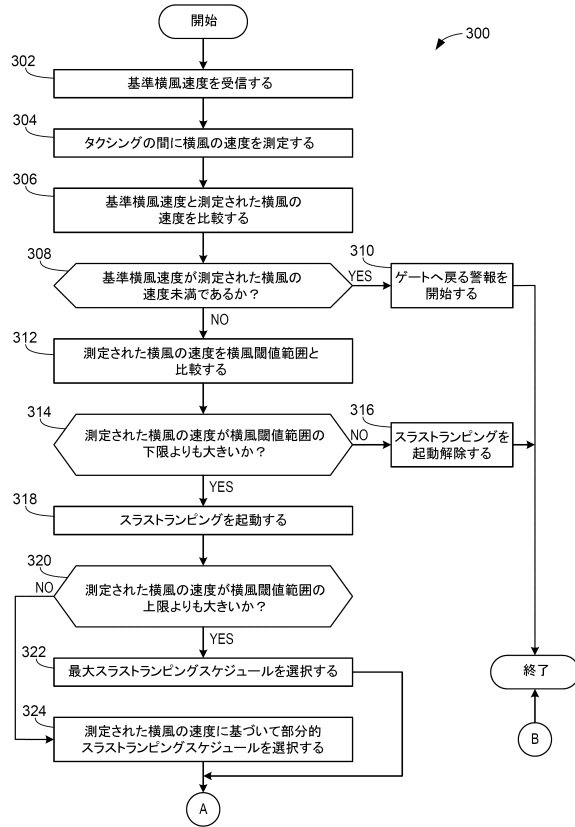
【図 1】



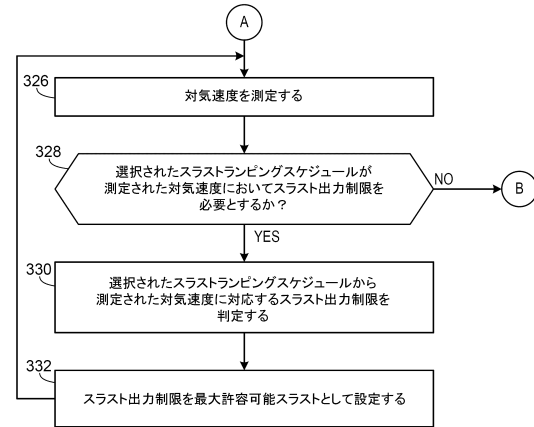
【図 2】



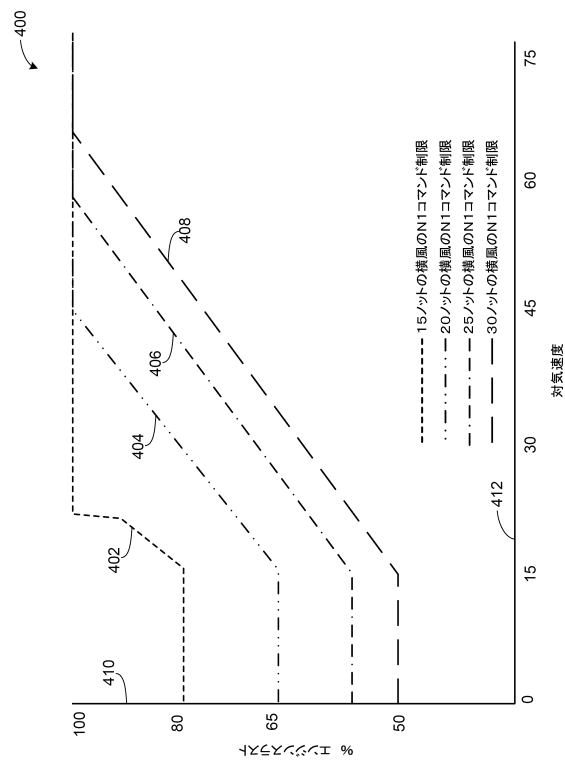
【図 3 A】



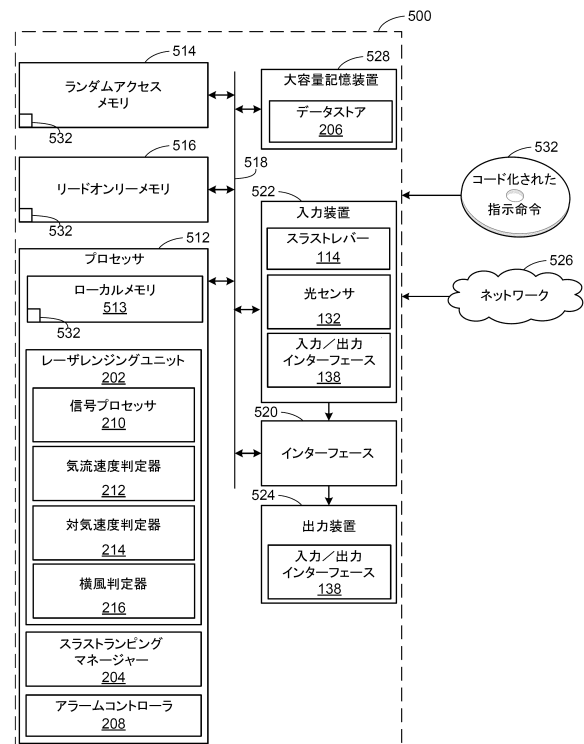
【図 3 B】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 カルノフスキー, ケント イー.
アメリカ合衆国 ワシントン 98124-2207, シアトル, ピーオー ボックス 37
07

審査官 川村 健一

(56)参考文献 特開2002-130183 (JP, A)
米国特許出願公開第2009/0110541 (US, A1)
米国特許出願公開第2010/0070112 (US, A1)
米国特許出願公開第2017/0267366 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B64D 31/00 - 31/06
B64D 33/00
B64D 45/00