

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2007 年 12 月 6 日 (06.12.2007)

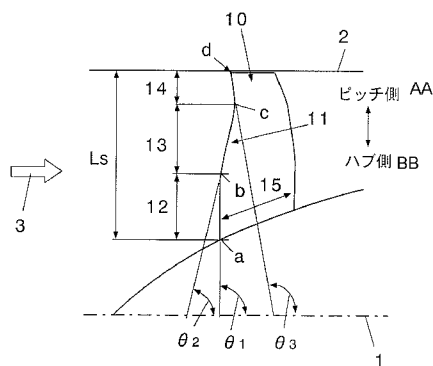
PCT

(10) 国際公開番号
WO 2007/138779 A1

- (51) 国際特許分類:
F04D 29/38 (2006.01) *F02K 3/06* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/056169
- (22) 国際出願日: 2007 年 3 月 26 日 (26.03.2007)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2006-146319 2006 年 5 月 26 日 (26.05.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 IHI (IHI Corporation) [JP/JP]; 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 室岡 武 (MUROOKA, Takeshi) [JP/JP]; 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 株式会社 IHI 内 Tokyo (JP). 水田 郁久 (MIZUTA, Ikuhisa) [JP/JP]; 〒1358710 東京都江東区豊洲三丁目 1 番 1 号 株式会社 IHI 内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 堀田 実 (HOTTA, Minoru); 〒1080014 東京都港区芝五丁目 2 6 番 2 0 号 建築会館 4 階 アサ国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書
- 2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: MOVING BLADE OF TURBOFAN ENGINE

(54) 発明の名称: ターボファンエンジンのファン動翼

AA - PITCH SIDE
BB - HUB SIDE

(57) Abstract: [PROBLEMS] To provide a moving blade of a turbofan engine in which fuel cost and noise can be lowered, and the weight of the engine can be reduced by increasing a suction air amount to increase the bypass rate without increasing the diameter of the fan and the inner diameter of the casing. [MEANS FOR SOLVING THE PROBLEMS] The leading edge part (11) of the moving blade (10) for intake of air comprises a vertical hub part (12) positioned on the hub side and generally vertical to a fan rotation axis, a rearward inclined mid-span part (13) inclined to the downstream side from the hub side toward the mid-span part, and a forward inclined tip part (14) inclined to the upstream side from the mid-span side toward a tip part.

/ 続葉有 /



(57) 要約:

【課題】 ファン径及びケーシング内径を大きくすることなく吸込み空気量を増大させることにより、バイパス比を高め、低燃費化と低騒音化を達成すると共にエンジン重量を削減することができるターボファンエンジンのファン動翼を提供する。

【解決手段】 空気を取り入れるファン動翼 10 のリーディングエッジ部 11 が、ハブ側に位置しファン回転軸に対してほぼ垂直な垂直ハブ部 12 と、ハブ側からミッドスパン部にかけて下流側に傾きを持つ後傾ミッドスパン部 13 と、ミッドスパン側からチップ部にかけて上流側に傾きを持つ前傾チップ部 14 とからなる。

明 細 書

ターボファンエンジンのファン動翼

発明の背景

[0001] 発明の技術分野

本発明は、ターボファンエンジンのファン動翼に関する。

[0002] 関連技術の説明

図1は航空機エンジン51(ターボジェットエンジン)の模式的構成図である。この図に示すようにターボジェットエンジンは、空気を取り入れるファン52、取り入れた空気を圧縮する圧縮機53、圧縮した空気により燃料を燃焼させる燃焼器54、燃焼器54の燃焼ガスによりファン52及び圧縮機53を駆動するタービン55、推力増大のため再燃焼させるアフタバーナ56等を備えている。

[0003] 本発明において、圧力比とは、翼の下流側の全圧／上流側の全圧をいう。また、バイパス比とは、ファン動翼下流側でバイパス側(そのままノズルを通過してエンジン外に排気される空気)の流量をコア側(圧縮機を通過して燃焼器に行く流れ)の流量で割った値をいう。

[0004] 上述したターボジェットエンジンにおいて、空気を取り入れるファン52を大型にし、バイパス比を大きくしたものを「ターボファンエンジン」と呼ぶ。バイパス比は、コアエンジン(上述した圧縮機53、燃焼器54及びタービン55)に流入する空気流(コア流れ)に対するこれらをバイパスするバイパス流れの流量比(バイパス流れ／コア流れ)であり、これが大きいほど排気ジェットの流速を下げ、騒音低減と燃料消費率の低減に効果がある。

[0005] しかし上述したターボファンエンジンでは、バイパス比を大きくするとファン1段動翼(最前列のファン)とこれを囲むケーシング内径が大きくなり、エンジンの重量が増してしまう問題点があった。

[0006] この問題を解決するために、ケーシング内径を増加させずに、外部から取り入れる空気量を増加することができる種々の形状のファン動翼が既に提案されている(特許文献1～6:図2A～F)。

[0007] 特許文献1:米国特許第6328533B1明細書、“SWEPT BARREL AIRFOIL”

特許文献2:米国特許第6071077号明細書、“SWEPT FAN BLADE”

特許文献3:米国特許第RE38040E明細書、“SWEPT TURBOMACHINERY BLADE”

特許文献4:米国特許第5167489号明細書、“FORWARD SWEPT ROTOR BLADE”

特許文献5:米国特許第5725354号明細書、“FORWARD SWEPT FAN BLADE”

特許文献6:米国特許第6358003B2明細書、“ROTOR BLADE AN AXIAL-FLOW ENGINE”

[0008] 上述したように、従来のターボファンエンジンでは、バイパス比を大きくするとファン1段動翼(最前列のファン)とこれを囲むケーシング内径が大きくなり、エンジンの重量が増してしまう問題点があった。

[0009] また、従来のファン1段動翼で、外部から取り入れる空気量を増加するために、例えば回転速度を増すと、周速が高くなりすぎ、高流量化の際に衝撃波損失が過大となる問題点があった。

発明の要約

[0010] 本発明はかかる問題点を解決するために創案されたものである。すなわち、本発明は、ファン径及びケーシング内径を大きくすることなく吸込み空気流量を増大させることができ、これによりバイパス比を高め、低燃費化と低騒音化を達成するとともにエンジン重量を削減することができるターボファンエンジンのファン動翼を提供することを目的とする。

発明の開示

課題を解決するための手段

[0011] 本発明によれば、リーディングエッジ部が、ハブ側に位置しファン回転軸に対してほぼ垂直な垂直ハブ部と、ハブ側からミッドスパン部にかけて下流側に傾きを持つ後傾ミッドスパン部と、ミッドスパン側からチップ部にかけて上流側に傾きを持つ前傾チップ部とからなる、ことを特徴とするターボファンエンジンのファン動翼が提供される。

[0012] 本発明の好ましい実施形態によれば、前記垂直ハブ部は、リーディングエッジ部全

体の半径方向スパンに対し0%の内端位置から20%以上、50%未満の外端位置まで延び、かつファン回転軸に直交する面に対し、±5度以内の範囲内に位置する。

[0013] また、前記後傾ミッドスパン部は、リーディングエッジ部全体の半径方向スパンに対し20%以上、50%未満の内端位置から60%以上、90%未満の外端位置まで延び、かつファン回転軸に直交する面に対し、外方が後方に5度以上、45度未満の範囲で傾斜する。

[0014] また、前記前傾チップ部は、リーディングエッジ部全体の半径方向スパンに対し60%以上、90%未満の内端位置から100%の外端位置まで延び、かつファン回転軸に直交する面に対し、外方が前方に5度以上、45度未満の範囲で傾斜する。

[0015] 上記本発明の構成によれば、リーディングエッジ部の垂直ハブ部がハブ側でファン回転軸に対してほぼ垂直になっているので、上流側に対して傾いている場合より翼重量が軽くなり、特にリーディングエッジ部側付け根での応力が低減する。また、下流側に対し傾いている場合よりハブ側でコード長が長く、圧力比を高くできる。さらに、同時にコード長が長いとハブ側で流量を多く飲み込むことができ、同じエンジン前面面積で流量を増やすことができる。

[0016] また、後傾ミッドスパン部がミッドスパンでファン回転軸に直交する面より外方が後方に傾斜しているので、外方が前方に傾斜(前傾)している場合より翼重心が下流側になり、特にハブ側リーディングエッジ部での応力を低減できる。

[0017] また、前傾チップ部がチップ側でファン回転軸に直交する面より外方が前方に傾斜しているので、外方が後方に傾斜(後傾)している場合よりチップ側流入速度が小さくなり衝撃波損失を小さくできる。

[0018] 従って、バイパス比が大きいターボファンエンジンにおいて、ファン1段動翼とそれを囲むケーシング径を大きくすることなくファン1段動翼の空気流量を増大することができ、これによりバイパス比を高め、低燃費化と低騒音化を達成するとともに重量を削減することができる。また、ハブ側の圧力比を従来ファン動翼よりも高くすることができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]は、従来のターボファンエンジンの構成図である。

[図2A]は、特許文献1のファン動翼の模式図である。

[図2B]は、特許文献2のファン動翼の模式図である。

[図2C]は、特許文献3のファン動翼の模式図である。

[図2D]は、特許文献4のファン動翼の模式図である。

[図2E]は、特許文献5のファン動翼の模式図である。

[図2F]は、特許文献6のファン動翼の模式図である。

[図3]は、本発明のターボファンエンジンのファン動翼構成図である。

[図4A]は、図3の垂直ハブ部の説明図である。

[図4B]は、図3の垂直ハブ部の別の説明図である。

[図5]は、図3の後傾ミッドスパン部の説明図である。

[図6]は、図3の前傾チップ部の説明図である。

[図7]は、本発明の実施例を示すCFD計算結果である。

好ましい実施例の説明

[0020] 以下本発明の好ましい実施形態について、図面を参照して説明する。なお、各図において、共通する部分には同一の符号を付し、重複した説明を省略する。

図3は、本発明のターボファンエンジンのファン動翼構成図である。この図において、1はエンジン回転軸(ファン回転軸)、2はケーシング内径、3は流入空気の流れである。

本発明のファン動翼10は、好ましくはファン1段動翼であり、そのリーディングエッジ部11が、垂直ハブ部12、後傾ミッドスパン部13、及び前傾チップ部14からなる。

[0021] 垂直ハブ部12は、ハブ側に位置しファン回転軸1に対してほぼ垂直に構成されている。

この例で、垂直ハブ部12は、望ましくは、リーディングエッジ部11の全体の半径方向スパン L_s に対し0%の内端位置aから40%以上、50%未満の外端位置bまで延びる。またこの垂直ハブ部12は、ファン回転軸1に直交する面に対し、 ± 5 度以内の角度範囲内に位置する。すなわち、この図において、角度 θ_1 は、85度～95度の範囲にある。

[0022] 後傾ミッドスパン部13は、ハブ側とチップ側の中間のミッドスパンに位置しハブ側か

らミッドスパン部にかけて下流側に傾きを持つ。

この例で、後傾ミッドスパン部13は、望ましくは、リーディングエッジ部11の全体の半径方向スパン L_s に対し40%以上、50%未満の内端位置bから75%以上、85%未満の外端位置cまで延びる。またこの後傾ミッドスパン部13は、ファン回転軸1に直交する面に対し、外方が後方に5度以上、45度未満の範囲で傾斜する。すなわち、この図において、角度 θ_2 は、45度～85度の範囲にある。

[0023] 前傾チップ部14は、チップ側に位置しミッドスパン側からチップ部にかけて上流側に傾きを持つ。

この例で、前傾チップ部14は、望ましくは、リーディングエッジ部11の全体の半径方向スパン L_s に対し75%以上、85%未満の内端位置cから100%の外端位置dまで延びる。またこの前傾チップ部14は、ファン回転軸1に直交する面に対し、外方が前方に15度以上、30度未満の範囲で傾斜する。すなわち、この図において、角度 θ_3 は、95度～135度の範囲にある。

[0024] 図4Aと図4Bは、図3の垂直ハブ部の説明図である。この図において、図4Aと図4Bは本発明と垂直ハブ部が相違するハブ部12'を示している。

図4Aは、ハブ部12'がファン回転軸1に対し上流側に傾いている場合であり、コード長15が長く重くなり、リーディングエッジ部11の付け根(位置a)の応力が大きくなる。

また図4Bは、ハブ部12'がファン回転軸1に対し下流側に傾いている場合であり、コード長15が短くなり、圧力比が小さく流量が少なくなる。

[0025] これに対して、本発明では、垂直ハブ部12がハブ側でファン回転軸1に対してほぼ垂直になっているので、上流側に対して傾いている場合(図4A)より翼重量が軽くなり、特にリーディングエッジ部11の付け根(位置a)での応力が低減する。

また、下流側に対し傾いている場合(図4B)よりハブ側でコード長15が長く、圧力比を高くできる。

さらに、同時にコード長15が長いとハブ側で流量を多く飲み込むことができ、同じエンジン前面面積で流量を増やすことができる。

[0026] 図5は、図3の後傾ミッドスパン部の説明図である。この図は本発明と後傾ミッドスパン部

ン部が相違し、ミッドスパン部13'がハブ側通路面に対し、上流側に傾いている場合を示している。すなわち、この図において、角度 θ_2 は、95度～135度の範囲にある。

この場合、重心16'が上流側に移動するため、リーディングエッジ部11の付け根(位置a)の応力が大きくなる。

[0027] これに対して、本発明では、後傾ミッドスパン部13がミッドスパンでファン回転軸1に直交する面より外方が後方に傾斜しているので、外方が前方に傾斜(前傾)している場合(図5)より翼重心16が下流側になり、特にハブ側リーディングエッジ部(位置a)での応力を低減できる。

[0028] 図6は、図3の前傾チップ部の説明図である。この図は本発明と前傾チップ部が相違し、チップ部14'がファン回転軸1に対し下流側に傾いている場合を示している。すなわち、この図において、角度 θ_3 は、45度～85度の範囲にある。

この場合、チップ側軸流速度が大となり、衝撃波損失が大きくなる。

[0029] これに対して、本発明では、前傾チップ部14がチップ側で外方が上流側に傾斜しているので、外方が後方に傾斜(後傾)している場合(図6)よりチップ側流入速度が小さくなり衝撃波損失を小さくできる。

[0030] 図7は、本発明のファン動翼の実施例を示す図である。この図は、コンピュータによるシミュレーション結果(CFD計算結果)である。

この図において、横軸は圧力比、縦軸はハブからのスパン比率である。またこの例は、垂直ハブ部12の外端位置bが、リーディングエッジ部全体の半径方向スパン L_s に対し約50%、後傾ミッドスパン部13の外端位置cが約80%の場合である。

[0031] この図から、スパン比率0～50%の範囲において、本発明の圧力比は従来例よりも明らかに大きいことがわかる。

すなわちCFD計算結果として、同じファン径の従来ファン動翼に対し、断面積あたりの流量を約5%、ハブ側の圧力比を約20%高くとれる結果を得ている。

[0032] なお、本発明は、上述した実施形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々に変更することができることは勿論である。

例えば、本発明の動翼はバイパス比の大きさに限定されず、バイパス比が大きい場合(例えば5以上)だけでなく、バイパス比が小さい場合(と問えば1以下)でも適用で

きる。

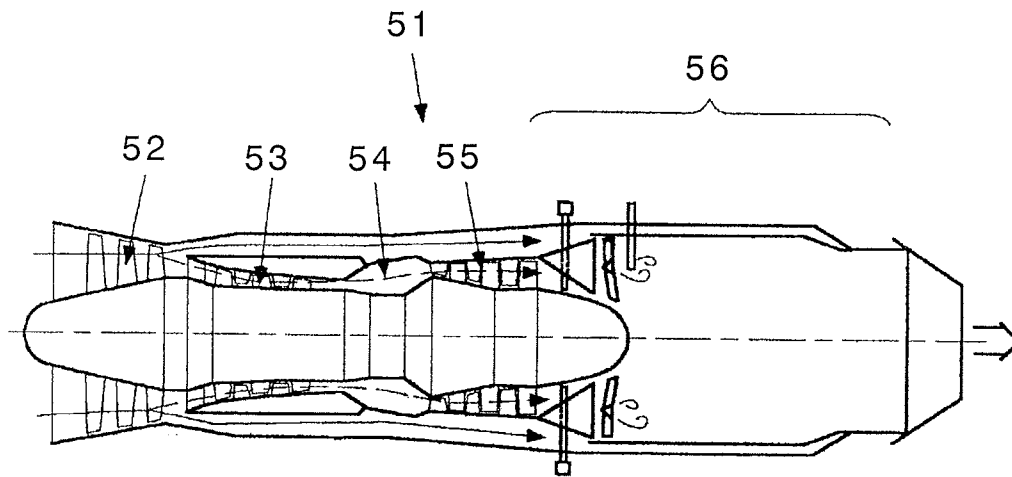
すなわち、バイパス比が小さいエンジンにおいてもファン1段動翼とそれを囲むケーシング径を大きくすることなく、ファン1段動翼の空気流量を増大することができ、重量を削減することができる。また、ハブ側の圧力比を従来のファン動翼よりも高くすることができる。

請求の範囲

- [1] リーディングエッジ部が、ハブ側に位置しファン回転軸に対してほぼ垂直な垂直ハブ部と、ハブ側からミッドスパン部にかけて下流側に傾きを持つ後傾ミッドスパン部と、ミッドスパン側からチップ部にかけて上流側に傾きを持つ前傾チップ部とからなる、ことを特徴とするターボファンエンジンのファン動翼。
- [2] 前記垂直ハブ部は、リーディングエッジ部全体の半径方向スパンに対し0%の内端位置から20%以上、50%未満の外端位置まで延び、かつファン回転軸に直交する面に対し、±5度以内の範囲内に位置する、ことを特徴とする請求項1に記載のターボファンエンジンのファン動翼。
- [3] 前記後傾ミッドスパン部は、リーディングエッジ部全体の半径方向スパンに対し20%以上、50%未満の内端位置から60%以上、90%未満の外端位置まで延び、かつファン回転軸に直交する面に対し、外方が後方に5度以上、45度未満の範囲で傾斜する、ことを特徴とする請求項1に記載のターボファンエンジンのファン動翼。
- [4] 前記前傾チップ部は、リーディングエッジ部全体の半径方向スパンに対し60%以上、90%未満の内端位置から100%の外端位置まで延び、かつファン回転軸に直交する面に対し、外方が前方に5度以上、45度未満の範囲で傾斜する、ことを特徴とする請求項1に記載のターボファンエンジンのファン動翼。

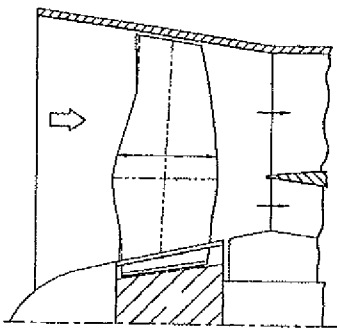
[図1]

先行技術



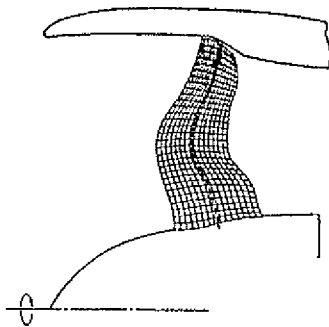
[図2A]

先行技術



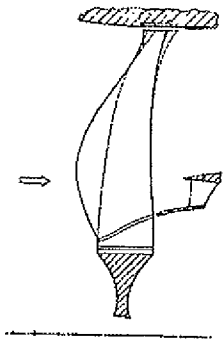
[図2B]

先行技術



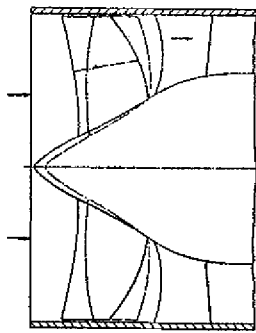
[図2C]

先行技術



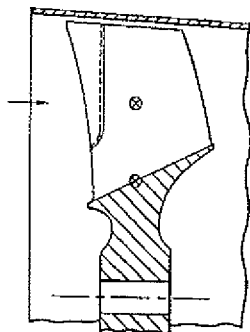
[図2D]

先行技術



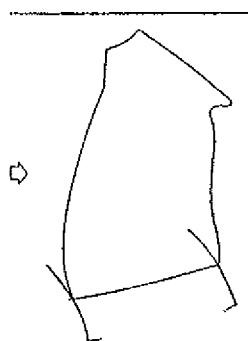
[図2E]

先行技術

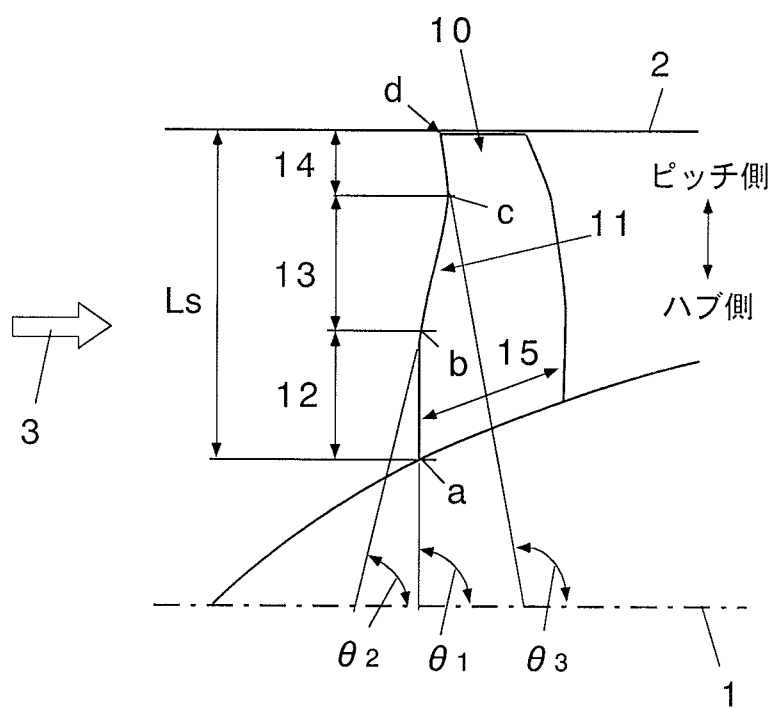


[図2F]

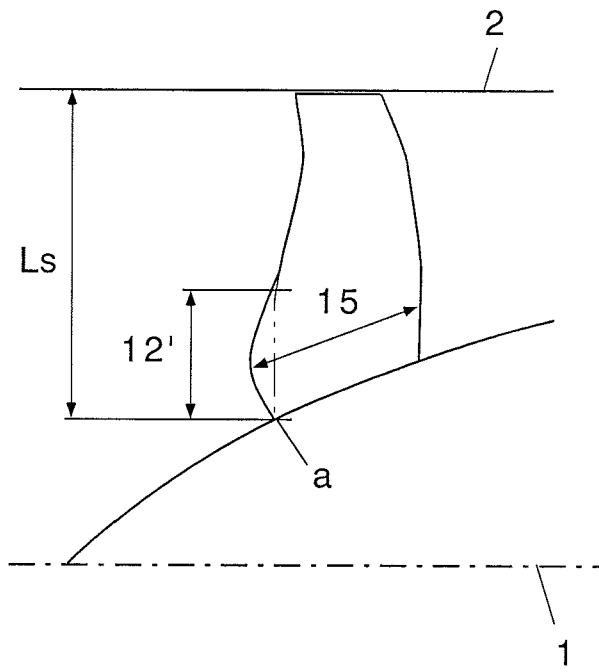
先行技術



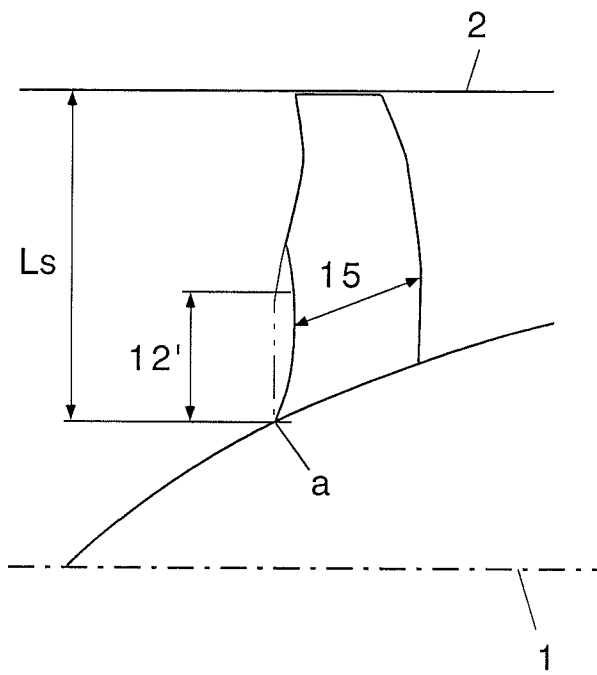
[図3]



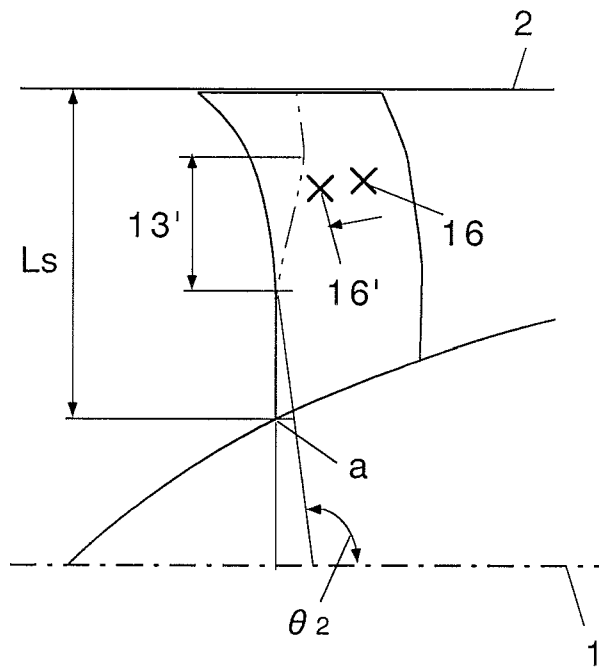
[図4A]



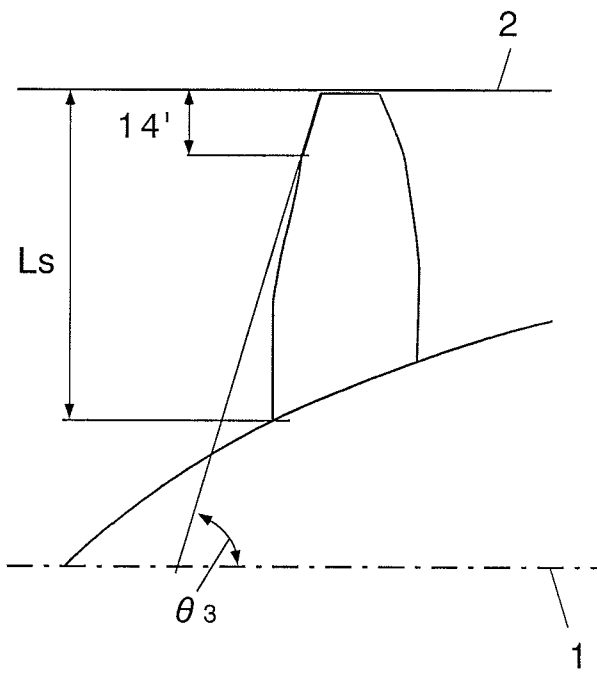
[図4B]



[図5]

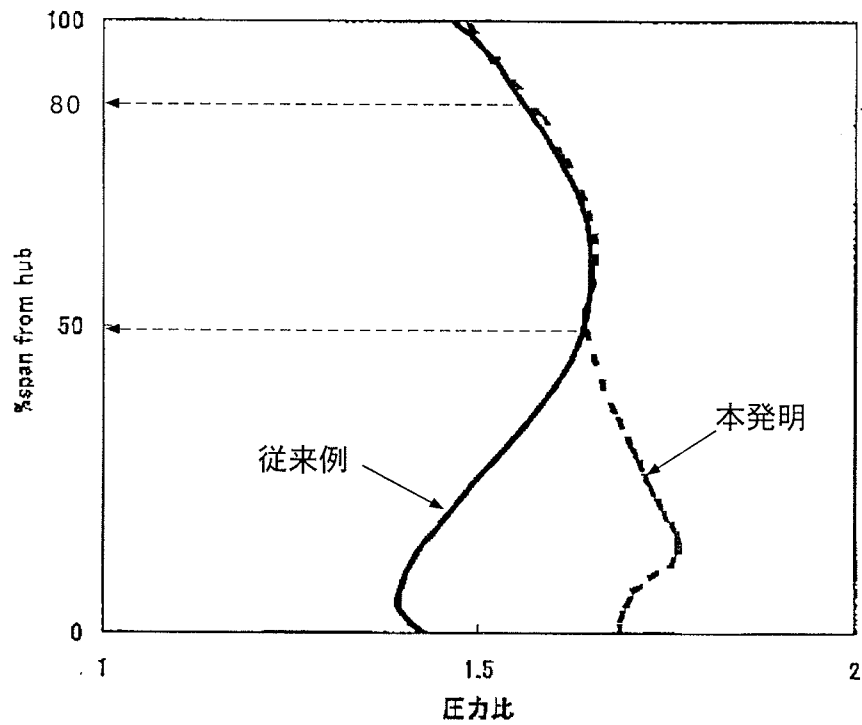


[図6]



[図7]

ハブからのスパン比率%



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/056169

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F04D29/38(2006.01) i, F02K3/06(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F04D29/38, F02K3/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2005-315138 A (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 10 November, 2005 (10.11.05), Par. No. [0038]; Fig. 1 (Family: none)	1, 4 2-3
Y A	JP 2001-214893 A (GENERAL ELECTRIC CO.), 10 August, 2001 (10.08.01), Par. Nos. [0018] to [0023]; Fig. 1 & US 6328533 B1 & EP 1111188 A2 & BR 5937 A & PL 344738 A & CA 2327850 A	1, 4 2-3

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
11 April, 2007 (11.04.07)

Date of mailing of the international search report
24 April, 2007 (24.04.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F04D29/38(2006.01)i, F02K3/06(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F04D29/38, F02K3/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2007年
日本国実用新案登録公報	1996-2007年
日本国登録実用新案公報	1994-2007年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	J P 2005-315138 A (石川島播磨重工業株式会社) 2 005.11.10, 段落【0038】, 図1 (ファミリー無し)	1, 4 2-3
Y A	J P 2001-214893 A (GENERAL ELECTRIC COMPANY) 2001.08.10, 段落【0018】- 【0023】, 図1 & US 6328533 B1 & EP 1111188 A2 & BR 5937 A & PL 34 4738 A & CA 2327850 A	1, 4 2-3

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11.04.2007

国際調査報告の発送日

24.04.2007

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

刈間 宏信

30

3925

電話番号 03-3581-1101 内線 3358