

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(10) 国際公開番号

WO 2010/143341 A1

PCT

(43) 国際公開日

2010年12月16日(16.12.2010)

- (51) 国際特許分類:
F04D 29/30 (2006.01) F04D 29/66 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/001874
- (22) 国際出願日: 2010年3月16日(16.03.2010)
- (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 2009-139986 2009年6月11日(11.06.2009) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (Mitsubishi Electric Corporation) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3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): 池田尚史 (IKEDA, Takashi) [—/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 田所敬英 (TADOKORO, Takahide) [—/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 高木昌彦 (TAKAGI, Masahiko) [—/JP]; 〒1008310 東京

都千代田区丸の内二丁目7番3号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 栗原誠 (KURIHARA, Makoto) [—/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

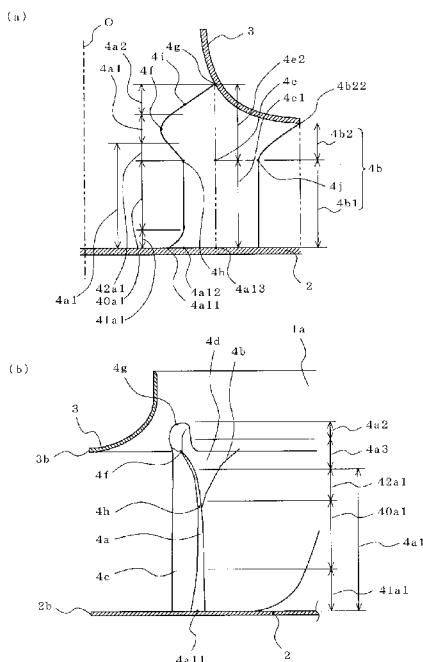
- (74) 代理人: 小林久夫, 外 (KOBAYASHI, Hisao et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目19番10号第6セントラルビルきさ特許商標事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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

[続葉有]

(54) Title: TURBOFAN AND AIR CONDITIONER

(54) 発明の名称: ターボファンおよび空気調和機

[図4]



(57) Abstract: A vane front edge (4a) of a turbofan (1) is comprised of a projected vane front edge (4a3) provided between a main plate-side vane front edge (4a1) and a shroud-side vane front edge (4a2), which extends away from a vane rear edge (4b) as the distance from a main plate (2) increases (positioned in a rotational direction (A)) and which is curved so as to be positioned apart from a rotational center (O); and a main plate-side vane front edge foot portion (41a1) which is inclined so as to extend away from the vane rear edge (4b) and the rotational center (O) as the distance from the main plate (2) decreases, in the area of the main plate-side vane front edge (4a1), which is close to the main plate (2). On the other hand, a main plate-side vane rear edge (4b1) corresponding to the area of the vane rear edge (4b), which is close to the main plate (2), is substantially perpendicular to the main plate (2), and a shroud-side vane rear edge (4b2) corresponding to the area of the vane rear edge (4b), which is close to a shroud (3), is inclined so as to be gradually separated from the main plate front edge (4a) (delayed in the rotational direction (A)) as the distance from the main plate (2) increases.

(57) 要約: ターボファン1の羽根前縁4aは、主板側羽根前縁4a1とシュラウド側羽根前縁4a2との間に、主板2から遠ざかる程、羽根後縁4bから遠ざかり(回転方向Aの方向に位置し)、且つ、回転中心Oから遠ざかる位置に湾曲する突出羽根前縁4a3と、主板側羽根前縁4a1の主板2に近い範囲における、主板2に近づく程、羽根後縁4bから遠ざかりながら回転中心Oから遠ざかるように傾斜した主板側前縁裾野部41a1と、を具備する。一方、羽根後縁4bの主板2に近い範囲である主板側羽根後縁4b1は、主板2に略垂直で、シュラウド3に近い範囲であるシュラウド側羽根後縁4b2は、主板2から遠ざかる程、徐々に主板前縁4aから離れる(回転方向Aに遅れ

る)ように傾斜している。



(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, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL,
NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, 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 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：ターボファンおよび空気調和機

技術分野

[0001] 本発明はターボファンおよび空気調和機、特に、空気清浄、加除湿、冷暖房などを行う空気調和機に用いられるターボファン、および該ターボファンを用いた空気調和機に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、天井埋込型の空気調和機に搭載される送風ファンは、ファンの羽根が3次元形状に形成されたターボファンが広く採用されている。例えば、羽根は前縁から後縁に渡り主板との接合端部に対し側板側の接合端部の位置が回転方向Aにずれ（前縁と後縁とを結ぶ仮想線が放射線に対して傾斜している）、羽根の前縁側におけるシュラウド端部が回転方向A側へ傾斜したものが開示されている（例えば、特許文献1参照）。

このようにターボファンを形成することで、流入空気の軸方向の速度成分が特に大きくなる羽根前縁側におけるシュラウド側の端部が、回転方向A側へ傾斜されて、流入する空気の流入方向に沿うようになるので、反回転方向側に生じやすい剥離を防ぎ、性能向上及び騒音の低減を図ることができる。

[0003] また、例えば、羽根の後縁部における主板と羽根の連結位置（第一連結位置）において後縁に接する第一接線が羽根の回転方向A側に向かってシュラウドに接近するように延び、かつ側板と羽根との連結位置（第二連結位置）において後縁に接する第二接線が羽根の回転方向A側に向かって主板に接近するように伸びたものが開示されている（例えば、特許文献2参照）。

このようにターボファンを形成することで、羽根車出口における気流速度差に起因する乱流騒音を低減することができる。

[0004] さらに、例えば、ターボファンにおいて、羽根後縁部にノコ歯状とするものが開示されている（例えば、特許文献3参照）。

このようにターボファンを形成することで、後縁部が直線状のものに対し

後縁部での流れの合流に伴う空気流の圧力勾配及び速度欠損が小さくなり、乱れが抑制され低騒音化を図ることができる。

先行技術文献

特許文献

- [0005] 特許文献1：特許第3861008号公報（第7－8頁、図5）
特許文献2：特開2007－205269号公報（第5－6頁、図7）
特許文献3：特許第3092554号公報（第4－5頁、図1）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] しかしながら、従来のターボファンおよび該ターボファンを用いた空気調和機には、以下のような問題があった。

（i）特許文献1に開示されたターボファンは、羽根は前縁から後縁に渡り主板との接合端部に対し側板側の接合端部の位置が回転方向Aにオフセットし、シュラウド側羽根前縁が回転方向A側へ傾斜している。このため、流入する空気の流入方向に沿うようになるので、シュラウド側羽根前縁の反回転方向面側に生じやすい剥離を防ぐことができる。

しかし、羽根全体が回転方向Aに傾斜しているため、吸込流れが下流側へ向かうとき、主板側へ流れ易く、羽根側板側後縁部の近傍で剥離が生じて乱れや低風速域発生により風速分布が不均一となりうる。

また、羽根の回転方向A面は主板に対し鋭角で接合されているため、この接合部（角部）に流れが集中し易く、主板側の吹出風速も増加傾向となりうる。

そのため、乱れ発生や風速分布の不均一により、騒音悪化を招いてしまう。

さらに、羽根の回転軸に直交する水平断面において、回転中心Oを中心に任意同一半径における羽根の肉厚は、羽根車の高さ方向でほぼ同一のため、ABSやPSなど熱可塑性樹脂を材料に成形する場合、羽根は中実となるた

め重量が増加するおそれがある。

- [0007] (i i) 特許文献 2 に開示されたターボファンは、羽根の後縁部における主板と羽根との連結位置（第一連結位置）において、後縁に接する第一接線が羽根の回転方向 A 側に向かってシュラウドに接近するように延び、かつ、側板と羽根との連結位置（第二連結位置）において、後縁に接する第二接線が羽根の回転方向 A 側に向かって主板に接近するように伸び、側面視で均一肉厚の後縁部が略く字形状に形成している。

このため、羽根の回転方向 A 面は流れが主板側および側板側に集中し、中央付近が流れ難くなる。また、羽根の半回転方向 A 面は回転方向 A 面と略同一の略く字形状のため、隣り合う羽根の翼間距離は、羽根車の高さ方向で同一であり、回転方向 A 面で主板側および側板側に流れが集中する。このため、高さ方向の中央付近で流れが不安定となり剥離し、騒音悪化を招くおそれがある。

さらに、羽根の回転軸に直交する水平断面において、回転中心 O を中心に任意同一半径における羽根の肉厚は、羽根車の高さ方向でほぼ同一のため、ABS や PS など熱可塑性樹脂を材料に成形する場合、羽根は中実となるため重量が増加するおそれがある。

- [0008] (i i i) 特許文献 3 に開示されたターボファンは、羽根後縁部にノコ歯状としているため、後縁部が直線状のものに対し後縁部での流れの合流に伴う空気流の圧力勾配及び速度欠損が小さくなり、乱れが抑制され低騒音化を図ることができるものの、風速分布の不均一化によって局所的な高風速域が発生するおそれがある。

- [0009] 本発明は、上記問題を解消するためになされたもので、空気流れの剥離や乱れ（渦発生）を抑えることができるターボファン、および該ターボファンを搭載した空気調和機を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0010] 本発明に係るターボファンは、中心に回転中心と、該回転中心の近くに形成された突出するボスと、を具備する円盤状の主板と、

該主板に対向して配置され、前記主板に近づく程、内径が拡大する拡径部を具備する筒状のシュラウドと、

両端がそれぞれ前記主板と前記シュラウドとに接合された複数枚の羽根と、を有するターボファンであって、

前記羽根の羽根後縁は、前記円盤の外周と前記シュラウドの外周とによって形成される仮想円筒上に位置し、前記羽根の羽根前縁は、前記羽根の羽根後縁よりも前記回転中心に近い位置にあり、且つ、前記羽根後縁と前記羽根前縁とを結ぶ仮想線は、前記回転中心からの放射線に対して傾斜し、

前記羽根の前記回転中心から遠い面である羽根外面は、前記回転中心から遠ざかる方向に突出する凸面に形成され、

前記羽根前縁は、前記主板に近い主板側羽根前縁と、前記シュラウドに近いシュラウド側羽根前縁と、前記主板側羽根前縁と前記シュラウド側羽根前縁との間に形成された突出羽根前縁と、に区分され、

前記主板側羽根前縁の前記主板に近い範囲は、前記主板に近づく程、前記羽根後縁から遠ざかりながら、前記回転中心から遠ざかるように傾斜した主板側前縁裾野部を形成し、該主板側前縁裾野部よりも前記主板から離れた範囲は、前記主板に垂直な主板側前縁垂直部を形成し、

該主板側前縁垂直部よりも前記主板から離れた範囲は、主板側前縁垂直部に対して、前記主板から遠ざかる程、前記羽根後縁から遠ざかりながら前記回転中心から遠ざかるように傾斜した主板側前縁傾斜部を形成し、

前記突出羽根前縁の突出前縁端点よりも前記主板に近い範囲は、主板側前縁傾斜部に繋がって、前記主板から遠ざかる程、前記羽根後縁から遠ざかりながら前記回転中心から遠ざかり、

前記突出羽根前縁の突出前縁端点よりも前記主板から遠い範囲は、シュラウド側羽根前縁に繋がって、前記主板から遠ざかる程、前記羽根後縁に近づくしながら前記回転中心から遠ざかることを特徴とする。

発明の効果

[0011] 本発明に係るターボファンは、羽根前縁における羽根外面は、主板から遠

ざかるに従って、主板に近い範囲では、除々に羽根後縁に近づきながら回転中心に近づく方向に傾斜する主板側前縁裾野部と、これに続く主板側前縁垂直部と、主板側前縁垂直部よりも除々に羽根後縁から遠ざかりながら回転中心から離れる方向に傾斜する主板側前縁傾斜部と、主板側前縁傾斜部に繋がって最も羽根後縁から遠ざかって回転中心から離れる方向に突出する突出羽根前縁と、突出羽根前縁に繋がって、羽根後縁に近づきながら回転中心から離れる方向に傾斜するシュラウド側羽根前縁と、を有している。

[0012] すなわち、羽根前縁は、主板に近い位置と、突出羽根前縁を含む範囲と、が何れも回転方向に進む前方で、回転中心から離れる方向に湾曲する、「外方への逆反り」を呈している。このため、吸込流れの誘引が促進される。

また、主板側前縁裾野部（主板とのなす角が鈍角）を具備するので、主板近傍に流入する流れは、前記湾曲の中央付近（主板側前縁垂直部と主板側前縁傾斜部との接合位置に略相等する）に流れることから、主板側への流れの集中を回避することができる。よって、全体的に風速を均一化することが可能になる。

[0013] また、側面視において、突出前縁端点が主板側前縁垂直部（前縁湾曲点に同じ）よりも回転方向に前進しているから、突出前縁端点を頂点とし、シュラウド側羽根前縁と、突出羽根前縁（主板側前縁傾斜部を含む）を二辺とする「三角翼形状」が形成されるから、羽根外周面から内周面へ向かう縦渦を生成し、羽根内面への流れを誘引するとともに、吸込側で通風抵抗が変化しても縦渦により羽根表面に流れが供給されるため剥離しない。

以上のように、本発明にかかるターボファンは、羽根間の通過風速の均一化、および羽根表面での剥離が防止可能になるため、低騒音化を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]本発明の実施の形態1に係る空気調和機を模式的に示す縦断面図。

[図2]本発明の実施の形態2に係るターボファンを模式的に説明する斜視図。

[図3]図2に示すターボファンを模式的に説明する平面図。

[図4] 図2に示すターボファンを模式的に説明する拡大側面図。

[図5] 図2に示すターボファンの羽根前縁および羽根後縁を示す斜視図。

[図6] 図2に示すターボファンの平面視の断面図（羽根前縁湾曲点の位置）。

[図7] 図2に示すターボファンの平面視の断面図（主板側前縁端点の位置）。

[図8] 図2に示すターボファンの平面視の断面図（突出前縁端点の位置）。

[図9] 図2に示すターボファンの平面視の断面図（シュラウド側羽根前縁）。

[図10] 図2に示すターボファンの平面視の断面図（シュラウド側前縁端点）

。

[図11] 図2に示すターボファンの側面視の断面図（羽根前縁湾曲点の位置）

。

[図12] 図2に示すターボファンの側面視の断面図（シュラウド側羽根前縁）

。

[図13] 図2に示すターボファンの側面視の断面図（シュラウド側羽根前縁）

。

[図14] 図2に示すターボファンの羽根後縁を示す側面図。

[図15] 図2に示すターボファンの羽根後縁を示す展開図。

発明を実施するための形態

[0015] [実施の形態1：空気調和機]

図1は本発明の実施の形態1に係る空気調和機を模式的に示す縦断面図である。図1において、天井埋込形空気調和機100は、部屋17の天井面18に形成された凹部19に埋め込まれるものであって、空調機本体10と、空調機本体10内に収納されたターボファン1および熱交換器16とを有している。

空調機本体10は、断面矩形状の筒体を形成する本体側板10bと、該筒体の一方の端面を塞ぐ矩形状の板材からなる本体天板10aと、から形成された函体であって、該函体の開口部（本体天板10aに対向する面）には、化粧パネル11が着脱自在に取付けられている。すなわち、本体天板10aは天井面18よりも上方に位置し、化粧パネル11は天井面18と略同一面

に位置している。

[0016] 化粧パネル 11 の中央付近には、空調機本体 10 への空気の吸込口である吸込グリル 11 a が形成され、吸込グリル 11 a にはこれを通過した後の空気を除塵するフィルタ 12 が配置されている。

一方、化粧パネル 11 の各辺に沿って、すなわち、吸込グリル 11 a を包囲するように、空気の吹出口であるパネル吹出口 11 b が形成され、パネル吹出口 11 b には吹き出す空気の方向を調整する風向ベーン 13 が設置されている。

[0017] 本体天板 10 a の中央にはファンモータ 15 が設置され、ファンモータ 15 の回転軸にはターボファン 1 が設置されている。

そして、吸込グリル 11 a とターボファン 1 との間には、前者から後者に向かう吸込風路を形成するベルマウス 14 が配置され、ターボファン 1 の外周側を囲むように（例えば、平面視で略 C 字形状に）熱交換器 16 が配置されている。

熱交換器 16 は、略水平に所定の間隔を空けて配置されたフィンと、該フィンを貫通する伝熱管と、を有し、該伝熱管は室外機に接続配管（何れも図示しない）によって接続さ、冷却された冷媒または加熱された冷媒が供給される。

[0018] したがって、このように構成された空気調和機 100 は、ターボファン 1 が回転すると部屋 17 の空気が化粧パネル 11 の吸込グリル 11 a に吸い込まれる。そして、フィルタ 12 において除塵された空気は、本体吸込口 10 c を形成するベルマウス 14 に案内されて、ターボファン 1 に吸込まれる。

そして、ターボファン 1 では、下方から略上方に向かって吸い込まれた空気が、略水平方向に吹き出される。そうすると、吹き出された空気は、熱交換器 16 を通過しながら熱交換あるいは湿度調整された後、流れ方向を略下方に変更して、パネル吹出口 11 b から部屋 17 へ向けて吹き出される。このとき、パネル吹出口 11 b において風向ベーン 13 によって風向が制御される。

[0019] なお、ターボファン１は、別途詳細に説明する本発明の実施の形態２に係るターボファンに同じであるから、高品質、高性能、低騒音な空気調和機１００が得られる。

すなわち、ターボファン１の本体吸込口１０ｃ側、又はパネル吹出口１１ｂ側、又は両方に通風可能な圧損体を有し、吸込口配設される圧損体が例えばフィルタ１２の場合、長時間運転でホコリが堆積し通風抵抗が増加しても、羽根前縁４ａが湾曲しているので剥離しづらく長時間運転でも低騒音を維持することができる。また、パネル吹出口１１ｂに配設される圧損体が例えば熱交換器１６や加湿ロータの場合、風速分布が均一なため熱交換器１６や加湿ロータ全体で有効に熱交換や湿度放出ができる。また、熱交換器１６が略四角形状でターボファン１と熱交換器１６との距離が不均一であっても剥離しないため低騒音化を図ることができる（これについては、別途詳細に説明する）。

[0020] [実施の形態２：ターボファン]

図２～図１５は本発明の実施の形態２に係るターボファンを模式的に説明するものであって、図２は斜視図、図３は平面図、図４の（ａ）は一部を断面にした拡大側面図（図３に示す矢印Ｂ方向視）、図４の（ｂ）は一部を断面にした拡大側面図（図３に示す矢印Ｃ方向視）、図５の（ａ）は羽根前縁を模式的に示す斜視図、図５の（ｂ）は羽根後縁を模式的に示す斜視図、図６～図１０はそれぞれ平面視の断面図、図１１～図１３はそれぞれ側面視の断面図、図１４は羽根後縁を示す側面図、図１５は羽根後縁を示す展開図である。

以下、ターボファン１として、空気調和機１００（実施の形態１）に搭載されたものについて説明しているが、本発明はこれに限定されるものではなく、各種空気調和機や各種機器における送風手段として搭載されるものである。

なお、理解を容易にするため、図中上方を部屋１７側にしている。すなわち、ターボファン１を天井面１８から取り外し、本体天板１０ａを床面に載

置し、本体吸込口 10c を上にした状態に相等するから、図中上方から図中下方に向かって空気が吸い込まれることになっている。また、各図において同じ部分または相等する部分には同じ符号を付し、一部の説明を省略する。

[0021] (全体の構成)

図 2～図 5 において、ターボファン 1 は、外周部が平坦で中央部が山状に突出した回転体である主板 2 と、主板 2 に対向した略円環状のシュラウド 3 と、一方の端部が主板 2 に、他方の端部がシュラウド 3 に接合された（一体的に形成されたに同じ）複数枚の羽根 4 と、から形成されている。

なお、図 2 および図 3 において斜線部は、シュラウド 3 を羽根 4 から剥ぎ取った際の状態、すなわち、シュラウド 3 と羽根 4 との接合境界面を示している。

[0022] 主板 2 の中央（山状突出部の頂上に同じ）にはボス 2a が形成され、ボス 2a がファンモータ 15（図 1 参照）の回転軸に固定されている。以下、当該回転軸の中心を「回転中心 O（オー）」と称す。

シュラウド 3 は上縁がファン吸込口 1a を形成し、ファン吸込口 1a から下方になる程（主板 2 に近づく程）、内径が大きくなっている。

そして、シュラウド 3 の下縁（内径が最も大きくなっている。（以下、「シュラウド外周」と称す）3b と、これに対向する主板 2 の外周（以下、「主板外周」と称す）2b と、一对の羽根 4 の最も回転中心 O から離れた羽根後縁 4b と、の 4 者は、同一の仮想円筒面（以下、「仮想外周円筒」と称す）上に位置し、ファン吹出口 1b が形成されている（正確には、一对の羽根 4 に挟まれて形成されるから、羽根が 7 枚の場合、円周上に 7 箇所のファン吹出口 1b が形成されている）。

[0023] (羽根)

図 2～図 5 において、羽根 4 の羽根前縁 4a は、回転中心 O から所定の距離に位置し、

羽根後縁 4b は仮想外周円筒上に位置し、羽根前縁 4a と羽根後縁 4b とを結ぶ仮想線（以下、「弦線」と称している）は、回転中心 O からの放射線に

対して傾斜している。

なお、以下の説明の便宜上、羽根後縁 4 b から遠ざかる方向を「回転方向 A（図中、矢印 A にて示す）」と、羽根前縁 4 a から遠ざかる方向を「反回転方向」と称す。

[0024] そして、羽根 4 の回転中心 O から遠い方の面である羽根外面（正圧面に相当する）4 c は、反回転方向になる程、回転中心 O から離れ、羽根 4 の羽根後縁 4 b は仮想外周円筒面上に位置している。

また、羽根 4 の回転中心 O に近い方の面である羽根内面（負圧面に相当する）4 d は、羽根外面 4 c と所定の間隔（羽根 4 の厚さに相等する）をとりながら同様の形態を呈している。このとき、前記所定の間隔（羽根 4 の厚さに相等する）は、羽根前縁 4 a と羽根後縁 4 b との中間で厚くなり、両縁部に向かって徐々に薄くなっている。すなわち、断面が翼形状に近似している。

なお、主板 2 に平行な面における、羽根外面 4 c と羽根内面 4 d との中央位置を示す線を「水平反り線 P」と称し、羽根前縁 4 a の端点と、羽根後縁 4 b の端点とを結ぶ直線を「水平弦線 S」と称す。

[0025] （羽根前縁部）

図 4 の（a）は羽根 4 を回転中心 O から半径方向に向かって（図 3 において示す矢印 B の方向、水平弦線 S 1 に垂直な方向に概略同じ）見、図 4 の（b）は羽根 4 を水平弦線 S 1 の方向（図 3 において示す矢印 C の方向）に見ている。

羽根前縁 4 a は、主板 2 からシュラウド 3 に向かって、主板側羽根前縁 4 a 1 と、突出羽根前縁 4 a 3 と、シュラウド側羽根前縁 4 a 2 と、に大きく分けられる。そして、主板側羽根前縁 4 a 1 は、主板 2 に垂直な範囲である主板側前縁垂直部 4 0 a 1 と、主板 2 に近接した所定範囲である主板側前縁裾野部 4 1 a 1 と、主板側前縁垂直部 4 0 a 1 と前縁湾曲点 4 h において折れ曲がり、突出羽根前縁 4 a 3 に繋がる主板側前縁傾斜部 4 2 a 1 と、に分けられる。

なお、主板側羽根前縁 4 a 1 等の大きな区分け、あるいは、主板側前縁垂直部 4 0 a 1 等の小さな区分けは、説明の便宜であって、相互の境界が明りように表れるものではなく、また、それぞれの範囲が限定されるものではない。

[0026] すなわち、羽根前縁 4 a は、主板 2 との接合部である主板側前縁端点 4 a 1 1 から、主板側前縁裾野部 4 1 a 1 においては除々に羽根後縁 4 b 方向に後退（羽根の幅が狭くなる方向）し、主板側前縁垂直部 4 0 a 1 では、主板側前縁裾野部 4 1 a 1 の終端から前縁湾曲点 4 h の範囲で、主板 2 に垂直である。

そして、主板側前縁傾斜部 4 2 a 1 は前縁湾曲点 4 h において折れ曲がって、羽根後縁 4 b とは反対の方向に前進（羽根の幅が広くなる方向）し位置し、やがて、突出羽根前縁 4 a 3 に繋がっている。

突出羽根前縁 4 a 3 は略円弧状であって、突出羽根前縁 4 a 3 に繋がっている。さらに、突出羽根前縁 4 a 3 のシュラウド 3 側は、シュラウド側羽根前縁 4 a 2 に繋がっている。

シュラウド側羽根前縁 4 a 2 は、羽根後縁 4 b に近づく程、主板 2 から離れ、やがて、シュラウド 3 にシュラウド側前縁端点 4 g において接続している。

[0027] （羽根後縁）

羽根後縁 4 b は、主板外周 2 b とシュラウド外周 3 b とが形成する仮想円筒（仮想外周円筒）上に位置し、主板 2 からシュラウド 3 に向かって、主板側羽根後縁 4 b 1 と、シュラウド側羽根後縁 4 b 2 と、分けられる。主板側羽根後縁 4 b 1 は、主板 2 に垂直な範囲である。シュラウド側羽根後縁 4 b 2 は、主板 2 からの距離が略同じである後縁湾曲点 4 j において折れ曲がり、シュラウド 3 に近づく程、反回転方向（羽根 4 の幅が広がる方向）に位置し（「後退する」に同じ）、やがて、シュラウド 3 にシュラウド側後縁端点 4 b 2 2 において接続している。

[0028] （主板側前縁部の断面形状）

次に、羽根の断面形状について詳細に説明する。図6～図10は主板2に平行な面における羽根断面を示している。

図6は前縁湾曲点4hにおける断面、すなわち、主板側前縁垂直部40a1（羽根前縁4aの主板2に垂直な範囲に同じ）と、後縁湾曲点4j（羽根後縁4bの主板2に垂直な範囲に同じ）とを示している。

前縁湾曲点4hは回転中心Oから距離R（4h）に位置している。また、後縁湾曲点4jは、前縁湾曲点4hに対して反回転方向に角度 θ （4j）だけ遅れた位置で、仮想外周円筒上（回転中心Oから距離R（4j））に位置している。

そして、羽根外面4c1は、回転中心Oから遠い方向に突出する凸面に形成されている。一方、羽根内面4d1は、前縁湾曲点4hに近い（前縁4aに近いに同じ）範囲では、回転中心Oに近い方向に突出する凸面に形成され、後縁湾曲点4jに近い（後縁4bに近いに同じ）範囲では、回転中心Oから遠ざかる方向に後退する凹面に形成されている。

すなわち、羽根外面4c1を円弧とみなした場合（実際は円弧でない）の曲率半径は、羽根内面4d1を円弧とみなした場合（実際は円弧でない）の曲率半径よりも小さくなっているから、水平断面において、羽根外面4c1の方が羽根内面4d1より、大きく反っていることになる。

このとき、羽根外面4c1と羽根内面4d1との中央を結ぶ線を「水平反り線P1」と、前縁湾曲点4hと後縁湾曲点4jとを結ぶ直線を「水平弦線S1」と称している。

[0029] （主板側前縁部と主板との接合部の断面形状）

図7の（a）は主板側羽根前縁4a1と主板2との接合部の断面形状、すなわち、主板側前縁端点4a11および主板側後縁端点4b11における断面を示し、図7の（b）はその一部を拡大した拡大断面図である。

主板側前縁端点4a11は前縁湾曲点4hに対して、より外周側で回転方向Aに進んだ位置（「前進する」に同じ）にある。すなわち、回転中心Oから、距離R（4h）よりも大きな距離R（4a11）に位置し、回転方向A

に角度 θ （4 a 1 1）だけ進んでいる。また、主板側後縁端点 4 b 1 1 は後縁湾曲点 4 j と同じ位相に位置している。したがって、当該位置における羽根 4 の幅は角度 θ （4 a 1 1）に相等する分だけ幅が広いことになる。

そして、羽根外面 4 c 1 1 は、回転中心 O から遠い方向に突出する凸面に形成されている。このとき、羽根外面 4 c 1 1 の主板側前縁端点 4 a 1 1 に近い所定範囲は、羽根内面 4 d 1 （主板 2 に垂直な範囲）から外れ（偏位し）、主板側前縁端点 4 a 1 1 から離れた範囲は、主板 2 に垂直であって、羽根外面 4 c 1 に同じになっている。

同様に、羽根内面 4 d 1 1 は、主板側前縁端点 4 a 1 1 に近い所定範囲は、回転中心 O に近づく方向に突出する凸面に形成され、主板側前縁端点 4 a 1 1 から離れた範囲は、主板 2 に垂直であって、羽根内面 4 d 1 に同じになっている。

そして、羽根外面 4 c 1 1 と羽根外面 4 c 1、および羽根内面 4 d 1 1 と羽根内面 4 d 1 とは滑らかに繋がり、主板側前縁裾野部 4 1 a 1 を形成している。

[0030] （突出羽根前縁の断面形状）

図 8 は突出羽根前縁 4 a 3 における断面であって、シュラウド側後縁端点 4 b 2 2 における断面を示している。

突出羽根前縁 4 a 3 は前縁湾曲点 4 h に対して、より外周側で回転方向 A に進んだ位置にある。このとき、突出羽根前縁 4 a 3 の最も外周に位置する（回転方向 A に最も進んだ位置に同じ）突出前縁端点 4 f は、回転中心 O から、距離 R（4 h）よりも大きな距離 R（4 f）に位置し、回転方向 A に角度 θ （4 f）だけ進んでいる。

すなわち、主板 2 から離れるに伴って、主板側前縁傾斜部 4 2 a 1 および突出羽根前縁 4 a 3 は、前縁湾曲点 4 h に対して除々に「外周側かつ回転方向 A 側」に位置しながら、最も回転方向 A に進んだ位置である突出前縁端点 4 f に繋がっている。

[0031] 一方、シュラウド側後縁端点 4 b 2 2 は仮想外周円筒上にあって、反回転

方向に角度 θ (4 b 2 2) だけ遅れている。すなわち、羽根後縁 4 b は、主板 2 に垂直な主板側羽根後縁 4 b 1 と、後縁湾曲点 4 j において折れ曲がり、シュラウド 3 に近づく程、反回転方向（羽根 4 の幅が広がる方向）に後退するシュラウド側羽根後縁 4 b 2 とを有している。

したがって、当該位置における羽根 4 の幅は角度「 θ (4 f) + θ (4 b 2 2)」に相等する分だけ、前縁湾曲点 4 h（前縁湾曲点 4 h に同じ）における断面の幅より、幅が広いことになる。

そして、羽根外面 4 c 3 は、回転中心 O から遠い方向に突出する凸面に形成されている。一方、羽根内面 4 d 3 は、突出前縁端点 4 f に近い（前縁 4 a に近いに同じ）範囲では、回転中心 O に近い方向に突出する凸面に形成され、シュラウド側後縁端点 4 b 2 2 に近い（後縁 4 b に近いに同じ）範囲では、回転中心 O から遠ざかる方向に後退する凹面に形成されている。

このとき、羽根外面 4 c 3 と羽根内面 4 d 3 との中央を結ぶ線を「水平反り線 P 3」と突出前縁端点 4 f とシュラウド側後縁端点 4 b 2 2 とを結ぶ直線を「水平弦線 S 3」と、称す。

[0032] （シュラウド側羽根前縁の断面形状）

図 9 はシュラウド側羽根前縁 4 a 2 における断面である。図 9 において、シュラウド側羽根前縁 4 a 2 の所定の位置 4 i を、回転中心 O からの距離を距離 R (4 i)、突出前縁端点 4 f に対して反回転方向に後退する角度を角度 θ (4 i) とすると、位置 4 i が突出前縁端点 4 f から離れる程、反回転方向に後退し、且つ、主板外周 2 b に位置している。

すなわち、位置 4 i が主板 2 から離れる程（シュラウド 3 に近づく程に同じ）、角度 θ (4 i) および距離 R (4 i) が除々に大きくなっている。したがって、羽根外面 4 c および羽根内面 4 d のシュラウド側羽根前縁 4 a 2 に近い範囲は、略円弧状に曲げられた略三角形状を呈している。

そして、位置 4 i を含む断面における羽根外面 4 c および羽根内面 4 d を示す線を、羽根外面 4 c 2 および羽根内面 4 d 2 とし、羽根外面 4 c 2 と羽根内面 4 d 2 との中央を結ぶ線を「水平反り線 P 2」としている。このとき

、位置 4 i を含む断面の回転中心 O から遠い側は、シュラウド 3 に接しているから、位置 4 i が主板 2 から離れる程、水平反り線 P 2 の長さは短くなる。

[0033] (シュラウド側前縁端点 4 g の位置)

図 10 はシュラウド側羽根前縁 4 a 2 における断面である。図 9 において、シュラウド側前縁端点 4 g は、回転中心 O から距離 $R(4g)$ で、突出前縁端点 4 f に対して反回転方向に角度 $\theta(4g)$ だけ後退している（遅れている）。すなわち、「 $R(4i) < R(4g)$ 、 $\theta(4i) < \theta(4g)$ 」の関係にある。

以上をまとめると、次の関係がある。

「 $R(4a11) > R(4h)$ 」、

「 $R(4h) < R(4f) < R(4i) < R(4g)$ 」、

「 $\theta(4a11) \neq 0$ 」、

「 $\theta(4f) \neq 0$ 」、

「 $0 \neq \theta(4i) < \theta(4g)$ 」。

[0034] (羽根前縁の反り)

図 11 は羽根前縁 4 a における反りを説明する断面図であって、前縁湾曲点 4 h を通過する主板 2 に垂直な面の断面（正確には、主板 2 および水平弦線 S 1（図 6 参照）に垂直な断面）を示している。

図 11 において、前縁湾曲点 4 h を通過する主板 2 への垂線を「垂線 Q (4 h)」とし、説明の便宜上、位置 4 i が、たまたま垂線 Q (4 h) 上に位置しているとしている。そして、羽根外面 4 c と羽根内面 4 d との中央線（図中、一点鎖線にて示す）を「垂直反り線 Q (4 i)」と称し、垂直反り線 Q (4 i) の主板 2 との交点を、主板側前縁反り点 4 a 1 2 とする。

[0035] 主板側前縁裾野部 4 1 a 1 に相等する羽根外面 4 c の範囲は、主板 2 から離れる程、内側（図中、右側）に傾いているから、主板 2 とのなす傾斜角度 $\beta(4a12)$ は鈍角（ $\beta(4a12) > 90^\circ$ ）である。一方、主板側前縁裾野部 4 1 a 1 に相等する羽根内面 4 d の範囲は、主板 2 の略垂直である

から、主板2とのなす傾斜角度 δ (4 a 1 2) は略 90° (δ (4 a 1 2) $\approx 90^\circ$) である。

したがって、垂直反り線Q (4 i) は、主板2に近い主板側前縁裾野部4 1 aに相等する範囲において、主板2から離れる程、内側に傾いている。そして、主板2からより離れた主板側前縁垂直部4 0 a 1においては、主板2に垂直であるから、垂線Q (4 h) に一致している。

さらに、主板側前縁傾斜部4 2 a 1においては、垂直反り線Q (4 i) は垂線Q (4 h) に対して主板2から離れる程、外側に傾斜し、該傾斜は主板2から離れる程、除々に大きくなり、突出羽根前縁4 a 3において略一定の反り角度 α (4 i) になっている。

したがって、羽根4は羽根前縁4 aの近くにおいて、羽根外面4 cの方が羽根内面4 dよりも大きく反っている（円弧に近似した場合、前者の曲率半径が後者の曲率半径より小さくなっている）。

[0036] (羽根中間部の反り)

図12は羽根中間部における反りを説明する断面図であって、シュラウド側前縁端点4 gを通過する主板2に垂直な面の断面（正確には、主板2および水平弦線S1（図6参照）に垂直な断面）を示している。

図12において、シュラウド側前縁端点4 gを通過する主板2および水平弦線S1な面内であって、主板2からの距離が前縁湾曲点4 hと同じである位置を「中間湾曲点4 e」としている。

このとき、羽根4の中間部は、中間湾曲点4 eを境に、主板2に近い主板側羽根中間部4 e 1と、シュラウド3側のシュラウド側羽根中間部4 e 2と、に大きく分けられる。また、主板側羽根中間部4 e 1は、主板2に近接した所定範囲である主板側中間裾野部4 1 e 1と、主板2から離れた、主板2に垂直な範囲である主板側中間垂直部4 0 e 1と、に小さく分けられる。

[0037] なお、主板側中間裾野部4 1 e 1、主板側中間垂直部4 0 e 1、およびシュラウド側羽根中間部4 e 2は滑らかに繋がったものであって、それぞれの境界（中間湾曲点4 e）が限定されるものではない。そして、中間湾曲点4

eを通過する主板2に垂直な線を垂線Q(4 e)とする。また、羽根外面4 cと羽根内面4 dとの中央線(図中、一点鎖線にて示す)を「垂直反り線Q(4 g)」と称し、垂直反り線Q(4 g)の主板2との交点を、主板側中間反り点4 a 1 3とする。

羽根外面4 cの主板2に近い主板側中間裾野部4 1 e 1の範囲では、垂直反り線Q(4 g)は、主板2から離れる程、内側(図中、右側)に傾いているから、主板2とのなす傾斜角度 β (4 a 1 3)は鈍角(β (4 a 1 3) > 90°)である。一方、羽根内面4 dの主板側中間垂直部4 0 e 1に相等する範囲は、主板2の略垂直であるから、主板2とのなす傾斜角度 δ (4 a 1 3)は略90°(δ (4 a 1 3) $\doteq$ 90°)である。

[0038] また、垂直反り線Q(4 g)は、主板2に近い範囲において、主板2から離れる程、内側に傾いている。そして、主板2からより離れた主板側中間垂直部4 0 e 1においては、主板2に垂直であるから、垂線Q(4 e)に一致している。

さらに、シュラウド側羽根中間部4 e 2においては、垂直反り線Q(4 g)は垂線Q(4 h)に対して主板2から離れる程、外側に傾斜し、該傾斜は主板2から離れる程、除々に大きくなり、シュラウド3に近い範囲では、略一定の反り角度 α (4 g)になっている。

[0039] そして、羽根前縁4 a(正確には、前縁湾曲点4 hに相等する位置)における垂直反り線Q(4 i)の反り角度 α (4 i)は、中間湾曲点4 e(シュラウド側前縁端点4 gに相等する位置)における垂直反り線Q(4 g)の反り角度 α (4 g)より大きくなっている。すなわち、「(α (4 i) > α (4 g))」の関係になっている。

すなわち、羽根4は回転中心O(羽根前縁4 a)に近づく略、主板2から離れた範囲の反り角度が除々に大きくなっている。

[0040] (羽根前縁部における作用・効果)

(イ) 羽根前縁4 aに近い範囲は、平面視において、羽根外面4 c 1の方が羽根内面4 d 1よりも大きく反っている形態(前者の曲率半径の方が後者

の曲率半径よりも小さいに相等する) のため、ターボファン 1 が誘引する吸込流れの誘引を促進している。

(ロ) 主板側前縁端点 4 a 1 1 が、平面視において、主板側前縁端点 4 a 1 1 が主板側前縁垂直部 4 O a 1 (前縁湾曲点 4 h に同じ) よりも回転方向 A に前進して回転中心 O よりも遠くに位置し、側面視において、主板側前縁裾野部 4 1 a 1 と主板 2 とがなす傾斜角度 β (4 a 1 2) が鈍角であるから、主板 2 の近傍に流入する流れは主板 2 及び凹形状に湾曲する羽根車高さ方向の中央付近の最もへこむ部分とに流れることで主板 2 側への流れの集中を回避し全体的に風速を均一化している。

[0041] (ハ) 平面視において、羽根内面 4 d の曲率半径は、羽根外面 4 c の曲率半径よりも大きいとみなすことができるから、シュラウド側羽根前縁 4 a 2 に流入する流れとの迎角が縮小し滑らかに流入するため剥離が防止され、乱れが生じ難い。

(ニ) 側面視において、垂直反り線 Q (4 i) の反り角度 α (4 i) は、回転方向 A 側になる程 (回転中心 O に近づく程)、大きくなる (α (4 i) $>$ α (4 g)) から、シュラウド側羽根前縁 4 a 2 および突出羽根前縁 4 a 3 は、回転方向 A 側になる程、反っている (傾斜している)。

また、平面視において、突出前縁端点 4 f が前縁湾曲点 4 h よりも回転方向 A に前進して回転中心 O よりも遠くに位置し、側面視において、突出前縁端点 4 f が主板側前縁垂直部 4 O a 1 (前縁湾曲点 4 h に同じ) よりも回転方向 A に前進しているから、突出前縁端点 4 f を頂点とし、シュラウド側羽根前縁 4 a 2 と、突出羽根前縁 4 a 3 (主板側前縁傾斜部 4 2 a 1 を含む) を二辺とする「三角翼形状」が形成される。

[0042] (ホ) そして、正圧側となる羽根外面 4 c に押された空気は、負圧側となる羽根内面 4 d へ向かう縦渦を生成し、羽根内面 4 d に向かう流れを誘引するとともに、吸込側で通風抵抗が変化しても縦渦により羽根表面 (羽根内面 4 d および羽根外面 4 c) に流れが供給されるため剥離しない。

(ヘ) 以上の結果、羽根 4 間の通過風速の均一化及び羽根表面における剥

離を防止することが可能になるため、低騒音化を図ることができる。

- [0043] (ト) また、平面視において、前縁湾曲点 4 h と後縁湾曲点 4 j とを結ぶ水平弦線 S 1 (図 6 参照) と、突出前縁端点 4 f とシュラウド側後縁端点 4 b 2 2 とを結ぶ水平弦線 S 3 (図 8 参照) とのなす角度 $\theta 1$ が 10° 未満 ($0^\circ < \theta 1 < 90^\circ$) で、突出前縁端点 4 f が主板側前縁垂直部 4 O a 1 に対し回転方向 A に前進するように形成されている。このため、羽根の吸込領域を縮小して、吸込領域を阻害しない。また、突出羽根前縁 4 a 3 (突出前縁端点 4 f) を挟み主板側前縁傾斜部 4 2 a 1 およびシュラウド側羽根前縁 4 a 2 の湾曲部付近に生成される縦渦の下流への移行長さが長過ぎないから、安定した渦が生成され、流れが安定して乱れないことから、低騒音化を図ることができる。

- [0044] (羽根の断面構造)

図 1 3 は羽根の断面構造を模式的に説明する断面図である。羽根 4 は、前縁湾曲点 4 h および後縁湾曲点 4 j を結ぶ線よりも主板 2 側の範囲において、羽根内面 4 d は主板に略垂直であるのに対し、羽根外面 4 c は主板 2 から離れる程、回転中心 O 側に傾いている。すなわち、羽根内面 4 d と羽根外面 4 c との距離である羽根厚さは、主板 2 から遠ざかる程、薄くなっている (先細りに同じ)。

このことは、一方の羽根 4 の羽根外面 4 c と羽根 4 に隣接する他方の羽根の羽根内面 4 d との距離が、主板 2 から離れる程、広がっていることに同じであるから、主板 2 側への流れの集中を回避することができ、風速が均一化され、低騒音化を図ることができる。

また、羽根 4 は、主板 2 の下面に開口する空洞 4 v が内部に形成された中空構造になっている。したがって、羽根 4 を中実構造にした場合に比べ、軽量化を促進することができる。また、羽根 4 の主板 2 に近い範囲を、主板 2 あるいはシュラウド 3 と略同じ厚さの板状部材からなる二枚構造にするから、ターボファン 1 を一体的に樹脂成形することが容易になる。

- [0045] (羽根後縁)

図 1 3 および図 1 4 は羽根後縁を模式的に説明するものであって、図 1 3 は側面図、図 1 4 は外周仮想円筒を平面に展開した展開図である。

図 1 3 および図 1 4 において、羽根後縁 4 b は、仮想外周円筒（主板外周 2 b とシュラウド外周 3 b とを結ぶ仮想円筒に同じ）上に位置している。そして、主板 2 寄りであって、主板 2 に対して傾斜の少ない主板側羽根後縁 4 b 1 と、シュラウド 3 寄りであって、シュラウド 3 に近づく程、反回転方向に位置する（後退する）シュラウド側羽根後縁 4 b 2 とに、概略分けることができる。なお、両者の境界は明りょうでなく、該境界の位置は限定するものではない。

[0046] 図 1 4 において、主板側羽根後縁 4 b 1 に相等する範囲において、羽根外面 4 c と主板 2 とがなす角度を傾斜角度 β (4 b 1) と、羽根内面 4 d と主板 2 とがなす角度を傾斜角度 δ (4 b 1) とする。このとき、傾斜角度 β (4 b 1) は鈍角で、傾斜角度 δ (4 b 1) は鋭角になっているから (β (4 b 1) $> 90^\circ > \delta$ (4 b 1))、主板側羽根後縁 4 b 1 は主板 2 に近い方が広い略台形状を呈している。

また、シュラウド側羽根後縁 4 b 2 に相等する範囲において、羽根外面 4 c とシュラウド 3 とがなす角度を傾斜角度 β (4 b 2) と、羽根内面 4 d とシュラウド 3 とがなす角度を傾斜角度 δ (4 b 2) とする。このとき、傾斜角度 β (4 b 2) と傾斜角度 δ (4 b 2) は略同じであるから、シュラウド側羽根後縁 4 b 2 は略矩形状を呈している。

[0047] さらに、主板側羽根後縁 4 b 1 の主板 2 に近い範囲の羽根外面 4 c を直線近似し、シュラウド側羽根後縁 4 b 2 のシュラウド 3 に近い範囲の羽根外面 4 c を直線近似し、かかる 2 本の直線の交点を「外面後縁湾曲点 4 k c」とすると、羽根外面 4 c は、外面後縁湾曲点 4 k c を中心に、湾曲角度 ϕ (4 k c) でもって湾曲している。

同様に、主板側羽根後縁 4 b 1 の主板 2 に近い範囲の羽根内面 4 d を直線近似し、シュラウド側羽根後縁 4 b 2 のシュラウド 3 に近い範囲の羽根内面 4 d を直線近似し、かかる 2 本の直線の交点を「内面後縁湾曲点 4 k d」と

すると、羽根内面 4 d は、内面後縁湾曲点 4 k d を中心に、湾曲角度 ϕ (4 k d) でもって湾曲している。このとき、

$$\left[\phi (4 k c) = \beta (4 b 1) + \beta (4 b 2) \right],$$

$$\left[\phi (4 k d) = \delta (4 b 1) + \delta (4 b 2) \right],$$

$$\left[180^\circ > \phi (4 k c) > \phi (4 k d) \right],$$

の関係がある。さらに、外面後縁湾曲点 4 k c が、内面後縁湾曲点 4 k d よりも回転方向 A に前進した位置になっている。

[0048] (羽根後縁部における作用・効果)

(あ) 羽根外面 4 c において、羽根 4 が外面後縁湾曲点 4 k c で湾曲し、シュラウド側羽根後縁 4 b 2 に対し主板側羽根後縁 4 b 1 は直立形態である。したがって、全体が回転方向 A に対し後退する形状で、主板 2 からシュラウド 3 側への圧力勾配により流れの一部がシュラウド 3 側へ向かう際、主板 2 側がシュラウド 3 側に対し相対的に圧力上昇する。このため、さらにシュラウド 3 側へ流れを誘引し、通風抵抗が変動してもシュラウド側羽根後縁 4 b 2 での剥離域が生じづらくなる。

(い) 前記のように、主板側羽根後縁 4 b 1 は主板 2 に近い方が広い略台形状を呈、羽根外面 4 c が主板 2 に略垂直で、羽根内面 4 d が傾斜しているから、流れが集中しやすい主板 2 側へ向かう流れの一部が、内面後縁湾曲点 4 k d やシュラウド 3 方向へ向かうようになる。その結果、ファン吹出口 1 b で局所的な高速流がなくなり、風速分布が均一化すると共に、通風抵抗の変動に対しても流れが安定する。よって、低騒音で外乱に強く品質安定性が良くなる。

[0049] (う) シュラウド側羽根後縁 4 b 2 は、シュラウド 3 に近づく程、反回転方向に位置する（後退する）。すなわち、図 8 において、回転中心 O と後縁湾曲点 4 j（主板側後縁端点 4 b 1 1 に同じ）とを放射線 M 1 と、回転中心 O とシュラウド側後縁端点 4 b 2 2 とを結ぶ放射線 M 3 と、がなす角度 $\theta 2$ が「 $5^\circ \sim 10^\circ$ 」になっている。

したがって、角度 $\theta 2$ が小さ過ぎると、羽根外面 4 c の主板 2 側に向かう

流れが集中する。一方、角度 $\theta 2$ が大き過ぎると、シュラウド3側に流れが誘引され過ぎ、シュラウド3側の風速が高くなり、風速分布が不均一となるため騒音悪化してしまう。すなわち、角度 $\theta 2$ が前記範囲($5^{\circ} < \theta 2 < 10^{\circ}$)であれば、風速分布が均一化され、目だった高速域が無くなるため低騒音化を図ることができる。

産業上の利用可能性

[0050] 本発明にかかるターボファンは、空気流れの剥離や乱れ（渦発生）を抑えて、低騒音化を図ることができるから、各種空気調和機を始め送風手段を具備する各種機器に広く搭載することができる。

符号の説明

[0051] 1：ターボファン（実施の形態2）、1a：ファン吸込口、1b：ファン吹出口、2：主板、2a：ボス、2b：主板外周、3：シュラウド、3b：シュラウド外周、4：羽根、4a：羽根前縁、4a1：主板側羽根前縁、4a11：主板側前縁端点、4a12：主板側前縁反り点、4a13：主板側中間反り点、4a2：シュラウド側羽根前縁、4a3：突出羽根前縁、4b：羽根後縁、4b1：主板側羽根後縁、4b11：主板側後縁端点、4b2：シュラウド側羽根後縁、4b22：シュラウド側後縁端点、4c：羽根外面、4c1：羽根外面、4c11：羽根外面、4c2：羽根外面、4c3：羽根外面、4d：羽根内面、4d1：羽根内面、4d11：羽根内面、4d2：羽根内面、4d3：羽根内面、4e：中間湾曲点、4e1：主板側羽根中間部、4e2：シュラウド側羽根中間部、4f：突出前縁端点、4g：シュラウド側前縁端点、4h：前縁湾曲点、4i：位置（シュラウド側羽根前縁4a2上）、4j：後縁湾曲点、4kc：外面後縁湾曲点、4kd：内面後縁湾曲点、4v：空洞、10：空調機本体、10a：本体天板、10b：本体側板、10c：本体吸込口、11：化粧パネル、11a：吸込グリル、11b：パネル吹出口、12：フィルタ、13：風向ベーン、14：ベルマウス、15：ファンモータ、16：熱交換器、17：部屋、18：天井面、19：凹部、40a：主板側前縁垂直部、40e：主板側中間垂直部、41

a : 主板側前縁裾野部、4 1 e : 主板側中間裾野部、4 2 a : 主板側前縁傾斜部、 α : 反り角度、 β : 傾斜角度、 δ : 傾斜角度、 θ : 角度、 $\theta 1$: 角度、 $\theta 2$: 角度、 ϕ : 湾曲角度、1 0 0 : 空気調和機（実施の形態 1）、A : 回転方向、M 1 : 放射線、M 3 : 放射線、O : 回転中心、P 1 : 水平反り線（前縁湾曲点の位置）、P 1 1 : 水平反り線（主板側前縁端点の位置）、P 2 : 水平反り線（シュラウド側羽根前縁の位置）、P 3 : 水平反り線（突出前縁端点の位置）、Q : 垂直反り線または垂線、R : 距離、S 1 : 水平弦線（前縁湾曲点の位置）、S 2 : 水平弦線（シュラウド側羽根前縁の位置）、S 3 : 水平弦線（突出前縁端点の位置）。

請求の範囲

- [請求項1] 中心に回転中心と、該回転中心の近くに形成された突出するボスと、を具備する円盤状の主板と、
- 該主板に対向して配置され、前記主板に近づく程、内径が拡大する拡径部を具備する筒状のシュラウドと、
- 両端がそれぞれ前記主板と前記シュラウドとに接合された複数枚の羽根と、を有するターボファンであって、
- 前記羽根の羽根後縁は、前記円盤の外周と前記シュラウドの外周とによって形成される仮想円筒上に位置し、前記羽根の羽根前縁は、前記羽根の羽根後縁よりも前記回転中心に近い位置にあり、且つ、前記羽根後縁と前記羽根前縁とを結ぶ仮想線は、前記回転中心からの放射線に対して傾斜し、
- 前記羽根の前記回転中心から遠い面である羽根外面は、前記回転中心から遠ざかる方向に突出する凸面に形成され、
- 前記羽根前縁は、前記主板に近い主板側羽根前縁と、前記シュラウドに近いシュラウド側羽根前縁と、前記主板側羽根前縁と前記シュラウド側羽根前縁との間に形成された突出羽根前縁と、に区分され、
- 前記主板側羽根前縁の前記主板に近い範囲は、前記主板に近づく程、前記羽根後縁から遠ざかりながら、前記回転中心から遠ざかるように傾斜した主板側前縁裾野部を形成し、該主板側前縁裾野部よりも前記主板から離れた範囲は、前記主板に垂直な主板側前縁垂直部を形成し、
- 該主板側前縁垂直部よりも前記主板から離れた範囲は、主板側前縁垂直部に対して、前記主板から遠ざかる程、前記羽根後縁から遠ざかりながら前記回転中心から遠ざかるように傾斜した主板側前縁傾斜部を形成し、
- 前記突出羽根前縁の突出前縁端点よりも前記主板に近い範囲は、主板側前縁傾斜部に繋がって、前記主板から遠ざかる程、前記羽根後縁

から遠ざかりながら前記回転中心から遠ざかり、

前記突出羽根前縁の突出前縁端点よりも前記主板から遠い範囲は、シュラウド側羽根前縁に繋がって、前記主板から遠ざかる程、前記羽根後縁に近づきながら前記回転中心から遠ざかることを特徴とするターボファン。

[請求項2] 前記主板に垂直な面における羽根外面と羽根内面との中央線である垂直反り線と、前記主板に垂直な垂線とが、前記主板から離れた範囲で形成する反り角度が、前記羽根後縁から遠ざかる程、除々に大きくなることを特徴とする請求項1記載のターボファン。

[請求項3] 前記羽根後縁は、前記主板に近い主板側羽根後縁と、前記シュラウドに近いシュラウド側羽根後縁とに区分され、
前記主板側羽根後縁は前記主板に略垂直で、
前記シュラウド側羽根後縁は、前記主板から遠ざかる程、除々に前記羽根前縁から遠ざかるように傾斜していることを特徴とする請求項1または2記載のターボファン。

[請求項4] 平面視において、前記主板側羽根後縁と前記主板との交点である主板側後縁端点と前記回転中心とを結ぶ放射線と、前記シュラウド側羽根後縁と前記シュラウドとの交点であるシュラウド側後縁端点と前記回転中心とを結ぶ放射線と、がなす角度が、 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ であることを特徴とする請求項3記載のターボファン。

[請求項5] 前記主板側前縁垂直部における前記羽根の水平弦線（S1）と、前記突出前縁端点における前記羽根の水平弦線（S3）とがなす角度が、 $0^{\circ} \sim 10^{\circ}$ であることを特徴とする請求項1乃至4の何れかに記載のターボファン。

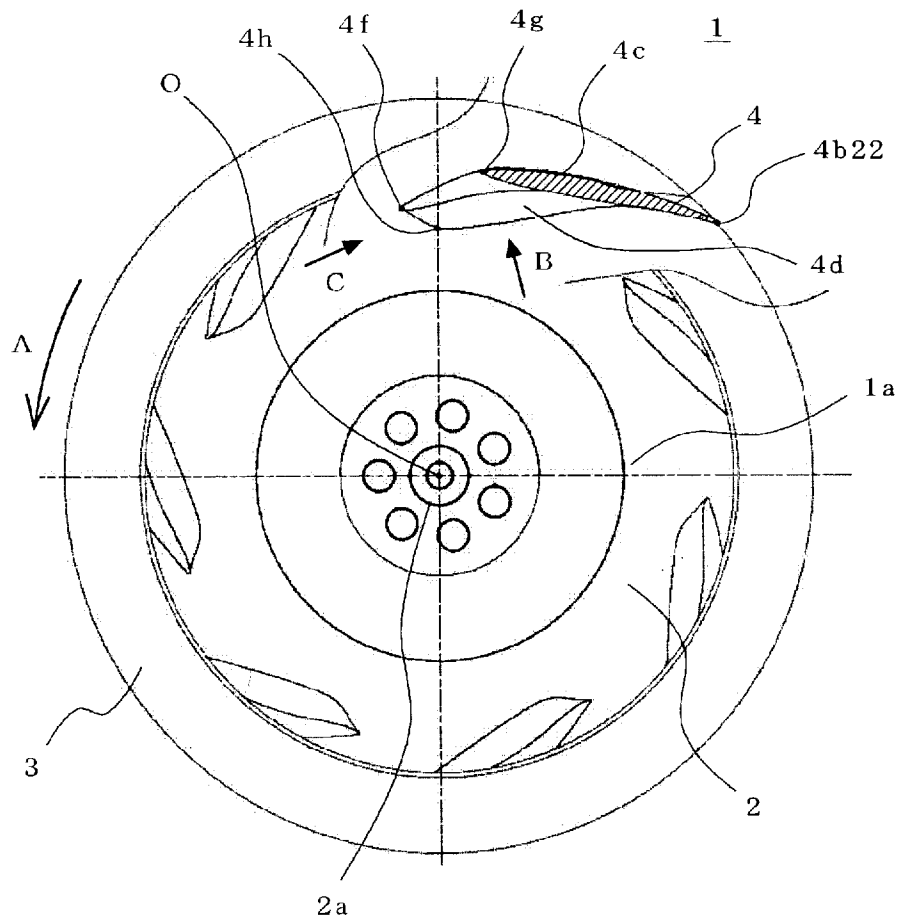
[請求項6] 前記羽根は、前記主板を貫通して開口する空洞を具備する中空構造であって、前記羽根外面と前記羽根内面との距離は、前記主板から遠ざかる程、除々に小さくなることを特徴とする請求項1乃至5の何れかに記載のターボファン。

[請求項7] 前記羽根後縁の前記主板に近い範囲における前記一方の羽根の羽根外面と該一方の羽根に隣接する他方の羽根の羽根内面との羽根間隔が、前記羽根後縁の前記主板から遠い範囲における前記一方の羽根の羽根外面と該一方の羽根に隣接する他方の羽根の羽根内面との羽根間隔よりも、小さいことを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れかに記載のターボファン。

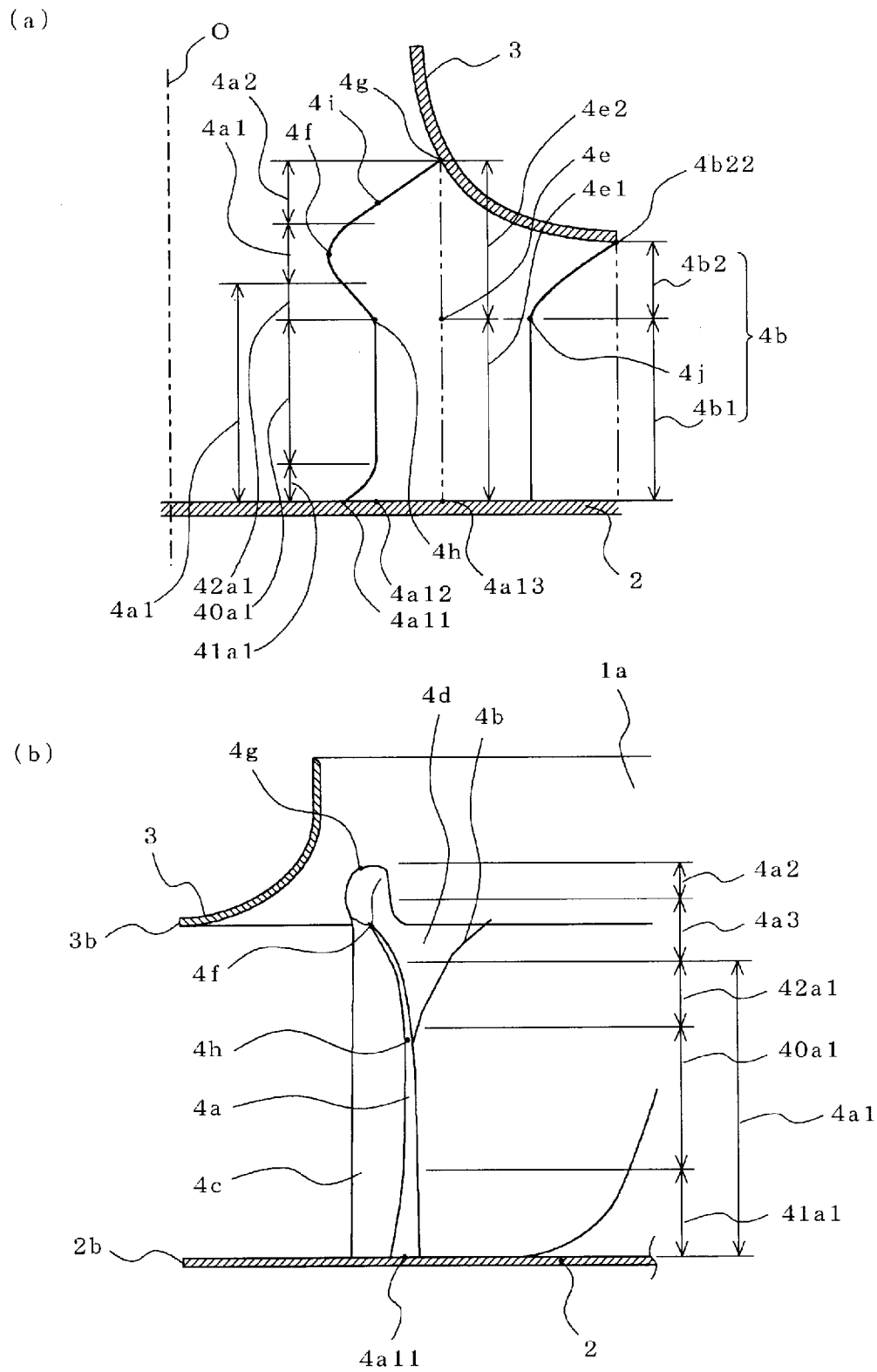
[請求項8] 一方の面に、空気の吸込口および吹出口が形成された本体と、
 前記吸込口に連通して前記本体内に配置された請求項 1 乃至 7 の何れかに記載のターボファンと、
 該ターボファンと前記吹出口との間に配置された空気調和手段と、
 を有することを特徴とする空気調和機。

FIG. 1 is a cross-sectional view of a circular device 1, such as a turbine or pump. The device features a central hub with multiple ports or nozzles. Surrounding the hub is a series of curved blades or vanes, labeled 2, 2a, 2b, and 2c. The outer casing is labeled 1a and 1b. A central shaft or rotor is indicated by 4f. Other components shown include 4a1, 4a2, 4b1, 4b2, 4b11, 4b22, 4c, 4d, 4e, 4g, and 4h. An arrow A indicates a clockwise rotational direction.

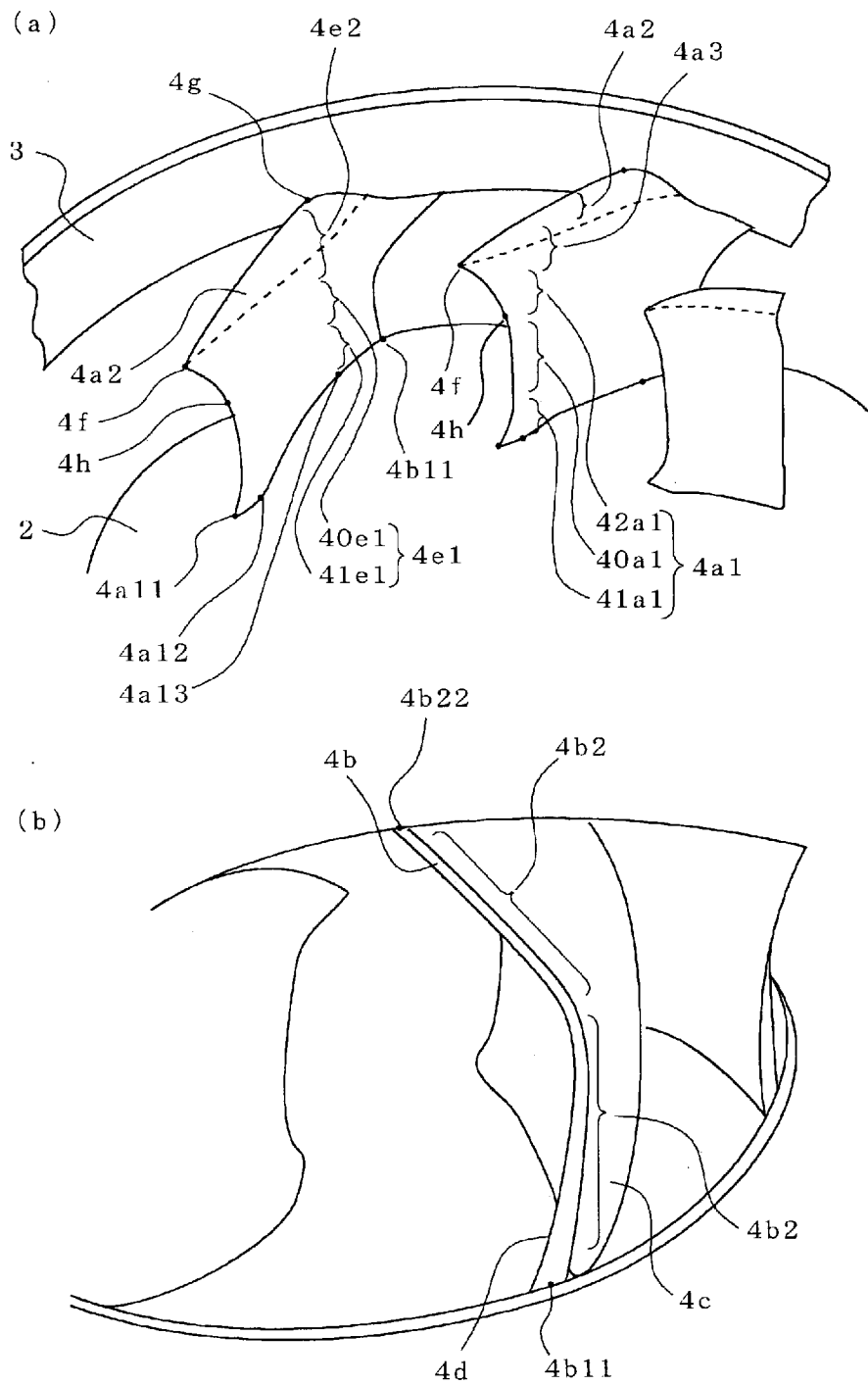
[図3]



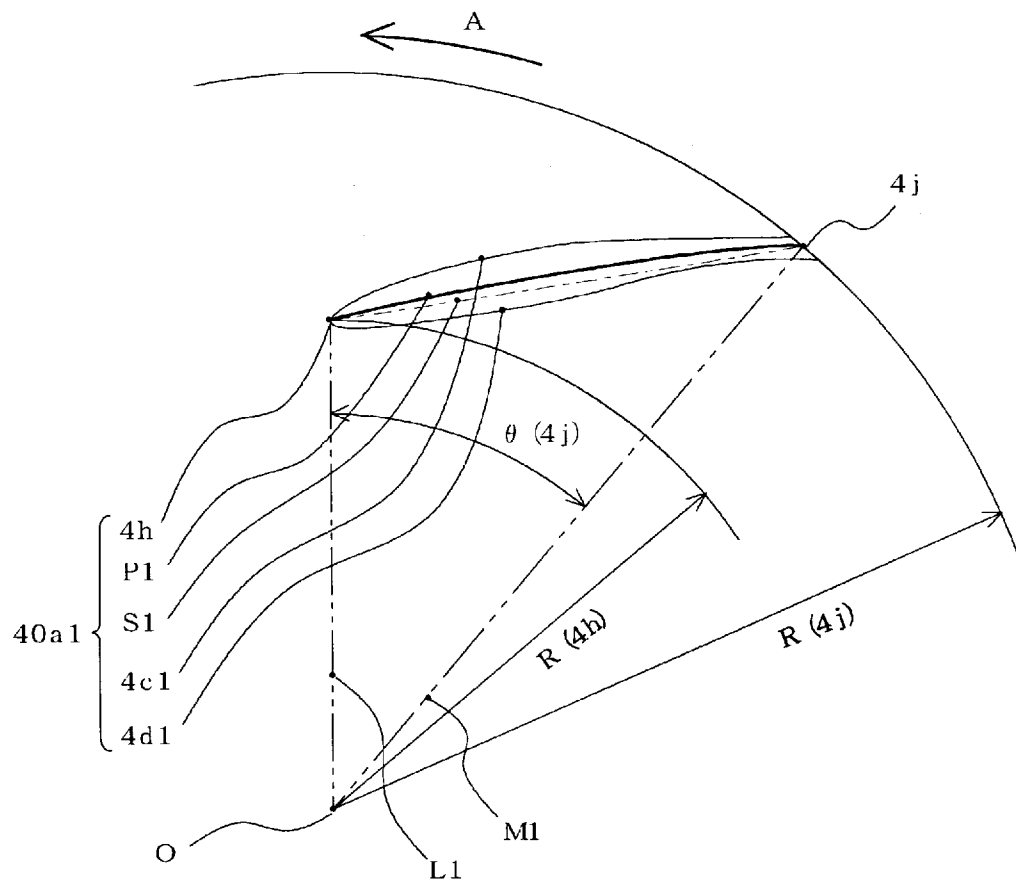
[図4]



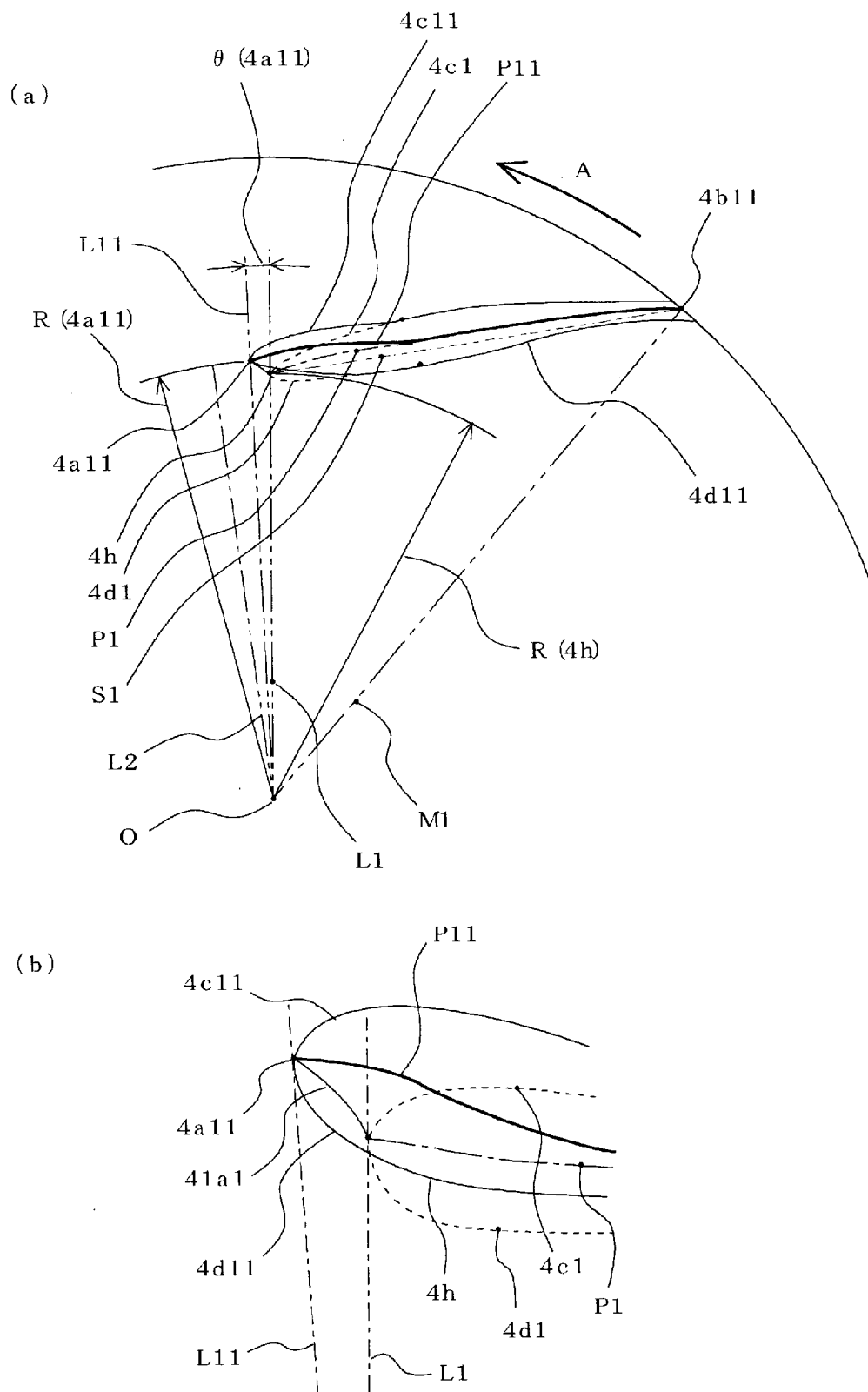
[図5]



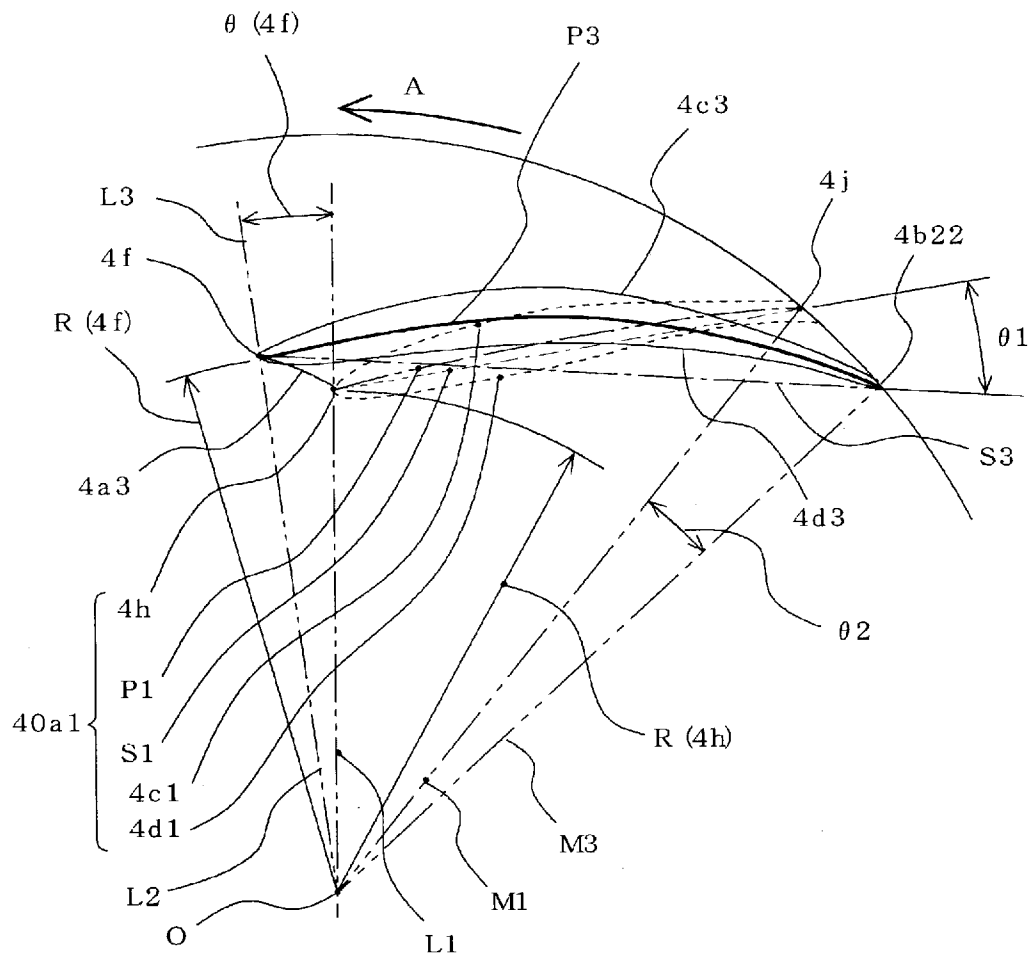
[図6]



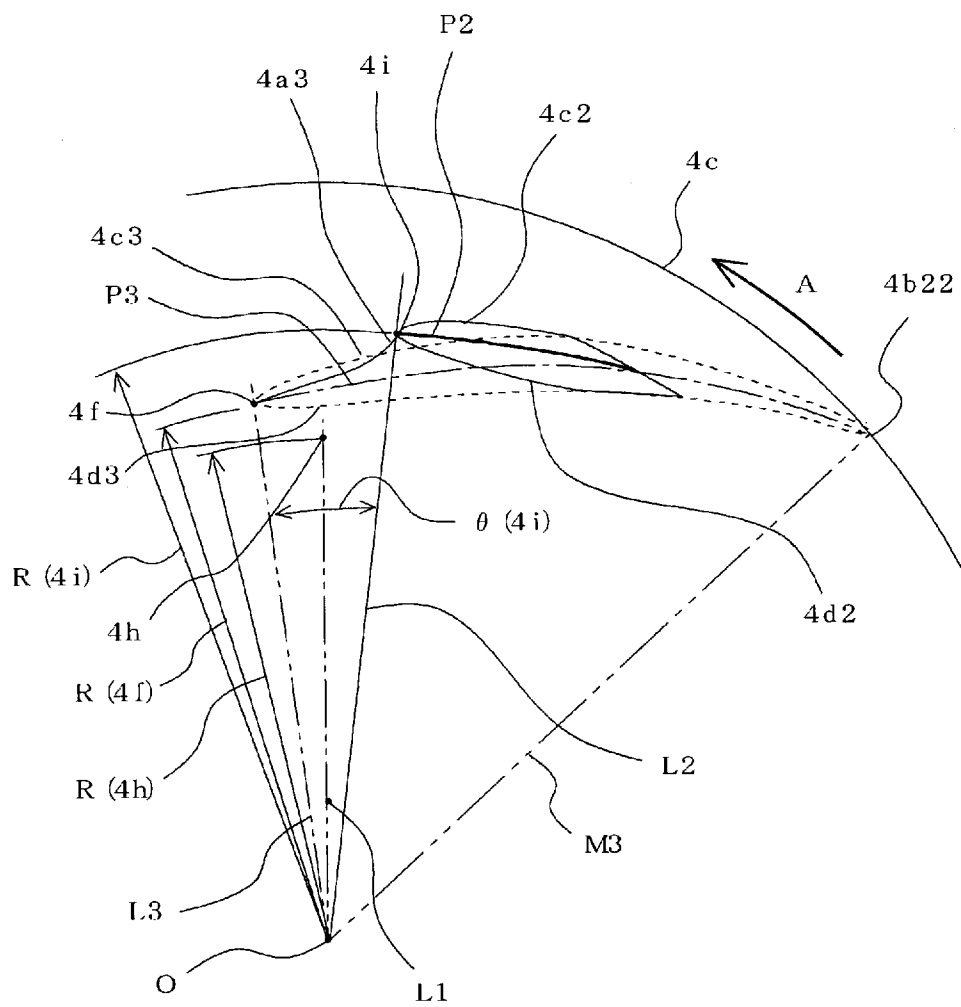
[図7]



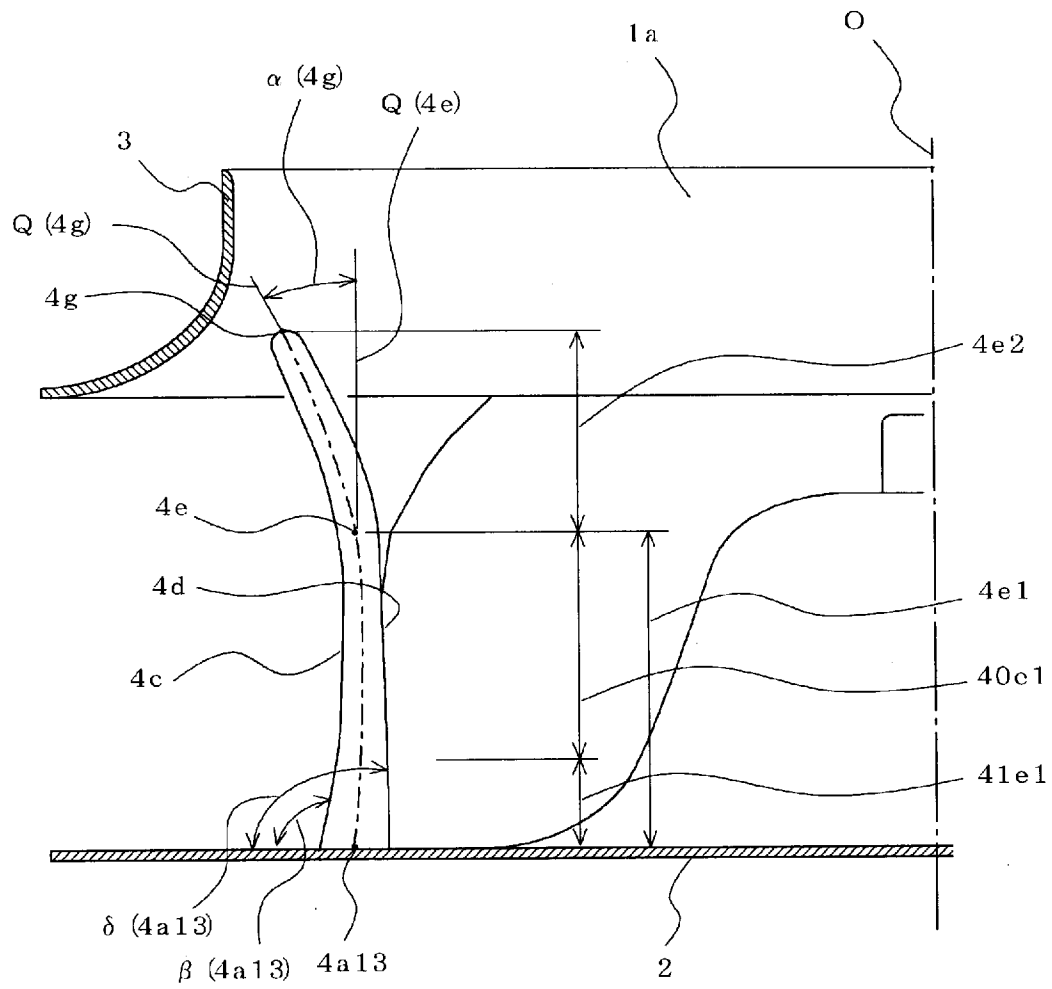
[図8]



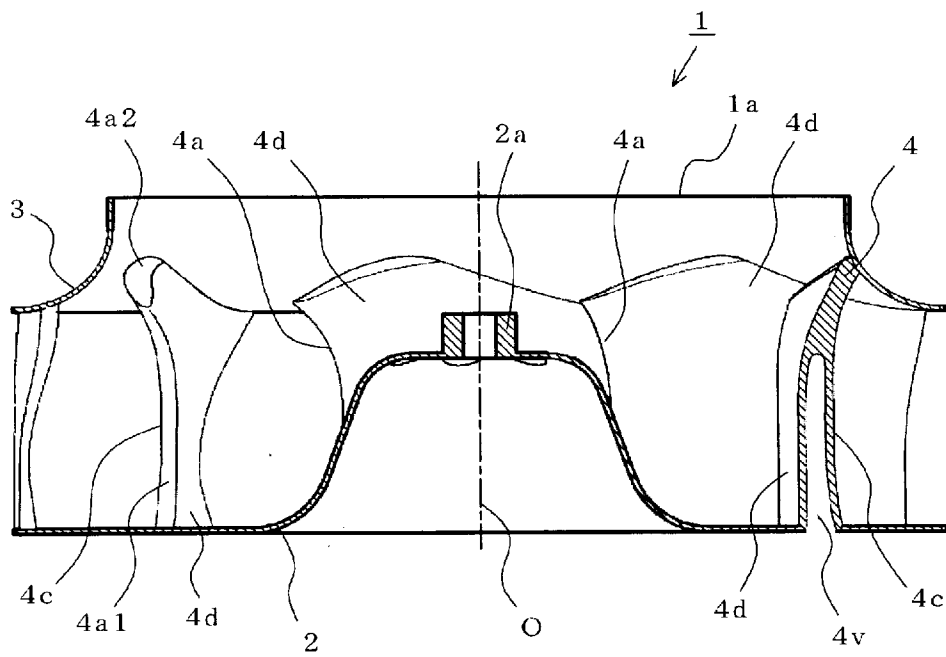
[図9]



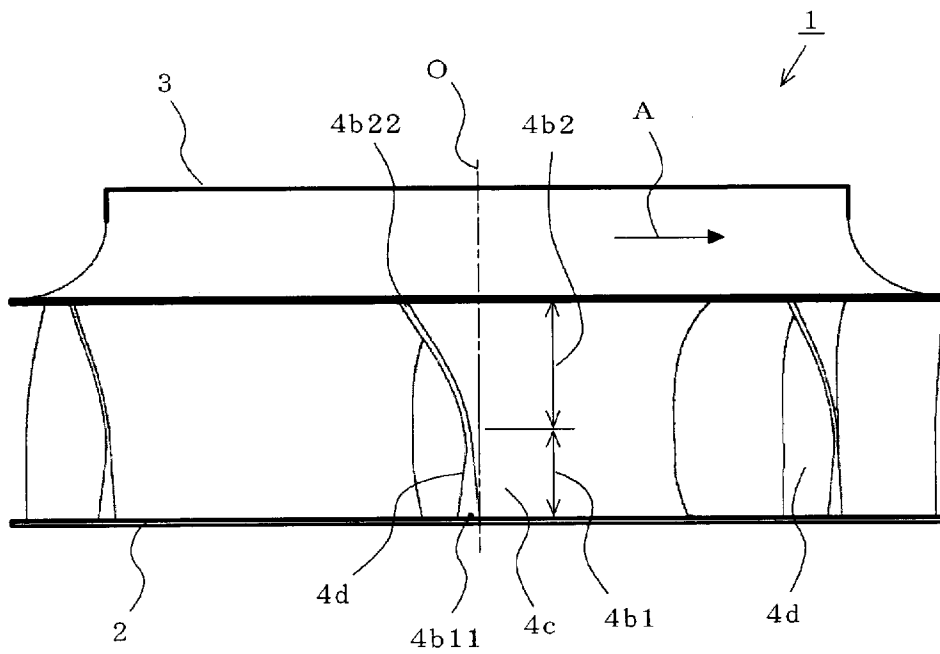
[図12]



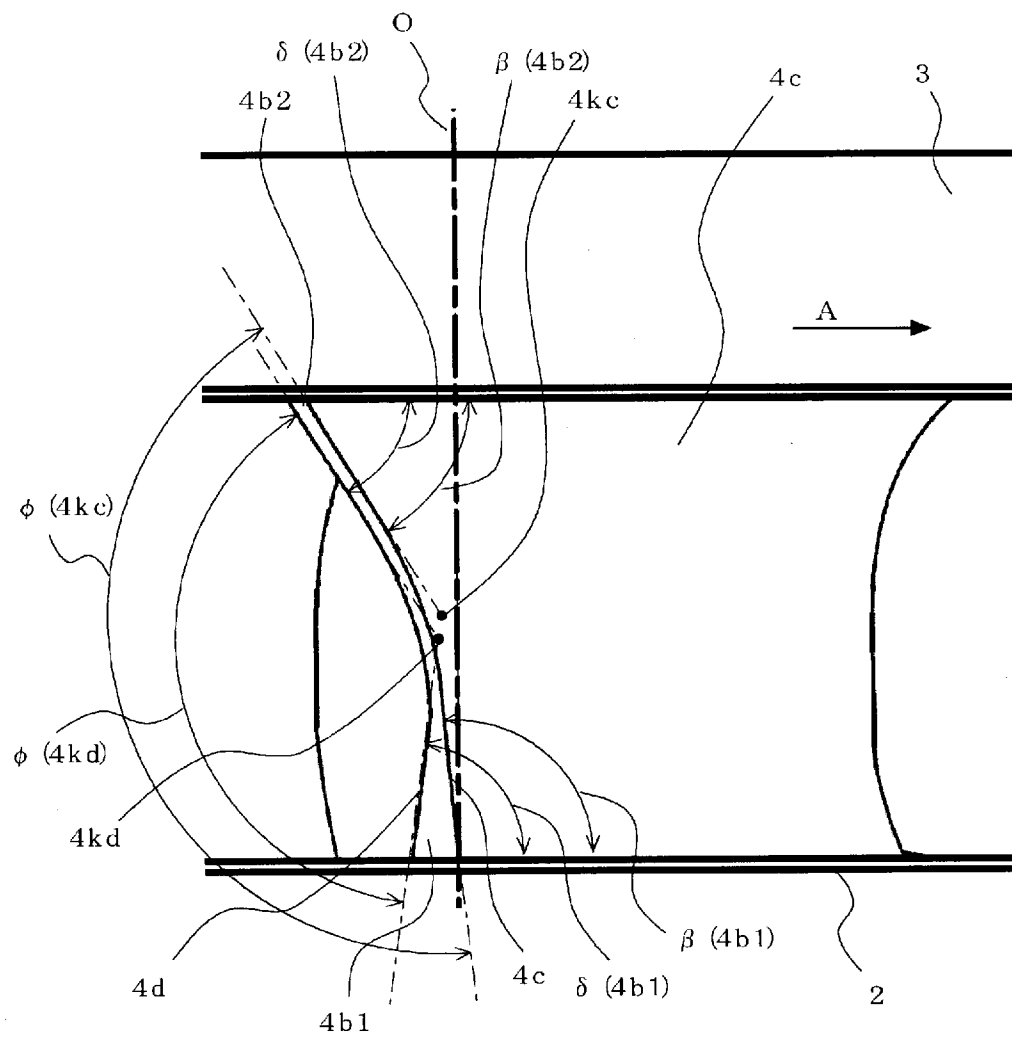
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/001874

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F04D29/30 (2006.01) i, F04D29/66 (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)

F04D29/30, F04D29/66

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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.
A	JP 2006-002689 A (Hitachi Home & Life Solution, Inc.), 05 January 2006 (05.01.2006), paragraphs [0027] to [0038]; fig. 1, 4 to 7 (Family: none)	1-8
A	JP 05-312191 A (Daikin Industries, Ltd.), 22 November 1993 (22.11.1993), paragraph [0036]; fig. 8 (Family: none)	1-8
A	JP 2008-002379 A (Daikin Industries, Ltd.), 10 January 2008 (10.01.2008), paragraphs [0047], [0050]; fig. 1 to 5 (Family: none)	1-8

☐ 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
21 May, 2010 (21.05.10)

Date of mailing of the international search report
01 June, 2010 (01.06.10)

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（I P C））
Int.Cl. F04D29/30(2006.01)i, F04D29/66(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（I P C））

Int.Cl. F04D29/30, F04D29/66

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 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 請求項の番号
A	JP 2006-002689 A（日立ホーム・アンド・ライフ・ソリューション株式会社）2006.01.05, 【0027】～【0038】, 図1, 4～7（ファミリーなし）	1 - 8
A	JP 05-312191 A（ダイキン工業株式会社）1993.11.22, 【0036】, 図8（ファミリーなし）	1 - 8
A	JP 2008-002379 A（ダイキン工業株式会社）2008.01.10, 【0047】, 【0050】, 図1～5（ファミリーなし）	1 - 8

☐ 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

2 1 . 0 5 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

0 1 . 0 6 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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）

柏原 郁昭

3 0

3 1 1 3

電話番号 03-3581-1101 内線 3358