

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第6141247号
(P6141247)

(45) 発行日 平成29年6月7日(2017.6.7)

(24) 登録日 平成29年5月12日(2017.5.12)

(51) Int.Cl.

F I

FO4D 29/38 (2006.01)

FO4D 29/38 A

FO4D 29/38 D

請求項の数 5 (全 51 頁)

(21) 出願番号	特願2014-204963 (P2014-204963)	(73) 特許権者	000005049
(22) 出願日	平成26年10月3日 (2014. 10. 3)		シャープ株式会社
(62) 分割の表示	特願2012-89282 (P2012-89282)		大阪府堺市堺区匠町 1 番地
	の分割	(74) 代理人	110001195
原出願日	平成24年4月10日 (2012. 4. 10)		特許業務法人深見特許事務所
(65) 公開番号	特開2015-17616 (P2015-17616A)	(72) 発明者	公文 ゆい
(43) 公開日	平成27年1月29日 (2015. 1. 29)		大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号
審査請求日	平成27年3月10日 (2015. 3. 10)		シャープ株式会社内
前置審査		(72) 発明者	大塚 雅生
			大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号
			シャープ株式会社内
		審査官	佐藤 秀之
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プロペラファン、流体送り装置および成形用金型

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

仮想の中心軸を中心に所定の回転方向で回転する回転軸部と、
前記回転軸部の外表面から前記中心軸の半径方向外側に延出する翼と、を備え、
前記翼は、
前記翼および前記回転軸部の前記外表面の間に配置される翼根部と、
前記翼根部に連続し、前記翼根部とともに前記翼の周縁を形成する周縁部と、
前記翼根部および前記周縁部に囲まれた領域に形成される翼面と、を含み、
前記周縁部は、
前記回転方向の上流側に配置される前縁部と、
前記前縁部の前記半径方向外側に配置される翼先端部と、
前記回転方向の下流側に配置される後縁部と、
前記後縁部の前記半径方向外側に配置される翼後端部と、
前記中心軸の周方向に延び、前記翼先端部と前記翼後端部との間を接続する外縁部と、
を有し、
前記翼面は、
前記翼根部を含み前記半径方向内側に位置する内側領域と、
前記翼後端部を含み前記半径方向外側に位置する外側領域と、
前記前縁部寄り、前記翼先端部寄りまたは前記外縁部寄りに位置する前端部から前記後
縁部寄りに位置する後端部まで延在し、前記翼面の正圧面側が凸となり前記翼面の負圧面

側が凹となるように前記内側領域と前記外側領域とを連結する連結部と、を有し、

前記連結部は、前記翼先端部から前記翼後端部までの途中に位置する部分から、前記後縁部に向かって延在しており、且つ前記後縁部に到達しない位置にまで設けられ、

前記翼面は、前記翼面のうちの前記連結部よりも前記半径方向外側の部分の食い違い角よりも、前記翼面のうちの前記連結部よりも前記半径方向内側の部分の食い違い角の方が小さくなるように形成され、

前記連結部の前記前端部と前記連結部の前記後端部とを直線で結んだ場合の回転方向における中心位置を通り且つ前記中心軸を中心とする仮想の同心円を描いた場合に、前記連結部の前記前端部は前記同心円の前記半径方向外側に位置する、
プロペラファン。

10

【請求項 2】

前記翼面は、前記翼面のうちの前記連結部よりも前記半径方向内側の部分の翼面積が、前記翼面のうちの前記連結部よりも前記半径方向外側の部分の翼面積と同一若しくはこれよりも大きくなるように形成されている、
請求項 1 に記載のプロペラファン。

【請求項 3】

前記連結部は、前記連結部の前記負圧面側に形成される内角が、前記回転方向における前記連結部の中心付近で最も小さくなるように形成される、
請求項 1 または 2 に記載のプロペラファン。

20

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれかに記載のプロペラファンを備える、
流体送り装置。

【請求項 5】

請求項 1 から 3 のいずれかに記載のプロペラファンは樹脂成形品からなり、
前記プロペラファンを成形するために用いられる、
成形用金型。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、一般的には、プロペラファン、流体送り装置および成形用金型に関し、より特定的には、流体を送り出すためのプロペラファンと、そのようなプロペラファンを備えた扇風機、サーキュレータ、エアーコンディショナ、空気清浄機、加湿機、除湿機、ファンヒータ、冷却装置または換気装置などの流体送り装置と、そのようなプロペラファンを樹脂により成形する際に用いられる成形用金型とに関する。

30

【背景技術】

【0002】

特開 2003 - 206894 号公報（特許文献 1）、特開 2011 - 058449 号公報（特許文献 2）、特開 2004 - 293528 号公報（特許文献 3）、および、特開 2000 - 054992 号公報（特許文献 4）に開示されているように、送風性能の向上、騒音の低減、省エネルギー性、または省資源化設計などの目的のために、プロペラファンは改良され続けている。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2003 - 206894 号公報

【特許文献 2】特開 2011 - 058449 号公報

【特許文献 3】特開 2004 - 293528 号公報

【特許文献 4】特開 2000 - 054992 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【 0 0 0 4 】

本発明は、風量を増加させて高効率化を図りつつ、回転時に発生する騒音および回転時に要する消費電力を低減することが可能なプロペラファン、そのプロペラファンの製造に用いられる成型用金型、および、そのプロペラファンを備える流体送り装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 5 】

本発明に基づくプロペラファンは、仮想の中心軸を中心に所定の回転方向で回転する回転軸部と、上記回転軸部の外表面から上記中心軸の半径方向外側に延出する翼と、を備え、上記翼は、上記翼および上記回転軸部の上記外表面の間に配置される翼根部と、上記翼根部に連続し、上記翼根部とともに上記翼の周縁を形成する周縁部と、上記翼根部および上記周縁部に囲まれた領域に形成される翼面と、を含み、上記周縁部は、上記回転方向の上流側に配置される前縁部と、上記前縁部の上記半径方向外側に配置される翼先端部と、上記回転方向の下流側に配置される後縁部と、上記後縁部の上記半径方向外側に配置される翼後端部と、上記中心軸の周方向に延び、上記翼先端部と上記翼後端部との間を接続する外縁部と、を有し、上記翼面は、上記翼根部を含み上記半径方向内側に位置する内側領域と、上記翼後端部を含み上記半径方向外側に位置する外側領域と、上記前縁部寄り、上記翼先端部寄りまたは上記外縁部寄りに位置する前端部から上記後縁部寄りに位置する後端部まで延在し、上記翼面の正圧面側が凸となり上記翼面の負圧面側が凹となるように上記内側領域と上記外側領域とを連結する連結部と、を有し、上記連結部は、上記翼先端部から上記翼後端部までの途中に位置する部分から、上記後縁部に向かって延在しており、且つ上記後縁部に到達しない位置にまで設けられ、上記翼面は、上記翼面のうちの上記連結部よりも上記半径方向外側の部分の食い違い角よりも、上記翼面のうちの上記連結部よりも上記半径方向内側の部分の食い違い角の方が小さくなるように形成され、上記連結部の上記前端部と上記連結部の上記後端部とを直線で結んだ場合の回転方向における中心位置を通り且つ上記中心軸を中心とする仮想の同心円を描いた場合に、上記連結部の上記前端部は上記同心円の上記半径方向外側に位置する。

【 0 0 0 6 】

好ましくは、上記回転方向における上記連結部の中心位置を通り且つ上記中心軸を中心とする仮想の同心円を描いた場合に、上記連結部の上記前端部は上記同心円の上記半径方向外側に位置し、上記連結部の上記後端部は上記同心円の上記半径方向内側に位置する。好ましくは、上記連結部は、上記連結部の上記負圧面側に形成される内角が、上記回転方向における上記連結部の中心付近で最も小さくなるように形成され、上記前端部および上記後端部の各々の周囲に位置する上記翼面は、上記前端部および上記後端部の各々を通り上記半径方向に沿った断面視において 180° となるように形成される。

【 0 0 0 7 】

好ましくは、上記連結部は、上記翼の回転に伴って上記翼面上に発生する翼先端渦の流れに沿うように形成される。好ましくは、上記翼面は、上記翼面のうちの上記連結部よりも上記半径方向内側の部分の食い違い角が、上記回転軸部に近づくにしたがって小さくなるように形成される。

【 0 0 0 8 】

好ましくは、上記翼面は、上記翼面のうちの上記連結部よりも上記半径方向内側の部分の翼面積が、上記翼面のうちの上記連結部よりも上記半径方向外側の部分の翼面積と同一若しくはこれよりも大きくなるように形成されている。好ましくは、上記連結部は、上記翼先端部から上記翼後端部までの途中に位置する部分から、上記後縁部まで設けられている。

【 0 0 0 9 】

好ましくは、上記連結部は、上記翼面の厚さが最大となる部分よりも上記回転方向の下流側から設けられている。好ましくは、上記連結部は、上記内側領域から上記外側領域に向かって湾曲するように設けられる。好ましくは、上記連結部は、上記内側領域から上記

10

20

30

40

50

外側領域に向かって屈曲するように設けられる。

【0010】

好ましくは、上記回転軸部の上記外表面から上記連結部の上記前端部までの上記半径方向に沿う長さ寸法を R_a とし、上記回転軸部の上記外表面から上記外縁部までの上記半径方向に沿う長さ寸法を r_1 とした場合、 R_a / r_1 の式で得られる無次元位置は、 $0.4 \sim 1$ である。

【0011】

好ましくは、上記回転軸部の上記外表面から上記連結部の上記後端部までの上記半径方向に沿う長さ寸法を R_b とし、上記回転軸部の上記外表面から上記外縁部までの上記半径方向に沿う長さ寸法を r_1 とした場合、 R_b / r_1 の式で得られる無次元位置は、 $0.3 \sim 0.7$ である。

10

【0012】

好ましくは、上記連結部の上記前端部は、上記外縁部寄りに位置し、上記外縁部のコード長さ寸法を C とし、上記翼先端部から上記連結部の上記前端部までの長さ寸法を R_c とした場合、 R_c / C の式で得られる無次元位置は、 $0 \sim 0.5$ である。

【0013】

好ましくは、上記回転軸部の上記外表面から上記連結部の上記前端部までの上記半径方向に沿う長さ寸法を R_a とし、上記回転軸部の上記外表面から上記外縁部までの上記半径方向に沿う長さ寸法を r_1 とした場合、 R_a / r_1 の式で無次元位置が得られ、上記回転軸部の上記外表面から上記連結部の上記後端部までの上記半径方向に沿う長さ寸法を R_b とし、上記回転軸部の上記外表面から上記外縁部までの上記半径方向に沿う長さ寸法を r_1 とした場合、 R_b / r_1 の式で無次元位置が得られ、 $0.80 \sim 1.0$ であり、 $0.40 \sim 0.65$ である。

20

【0014】

好ましくは、上記連結部の上記前端部は、上記外縁部寄りに位置し、上記回転軸部の上記外表面から上記連結部の上記後端部までの上記半径方向に沿う長さ寸法を R_b とし、上記回転軸部の上記外表面から上記外縁部までの上記半径方向に沿う長さ寸法を r_1 とした場合、 R_b / r_1 の式で無次元位置が得られ、上記外縁部のコード長さ寸法を C とし、上記翼先端部から上記連結部の上記前端部までの長さ寸法を R_c とした場合、 R_c / C の式で無次元位置が得られ、 $0.40 \sim 0.70$ であり、 $0 \sim 0.3$ である。

30

【0015】

好ましくは、上記前縁部から上記外縁部の上記翼先端部寄りの部分までの領域は、上記中心軸の軸方向において一定の高さを有する。好ましくは、上記前縁部は、上記回転軸部と上記回転軸部から上記半径方向外側に離れた位置との間で、上記中心軸の軸方向において一定の高さを有する。

【0016】

好ましくは、上記翼面の上記翼根部は、上記翼面の上記正圧面側が凸となり上記翼面の上記負圧面側が凹となるように反った形状を有し、上記翼は、上記翼根部の反り方向と上記外縁部の反り方向とが逆向きになるように形成される。好ましくは、上記外縁部は、上記前縁部側に位置する前方外縁部と、上記後縁部側に位置する後方外縁部と、上記前方外縁部および上記後方外縁部を接続する接続部とを有している。なお、上記接続部は、最大半径の異なる上記前方外縁部と上記後方外縁部とを接続する部位であり、望ましくは上記前方外縁部と上記後方外縁部とを滑らかに接続している。また、上記接続部は、望ましくは上記前方外縁部と上記後方外縁部とを略鋭角形状、たとえば切れ込みを有する状態で接続している。また、上記接続部は、望ましくは上記前方外縁部と上記後方外縁部とを略鈍角形状、たとえば段差を有する状態で接続している。また、上記接続部は、望ましくは上記中心軸側に向けて窪んだ形状とされている。好ましくは、樹脂成形品からなる。

40

【0017】

本発明に基づく流体送り装置は、本発明に基づく上記のプロペラファンを備える。本発明に基づく成形用金型は、本発明に基づく上記のプロペラファンを成形するために用いら

50

れる。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、風量を増加させて高効率化を図りつつ、回転時に発生する騒音および回転時に要する消費電力を低減することが可能なプロペラファン、そのプロペラファンの製造に用いられる成型用金型、および、そのプロペラファンを備える流体送り装置を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】実施の形態1における流体送り装置を示す斜視図である。

10

【図2】実施の形態1におけるプロペラファンを吸込側から見た第1斜視図である。

【図3】実施の形態1におけるプロペラファンを吸込側から見た第2斜視図である。

【図4】実施の形態1におけるプロペラファンを吸込側から見た平面図である。

【図5】実施の形態1におけるプロペラファンを噴出側から見た斜視図である。

【図6】実施の形態1におけるプロペラファンを噴出側から見た平面図である。

【図7】実施の形態1におけるプロペラファンを示す第1側面図である。

【図8】実施の形態1におけるプロペラファンを示す第2側面図である。

【図9】実施の形態1におけるプロペラファンを示す第3側面図である。

【図10】実施の形態1におけるプロペラファンを示す第4側面図である。

【図11】実施の形態1におけるプロペラファンを部分的に拡大し、吸込側から見た斜視図である。

20

【図12】実施の形態1におけるプロペラファンを部分的に拡大し、吸込側から見た第1平面図である。

【図13】実施の形態1におけるプロペラファンを部分的に拡大し、吸込側から見た第2平面図である。

【図14】図13中のXIV-XIV線に沿った矢視図である。

【図15】図13中のXV-XV線に沿った矢視断面図である。

【図16】図13中のXVI-XVI線に沿った矢視断面図である。

【図17】図13中のXVII-XVII線に沿った矢視断面図である。

【図18】図13中のXVIII-XVIII線に沿った矢視断面図である。

30

【図19】図13中のXIX-XIX線に沿った矢視断面図である。

【図20】図13中のXX-XX線に沿った矢視断面図である。

【図21】図13中のXXI-XXI線に沿った矢視図である。

【図22】図11中のXXII-XXII線に沿った矢視断面図である。

【図23】図11中のXXIII-XXIII線に沿った矢視断面図である。

【図24】実施の形態1におけるプロペラファンの翼が回転している際の様子を吸込側から見た平面図である。

【図25】実施の形態1におけるプロペラファンの翼が回転している際の様子を噴出側から見た平面図である。

【図26】実施の形態1におけるプロペラファンを連結部に沿って仮想的に切断したときの断面図であり、このプロペラファンの翼が回転している際の様子を示す図である。

40

【図27】一般的なプロペラファンを実施の形態1における連結部に対応する部分に沿って仮想的に切断したときの断面図であり、このプロペラファンの翼が回転している際の様子を示す図である。

【図28】実施の形態1の変形例におけるプロペラファンの一部を回転半径方向に沿って仮想的に切断した断面図である。

【図29】実施の形態2におけるプロペラファンを吸込側から見た平面図である。

【図30】実施の形態2におけるプロペラファンを示す側面図である。

【図31】実施の形態2の変形例におけるプロペラファンを吸込側から見た平面図である。

50

【図 3 2】実施の形態 3 におけるプロペラファンを示す側面図である。

【図 3 3】実施の形態 4 におけるプロペラファンを噴出側から見た平面図である。

【図 3 4】実施の形態 4 におけるプロペラファンを示す側面図である。

【図 3 5】実施の形態 4 におけるプロペラファンを低速回転させた場合に得られる風の流れを示す概念図である。

【図 3 6】実施の形態 4 における流体送り装置においてプロペラファンを低速回転させた場合に得られる風の状態を模式的に示す図である。

【図 3 7】実施の形態 4 におけるプロペラファンを高速回転させた場合に得られる風の流れを示す概念図である。

【図 3 8】実施の形態 4 における流体送り装置においてプロペラファンを高速回転させた場合に得られる風の状態を模式的に示す図である。

【図 3 9】実施の形態 4 の変形例におけるプロペラファンを噴出側から見た平面図である。

【図 4 0】第 1 検証実験に用いられたプロペラファンを吸込側から見た平面図である。

【図 4 1】第 1 検証実験に用いられたプロペラファンを示す側面図である。

【図 4 2】第 1 検証試験において得られたプロペラファンの翼形状と相対風量との関係を示すグラフである。

【図 4 3】第 1 検証試験において得られたプロペラファンの翼形状と相対圧力変動との関係を示すグラフである。

【図 4 4】第 1 検証試験において得られたプロペラファンの翼形状と快適指数との関係を示すコンター図である。

【図 4 5】第 2 検証実験に用いられたプロペラファンを吸込側から見た平面図である。

【図 4 6】第 2 検証実験に用いられたプロペラファンを示す側面図である。

【図 4 7】第 2 検証試験において得られたプロペラファンの翼形状と相対風量との関係を示すグラフである。

【図 4 8】第 2 検証試験において得られたプロペラファンの翼形状と相対圧力変動との関係を示すグラフである。

【図 4 9】第 2 検証試験において得られたプロペラファンの翼形状と快適指数との関係を示すコンター図である。

【図 5 0】第 2 検証試験に関するプロペラファンの好ましい構成を示す断面図である。

【図 5 1】第 3 検証実験に用いられたプロペラファンを吸込側から見た平面図である。

【図 5 2】第 3 検証実験に用いられたプロペラファンを示す側面図である。

【図 5 3】第 3 検証実験に用いられた比較例としてのプロペラファンを吸込側から見た平面図である。

【図 5 4】第 3 検証実験に用いられた比較例としてのプロペラファンを示す側面図である。

【図 5 5】第 3 検証試験において得られたプロペラファンの回転数と風量との関係を示すグラフである。

【図 5 6】第 3 検証試験において得られたプロペラファンの到達距離風量と騒音との関係を示すグラフである。

【図 5 7】第 3 検証試験において得られたプロペラファンの到達距離風量と消費電力との関係を示すグラフである。

【図 5 8】第 4 検証実験に用いられたプロペラファンを吸込側から見た平面図である。

【図 5 9】第 4 検証実験に用いられたプロペラファンを示す側面図である。

【図 6 0】第 4 検証試験において得られたプロペラファンの回転数と風量との関係を示すグラフである。

【図 6 1】第 4 検証試験において得られたプロペラファンの到達距離風量と騒音との関係を示すグラフである。

【図 6 2】第 4 検証試験において得られたプロペラファンの到達距離風量と消費電力との関係を示すグラフである。

10

20

30

40

50

【図 6 3】第 4 検証試験において得られたプロペラファンの中心軸からの半径方向の距離（無次元）と風速（無次元）との関係を示すグラフである。

【図 6 4】第 5 検証試験に用いられたプロペラファンを吸込側から見た平面図である。

【図 6 5】第 5 検証試験に用いられたプロペラファンを示す側面図である。

【図 6 6】第 5 検証試験において得られたプロペラファンの回転数と風量との関係を示すグラフである。

【図 6 7】第 5 検証試験において得られたプロペラファンの到達距離風量と騒音との関係を示すグラフである。

【図 6 8】第 5 検証試験において得られたプロペラファンの到達距離風量と消費電力との関係を示すグラフである。

10

【図 6 9】第 6 検証試験に用いられたプロペラファンを吸込側から見た平面図である。

【図 7 0】第 6 検証試験に用いられたプロペラファンを示す側面図である。

【図 7 1】第 6 検証試験において得られたプロペラファンの回転数と風量との関係を示すグラフである。

【図 7 2】第 6 検証試験において得られたプロペラファンの到達距離風量と騒音との関係を示すグラフである。

【図 7 3】第 6 検証試験において得られたプロペラファンの到達距離風量と消費電力との関係を示すグラフである。

【図 7 4】第 7 検証試験に用いられたプロペラファンを吸込側から見た斜視図である。

【図 7 5】第 7 検証試験に用いられたプロペラファンを示す側面図である。

20

【図 7 6】図 7 4 中の L X X V I - L X X V I 線に沿った矢視断面図である。

【図 7 7】図 7 4 中の L X X V I I - L X X V I I 線に沿った矢視断面図である。

【図 7 8】第 7 検証試験において得られたプロペラファンの回転数と風量との関係を示すグラフである。

【図 7 9】第 7 検証試験において得られたプロペラファンの到達距離風量と騒音との関係を示すグラフである。

【図 8 0】第 7 検証試験において得られたプロペラファンの到達距離風量と消費電力との関係を示すグラフである。

【図 8 1】第 7 検証試験に関するプロペラファンの変形例を示す断面図である。

【図 8 2】実施の形態 5 における流体送り装置を分解して示す側面図である。

30

【図 8 3】実施の形態 5 におけるプロペラファンを吸込側から見た斜視図である。

【図 8 4】実施の形態 5 におけるプロペラファンを吸込側から見た平面図である。

【図 8 5】実施の形態 5 におけるプロペラファンを噴出側から見た斜視図である。

【図 8 6】実施の形態 5 におけるプロペラファンを噴出側から見た平面図である。

【図 8 7】実施の形態 5 におけるプロペラファンを示す第 1 側面図である。

【図 8 8】実施の形態 5 におけるプロペラファンを示す第 2 側面図である。

【図 8 9】第 8 検証試験に用いられたプロペラファンを示す側面図である。

【図 9 0】第 8 検証試験において得られたプロペラファンの回転数と風量との関係を示すグラフである。

【図 9 1】第 8 検証試験において得られたプロペラファンの到達距離風量と騒音との関係を示すグラフである。

40

【図 9 2】第 8 検証試験において得られたプロペラファンの到達距離風量と消費電力との関係を示すグラフである。

【図 9 3】第 8 検証試験において得られたプロペラファンの中心軸からの半径方向の距離（無次元）と風速（無次元）との関係を示すグラフである。

【図 9 4】第 8 検証試験に関するプロペラファンの第 1 変形例を示す側面図である。

【図 9 5】第 8 検証試験に関するプロペラファンの第 2 変形例を示す平面図である。

【図 9 6】第 8 検証試験に関するプロペラファンの第 3 変形例を示す側面図である。

【図 9 7】実施の形態 6 における成形用金型を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

50

【 0 0 2 0 】

本発明に基づいた各実施の形態について、以下、図面を参照しながら説明する。各実施の形態の説明において、個数、量などに言及する場合、特に記載がある場合を除き、本発明の範囲は必ずしもその個数、量などに限定されない。各実施の形態の説明において、同一の部品、相当部品に対しては、同一の参照番号を付し、重複する説明は繰り返さない場合がある。特に制限が無い限り、各実施の形態に示す構成に示す構成を適宜組み合わせる用いることは、当初から予定されていることである。

【 0 0 2 1 】

[実施の形態 1]

(流体送り装置 5 1 0)

10

図 1 を参照して、本実施の形態における流体送り装置 5 1 0 について説明する。本実施の形態における流体送り装置 5 1 0 は、たとえば、サーキュレータとして用いられることができる。流体送り装置 5 1 0 は、プロペラファン 1 1 0 と、駆動モータ（図示せず）とを備える。サーキュレータとしての流体送り装置 5 1 0 は、たとえば、広い室内において、エアコンから送出された冷気を攪拌するために用いられる。

【 0 0 2 2 】

(プロペラファン 1 1 0)

本実施の形態におけるプロペラファン 1 1 0 は、3 枚の翼 2 1 を有する。プロペラファン 1 1 0 は、駆動モータ（図示せず）に駆動されることによって、中心軸 1 0 1 を中心として矢印 1 0 2 に示す方向に回転する。翼 2 1 の回転によって風が生成され、流体送り装置 5 1 0 は送風することが可能となる。

20

【 0 0 2 3 】

プロペラファン 1 1 0 は、3 枚以外の複数枚の翼 2 1 を備えていてもよいし、1 枚のみの翼 2 1 を備えていてもよい。プロペラファン 1 1 0 が 1 枚のみの翼 2 1 を備える場合、中心軸 1 0 1 に対して翼 2 1 の反対側に、 balanser としての錘が設けられるとよい。プロペラファン 1 1 0 は、サーキュレータとしての流体送り装置 5 1 0 に限られず、扇風機、エアーコンディショナ、空気清浄機、加湿機、除湿機、ファンヒータ、冷却装置、または換気装置などの各種の流体送り装置に用いられることもできる。

【 0 0 2 4 】

以下、図 2 ～図 1 0 を参照して、プロペラファン 1 1 0 の基本的な構造について説明する。図 2 は、プロペラファン 1 1 0 を吸込側から見た第 1 斜視図である。図 3 は、プロペラファン 1 1 0 を吸込側から見た第 2 斜視図である。図 4 は、プロペラファン 1 1 0 を吸込側から見た平面図である。図 5 は、プロペラファン 1 1 0 を噴出側から見た斜視図である。図 6 は、プロペラファン 1 1 0 を噴出側から見た平面図である。図 7 ～図 1 0 は、それぞれ、プロペラファン 1 1 0 を示す第 1 ～第 4 側面図である。

30

【 0 0 2 5 】

プロペラファン 1 1 0 は、たとえば、A S (acrylonitrile-styrene) 樹脂等の合成樹脂により、樹脂成型品として一体成形されている。プロペラファン 1 1 0 は、回転軸部としてのボスハブ部 4 1 と、翼 2 1 A ～2 1 C (図 2 参照) とを備える。以下、翼 2 1 A ～2 1 C を特に区別しない場合は、翼 2 1 A ～2 1 C の各々を翼 2 1 という。

40

【 0 0 2 6 】

プロペラファン 1 1 0 は、たとえば、一枚物の板金を捻り加工することによって作製されてもよいし、曲面を有して形成される一体の薄肉状物から作製されてもよい。これらの場合、そのプロペラファンは、別に成形したボスハブ部 4 1 に翼 2 1 A、翼 2 1 B および翼 2 1 C を接合する構造としてもよい。

【 0 0 2 7 】

ボスハブ部 4 1 は、プロペラファン 1 1 0 を、駆動源である駆動モータ（図示せず）の出力軸に接続する部分である。ボスハブ部 4 1 は、駆動モータからの回転動力を受けることにより、仮想の中心軸 1 0 1 を中心として所定の回転方向（矢印 1 0 2 方向）で回転する。本実施の形態のボスハブ部 4 1 は、中心軸 1 0 1 に沿って軸方向に延びる有底の円筒

50

形状を有する。

【 0 0 2 8 】

翼 2 1 A ~ 2 1 C (図 2 参照) は、ボスハブ部 4 1 の外表面 4 1 S から中心軸 1 0 1 の半径方向外側に延出するように形成されている。翼 2 1 A ~ 2 1 C は、プロペラファン 1 1 0 の回転軸 (中心軸 1 0 1) の周方向において、等間隔に並んで配置されている。翼 2 1 B は、翼 2 1 A に対してプロペラファン 1 1 0 の回転方向の側に隣り合って配置され、翼 2 1 C は、翼 2 1 B に対してプロペラファン 1 1 0 の回転方向の側に隣り合って配置されている。

【 0 0 2 9 】

翼 2 1 A ~ 2 1 C が中心軸 1 0 1 を中心として矢印 1 0 2 に示す方向に回転する際、翼 2 1 A ~ 2 1 C はボスハブ部 4 1 と一体的に回転する。翼 2 1 A ~ 2 1 C は、中心軸 1 0 1 を中心に回転することにより、図中の吸込側から噴出側に送風を行なう。本実施の形態では、翼 2 1 A ~ 2 1 C は、同一形状に形成されている。いずれかの翼 2 1 を中心軸 1 0 1 を中心に回転させた場合に、その翼 2 1 の形状と別の翼 2 1 の形状とは一致する。

【 0 0 3 0 】

(翼 2 1)

翼 2 1 は、翼根部 3 4 および翼根部 3 4 から板状に延びる翼面 2 8 を含む。翼根部 3 4 は、翼 2 1 とボスハブ部 4 1 の外表面 4 1 S との間 (境目) に配置される。翼面 2 8 は、正圧面 2 6 と、正圧面 2 6 の裏側に配置される負圧面 2 7 とから構成されている。正圧面 2 6 は、中心軸 1 0 1 の軸方向において翼面 2 8 の噴出側に位置する。負圧面 2 7 は、中心軸 1 0 1 の軸方向において翼面 2 8 の吸込側に位置する。正圧面 2 6 および負圧面 2 7 の各々の表面は、全体として滑らかに形成されている。

【 0 0 3 1 】

翼面 2 8 は、プロペラファン 1 1 0 の回転に伴って送風を行ない、吸込側から噴出側に空気を送り出す。プロペラファン 1 1 0 の回転時、翼面 2 8 上で空気流れが発生することに伴って、正圧面 2 6 で相対的に大きく、負圧面 2 7 で相対的に小さくなる圧力分布が生じる。

【 0 0 3 2 】

翼面 2 8 の周縁には、翼根部 3 4 のうちの回転方向の側の部分から翼根部 3 4 のうちの回転方向の反対側の部分に向かって、前縁部 2 2、翼先端部 1 0 4 (図 4、図 6、および図 7 ~ 図 1 0 参照)、外縁部 2 3、翼後端部 1 0 5 (図 4、図 6、および図 7 ~ 図 1 0 参照)、および、後縁部 2 4 がこの順で環状に形成される。

【 0 0 3 3 】

翼 2 1 を平面的に見た場合に、翼 2 1 は、前縁部 2 2 と外縁部 2 3 とが交わる翼先端部 1 0 4 を先端にして、鎌状に尖った形状を有する。前縁部 2 2 および後縁部 2 4 の径方向内側の部分においては、回転方向に沿ったそれらの幅が徐々に小さくするように構成されており、前縁部 2 2 および後縁部 2 4 の径方向外側の部分においては、回転方向に沿ったそれらの幅が徐々に大きくなるように構成されている。

【 0 0 3 4 】

具体的には、前縁部 2 2 は、翼 2 1 の回転方向 (矢印 1 0 2 方向) の上流側に配置される。プロペラファン 1 1 0 を中心軸 1 0 1 の軸方向から見た場合 (換言すると、プロペラファン 1 1 0 を平面的に見た場合) に、前縁部 2 2 は、翼根部 3 4 のうちの回転方向の側の部分から、中心軸 1 0 1 を中心とする半径方向内側から同方向外側に向けて延びている。前縁部 2 2 は、中心軸 1 0 1 を中心とする半径方向内側から同方向外側に湾曲しながら、プロペラファン 1 1 0 の回転方向に向かって延びている。

【 0 0 3 5 】

翼先端部 1 0 4 は、中心軸 1 0 1 から見て前縁部 2 2 の半径方向外側に配置される。翼先端部 1 0 4 は、前縁部 2 2 と次述する外縁部 2 3 とが接続される部分である。本実施の形態における翼先端部 1 0 4 は、翼 2 1 の中で最も回転方向の側に位置している。

【 0 0 3 6 】

10

20

30

40

50

後縁部 2 4 は、翼 2 1 の回転方向（矢印 1 0 2 方向）の下流側に配置される。プロペラファン 1 1 0 を中心軸 1 0 1 の軸方向から見た場合（換言すると、プロペラファン 1 1 0 を平面的に見た場合）に、後縁部 2 4 は、翼根部 3 4 のうちの回転方向の反対側の部分から、中心軸 1 0 1 を中心とする半径方向内側から同方向外側に向けて延びている。後縁部 2 4 は、中心軸 1 0 1 を中心とする周方向において、前縁部 2 2 と対向して配置されている。後縁部 2 4 は、中心軸 1 0 1 を中心とする半径方向内側から同方向外側に緩やかに湾曲しながら、プロペラファン 1 1 0 の回転方向に向かって延びている。

【 0 0 3 7 】

翼後端部 1 0 5 は、中心軸 1 0 1 から見て後縁部 2 4 の半径方向外側に配置される。翼後端部 1 0 5 は、後縁部 2 4 と次述する外縁部 2 3 とが接続される部分である。本実施の形態のプロペラファン 1 1 0 における翼先端部 1 0 4 は、翼後端部 1 0 5 よりも中心軸 1 0 1 を中心とする内周側に配置されている。

10

【 0 0 3 8 】

外縁部 2 3 は、中心軸 1 0 1 の周方向に沿って延び、翼先端部 1 0 4 と翼後端部 1 0 5 との間を接続するように設けられる。外縁部 2 3 は、外縁部 2 3 の周方向に延びる線上においてプロペラファン 1 1 0 の最も回転方向の側に位置する翼先端部 1 0 4 で前縁部 2 2 と交わり、外縁部 2 3 の周方向に延びる線上においてプロペラファン 1 1 0 の最も回転方向の反対側に位置する翼後端部 1 0 5 で後縁部 2 4 と交わっている。外縁部 2 3 は、全体として、翼先端部 1 0 4 と翼後端部 1 0 5 との間で円弧状に延びている。

【 0 0 3 9 】

20

前縁部 2 2、翼先端部 1 0 4、外縁部 2 3、翼後端部 1 0 5、および、後縁部 2 4 は、翼根部 3 4 とともに翼 2 1 の周縁を形成する周縁部を構成している。この周縁部（前縁部 2 2、翼先端部 1 0 4、外縁部 2 3、翼後端部 1 0 5、および、後縁部 2 4）は、いずれも概ね弧状の形状を有するように形成されることで、角部を有さない滑らかな形状とされている。翼面 2 8 は、翼根部 3 4 とこの周縁部（前縁部 2 2、翼先端部 1 0 4、外縁部 2 3、翼後端部 1 0 5、および、後縁部 2 4）とに囲まれた領域の内側の全域に亘って形成されている。

【 0 0 4 0 】

図 2、図 3、図 5 および図 7 ~ 図 1 0 を参照して、翼面 2 8 は、前縁部 2 2 から後縁部 2 4 に向かう周方向において、吸込側から噴出側に向かって全体として滑らかに湾曲するように形成されている。本実施の形態のプロペラファン 1 1 0 における翼 2 1 は、前縁部 2 2 と後縁部 2 4 とを結ぶ周方向の断面形状の厚みが、前縁部 2 2 および後縁部 2 4 から翼中心付近に向かうほど厚くなり、翼中心よりも前縁部 2 2 側に寄った位置に最大厚みを有する翼形状を有している。

30

【 0 0 4 1 】

図 4 および図 6 を参照して、複数の翼 2 1 の周囲には、仮想的な外接円 1 0 9 が形成される。外接円 1 0 9 は、中心軸 1 0 1 を中心として半径 R を有し、その内側に複数の翼 2 1 が内接している。換言すると、翼 2 1 は、中心軸 1 0 1 を中心として最大半径 R を有し、外接円 1 0 9 は、翼 2 1 の外縁部 2 3 に接している。

【 0 0 4 2 】

40

本実施の形態における外縁部 2 3 は、外縁部 2 3 が外接円 1 0 9 に重なる位置と外縁部 2 3 が外接円 1 0 9 から離れる位置との境界に、最大径端部 1 1 1（図 4 参照）を有する。外縁部 2 3 は、最大径端部 1 1 1 から翼先端部 1 0 4 に向けて、中心軸 1 0 1 を中心とする半径方向内側に湾曲しながら延びている。

【 0 0 4 3 】

（内側領域 3 1・外側領域 3 2・連結部 3 3）

図 1 1 は、プロペラファン 1 1 0 を部分的に拡大し、吸込側から見た斜視図である。図 1 2 は、プロペラファン 1 1 0 を部分的に拡大し、吸込側から見た第 1 平面図である。図 1 3 は、プロペラファン 1 1 0 を部分的に拡大し、吸込側から見た第 2 平面図である。図 1 4 は、図 1 3 中の X I V - X I V 線に沿った矢視図である。図 1 5 は、図 1 3 中の X V

50

- X V 線に沿った矢視断面図である。

【 0 0 4 4 】

図 1 6 は、図 1 3 中の X V I - X V I 線に沿った矢視断面図である。図 1 7 は、図 1 3 中の X V I I - X V I I 線に沿った矢視断面図である。図 1 8 は、図 1 3 中の X V I I I - X V I I I 線に沿った矢視断面図である。図 1 9 は、図 1 3 中の X I X - X I X 線に沿った矢視断面図である。図 2 0 は、図 1 3 中の X X - X X 線に沿った矢視断面図である。図 2 1 は、図 1 3 中の X X I - X X I 線に沿った矢視図である。

【 0 0 4 5 】

図 1 1 および図 1 2 (ならびに図 2 ~ 図 1 0) を参照して、プロペラファン 1 1 0 の翼面 2 8 は、内側領域 3 1、外側領域 3 2、および、連結部 3 3 を有する。内側領域 3 1、外側領域 3 2、および、連結部 3 3 は、正圧面 2 6 および負圧面 2 7 の双方にそれぞれ形成されている。

【 0 0 4 6 】

内側領域 3 1 は、翼根部 3 4 をその一部に含み、連結部 3 3 および外側領域 3 2 に比べて中心軸 1 0 1 の半径方向の内側に位置する。外側領域 3 2 は、翼後端部 1 0 5 をその一部に含み、連結部 3 3 および内側領域 3 1 に比べて中心軸 1 0 1 の半径方向の外側に位置する。内側領域 3 1 における正圧面 2 6 の表面形状と、外側領域 3 2 における正圧面 2 6 の表面形状とは、相互に異なるように形成されている。内側領域 3 1 における負圧面 2 7 の表面形状と、外側領域 3 2 における負圧面 2 7 の表面形状とも、相互に異なるように形成されている。

【 0 0 4 7 】

連結部 3 3 は、翼面 2 8 の正圧面 2 6 側が凸となり且つ翼面 2 8 の負圧面 2 7 側が凹となるように、内側領域 3 1 と外側領域 3 2 とを連結している。連結部 3 3 は、概ね回転方向に沿うように設けられており、連結部 3 3 のうちの回転方向の最上流側に位置する前端部 3 3 A から、連結部 3 3 のうちの回転方向の最下流側に位置する後端部 3 3 B まで延在している。

【 0 0 4 8 】

連結部 3 3 は、内側領域 3 1 から外側領域 3 2 に向かうにしたがって翼面 2 8 がやや急峻な曲率変化を持って湾曲するようにして形成されており、相互に異なる表面形状を有する内側領域 3 1 および外側領域 3 2 との境目においてこれら同士を湾曲しながら連結している。

【 0 0 4 9 】

連結部 3 3 は、その付近において翼面 2 8 の半径方向断面視における曲率が極大となるように設けられており、正圧面 2 6 上においては湾曲状に突出した突条部として前端部 3 3 A から後端部 3 3 B に向かって筋状に延びるように現れており、負圧面 2 7 上においては湾曲状の窪んだ溝部として前端部 3 3 A から後端部 3 3 B に向かって筋状に延びるように現れている。

【 0 0 5 0 】

連結部 3 3 の前端部 3 3 A は、翼先端部 1 0 4 寄りに位置し、後縁部 2 4 からは離れて設けられている。本実施の形態における連結部 3 3 の前端部 3 3 A は、翼先端部 1 0 4 から回転方向とは反対側に向かって翼面 2 8 の内側にわずかに変位した位置に設けられている (図 4、図 6、図 1 1、および図 1 2 参照) 。

【 0 0 5 1 】

連結部 3 3 の前端部 3 3 A は、後縁部 2 4 から離れていれば、前縁部 2 2 寄りに位置するように設けられていてもよいし、外縁部 2 3 寄りに位置するように設けられていてもよい。連結部 3 3 の前端部 3 3 A は、前縁部 2 2、翼先端部 1 0 4、または外縁部 2 3 のいずれかと重なるように、前縁部 2 2 上に設けられていてもよいし、翼先端部 1 0 4 上に設けられていてもよいし、外縁部 2 3 上に設けられていてもよい。

【 0 0 5 2 】

連結部 3 3 の後端部 3 3 B は、後縁部 2 4 寄りに位置し、前縁部 2 2、翼先端部 1 0 4

10

20

30

40

50

および外縁部 2 3 のいずれに対しても離れて設けられている。本実施の形態における連結部 3 3 の後端部 3 3 B は、中心軸 1 0 1 の半径方向における後縁部 2 4 の略中央位置から回転方向に向かって翼面 2 8 の内側にわずかに変位した位置に設けられている（図 4、図 6、図 1 1、および図 1 2 参照）。連結部 3 3 の後端部 3 3 B は、後縁部 2 4 と重なるように、後縁部 2 4 上に設けられていてもよい。連結部 3 3 は、翼先端部 1 0 4 から翼後端部 1 0 5 までの途中に位置する外縁部 2 3 の部分から、後縁部 2 4 まで設けられていてもよい。

【 0 0 5 3 】

図 1 2 に示すように、翼 2 1 が中心軸 1 0 1 を中心として矢印 1 0 2 に示す方向に回転した場合、翼面 2 8 上には、翼先端部 1 0 4 の付近を中心として、前縁部 2 2、翼先端部 1 0 4、および外縁部 2 3 のそれぞれから後縁部 2 4 に向かって流れる翼先端渦 3 4 0 が発生する。この翼先端渦 3 4 0 は、正圧面 2 6 上および負圧面 2 7 上のそれぞれに発生する。好ましくは、連結部 3 3 は、この翼先端渦 3 4 0 の流れに沿うように設けられる。

【 0 0 5 4 】

（連結部 3 3 の湾曲度合い）

図 1 3 ~ 図 1 5 に示すように、本実施の形態の連結部 3 3 は、連結部 3 3 の前端部 3 3 A が前縁部 2 2、翼先端部 1 0 4、および外縁部 2 3 のいずれにも到達しない（重ならない）ように設けられている。連結部 3 3 の存在に起因した湾曲は、前縁部 2 2、翼先端部 1 0 4、および外縁部 2 3 のいずれにも現れておらず、連結部 3 3 の前端部 3 3 A の周囲に位置する翼面 2 8（正圧面 2 6 および負圧面 2 7）は、前端部 3 3 A を通り且つ中心軸 1 0 1 の半径方向に沿った断面視において、 180° となるように平坦に形成されている。

【 0 0 5 5 】

図 1 3 および図 1 6 に示すように、連結部 3 3 は、翼面 2 8（正圧面 2 6 および負圧面 2 7）が連結部 3 3 における前端部 3 3 A の回転方向とは反対側の近傍で比較的急峻に湾曲するように設けられている。図 1 3、図 1 7 および図 1 8 に示すように、連結部 3 3 は、連結部 3 3 の負圧面 2 7 側に仮想的に形成される内角 θ が、前端部 3 3 A から回転方向における連結部 3 3 の中心付近に向かうにつれて徐々に小さくなるように設けられている。好ましくは、この内角 θ は、回転方向における連結部 3 3 の中心付近で最も小さくなるように形成されているとよい。

【 0 0 5 6 】

図 1 3 および図 1 9 に示すように、連結部 3 3 は、連結部 3 3 の負圧面 2 7 側に仮想的に形成される内角 θ が、回転方向における連結部 3 3 の中心付近から後端部 3 3 B に向かうにつれて徐々に大きくなるように設けられている。図 1 3、図 2 0、および図 2 1 に示すように、本実施の形態の連結部 3 3 は、連結部 3 3 の後端部 3 3 B が後縁部 2 4 に到達しない（重ならない）ように設けられている。連結部 3 3 の存在に起因した湾曲は、後縁部 2 4 には現れておらず、連結部 3 3 の後端部 3 3 B の周囲に位置する翼面 2 8（正圧面 2 6 および負圧面 2 7）は、後端部 3 3 B を通り且つ中心軸 1 0 1 の半径方向に沿った断面視において、 180° となるように平坦に形成されている。

【 0 0 5 7 】

（食い違い角 α 、 β ）

図 2 2 は、図 1 1 中の XXII - XXII 線に沿った矢視断面図である。図 1 1 および図 2 2 に示すように、翼面 2 8 のうちの連結部 3 3 よりも半径方向内側に位置する内側領域 3 1 は、所定の食い違い角 α （図 2 2 参照）を有する。内側領域 3 1 における前縁部 2 2 上の点と内側領域 3 1 における後縁部 2 4 上の点とを結ぶことにより、仮想直線 3 1 L（図 2 2 参照）が形成される。食い違い角 α とは、仮想直線 3 1 L と中心軸 1 0 1 とがこれらの間になす角度のことである。

【 0 0 5 8 】

図 2 2 に示すように、本実施の形態における翼 2 1 の内側領域 3 1 は、前縁部 2 2 および後縁部 2 4 を両端として内側領域 3 1 の中腹部が仮想直線 3 1 L から噴出側に向かって

遠ざかるように湾曲し、翼面 28 (内側領域 31) の正圧面 26 側が凸となり翼面 28 (内側領域 31) の負圧面 27 側が凹となるように反った形状を有している。

【0059】

また、本実施の形態における翼 21 は、翼面 28 のうちの連結部 33 よりも半径方向内側の部分の食い違い角 A が、ボスハブ部 41 に近づくにしたがって小さくなるように形成されている。

【0060】

図 23 は、図 11 中の XXIII - XXIII 線に沿った矢視断面図である。図 11 および図 23 に示すように、翼面 28 のうちの連結部 33 よりも半径方向外側に位置する外側領域 32 は、所定の食い違い角 B (図 23 参照) を有する。外側領域 32 における前縁部 22 上の点と外側領域 32 における後縁部 24 上の点とを結ぶことにより、仮想直線 33L (図 23 参照) が形成される。食い違い角 B とは、仮想直線 33L と中心軸 101 とがこれらの間になす角度のことである。

【0061】

図 23 に示すように、本実施の形態における翼 21 の外側領域 32 は、前縁部 22 および後縁部 24 を両端として外側領域 32 の中腹部が仮想直線 33L から吸込側に向かって遠ざかるように湾曲し、翼面 28 (外側領域 32) の正圧面 26 側が凹となり翼面 28 (外側領域 32) の負圧面 27 側が凸となるように反った形状を有している。

【0062】

図 22 および図 23 を参照して、本実施の形態における翼 21 は、食い違い角 B よりも食い違い角 A の方が小さくなるように形成される。翼 21 は、翼根部 34 における食い違い角 A も、外縁部 23 における食い違い角 B に比べて小さくなるように形成される。さらに、翼 21 は、翼根部 34 および内側領域 31 においては正圧面 26 側が凸となり負圧面 27 側が凹となるように反った形状を有し、外側領域 32 および外縁部 23 においては正圧面 26 側が凹となり負圧面 27 側が凸となるように反った形状を有している (逆キャンバー構造)。

【0063】

(作用・効果)

図 24 ~ 図 26 を参照して、本実施の形態における流体送り装置 510 (図 1 参照) およびプロペラファン 110 の作用および効果について説明する。図 24 は、プロペラファン 110 の翼 21 が回転している際の様子を吸込側から見た平面図である。図 25 は、プロペラファン 110 の翼 21 が回転している際の様子を噴出側から見た平面図である。図 26 は、プロペラファン 110 を連結部 33 に沿って仮想的に切断したときの断面図であり、プロペラファン 110 の翼 21 が回転している際の様子を示す図である。

【0064】

図 24 および図 25 に示すように、流体送り装置 510 (図 1 参照) が使用される際には、プロペラファン 110 の翼 21 が中心軸 101 を中心として矢印 102 に示す方向に回転する。本実施の形態のプロペラファン 110 における翼 21 の翼面 28 (正圧面 26 および負圧面 27 の双方) 上には、翼先端渦 340、主流 310、二次流れ 330、馬蹄渦 320、および馬蹄渦 350 が、空気流れとしてそれぞれ発生する。

【0065】

翼先端渦 340 は、プロペラファン 110 の回転時、主として翼先端部 104 が空気と衝突することによって形成される。翼先端渦 340 は、主として翼先端部 104 を起点として発生し、翼先端部 104、翼先端部 104 の近傍に位置する前縁部 22 の翼先端部 104 寄りの部分、および、翼先端部 104 の近傍に位置する外縁部 23 の翼先端部 104 寄りの部分から、翼面 28 上を通過して後縁部 24 に向かってそれぞれ流れる。

【0066】

主流 310 は、プロペラファン 110 の回転時、翼先端渦 340 よりも翼面 28 のさらに上層側に形成される。換言すると、主流 310 は、翼先端渦 340 が形成される翼面 28 の表層に対して、翼先端渦 340 を挟んで翼面 28 の反対側に形成される。主流 310

10

20

30

40

50

は、前縁部 2 2、翼先端部 1 0 4、および外縁部 2 3 から翼面 2 8 上に流入し、後縁部 2 4 に向かって流れる。

【 0 0 6 7 】

馬蹄渦 3 2 0 は、プロペラファン 1 1 0 の回転に伴って生じる正圧面 2 6 と負圧面 2 7 との圧力差に起因して、正圧面 2 6 から負圧面 2 7 に流れ込むように外縁部 2 3 に沿って発生する。二次流れ 3 3 0 は、プロペラファンの回転に伴って生じる遠心力に起因して、ボスハブ部 4 1 から外縁部 2 3 に向かって流れるように発生する。馬蹄渦 3 5 0 は、連結部 3 3 が翼面 2 8 に設けられている部分を二次流れ 3 3 0 が横切るように流れることにより発生する。

【 0 0 6 8 】

上述のとおり、本実施の形態における連結部 3 3 の前端部 3 3 A は、翼先端部 1 0 4 から回転方向とは反対側に向かって翼面 2 8 の内側にわずかに変位した位置に設けられ、連結部 3 3 の後端部 3 3 B は、中心軸 1 0 1 の半径方向における後縁部 2 4 の略中央位置から回転方向に向かって翼面 2 8 の内側にわずかに変位した位置に設けられている（図 4、図 6、図 1 1、および図 1 2 参照）。この構成によって、連結部 3 3 は、主流 3 1 0 および翼先端渦 3 4 0 の流れる方向に概ね沿うように形成されることになる。

【 0 0 6 9 】

図 2 6 に示すように、内側領域 3 1 および外側領域 3 2 を湾曲して連結する連結部 3 3 は、翼面 2 8 の表層における連結部 3 3 の近傍に、馬蹄渦 3 5 0 および翼先端渦 3 4 0 を保持させ、翼面 2 8 の表層から馬蹄渦 3 5 0 および翼先端渦 3 4 0 が剥離してしまうことを抑制する。連結部 3 3 は、連結部 3 3 の近傍で発生し連結部 3 3 によって保持されながら流れる馬蹄渦 3 5 0 が、発達したり変動したりすることも抑制する。

【 0 0 7 0 】

翼先端部 1 0 4 の近傍で発生し連結部 3 3 によって保持されながら流れる翼先端渦 3 4 0 と、連結部 3 3 の近傍で発生し連結部 3 3 によって保持されながら流れる馬蹄渦 3 5 0 とは、主流 3 1 0 に対して運動エネルギーを付与する。運動エネルギーを付与された主流 3 1 0 は、翼面 2 8 上の下流側で翼面 2 8 から剥離しにくくなる。結果として、剥離領域 5 2 を縮小もしくは消滅させることができる。プロペラファン 1 1 0 は、剥離が抑制されることによって、回転時に発生する騒音を低減することができ、連結部 3 3 を設けない場合と比較して風量を増加させて高効率化することが可能となる。

【 0 0 7 1 】

図 2 7 は、一般的なプロペラファンを本実施の形態におけるプロペラファン 1 1 0 の連結部 3 3 に対応する部分に沿って仮想的に切断したときの断面図であり、このプロペラファンの翼が回転している際の様子を示す図である。この一般的なプロペラファンは、連結部 3 3 を有していない点のほかは、プロペラファン 1 1 0 と略同様に構成される。

【 0 0 7 2 】

この一般的なプロペラファンにおいては、翼面 2 8 の正圧面 2 6 および負圧面 2 7 の各々に発生する主流 3 1 0 および翼先端渦 3 4 0 が、前縁部 2 2、翼先端部 1 0 4、および外縁部 2 3 に近い翼面 2 8 上の上流側では翼面 2 8 に沿った流れとなるものの、後縁部 2 4 に近い翼面 2 8 上の下流側では翼面 2 8 に沿った流れとなりにくい。下流側で翼先端渦 3 4 0 から主流 3 1 0 に対して運動エネルギーが付与されないため、主流 3 1 0 が翼面 2 8 から剥離する剥離領域 5 2 が生じやすい。このプロペラファンは、回転時に発生する騒音を低減することは困難となる。このような傾向は、正圧面 2 6 および負圧面 2 7 のうち、特に負圧面 2 7 上で顕著となる。

【 0 0 7 3 】

本実施の形態のプロペラファン 1 1 0 の回転時、連結部 3 3 が設けられている領域の近傍においては、主流 3 1 0 は半径方向外側から同方向内側に向かって流れる。したがって、連結部 3 3 を主流 3 1 0 の流れに概ね沿うように形成し、連結部 3 3 が設けられている領域についても翼型を採用することで、あらゆる主流 3 1 0 の流れに対して翼型を実現できるため、より効率的な送風を行うことが可能となる。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 4 】

内側領域 3 1 側から外側領域 3 2 側に向かって翼面 2 8 が滑らかに湾曲するようにして連結部 3 3 が設けられていることによって、翼面 2 8 の形状に設計上の自由度を確保することができる。たとえば、馬蹄渦の発生を抑制するために、翼先端部 1 0 4 に向かって前縁部 2 2 および外縁部 2 3 の幅が細くなる鎌形状を維持しながらボスハブ部 4 1 付近での翼面 2 8 の高さを高くするといった複雑な翼面 2 8 の形状についても対応可能となる。

【 0 0 7 5 】

図 1 3 等を参照して上述したとおり、本実施の形態におけるプロペラファン 1 1 0 は、連結部 3 3 の前端部 3 3 A の周囲に位置する翼面 2 8 (正圧面 2 6 および負圧面 2 7) が、前端部 3 3 A を通り且つ中心軸 1 0 1 の半径方向に沿った断面視において 1 8 0 ° となるように平坦に形成され、さらに、連結部 3 3 の後端部 3 3 B の周囲に位置する翼面 2 8 (正圧面 2 6 および負圧面 2 7) は、後端部 3 3 B を通り且つ中心軸 1 0 1 の半径方向に沿った断面視において、1 8 0 ° となるように平坦に形成されている。当該構成によれば、翼面 2 8 に流入する風および翼面 2 8 から流出する風を乱さないのので、主流 3 1 0 に対する抵抗を少なくすることが可能となる。なお、当該構成は、必要に応じて設けられるとよい。

10

【 0 0 7 6 】

図 2 2 および図 2 3 等を参照して上述したとおり、本実施の形態におけるプロペラファン 1 1 0 は、翼 2 1 が、食い違い角 B よりも食い違い角 A の方が小さくなるように形成される。翼 2 1 は、翼根部 3 4 における食い違い角 A も、外縁部 2 3 における食い違い角 B に比べて小さくなるように形成される。当該構成によれば、不快感の原因となっている半径方向外側の風速のピークを調整することが可能である。

20

【 0 0 7 7 】

図 2 2 および図 2 3 等を参照して上述したとおり、本実施の形態における翼 2 1 は、翼根部 3 4 および内側領域 3 1 においては正圧面 2 6 側が凸となり負圧面 2 7 側が凹となるように反った形状を有し、外側領域 3 2 および外縁部 2 3 においては正圧面 2 6 側が凹となり負圧面 2 7 側が凸となるように反った形状を有している。当該構成は、逆キャンパー構造ということができる。

【 0 0 7 8 】

一般的なプロペラファンは、その構造に起因して、半径方向内側の部分の周速は遅く、半径方向外側の部分の周速は速くなる。空気の流入角は、半径方向内側に位置する翼根部側と半径方向外側に位置する外縁部側(翼端側)とで異なることになる。したがって、外縁部側(翼端側)で適切な空気の流入が行われるように外縁部側(翼端側)の流入角(キャンパー角)を設計すると、翼根部側では空気の流入が良好に行われにくくなり、翼根部側では空気流れに剥離が生じてしまう場合がある(逆も然り)。

30

【 0 0 7 9 】

そのために、本実施の形態におけるプロペラファン 1 1 0 のように、半径方向内側に位置する翼根部 3 4 側と半径方向外側に位置する外縁部 2 3 側(翼端側)とでそれぞれ適切にキャンパー角を変化させ、翼根部 3 4 側の空気の流入角が大きな領域においては逆キャンパー構造を与えることにより、半径方向の全域にわたって翼面 2 8 に対して空気を適切な流入角で流入させることができ、さらには空気流れの剥離を防止することが可能となる。

40

【 0 0 8 0 】

なお、翼根部 3 4 および内側領域 3 1 においては正圧面 2 6 側が凸となり負圧面 2 7 側が凹となるように反った形状を有し、外側領域 3 2 および外縁部 2 3 においては正圧面 2 6 側が凹となり負圧面 2 7 側が凸となるように反った形状を有するような翼面 2 8 の構成(逆キャンパー構造)は、翼面 2 8 に連結部 3 3 が設けられるという技術的な思想とは独立して実施することが可能である。

【 0 0 8 1 】

プロペラファンに連結部 3 3 が設けられていなくても、翼面 2 8 が逆キャンパー構造を

50

有するという構成によれば、半径方向の全域にわたって翼面 28 に対して空気を適切な流入角で流入させることができ、さらには空気流れの剥離を防止するといった課題が解決されることとなる。

【0082】

図 22 等を参照して上述したとおり、本実施の形態における翼 21 は、翼面 28 のうちの連結部 33 よりも半径方向内側の部分の食い違い角 A が、ボスハブ部 41 に近づくにしたがって小さくなるように形成されている。当該構成によって、中心軸 101 を中心とする内周側においては、中心軸 101 に近づくにつれて送風能力が高くなる。

【0083】

一般的なプロペラファンにおいては、半径方向の吹き出し風速分布に大きな差があり、半径方向外側では風速が大きくなり、翼の先端部付近では最も高速となり極端なピーク点を有する。中心軸 101 の近傍の翼 21 が機能していない部分と、翼 21 が最も機能している部分とでは、風速の差が過大となり、吹き出し風速のムラが生じ、これが不快感の大きな原因となってしまう。

【0084】

これに対して本実施の形態におけるプロペラファン 110 によれば、内周側と外周側との間の風量（風速）の差を緩和することができる。プロペラファン 110 によってより均一な送風が行われ、送風を受けた人が不快に感じることを抑制することが可能となる。プロペラファン 110 によれば、ファンの占有可能な空間を最大限活用することもでき、強力な送風をすることも可能となる。なお、当該構成は、必要に応じて設けられるとよい。

【0085】

プロペラファン 110 によってより均一な送風を行うという観点からは、翼 21 は、翼 21 のうちの連結部 33 よりも半径方向内側の部分（内側領域 31）の翼面積が、翼面 28 のうちの連結部 33 よりも半径方向外側の部分（外側領域 32）の翼面積と同一若しくはこれよりも大きくなるように形成されているとよい。

【0086】

当該構成によって、翼 21 のうちの連結部 33 よりも半径方向内側の部分（内側領域 31）の送風能力を増加させ、翼面 28 のうちの連結部 33 よりも半径方向外側の部分（外側領域 32）の送風能力を低減することができる。内周側と外周側との間の風量（風速）の差を緩和することができ、プロペラファン 110 によってより均一な送風が行われ、送風を受けた人が不快に感じることを抑制することが可能となる。当該構成は、必要に応じて設けられるとよい。

【0087】

[実施の形態 1 の変形例]

上述の実施の形態 1 におけるプロペラファン 110 の連結部 33 は、内側領域 31 から外側領域 32 に向かうにしたがって翼面 28 がやや急峻な曲率変化を持って湾曲するようにして形成されており、相互に異なる表面形状を有する内側領域 31 および外側領域 32 との境目においてこれら同士を湾曲しながら連結している。

【0088】

図 28 に示すように、連結部 33 は、内側領域 31 から外側領域 32 に向かうにしたがって翼面 28 がやや急峻な曲率変化を持って湾曲するようにして形成され、相互に異なる表面形状を有する内側領域 31 および外側領域 32 との境目においてこれら同士を屈曲しながら連結していてもよい。当該構成によっても、上述の実施の形態 1 におけるプロペラファン 110 と略同様の作用および効果を得ることができる。

【0089】

なお、連結部 33 において翼面 28 があまり極端に折れ曲がると、その連結部 33 の形状は、翼面 28 で発生する主流ではない二次流れに影響しやすくなる。同じ空間を最大限使用する場合にも、連結部 33 での空気流れを考慮し、適切な湾曲度合いまたは屈曲度合いを定めるとよい。

【0090】

10

20

30

40

50

〔実施の形態 2〕

図 29 および図 30 を参照して、本実施の形態におけるプロペラファン 120 について説明する。プロペラファン 120 は、上述の実施の形態 1 におけるプロペラファン 110 の構成に加えて、前縁部 22 から外縁部 23 の翼先端部 104 寄りの部分までの領域 R1 において、中心軸 101 の軸方向においてこれらが一定の高さを維持するように形成されている。本実施の形態におけるこの領域 R1 は、前縁部 22 上においてはその全域に亘って形成されており、外縁部 23 上においては、最大径端部 111 よりも翼先端部 104 寄りの部分に形成されている。

【0091】

軸方向の高さの基準面として、噴出側において中心軸 101 に直交する仮想平面を規定したとする。この場合、一般的なプロペラファンの前縁部 22 は、前縁部 22 の仮想平面からの高さが、中心軸 101 の外周側で高く、内周側で低く設けられる。この場合、翼 21 の仮想平面からの高さが、中心軸 101 を中心とする外周側と比較して、内周側で極端に小さくなり、その内周側における翼 21 の送風能力が極めて低くなってしまう。

【0092】

これに対して、本実施の形態におけるプロペラファン 120 においては、前縁部 22 が、中心軸 101 を中心とする内周側と外周側との間で一定の高さを有する。このような構成により、中心軸 101 を中心とする内周側において翼 21 の仮想平面からの高さが大きく設定されることになり、送風能力を向上させることができる。これにより、同じ直径および同じ高さの翼を有する一般的なプロペラファンと比較した場合に、プロペラファンから送り出される風量を大幅に増大させることができる。

【0093】

中心軸 101 を中心とする内周側で送風能力を高めることによって、複数の翼 21 の回転によって仮想的に形成される占有空間の体積に対する送風効率を高めることができる。この場合、同一風量を送風することに際しても、翼 21 の回転数をより低い値に抑えることができるため、省エネルギーや低騒音の観点において有利となる。

【0094】

また、中心軸 101 を中心とする内周側で送風能力を高めることによって、内周側と外周側との間の風量（風速）の差を緩和することができる。これにより、プロペラファン 120 からより均一な送風が可能となり、送風を受けた人が不快に感じることを防止できる。

【0095】

〔実施の形態 2 の変形例〕

上述の実施の形態 2 におけるプロペラファン 120 では、前縁部 22 から外縁部 23 の翼先端部 104 寄りの部分までの領域 R1 が、前縁部 22 上においてはその全域に亘って形成されており、外縁部 23 上においては、最大径端部 111 よりも翼先端部 104 寄りの部分に形成されている。

【0096】

図 31 に示すプロペラファン 120A のように、上記の領域 R1 は、ボスハブ部 41 と、ボスハブ部 41 から中心軸 101 の半径方向外側に離れた位置との間に形成されている。プロペラファン 120A の前縁部 22 も、領域 R1 において中心軸 101 の軸方向において一定の高さを有している。

【0097】

前縁部 22 が中心軸 101 の軸方向において一定の高さを有する領域 R1 は、たとえば、ボスハブ部 41 と、中心軸 101 から $0.4R \sim 0.6R$ （ R は、プロペラファン 120 の平面視における翼 21 の最大半径（図 4 および図 6 参照））だけ離れた位置との間に形成される。

【0098】

プロペラファン 120A のように、中心軸 101 の軸方向において一定の高さを有する領域 R1 が前縁部 22 のボスハブ部 41 よりの一部に形成されている場合であっても、中

10

20

30

40

50

心軸 1 0 1 を中心とする内周側において翼 2 1 の高さが大きく設定されることになり、送風能力を向上させることができ、上述の実施の形態 2 におけるプロペラファン 1 2 0 と略同様の作用および効果を得ることが可能となる。

【 0 0 9 9 】

また、翼 2 1 の前縁部 2 2 の高さが、ボスハブ部 4 1 からある区間までは一定とし、それ以降は低くなっていくように構成してもよい。この構成によると、前縁部 2 2 のボスハブ部 4 1 側の部分が、前縁部 2 2 の翼先端部 1 0 4 側の部分に比べて高くなる。半径方向内側では遅くなりがちな風速が速くなるため、前縁部 2 2 のボスハブ部 4 1 側の部分と前縁部 2 2 の翼先端部 1 0 4 側の部分との間に生じてしまう風速の差を縮めることが可能となる。結果として、翼 2 1 の下流側で発生する風のムラが小さくなる。前縁部 2 2 のボスハブ部 4 1 側の部分での風速が遅く、前縁部 2 2 の翼先端部 1 0 4 側の部分で風速が極端に速くなってしまふことを抑えることにより、半径方向で風速の分布が均一になるため、生じる風がより滑らかで快適となる。

【 0 1 0 0 】

[実施の形態 3]

図 3 2 を参照して、本実施の形態におけるプロペラファン 1 3 0 について説明する。プロペラファン 1 3 0 は、上述の実施の形態 2 におけるプロペラファン 1 2 0 の構成に加えて、後縁部 2 4 が、中心軸 1 0 1 を中心とする外周側の領域 R 2 で、中心軸 1 0 1 の軸方向において一定の高さを有している。

【 0 1 0 1 】

図 3 2 中には、プロペラファン 1 3 0 の噴出側に、中心軸 1 0 1 に直交する仮想平面 1 0 7 が示されている。この仮想平面 1 0 7 を基準にして、後縁部 2 4 は、中心軸 1 0 1 を中心とする外周側の領域 R 2 で一定の高さ H 2 を有している。

【 0 1 0 2 】

このような構成によれば、中心軸 1 0 1 を中心とする外周側においても、翼 2 1 の高さを大きく維持する。これにより、複数の翼 2 1 の回転によって仮想的に形成される占有空間の体積に対するプロペラファン 1 3 0 の送風効率をさらに高めることができる。

【 0 1 0 3 】

プロペラファン 1 3 0 では、駆動モータから延出する回転シャフトにボスハブ部 4 1 を固定するための図示しないスピナーと、翼 2 1 とが相互に干渉することを避けるために、後縁部 2 4 の高さが、中心軸 1 0 1 を中心とする内周側で高くなっている。このような構成に限られず、ボスハブ部 4 1 を噴出側に延長して、後縁部 2 4 の高さをボスハブ部 4 1 と外縁部 2 3 との間で一定としてもよい。

【 0 1 0 4 】

[実施の形態 4]

図 3 3 ~ 図 3 8 を参照して、本実施の形態におけるプロペラファン 1 4 0 について説明する。図 3 3 および図 3 4 に示すように、プロペラファン 1 4 0 の翼 2 1 は、上述の実施の形態 3 におけるプロペラファン 1 3 0 の翼 2 1 の構成に加えて、翼 2 1 の外縁部 2 3 が、前縁部 2 2 側に位置する前方外縁部 3 7 と、後縁部 2 4 側に位置する後方外縁部 3 9 と、前方外縁部 3 7 および後方外縁部 3 9 を接続する所定形状の接続部 3 8 とを含んでいる。本実施の形態においては、翼 2 1 の外縁部 2 3 に、中心軸 1 0 1 側に向けて窪む形状を有する接続部 3 8 が形成されている。接続部 3 8 は、外縁部 2 3 における翼先端部 1 0 4 と翼後端部 1 0 5 との間の途中の位置に形成されている。外縁部 2 3 に接続部 3 8 が形成されることにより、翼 2 1 の外縁部 2 3 には、外縁部 2 3 の翼先端部 1 0 4 側に位置する前方外縁部 3 7 と、外縁部 2 3 の翼後端部 1 0 5 側に位置する後方外縁部 3 9 とが設けられることになる。

【 0 1 0 5 】

ここで、接続部 3 8 は、図示するように滑らかに湾曲した形状となるように形成されていることが好ましいが、必ずしもこれが湾曲した形状とされず、屈曲した形状とされていてもよい。本実施の形態においては、接続部 3 8 が外縁部 2 3 上において比較的浅く窪む

10

20

30

40

50

ように形成されているため、接続部 38 は、略鈍角形状を有している。接続部 38 が形成される位置は、外縁部 23 上の位置であれば特に限定されるものではないが、本実施の形態においては、外縁部 23 の翼後端部 105 寄りの位置に接続部 38 が形成されている。本実施の形態においては、前方外縁部 37 の回転方向に沿った幅は、後方外縁部 39 の回転方向に沿った幅よりも大きく形成されている。このような形状の外縁部 23 とすることにより、以下のような効果が得られることになる。

【0106】

第一に、上記構成の翼 21 とすることにより、径方向における風速分布をより均一にすることができ、風速のムラを抑制することが可能となって風当たりの良い風とすることができる。

10

【0107】

すなわち、外縁部 23 に窪み形状の接続部 38 が形成されていない翼形状とした場合には、径方向外側に向かうにつれてほぼ比例して風速が大きくなるため、径方向内側寄りの部分において発生する風の風速と、径方向外側寄りの部分において発生する風の風速との間に大きな差が生じ、発生する風に大きな風速のムラが生じてしまうことになる。

【0108】

これに対し、本実施の形態においては、外縁部 23 上に窪み形状の接続部 38 が形成されているため、外縁部 23 上に窪み形状の接続部 38 が形成されていない場合に比べ、外縁部 23 近傍（すなわち径方向外側寄りの部分）において翼面積が減少することになる。そのため、径方向外側に向かうにつれてほぼ比例して大きくなる風速が、外縁部 23 寄りの部分において緩和されることになり、径方向内側寄りの部分において発生する風の風速と、外縁部 23 寄りの部分において発生する風の風速とが近づくことになり、径方向における風速分布がより均一になる。したがって、風速のムラが抑制可能となり、風当たりの良い風とすることができる。

20

【0109】

第二に、上記構成の翼 21 とすることにより、径方向外側寄りの部分において発生される風に含まれる圧力変動が小さくなる風当たりの良い風を発生させることができる。

【0110】

すなわち、外縁部 23 に窪み形状の接続部 38 が形成されていない翼形状とした場合には、翼と翼との間の比較的大きな空間を空気が通過することとなり、発生する風に大きな圧力変動が生じてしまうことになる。これは、より風速の速い風が発生される外縁部 23 側の部分において特に顕著となり、翼 21 の枚数が少なくなればなるほど大きな圧力差を含む風が発生することになる。

30

【0111】

これに対し、本実施の形態においては、外縁部 23 に窪み形状の接続部 38 が形成された翼形状であるため、1枚の翼 21 の前方外縁部 37 と後方外縁部 39 との間に比較的小さな空間（すなわち窪み形状の接続部 38 が位置する空間）が形成されることになり、当該空間が、翼 21 の中に風を発生させない空間として存在することになる。

【0112】

その結果、風速の速い風が発生される外縁部 23 側の部分において、翼面積が減少することで発生される風に生じる圧力差が緩和されることとなる上に、圧力変動がより小刻みに生じることになるため、1枚の翼 21 に設けられた前方外縁部 37 と後方外縁部 39 とがあたかも2枚分の翼で風を送風する場合と近似の役目を果たすことになり、全体として圧力変動が小さな風当たりの良い風を発生させることができる。

40

【0113】

第三に、上記構成の翼 21 とすることにより、低速回転時には、広範囲に拡散する風当たりの良い風とすることができ、高速回転時には、直進性が高くより遠くへ到達する風とすることができる。この点につき、図 35 ないし図 38 を参照して、より詳細に説明する。

【0114】

50

図 3 5 は、プロペラファン 1 4 0 を低速回転させた場合に得られる風の流れを示す概念図である。図 3 6 は、流体送り装置 5 2 0 においてプロペラファン 1 4 0 を低速回転させた場合に得られる風の状態を模式的に示す図である。図 3 7 は、プロペラファン 1 4 0 を高速回転させた場合に得られる風の流れを示す概念図である。図 3 8 は、流体送り装置 5 2 0 においてプロペラファン 1 4 0 を高速回転させた場合に得られる風の状態を模式的に示す図である。図 3 5 および図 3 7 においては、翼先端渦の代表的な軌道として、外縁部 2 3 の翼先端部 1 0 4 付近で発生する翼先端渦の軌道を破細線にて模式的に示し、馬蹄渦の代表的な軌道を細線にて模式的に示し、さらに翼 2 1 の外縁部 2 3 寄りの位置にて発生される風の軌道を太線にて模式的に示している。

【 0 1 1 5 】

10

上述したように、本実施の形態においては、翼 2 1 の外縁部 2 3 上の位置に窪み形状の接続部 3 8 が形成されている。外縁部 2 3 上の位置は、翼先端部 1 0 4 の下流側であってかつ翼面上を流れる翼先端渦の流線に沿った位置に該当することになる。

【 0 1 1 6 】

図 3 5 に示すように、翼 2 1 が低速で回転した場合には、翼 2 1 が回転することで生じる翼先端渦および馬蹄渦の運動エネルギーが小さく、そのため翼先端渦および馬蹄渦が窪み形状の接続部 3 8 によって捉えられることなく当該部分においてその剥離が促されることになる。これにより、翼先端渦および馬蹄渦は、いずれも窪み形状の接続部 3 8 が形成された部分において遠心力によって半径方向外側に飛ばされることになる。したがって、図 3 6 に示すように、翼 2 1 で発生された風が流体送り装置 5 2 0 の前方において拡散することになり、風当たりの良い風 8 0 0 が広範囲に送風できることになる。そのため、夜間等の就寝時に風を殆ど感じることなく扇風機を運転させたい場合に、これを満足する微風運転の実現も可能になる。

20

【 0 1 1 7 】

一方、図 3 7 に示すように、翼 2 1 が高速で回転した場合には、翼 2 1 が回転することで生じる翼先端渦および馬蹄渦の運動エネルギーが大きく、そのため翼先端渦および馬蹄渦が窪み形状の接続部 3 8 によって捉えられて保持されることになり、翼先端渦および馬蹄渦の変動や発達が抑制されることになる。また、その際、翼先端渦および馬蹄渦が窪み形状の接続部 3 8 に沿って内側に移動することになるため、その後、外縁部 2 3 の翼後端部 1 0 5 において剥離した翼先端渦および馬蹄渦が高速回転による大風量および高静圧によって軸方向に飛ばされることになる。したがって、図 3 8 に示すように、翼 2 1 で発生された風が流体送り装置 5 2 0 の前方において収束することになり、直進性が高くより遠くへ到達する風 9 0 0 が送風できることになる。そのため、効率よく送風を行なうことが可能になるとともに、風の直進性が高まることによって騒音の発生をも抑制することが可能になる。

30

【 0 1 1 8 】

このように、本実施の形態におけるプロペラファン 1 4 0 およびこれを備えた流体送り装置 5 2 0 とすることにより、発生される風の圧力変動が小さく快適な風を送り出すことが可能になるとともに、騒音の低減を図ることが可能になる。

【 0 1 1 9 】

40

[実施の形態 4 の変形例]

上述の実施の形態 4 におけるプロペラファン 1 4 0 では、外縁部 2 3 の翼後端部 1 0 5 寄りの位置に窪み形状の接続部 3 8 が形成されている。本実施の形態におけるプロペラファン 1 5 0 では、外縁部 2 3 上の翼先端部 1 0 4 と翼後端部 1 0 5 との間の途中領域に窪み形状の接続部 3 8 が設けられている。当該構成によっても、実施の形態 4 におけるプロペラファン 1 4 0 と略同様の作用および効果を得ることができる。

【 0 1 2 0 】

[第 1 検証実験]

図 4 0 ~ 図 4 4 を参照して、上記の各実施の形態のプロペラファンに共通して設けられる連結部 3 3 に関して行なった第 1 検証実験について説明する。第 1 検証試験においては

50

、連結部 3 3 の設けられている位置が異なる複数のプロペラファン 1 6 0 をサンプルとして準備し、これに基づいて各プロペラファン 1 6 0 を回転させてその際に得られる風量および得られた風に含まれる圧力変動を相対値として測定した。

【 0 1 2 1 】

図 4 0 および図 4 1 に示すように、プロペラファン 1 6 0 の基本的な形状としては、プロペラファン 1 6 0 の外縁部 2 3 は半径 R を有し、ボスハブ部 4 1 は半径 r を有し、翼 2 1 は半径方向の長さ $r_1 (= R - r)$ を有し、連結部 3 3 の前端部 3 3 A は無次元位置を有し、連結部 3 3 の後端部 3 3 B は無次元位置を有する。翼 2 1 には、前端部 3 3 A の無次元位置 から後端部 3 3 B の無次元位置 まで延びる連結部 3 3 が設けられている。

10

【 0 1 2 2 】

ボスハブ部 4 1 の外表面 4 1 S から連結部 3 3 の前端部 3 3 A までの半径方向に沿う長さ寸法を R_a とすると、無次元位置 とは、 R_a を翼 2 1 の半径方向の長さ r_1 で除算した値 (R_a / r_1) である。ボスハブ部 4 1 の外表面 4 1 S から連結部 3 3 の後端部 3 3 B までの半径方向に沿う長さ寸法を R_b とすると、無次元位置 とは、 R_b を翼 2 1 の半径方向の長さ r_1 で除算した値 (R_b / r_1) である。

【 0 1 2 3 】

また、プロペラファン 1 6 0 の翼 2 1 は、連結部 3 3 よりも半径方向内側 (内側領域 3 1 側) の食い違い角と連結部 3 3 よりも半径方向外側 (外側領域 3 2 側) の食い違い角とが略一定に形成され、且つ、連結部 3 3 よりも半径方向内側 (内側領域 3 1 側) の食い違い角が連結部 3 3 よりも半径方向外側 (外側領域 3 2 側) の食い違い角よりも小さくなるように形成されている。

20

【 0 1 2 4 】

翼面 2 8 の前縁部 2 2 の高さについては、従来のプロペラファン (図 4 1 中の実線で示す) を矢印 A R 1 方向に変形し、半径方向の内側で高くなり且つ一定の高さを有するように形成されたもの (図 4 1 中の点線で示すもの) を準備した。半径方向の内側で高くなるように形成した前縁部 2 2 の高さは、プロペラファン 1 6 0 の回転によって形成される占有空間 L M 1 の上面高さに一致するように形成している。

【 0 1 2 5 】

風量および圧力変動については、いずれもプロペラファン 1 6 0 の中心軸 1 0 1 に沿って噴出側に 3 0 mm 離れた位置であってかつプロペラファン 1 6 0 の中心軸 1 0 1 からの半径方向に沿った距離が外縁部 2 3 の最大半径 R の 8 0 % となる位置において測定した。当該プロペラファン 1 6 0 の中心軸 1 0 1 からの半径方向に沿った距離が外縁部 2 3 の最大半径の 7 0 % ~ 8 0 % 付近位置は、概して風速が最も大きくなる位置であり、そのため圧力変動が最も生じる位置でもある。

30

【 0 1 2 6 】

図 4 2 は、第 1 検証試験において得られた翼形状と相対風量との関係を示すグラフである。図 4 2 においては、横軸が後端部 3 3 B の無次元位置を表わしており、縦軸が相対風量を表わしている。縦軸に示した相対風量は、各サンプルにおいて測定された風速を連結部 3 3 が形成されていないプロペラファンにおける風速にて除算した値である。

40

【 0 1 2 7 】

図 4 2 に示されるように、前端部 3 3 A の無次元位置 が比較的小さいときは、後端部 3 3 B の無次元位置 を大きくすると風量が微増することがわかる。前端部 3 3 A の無次元位置 が比較的大きいときは、後端部 3 3 B の無次元位置 を大きくすると風量が顕著に増大することがわかる。

【 0 1 2 8 】

図 4 3 は、第 1 検証試験において得られた翼形状と相対圧力変動との関係を示すグラフである。図 4 3 においては、横軸が後端部 3 3 B の無次元位置を表わしており、縦軸が相対圧力変動を表わしている。縦軸に示した相対圧力変動は、各サンプルにおいて測定された相対圧力変動を連結部 3 3 が形成されていないプロペラファンにおける風速にて除算

50

した値である。

【 0 1 2 9 】

図 4 3 に示されるように、後端部 3 3 B の無次元位置 を増加させるにつれて相対圧力変動の値は徐々に小さくなり、後端部 3 3 B の無次元位置 が約 0 . 5 のときを変曲点として、後端部 3 3 B の無次元位置 を増加させるにつれて相対圧力変動の値は徐々に大きくなることわかる。この傾向は、前端部 3 3 A の無次元位置 が比較的大きいときほど顕著に現れることわかる。

【 0 1 3 0 】

図 4 4 は、第 1 検証試験において得られた翼形状と快適指数との関係を示すコンター図である。当該コンター図は、上述した図 4 2 および図 4 3 に示される結果に基づいて、快適指数を含むファン性能として、第 1 検証試験の結果を表わしたものである。快適指数は、図 4 2 において示す相対風量を図 4 3 において示す相対圧力変動にて除することにより算出されるものであり、この値が高いほど快適性が上がることになる。図 4 4 の縦軸は前端部 3 3 A の無次元位置 を示す値であり、図 4 4 の横軸は後端部 3 3 B の無次元位置 を示す値である。

【 0 1 3 1 】

図 4 4 に示されるように、 に着目して見た場合には、0 . 4 1 の範囲で快適指数が約 1 . 2 以上となることがわかる。一方、 に着目して見た場合には、0 . 3 0 . 7 の範囲で快適指数が約 1 . 4 以上となることがわかる。さらに、 および の両方に着目して見た場合には、 が 0 . 8 0 1 . 0 の条件を満たし、且つ、 が 0 . 4 0 0 . 6 5 の条件を満たすことにより、快適指数が約 1 . 5 以上となることがわかる。

【 0 1 3 2 】

図 4 0 を参照して、連結部 3 3 の設けられる位置については、回転方向における連結部 3 3 の中心位置 P 1 を通り、且つ、中心軸 1 0 1 を中心とする仮想の同心円 Z 1 を描いた場合に、連結部 3 3 の前端部 3 3 A は同心円 Z 1 の半径方向外側に位置し、連結部 3 3 後端部 3 3 B は同心円 Z 1 の半径方向内側に位置しているとよい。

【 0 1 3 3 】

この構成によると、プロペラファンの回転時、連結部 3 3 が設けられている領域の近傍においては、主流は半径方向外側から同方向内側に向かって流れる。したがって、連結部 3 3 を主流の流れに概ね沿うように形成し、連結部 3 3 が設けられている領域についても翼型を採用することで、あらゆる主流の流れに対して翼型を実現できるため、より効率的な送風を行うことが可能となる。

【 0 1 3 4 】

[第 2 検証実験]

図 4 5 ~ 図 4 9 を参照して、上記の各実施の形態のプロペラファンに共通して設けられる連結部 3 3 に関して行なった第 2 検証実験について説明する。第 2 検証試験においては、連結部 3 3 の設けられている位置が異なる複数のプロペラファン 1 7 0 をサンプルとして準備し、これに基づいて各プロペラファン 1 7 0 を回転させてその際に得られる風量および得られた風に含まれる圧力変動を相対値として測定した。

【 0 1 3 5 】

図 4 5 および図 4 6 に示すように、プロペラファン 1 7 0 の基本的な形状としては、プロペラファン 1 7 0 の外縁部 2 3 は半径 R を有し、ボスハブ部 4 1 は半径 r を有し、翼 2 1 は半径方向の長さ $r_1 (= R - r)$ を有し、翼 2 1 の外縁部 2 3 はコード長さ寸法 C を有し、連結部 3 3 の前端部 3 3 A は外縁部 2 3 寄りに位置し、連結部 3 3 の前端部 3 3 A は無次元位置 を有し、連結部 3 3 の後端部 3 3 B は無次元位置 を有する。翼 2 1 には、前端部 3 3 A の無次元位置 から後端部 3 3 B の無次元位置 まで延びる連結部 3 3 が設けられている。

【 0 1 3 6 】

ボスハブ部 4 1 の外表面 4 1 S から連結部 3 3 の後端部 3 3 B までの半径方向に沿う長

10

20

30

40

50

さ寸法を R_b とすると、無次元位置とは、 R_b を翼21の半径方向の長さ r_1 で除算した値である。翼先端部104から前端部33Aまでの長さ寸法を R_c とすると、無次元位置とは、 R_c を翼21の外縁部23のコード長さ寸法 C で除算した値(R_c/C)である。

【0137】

また、プロペラファン170の翼21は、連結部33よりも半径方向内側の食い違い角と連結部33よりも半径方向外側(外側領域32側)の食い違い角とが略一定に形成され、且つ、連結部33よりも半径方向内側(内側領域31側)の食い違い角が連結部33よりも半径方向外側(外側領域32側)の食い違い角よりも小さくなるように形成されている。

10

【0138】

翼面28の前縁部22の高さについては、従来のプロペラファン(図46中の実線で示す)を矢印AR2方向に変形し、半径方向の内側で高くなり且つ一定の高さを有するように形成されたもの(図46中の点線で示すもの)を準備した。半径方向の内側で高くなるように形成した前縁部22の高さは、プロペラファン170の回転によって形成される占有空間LM2の上面高さに一致するように形成している。

【0139】

風量および圧力変動については、いずれもプロペラファン170の中心軸101に沿って噴出側に30mm離れた位置であってかつプロペラファン170の中心軸101からの半径方向に沿った距離が外縁部23の最大半径 R の80%となる位置において測定した。当該プロペラファン170の中心軸101からの半径方向に沿った距離が外縁部23の最大半径の80%となる位置は、概して風速が最も大きくなる位置であり、そのため圧力変動が最も生じる位置でもある。

20

【0140】

図47は、第2検証試験において得られた翼形状と相対風量との関係を示すグラフである。図47においては、横軸が後端部33Bの無次元位置を表わしており、縦軸が相対風量を表わしている。縦軸に示した相対風量は、各サンプルにおいて測定された風量を連結部33が形成されていないプロペラファンにおける風量にて除算した値である。

【0141】

図47に示されるように、前端部33Aの無次元位置が比較的大きいときは、後端部33Bの無次元位置を大きくすると風量が微増することがわかる。前端部33Aの無次元位置が比較的小さいときは、後端部33Bの無次元位置を大きくすると風量が顕著に増大することがわかる。

30

【0142】

図48は、第2検証試験において得られた翼形状と相対圧力変動との関係を示すグラフである。図48においては、横軸が後端部33Bの無次元位置を表わしており、縦軸が相対圧力変動を表わしている。縦軸に示した相対圧力変動は、各サンプルにおいて測定された圧力変動を連結部33が形成されていないプロペラファンにおける圧力変動にて除算した値である。

【0143】

図48に示されるように、後端部33Bの無次元位置を増加させるにつれて相対圧力変動の値は徐々に小さくなり、後端部33Bの無次元位置が約0.5のときを変曲点として、後端部33Bの無次元位置を増加させるにつれて相対圧力変動の値は徐々に大きくなることをわかる。この傾向は、前端部33Aの無次元位置が比較的小さいときほど顕著に現れることがわかる。

40

【0144】

図49は、第2検証試験において得られた翼形状と快適指数との関係を示すコンター図である。当該コンター図は、上述した図47および図48に示される結果に基づいて、快適指数を含むファン性能として、第2検証試験の結果を表わしたものである。快適指数は、図47において示す相対風量を図48において示す相対圧力変動にて除することにより

50

算出されるものであり、この値が高いほど快適性が上がることになる。図 4 9 の縦軸は前端部 3 3 A の無次元位置 η を示す値であり、図 4 9 の横軸は後端部 3 3 B の無次元位置 η を示す値である。

【 0 1 4 5 】

図 4 9 に示されるように、 $\eta = 0$ に着目して見た場合には、 $0 < \eta < 0.5$ の範囲で快適指数が約 1.6 以上となることがわかる。一方、 $\eta = 0.5$ に着目して見た場合には、 $0.3 < \eta < 0.8$ の範囲で快適指数が約 1.5 以上となることがわかる。さらに、 $\eta = 0.5$ および $\eta = 0.8$ の両方に着目して見た場合には、 $\eta = 0.4$ から $\eta = 0.7$ の条件を満たし、且つ、 $\eta = 0.3$ の条件を満たすことにより、快適指数が約 1.6 以上となることがわかる。

【 0 1 4 6 】

図 5 0 を参照して、連結部 3 3 の設けられる位置については、連結部 3 3 が翼先端部 1 0 4 から翼後端部 1 0 5 までの途中に位置する外縁部 2 3 の部分から後縁部 2 4 まで設けられている場合、連結部 3 3 は、翼面 2 8 の厚さ T が最大となる部分よりも回転方向の下流側から設けられているとよい。特に、翼面 2 8 を厚く形成し、翼面 2 8 の断面形状を翼型にする場合には、翼面 2 8 の最大厚み位置より下流域から連結部 3 3 を設けると効果的である。

【 0 1 4 7 】

[第 3 検証実験]

図 5 1 ~ 図 5 7 を参照して、上記の各実施の形態のプロペラファンに共通して設けられる連結部 3 3 に関して行なった第 3 検証実験について説明する。第 3 検証実験においては、図 5 1 および図 5 2 に示すプロペラファン 1 8 0 と、図 5 3 および図 5 4 に示すプロペラファン 9 1 0 とを準備し、プロペラファン 1 8 0 , 9 1 0 をそれぞれ回転させてその際に得られる風量、騒音、および消費電力を測定した。

【 0 1 4 8 】

図 5 1 および図 5 2 を参照して、プロペラファン 1 8 0 の基本的な構成は、上述の第 1 検証実験で用いられたプロペラファン 1 6 0 (図 4 0 および図 4 1 参照) と略同一である。連結部 3 3 の前端部 3 3 A の無次元位置 η の値は 0.9 である。連結部 3 3 の後端部 3 3 B の無次元位置 η の値は 0.5 である。点線 $L L 2$ で示されるように、プロペラファン 1 8 0 の翼 2 1 は、連結部 3 3 の回転方向の中央付近で、所定の深さで折れ曲っている。

【 0 1 4 9 】

プロペラファン 1 8 0 の直径 $D 1 0$ は 1 8 0 mm である。プロペラファン 1 8 0 の回転によって形成される占有空間 $L M 1 0$ の中心軸 1 0 1 方向における高さ $H 1 0$ は 4 0 mm である。ボスハブ部 4 1 の直径 $D 1 0$ は 3 0 mm である。プロペラファン 1 8 0 と占有空間 $L M 1 0$ との間には、所定の体積を有する隙間 $S A$ が形成される。

【 0 1 5 0 】

図 5 3 および図 5 4 を参照して、プロペラファン 9 1 0 は、プロペラファン 1 8 0 のような連結部 3 3 を有しておらず、翼 2 1 は略平坦に形成される。プロペラファン 9 1 0 の直径 $D 2 0$ は、プロペラファン 1 8 0 の直径 $D 1 0$ (1 8 0 mm) と同一である。プロペラファン 9 1 0 の回転によって形成される占有空間 $L M 2 0$ の中心軸 1 0 1 方向における高さ $H 2 0$ も、プロペラファン 1 8 0 における高さ $H 1 0$ (4 0 mm) と同一である。

【 0 1 5 1 】

ボスハブ部 4 1 の直径 $D 2 0$ も、プロペラファン 1 8 0 におけるボスハブ部 4 1 の直径 $D 1 0$ (3 0 mm) と同一である。プロペラファン 9 1 0 と占有空間 $L M 2 0$ との間には、所定の体積を有する隙間 $S B$ が形成される。隙間 $S B$ は、隙間 $S A$ よりも大きい。

【 0 1 5 2 】

図 5 5 は、プロペラファン 1 8 0 , 9 1 0 の回転数 n (r p m) と、プロペラファン 1 8 0 , 9 1 0 の各々から得られる風量 Q (m^3 / min) との関係を示すグラフである。プロペラファン 9 1 0 の回転数 n と風量 Q との関係は、線 $L 1$ によって示される。プロペラファン 1 8 0 の回転数 n と風量 Q との関係は、線 $L 2$ によって示される。

【 0 1 5 3 】

線 L 1 および線 L 2 を対比すると、回転数 n が同一の場合、プロペラファン 1 8 0 はプロペラファン 9 1 0 に対して 4 0 % 増加した風量を得られている。したがって、プロペラファン 1 8 0 は、プロペラファンの直径、プロペラファンの回転によって形成される占有空間の高さ、および、ボスハブ部の直径がそれぞれ同一に構成されたプロペラファン 9 1 0 に比べて、多くの風量を得ることができることがわかる。

【 0 1 5 4 】

図 5 6 は、プロペラファン 1 8 0 , 9 1 0 の到達距離風量 Q (m^3 / min) と、プロペラファン 1 8 0 , 9 1 0 の各々から発生する騒音 (dB) との関係を示すグラフである。プロペラファン 9 1 0 の到達距離風量 Q と騒音との関係は、線 L 1 によって示される。プロペラファン 1 8 0 の到達距離風量 Q と騒音との関係は、線 L 2 によって示される。

10

【 0 1 5 5 】

線 L 1 および線 L 2 を対比すると、到達距離風量 Q が同一の場合、プロペラファン 1 8 0 から発生する騒音は、プロペラファン 9 1 0 から発生する騒音に対して 5 dB 低減している。したがって、プロペラファン 1 8 0 は、プロペラファンの直径、プロペラファンの回転によって形成される占有空間の高さ、および、ボスハブ部の直径がそれぞれ同一に構成されたプロペラファン 9 1 0 に比べて、騒音を低減できることがわかる。

【 0 1 5 6 】

図 5 7 は、プロペラファン 1 8 0 , 9 1 0 の到達距離風量 Q (m^3 / min) と、プロペラファン 1 8 0 , 9 1 0 の各々で使用される消費電力 (W) との関係を示すグラフである。プロペラファン 9 1 0 の到達距離風量 Q と消費電力との関係は、線 L 1 によって示される。プロペラファン 1 8 0 の到達距離風量 Q と消費電力との関係は、線 L 2 によって示される。

20

【 0 1 5 7 】

線 L 1 および線 L 2 を対比すると、到達距離風量 Q が同一の場合、プロペラファン 1 8 0 で使用される消費電力は、プロペラファン 9 1 0 で使用される消費電力に対して 5 % 低減している。したがって、プロペラファン 1 8 0 は、プロペラファンの直径、プロペラファンの回転によって形成される占有空間の高さ、および、ボスハブ部の直径がそれぞれ同一に構成されたプロペラファン 9 1 0 に比べて、消費電力を低減できることがわかる。

【 0 1 5 8 】

[第 4 検証実験]

30

図 5 8 ~ 図 6 3 を参照して、上記の各実施の形態のプロペラファンに共通して設けられる連結部 3 3 に関して行なった第 4 検証実験について説明する。第 4 検証実験においては、図 5 8 および図 5 9 に示すプロペラファン 1 9 0 と、上述の第 3 検証実験で使用したプロペラファン 9 1 0 (図 5 3 および図 5 4 参照) とをそれぞれ回転させてその際に得られる風量、騒音、消費電力、および風速分布を測定した。

【 0 1 5 9 】

図 5 8 および図 5 9 に示すように、プロペラファン 1 9 0 の基本的な形状としては、上述の第 3 検証実験で使用したプロペラファン 1 8 0 (図 5 1 および図 5 2 参照) と略同一である。点線 L 3 で示されるように、プロペラファン 1 9 0 の翼 2 1 は、連結部 3 3 の回転方向の中央付近で、かなり深く折れ曲っている。連結部 3 3 の負圧面 2 7 側に形成される内角は、プロペラファン 1 9 0 の方が、プロペラファン 1 8 0 に比べて小さく形成されている。

40

【 0 1 6 0 】

図 6 0 は、プロペラファン 1 9 0 , 9 1 0 の回転数 n (rpm) と、プロペラファン 1 9 0 , 9 1 0 の各々から得られる風量 Q (m^3 / min) との関係を示すグラフである。プロペラファン 9 1 0 の回転数 n と風量 Q との関係は、線 L 1 によって示される。プロペラファン 1 9 0 の回転数 n と風量 Q との関係は、線 L 3 によって示される。

【 0 1 6 1 】

線 L 1 および線 L 3 を対比すると、回転数 n が同一の場合、プロペラファン 1 9 0 はプロペラファン 9 1 0 に対して 4 0 % 増加した風量を得られている。したがって、プロペラ

50

ファン１９０は、プロペラファンの直径、プロペラファンの回転によって形成される占有空間の高さ、および、ボスハブ部の直径がそれぞれ同一に構成されたプロペラファン９１０に比べて、多くの風量を得ることができることがわかる。

【０１６２】

図６１は、プロペラファン１９０，９１０の到達距離風量 Q (m^3/min)と、プロペラファン１９０，９１０の各々から発生する騒音 (dB) との関係を示すグラフである。プロペラファン９１０の到達距離風量 Q と騒音との関係は、線Ｌ１によって示される。プロペラファン１９０の到達距離風量 Q と騒音との関係は、線Ｌ３によって示される。

【０１６３】

線Ｌ１および線Ｌ３を対比すると、到達距離風量 Q が同一の場合、プロペラファン１９０から発生する騒音は、プロペラファン９１０から発生する騒音に対して３dB低減している。したがって、プロペラファン１９０は、プロペラファンの直径、プロペラファンの回転によって形成される占有空間の高さ、および、ボスハブ部の直径がそれぞれ同一に構成されたプロペラファン９１０に比べて、騒音を低減できることがわかる。

【０１６４】

図６２は、プロペラファン１９０，９１０の到達距離風量 Q (m^3/min)と、プロペラファン１９０，９１０の各々で使用される消費電力 (W) との関係を示すグラフである。プロペラファン９１０の到達距離風量 Q と消費電力との関係は、線Ｌ１によって示される。プロペラファン１９０の到達距離風量 Q と消費電力との関係は、線Ｌ３によって示される。

【０１６５】

線Ｌ１および線Ｌ３を対比すると、到達距離風量 Q が同一の場合、プロペラファン１９０で使用される消費電力は、プロペラファン９１０で使用される消費電力に対して５％低減している。したがって、プロペラファン１９０は、プロペラファンの直径、プロペラファンの回転によって形成される占有空間の高さ、および、ボスハブ部の直径がそれぞれ同一に構成されたプロペラファン９１０に比べて、消費電力を低減できることがわかる。

【０１６６】

図６３は、プロペラファン１９０，９１０の各々における中心軸１０１からの半径方向の距離（無次元）と、風速（無次元）との関係を示すグラフである。プロペラファン９１０における中心軸１０１からの半径方向の距離（無次元）と風速（無次元）との関係は、線Ｌ１によって示される。プロペラファン１９０における中心軸１０１からの半径方向の距離（無次元）と風速（無次元）との関係は、線Ｌ３によって示される。

【０１６７】

線Ｌ１および線Ｌ３を対比すると、プロペラファン１９０，９１０の双方とも、中心軸１０１から０．８ R (R は、プロペラファンの平面視における翼２１の最大半径)だけ離れた位置で、風速が大きなピーク値を示している。一方で、プロペラファン１９０においては、中心軸１０１を中心とする内周側において送風能力を向上させ、中心軸１０１を中心とする外周側において送風能力を低減させることによって、風速のピークが解消されていることがわかる。

【０１６８】

第４検証実験の考察としては、翼面２８上に連結部３３を設け、翼面２８の内側の食い違い角を比較的小さくし、翼面２８の外側の食い違い角を比較的大きくし、プロペラファンとしての占有可能空間をほぼ最大限使用しながら鎌形状とすることによって、総風量を大幅に増大させ、騒音および消費電力を低減できることがわかる。

【０１６９】

また、翼面２８が連結部３３において深く折れ曲がるように形成される場合、連結部３３で一旦最大となった食い違い角が外縁部２３側で再び増加し、半径方向に沿って切断した翼面２８の断面形状は、半径方向に沿って上下する。翼面２８が連結部３３においてあまり極端に折れ曲がると、その翼面２８および連結部３３の形状は、翼面２８で発生する主流ではない二次流れに影響し、騒音の発生を効果的に抑制するという効果が低下しやす

10

20

30

40

50

くなる。したがって、占有可能空間内を最大限使用する場合にも、連結部 33 の近傍での主流および馬蹄渦などの空気流れを考慮し、連結部 33 の湾曲度合い、屈曲度合い、および形状を定めるとよい。

【0170】

[第5検証実験]

図 64 ~ 図 68 を参照して、上記の各実施の形態のプロペラファンに共通して設けられる連結部 33 に関して行なった第 5 検証実験について説明する。第 5 検証実験においては、図 64 および図 65 に示すプロペラファン 200 と、上述の第 4 検証実験で使用したプロペラファン 190 (図 58 および図 59 参照) とをそれぞれ回転させてその際に得られる風量、騒音、および消費電力を測定した。

10

【0171】

図 64 および図 65 に示すように、プロペラファン 200 の基本的な形状としては、上述の第 4 検証実験で使用したプロペラファン 190 (図 58 および図 59 参照) と略同一である。点線 L4 で示されるように、プロペラファン 200 の翼 21 は、連結部 33 の回転方向の中央付近で緩やかに折れ曲っている。連結部 33 の負圧面 27 側に形成される内角は、プロペラファン 200 の方が、プロペラファン 190 に比べて大きく形成されている。

【0172】

プロペラファン 200 の前縁部 22 は、プロペラファン 190 の前縁部 22 に比べて回転方向の前方側 (矢印 AR5 参照) に延出している。図 64 中の点線 DL5 は、プロペラファン 190 の前縁部 22 が形成されている位置に相当している。また、連結部 33 より半径方向の内側の部分の食い違い角は、プロペラファン 200 の方がプロペラファン 190 に比べて小さくなるように設けられている。連結部 33 より半径方向の内側の部分の食い違い角は、プロペラファン 190 に比べてプロペラファン 200 の方が、連結部 33 より半径方向の外側の部分の食い違い角に近い。

20

【0173】

図 66 は、プロペラファン 200, 190 の回転数 n (rpm) と、プロペラファン 200, 190 の各々から得られる風量 Q (m^3/min) との関係を示すグラフである。プロペラファン 200 の回転数 n と風量 Q との関係は、線 L4 によって示される。プロペラファン 190 の回転数 n と風量 Q との関係は、線 L3 によって示される。線 L3 および線 L4 を対比すると、ほとんど違いは見られないことがわかる。

30

【0174】

図 67 は、プロペラファン 200, 190 の到達距離風量 Q (m^3/min) と、プロペラファン 200, 190 の各々から発生する騒音 (dB) との関係を示すグラフである。プロペラファン 200 の到達距離風量 Q と騒音との関係は、線 L4 によって示される。プロペラファン 190 の到達距離風量 Q と騒音との関係は、線 L3 によって示される。線 L3 および線 L4 を対比すると、ほとんど違いは見られないことがわかる。

【0175】

図 68 は、プロペラファン 200, 190 の到達距離風量 Q (m^3/min) と、プロペラファン 200, 190 の各々で使用される消費電力 (W) との関係を示すグラフである。プロペラファン 200 の到達距離風量 Q と消費電力との関係は、線 L4 によって示される。プロペラファン 190 の到達距離風量 Q と消費電力との関係は、線 L3 によって示される。線 L3 および線 L4 を対比すると、ほとんど違いは見られないことがわかる。

40

【0176】

[第6検証実験]

図 69 ~ 図 73 を参照して、上記の各実施の形態のプロペラファンに共通して設けられる連結部 33 に関して行なった第 6 検証実験について説明する。第 6 検証実験においては、図 69 および図 70 に示すプロペラファン 210 と、上述の第 4 検証実験で使用したプロペラファン 190 (図 58 および図 59 参照) とをそれぞれ回転させてその際に得られる風量、騒音、および消費電力を測定した。

50

【 0 1 7 7 】

図 6 9 および図 7 0 に示すように、プロペラファン 2 1 0 の基本的な形状としては、上述の第 4 検証実験で使用したプロペラファン 1 9 0 (図 5 8 および図 5 9 参照) と略同一である。点線 L L 5 で示されるように、プロペラファン 2 1 0 の翼 2 1 は、連結部 3 3 の回転方向の中央付近で緩やかに折れ曲っている。連結部 3 3 の負圧面 2 7 側に形成される内角は、プロペラファン 2 1 0 の方が、プロペラファン 1 9 0 に比べて大きく形成されている。

【 0 1 7 8 】

図 7 0 中の矢印 A R 6 に示すように、プロペラファン 2 1 0 においては、連結部 3 3 の外側の外縁部 2 3 が、プロペラファン 1 9 0 のものに比べて噴出側 (矢印 A R 6 参照) に位置している。図 7 0 中の点線 D L 6 は、プロペラファン 1 9 0 における連結部 3 3 の外側の外縁部 2 3 が形成されている位置に相当している。連結部 3 3 より半径方向の外側の部分の食い違い角は、プロペラファン 2 1 0 の方がプロペラファン 1 9 0 に比べて小さくなるように設けられている。

【 0 1 7 9 】

図 7 1 は、プロペラファン 2 1 0 , 1 9 0 の回転数 n (r p m) と、プロペラファン 2 1 0 , 1 9 0 の各々から得られる風量 Q (m^3 / min) との関係を示すグラフである。プロペラファン 2 1 0 の回転数 n と風量 Q との関係は、線 L 5 によって示される。プロペラファン 1 9 0 の回転数 n と風量 Q との関係は、線 L 3 によって示される。

【 0 1 8 0 】

線 L 3 および線 L 5 を対比すると、回転数 n が同一の場合、プロペラファン 2 1 0 はプロペラファン 1 9 0 と比べてやや少ないが略同一の風量を得られていることがわかる。したがって、回転数 n が同一の場合、プロペラファン 1 9 0 は、上述の第 3 検証実験で使用したプロペラファン 9 1 0 (図 5 3 および図 5 4 参照) に対して 4 0 % 増加した風量を得られている。

【 0 1 8 1 】

図 7 2 は、プロペラファン 2 1 0 , 1 9 0 の到達距離風量 Q (m^3 / min) と、プロペラファン 2 1 0 , 1 9 0 の各々から発生する騒音 (d B) との関係を示すグラフである。プロペラファン 2 1 0 の到達距離風量 Q と騒音との関係は、線 L 5 によって示される。プロペラファン 1 9 0 の到達距離風量 Q と騒音との関係は、線 L 3 によって示される。

【 0 1 8 2 】

線 L 5 および線 L 3 を対比すると、到達距離風量 Q が同一の場合、プロペラファン 2 1 0 から発生する騒音は、プロペラファン 1 9 0 から発生する騒音に対してさらに 2 d B 低減している。したがって、プロペラファン 2 1 0 は、プロペラファンの直径、プロペラファンの回転によって形成される占有空間の高さ、および、ボスハブ部の直径がそれぞれ同一に構成されたプロペラファン 1 9 0 に比べて、騒音をさらに低減できることがわかる。

【 0 1 8 3 】

図 7 3 は、プロペラファン 2 1 0 , 1 9 0 の到達距離風量 Q (m^3 / min) と、プロペラファン 2 1 0 , 1 9 0 の各々で使用される消費電力 (W) との関係を示すグラフである。プロペラファン 2 1 0 の到達距離風量 Q と消費電力との関係は、線 L 5 によって示される。プロペラファン 1 9 0 の到達距離風量 Q と消費電力との関係は、線 L 3 によって示される。

【 0 1 8 4 】

線 L 5 および線 L 3 を対比すると、到達距離風量 Q が同一の場合、プロペラファン 2 1 0 で使用される消費電力は、プロペラファン 1 9 0 で使用される消費電力に対してさらに 1 5 % 低減している。したがって、プロペラファン 2 1 0 は、プロペラファンの直径、プロペラファンの回転によって形成される占有空間の高さ、および、ボスハブ部の直径がそれぞれ同一に構成されたプロペラファン 1 9 0 に比べて、消費電力をさらに低減できることがわかる。

【 0 1 8 5 】

第6検証実験の考察としては、プロペラファン210においては、プロペラファンとしての占有可能空間を連結部33より内側では最大限使用し、連結部33より外側では食い違い角をより大きくしている。外縁部23の半径方向外側の高さを下げ、食い違い角が半径方向外側で単調増加していく滑らかな曲面とすることで二次流れが適切に抵抗少なく流れ、乱流および騒音が低減され、消費電力（流れ損失）をも低減可能となることがわかる。

【0186】

[第7検証実験]

図74～図80を参照して、上記の各実施の形態のプロペラファンに共通して設けられる逆キャンバー構造に関して行なった第7検証実験について説明する。第7検証実験においては、図74～図77に示すプロペラファン220と、上述の第6検証実験で使用したプロペラファン210（図69および図70参照）とをそれぞれ回転させてその際に得られる風量、騒音、および消費電力を測定した。

【0187】

図74は、プロペラファン220を吸込側から見た斜視図である。図75は、プロペラファン220の側面図である。図76は、図74中のLXXVI-LXXVI線に沿った矢視断面図である。図77は、図74中のLXXVII-LXXVII線に沿った矢視断面図である。

【0188】

図74および図75に示すように、プロペラファン220の基本的な形状としては、上述の第6検証実験で使用したプロペラファン210（図69および図70参照）と略同一である。プロペラファン210は逆キャンバー構造を有している。プロペラファン220は逆キャンバー構造を有しておらず、いわゆる正キャンバー構造を有している。

【0189】

図74～図76に示すように、プロペラファン220における翼21の内側領域31は、前縁部22および後縁部24を両端として内側領域31の中腹部が仮想直線31Lから吸込側に向かって遠ざかるように湾曲し、翼面28（内側領域31）の正圧面26側が凹となり翼面28（内側領域31）の負圧面27側が凸となるように反った形状を有している。

【0190】

図74、図75、および図77に示すように、プロペラファン220における翼21の外側領域32は、前縁部22および後縁部24を両端として外側領域32の中腹部が仮想直線33Lから吸込側に向かって遠ざかるように湾曲し、翼面28（外側領域32）の正圧面26側が凹となり翼面28（外側領域32）の負圧面27側が凸となるように反った形状を有している。

【0191】

図76および図77を参照して、プロペラファン220における翼21は、翼根部34および内側領域31において正圧面26側が凹となり負圧面27側が凸となるように反った形状を有し、外側領域32および外縁部23においても正圧面26側が凹となり負圧面27側が凸となるように反った形状を有している（正キャンバー構造）。

【0192】

図78は、プロペラファン220、210の回転数 n (rpm)と、プロペラファン220、210の各々から得られる風量 Q (m^3/min)との関係を示すグラフである。プロペラファン220の回転数 n と風量 Q との関係は、線L6によって示される。プロペラファン210の回転数 n と風量 Q との関係は、線L5によって示される。

【0193】

線L5および線L6を対比すると、回転数 n が同一の場合、プロペラファン220はプロペラファン210と比べてやや少ないが略同一の風量を得られていることがわかる。回転数 n が同一の場合、正キャンバー構造を有するプロペラファン220であっても、上述の第3検証実験で使用したプロペラファン910（図53および図54参照）に対して4

10

20

30

40

50

0 % 増加した風量が得られている。

【 0 1 9 4 】

図 7 9 は、プロペラファン 2 2 0 , 2 1 0 の到達距離風量 Q (m^3 / min) と、プロペラファン 2 2 0 , 2 1 0 の各々から発生する騒音 (dB) との関係を示すグラフである。プロペラファン 2 2 0 の到達距離風量 Q と騒音との関係は、線 L 6 によって示される。プロペラファン 2 1 0 の到達距離風量 Q と騒音との関係は、線 L 5 によって示される。

【 0 1 9 5 】

線 L 5 および線 L 6 を対比すると、到達距離風量 Q が同一の場合、プロペラファン 2 2 0 から発生する騒音は、プロペラファン 2 1 0 から発生する騒音に対してわずかに大きくなることわかる。到達距離風量 Q が同一の場合、正キャンバー構造を有するプロペラファン 2 2 0 であっても、上述の第 3 検証実験で使用したプロペラファン 9 1 0 (図 5 3 および図 5 4 参照) に比べると騒音は低減されている。

【 0 1 9 6 】

図 8 0 は、プロペラファン 2 2 0 , 2 1 0 の到達距離風量 Q (m^3 / min) と、プロペラファン 2 2 0 , 2 1 0 の各々で使用される消費電力 (W) との関係を示すグラフである。プロペラファン 2 2 0 の到達距離風量 Q と消費電力との関係は、線 L 6 によって示される。プロペラファン 2 1 0 の到達距離風量 Q と消費電力との関係は、線 L 5 によって示される。

【 0 1 9 7 】

線 L 5 および線 L 6 を対比すると、到達距離風量 Q が同一の場合、プロペラファン 2 2 0 で使用される消費電力は、プロペラファン 2 1 0 で使用される消費電力に対してわずかに増加している。到達距離風量 Q が同一の場合、正キャンバー構造を有するプロペラファン 2 2 0 であっても、上述の第 3 検証実験で使用したプロペラファン 9 1 0 (図 5 3 および図 5 4 参照) に比べると消費電力は低減されている。

【 0 1 9 8 】

第 7 検証実験の考察としては、風量、騒音、および消費電力の観点では正キャンバー構造に比べると逆キャンバー構造の方が優れていることがわかる。翼面 2 8 の高さ寸法とコード長さ寸法との関係によっては、翼根部 3 4 で送風が良好には行われなくなる場合もあるため、このような場合には、逆キャンバー構造を採用することがよいことがわかる。なお、プロペラファンの直径が 1 8 0 mm、ボスハブ部 4 1 の直径が 3 0 mm、プロペラファンの回転によって形成される占有空間の中心軸 1 0 1 方向における高さが 4 0 mm の場合、正キャンバー構造に比べて逆キャンバー構造の方が顕著に優れた効果が得られることが分かっている。

【 0 1 9 9 】

図 8 1 は、第 7 検証実験に用いられたプロペラファンの変形例を示す断面図であり、当該変形例のプロペラファンを図 7 6 と同一の切断面で切断したときに得られる図である。図 8 1 に示すプロペラファン 2 3 0 における翼 2 1 の翼根部 3 4 のように、中心軸 1 0 1 の周方向に沿う断面視が S 字状を呈するように形成されているとよい場合もあることが分かっている。なおこの場合も、翼根部 3 4 における食い違い角 A は、外縁部 2 3 における食い違い角 B よりも小さく設けられる。

【 0 2 0 0 】

プロペラファン 2 3 0 の内側領域 3 1 は、前縁部 2 2 から後縁部 2 4 に向かうにつれて、仮想直線 3 1 L から噴出側に向かって離れるようにして湾曲する反った形状と、仮想直線 3 1 L から吸込側に向かって離れるようにして湾曲する反った形状とが、全体として S 字状に連続するように形成されている。翼面 2 8 の高さ寸法とコード長さ寸法との関係によっては、翼根部 3 4 で送風が良好には行われなくなる場合があるため、このような場合には、翼根部 3 4 が断面視 S 字状に形成されていることにより良好な送風が得られる。このような構成 (S 字キャンバー構造) は、翼面 2 8 に連結部 3 3 が設けられるという技術的な思想とは独立して実施することが可能である。

【 0 2 0 1 】

〔実施の形態 5〕

(流体送り装置 610)

図 82 を参照して、本実施の形態における流体送り装置 610 について説明する。本実施の形態における流体送り装置 610 は、たとえば、扇風機として用いられることができる。流体送り装置 610 は、プロペラファン 250 と、駆動モータ (図示せず) とを備える。

【0202】

(プロペラファン 250)

図 83 は、プロペラファン 250 を吸込側から見た斜視図である。図 84 は、プロペラファン 250 を吸込側から見た平面図である。図 85 は、プロペラファン 250 を噴出側から見た斜視図である。図 86 は、プロペラファン 250 を噴出側から見た平面図である。図 87 は、プロペラファン 250 を示す第 1 側面図である。図 88 は、プロペラファン 250 を示す第 2 側面図である。

10

【0203】

プロペラファン 250 は、駆動モータ (図示せず) に駆動されることによって、中心軸 101 を中心として矢印 102 に示す方向に回転する。翼 21 の回転によって風が生成され、流体送り装置 610 (図 82 参照) は送風することが可能となる。

【0204】

本実施の形態におけるプロペラファン 250 は、回転軸部としてのボスハブ部 41 と、7 枚の翼 21 とを有する。プロペラファン 250 は、7 枚以外の複数枚の翼 21 を備えていてもよいし、1 枚のみの翼 21 を備えていてもよい。プロペラファン 250 は、扇風機としての流体送り装置 610 に限られず、サーキュレータ、エアーコンディショナ、空気清浄機、加湿機、除湿機、ファンヒータ、冷却装置、または換気装置などの各種の流体送り装置に用いられることもできる。

20

【0205】

ボスハブ部 41 は、プロペラファン 250 を、駆動源である駆動モータ (図示せず) の出力軸に接続する部分である。翼 21 は、ボスハブ部 41 の外表面から中心軸 101 の半径方向外側に延出するように形成されている。7 枚の翼 21 は、プロペラファン 250 の回転軸 (中心軸 101) の周方向において、等間隔に並んで配置されている。本実施の形態では、7 枚の翼 21 は、同一形状に形成されている。いずれかの翼 21 を中心軸 101 を中心に回転させた場合に、その翼 21 の形状と別の翼 21 の形状とは一致する。

30

【0206】

(翼 21)

翼 21 は、翼根部 34 および翼根部 34 から板状に延びる翼面 28 を含む。翼根部 34 は、翼 21 とボスハブ部 41 の外表面との間 (境目) に配置される。翼面 28 は、正圧面 26 と、正圧面 26 の裏側に配置される負圧面 27 とから構成されている。正圧面 26 は、中心軸 101 の軸方向において翼面 28 の噴出側に位置する。負圧面 27 は、中心軸 101 の軸方向において翼面 28 の吸込側に位置する。正圧面 26 および負圧面 27 の各々の表面は、全体として滑らかに形成されている。

【0207】

翼面 28 は、プロペラファン 250 の回転に伴って送風を行ない、吸込側から噴出側に空気を送り出す。プロペラファン 250 の回転時、翼面 28 上で空気流れが発生することに伴って、正圧面 26 で相対的に大きく、負圧面 27 で相対的に小さくなる圧力分布が生じる。

40

【0208】

翼面 28 の周縁には、翼根部 34 のうちの回転方向の側の部分から翼根部 34 のうちの回転方向の反対側の部分に向かって、前縁部 22、翼先端部 104、外縁部 23、翼後端部 105、および、後縁部 24 がこの順で環状に形成される。

【0209】

翼 21 を平面的に見た場合に、翼 21 は、前縁部 22 と外縁部 23 とが交わる翼先端部

50

１０４を先端にして、鎌状に尖った形状を有する。前縁部２２および後縁部２４の径方向内側の部分においては、回転方向に沿ったそれらの幅が徐々に小さくなるように構成されており、前縁部２２および後縁部２４の径方向外側の部分においては、回転方向に沿ったそれらの幅が徐々に大きくなるように構成されている。

【０２１０】

具体的には、前縁部２２は、翼２１の回転方向（矢印１０２方向）の上流側に配置される。プロペラファン２５０を中心軸１０１の軸方向から見た場合（換言すると、プロペラファン２５０を平面的に見た場合）に、前縁部２２は、翼根部３４のうちの回転方向の側の部分から、中心軸１０１を中心とする半径方向内側から同方向外側に向けて延びている。前縁部２２は、中心軸１０１を中心とする半径方向内側から同方向外側に湾曲しながら、プロペラファン２５０の回転方向に向かって延びている。

10

【０２１１】

翼先端部１０４は、中心軸１０１から見て前縁部２２の半径方向外側に配置される。翼先端部１０４は、前縁部２２と次述する外縁部２３とが接続される部分である。本実施の形態における翼先端部１０４は、翼２１の中で最も回転方向の側に位置している。

【０２１２】

後縁部２４は、翼２１の回転方向（矢印１０２方向）の下流側に配置される。プロペラファン２５０を中心軸１０１の軸方向から見た場合（換言すると、プロペラファン２５０を平面的に見た場合）に、後縁部２４は、翼根部３４のうちの回転方向の反対側の部分から、中心軸１０１を中心とする半径方向内側から同方向外側に向けて延びている。後縁部２４は、中心軸１０１を中心とする周方向において、前縁部２２と対向して配置されている。後縁部２４は、中心軸１０１を中心とする半径方向内側から同方向外側に緩やかに湾曲しながら、プロペラファン２５０の回転方向に向かって延びている。

20

【０２１３】

翼後端部１０５は、中心軸１０１から見て後縁部２４の半径方向外側に配置される。翼後端部１０５は、後縁部２４と次述する外縁部２３とが接続される部分である。本実施の形態のプロペラファン２５０における翼先端部１０４は、翼後端部１０５よりも中心軸１０１を中心とする内周側に配置されている。

【０２１４】

外縁部２３は、中心軸１０１の周方向に沿って延び、翼先端部１０４と翼後端部１０５との間を接続するように設けられる。外縁部２３は、外縁部２３の周方向に延びる線上においてプロペラファン２５０の最も回転方向の側に位置する翼先端部１０４で前縁部２２と交わり、外縁部２３の周方向に延びる線上においてプロペラファン２５０の最も回転方向の反対側に位置する翼後端部１０５で後縁部２４と交わっている。外縁部２３は、全体として、翼先端部１０４と翼後端部１０５との間で円弧状に延びている。

30

【０２１５】

前縁部２２、翼先端部１０４、外縁部２３、翼後端部１０５、および、後縁部２４は、翼根部３４とともに翼２１の周縁を形成する周縁部を構成している。この周縁部（前縁部２２、翼先端部１０４、外縁部２３、翼後端部１０５、および、後縁部２４）は、いずれも概ね弧状の形状を有するように形成されることで、角部を有さない滑らかな形状とされている。翼面２８は、翼根部３４とこの周縁部（前縁部２２、翼先端部１０４、外縁部２３、翼後端部１０５、および、後縁部２４）とに囲まれた領域の内側の全域に亘って形成されている。

40

【０２１６】

翼面２８は、前縁部２２から後縁部２４に向かう周方向において、吸込側から噴出側に向かって全体として滑らかに湾曲するように形成されている。本実施の形態のプロペラファン２５０における翼２１は、前縁部２２と後縁部２４とを結ぶ周方向の断面形状の厚みが、前縁部２２および後縁部２４から翼中心付近に向かうほど厚くなり、翼中心よりも前縁部２２側に寄った位置に最大厚みを有する翼型形状を有している。

【０２１７】

50

プロペラファン 250 の翼面 28 は、内側領域 31、外側領域 32、および、連結部 33 を有する。内側領域 31、外側領域 32、および、連結部 33 は、正圧面 26 および負圧面 27 の双方にそれぞれ形成されている。

【0218】

内側領域 31 は、翼根部 34 をその一部に含み、連結部 33 および外側領域 32 に比べて中心軸 101 の半径方向の内側に位置する。外側領域 32 は、翼後端部 105 をその一部に含み、連結部 33 および内側領域 31 に比べて中心軸 101 の半径方向の外側に位置する。内側領域 31 における正圧面 26 の表面形状と、外側領域 32 における正圧面 26 の表面形状とは、相互に異なるように形成されている。内側領域 31 における負圧面 27 の表面形状と、外側領域 32 における負圧面 27 の表面形状とも、相互に異なるように形成されている。

10

【0219】

連結部 33 は、翼面 28 の正圧面 26 側が凸となり且つ翼面 28 の負圧面 27 側が凹となるように、内側領域 31 と外側領域 32 とを連結している。連結部 33 は、概ね回転方向に沿うように設けられており、連結部 33 のうちの回転方向の最上流側に位置する前端部 33A から、連結部 33 のうちの回転方向の最下流側に位置する後端部 33B まで延在している。

【0220】

連結部 33 は、内側領域 31 から外側領域 32 に向かうにしたがって翼面 28 がやや急峻な曲率変化を持って湾曲するようにして形成されており、相互に異なる表面形状を有する内側領域 31 および外側領域 32 との境目においてこれら同士を湾曲しながら連結している。連結部 33 は、これら同士を屈曲しながら連結していてもよい。

20

【0221】

連結部 33 は、その付近において翼面 28 の半径方向断面視における曲率が極大となるように設けられており、正圧面 26 上においては湾曲状に突出した突条部として前端部 33A から後端部 33B に向かって筋状に延びるように現れており、負圧面 27 上においては湾曲状の窪んだ溝部として前端部 33A から後端部 33B に向かって筋状に延びるように現れている。本実施の形態の連結部 33 は、翼先端部 104 から翼後端部 105 までの途中に位置する外縁部 23 の部分から、後縁部 24 まで設けられている。

【0222】

30

本実施の形態における翼 21 は、いわゆる正キャンバー構造を有する。翼 21 は、内側領域 31 および外側領域 32 の双方において、正圧面 26 側が凹となり負圧面 27 側が凸となるように反った形状を有している。翼 21 は、翼面 28 のうちの連結部 33 よりも半径方向内側（内側領域 31 側）の部分の食い違い角（A）の方が、翼面 28 のうちの連結部 33 よりも半径方向外側（外側領域 32 側）の部分の食い違い角（B）よりも小さくなるように形成されている。翼 21 の外縁部 23 には、窪み形状の接続部 38 が設けられている。本実施の形態における窪み形状の接続部 38 は、外縁部 23 の翼後端部 105 寄りの部分から中心軸 101 側に向けて窪むように形成されている。

【0223】

図 87 および図 88 には、プロペラファン 250 の噴出側、すなわち翼 21 の正圧面 26 が面する側に、プロペラファン 250 の回転軸である中心軸 101 に直交する仮想平面 107 が示されている。この仮想平面 107 を基準にして、翼 21 の後縁部 24 は、中心軸 101 を中心とする外周側の領域 R3 で、外縁部 23（翼後端部 105）に近づくほど大きくなる高さ H3 を有する。

40

【0224】

後縁部 24 の高さ H3 は、中心軸 101 を中心とする内周側で、ボスハブ部 41 から遠ざかるほど小さくなり、中心軸 101 を中心とする外周側で、外縁部 23（翼後端部 105）に近づくほど大きくなる。言い換えれば、後縁部 24 は、ボスハブ部 41 と外縁部 23 との間で、中心軸 101 の軸方向において噴出側で凸となるように湾曲して延びている。後縁部 24 の高さ H3 が外縁部 23 に近づくほど大きくなり始める位置は、中心軸 10

50

1を中心に $0.4R \sim 0.7R$ (R は、プロペラファン250の平面視における翼21の最大半径)の範囲にあることが好ましい。

【0225】

(作用・効果)

本実施の形態における流体送り装置610(図1参照)およびプロペラファン250によっても、翼先端部104の近傍で発生し連結部33によって保持されながら流れる翼先端渦と、連結部33の近傍で発生し連結部33によって保持されながら流れる馬蹄渦とが、主流に対して運動エネルギーを付与する。運動エネルギーを付与された主流は、翼面28上の下流側で翼面28から剥離しにくくなる。結果として、剥離領域を縮小もしくは消滅させることができる。プロペラファン250は、剥離が抑制されることによって、回転時に発生する騒音を低減することができ、連結部33を設けない場合と比較して風量を増加させて高効率化することが可能となる。

10

【0226】

窪み形状の接続部38が外縁部23に設けられていることにより、半径方向における風速分布をより均一にすることができ、風速のムラを抑制することが可能となって風当たりの良い風とすることができ、半径方向外側寄りの部分において発生される風に含まれる圧力変動が小さくなる風当たりの良い風を発生させることができ、そして、低速回転時には、広範囲に拡散する風当たりの良い風とすることができ、高速回転時には、直進性が高くより遠くへ到達する風とすることができ。

20

【0227】

後縁部24の高さ H_3 が外縁部23(翼後端部105)に近づくほど大きくなることにより、中心軸101を中心とする外周側において送風能力を抑制することによって、ファンからの送風の不快感が低減されるプロペラファンを実現することができる。

【0228】

[第8検証実験]

図89～図93を参照して、上述の実施の形態5におけるプロペラファン250(図88参照)に関して行った第8検証実験について説明する。第8検証実験においては、上述の実施の形態5におけるプロペラファン250と、図89に示すプロペラファン950とをそれぞれ回転させてその際に得られる風量、騒音、消費電力、および風速分布を測定した。

30

【0229】

第8検証実験に用いたプロペラファン250の翼21の形状は、上述の第1検証実験で用いられたプロペラファン160(図40および図41参照)と略同一である。連結部33の前端部33Aの無次元位置の値は約0.1である。連結部33の後端部33Bの無次元位置の値は約0.6である。プロペラファン250の直径は320mmである。プロペラファン250の回転によって形成される占有空間LM50(図88参照)の中心軸101方向における高さは55mmである。ボスハブ部41の直径は70mmである。プロペラファン250と占有空間LM50との間には、所定の体積を有する隙間S1、S2(図88参照)が形成される。内周側の隙間S1の体積は極めて小さく、外周側の隙間S2の体積は多い。

40

【0230】

図89を参照して、プロペラファン950は、プロペラファン250と比較して、連結部33を有しておらず、後縁部24の高さが外縁部23(翼後端部105)に近づくほど大きくなるようには形成されていない。プロペラファン950と占有空間LM50との間には、所定の体積を有する隙間S3が形成される。隙間S3の体積は、隙間S1と隙間S2との総和に比べて大きい。その他の点については、プロペラファン950はプロペラファン250と略同様に構成される。

【0231】

図90は、プロペラファン950、250の回転数 n (rpm)と、プロペラファン950、250の各々から得られる風量 Q (m^3/min)との関係を示すグラフである。

50

プロペラファン 950 の回転数 n と風量 Q との関係は、線 L 10 によって示される。プロペラファン 250 の回転数 n と風量 Q との関係は、線 L 20 によって示される。

【0232】

線 L 10 および線 L 20 を対比すると、回転数 n が同一の場合、プロペラファン 250 はプロペラファン 950 に対して 25% 増加した風量を得られている。したがって、プロペラファン 250 は、プロペラファンの直径、プロペラファンの回転によって形成される占有空間の高さ、および、ボスハブ部の直径がそれぞれ同一に構成されたプロペラファン 950 に比べて、多くの風量を得ることができることがわかる。

【0233】

図 9 1 は、プロペラファン 950 , 250 の到達距離風量 Q (m^3 / min) と、プロペラファン 950 , 250 の各々から発生する騒音 (dB) との関係を示すグラフである。プロペラファン 950 の到達距離風量 Q と騒音との関係は、線 L 10 によって示される。プロペラファン 250 の到達距離風量 Q と騒音との関係は、線 L 20 によって示される。

10

【0234】

線 L 10 および線 L 20 を対比すると、到達距離風量 Q が同一の場合、プロペラファン 250 から発生する騒音は、プロペラファン 950 から発生する騒音に対して 8 dB 低減している。したがって、プロペラファン 250 は、プロペラファンの直径、プロペラファンの回転によって形成される占有空間の高さ、および、ボスハブ部の直径がそれぞれ同一に構成されたプロペラファン 950 に比べて、騒音を低減できることがわかる。

20

【0235】

図 9 2 は、プロペラファン 950 , 250 の到達距離風量 Q (m^3 / min) と、プロペラファン 950 , 250 の各々で使用される消費電力 (W) との関係を示すグラフである。プロペラファン 950 の到達距離風量 Q と消費電力との関係は、線 L 10 によって示される。プロペラファン 250 の到達距離風量 Q と消費電力との関係は、線 L 20 によって示される。

【0236】

線 L 10 および線 L 20 を対比すると、到達距離風量 Q が同一の場合、プロペラファン 250 で使用される消費電力は、プロペラファン 950 で使用される消費電力よりも小さくなる。たとえば、到達距離風量 Q が約 $50 \text{ m}^3 / \text{min}$ の場合、プロペラファン 250 で使用される消費電力は、プロペラファン 950 で使用される消費電力に対して 30% 低減している。したがって、プロペラファン 250 は、プロペラファンの直径、プロペラファンの回転によって形成される占有空間の高さ、および、ボスハブ部の直径がそれぞれ同一に構成されたプロペラファン 950 に比べて、消費電力を低減できることがわかる。

30

【0237】

図 9 3 は、プロペラファン 950 , 250 の各々における中心軸 101 からの半径方向の距離 (無次元) と、風速 (無次元) との関係を示すグラフである。プロペラファン 950 における中心軸 101 からの半径方向の距離 (無次元) と風速 (無次元) との関係は、線 L 10 によって示される。プロペラファン 250 における中心軸 101 からの半径方向の距離 (無次元) と風速 (無次元) との関係は、線 L 20 によって示される。

40

【0238】

線 L 10 および線 L 20 を対比すると、プロペラファン 250 は、プロペラファン 950 に比べて風速のピークが大きく解消され、中心軸 101 からの半径方向の距離 (無次元) が 0.1 から 0.7 の範囲ではほぼ完全に風速の均一化が実現できていることがわかる。

【0239】

第 8 検証実験の考察としては、翼面 28 上に連結部 33 を設け、翼面 28 の内側の食い違い角を比較的小さくし、翼面 28 の外側の食い違い角を比較的大きくし、外縁部 23 に窪み形状の接続部 38 を設け、さらに、後縁部 24 が外周側の領域 R3 で外縁部 23 (翼後端部 105) に近づくほど大きくなる高さ H3 を有していることによって、風量の均一

50

化が実現でき、騒音および消費電力を低減できることがわかる。

【 0 2 4 0 】

図 9 4 を参照して、内周側での送風能力をさらに高めるために、プロペラファン 2 6 0 のように、前縁部 2 2 から外縁部 2 3 の翼先端部 1 0 4 寄りの部分までの領域 R 1 において、中心軸 1 0 1 の軸方向においてこれらが一定の高さを維持するように形成してもよい（上述の実施の形態 2 参照）。図 9 5 を参照して、外周側での送風能力を高めるために、プロペラファン 2 7 0 のように、外縁部 2 3 に窪み形状の接続部 3 8 を設けない構成としてもよい。図 9 6 を参照して、外周側での送風能力を高めるために、プロペラファン 2 8 0 のように、後縁部 2 4 が、中心軸 1 0 1 を中心とする外周側の領域 R 2 で、中心軸 1 0 1 の軸方向において一定の高さを有していてもよい（上述の実施の形態 3 参照）。

10

【 0 2 4 1 】

[実施の形態 6]

（成形用金型）

本実施の形態では、上述の各実施の形態および各検証実験における各種のプロペラファンを樹脂を用いて成形するための成形用金型 6 1 について説明する。

【 0 2 4 2 】

図 9 7 は、プロペラファンの製造に用いられる成形用金型を示す断面図である。成形用金型 6 1 は、固定側金型 6 2 および可動側金型 6 3 を有する。固定側金型 6 2 および可動側金型 6 3 により、プロペラファンと略同一形状であって、流動性の樹脂が注入されるキャビティが規定されている。

20

【 0 2 4 3 】

成形用金型 6 1 には、キャビティに注入された樹脂の流動性を高めるための図示しないヒータが設けられてもよい。このようなヒータの設置は、たとえば、ガラス繊維入り A S 樹脂のような強度を増加させた合成樹脂を用いる場合に特に有効である。

【 0 2 4 4 】

図 9 7 中に示す成形用金型 6 1 においては、プロペラファンにおける正圧面側表面を固定側金型 6 2 によって形成し、負圧面側表面を可動側金型 6 3 によって形成することを想定しているが、プロペラファンの負圧面側表面を固定側金型 6 2 によって形成し、プロペラファンの正圧面側表面を可動側金型 6 3 によって形成してもよい。

【 0 2 4 5 】

30

プロペラファンとして、材料に金属を用い、プレス加工による絞り成形により一体に形成するものがある。これらの成形は、厚い金属板では絞りが困難であり、質量も重くなるため、一般的には薄い金属板が用いられる。この場合、大きなプロペラファンでは、強度（剛性）を保つことが困難である。これに対して、翼部分より厚い金属板で形成したスパイダーと呼ばれる部品を用い、翼部分を回転軸に固定するものがあるが、質量が重くなり、ファンバランスも悪くなるという問題がある。また、一般的には、薄く、一定の厚みを有する金属板が用いられるため、翼部分の断面形状を翼型にすることができないという問題がある。

【 0 2 4 6 】

これに対して、プロペラファンを樹脂を用いて形成することにより、これらの問題を一括して解決することができる。

40

【 0 2 4 7 】

以上、本発明に基づいた各実施の形態および各検証実験について説明したが、今回開示された各実施の形態および各検証実験はすべての点で例示であって制限的なものではない。本発明の技術的範囲は特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【産業上の利用可能性】

【 0 2 4 8 】

この発明は、たとえば、扇風機、サーキュレータ、エアーコンディショナ、空気清浄機、加湿機、除湿機、ファンヒータ、冷却装置または換気装置などの家庭用電気機器に適用

50

される。

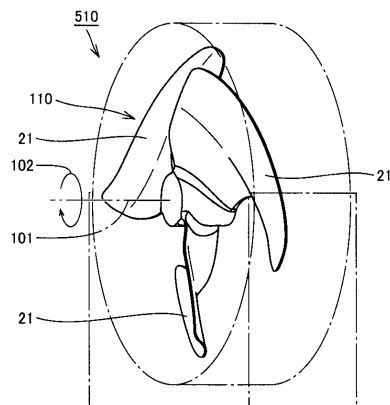
【符号の説明】

【 0 2 4 9 】

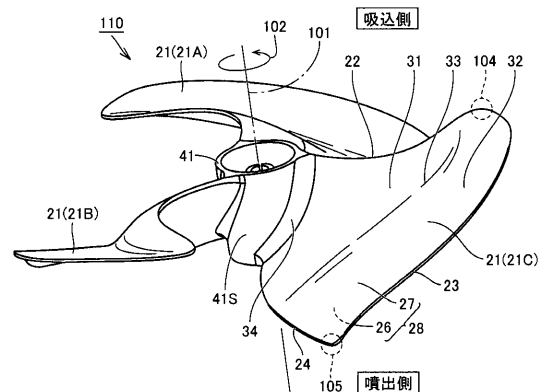
2 1 , 2 1 A , 2 1 B , 2 1 C 翼、2 2 前縁部、2 3 外縁部、2 4 後縁部、2 6 正圧面、2 7 負圧面、2 8 翼面、3 1 内側領域、3 1 L , 3 3 L 仮想直線、3 2 外側領域、3 3 連結部、3 3 A 前端部、3 3 B 後端部、3 4 翼根部、3 8 接続部、4 1 ボスハブ部（回転軸部）、4 1 S 外表面、5 2 剥離領域、6 1 成形用金型、6 2 固定側金型、6 3 可動側金型、1 0 1 中心軸、1 0 2 , A R 5 , A R 6 矢印、1 0 4 翼先端部、1 0 5 翼後端部、1 0 7 仮想平面、1 0 9 外接円、1 1 0 , 1 2 0 , 1 2 0 A , 1 3 0 , 1 4 0 , 1 5 0 , 1 6 0 , 1 7 0 , 1 8 0 , 1 9 0 , 2 0 0 , 2 1 0 , 2 2 0 , 2 3 0 , 2 5 0 , 2 6 0 , 2 7 0 , 2 8 0 , 9 1 0 , 9 5 0 プロペラファン、1 1 1 最大径端部、3 1 0 主流、3 2 0 , 3 5 0 馬蹄渦、3 3 0 二次流れ、3 4 0 翼先端渦、5 1 0 , 5 2 0 , 6 1 0 流体送り装置、8 0 0 , 9 0 0 風、C コード長さ寸法、D 1 0 , D 2 0 直径、D L 5 , D L 6 , L 1 , L 2 , L 3 , L 4 , L 5 , L 6 , L 1 0 , L 2 0 , L L 2 , L L 3 , L L 4 , L L 5 線、H 2 , H 3 , H 1 0 , H 2 0 高さ、L M 1 , L M 1 0 , L M 2 0 , L M 5 0 空間、P 1 中心位置、R 半径（最大半径）、R 1 , R 2 , R 3 領域、S 1 , S 2 , S 3 , S A , S B 隙間、T T 厚さ、Z 1 同心円。

10

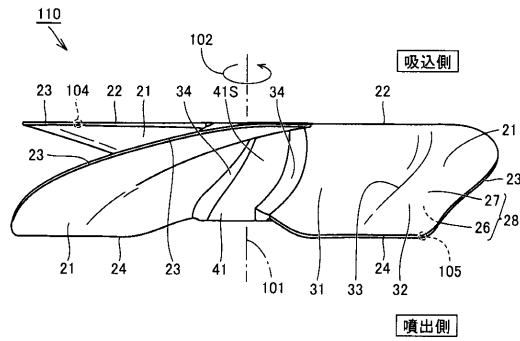
【 図 1 】



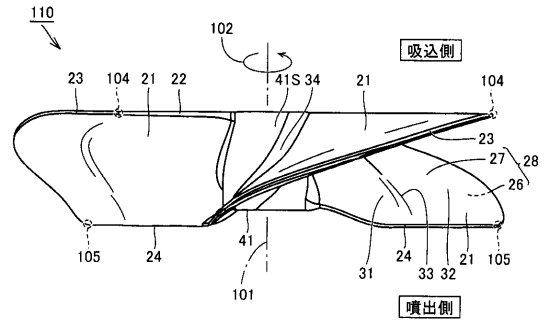
【圖 2】



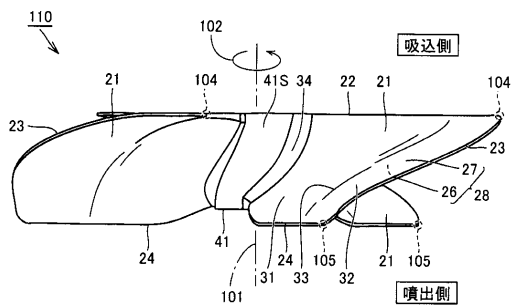
【図 8】



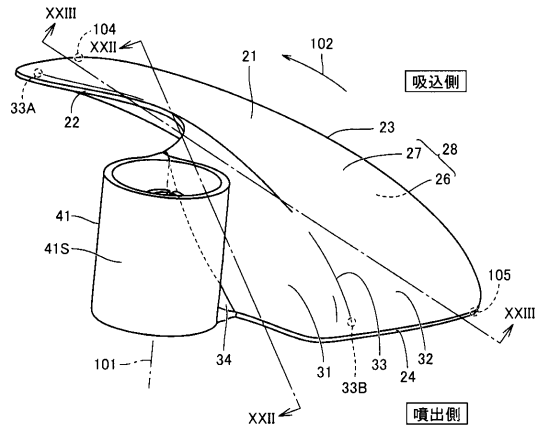
【図 10】



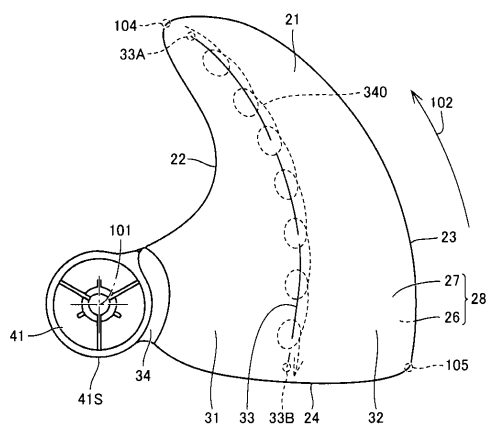
【図 9】



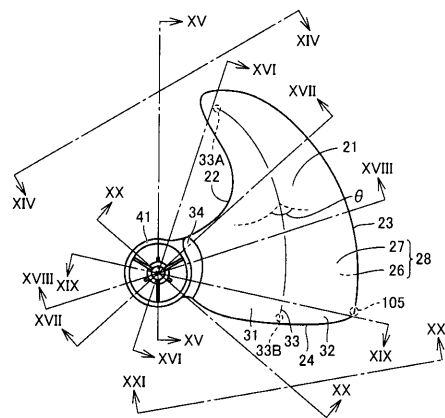
【図 11】



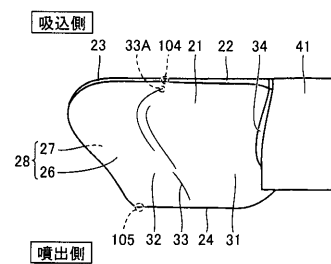
【図 12】



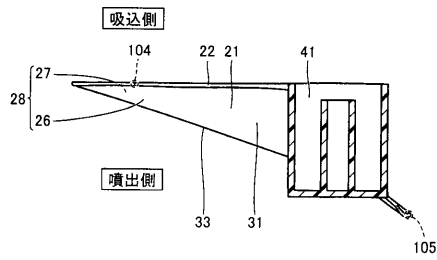
【図 13】



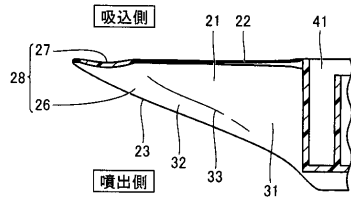
【図 14】



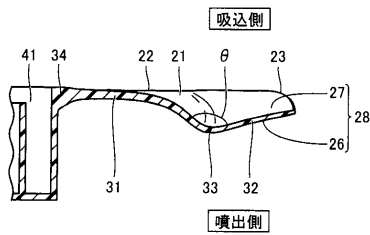
【図 15】



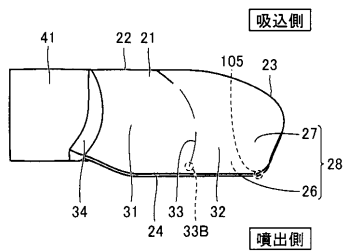
【図 16】



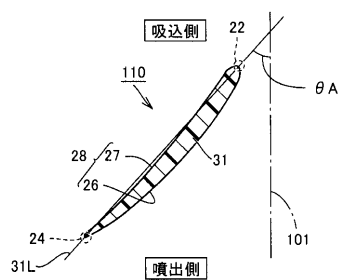
【図 17】



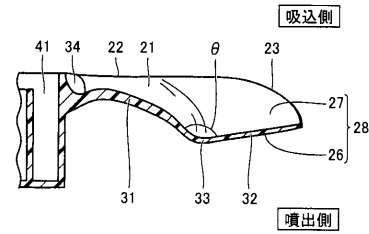
【図 21】



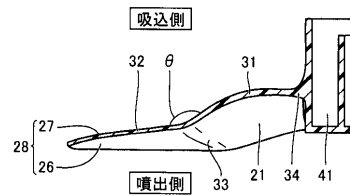
【図 22】



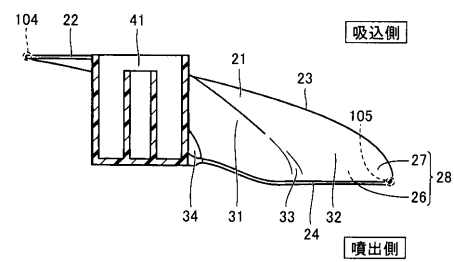
【図 18】



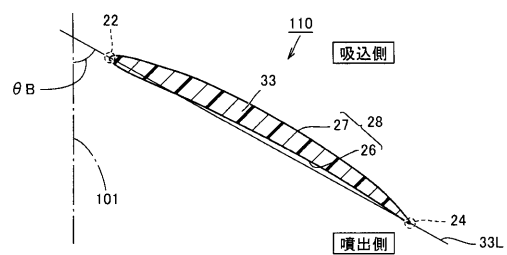
【図 19】



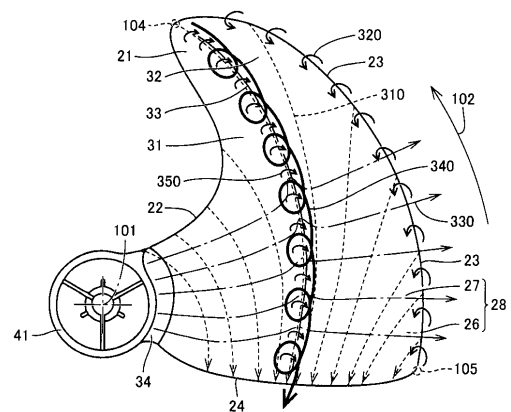
【図 20】



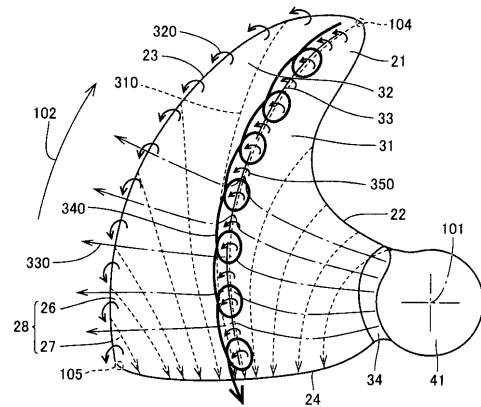
【図 23】



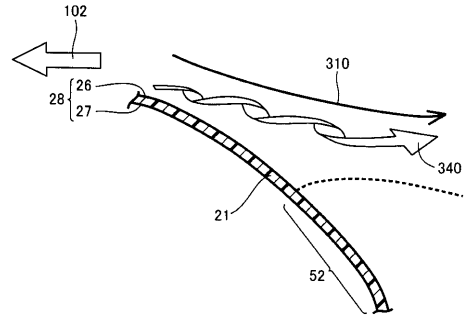
【図 24】



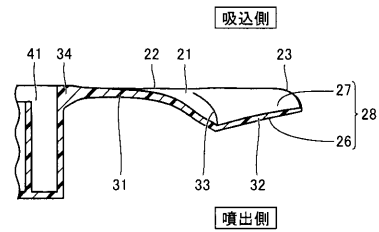
【図 25】



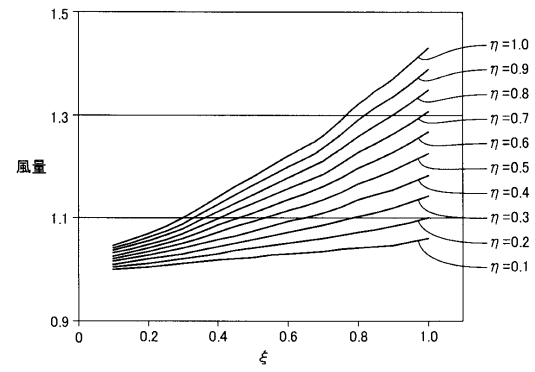
【図 27】



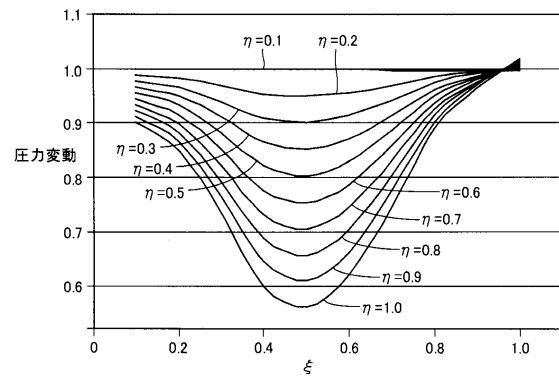
【図 28】



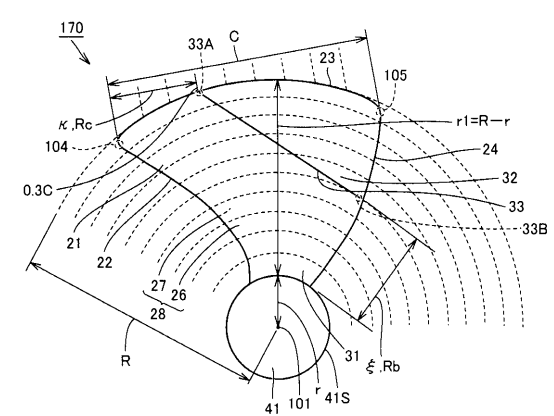
【圖 4 2】



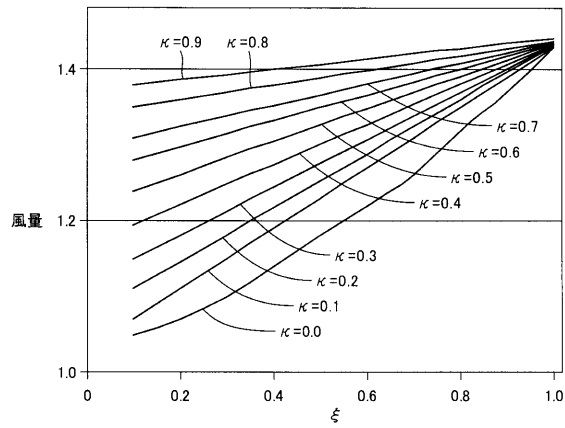
【 図 4 3 】



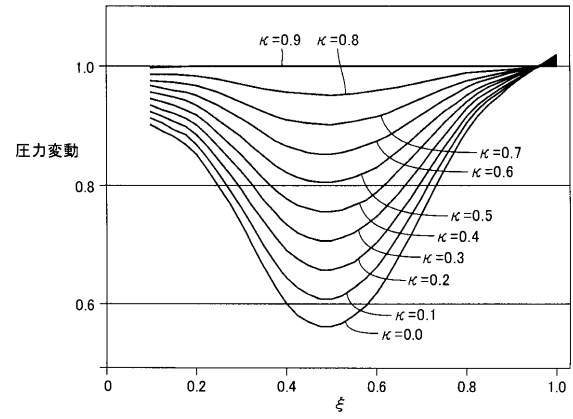
【 図 4 5 】



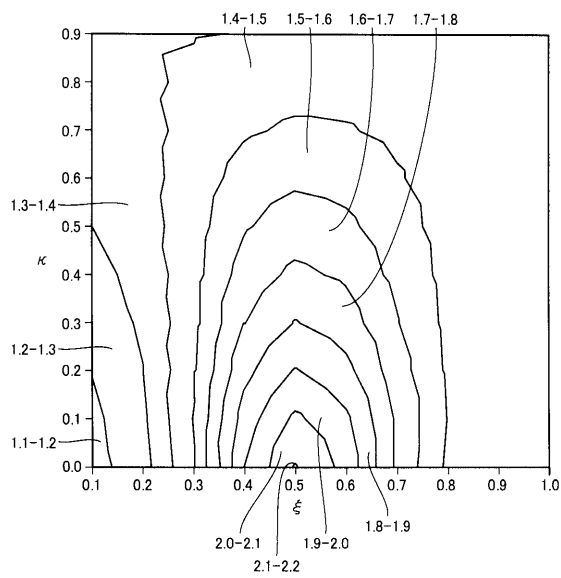
【図 47】



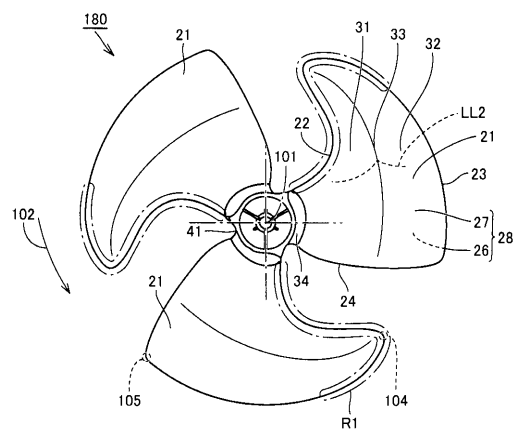
【図 48】



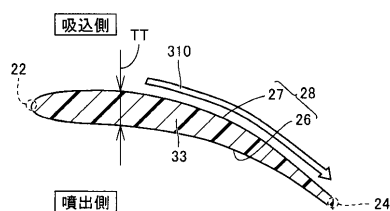
【図 49】



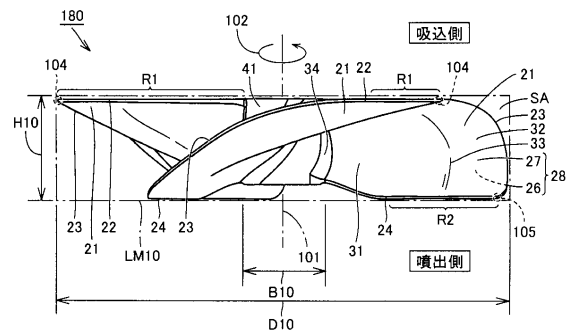
【図 51】



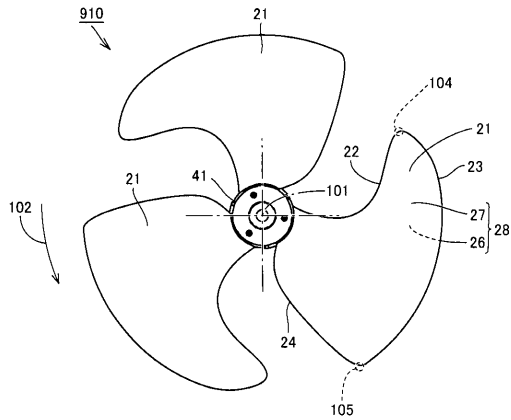
【図 50】



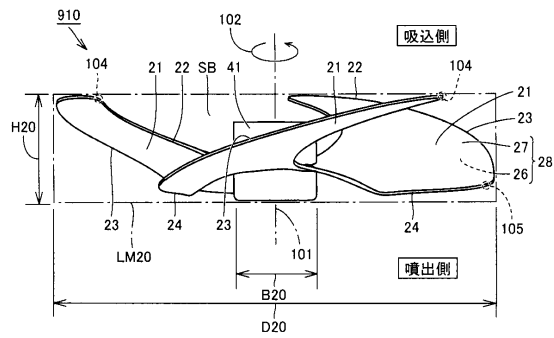
【図 52】



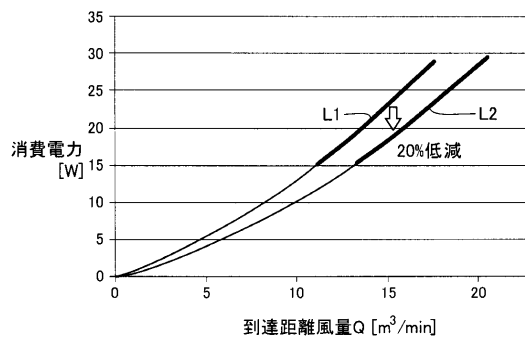
【図 5 3】



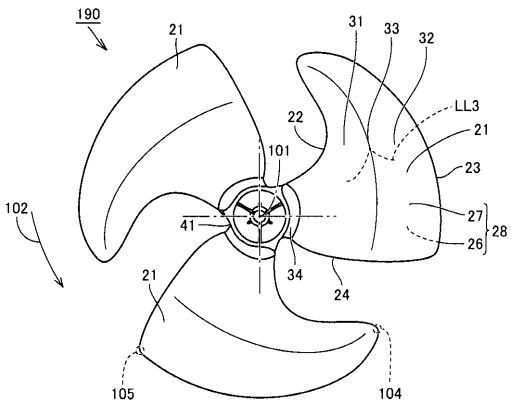
【図 5 4】



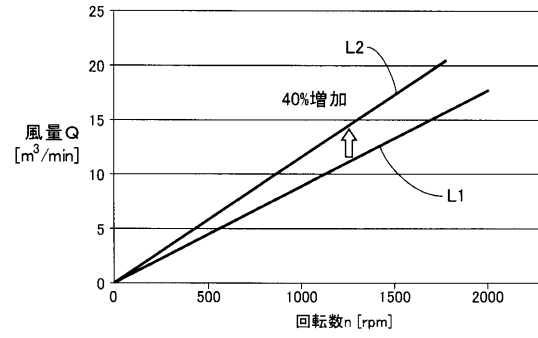
【図 5 7】



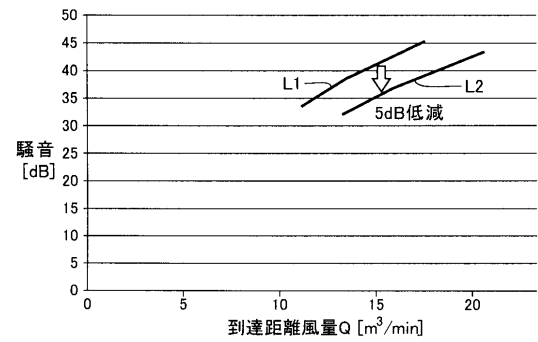
【図 5 8】



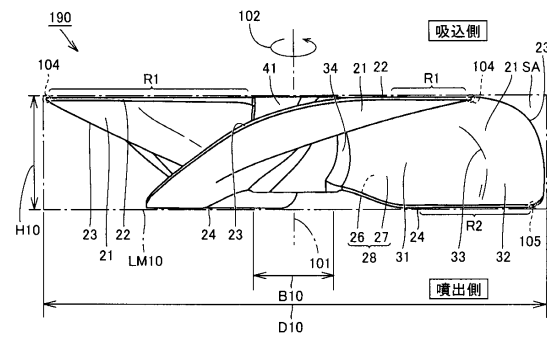
【図 5 5】



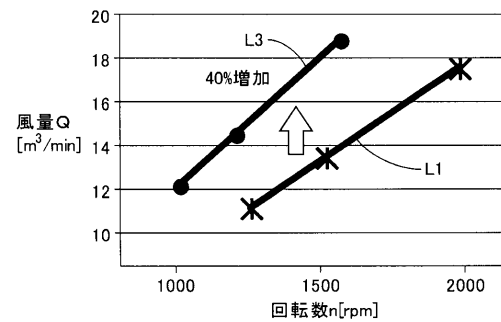
【図 5 6】



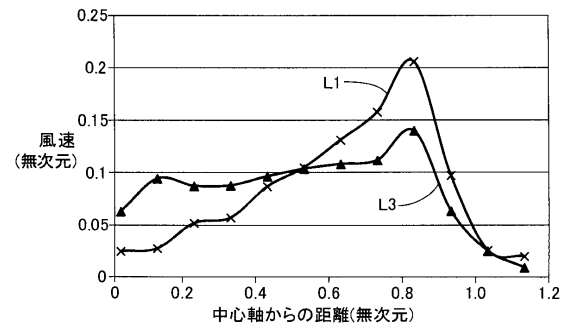
【図 5 9】



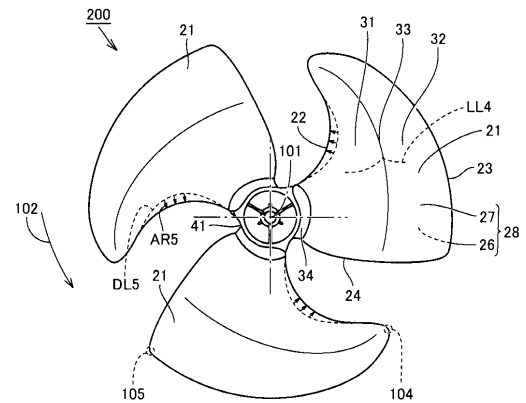
【図 6 0】



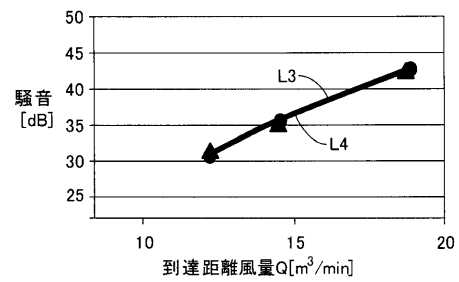
【 図 6 3 】



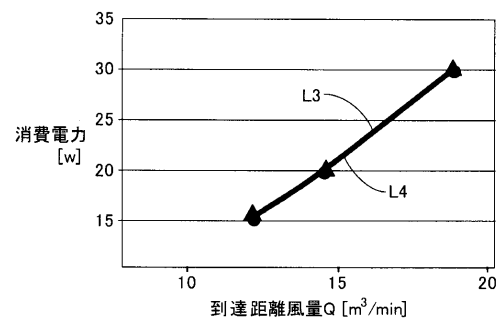
【 図 6 4 】



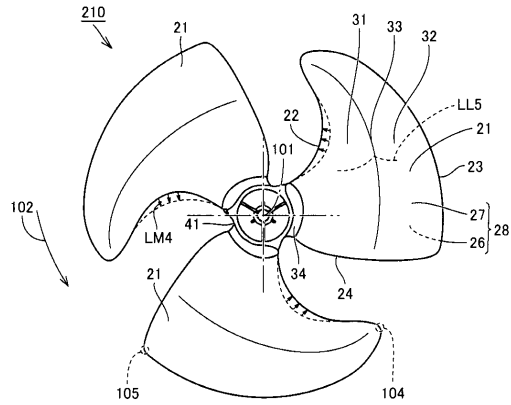
【圖 67】



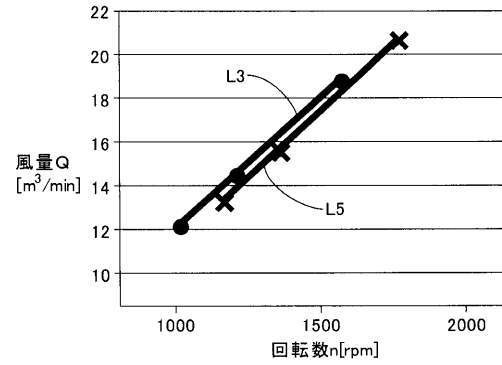
【 図 6 8 】



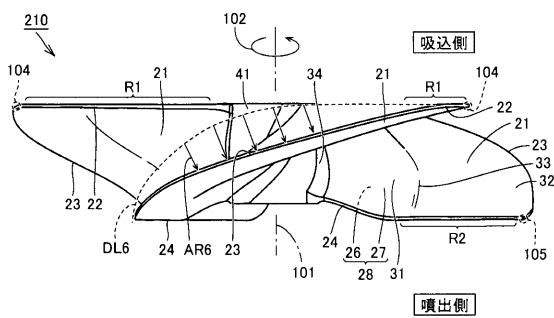
【図 69】



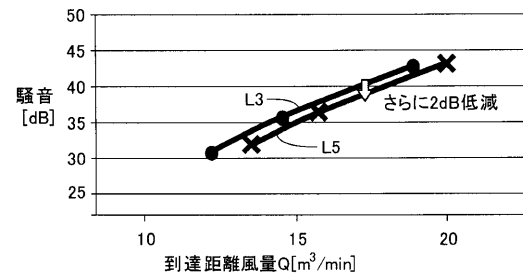
【図 71】



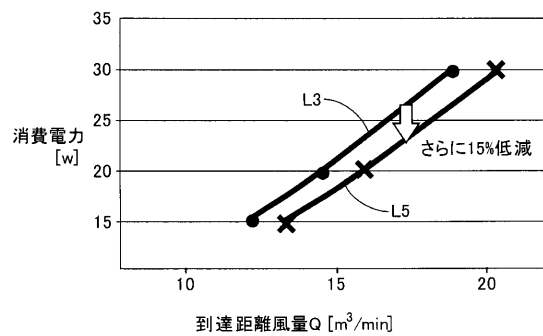
【図 70】



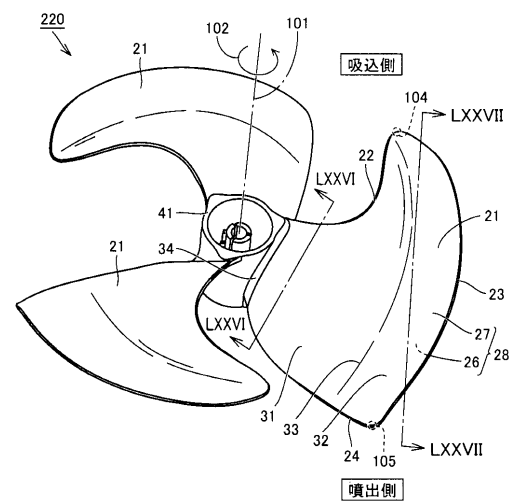
【図 72】



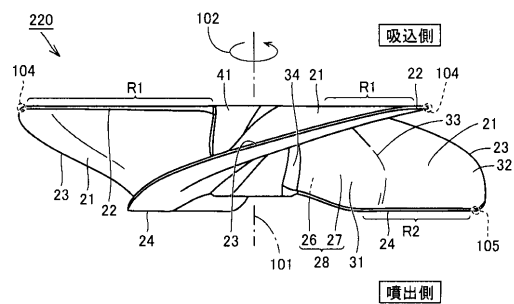
【図 73】



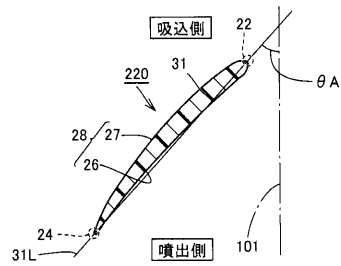
【図 74】



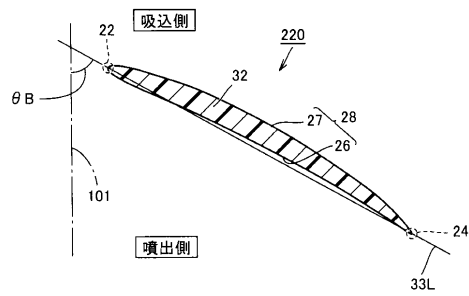
【図 75】



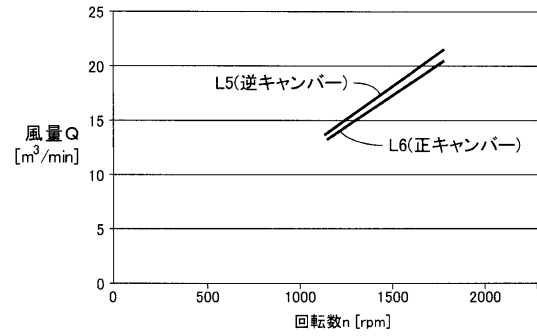
【図 76】



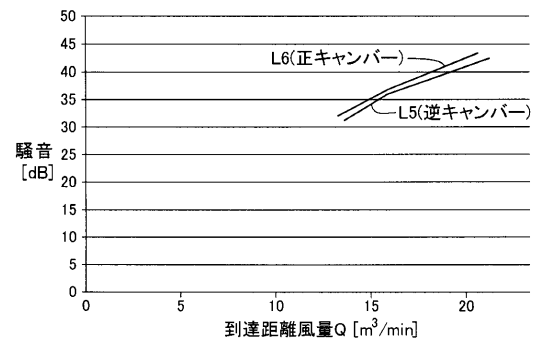
【図 77】



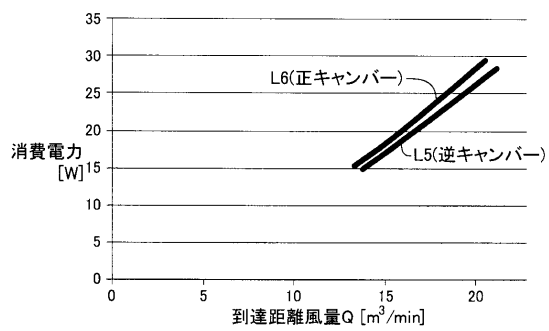
【図 78】



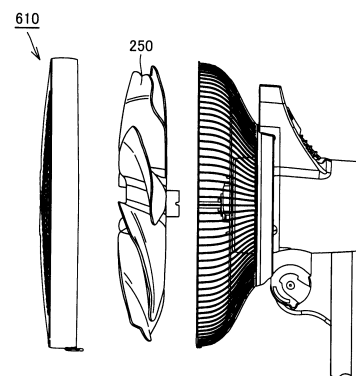
【図 79】



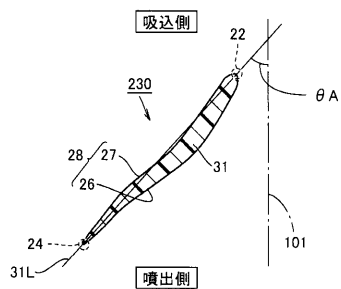
【図 80】



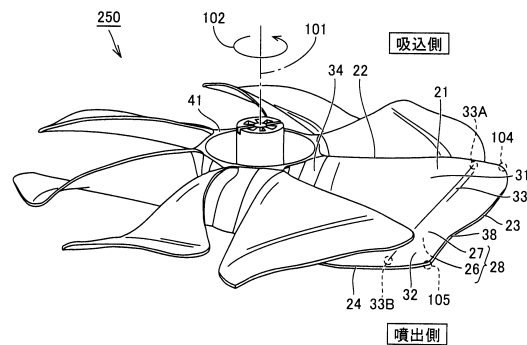
【図 82】



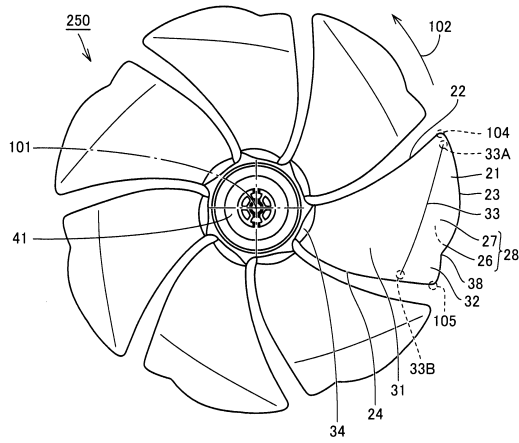
【図 81】



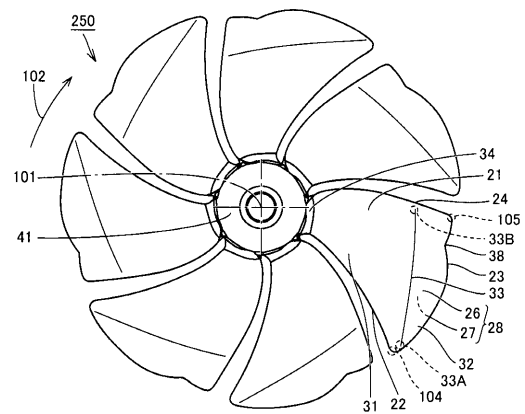
【図 83】



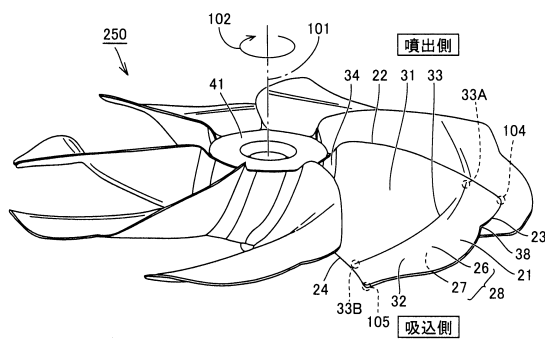
【図 84】



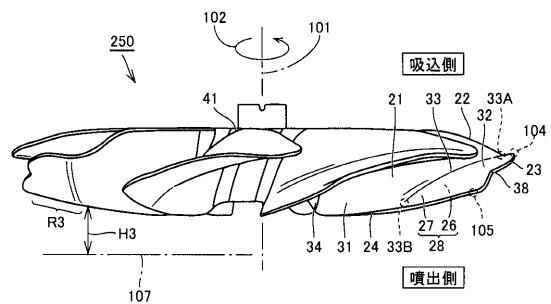
【図 86】



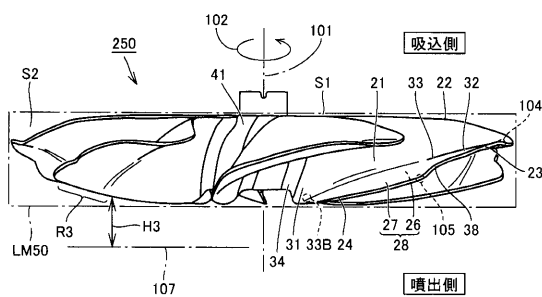
【図 85】



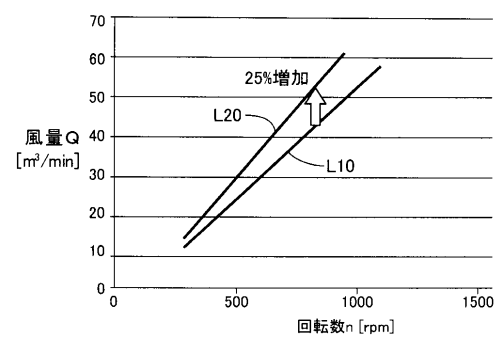
【図 87】



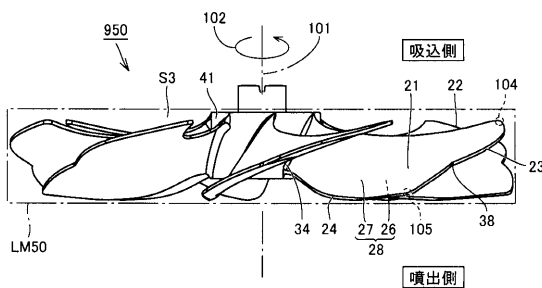
【図 88】



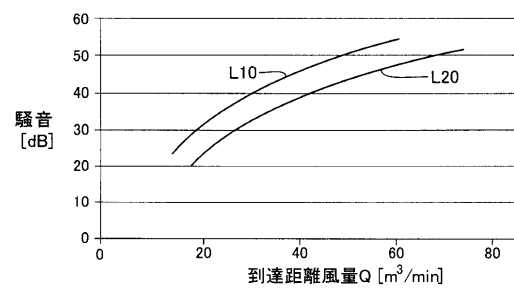
【図 90】



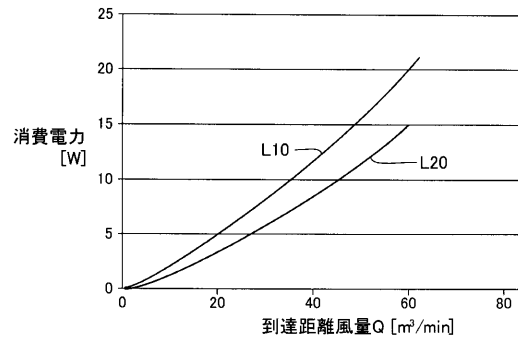
【図 89】



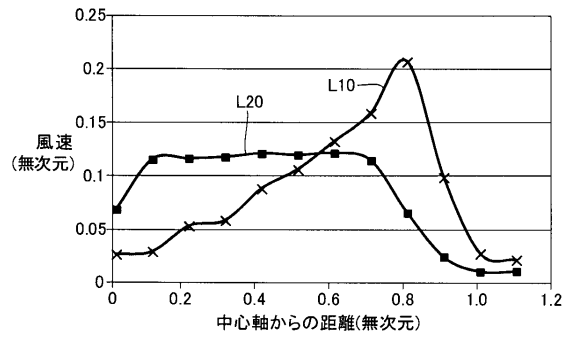
【図 91】



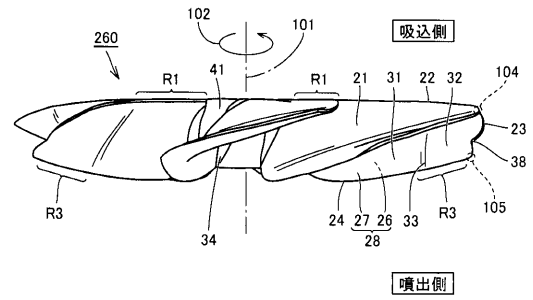
【図 9 2】



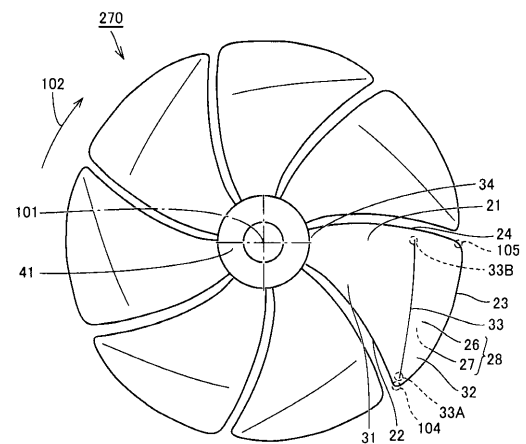
【図 9 3】



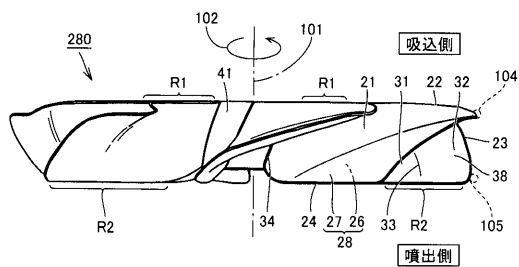
【図 9 4】



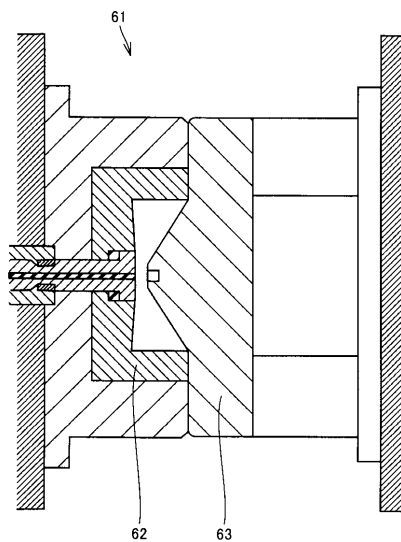
【図 9 5】



【図 9 6】



【図 9 7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 0 8 - 1 2 1 3 9 1 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 2 0 6 8 9 4 (J P , A)
特開平 0 5 - 2 0 2 8 9 3 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 2 9 1 9 0 2 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 1 1 3 4 7 4 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 2 5 0 1 9 0 (J P , A)
特開平 1 1 - 2 0 1 0 8 4 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
F 0 4 D 2 9 / 3 8