

氏 名 守 田 邦 宣
もり た くに のぶ

学位の種類 工 学 博 士

学位記番号 論 工 博 第 896 号

学位授与の日付 昭 和 51 年 5 月 24 日

学位授与の要件 学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当

学位論文題目 **THEORETICAL STUDIES ON AERODYNAMIC
 CHARACTERISTICS OF PROPELLER FAN BLADES**

(プロペラ・ファンのブレード空力特性に関する理論的研究)

(主 査)
 論文調査委員 教 授 神 元 五 郎 教 授 玉 田 珧 教 授 桜 井 健 郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、プロペラ・ファンと呼ばれる小型・中型の軸流送風機の羽根車のブレードについて空気力学的な特性を理論的に解析したもので緒言、3章および結論よりなっている。この種の送風機には、ベルマウス状またはオリフィス状のファンガイドをもつ型式のものと、このようなファンガイドをもたないで、羽根車自身が大気中に開放された型式のものがある。先づ緒言においては、このような構造から流れのモデル化として、せん断流れ中におかれた翼幅有限な三次元翼として取り扱えること、ファンガイドの影響を解明するために、羽根車回転面に平行なオリフィス・プレートを外周にもつ三次元翼として取り扱うことができる点に着目して、これらの流れに関連する従来の理論的研究と本研究の経緯について述べている。

第1章においては、主流の速度が翼幅方向に直線的に変化する、いわゆるせん断流れ中の翼の特性を、翼幅方向のじょう乱速度がラプラス型の方程式を満足する点に注目して、特異点法によって解析している。先づ第1節では、アスペクト比の小さい、先細翼の特性を、ジョーンズの翼理論と同様に、任意の翼弦位置において流れに垂直に切った翼断面内の流れは二次元流れに近似できると仮定して、翼面に特異点を分布させ、翼面上の境界条件から、この特異点分布を決める積分方程式を導き、この積分方程式をフーリエ級数の方法によって解析した。翼の特性は主流のせん断強さの影響を強く受けることを数値的に明らかにした。

次に第2節では、アスペクト比の大きい翼の特性を揚力線理論によって解析している。この場合翼幅方向のじょう乱速度が三次元のラプラス方程式を満足しなければならないことから、後流面上に特異点を分布させ、揚力線理論を用いてこの分布を決める積分方程式を導き、フーリエ級数の方法によって解いている。その結果、翼の特性は、翼の平面図形、ねじり、アスペクト比の他に一樣せん断流の速度勾配を示すパラメータ λ によって大きく影響を受けることを示した。さらに最小誘導抗力を与える翼の解析によって、翼の平面図形はパラメータ λ には余り影響されず、ほぼ楕円形の平面図形が最適であることも示している。

さらに第3節では、特異点法によって揚力面理論を展開し、翼面上の圧力分布を決定する積分方程式を

導き、前節のアスペクト比の小さい場合と大きい場合の理論解析結果の妥当性を示した。

第2章においては、ファンブレードへの実際の相対流れが一様せん断流れから僅かにずれた場合の翼特性を特異点法によって解析している。先づ第1節では、弱いせん断流れのせん断強さを示す量 ε ($|\varepsilon| \ll 1$) を用いて、主流速度を表わし、じょう乱速度、圧力も ε についてのべき級数に展開し、このような流れにおかれた二重吹出しによる誘導じょう乱速度を求め、この二重吹出しを翼面および後流面上に分布させることにより、翼により乱される速度を求め、翼面上の境界条件からこの分布を決定する積分方程式、つまり揚力面理論の基礎方程式を導いた。その結果、第零次の方程式は一様流れ中の揚力面理論の積分方程式、第1次 (ε のオーダー) の方程式は上の零次方程式の解を含む方程式となることを示した。

次に第2節では、前節で得た揚力面理論の積分方程式を、アスペクト比の大きい場合において近似し、翼幅方向の揚力分布を決める積分方程式をフーリエ級数の方法で解き、翼特性を求めた。すなわちせん断流れのパターンを具体的な関数形で与えて、翼の揚力分布、最小誘導抗力を与える翼の平面図形、その場合の揚力分布を数値的に示した。さらに第3節では、アスペクト比の小さい場合について、第1節で得た揚力面理論の積分方程式を近似し、ジョーンズの翼理論に対応する方程式を求め、この方程式を具体的に解いて、翼の特性を明らかにしている。

次に第3章においては、オリフィス型のファンガイドの影響を明らかにするため、揚力線理論によって翼特性を解析している。第1節では、ファンガイド平板と翼面とが同一平面上にない場合について、主流は一様流れとして、翼の循環の満足すべき積分方程式を導いた。すなわち一對の馬てい形渦が翼位置に誘導する吹き下ろしを、ファンガイド板の影響を入れて求め、次にこの馬てい形渦を翼幅方向に分布させることによって翼の循環分布を決めるプラントル型の積分方程式を導いている。次に第2節では、前節で求めた積分方程式を、翼面と平板とが同一平面内にある特別な場合について、フーリエ積分の方法を用いて、翼幅方向の循環分布、最小誘導抗力を与える翼の平面図形、その場合の循環分布について数値的に求めている。最後に、この翼端とオリフィス板との間の隙間の翼特性に及ぼす影響をも数値的に明らかにした。

結論は、以上の結果を要約している。

論文審査の結果の要旨

産業用大型軸流圧縮機、送風機のように、羽根車が円筒状ケーシング内で回転する場合のブレードに対する流体力学的理論は現在殆ど確立されている。しかし一般にプロペラ・ファンと呼ばれる中型以下の軸流送風機については、その構造が簡単であるにも拘わらず、ファン・ブレードに対する流れが複雑であって解析が困難であり、従来この種のプロペラ・ファンに対する流体力学的研究は殆ど行なわれていない現状である。

本論文は、大気開放型の羽根車をもつ、もっとも簡単な構造をもつプロペラ・ファンとオリフィス状のファンガイドをもつ型式のものについて、ブレードに対する流れのモデル化を検討し、流入する流れの相対速度の半径方向の非一様性を考慮した翼理論を展開することによって、そのブレード空力特性を解析し、さらに翼端近傍に翼面に平行な半無限の平板をおくことによってファンガイドの影響についても解析している。すなわち流れは非圧縮、非粘性流れとし、相対速度の半径方向の非一様性を、一様せん断流れ

ならびに一樣せん断流れから僅かにずれた、任意せん断強さの分布をもつ弱せん断流れで表わし、この流れにおかれた大小2つのアスペクト比をもつ翼端のある三次元翼について揚力線理論を展開して、翼特性を数値的に解析して、多くの成果を挙げているが、そのうち特に注目すべき点は次のようである。

(1) 翼幅方向の一樣せん断流れ中のアスペクト比の小さい先細翼とアスペクト比の大きい翼の2つの場合について、翼面、後流面内の特異点分布を決定する積分方程式を解析することによって、翼の平面図形、ねじり、アスペクト比の他にせん断流れをあらわすパラメータ λ の翼特性に及ぼす影響を数値的に明らかにした。

(2) 上記のアスペクト比の大きい場合、最小誘導抗力を与える翼特性の解析により、翼の平面図形はパラメータ λ の影響を余り受けないことおよびその最適形状はほぼ楕円形に近いことを明らかにした。

(3) 実際のプロペラ・ファン・ブレードに対する相対流れのせん断流れを一樣せん断流れからずれたせん断強さ分布をもつ流れの形で表わし、このような流れの中の三次元翼の特性を揚力面理論により求める基礎積分方程式を導き、アスペクト比の大小2つの場合についても上の方程式を具体的に解析し、その翼特性を数値的に求めている。

(4) オリフィス型ファンガイドのブレード特性に及ぼす影響を、一樣主流の仮定の下ではあるが、これを求める流れのモデルを提案し、翼面とオリフィス平板とが同一平面内にある場合について翼特性を数値的に明らかにした。

以上要するに、本論文はプロペラ・ファンの羽根車のブレード特性を、せん断流れ中の翼端のある三次元翼の理論の下に、翼面、後流面上の特異点分布から基礎方程式を導き、それぞれの場合の境界条件の下にこれを数値的に解析したもので、学術上は勿論実際上にも寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。