

【215】

氏名	矢部寛 やべひろし
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博第83号
学位授与の日付	昭和40年3月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当
研究科・専攻	工学研究科機械工学専攻
学位論文題目	Theoretical Investigations of Externally Pressurized Gas-Bearings (静圧気体軸受の理論的研究)
論文調査委員	(主査) 教授 森 美郎 教授 佐々木外喜雄 教授 佐藤 俊

論文内容の要旨

この論文は静圧気体軸受の理論的研究をまとめたもので、緒論、3編16章および結論よりなっている。緒論においては、圧力分布、負荷容量および流量の理論を基礎的に明らかにすることが、静圧気体軸受の設計上重要であることを論じ、この論文で検討する静圧気体軸受の型式について述べている。

第1編は複素ポテンシャル理論による静圧気体軸受の解析について述べたもので、6章よりなっている。

第1章は緒言で、多数給気孔を有する静圧気体軸受に対しては複素ポテンシャル理論が有効であることを述べ、解析の方針を明らかにしている。

第2章は一般理論に関するもので、この種の軸受に対しては、潤滑に関する Reynolds の基礎方程式が、一般に Laplace の方程式に帰着し、適当な正則関数を見出せば、その実部より圧力分布の関数が得られることを述べている。

第3章は多数給気孔を有する円板型静圧気体スラスト軸受の解析で、まず給気孔1個が任意の位置にある場合について、給気孔位置に吹出しを、ついでその反転点に吸込みをおくことによって境界条件を満足する複素ポテンシャルを与え、その実部より圧力分布関数を導き、さらに重畳の原理を用いて多数給気孔の場合の圧力分布を得ている。負荷容量に関しては、給気孔1個の場合の等圧線が円であることに着目し、面積を圧力で積分する方法でこれを求め、重畳の原理により多数給気孔の場合の解を導いている。流量の理論は先の圧力分布解より導いている。以上の理論は非圧縮性流体に対するものであるが、圧縮性流体に対する修正変換式も明示している。

これらの理論解を用いて、負荷容量および流量に及ぼす給気孔数、給気孔位置および給気孔径の影響を明らかにし、かつ実験結果と極めて良好な一致を示すことを述べ、軸受すきまおよび給気圧力が大となる場合には給気孔周辺における圧力降下を考慮すべきことを指適し、その理論式を与えている。

第4章は多数給気孔を有するカラー型静圧気体スラスト軸受の解析で、第3章と同じく給気孔1個の場

合の解をもとに、重畳の原理を用いて多数給気孔の場合の解を導いている。すなわち、視察により得られた内外径における境界条件を満足する複素ポテンシャルを用い、圧力分布および流量を前章と同様に導き、さらに給気孔間に大気に通ずる溝を設ける設計についても、吹出しと吸込みの繰返し交互配列の手法により理論解を導いている。負荷容量については、積分の便宜上、鏡像の原理による無限数の吹出しと吸込みの交互配列の形に変換して複素ポテンシャルを与えなおし、そのおのおのが軸受面に呈する圧力分布を積分して整理することにより非圧縮性解を得ている。圧縮性流体への修正変換式は第3章と同じである。

以上の理論を用いて、負荷容量および流量に及ぼす給気孔数、給気孔径およびカラー内外径比の影響を明らかにし、かつ理論が実験と極めて良好な一致を示すことを述べている。なお、最後にカラー型軸受理論を容易に円錐型軸受に適用し得ることを指摘し、その理論を示している。

第5章は多数給気孔を有する矩型静圧気体スラスト軸受の解析で、任意位置に給気孔1個がある場合を基礎に、この場合の複素ポテンシャルが鏡像の原理の使用による無限数の吹出しと吸込みの交互配置の無限数の配列によって与えられることを示し、以下圧力分布、負荷容量および流量の理論解を第3章と同じ手法で与え、それらが実験結果とよく一致することを示している。

第6章は第1編の結果をとりまとめた結言である。

第2編は給気スリットを有するカラー型静圧気体スラスト軸受の解析を述べたもので、5章よりなっている。

第1章は緒言で、多数給気孔を線上に無限数配列した極限が給気スリットに相当することを述べ、給気スリットを用いる設計の利点を示している。

第2章は一重給気スリットの場合で、圧力分布、流量および負荷容量の理論解を粘性流動の理論より導くとともに、軸受剛性を最大にする給気スリットの設計法、最小流量を与える給気スリット位置を明らかにし、設計図表を与えている。

第3章は二重給気スリットの場合で、第2章と同様にして理論解と設計図表を与えるとともに、一定流量の条件のもとで最大負荷容量を与える最適給気スリット位置を明らかにしている。

第4章は実験的検討について述べ、一重給気スリットの場合の圧力分布および流量の理論が実験結果とよく一致することを示し、負荷容量については非圧縮性理論解を圧縮性理論解に変換する修正式を提案し、この修正が実験と理論に良好な一致を与えることを示している。

第5章は第2編の結果をとりまとめた緒言である。

第3編は多孔質静圧気体軸受の解析を述べたもので、5章よりなっている。

第1章は緒言で、多数給気孔を面上に無限数配置する場合が多孔質軸受面に相当することを指摘し、この構造が負荷容量、作動安定性の点より良好であることを述べ、ついで解析に必要な仮定を示している。すなわち、多孔質軸受内の流動を軸受面に対して平行な流れと直角な流れに分ち、これらが Darcy の法則に従うと仮定し、かつ平行流れは等価すきまで与えられる仮想薄膜の流れに集約され、直角流れはこの仮想薄膜と軸受すきまの間の圧力差流動として把握されるとする仮定である。

第2章は円板型多孔質静圧気体スラスト軸受の解析で、前章の仮定を用い、軸受すきま内の圧力分布が

変形ベッセル関数の形で与えられることを示し、ついでその微分と積分により流量と負荷容量の理論解を求めている。さらに多孔質軸受の浸透率の測定法と測定結果について述べ、圧力分布および負荷容量の実験結果がよく理論と一致することを示し、かつ軸受すきまと等価すきまの比が重要な設計因子であることを指摘している。

第3章は多孔質静圧気体スラスト軸受の変形型式について述べている。すなわち、多孔質軸受の面のあらさとうねりを補なうために、多孔質面の周辺に少しくはり出した平滑なつば面を設ける軸受型式が、軸受精度および負荷容量の点より良好であることを述べ、つば面を有する円板型多孔質軸受の解析を前章の理論の拡張として行ない、実験結果とよく一致する理論解を得ている。さらに他の軸受型式としてカラー型多孔質スラスト軸受とこれにつば面を付した軸受の理論解をも示している。

第4章は多孔質静圧気体ジャーナル軸受の解析で、まずすきま一定の場合の圧力分布解を示し、これを基礎に偏心率の小さい場合の負荷容量および流量の理論解を導き、実験結果と比較して理論の正当性を立証している。さらにつば面を両端に設けた場合の理論解をも導き、軸受すきまに対する多孔質軸受の選定規準を与えている。

第5章は第3編の結果をとりまとめた結言である。

結論はこの論文の研究結果を総括したものである。

論文審査の結果の要旨

静圧気体軸受は近年とみに開発と研究の進んだ特殊すべり軸受であるが、まだ未知の分野が頗る多い。著者はこの軸受において給気孔を多数配置する必要があることに着目し、多数給気孔を有する軸受、孔数を増した極限としての給気スリットを有する軸受および多孔質軸受を理論的に研究し、多くの成果を得ている。

まず第1編では、従来厳密な理論解の存在しなかった多数給気孔を有する円板型、カラー型、円錐型および矩形の静圧気体スラスト軸受に対して複素ポテンシャル理論を適用し、鏡像の原理の使用による吹出しと吸込みの巧妙な配置および適切な重畳の原理の使用により圧力分布の理論解を見出している。特にカラー型軸受に適する複素ポテンシャル関数の視察による発見は著者の際立った功績である。さらに著者はかつてその例を見ない前記軸受の圧力分布の積分に成功し、負荷容量の非圧縮性理論解を与え、ついで圧縮性理論解への適切な修正変換式を提示しているが、これは著者の創意ある数学的手法によるもので、流量の理論解と相俟ってこの種軸受の設計に明確な指示を与えるものである。

次に第2編では、一重および二重給気スリットを設ける静圧気体軸受の設計をとりあげ、給気スリットの絞り作用によって決まる軸受剛性度、負荷容量および流量を明らかにし、これらを考慮した最適設計条件を示してこの種軸受の設計に重要な指針を与えている。

さらに第3編では多孔質軸受をとりあげ、従来の理論では多孔質軸受内の流れを単に軸受面に直角な流れのみとして取扱っていたのを改め、適切な仮定の導入によって多孔質軸受内と軸受すきま内の流れを相互に関連する二層の流れとして基本的に把握することにより、種々の型式の多孔質軸受に対し著者独自の理論解を与えることに成功している。さらに多孔質軸受面の製作精度にかんがみ、つば面を付した軸受型

式の理論を付加しているのは実用上興味深い示唆である。

以上の各編を通じて、著者は詳細な実験による理論結果の検討を実施しており、理論と実験の良好な一致は著者の理論の正当性を明確に立証している。

これを要するに、本論文は種々の静圧気体軸受の基礎特性を流体力学的理論によって解明し、その設計条件を基本的に明確した創意ある理論的研究であり、学術上工業上寄与するところが多い。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。