

氏名	神吉達夫
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第1048号
学位授与の日付	昭和53年3月23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	遷移域における希薄気体の流れの研究

論文調査委員 (主査) 教授 水科篤郎 教授 吉岡直哉 教授 桐栄良三

論文内容の要旨

本論文はダクト内の希薄気体の遷移域流れに関する著者の研究をまとめたもので5章からなっている。第一章ではダクト内流れに関する従来の研究につき記述し、連続流及び自由分子流の領域についてはいくつかの解が提出されているが、その中間の遷移流全域にわたって実験結果を良く説明する解析解はなく、数値解法にしても、従来の平衡気体論に較べると、かなり難しい数学的手法によらざるを得ない事につき述べている。本論文においてはこの領域で、実測値とよく一致し、しかも形の簡単な流動式を得ることを目的とし、理論的に厳密な Boltzmann の式を解析するという数学的困難さをさけ、主に自由行程論に基づく解析を行う目的を有する事を述べている。

第二章においてはダクト内速度分布に対し、局所平衡の概念を用いて解析した結果について記述している。すなわち、速度空間を4領域にわけ、それぞれの速度領域において、平衡速度分布を仮定し、これに含まれる4つの未知数のうち分子密度に関する変数を自由行程論により決定し、気体速度に関する変数を Maxwell の輸送方程式を用いて決定した。その結果、平行平板間の流れ、円管内の流れに対しそれぞれ、一つの実験定数を含む式を得、実験より得られた定数を用いる事により、これらの式は全圧力域にわたって実測値とよく一致する事を示した。

これらの式は実用上は有効であるが、いずれも物理的意味の不明確な実験定数を含み、しかもダクト断面の形状が異なるとこれら定数の値が異なるという欠点を有する。したがって、さらに工学的に有用な式を得るためには、より基本的な立場にたち、ダクト内の気体分子の流れを解析する事が必要である。

そこで、著者は第三章において第二章の結果に考察を加え、遷移域における希薄気体の流れに対し、以下に示す4つの仮定を導入した。すなわち、

- 1) 遷移域における気体の流量は連続流、すべり流及び自由分子流の流量の単純和で表わされる。
- 2) 連続流、すべり流領域の流量項は Navier-Stokes の式で計算する。
- 3) すべり流項は著者の提案した運動量輸送距離を用いて計算する。

4) 自由分子流項の計算においては2局所平衡速度分布関数を用いる。

これらの4つの仮定に基づき、著者は平行平板間、円管内及び二重円管内の流れに関し、それぞれ流動式を導いている。

これらの式を第二章で導いた式と比較するとすべり流項が修正され、定数が流路断面の形状にかかわらず一定となっている。しかもこれらの式は、極めて低圧における平行平板間の流れを除いては、実測値とよく一致し、かつ全領域にわたり最も厳密な解とされている Cercignani の解に近い値を与えている。

したがって上述の4仮定は遷移域における希薄気体の流れの機構を説明する表現として妥当なものであることを結論している。

次に遷移域における希薄気体の流れの問題を気体分子運動論の立場から考察し、分子一壁面衝突による気体分子の運動量損失を考慮することにより、第二章で導いた式を、本章で導いた流動式と一致させることを示して、上述の仮定の気体分子運動論的内容を説明できるとしている。

第四章においては、流路内における分子一壁面衝突を考慮した輸送距離を自由行程論に基づいて計算し、遷移粘度を定義し、希薄気体の流れに対し連続流に準じた運動量輸送式を導いた結果について記述し、全圧力範囲にわたって実測値とよく一致する事を示している。もともと本章の研究結果は研究の初期において行われたもので、分子一壁面衝突による運動量輸送をも分子相互衝突による運動量輸送とみなして導入した遷移粘度は極めて便宜的なものであるが、これを用いると希薄気体の流れも連続流と同様にとり扱う事ができて便利であるので、記述してある。

第五章は本論文のまとめである。

論文審査の結果の要旨

本論文はダクト内の希薄気体の遷移域流れに関する理論的ならびに実験的研究結果をまとめたもので得られた成果は次のとおりである。

- (1) 気体分子の速度分布に対し、局所平衡の概念を用いて解析した。すなわち、速度空間を4領域にわけ、それぞれの速度領域において平衡速度分布を仮定し、これに含まれる4つの未知変数を決定して、平行平板間及び円管内の流れに対し、それぞれ全圧力域にわたって実測値と良く一致する流動式を得た。これらの式はダクト断面の形状によって異なる実験定数を含み、その物理的意味も不明確であるが、実用上有効である。
- (2) 希薄気体の流れに対して、より基本的な立場からの解析を行うため4つの仮定を導入して平行平板間、円管及び二重円管内の流れに対する解を求め、実測値並びに他の研究者の結果と比較した結果、極めて低圧における平行平板間の流れを除いた実測値と良好な一致を示し、かつ全領域にわたり最も厳密な解であると云われる Cercignani の解にも近い値を与え得る事を示した。これらの結果は、より基本的立場から解析を行った点、ダクト断面の形状により異なる実験定数を含まない点で前述(1)の研究結果の式を発展させたものと云える。
- (3) 著者の提示した遷移粘度の考えを導入する事により形式的には、希薄気体の流れも連続流と同様に

取り扱い得る事を示した。この方法は極めて便宜的なものであるが、簡単で工学的計算に便利な利点を有している。

以上要するに本論文はダクト内の希薄気体の遷移域流れに関し、古典的気体分子運動論を用いて解析した理論的研究結果並びに実験結果を記述したもので、各種断面のダクトに対して実測値とよく一致し、しかも形の簡単な流動式を与えるとともに、低圧領域における理論解を求めるための大切な示唆を与えており、工業上學術上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。