

|          |  |
|----------|--|
| 氏 名      | すぎもとひろし<br>杉元 宏  |
| 学位(専攻分野) | 博 士 (工 学)  |
| 学位記番号    | 工 博 第 1236 号   |
| 学位授与の日付  | 平成 4 年 3 月 23 日  |
| 学位授与の要件  | 学位規則第 4 条第 1 項該当   |
| 研究科・専攻   | 工学研究科航空工学専攻  |
| 学位論文題目   | Analysis of evaporating flows of a gas from its condensed phase on the basis of kinetic theory<br>(凝縮相からの蒸発流についての気体論的研究) |
| 論文調査委員   | (主 査)<br>教授 曾根良夫 教授 森岡茂樹 教授 大矢勇次郎  |

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、凝縮相からの蒸発流に関する基本的諸問題を気体論によって精密に解析したもので3章より成り立っている。

第1章は序言で、本論文の背景と構成を簡潔に述べている。

第2章では、平面凝縮相からの半無限領域への蒸発問題を扱っている。まず凝縮相の状態の急激な変化に伴う波の発生とその伝播、Knudsen層の形成および定常な蒸発流への遷移の様子を精密に解析している。解析にあたっては、Boltzmann-Krook-Welander方程式と完全凝縮型気体論的境界条件の下に定式化し、気体分子の速度分布関数の不連続を正確に解析できるような数値解析法を開発している。数多くの初期値に対し数値解析を行い、どのような経過で定常状態へ近づくかを分類している。次いで非常に数多くの非定常解の長時間経過後の漸近的振舞を調べることにより安定な定常解を導いている。定常解においては、無限遠のMach数、温度比(無限遠の温度と凝縮相の温度との比)は圧力比(無限遠の圧力と凝縮相の温度における飽和蒸気圧との比)によって決まることおよびその具体的関係を導いている。また流れの場内において超音速領域が現れないことおよび圧力比がある値以下の値をとり得ないことを示している。最後に、凝縮相上の気体論的境界条件のちがいが定常な蒸発流にどのような影響を与えるかを調べている。特に凝縮係数の効果は簡単な変換公式によって完全凝縮型条件の結果から導かれることを示している。

第3章では、円柱凝縮相からの定常な蒸発流を解析している。Boltzmann-Krook-Welander方程式および完全凝縮型境界条件の下に問題の定式化を行い、解析上の問題点を指摘した後、その解決法を与えている。本無限領域問題では無限遠の状態への近づき方が遅いという数値解析上の問題点に対し、遠方域の漸近解を導き、これを利用する方法を示している。また凸型物体まわりの気体中では速度分布関数が不連続を持つことを指摘し、これの数値解析法を与えている。これらの準備の後に、円柱凝縮相からの定常な蒸発流をKnudsen数および圧力比(無限遠の圧力と凝縮相温度における飽和蒸気圧との比)の全域にわ

たって数値解析している。この結果、凝縮相より流れが加速された後、無限遠の静止状態へ減速されていく様子、これに対応するその他の巨視的変数および速度分布関数の振舞が明らかにされている。特に速度分布関数の不連続の特徴ある振舞が示されている。また、温度比（無限遠の温度と凝縮相のそれとの比）、凝縮相からの質量流および同エネルギー流が圧力比および Knudsen 数によって決まることおよびそれらの具体的関係が導かれて、Knudsen 数のちがいによる特徴ある振舞が示されている。最後に、凝縮相上の凝縮係数のちがいが流れに与える効果も検討され、任意凝縮係数に対する流れの場の振舞は完全凝縮境界の場合の結果から簡単な変換公式によって導かれることを示している。

以上の解析における数値解析の精度は種々の点から検討されている。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は凝縮相からの蒸発流の重要な諸問題を気体論を基に解明したものであり、得られた主な結果は以下の通りである。

1. 平面凝縮相の状態の急激な変化に伴う波の発生と伝播、Knudsen 層の形成および定常な蒸発流への遷移の様子が明らかにされている。特に速度分布関数の不連続の伝播と減衰の様子を解析した成果は注目される。

2. 平面凝縮相からの定常な蒸発流の全容を明らかにしている。すなわち、この流れにおける蒸発の強さと凝縮相および無限遠の気体の状態の間に成り立つ関係、さらに凝縮相上から無限遠に至るまでの遷移領域（Knudsen 層）の気体の振舞を明らかにしている。これより蒸発が起きている凝縮相界面における（古典）流体力学方程式に対する境界条件を導いている。

3. 円柱凝縮相からの定常蒸発流が Knudsen 数および圧力比の全域にわたって解析され、その全容が明らかにされている。すなわち、流速、温度等巨視的変数および速度分布関数の振舞、温度比、質量流量およびエネルギー流量の Knudsen 数および圧力比に対する依存性が精密に求められている。

4. 上記解析において、凸型物体まわりの気体中では速度分布関数が不連続を持つことをはじめて指摘し、その具体例を示している。この不連続は理論的に興味があるばかりでなく、物体をすぎる希薄気流の解析にあたって注意すべきものである。

5. 解析過程において、希薄気流一般の解析に適用できる方法を提案し、その有用性を具体例によって示している。

以上要するに、本論文は、凝縮相からの蒸発流の重要な諸問題を解明すると共に、希薄気流一般の解析に適用できる方法を提案したもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって本論文は京都大学博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。

また、平成 4 年 2 月 10 日、論文内容とそれに関連した事柄について試問を行った結果、合格と認めた。