

氏 名	三 浦 宏 之 み うら ひろ ゆき
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 834 号
学位授与の日付	昭 和 50 年 11 月 25 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	Relaxation Phenomena in Supersonic Flows of Two-Phase System (二相系の超音速流における緩和現象)

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

論 文 内 容 の 要 旨

流体が固体の微粒子や微小な液滴又は気泡を数多く含むとき、一般に粒子の速度や温度がまわりの流体からずれるために、流体の運動は粒子の存在によって大きい影響を受ける。本論文は、このような二相系の圧縮性が問題となるような超音速の流れにおいて生ずる非平衡とその緩和現象の特性を理論的に研究したもので、3章からなっている。

第1章の緒論では、二相系の運動が注目されるようになった背景、および本研究の目的を明らかにするとともに、以下の各章の内容を概説している。

第2章は、固体微粒子、あるいは小さな液滴を多数含んだ気体の流れを解析したもので、5節からなっている。

第1節では、粒子群に対する連続体近似によって気体と粒子群の運動方程式を導き、この二相系には4つの特性音速が存在すること、従ってその中の波動は分散性をもつことを明らかにしている。

第2節では、静止した二相系の中を平衡音速よりやや速く伝わっていく弱い定常分散衝撃波の内部構造を調べ、二相の相互作用によって作られる単調で滑らかな遷移領域の巾が、含まれている粒子の大きさ、種類および量にどのように依存するかを明らかにしている。さらに、真直な管の中の二相系に於て、一端のピストンを急に押した場合の衝撃波の形成を解析し、初期には凍結音速で伝わっていく不連続波面が二相の相互作用のため次第に減衰し、その後方にいわゆる Burgers 方程式に従う定常な分散衝撃波が作られることを示している。

第3節では、伝播速度が凍結音速より大きい衝撃波について特に粒子群と気体の質量比が小さい場合を摂動的に取り扱い、気体が粒子の存在とは無関係に不連続的な圧縮変化を受ける凍結衝撃波の発生と、その後方で二相が相互作用をしながら新しい平衡状態を作りだしていく様相を明らかにしている。

第4節では、「くさび」形物体に沿う凍結音速より速い流れの問題を扱っている。「くさび」の頂角が小さい場合には、「くさび」の先端から出る斜めの凍結衝撃波は、壁から離れるにつれて下流側に曲が

り、緩和効果のため遠方では減衰してしまうこと、又、ずっと下流に滑らかな遷移構造をもった斜めの分散衝撃波が形成されることを示している。一方、「くさび」の頂角が大きい場合には凍結衝撃波は遠方で減衰することではなく、その傾きは気体だけの場合の衝撃波角から、粒子と気体が全く同じ振舞をする（緩和時間零）と想定したときに期待される波角まで次第に変化していくこと、又、「くさび」の表面に沿って渦度と非一様なエントロピーをもつせん断流の層が形成されることを見出している。さらに、凍結衝撃波に続く緩和領域での流れの状態の変遷が、二相系を構成する物質の種類によってかなり異なることを色の例について示している。

第5節では突角壁をまわる膨張流れを転角の小さい場合について解析している。角から出る凍結有心膨張波は緩和効果のため遠方で減衰するが、その下流に二相がほとんど平衡状態にある有心膨張波の領域が形成されること、又、慣性が大きいために粒子は角で壁から離れ、角の下流に壁に沿って粒子を含まない気体だけの流れの薄い層が現われること、この層に入ってくる気体は、壁から遠いものほど粒子と干渉する時間が長いために、流線毎に速度が異なり、強い渦度をもつ流れとなること等を見出している。

第3章は、多くの小さな泡を含んだ液体の流れについて研究したもので、3節からなっている。

第1節では、この二相系の運動を支配する方程式を導き、粒子を含んだ気体と同様に4つの特性音速が存在することを示している。

第2節では、弱い衝撃波の内部構造、およびピストン問題を解析している。ピストンを押した初期には、いわゆる高周波数音速で伝わる不連続波面の背後で泡が液体より速く動き、ピストンの前に液体だけの領域が形成されること、時間がたつにつれて不連続波は二相の干渉によって減衰し、その後方に平衡音速より少し大きい伝播速度をもつ分散衝撃波が作られることを示している。

第3節では、薄い「くさび」に沿う超音速流の問題を調べている。「くさび」の先端から出る斜めの不連続衝撃波は緩和効果のため遠方で減衰し、その下流に斜めの分散衝撃波が現われることは粒子を含んだ気体の場合と同様であるが、この場合には、泡が壁から離れ、「くさび」の表面に沿って液体だけの、渦度を伴った流れの層ができることを明らかにしている。

論文審査の結果の要旨

固体の微粒子や微小な液滴又は気泡を数多く含む流体の流れは工学上色々な問題に関連する。本論文はかような二相系の、圧縮性が問題となる速い流れの場合を取り上げ、衝撃波の構造、ピストン問題における衝撃波の形成過程、一様な超音速流中に置かれた「くさび」のまわりの流れ、壁の角を回る超音速膨張流等を、いわゆる二流体近似を基に、Laplace 変換、還元摂動法等を有効に利用して解析し、それぞれの場合における二相流の特質、主として流れの加速、減速による非平衡の発生と緩和の過程を解明したものであって、得られた成果の主なものは次のようである。

1) 弱い定常分散衝撃波の単調で滑らかな遷移構造の幅は、単位体積に含まれる微粒子群と気体の質量比に比例し、衝撃波の強さの二乗に逆比例する。真直な管の中の二相系に於て一端のピストンを急に押し進める場合、凍結音速で先駆する不連続波はやがて減衰するが、その後方にいわゆる Burgers 方程式に従う定常な分散衝撃波が形成される。伝播速度が凍結音速より大きい（強い）衝撃波は、粒子の存在に無

関係な不連続凍結衝撃波と、之に続く連続的な緩和領域という構造をもっている。

2) 頂角の小さい「くさび」に沿う超（凍結）音速流に於ては、「くさび」の先端から出る斜めの凍結衝撃波は、壁から離れるにつれて下流側に傾くと共に減衰するが、その下流に遷移構造をもった斜めの分散衝撃波が形成される。「くさび」の頂角が大きい場合には、凍結衝撃波は遠方で減衰することなく、その傾きが平衡衝撃波のそれまで増加する。又「くさび」の表面近くに渦ありの非一様エントロピー流れが出現する。さらに凍結衝撃波に続く緩和領域での流れの様相は、二相系を構成する物質の種類によってかなり異なってくる。

3) 壁の突角をまわる膨張流れに於ては、角から出る凍結有心膨張波は緩和効果のため遠方で減衰するが、その下流に二相がほぼ平衡状態にある有心膨張波が発達する。又、粒子は慣性が大きいので角から壁を離れ、角の下流に、壁に沿って気体だけの、強い渦度をもった薄層流が現われる。

4) 多数の微小気泡を含んだ液体のピストン問題に於て、ピストンを押した初期に「高周波数音速」で先駆する不連続波面の背後で、泡が液体より速く動き、ピストンの前に液体だけの領域が現われる。時と共に不連続波は減衰するが、その後方に平衡音速よりやや大きい伝播速度をもつ分散衝撃波が作られる。薄い「くさび」に沿う超音速流の場合には、「くさび」の先端から出る斜めの不連続波は遠方で減衰し、その下流に斜めの分散衝撃波が現われることは粒子を含んだ気体の場合と同様であるが、この場合には、泡が壁から離れ、「くさび」の表面に沿って液体だけの、渦度を伴った流れの層ができる。

以上要するに本研究は多数の微粒子を含む圧縮性二相流の基本的ないくつかの場合について、その特質を解明し、種々の新しい知見を得たもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。