

氏 名	赤 松 映 明 あか まつ てる あき
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	工 博 第 60 号
学位授与の日付	昭 和 38 年 6 月 25 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	Aerodynamic Study on Hypersonic Shock Tunnel (極超音速衝撃風洞の空気力学的研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 神 元 五 郎 教 授 藤 本 武 助 教 授 森 美 郎

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は極超音速風洞として用いられる衝撃風洞について、その原理および作動特性を明らかにし、特に三段隔膜反射型極超音速風洞について、その性能を空気力学的ならびに実験的に研究した結果をまとめたもので、緒言、5章および結論よりなっている。

緒言では、極超音速飛翔体に対する飛行マッハ機と岐点温度とを擬態させる目的で、空気を駆動ガスとする、三段隔膜反射型衝撃風洞を設計製作した本研究の方針とその概要とを述べている。

第1章では、空気駆動による三段隔膜反射型衝撃風洞の作動特性とその計算法とについて述べている。まず従来の単段衝撃波管の理論を拡張して、二段駆動方式の衝撃波管の理論を展開し、この方式の衝撃波管においてもっとも強い衝撃マッハ数を得るためには、この衝撃波管の高圧、中圧および低圧部の圧力比に最適値があることを見出し、その計算法を述べている。さらにこの衝撃波の管端における反射の条件から、管端領域の空気の岐点状態を計算し、この空気の極超音速ノズルにおける流れを近似的に求めている。以上の計算法により、高圧、中圧、低圧および測定部の圧力がそれぞれ 100kg/cm^2 、 1kg/cm^2 、 10mmHg および 10^{-3}mmHg で、衝撃マッハ数 5、岐点温度 3000°K 、測定部マッハ数 10 の主要要目をもつ反射型衝撃風洞を設計し、また上述の理論により各部の長さを決定する方法をも示している。

第2章では、衝撃風洞の測定時間を増加させるためのテイラーリング方式について述べている。一般に衝撃風洞の測定部における一様気流の持続時間は1ミリ秒のごく短い時間であって、この時間をできるだけ長くすることが望まれる。その方法の一つとして、管端で反射した衝撃波が接触面と干渉する場合、接触面で反射することなく透過させる方法、いわゆるテイラーリング方式が用いられる。著者はこのテイラーリングの条件を種々のガスの組み合わせによる単段駆動および二段駆動の場合について計算し、この条件が同時にもっとも強い衝撃波を得る条件にも一致していることを見出している。特に高圧、中圧および低圧部のそれぞれ水素—ヘリウム—空気、空気—ヘリウム—空気の二つの組み合わせについて詳細にテイラーリング条件を計算し、同時にこのような強い衝撃波を得る場合に起こる実在ガス効果についても計算

し、この衝撃風洞の使用範囲ではその影響が小さいことを述べている。

第3章では、衝撃風洞の衝撃波管部におけるショック・アテネーションの影響を理論的に検討している。前述のように、反射型衝撃風洞では管端における入射衝撃波の反射によって管端領域のガスが高温高圧となる。このガスの状態が測定部における岐点状態に対応するので、測定部における流れの解析にあたって、この領域のガスの状態が知られているばかりでなく、一様な状態になっていることが望ましい。しかし実際の風洞では、衝撃波管内のガスの粘性のために、前述の完全ガスとして衝撃波管理論から予測されるような一様な状態ではなく、例えば管端部の圧力などは時間的に一定でなく上昇する。これは入射衝撃波後方に管壁に沿って境界層が発達し、この境界層をもつ管内を反射衝撃波が進行するためであって、いわゆるショック・アテネーションによるためである。著者は小擾乱理論により衝撃波についての関係式および非定常特性方程式を線型化して、その影響を理論計算によって求めている。

第4章は本衝撃風洞の構造とその測定計器について詳述している。

第5章は著者が本風洞を運転して行なった実験結果について述べ、第1章、第2章および第3章で述べた理論計算の結果を実験的に確認したものである。まず本衝撃風洞の作動特性をピエゾ圧力計、白金薄膜温度計およびシュリーレン光学装置による測定によって明らかにし、また二段駆動におけるテイラーリング条件を空気—ヘリウム—空気の組み合わせについて実験を行ない、これを非テイラーリング条件の空気—空気—空気の場合の結果と比較して、前者の場合一様気流の持続時間が著しく増加することを確認している。なおショック・アテネーションによって圧力一様な時間が著しく減少する場合には、とくにこのテイラーリング方式が有効であることを実験的に明らかにしている。またショック・アテネーションの影響についてはピエゾ圧力計による管端部の圧力測定を行ない、この結果を第3章の理論計算の結果と比較して、この現象が著者の計算結果とよく一致することを示している。最後に測定部における極超音速気流中に種々の模型をおいて、その周りの流れをシュリーレン法にて撮影し、ことに平板上に発達する極超音速境界層と斜めの衝撃波との相互干渉の状態をシュリーレン写真にて示すなど本風洞の運転性能がすぐれていることを示している。

結論は以上の総括である。

論文審査の結果の要旨

最近、極超音速風洞として衝撃風洞が欧米各国において盛んに用いられているが、わが国においては未だ本格的な衝撃風洞は建設されていない現状である。しかも極超音速衝撃風洞の設計においては、擬態すべき極超音速飛翔体の飛行マッハ数と岐点温度とを如何にとるかにによって、駆動ガス、被駆動ガスの組み合わせとその衝撃波管部の構造と寸法が著しく異なる。著者は種々のガスの組み合わせの下に、単段駆動および二段駆動方式の衝撃波管の性能を計算し、最も強い衝撃マッハ数を得る条件を解明して、衝撃風洞の主要諸元を決定する理論的根拠を与えている。

著者は、まず衝撃波管の高圧部、低圧部の圧力比を与えて、その条件の下に強い衝撃波を得るには、多段駆動方式の衝撃波管が必要であることに注目して、二段駆動方式衝撃波管を用いた三段隔膜反射型衝撃風洞が理論的にも風洞操作上からも都合がよいことを見出している。特にこの型式の風洞については水

素—ヘリウム—空気、空気—ヘリウム—空気の組み合わせの下に、測定部における極超音速一様気流の持続時間を長くする、いわゆるテイラーリング方式を詳細に計算している。かくして測定部におけるマッハ数と岐点温度とを与えて、この型式の衝撃風洞を設計する場合の有益な資料を与えている。なお著者はこのテイラーリングの条件が極超音速衝撃風洞のみならず、衝撃波管による種々のガスの化学反応速度の測定等の研究に広く応用されることを指摘して、この方面の研究の資料をも提供している。

次に、著者は反射型衝撃風洞の性能に重要な影響を与えるショック・アテネーションについて、小擾乱理論を用いて理論計算を行ない、実際の衝撃風洞において避けることのできない粘性の影響を検討し、衝撃風洞の衝撃波管部の管径を決定する有益な資料を与えている。さらに著者の計算法による三段隔膜反射型風洞を設計し、その運転による性能実験の結果は著者の理論計算の結果とよく一致することを実験的に確認し、特にこの型式の風洞において空気—ヘリウム—空気の組み合わせによるテイラーリングの条件がこの風洞の性能を著しく向上させることを示し、反射型衝撃風洞について興味ある知見を与えている。

以上のごとく、本論文は空気駆動の衝撃風洞について、その設計の基礎となる理論計算を行ない、さらにその風洞の性能向上について理論的根拠を与え、また、実験的にもこの風洞の性能がすぐれていることを示し、極超音速空気力学の研究に有益な風洞の設計資料に知見を加え、今後の極超音速空気力学の実験的研究に寄与するところ少なくないと考えられる。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。