

【 271 】

氏 名	今 井 健 次
	いま い けん じ
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 117 号
学位授与の日付	昭 和 41 年 11 月 24 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	The distributions of flow rate and mixing ratio of two impinging jets (燃料噴霧の衝突による混合および分布)
論文調査委員	(主 査) 教 授 長 尾 不 二 夫 教 授 神 元 五 郎 教 授 大 東 俊 一

論 文 内 容 の 要 旨

この論文は2液制液体ロケットにおいて、大量の推進薬を小さい燃焼室内で完全に反応させ、安定した燃焼と十分な燃焼効率を得ることを目的とし、2噴流衝突式の噴射方式について、主として水模型を用い、その混合および流量の分布に関して研究したもので10章からなっている。

第1章は本論文の目的および内容について述べている。

第2章においては、二つの自由噴流の衝突状況を瞬間撮影し、またその一方を着色して分散および混合機構を明らかにしている。すなわち噴射圧力が低いときは、衝突点付近で2噴流は合流して、噴流面に直角な円形のフィルム状に広がり、その外周から液粒が分裂し、2噴流は衝突点で互に突き抜けることなく、合流してその方向を変え、混合は接触面において行われる。噴射圧力が高くなるとフィルムは振動を始め、リング状の波を生じ、薄いリングから分裂を始める。さらに高圧になるとフィルムは認められず全体が噴霧状になり、噴流の一部分は他の噴流を貫通し、一部分はゆるやかに方向を変えつつ拡散を行なう。

第3章では、実験に用いた噴孔の種類を詳述し、各種噴孔について衝突前の噴流の状態を瞬間写真あるいは回転カメラにより撮影し、流入角、噴孔直径、噴孔長さ直径比、噴射圧力ならびに液体の密度、粘度により、噴流が平滑流、波状流および噴霧流の3形態を呈することを明らかにし、噴孔長さ直径比が小さいほど平滑流の範囲が広く、流量係数が増大することを見出している。

第4章はとけたろうを噴射し混合機構の解明を試みたものである。まづ実験装置を説明し、赤青に着色したろうをとかして噴孔より常温の空气中に噴射衝突せしめ、凝結したろうの粒子をガラス板上に捕捉し、原色と比較して各位置における混合状態を検討し、混合の大部分は衝突の瞬間に行われ、浮遊中の粒子はすでに混合物であることを確認している。

第5章では、混合効率の定義について論じ、混合の度合いを評価するため、著者は濃度の偏差に対する流量変化の比を濃度の単位偏差に対する平均流量で除して無次元化し、良好な燃焼が得られる混合比範囲

について合計し、これを全混合効率と名付けている。

第6章は等しい2噴流の衝突に関するもので本論文の主要部分を占めている。

第1節は実験装置について説明したもので、流量分布の測定には極座標および直角座標に配置された銅管よりなる受液器を用い、衝突点に対して各位置の測定ができるようになっている。混合比測定には(1)一方に着色した水を使用し、著者の考案による光電管濃度計により測定する方法、(2)一方に塩水を用い、電気抵抗により測定する方法、(3)不溶解性の液を用い、分離する方法、(4)比重の異なる2液を用い、混合物の比重より算出する方法を採用し、それぞれの特徴を述べている。

第2節では衝突角の影響に関する実験結果を記述している。衝突角の小さい場合は等流量線は噴射方向を短軸とするだ円形になり、衝突角が大きくなるに従い、外側の等流量線はしだいに尖り、菱形に近づき、さらに衝突角が大きくなると平坦な曲線となることを見出し、ついで衝突部における噴霧の形状を噴射方向およびこれに直角方向より撮影し、上記流量分布形成の原因を追及している。混合比の分布は衝突点において噴流に直角な方向では偏差は零であり、等混合比線はほぼこれに平行し、衝突点より遠ざかるに従い偏差は増加し、衝突点における噴射方向の混合比分布曲線は衝突角 80° において最も急になることを見出し、この理由を噴霧写真および二次元噴流の場合と比較して説明している。さらに流量分布および混合比分布曲線から全混合効率を各衝突角に対して求め、 $80^\circ\sim 90^\circ$ において最小となる結果を得ている。

第3節は衝突角 90° の場合について噴射圧力の影響を明らかにしたもので、等流量線は中心付近ではだ円形、外周へ行くに従い菱形になるが、中央部のだ円は噴射圧力が 2atg 以下になると噴射方向に直角な軸がしだいに短くなり、適当な混合比範囲の流量が減少し、これが全混合効率低下の原因となることを指摘している。中心付近の混合比分布は 0.7atg の場合を除けば、噴射圧力にはほとんど関係なく、 0.7atg では混合比曲線の傾斜が中心付近でゆるやかなため、全混合効率は特に高く、 1atg で最小、 2atg で再び最大となり、それ以上の圧力ではしだいに低下する。

第7章は異なる条件の2噴流の衝突に関するものである。

まず噴孔径、噴射圧力を異にする噴流が衝突する場合につき、衝突後噴霧が偏る角度を運動量から計算し、噴射圧力比により、偏り角を調節し、混合比および流量分布を求めた結果、等流量線は高圧側を底辺とする三角形に近い形になり、噴射圧力比が高くなるに従い高圧側は中央部でくぼみ、低圧側は1個所に集中し、等混合比線は噴射圧力比が高くなるに従い高圧側で凸になり、適当な混合比の範囲は高圧側に移動し、最大流量点の濃度が減少するため、全混合効率がしだいに低下することを示し、この理由を噴霧の貫通と分散から説明している。つぎに噴射圧力比を一定とし、圧力レベルを変えた場合には圧力が高くなるに従い、等流量線、等混合比線はともに高圧側へ凸になり、このため全混合比効率が減少し、また噴孔径が異なる場合には等流量線は小噴孔側を底辺とする三角形に近い形状を示すが、噴孔比が大きくなるに従い小噴孔側がくぼみ三日月形に変わる。等混合比線は流量の多い中央部では大噴孔側へ凸になるため、噴孔比が大きくなっても全混合効率はあまり低下しないことを示している。

第8章においては、その他の影響として、噴孔の形状、噴射液の物理的性質などが混合比および流量分布に及ぼす影響を記述している。すなわち噴孔の流入角あるいは噴孔長さ直径比が小さくなると、噴流は中心部に集中し、等混合比線が平坦になるため全混合効率は増加の傾向を示し、この理由を衝突前の噴霧

の状態から説明している。また粘度により混合比分布はほとんど変わらないが、粘度が小さくなると噴流に直角方向の流量が増すため全混合効率はわずかに増加し、密度が大きくなると噴流方向の流量が増加するため全混合効率は減少することなどを示している。その他不溶解性の液、表面張力、ならびに噴孔より衝突点までの距離の影響は少ないことを小数の実験結果から推論している。

第9章は以上の実験結果に対して総合的に理論的考察を行ったものである。混合比の分布に関しては二次元の場合につき運動量の関係から衝突角と噴流面における混合比との関係式を導き、二次元の実験結果とはよく一致し、その他の場合には定性的にあてはまることを示している。流量分布に関しては、2噴流が衝突後フィルム状に広がる場合につき、運動量保存および連続の条件からフィルムの厚さを示す理論式を誘導し、実験式と比較検討し、さらに2噴流が衝突した場合の中心線の曲り、中心線のまわりの速度分布を求め、液粒は分裂後直線運動をするものと仮定して、噴流面における流量分布を理論的に求め、実験値とかなり一致した結果を得ている。

第10章では、以上の研究成果を要約して結論としている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、2液制液体ロケットに多く用いられる2噴流衝突式の噴射方式において、安定した燃焼と十分な燃焼効率を得ることを目的とし、2液の混合および流量の分布について、主として水模型を用いて系統的な研究を行なったものである。

まず、一方を着色した2噴流の衝突点附近の状況を瞬間撮影し、噴霧の分散および混合機構を明らかにしている。すなわち、噴射圧力が低い間は衝突点附近で2噴流は合流し、噴流面に直角な円形フィルム状に広がり、その外周から油粒が分裂し、混合は2液の接触面において行なわれる。噴射圧力が高くなると、フィルムは振動を始め、リング状の波を発生し、リングの部分から分裂を始め、さらに高圧になると全体が霧状になり、噴流の一部は他の噴流を貫き、互いに反対側の濃度が大きくなり、不均一混合の原因となることを指摘している。さらに回転カメラにより衝突前の噴流を撮影し、噴孔の形状、噴射圧力および液体の物理的性質により平滑流、波状流および噴霧流の3形態を呈することを明らかにし、これに関連して衝突面における分散および混合機構を説明している。また、着色したとけたろうの噴流を衝突せしめ、凝結した粒子により混合機構を検討し、大部分の混合は衝突の瞬間に行なわれることを確認している。

次に著者考案の流量分布および混合比測定装置により、各種条件のもとに等流量線および等混合比線を求め、それを用い良好な燃焼が得られる混合液の割合、すなわち全混合効率を算出し、各種の影響を定量的に求めるとともにその理由を分散および混合機構から矛盾なく説明している。すなわち全混合効率は

- 1 衝突角 $80^{\circ} \sim 90^{\circ}$ で最小となる。
- 2 噴射圧力の影響は少ないが 2 atg で最大になる。
- 3 2噴流の噴射圧力差が大きくなると急激に減少する。
- 4 2噴流の噴射圧力比が一定の場合には圧力が高くなるに従い減少する。
- 5 噴孔径の異なる場合には直径差が大きくなるに従いわずかに低下する。

そのほか噴孔の形状，液体の密度の影響は大きく，表面張力，粘度ならびに噴孔より衝突点までの距離の影響は少ないことなど噴射系の設計上重要な事項を見出している。

さらに噴流面における混合比と衝突角の関係，衝突面に形成されるフィルムの厚さ，噴流面における流量分布に関して近似的な理論的解析を行ない，定性的には実験結果と一致することを示している。

これを要するに本論文は2噴霧の衝突による液粒の分裂，混合過程を巧みな方法では握し，2噴流の混合比および流量分布に関して各種の影響を見出し，2噴流衝突式噴射系の設計上有力な資料を提供し，さらにこの複雑な現象を単純化し，これまで難解とされていた理論的解析の緒を示したもので学術上，工業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。