

氏名(本籍)	いし くら しゅう いち 石 倉 修 一 (山 形 県)		
学位の種類	博 士 (工 学)		
学位記番号	博 乙 第 2046 号		
学位授与年月日	平成 16 年 7 月 23 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	液体水銀ターゲットの圧力波伝播に伴う衝撃挙動に関する研究		

主 査	筑波大学教授	工学博士	齊 藤 正 克
副 査	筑波大学教授	工学博士	寺 本 徳 郎
副 査	筑波大学教授	博士(工学)	阿 部 豊
副 査	筑波大学助教授	博士(工学)	磯 部 大吾郎
副 査	日本原子力研究所主任研究員	工学博士	菊 地 賢 司

論 文 の 内 容 の 要 旨

原研と高エネルギー加速器研究機構の共同プロジェクトである大強度陽子加速器計画(J-PARC)の中心施設として建設される物質・生命科学実験施設では、大強度パルス陽子ビーム(出力1MW)を水銀ターゲットに入射し核破砕反応によって中性子を発生させる。水銀ターゲット内では瞬時の核発熱により数10MPaの圧力波が発生し、ターゲット容器に過大な負荷が作用するとともに、ビーム窓部では水銀と容器との動的相互作用により水銀中に負圧が生じることが解析で明らかになり、パルス陽子ビームを入射した実験によりキャビテーションの発生が確認されている。MW級水銀ターゲットを実現するためには、キャビテーション現象を考慮した水銀の状態方程式モデルを構築して解析評価に反映するとともに、実機におけるキャビテーション損傷を予測する手法を確立する必要がある。

本研究では、水銀の負圧破壊実験や電磁加振を用いたキャビテーション実験、さらにパルス陽子ビームを入射した圧力波実験結果を基に、気泡動力学の観点から現象を解析評価し、キャビテーション実験結果を説明できる状態方程式の簡易モデルを明らかにした。その成果をもとに、ビームプロファイルとターゲット構造の最適化を達成した。キャビテーション現象のより厳密な解析評価を行うために、気泡運動方程式を考慮した構造・流体・気泡の連成解析コードを開発し、TVDスキームの採用と大規模モデルに対応可能なベクトル化を行い、計算の高精度化と高効率化を実現した。

また、気泡液体の非線形性と非線形波動方程式との類似性から、気泡液体を多項式状態方程式で近似できることを示すとともに、気泡を含む水銀に対する多項式状態方程式を導き、解析により非線形性が強いことを明らかにした。この解析手法は、圧力波を緩和するための将来計画である微小気泡を混入する実験において有効であり、かつ、市販の解析コードで対応できる利点がある。

さらに、水銀ターゲットの寿命評価で重要となるキャビテーション損傷の予測手法に関して、マクロな観点から負圧の発生メカニズムが異なる実験体系(電磁加振実験とビーム入射実験)におけるキャビテーション損傷量を関連付ける共通因子を解析により抽出し、ミクロな観点からキャビテーション崩壊時のマイクロ

ジェットを仮定したピット形成のメカニズムを明らかにし、これらの成果を基に実機における損傷量の予測手法を確立した。

審 査 の 結 果 の 要 旨

気泡動力学の観点から水銀ターゲット内における瞬時の核発熱に起因する圧力波の発生と水銀と容器の動的相互作用による水銀中の負圧およびキャビテーションの発生を説明できる状態方程式モデルを構築し、ビーム形状とターゲット構造の最適化を達成したことは高く評価される。また、水銀ターゲットの寿命評価で重要となるキャビテーション損傷の予測手法に関してキャビテーション崩壊時のマイクロジェットを仮定したピット形成の機構を明らかにしたことは今後のターゲット容器設計に資すること大であると考えられる。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。