

氏名(本籍)	かみ や こう じ 神 谷 宏 治 (愛知県)		
学位の種類	博 士 (工 学)		
学位記番号	博 甲 第 2,104 号		
学位授与年月日	平成11年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
学位論文題目	Study of Appearance and Propagation Characteristics of He I-He II Interface Caused by Cooling (冷却による He I-He II 相界面の発生と動的伝播特性の研究)		
主査	筑波大学教授	工学博士	村 上 正 秀
副査	筑波大学教授	工学博士	松 井 剛 一
副査	筑波大学教授	工学博士	松 内 一 雄
副査	筑波大学名誉教授	工学博士	吉 澤 能 政
副査	筑波大学助教授	工学博士	石 黒 博

論 文 の 内 容 の 要 旨

本論文は、液体ヘリウムの λ 点近傍での冷却過程の研究にとって重要となる、液体ヘリウム I - 液体ヘリウム II (He I-He II) の相界面の動的挙動について実験的かつ理論的に調べたものである。実験では、はじめ T_1 (λ 点の温度) より僅かに高い温度にある He I を蒸気減圧によって急激に冷却することにより、He I-He II 相界面を現出させ、その液体ヘリウム自由液面から下方への伝播について、可視化や細線型超伝導温度計を用いた温度計測を中心に調べた。ここで現れる λ 転移は 2 次転移であるので、本来、相界面が現れるはずはないのであるが、(冷却) 熱流という非等方性を強制的に印加しているため、物理空間に界面が現れるのである。

この実験により次の様な結果を得ている。冷却によって He I-He II 相界面が確かに現れることが可視化により確認された。この界面は動的に安定で、数センチメートル毎秒の速さで下方に伝播してゆき、その速度はおよそ (冷却) 熱流束に比例している。又深さ方向には徐々に小さくなるが、これは、下方に向かう極微小な初期温度勾配の存在と He II 相内の量子化渦による相互摩擦力の効果による。また、温度の急変する界面層は極めて薄い。これは He I 部分のみならず He II にも及んでいることも確かめられた。

これらの実験的事実に基づいて構築された理論的モデルは、He I 相内における熱伝導と He II 部分における超流動崩壊状態における内部対向流熱伝達で各々支配される、改良型ステファン問題に帰着される。その数値解と実験結果との比較は、極めて良好な一致をみ、提案されたモデルの正当性が確認された。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、液体ヘリウム I - 液体ヘリウム II (He I-He II) の相界面の動的挙動について実験的かつ理論的に調べたものである。この中で、超流動ヘリウムの熱流動に関わる実験を冷却によって行った点は極めて珍しく独創的であり、またその様なモードによる実験により、冷却によっても超流動崩壊の起こる事を実証した点でも特筆に値する。現象に対する理論モデルの構築も適切であり、その正当性が自身で行った実験により検証されている点でも評価できる。解くべきステファン問題における特異性-相変化の際の潜熱がない、 λ 点近傍に比熱等の特異性が現れる一を数値的計算的に回避する事にも成功している。これにより、大型超伝導マグネット等の超流動ヘリウム、特にその加圧状態における冷却においてしばしば現れて状況を複雑にする、He I-He II 相界面の振

る舞いが極めて良く理解できる様になった点で工学的に高く評価出来る。残された幾つかの課題についても、本研究がその解決の糸口を与えた点で正の評価を与えたい。

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。