



Title	宇宙線観測用超伝導薄肉ソレノイドの軽量化と安定性に関する研究
Author(s)	槇田, 康弘
Citation	大阪大学, 1996, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/39664">https://hdl.handle.net/11094/39664</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	まき 模	だ 田	やす 康	ひろ 弘
博士の専攻分野の名称	博 士 ( 工 学 )			
学位記番号	第 1 2 2 9 1 号			
学位授与年月日	平成 8 年 3 月 5 日			
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当			
学位論文名	宇宙線観測用超伝導薄肉ソレノイドの軽量化と安定性に関する研究			
論文審査委員	(主査)			
	教授	村上 吉繁	教授	岡田 東一
	教授	青木 亮三	教授	白藤 純嗣
	教授	熊谷 貞俊	教授	辻 毅一郎
	教授	佐々木 孝友	教授	黒田 英三
	教授	中島 尚男	教授	加藤 義章
	教授	山中 龍彦		
			教授	松浦 虔士
			教授	平木 昭夫
			教授	小牧 省三

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、気球飛翔によって高空で宇宙線を観測する検出器に組み込まれた超伝導薄肉ソレノイドの開発に関する研究をまとめたもので本文6章から構成されている。

第一章では、宇宙線観測用超伝導薄肉ソレノイドに要求される軽量化及び安定性などの厳しい条件を述べ、本研究の意義を明らかにしている。

第二章では、宇宙線粒子の透過性の良さや軽量化に適するアルミ安定化超伝導線材の安定性と超伝導特性を明らかにし、超伝導常伝導転移発生熱の高速伝搬によるソレノイド保護方式への適合性を導いている。

第三章では、アルミ安定化超伝導線材を用いる超伝導ソレノイドの設計と構成法、冷却法を明らかにしている。これより要求される磁場、電磁力、応力特性を満足し、超伝導崩壊（クウェンチ）時保護を考慮する薄肉ソレノイドの設計方法が導かれている。

第四章では、開発したソレノイドに印加される衝撃力などの各種外力に対する試験により気球搭載時の過酷な条件に耐え得ることを明らかにし、実際に二回の気球飛翔実験において所期のデータ取得に成功してコイル動作の信頼性を確認している。

第五章では、開発した形式の超伝導薄肉ソレノイドの超伝導安定性の条件を一般的解析手法とシミュレーションによって明らかにし実験によって確認している。これより今後開発される宇宙線観測用超伝導ソレノイドの設計指針が導かれている。

第六章では、以上の研究成果を総括し、本研究の成果を述べるとともに、今後に残された課題について言及している。

### 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

我々の存在する世界の物質と質量が同じで電荷の逆な反物質から構成される世界すなわち反銀河の存在の有効な手が

かりとなる宇宙粒子線中の反粒子の有無を精度よく直接測定することが素粒子物理学の主要テーマの一つである。このため高エネルギー物理学研究所において気球飛翔による高精度宇宙線検出装置 (BESS: Balloon - Borne Experiment with a Superconducting Solenoidal Magnet Spectrometer) が開発され、1993年より気球飛翔し測定が行われている。

本論文はその中心装置である BESS 検出器空間磁界発生用超伝導薄肉ソレノイドに要求される諸性能; 軽量, 素粒子高透過性, 高電流密度, 超伝導安定性, 均一な高磁界及び高い機械強度を追求する一連の研究をまとめたもので, 主な成果は以下のとおりである。

- (1) 素粒子高透過性のアルミ安定化超伝導線では, 質量あたり超伝導安定性マージンが高くなることを解析とシミュレーションによって確かめたうえ, この超伝導線を用いるソレノイドを設計開発し, 性能試験により期待した安定性マージンを有していることを明らかにしている。また軽量化の指標として, 貯蔵エネルギー (E) 対コイル質量 (M) 比 (E/M) を導入し, この値がアルミ安定化超伝導線の採用によって最高水準となることを示している。
- (2) 超伝導状態の転移 (クエンチ) 事故時のソレノイド保護として, 従来の保護抵抗法でなく, 純アルミストリップを用いてソレノイドの正味の熱伝導率を上げ, 均一な温度上昇を実現してソレノイドを保護する手法を導出し, その効果を性能試験により確認している。
- (3) 超伝導ソレノイドの冷却は冷媒中の侵漬直接冷却でなく冷媒よりコイルへの熱伝導による間接冷却を行い, ソレノイドの冷却に十分な冷却能力を持つことを解析と実験により確かめている。
- (4) 以上の軽量および超伝導安定性, 冷却特性, クエンチ保護特性を考慮して設計した超伝導薄肉コイルについて一般的な安定性解析とシミュレーションを行い, この形式の薄肉ソレノイドが気球搭載用に適していることを明らかにし, その設計方法を導いている。
- (5) 真空容器構成材料として初めて質量あたり剛性の高いアルミハニカム材を採用し, 応力と圧力変動, 衝撃力に対し十分な剛性を持つことを確かめている。
- (6) 高度を増すにつれて著しく下がる大気圧に対して液体ヘリウムの圧力を一定に保つ調整装置を開発している。
- (7) 性能試験を終了したソレノイドは検出器に組み込まれ, 実際に励磁した状態で気球飛翔し宇宙線観測に寄与している。

以上のように本論文は宇宙線観測器用超伝導薄肉ソレノイドの軽量化と超伝導安定性, クエンチ保護特性を実現するうえで多くの有用な知見を得ており, 宇宙線観測器用超伝導ソレノイドの設計指針を明らかにしていることから判断して, 超伝導工学, 素粒子物理学, 電気工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。