

SQUID 計測技術の現状と地球惑星科学への応用

河合 淳 [1]
[1] 金沢工大・電子研

SQUID technology status quo and its applications to earth and planetary sciences

Jun Kawai[1]
[1] AEL, KIT

The principle of superconducting quantum interference device (SQUID) was established in 1964. The first practical SQUID magnetometer, which was built by J. E. Zimmerman in 1970, opened the gates to biomagnetism with the successful measurement of human heart signals performed by D. Cohen. On the other hand, it was already suggested in 1967 that SQUID was a promising device for highly sensitive measurement of geomagnetic activity (A. L. Morse). Zimmerman and W. H. Campbell observed geomagnetic pulsation using the SQUID magnetometer in Boulder, Colorado in 1973. In Japan, Kitamura first demonstrated the detection of the earth field using a SQUID magnetometer at Mt. Aso in 1975. Since then, SQUID fabrication technology has advanced, and bulk-type SQUIDs were replaced by thin-film SQUIDs with tunnel junctions and a flux transformer developed by M. B. Ketchen in 1982, which allows reliable and various types of SQUID magnetometers. High-temperature SQUIDs based on high-T_c superconductor discovered in 1987 have been also developed and improved. In the meantime, the rock magnetometer from 2G Enterprises and the physical property measurement system from Quantum Design, Inc. have become popular as unique SQUID systems among scientists studying paleomagnetism and material science. Since the 1990's, large biomagnetic measurement systems with multichannel SQUIDs have been extensively developed and commercialized for the purpose of research and diagnosis of the human brain, heart, and spinal cord, namely, MEG (Magnetoencephalograph), MCG (Magnetocardiograph) and MSG (Magnetospinograph) respectively. Presently, in addition to these large systems, small SQUID systems are also being developed for new applications such as non-destructive evaluation (NDE), immunoassay, small-animal MEG/MCG and low-field MRi. However, it appears that the modern SQUID technology have not yet been proactively applied to earth and planetary sciences except in the case of the rock magnetometers.

In this talk, I will show you some present SQUID systems, and then discuss the possible SQUID applications to earth and planetary sciences from the developer's point of view, introducing some test measurements using SQUID systems developed in our laboratory.

1964年にその原理が発明され、1970年にJ.E.Zimmermanにより初めて実現された高感度な超伝導量子干渉素子(Superconducting Quantum Interference Device : SQUID)磁力計は、D. Cohenによる心磁計測(1972)で応用の幕を開けた。一方、1967年にはSQUIDによる地磁気計測への期待がすでに示唆されており(A.L. Morse)、1973年にZimmermannとW. H. Campbellが米国コロラド州でフィールド計測を行い地磁気脈動を検出している。国内でも遅れること2年、北村により阿蘇でのSQUIDによる地磁気計測実験が行われた。それから約40年を経てSQUID技術は大きく進歩し、バルク型の素子はトンネル接合の開発とともに薄膜化され(M. B. Ketchen 1982)信頼性の高いSQUIDシステムが構築できるようになった。また、1987年に発見された高温超伝導体によるSQUIDも開発が進んでいる。その間、2G社やQuantum Design社は早くから特殊な用途に特化したSQUID計測システムを開発し、古磁気・岩石学あるいは物性研究の分野でのスタンダードとなっていることは周知のところである。1990年代以降は特に生体磁気計測に向けたSQUIDの多チャンネル化とシステム化技術の開発が精力的に行われ、脳磁計(MEG:Magnetoencephalograph)をはじめ、心磁計(MCG:Magnetocardiograph)や脊磁計(MSG:magnetospinograph)などの大型医療診断装置が実用化・製品化されてきた。近年は、非破壊検査や免疫検査、小動物用システム、低磁場MRiといった小型の計測システムによる新しい応用への展開も進められている。これに反し、現在のSQUID計測技術が岩石磁力計以外の地球惑星科学分野の研究ツールとして積極的に応用されているとは言い難い。

本講演では、SQUIDを用いた計測技術の現状を紹介するとともに、SQUIDによる地磁気計測など当研究所で開発したSQUIDによる実験結果を示しながら、地球惑星科学分野におけるSQUID計測技術の実用化の可能性について開発者の立場から議論する。