



**第7章 ULF帯電磁放射,VHF帯見通し外伝搬,  
VLF/LF帯送信局電波を使った研究など**

**地震に伴う電磁気現象と  
地震予知の研究**

早川 正士/伊田 裕一/武藤 史弥  
Masashi Hayakawa/Yuichi Ida/Fumiya Muto

**発展を遂げる地震電磁気学**

「地震電磁気学」という新しい学問は、神戸地震後の10年間で著しい発展を遂げています。電通大グループは、いろいろな項目を研究し、総合的議論をしてきています。本稿は、電波を使った三つの項目に重点を絞って、観測システムや最新の成果などを紹介します。

最初に、地圏から直接放射されると考えられるULF電磁放射を使った研究を紹介します。ULF電磁放射の観測は、局所観測の範疇に入るものです。局所観測では、観測点が地震の近くにあったときだけ現象を観測可能です。換言すると、このような状況は極めてまれなことから、世界中でのULF電磁放射の観測事例数はまだ20～30前後に過ぎません。

次に見通し外のVHF波(FM放送波)を使った研究と、VLF/LF送信局電波を使った研究を紹介します。これらは、それぞれ大気圏の擾乱と電離層の擾乱を検出しようとするもので、積分観測の範疇に入るものです。これらの観測では、送信局の位置、周波数、電力等すべて既知であり、送信点と受信点とを結ぶ大円(伝搬経路)の近くで発生する地震に対して反応するので、事例数を増やせることが容易という特徴があります。この点が局所観測と著しく異なる点です。

各項目についてそれぞれの観測システム、装置、記録装置、続いて最近の記録や結果を紹介します。

**ULF帯電磁放射——  
地中からの直接放射の観測**

**■ 観測の概要と略歴**

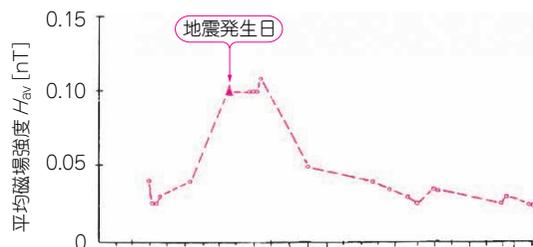
地震に関連すると思われる電磁気現象は、さまざまな周波数帯で観測されてきました。なかでも最も注目されているのがULF帯の電磁放射です。ULFの周波数は厳密には定義されていませんが、通常約10 Hz以下を指します。ULF帯の表皮効果を考えると、電磁波が地下を100 km伝搬したとしても、それほど減衰

することなく地表で受信されることが、HF帯およびVHF帯等の高周波放射と本質的に異なる点です。

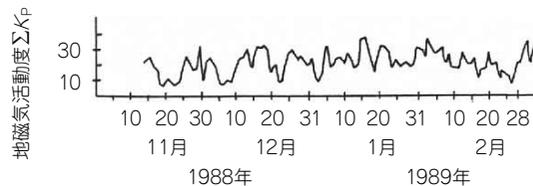
また、ULF帯電磁放射は波長が長いことから、その発生には大きなアンテナが必要となります。そのため、大地震に対してだけ発生することが特徴です。地震に関連すると思われる変動が観測された地震として、スピタク地震(1988年)とロマブリータ地震(1989年)およびグアム地震(1993年)の三つが知られています。以下に、三つの地震に対するULF帯電磁放射の観測結果を紹介します。

● スピタク地震

1988年12月7日にアルメニアで発生したマグニチュード6.9の地震です。地震の前後の期間において、震源から約130 km離れた場所で観測されていたULF帯磁場強度に異常な変動が現れました。図1にそのときの観測データを示します。グラフには、数か月間の磁場強度の変化が示されています。地震の約10日前から磁場強度が上昇し、地震の約45日後には平常値に戻りました。また、地震の発生前においてはULF帯磁場強度の変動の主な要因である地磁気擾乱も発生



(a) ULF帯磁場強度



(b) 地磁気活動度ΣKp

〈図1〉スピタク地震前後のULF帯磁場強度

していませんでした。このため、この磁場変動が地震に関連した変動である可能性が高いと考えられます。

## ● ロマプリータ地震

1989年10月17日にアメリカ合衆国カリフォルニア州で発生したマグニチュード7.1の地震です。その地震の前後期間において、震源から7 kmという直近の位置で観測されていたULF帯磁場強度に異常がありました。図2にそのときの観測データを示します。グラフに示されているのは水平磁界の磁力計を使って観測されたデータで、0.01 Hzの強度を示しています。

ULF帯磁場強度は地震の約2週間前から上昇し、地震のほぼ1週間前まで継続しました(第1のピーク)。また、地震発生の直前においてさらに磁場強度が急上昇しました(第2のピーク)。また、地震の発生前においては、地磁気擾乱も発生していませんでした。したがって、この変動が地震に関連した変動である可能性が高いとされています。

## ● グアム地震

1993年8月8日にグアム島付近で発生したマグニチュード8.0の地震です。その前後期間において、震源から約65 km離れた地点で観測されたULF帯磁場強度の偏波に異常が見られました。偏波とは、磁場の鉛直方向成分である $B_z$ 成分の強度を水平方向成分である $B_x$ および $B_y$ の強度で割った値です。電離圏および磁気圏起源の磁場変動は、水平方向成分が卓越し、地中起源の信号は、鉛直方向成分が卓越します。したがって偏波を求めることにより、地震に関連した変動と想定される地中起源の信号を抽出することが可能になるのです。

図3に偏波の観測結果を示します。これを見ると、地震発生の約2か月前から偏波が上昇していることがわかります。そして地震の後、平常値に戻っています。また、地震発生の2か月間においては地磁気擾乱は見られないことから、この偏波の変動は地震に関連した

変動である可能性があるといえます。

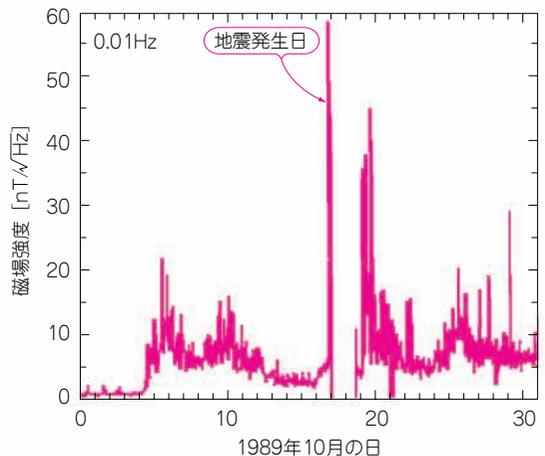
以上のような研究が過去に行われてきました。現在では世界各地において観測が行われています。そして近年、地震に先行するULF帯磁場強度の変動が多数報告されるようになってきています。

## ■ 観測の原理

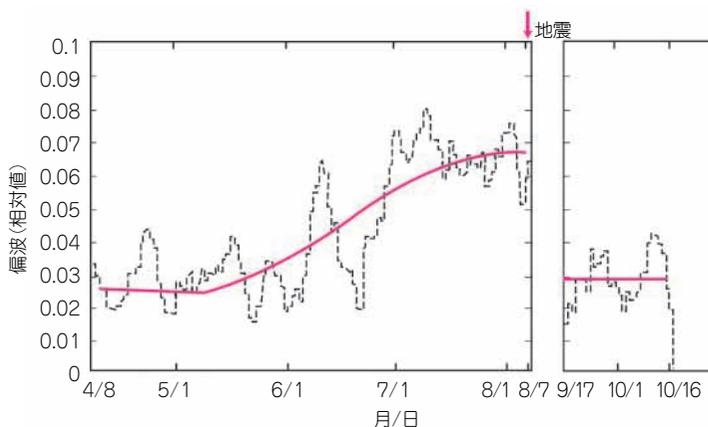
### ● ULF帯磁場データの概要

ULF帯磁場強度は地磁気観測用のセンサを使って観測されています。地震に関連すると思われる電磁気信号は、地磁気変動や人工雑音より小さいと考えられているため、トーション型磁力計、インダクション型磁力計およびフラックス・ゲート型磁力計などの高感度磁場センサが使われています。

また、地震に先行する電磁気現象は、周波数領域がおおよそ0.01～10 Hz付近に見られるという報告があります。このことから、1 Hz付近で周波数応答が最大になるように設計された磁場センサが多く使われて



〈図2〉 ロマプリータ地震前後のULF帯(0.01 Hz)の磁場強度



〈図3〉 グアム地震の前後におけるULF帯磁場強度の偏波

〈写真1〉  
インダクション型磁気センサ磁力計  
(米国Electromagnetics Instruments社のBF-4)

