

地中で検出される電磁波パルスの3次元到来方位 Three dimensional arrival directions of electromagnetic pulses in the earth

筒井 稔^{1*}, 神谷 宗利¹, 中谷 太環¹, 長尾 年恭²

Minoru Tsutsui^{1*}, Munetoshi Kamitani¹, Taka Nakatani¹, Toshiyasu Nagao²

¹ 京都産業大学, ² 東海大学

¹Kyoto Sangyo University, ²Tokai University

地震に関連していると考えられる地中電磁波パルスの検出のために、地理的に異なった場所で深さ 100 m のボアホールを確保して、そこに電磁波到来方位測定用のセンサーを挿入して観測を続けてきた。この一連の観測により、検出する電磁波パルスの殆どが雷放電で励起された電磁波である事が明らかとなった。そして電気伝導度の高い堆積層から成る海岸付近に構築したボアホール内底部での観測では、地上からの電磁波の減衰が大きい事が確認された。これは地中励起の電磁波の観測に有利と考えられるが、それでも雷が多い特に梅雨の時期には、一日当たりの雷放電に起因した電磁波パルスの検出個数は 10000 個に近い数となっている。これは地中励起の電磁波を検出しようとする研究の障害となっている。

その様な環境の中で、大量の観測データの解析を進めてきたところ、雷放電起因のパルスとは異なる波形をした振幅の小さい電磁波パルスを見つけた。それは一日当たり 10~20 個検出されていた。そして 100 m ボアホールの底部と地上の両方に設置した水平方向磁界サーチコイルを用いて検出されたその種の電磁波パルスの波形を比較したところ、位相と振幅関係から、地中から地上に伝搬している状況を表わしているデータを見つけた。そこで 2010 年の連合大会では「地球起源の電磁波パルスを発見した」と発表した。しかし、それは間違っていた事が判明した。まず、この種の電磁波パルスの検出時刻についての定量解析を行った結果、それらは午前 7 時前後と午後 5 時以降に集中している事が判った。即ち、これらは人間活動に関係しているものと判断でき、その有力な源は商用電源である可能性が強いとの感触をもった。

電磁波パルスの上下伝搬方向の確認のために、データを定量的に調べた結果、地上から地中に向かって伝搬しているような波形も見つかった。この状況を更に明確にするために、3次元方向の磁界成分を検出できるように3軸磁界サーチコイルを地上と地中の両方に設置し、磁界ベクトルの偏波の比較解析を行った。その結果、微小振幅パルスの偏波は地上では直線偏波をしているが、地中では垂直面内において楕円偏波をしている事が判明した。この事は、この種の電磁波パルスは地表面に沿って水平に伝搬してきた表面波である事が考えられ、上記の検出時刻の状況と合わせて考えると、それは地中で励起された電磁波パルスでは無く、電力に関係して発生した人工電磁波雑音であるとの結論に至った。

このように、地中での電磁波観測で、上下方向に距離を隔てた複数の検出点での波形での位相比較のみでは伝搬方向を決めることは出来ない事が明らかとなった。これを受けて検討した結果、電磁波の到来方位を決定する方法としては、電磁波のポインティングベクトルを求める以外に方法が無い事が判明した。そこで本研究では、それを実現すべく、新たな電磁波到来方位測定装置の開発を開始した。

ポインティングベクトル \mathbf{P} とは電磁波の電界 \mathbf{E} 、磁界 \mathbf{H} がベクトルで表わされ、それが時間的に振動している時、その電磁波エネルギーの流れは $\mathbf{P}=\mathbf{E}\times\mathbf{H}$ の形のベクトルで表わされる。このため、媒質内での電磁波伝搬方向を決めるにはこの \mathbf{P} の方向を求めればよい。即ち、ポインティングベクトルの方向はその成分比 P_y/P_x および P_z/P_x が求められれば決定されるので、電磁界センサーの3次元方向での検出成分の比のみで電磁波の到来方向を決める事ができる。

この方法による検出電磁波パルスの到来方位の決定を実現するためには、地中ボアホール内で電界および磁界の3軸方向成分の検出を実現させなければならない。磁界については既に実現しているが、電界についてはボアホールの内径が最大でも 20cm 程度であり、水平ダイポールアンテナ素子を十分に長く展開できないため、水平電界成分の感度を十分に得られないという問題があった。そこで京都産業大学の研究室ではこの問題を解決するため、新たな水平電界成分を感度良く検出する方法を開発した。開発した水平電界検出方式については現在、特許出願の準備を進めているので、その詳細についてここでは紹介できないが、学会当日はその方式と観測結果について報告できるものと思われる。

キーワード: 電磁波パルス, 地中伝搬, 到来方位検出, 検出システム開発

Keywords: electromagnetic pulses, propagation in the earth, detection of arrival direction, development of detection system