

地震に伴って励起された電磁波パルスの検出 Detections of electromagnetic pulses excited by earthquakes

筒井 稔^{1*}Minoru Tsutsui^{1*}¹ 京都産業大学 コンピュータ理工学部¹ Kyoto Sangyo University

地殻活動における力学的エネルギーの散逸過程では熱、音、電磁波、光等が発生するだろうと考えるのは自然である。それらの基本は「振動」であるが、その開始はパルス的である。筆者は、その励起される電磁波パルスは岩盤に加わる力学的衝撃による圧電効果によるものと考え、それを検出確認するために深さ 100 m のボアホールの中に電磁波センサシステムを挿入して観測を開始した [1]。その後 2004 年 1 月 6 日 14:50 に熊野灘沖で発生した地震に伴って励起されたと思われる電磁波パルスを検出し、そのデータ解析から、その波源位置は震源領域にある事を特定した [2]。この時、強い地震によって励起された電磁波パルスは直上の地表を突き抜け、その後は地上空間を伝搬して来た成分で、それを本学のボアホール内で検出したものと考えている [2]。しかし地震との明確な関係を示すためには、地中を伝搬してきた電磁波パルスを検出する事が重要であると考え、新たに白浜と紀伊大島に夫々深さが 100 m および 150 m のボアホールを構築した。特に白浜観測点では地上にも同種の電磁波センサシステムを設置して地上と地中での同時観測を行い、多くの電磁波パルスデータを蓄積した。得られた大量のデータの波形から 2 種類に分る事ができた。そこでそれらのデータを解析し、地中で検出される電磁波パルスの特性を明らかにした。即ち、それらの殆どは数 100 マイクロ秒の周期振動 (数 kHz) を示し、持続時間が数ミリ秒のパルス状であり、その地上及び地中での偏波形態の比較や、地中での電磁波振幅の空間的減衰状況および伝搬速度等を算出した結果、殆どが雷放電による電磁波パルスである事が判明した。 [3]。

このように、これまで検出された電磁波パルスの殆どが雷放電によるものであり、地殻活動により励起された電磁波パルスを検出できない理由について様々な状況を考えての結果、それは地中媒質の導電率の大きさに問題があると考えた。即ち、震源では必ず電磁波パルスは励起されているが、それが地中内を伝搬する間に、地中媒質の導電率により電磁波が減衰してしまい、電磁波観測点に達した時点ではセンサの感度以下となっており、検出できない状態となっていると考えた。

地中内における電磁波の伝搬中での減衰状況は電磁波に対する地中媒質の「表皮の厚さ」、即ち電磁波振幅が $1/e$ となる伝搬距離、で把握する事ができる。この表皮の厚さ (距離) は電磁波の周波数を f とすると、 $1/(f$ の平方根) に比例する形で表わす事ができるので、注目する周波数の範囲を極端に低くする事により、長距離を伝搬してきた周波数成分を検出できる可能性があった。そこでモニター方法として、それまで連続観測表示していた周波数の時間変化 (カラ - ダイナミックスpektrum: $f ? t$ 図) の表示周波数範囲をそれまでの $1/200$ である $0 \sim 25$ Hz に変更した。

25 Hz 以下の周波数範囲についての背景電磁波雑音のカラ - ダイナミックスpektrumの観測は京都産業大学構内において 2011 年 12 月から開始し、2013 年 1 月 24 日までの間に発生した地震について調べた。その結果、震源が電磁波観測点から半径が 40 km 以内にある M2 以上の地震は 13 件あった。その内の 10 件の地震については発生と同時にダイナミックスpektrum上で電磁波パルスを確認した。

これらの観測結果は、地殻活動によって岩盤内での圧電効果により、電磁波パルスが発生した事を証拠付けるものとなった。現在の記録方法では、検出電磁波データの時間分解能は 2 分 40 秒であるため、地震波と電磁波との詳細な時間関係は得られていない。今後はその関係を明確にするために両者の波形の時間関係を取得する事を考えている。更に電磁波パルスの波源位置を明確にすると、その発生機構が一段と明確になるものと思われるので、その測定をも考えている。

参考文献

[1] M. Tsutsui, Detection of earth-origin electric pulses, *Geophys Res Lett*, 29, 1194, doi:10.1029/2001GL013713, 2002.

[2] M. Tsutsui, Identification of earthquake epicenter from measurements of electromagnetic pulses in the earth, *Geophys Res Lett*, 32, L20303, doi:10.1029/2005GL023691, 2005.

[3] M. Tsutsui, T. Nakatani, M. Kamitani and T. Nagao, Polarization and propagation property of electromagnetic pulses in the earth, *Proc. IGARSS, IEEE*, pp. 838-841, 2011.

キーワード: 地中電磁波パルス, ボアホール内での検出, 地震関連電磁波

Keywords: electromagnetic pulses in the earth, detections in boreholes, relation with earthquakes