

助成対象事業成果報告書(概要版)

助成対象事業名	ULF/ELF 電磁波を用いた地球環境の監視と予測
助成対象事業者 (研究代表者名)	電気通信大学 (早川 正士)
1 事業の概要 <p>地球環境の破壊は人類にとって深刻な課題であり、その主要なものとして二つ(1)地殻活動及び地震に伴う災害と(2)地球温暖化(異常気象も含む)を取り上げる。2004年新潟中越地震、インドネシアスマトラ地震、2007年新潟中越沖地震、2008年中国四川地震などの多くの地震が世界各国にて発生し、多くの人的、社会的損失をもたらしている。地震の短期予知は従来の地殻変動測定に基づく古典的な手法では困難であることが結論されているが、我々が提唱する“電磁気的手法”での地震短期予知の可能性が高まっている。本研究では超低周波(ULF(ultra-low-frequency)(周波数<10Hz)/ELF(extremely low frequency, 周波数<1kHz))電磁放射の観測を用いる。すでに、マグニチュード6.0以上の地震に対してはULF電磁放射が発生することを我々は示しており、検知距離は半径100km程度であることを示してきたが、2004年のスマトラ地震に対しては日本国内でもULF放射が受信できることを発見した。ULF放射の発生機構にも関係するが、まれではあるが長距離伝搬する地震ULF放射が発見されたことで、国内だけでなく国際的ネットワークの重要性も浮かび上がってきた。日本国内や世界各地でのULF/ELFネットワークを活用し、地震に伴うULF電磁放射の諸特性の解明、その発生機構の解明を通じて、その予測を目指す。次に、人間活動における地球温暖化への影響が叫ばれてから久しく、特に我が国では1997年のCOP3が京都にて開催され、京都議定書を採択することが合意されたため、温室効果ガスが地球温暖化の原因として注目されている。しかし、IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)では未だ決定的な原因は特定されておらず、地球温暖化が人間活動の結果ではなく、飽くまで長期の気候変動や自然現象の一部とする研究もある状況である。我々は本テーマに対してもULF/ELF自然電波を用いる。基本的な考え方は世界三大雷活動域での地表面温度の上昇に対して雷発生数が非線形に増加することから、ELF帯での電離層・大地導波管内での共振現象(シューマン共振現象)の強度もそれに伴い上昇するものである。従って、本研究の為に日本(電通大担当)、米国(MIT)、欧州(ウクライナ)での国際共同観測をすでに実施しており、本国際共同研究では、日本、米国、欧州での共同観測を大々的に拡充し、又世界多点同時観測データを駆使して世界雷分布同定を行うことにより、赤道域での雷活動の種々の変化(日変化、季節変化、経年変化等)を用いて地球温暖化をモニターする手法を確立する。地球環境の破壊につながる二つのテーマを同一の自然電波(ULF/ELF波)を用いて、国際的ネットワークにより調査するという画期的なものであるものである。</p>	
2 共同研究体制と分担内容 <p>(1)ULF/ELF自然放射の観測システムの整備と定常的データ収集 (a)関東地区でのULFデータ収集と解析(早川、芳原担当) (b)中部地区ULF/ELFデータ観測(太田、井筒担当) (c)ロシア・カムチャッカでのULF/ELF観測とその解析(Molchanov, Blaunstein, Smirnova 担当) (d)ELFデータ収集とその解析(母子里、Rhode Island, Lekhta)(早川、芳原、Williams, Nickolaenko, Shvets 担当)</p> <p>(2)地震に伴うULF電磁放射の検出とその信号処理 (a)事例解析による地震ULF放射の検出と新しい信号処理法の提案(早川、安藤、中野担当) (b)地震に伴うULF電磁放射の発生機構の解明(早川、Molchanov, Biagi, Parrot 担当)</p> <p>(3)ELF波の観測に基づく雷活動モニターを通じた地球温暖化の監視 (a)シューマン共振データを用いた世界背景雷分布の導出(早川、芳原、Nickolaenko, Shvets 担当) (b)ELFトランジェント観測による巨大雷のモニター(早川、芳原、Williams 担当) (c)ELF波による地球温暖化のモニター(早川、芳原、Williams, Nickolaenko 担当)</p>	

3 事業の成果

(1) ULF/ELF 自然放射の国内、国際観測点の整備・拡充と連続的良質データの収集

地震に伴う ULF 電磁放射や雷活動に伴う ELF 電磁放射の研究では、それらの電磁放射の間断なき連続観測が第一義的に重要である。国内的には、関東地区の ULF ネットワークの充実、中部大三観測点(中津川、篠島、伊豆)の整備等により連続 ULF データの収集を行っている。又、ロシア・カムチャッカ観測点では極めて順調に ULF データ取得が継続されている。更に、ELF 電磁放射観測に関しては、北海道母子里観測所の整備を終了し、新規に鹿児島観測点を予定している。外国拠点観測点である米国 Rhode Island、ロシアレクタ観測点も順調なデータ取得が行われている。

(2) 地震に伴う ULF 電磁放射の検出と新しい信号処理手法の提案

平成 20,21 年度には関東地区での高い地震活動はなかったため、関東 ULF ネットワークによるデータは使用することにはならず、外国での地震活動に基づく ULF 電磁放射の検出に関する重要な論文を紹介する。

最初の論文は中国国内でははじめての ULF 電磁放射の検出に関する論文である (Ida et al., NHESS, 2008)。中国国内の比較的大きな(マグニチュード 6.0 以上)地震に伴い、その近辺に(距離 110 km 程度)運よく ULF 観測点が存在した。我々が 1996 年に提案した偏波法(磁界の鉛直成分(Z)と水平成分(H,D)との比を用いる)を先ず適用したが、確かに地震の数週間前に偏波比(Z/D)が上昇している。しかし、他の期間にも同様のピークが存在し、地震前兆とは結論できない。そこで、改良偏波法を提案した。即ち、各成分(Z, D, H)の変動を各成分の平均値や標準偏差を用いて“標準化”した後の偏波比を用いる手法である。この手法により 3 年間の全期間にて当該地震の前だけに明瞭な前兆を検出することに成功した。

第二の論文はカムチャッカでの数年間にわたるデータ解析に基づくものである (Schekotov, Molchanov, Hayakawa, et al., NHESS, 2008)。地震に伴う ULF 電磁放射が非地震 ULF とはその偏波特性等にて顕著に異なることを想定した解析を行った。即ち、水平磁界成分によるリサージュ波形の楕円率、偏波等のフィルターをかけた解析を行った結果、地震の数日前にそれらの諸量が明瞭に上昇することを見出した。更に、水平磁界からそれらの異常波の到来方向を評価し、それらが将来の地震の方向と一致することを見出した。

(3) ELF 電波を用いた地球温暖化のモニター

地球温暖化を基本的には雷活動を通してモニターしようとしているため、雷活動分布の同定が重要な課題となって来る。先ず、平成 19 年度に実施した北海道母子里観測所でのシューマン共振強度データを用いたシューマン共振強度と地表面温度との極めて良い相関を結論した。平成 20,21 年度には、国内のもう一つの ELF 観測所である中部大津川観測点での永年(4年)にわたるデータを用いた。その結果、中津川のシューマン共振強度は赤道から中緯度までの地表面温度と極めて強い相関があることを確認した。一点でのシューマン共振データはあくまで積分値であり、国際多点同時観測データの逆変換によりシューマン共振の源である背景雷の世界分布を世界で初めて導出した (Shvets, Hayakawa, J. Atmos. Solar-terr. Phys., 2009)。残念ながら大変な計算のため、数日のデータを用いているだけであるが、平成 22 年には 1 年程度の長期間解析結果を出す予定である。シューマン共振は背景雷の情報をもたらすが、雷活動の正確な特性化には巨大雷の情報も不可欠である。母子里での一点観測による ELF トランジェントの世界雷分布(1年間)を紹介する (Yamashita, et al., J. Atmos. Electr., 2009)。正極性雷と負極性雷の世界分布には大きな差異が認められ、大きな中和電荷量(Qds, Q:電荷, ds:雷高度)(例えば、1000C・km)を持つ正極性雷はアフリカ地域にて頻発に発生し、負極性雷は東南アジアに多いことがわかった。更に、巨大な正極性雷の発生は通常での雷発生時刻の午後ではなく、更に遅く夜中に集中していることも判明し、雷ライフサイクルとの関連にて考察すべきことがわかって来た。