



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Morphology and dynamics of midlatitude sporadic-E from GPS total electron content observations [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	前田, 隼
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第11807号
Issue Date	2015-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58896
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Jun_Maeda_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（理 学） 氏 名 前 田 隼

学 位 論 文 題 名

Morphology and dynamics of midlatitude sporadic- E

from GPS total electron content observations

（GPS 全電子数観測による中緯度スポラディック E の形態と動態）

高度 100km 付近の地球大気は電離圏 E 領域と呼ばれ、下部熱圏にあたる。中緯度地帯の E 領域では中性大気風とプラズマの相互作用によって電子密度が急激に大きくなるスポラディック E という現象が発生する。スポラディック E は 1930 年代に発見されて以来 80 年以上研究されてきているが、その形態や詳しい動態などは近年まで不明であった。特にスポラディック E の 2 次元水平面形状については長らく有効な観測方法がなく、2・3 例の観測事例を除いてその形態的な特徴は明らかではなかった。そこで本論文では全球衛星測位システム（GNSS）の一つである米国の測位衛星 GPS と国土地理院によって日本全国に 1200 カ所以上に稠密に設置された電子基準点を用いて中緯度スポラディック E の 2 次元水平面構造の観測を行った。本論文では、GPS を用いたスポラディック E の観測手法の確立と観測により明らかにされた中緯度スポラディック E の形態・動態について記述する。

(1) GPS-TEC 観測のスポラディック E 検出への適用

2 周波 GPS を用いるとその周波数差から、地上の受信点で搬送波に位相差が生じる。この位相差は衛星と受信点を結ぶ経路、すなわち視線上の全電子数（TEC）に比例する。そして、日本の稠密な受信点網を利用して TEC をマッピングすることで数百 km スケールの電離圏現象の 2 次元水平面構造を明らかにすることができる。実際、GPS-TEC 観測によって伝搬性電離圏擾乱をはじめとする F 領域の様々な擾乱の 2 次元水平面構造が明らかにされてきた。このように GPS-TEC の観測は近年盛んに行われてきているが、その観

測対象は電離圏の主要領域である高度 250km 付近の F 領域に限定されてきた。なぜならば計測された TEC は F 領域の電子が支配的であり、かつ TEC 自体には高度方向の分解能がなく F 領域と E 領域を区別して観測することが困難であったためである。そこで本研究ではこれをスプラディック E の観測に適用できるかを検証した。その結果、電子密度が F 領域のピーク密度よりも大きいスプラディック E ($f_oE_s > 16\text{-}17\text{ MHz}$) について TEC に 1 TECU 程度の正の異常が現れることを明らかにした。また、複数の GPS 衛星を用いることで TEC 異常の高度を拘束し、それが高度約 100km の電離圏 E 領域であることを証明した。さらに TEC 異常を地図上に投影することで数百 km におよぶスプラディック E の 2 次元水平面形状を初めて明らかにした。このようにして GPS-TEC が、スプラディック E の新たな観測手法として有効であることを示した。

(2) 中緯度スプラディック E の形態と動態

本研究では 2010 年に発生した約 70 件のスプラディック E イベントを GPS-TEC 法を用いて解析した。5 分インターバルの TEC マップを作成し、観測されたスプラディック E について、形状（長さ・幅・伸長方位）、移動（速度・方位・時間分布）を記録した。その結果、スプラディック E は東西に 50-500 km にわたって伸びる帯状をしていることが明らかになった。このような大規模構造を 2 次元的に捉えたのは本研究が初めてである。平均長は 160 km であったが、500 km を超えるものも観測された。幅は 10-30 km であった。また、伸長方位は東西方向が卓越しており、南北方向に延びるものは一つも観測されなかった。これはスプラディック E の発生機構とされる風シアの特性を反映していると考えられた。移動は南北方向のみを対象に記録を行った。その結果、移動速度は 30-100 m/s で、平均は 60 m/s となり、電離圏 E 領域の中性風速度と調和的であった。さらに、昼にかけて北向き、夕方にかけて南向きといったように、移動方位が約 6 時間で反転することが見いだされた。このことから、スプラディック E の移動方位に中性大気における潮汐が関与していることが示唆された。また、TEC の時系列グラフを用いて空間スケールが数 km の小規模構造についても解析を行った。その結果、大規模構造の中、あるいは周囲に水平スケール 2-4 km の小さなプラズマが 10-20 km の間隔で準周期的に配列されているサブ構造を見出した。これは大規模構造が個々の小さなプラズマからなることを示し、スプラディック E 内で中性大気あるいはプラズマ不安定が作用していることを示唆した。