

氏名	韓相勲
授与した学位	博士
専攻分野の名称	学術
学位授与番号	博甲第3940号
学位授与の日付	平成21年 3月25日
学位授与の要件	環境学研究科 資源循環学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文の題目	Studies on Hotspot Detection for Korean Earthquake Data using Echelons (エシェロン解析を利用した韓国地震データのホットスポットの検出に関する研究)
論文審査委員	教授 栗原 孝次 教授 垂水 共之 教授 梶原 豊 准教授 笛田 薫

### 学位論文内容の要旨

朝鮮半島はプレート (plate) の境界に位した西南日本に比べて地震活動が相対的に活発ではない。それで韓国は地震に対しては安全な国だと考えられて来た。しかし朝鮮半島はもうこれ以上地震安全地帯ではない。近年朝鮮半島で発生している多様な地震がその証拠である。地震発生その自体を人工的に抑制することはできないし、ある地域内で発生可能な地震を短期的にあらかじめ予測することも現在の技術をもっては不可能である。したがって地震による被害を最小化させるためにはそれに対する対検討立が必要であり、この対策検討のためにはどんな地域で地震が発生可能であるかに対して決定論的もしくは確率論的に予測されなければならない。この問題に対して、エシェロン解析 (echelon analysis) が非常に有効なツールとなる。エシェロン解析とは、1変量値をもつ空間データに対して空間的な位置を表面上のデータの高低(濃淡)に基づき分割し、空間データの位相的な構造を系統的かつ客観的に見つける解析法である。

本研究では、これまでに提案してきた様々なホットスポット検出法や、それらの問題点等について述べた。具体的には、空間の相関関係からのグローバル空間相関とローカル空間相関、一般的なクラスタリング方法である Tango's test statistic、スキャン統計量である GAM (Geographical Analysis Machine)、空間スキャン統計量 (Spatial scan statistic)、Kulldorff's scan、Flexible scan のメリットとデメリットについて述べた。次に空間データに対するエシェロン解析の方法について述べた。位置情報をえた各種の空間データ、即ち1次元、2次元、3次元データにエシェロン解析を適用し、階層構造を調べることで、地理的状況や場所的関係だけでなく、その位相的な構造の表現が可能となる。エシェロン解析によって、データの位相的な空間構造をグラフィカルに表現し、ピークとなるホットスポット候補地を検出した。また、エシェロン解析の結果を数値的に解釈するための指標についても述べ、エシェロン tree、エシェロン profilesなどを説明した。

一般的に人々が混同されやすい地震の用語の中で地震の単位を表す用語である震度 (seismic intensity) と規模 (magnitude)について説明し、韓国の地震に関する現在の状態と未来への計画を説明した。それから韓国の地震の傾向について説明を行った。次にこの論文で使われたデータの説明と既存の解析方法である Kriging を用いてデータの分析を行い、エシェロン解析との違いを述べた後、単純にメッシュ毎に地震が起きた回数だけを用いてエシェロン解析を行ってみてから地震波エネルギーと地震が起きた回数と規模の関係である Gutenberg-Richter 関係式を用いてデータを変換し単純に地震が起きたときの分析の結果との比較をしてみた。その上、時間とともにホットスポットの変化についての確認をするため3次元エシェロン解析を行った。

断層とは、地下の地層もしくは岩盤に力が加わって割れ、割れた面に沿ってずれ動いて食い違いが生じた状態をいう。新生代第四紀後期以降に地震を起こし、今後も活動を継続すると考えられる断層を、特に活断層と呼ぶ。活断層では地震が過去に繰り返し発生しており、また今後も地震が発生すると考えられているため、活断層の活動度の評価は、そこを震源として発生する地震の予知に役立つと考えられている。朝鮮半島の断層の中で活断層として可能な地域は楸哥嶺 (Chugaryeong) 断層帯、梁山 (Yangsan) 断層帯及び迎日 (Yeongil) 湾-牙山 (Asan) 湾の間を連結する区域に大別され、この論文の研究結果、ホットスポット地域に検出された地域たちである。

## 論文審査結果の要旨

韓半島における地震活動は、プレートの境界に位置した日本に比べて相対的に活発ではないと思われてきた。しかし、近年、韓半島においても比較的大きな地震が発生している。このような状況下、将来の地震による被害を最小化させるために、現状の分析と将来の予測が不可欠である。本論文では、韓国地震データに対して、地震のホットスポット検出に関する問題について取り扱っている。ホットスポットとは、地震データや各種の環境データにおいて有意に集積性が見られる地域のことである。ホットスポットの検出に通常用いられる空間スキャン統計量は円状のホットスポットの検出には優れているが、活断層を含む地震データのように線状に広がるホットスポットの検出は難しい。そこで、エシェロン階層構造に基づく空間スキャン方式を適用し、活断層などのホットスポット検出に成功している。対象としたデータは、1978年から2005年までに韓半島で起こった662の震源地のポイントデータである。解析では、まず、対象区域を  $1600\text{km}^2$  のメッシュにわけ、その頻度分布に基づくエシェロン解析を行い、震源地データの空間的な階層構造を得ている。次に、階層構造に基づき空間スキャン統計量を計算し、活断層に一致するホットスポットに加え、新たなホットスポットを求めている。さらに、地震の回数と規模の関係を表す Gutenberg-Richter 関係を実データに適用し、韓半島のハザードマップを作成している。

これらの研究成果は、2編の査読付き論文、2編の国際会議論文などにおいて全て第1筆者として公表しており、Korea-Japan Statistics Conference of Young Researchersにおいて Wakimoto Memorial Fund を受賞している。これらの研究は、地震データのホットスポット検出の理論と応用への貢献は大きい。以上により、本論文は博士（学術）に値すると判断した。