

4 - 6 伊豆諸島における移動性地震活動の半自動検出 Semi-automatic recognition of migrating seismic activity

早稲田大学理工学総合研究センター
Advanced Research Center for Science and Engineering, Waseda University

地震や地殻変動の移動性は地震予知上の有力な作業仮説である。しかし直感に頼る従来の方法では、発見が偶然性に支配される上、労力もかかる。従って、全国大量データの隅々まで均一に調査の目を届かせるのは事実上不可能であった。もし器械処理によって効率的な下調べが可能になれば、「見落とし」は減るであろうし、全体像の把握、すなわち、この移動性の現象がどの程度に普遍的なものか、方向や速度あるいは発生機構などに法則性はないかなどを解明する途も開けるのではないか。

手法と試験結果

処理を器械化するには、まず手順を明確にする必要がある。今の作業を分析すると、次のように思われる：

- (1) 調査領域 (時空間窓など) の設定
- (2) 地震活動の「顕著さ」の定義
- (3) 時空間図作成と移動性の図上観察
- (4) 結果の吟味と地学的意味付け

問題の中心は (3) であろうが、これは本質的に図形作業である。すなわち、時空間 (X, T) 座標にプロットされた地震活動になにか顕著な線状配列はないかを調べるもので、情報処理の次元で見れば、地震探査の走時記録について反射波を検出する問題と同質である。反射波検出には実に多くの手法が研究されているが、本報では一例としてRadon変換 ($\tau - p$ 変換) の手法を適用してみた (第1図)。

次は (2) の問題である。走時解析での対象が波形振幅など比較的扱いやすいのに対して、地震活動ではなにをもって「活動の顕著さ」とするか、必ずしも明白ではない。指標としては (a) 適当なコントラストで、(b) 地震活動の全体像を捉え、かつ (c) 演算可能な量であることが望ましい。その点、地震回数とかマグニチュードなど、身近な量の単独 (一元的) 使用は不満が残りそうである。むしろ、それらの複合量でこの条件を満たすものがないか模索中であるが、今回は暫定的に等価マグニチュード (エネルギーの区間内積算量に相当) を使うことにした。

第2図はこのようにして伊豆諸島の地震活動を処理したもので、データの範囲は図説明の通りである。時空間の単位はそれぞれ半年、5 kmにとった。この地方での地震活動の移動性は周知のところであるが、今回のRadon変換法によればそれが的確に検出できることを示している。同図からは $p = 0.17 \sim 0.2$ (yr / km), すなわち 5 ~ 6 km / yr (南から北へ) の移動速度が読み取れる。

この例では手順 (1) の領域設定は手動的に行った。しかし作業効率を上げるには時空間窓の設定を自動的に行う必要がある。現在のプログラムでは、調査区画 (帯状) を逐次指定方向にずらしながら計算を繰り返し、有意な移動性が見出されると、いったんそこで停止するようになっている。

今後の問題

(1) X,Y,T次元への本格的対応移動方向まで自動処理するには、ベクトル扱いが必要(第3図)。

(2) 活動指標の改良

本文参照。

(3) τ - p 図の画像認識

現在のプログラムで自動的にできるのは最大値のみ。第2,第3のピークがある場合どう処理するか。

(4) 図形処理機能の向上

使いやすい対話方式, 高速性。

まとめと謝辞

本手法の目的は判定の支援, すなわち大量データの下調べを器械化することであって, 最終的な確認は人手によることが前提である。移動性のほかにも, 地震活動に関する経験法則や作業仮説には種々あるが, その相当数はX, Y-T空間で記述されている。従って, 今回のような考えは広くこれらにも拡張され得るわけで, 新しい展望の開けることを期待したい。

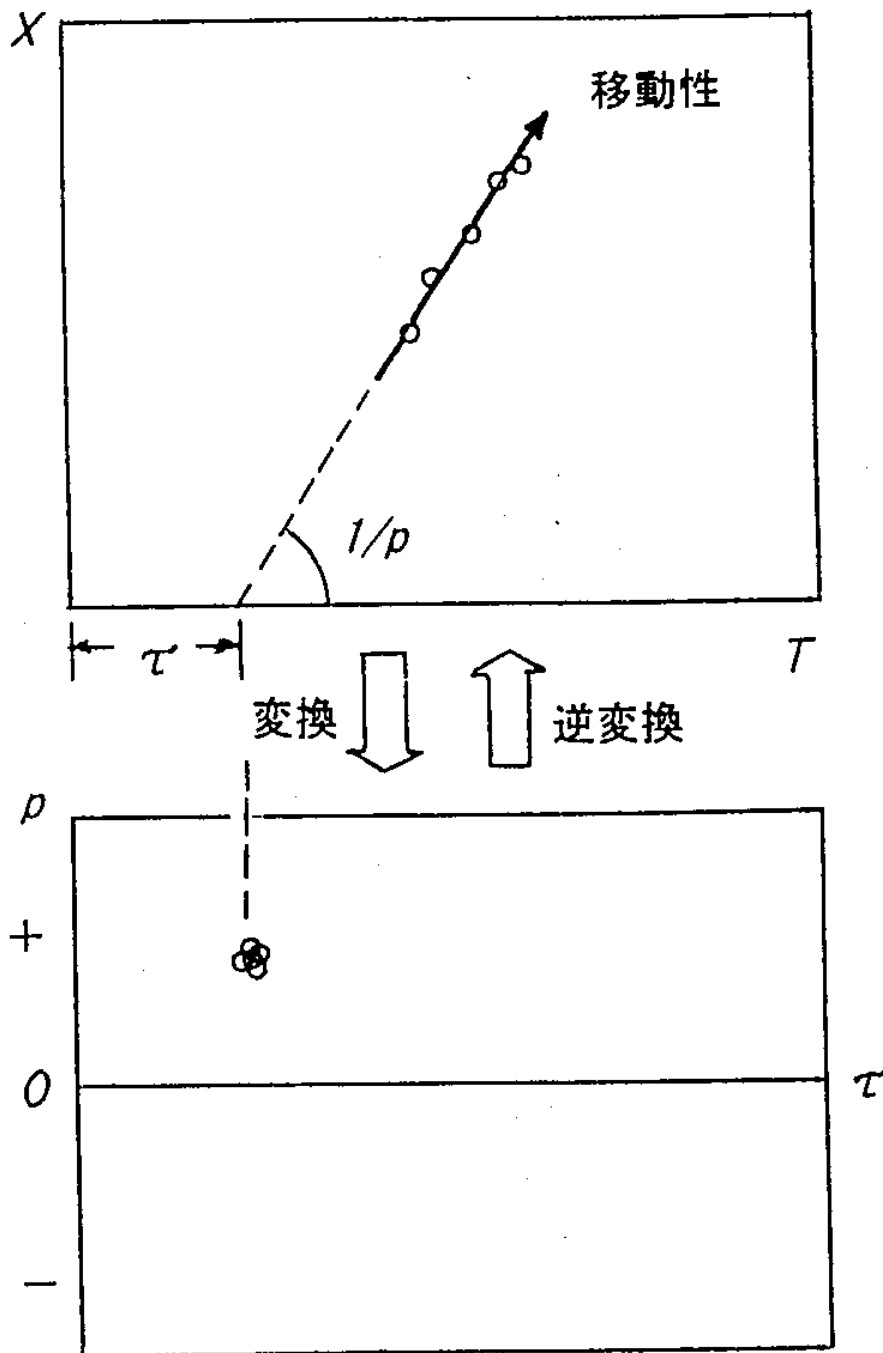
サンプルデータは気象庁地震火山部ほかによるものである。 τ - p 変換について日本物理探鉱(株)の河村茂樹氏, プログラム作成には(同)平松義裕氏のご協力を頂いた。

(笠原慶一)

注) τ は, intercept time (走時線の逆延長がゼロ地点を切る時刻), p は slowness (伝播の遅さ)。時空間座標(X, T)で線状に並ぶ事象(反射位相や地震活動出現)が τ - p 座標上では一点に収斂して投影される性質を利用した解析手法。逆変換もある。

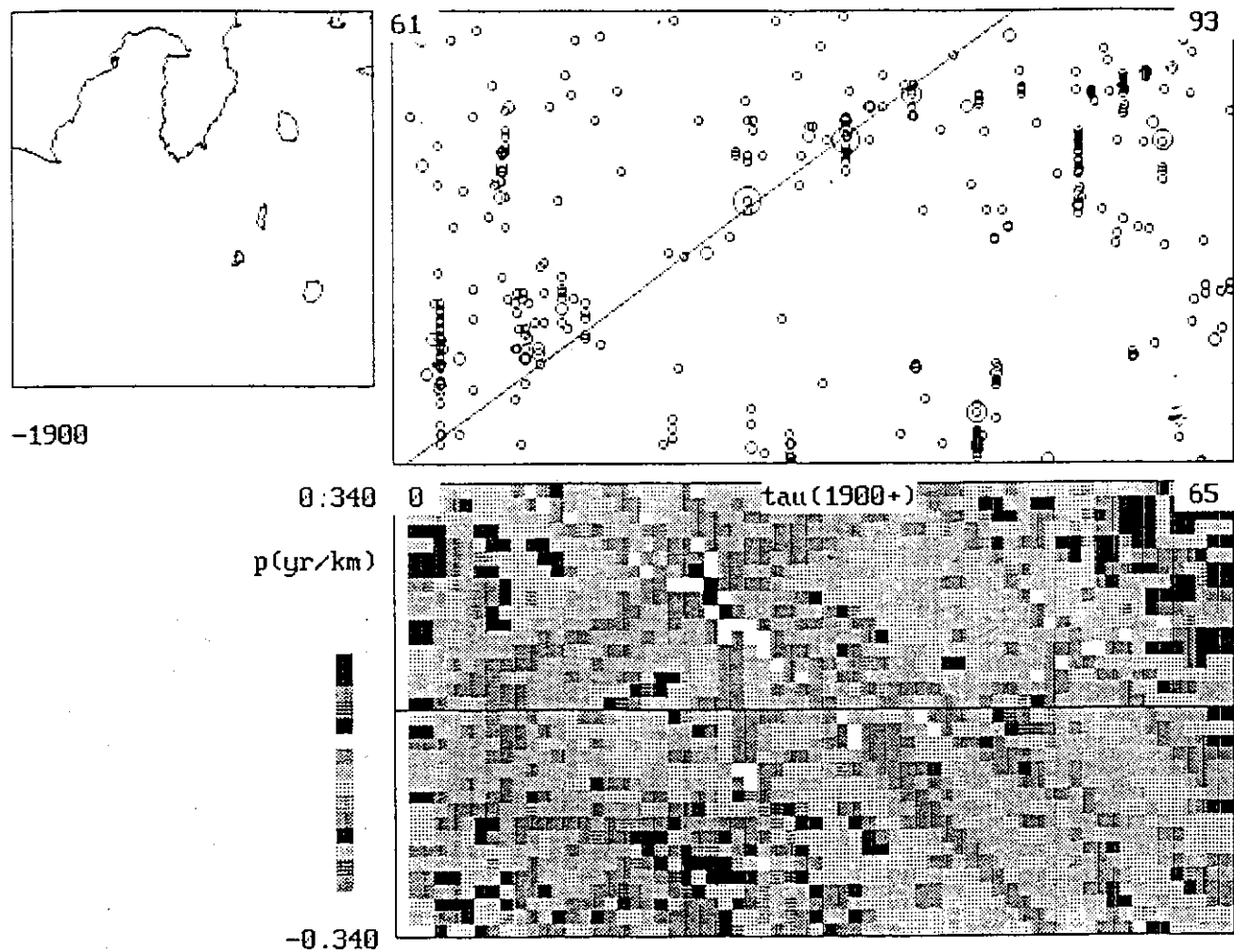
参 考 文 献

Hatton, L., Worthington, M. H. and Makin, J. (1986). Seismic Data Processing, Teory and Practice, Blackwell Scientific Publishing, pp. 1-177.



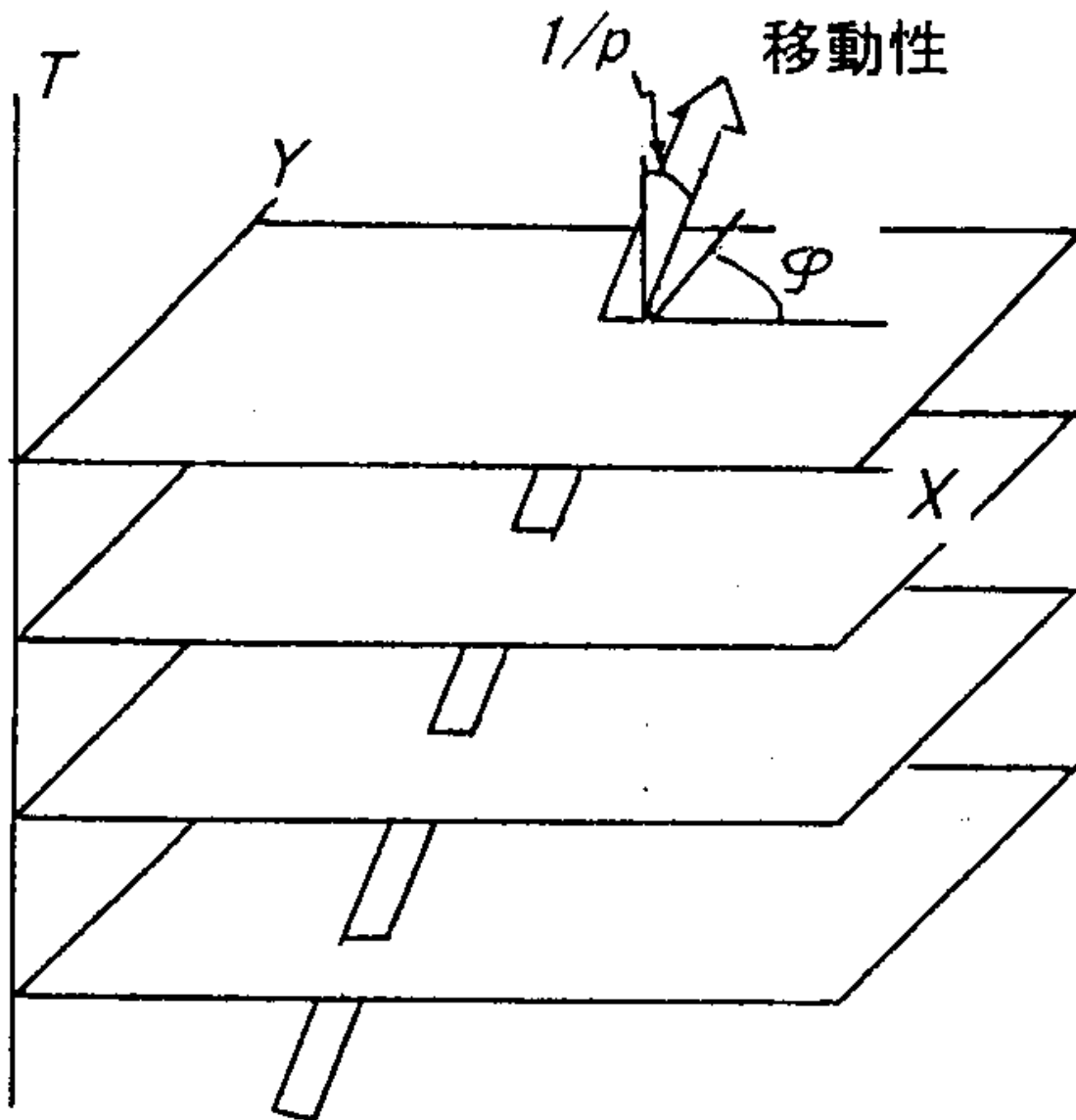
第 1 図 X , T 空間における地震活動の移動(上)と , その Radon 変換(下) , τ は intercept time (走時線の逆延長がゼロ地点を切る時刻) , p は slowness (伝播の遅さ) 。 時空間座標 (X , T) で線状に並ぶ事象 (反射位相や地震活動出現) は τ - p 座標上では一点に収斂して投影される性質を利用した解析手法。 逆変換もある。

Fig. 1 (Top) : migration of seismic activity in the X, T domain, and (bottom) : their plots after the Radon transform, where, τ and p are the intercept time and the slowness, respectively. Notice that a series of aligned events (e. g. reflected seismic pulses or migrating seismic activity) in the X, T space concentrate about a common point after the present projection.



第2図 本手法で調査した伊豆諸島（左上）に沿う地震活動（1960～1993， $M \leq 4$ ， $h \leq 40$ km）。右上図は地震の時空間分布（斜め実線は自動処理による移動性）。右下図は τ - p 変換図（カラー原図を単色化したので，濃淡は不統一になっている）。

Fig. 2 Migration of seismic activity in the Izu Islands (1960-1993, $M \leq 4$, $h \leq 40$ km), as found by the present technique. The right-bottom part is the τ - p chart (converted to a monochrome print from the color original), and the right-top part is the time-space plots, where the found migration trend is interpreted as a dot line.



第3図 X, Y, T空間における移動性地震活動(模式図)。φは移動方向。

Fig. 3 Schematic view of seismic migration in the X, Y, T space (is the azimuth of migration).