

## 地震学・火山学における決定論的・確率論的アプローチの融合：故安芸敬一氏の見果てぬ夢

### Harmony of deterministic and stochastic approaches in seismology and volcanology: Dream Forever of late Prof. Keiiti Aki

# 蓬田 清 [1]

# Kiyoshi Yomogida[1]

[1] 北大・理・地球惑星

[1] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ.

本講演は、2005年5月17日に享年75歳で他界された安芸敬一博士の御業績から現在と未来につながる研究分野の個人的な見解をまとめる。他の講演で主要な数テーマは議論されるので、そこで漏れている分野に特に注目する。

研究開始時に学んだ本は、研究人生を左右する。博士にとってはWiener (1947) と Ewing, Jardetzky & Press (1957) の2冊であったことは、何編かの回想文から容易に想像できる。Jeffreys, Gutenberg, Bullen, Richter らによって1次元地球モデルと点震源による古典地震学が確立してまもない1950年代に、それを越える学問を模索していた博士が、これら巨人たちの代表的教科書ではなくこの2冊に触発されたことは、その独創的センスを既に感じさせる。前者からはランダムに見える観測データからいかに有益な情報を得るかという、確率論的アプローチを強く自覚し、雑微動のアレイ観測から地下構造を推定し、後年のコーダ波等へ発展していった。ここで得た視点があったから、火山性微動や物理探査の手法にも着手されたのであろう。

ポストドクとしてカリフォルニア工科大学でのPress博士との出会いが、後者となる。最先端の長周期地震観測による表面波の波形をPress博士から示され、決定論的アプローチが地震学でも可能だと「回心」したと博士は語っていた。この本で最も感動したのが「理論と観測のみごとな一致を示す実例」であった。表面波分散を利用した地球構造と地震＝断層運動（ダブルカップル）の証明が当初の2大テーマだった。1964新潟地震で地震モーメントの最初の測定が後者で最も著名なのは、理論と観測の一致を最重要視された博士を象徴する。構造の研究は日本列島下の異方性まで及んだ（Kaminuma & Aki, 1963）が、Dziewonski & Anderson (1981) のPREM以降の地球内部ダイナミクスの鍵であり現在でも検証途上（例：Yoshizawa & Kennett, 2005）のtransverse isotropyまで考察した事実に驚く。また、複数の観測点から表面波位相速度を測定するアイデアは、最近のHi-net等の超密アレイ網が整備されると、従来の波線トモグラフィー（実体波については博士が開拓）とは一線を画す有効な手法として復活した（西田他、竹添他、2005）。

その後の決定論的研究の流行は、1次元地球モデルと有限断層からの合成波形の理論および観測波形との比較だった。しかし、複雑な地震波形データを痛感していた博士は、より深く決定論的アプローチを追求し、不規則地盤応答（Aki & Larner, 1970）と地球自由振動（Madariaga & Aki, 1972）という両極端の領域で、今でも難題が山積の横方向不均質性の理論を展開した。複雑な伝搬効果やサイト特性を十分認識していたからこそ、断層運動の本質的理解には「すぐそばならわかる」という逆転の発想で、Parkfield地震の近地強震動記録の研究とも重なり、現在の地震工学に多大な影響を与えた。物理探査の解析法への関心は、例えばMendiguren(1973)のスタッキングによる自由振動ピークの同定から以後のグローバル地震学の隆盛を導き、Backus & Gilbert流とは別の平易な逆問題として、決定論的な横方向不均質性としての走時トモグラフィーや、今のCMTのお手本となった表面波の震源逆問題を開発した。一方、断層運動においてもKostrovらの割れ目理論から断層の応力と破壊条件を基礎とした動力学モデルも構築し、現在の最重要研究テーマのひとつとなっている。

自らが開拓した決定論的アプローチは多くの研究者が順調に発展させている様子に安心されたのか、晩年には若き日の確率論的アプローチに軸足を移された。Chernovのランダム媒質の理論の適用（走時トモグラフィーと相補的に考案）や、地震間で相似則の条件を課すだけで震源スペクトルの特徴を説明したscaling lawの提唱（Aki, 1967）等で、さらに磨きをかけていた。石本、飯田、宇津らのべき乗則の地震発生統計は「相似則」という非線形パターンであり、その予測は一般に期待される手法では不可能だと意識されていた。博士はそれに落胆せず、むしろ従来のアプローチとは異なった「予測科学」を地震学が主導して、また火山噴火をその試験題材と選ばれ、広く社会に還元できると深く信じておられた。最近の回想文から、趣味の豊富な読書から若き日に既にその指名を思い描かれていたようだ。決定論的と確率論的アプローチを融合させ、従来の型に捕われない自由な発想で、この難題を少しでも切り崩すことがこれからの我々への博士からの宿題である。