

## 過去四半世紀の強震動地震学の発達: バリアモデルから強震動予測レシピへ

## Evolution of strong motion seismology in this quarter century: From specific barrier model to strong motion prediction recipe

# 川瀬 博 [1]; 入倉 孝次郎 [2]; 久田 嘉章 [3]

# Hiroshi Kawase[1]; Kojiro Irikura[2]; Yoshiaki Hisada[3]

[1] 九大・人間環境; [2] 愛工大; [3] 工学院大・建築

[1] Faculty of Human-Env. Studies, Kyushu Univ.; [2] Aichi Inst. Tech.; [3] Kogakuin Univ.

強震動地震学という分野は故安芸敬一博士が確立された地震学の一分野である。その確立に寄与した重要な成果は1980年代半ばの故安芸敬一博士の言によれば3つある。第一はParkfieldでとれた震源直近の記録(今日的用語でいえばディレクティブティパルスの表れ)に対する理論震源モデルの有効性検証、第二は水平方向の不均質構造を考慮したサイト特性評価、第三は2モデルによるスケーリング則と不均質震源モデル specific barrier model の提案である。故安芸敬一博士のアプローチは常に、現象の分析と物理的直感によるモデル構築、そして仮説の検証という学問の王道を行くものであり、それは強震動地震学においても同様であった。

第一の成果はAki(1968)の無限媒質中のHaskellモデルによる検討に始まり、Bouchon & Aki(1977)およびBouchon(1979)で一段落した。この最初の運動学的モデルの有効性証明はその後の震源インバージョンの発達とそれによる震源破壊プロセスの理解のすべての源流となった。そもそも震源インバージョンは理論震源モデルの確立と同時に長周期地震動をターゲットに始められたものであるが、far-field項だけでは解像力が不足することに故安芸敬一博士は早くから気づいていた。その後強震動をターゲットにした震源インバージョンの研究は急速に不均質震源プロセスの解明へと進展し、1971年のSan Fernando地震や1979年のImperial Valley地震の経験を経て80年代・90年代の震源インバージョンの黄金期へとつながっていく。

第二の成果もまたほぼ同時期にAki and Larner(1970)に始まる。しかし今日そのフォローアップ研究と位置づけられるBard and Bouchon(1980)の成果のためか誤解されている向きもあるが、この最初の時点で彼らが対象としていたのは地殻構造の層厚変動の影響であった。当時の計算機事情ではAki-Larner法でも計算は容易ではなく、安芸チームは二次元差分法による比較検討もしている(Boore et al., 1971)。これも今日の差分法全盛時代の先駆けといえる。その後1975年頃に日本と米国でほぼ同時に盆地生成表面波の存在が観測され、それがBard and Bouchon(1980)によって理論で裏付けられることにより、堆積盆地が強震動に与える影響の重要性が認識されるようになった。そんな中1985年にMichoacan地震が起こり、非常に長く単調な後続動が世界的に注目され、多くの研究がなされた。残念ながらこの問題は未だ盆地主因説と表層主因説があって決着を見ていないが、それを契機に世界的に盆地生成表面波に注目が集まり、ほとんどの盆地でその卓越が観測され、地盤構造がよく把握された盆地では理論モデルの有効性が検証されている。

第三の成果はその元を辿ればAki(1967)にさかのぼる。この問題も震源に関するものであるのにこちらは確率統計的モデルであってもっぱらスペクトルをターゲットにモデルが作られたところに特長がある。1970年代から1980年代半ばにかけてこの分野の最大の課題はスケーリング則における巨視的ストレスドロップ(長周期スペクトル)と微視的ストレスドロップ(短周期スペクトル)のギャップをどう埋めるかであった。そのためAki(1979)は震源の不均質性をバリアモデルで説明しようとし、さらにPapageorgiou and Aki(1983)でスペシフィックバリアモデルを提案して、微視的パラメータの相似則を確立しようとした。皮肉なことに同じAkiスクールの出身であるDasやMadariagaらによってアスペリティモデルの研究が並行して進められ、アスペリティモデルでも同じように断層面に複数置けばスペクトルギャップが説明できることが示された(Boatwright, 1988, Aki, 1992)。

第一の決定論的モデルと第三の確率統計論的モデルの矛盾が止揚されるために大きな貢献となったのが経験的グリーン関数法による強震動再現の成功である(Irikura, 1986)。それにより、インバージョンで求められた不均質震源モデルから抽出した「特性化震源モデル」によって、長周期から短周期まで観測地震動を再現できることが示され、周期に依存した震源モデルを考慮する必要はないことがわかってきた(e.g., Kamae and Irikura 1998)。それらの成果を踏まえて、今日では震源の巨視的パラメータと微視的パラメータを統一的に設定する強震動予測レシピ(入倉, 2005)が提案され、実用に供されているが、そのすべてはAki強震動地震学から始まったといって過言ではない。