

地震波動論の歴史と地震防災  
A review of development of theoretical study of seismic waves  
with the intent toward earthquake hazard reduction in Japan

○川崎一朗  
○Ichiro KAWASAKI

In the first half, I will review the historical development of theoretical studies of seismic waves. I will start with the first mathematical derivation of the equations of motion by Stokes in 1849, continue to studies for analytical solutions of seismic waves by R. Sato and his coworkers in the 1970s, and finally describe my own contributions. In the second half, I will discuss basic features of ground motions at sites close to seismic faulting.

1849年、ストークスは、弾性体の運動方程式を変位のみによって表現し、波動場が体積変化の場と捩れ場に分離できることを示すと同時に、シングル・フォース力源によるグリーン関数を求めた。それは、その後、地震学や関連諸科学の不動の基礎となった。ストークスが与えた枠組みの中で、1885年、レーリーはレーリー波の存在を理論的に証明し、1904年にはラムは、自由表面に垂直にシングル・フォース力源が作用した場合の弾性波の波形を数値計算し、初めて弾性波動を目に見える形にした。この論文にちなんで、理論弾性波形を計算することは「ラムの問題」と呼ばれている。1911年には、ラブは、平行多層構造ではラブ波が存在することを理論的に示した。

地震源から放出されたP波が4象限型の初動分布をすることをデータから最初に証明したのは志田順(1917)である。それを出発点に、本多弘吉(1931)は地震の力源はダブルカップルであると説を推進した。1930年頃には、妹澤や中野広によって半無限弾性体における波動の伝搬の研究がおこなわれ、本多弘吉など、松澤武雄など、日本の研究者による貢献はめざましかった。

1963年に至って、丸山卓夫は、連続媒質中の転位震源とダブルカップルが等価であることを数学的に証明した。これによって、地震は断層の突発的破壊現象であるという考えが確立された。

東京大学理学部においては、佐藤良輔が地震波動論の研究を推進した。1969年には、ダブルカップル力源から出る弾性波の表現式を波数積分の形で導いた。講演者は、それを受け継いで、佐藤良輔の指導の下、自由表面が存在する場合について、断層モデルから放出される弾性波動の解析解を求

め、合わせてその応用研究も行い、1976年に学位を取得した。佐藤(1973)は、多層構造中のディスロケーションによる弾性波の解析解と続く。

地球規模の球成層構造の場合の固有関数の計算は、イスラエルの Pekeris et al. (1961) にさかのぼる。日本からは、Usami et al. (1965)、Saito (1967)、Takeuchi and Saito (1972) などの貢献があった。

理論地震波形と観測地震波形との比較の研究は1960年代からであろう。長周期の表面波波形と理論波形の比較から、1964年新潟地震の地震モーメントを求めた Aki (1966) の研究が最初である。その後、金森は、波形解析による震源過程の研究を大きく発展させた(例えば、Kanamori (1970))。

断層直近の地震動の研究は、1966年パークフィールド地震の時に、断層からたった80mの観測点で得られた加速度記録の研究に始まる。基本的な特徴は、滑り平行成分の加速度波形の主要ピーク間隔が直近断層面での滑りのライズタイムに規定されるということである。

コンピュータの能力の拡大し、差分法や有限要素法による波形計算が行われるようになったが、断層極近傍の地震動は遠方場の地震動と根本的にことなり、今日でも、特別の考察が必要であろう。

異方的媒質での地震波の伝搬の問題の解析的研究が残されて来たのは、ストークスの枠組みの中では手も足も出ないからであろう。異方性の様な微妙な問題は、差分法や有限要素法で解くことは不可能である。次の世代の地球内部構造論では、異方性を避けて通れないし、その理論的問題が改めて重要な課題になるであろう。