

# 西村英一教授と初期(～1964年)の地殻物理学講座(第1講座)

## 三雲 健 (1953年卒)

西村英一教授は、1907年(明治40年)2月4日京都の有名な老舗旅館(文政元年創業といわれる)「柊屋」の御曹司として誕生した(1)。西村は出水小学校を経て、京都府立一中、三高、京大と順調に進学したが、三高、京大在学中は陸上部に所属して槍投げに没頭し、毎年各種の競技大会で有力選手として活躍した。特に1929年の対東大戦では56 m 24の記録を出し、戦後まで30年間この記録は更新されることがなかった(2)。1931年には理学部地球物理学科を卒業したが、卒業後5年間の研究活動は公式記録になく、おそらくは助手として勤務していたものと思われる。西村は1936年より第1講座の助手、講師を経て、1945年より佐々憲三教授の下で助教授を勤め、1951年より独立して地殻物理学講座の教授に昇任している。この間戦時中には、海洋潮汐の影響が少ない当時の旧満州大陸で傾斜計による地球潮汐観測を行い、この解析から得た主要分潮の減小定数(観測値/理論値)を当時のアメリカ地球物理学連合の学会誌に発表して高い評価を得た(3)。また1943年9月に起こった鳥取地震(M=7.2)に際しては、約60 km 東南方の生野鉾山に設置した傾斜計が約6時間前から北上り0.1"の傾斜変化を示したことを見出し(4、5)、地震の前兆現象の発見として大きい話題となった。

筆者は1944年中学3年の時、戦時勤労働員中の工場で東南海大地震に遭遇して大きい震動に見舞われた経験があり、またこの頃刊行された中村左衛門太郎の著書「大地震を探る」に大きい影響を受けて、将来の地震研究を志していた。地球物理学の学生となった1952年に西村教授の理論地震学の講義(1940年代のJ. B. Macelwaneの教科書による)を聴講して以来、大きい刺激を受け、先生の研究室に出入りしていた。

当時の京大の地震学研究の主流は、それまで多くの地震や火山微動の研究に業績を上げ、また当時京都大地震説を提唱した佐々教授の研究室で、ここに多くの人材が集まった。しかし一方では、地殻物理学という幅広い分野を主宰されていた西村先生の包容力のある温かい人柄と、新進の気に溢れた研究室の雰囲気によってここへ定着することとなった。卒業研究には“大地震の際の地面の地震動の様子を立体的に示せ”という課題、次いで大学院へ入ってから“Michelsonの干渉計の原理を拡大装置に用いた傾斜計を考案せよ”とのテーマを与えられた。しかし後者は後に述べる事情により変更された。また大学院コースでは、地質学の院生・吉村雄三郎と2人きりで、地球潮汐の講義を教授室で受けた。このため筆者は後々まで地震学の主な研究テーマ以外に地球潮汐にも関心を持つこととなった。

当時の研究室は京大正門左手に現在も残る、京大最古の赤レンガ2階建の1階と2階の東北角にあった。1952-55年頃の研究室の構成員と研究テーマは、一戸時雄・講師(重力)、細山謙之輔・助手(地殻変動)の2人のスタッフのほか、西武照雄(地球内部物性)、岸本兆方(地震・地球内部構造)、神月 彰(地震・地殻構造)、伊藤芳朗(地殻変動)、宮腰潤一郎(地磁気)、三雲 健(地震)、中川一郎(重力)、大塚道男(地震)、田中 豊(地殻変動)らの研究生と大学院生であった。西村教授が固体地球物理学の幅広い分野の院生を受け入れたのは、京大地球物理学教室の創始者であり初代教授であった志田 順 教授が地震波初動の4象限分布の画期的発見や地球全体のShida Numberの推定などのほか、深発地震の存在や、地球自由振動の観測の提唱など、多方面の研究に幅広い活躍をしたことを意識して、後を継ぐ地殻物理学講座を牽引して行こうとされていたのではないかと想像される。このような方針に沿って西村教授自身が主導された研究あるいはその指導の下で行われた研究

は多岐に亘る。このうち地殻変動と地球潮汐の観測や重力変化の測定など測地学分野の研究は、別項に田中寅夫によって述べられているので、ここでは 1950 年代後半から 60 代初期に行われた地球内部の研究や、地震波解析と観測による地殻・上部マントル構造などの地震学分野の研究について述べることにする。

地球内部の研究の一環として、西武は高压下の岩石実験から得られるダナイトの体積弾性率と弾性波速度が、圧力依存性よりは密度—弾性間を考慮することにより説明できることを示した。またこの結果は地球の上部マントル中の地震波速度から推定される弾性率を説明できることから、マントルを構成する主要な岩石はダナイトと推定している (6)。また隕石を構成するシリケイトの密度と弾性率をも検討した結果、これがマントルを構成する物質とは考えられないこと、またさらに高压下の岩石の弾性を理論的および実験的に計算し、ダナイトと MgO の弾性がそれぞれ上部マントルと下部マントル中の地震波速度から推定される値に一致することを示した (7)。このことから Moho 面直下やコア境界面付近に低速度層あるいは一定速度層が存在する可能性があることを示唆している (8)。西武はこの後、アメリカの Texas 大学へ留学し、帰国後は愛媛大学へ転出した。ここではその後、4GPa、1000°C までの流体圧発生装置を開発し、この方面の研究に大きく貢献した。

次に地殻・上部マントル構造の研究では、岸本は上賀茂地学観測所および阿武山地震観測所で観測された浅発地震記録から直達波と屈折波の走時を解析し、京都周辺地域下の地殻構造を明らかにした。この研究から、堆積層、花崗岩層、花崗閃緑岩層、玄武岩層の各層の厚さと P 波と S 波の伝播速度を明らかにし、さらにその下の上部マントル内の速度は 8.1 km/s および 4.7 km/s と推定し、約 32 km の地殻全体の厚さには地域性のあることを示した (9)。また Kamchatka-Kurile 地域の浅発地震による日本列島下の上部マントル内の走時が、Jeffreys-Bullen による走時にほぼ一致し、かつ震央距離 20° に相当する深さ約 400 km に速度不連続面が存在することを確かめた。さらにこの上部を通過する直達波と下部を通過する屈折波の振幅の関係が予期された関係とは逆であることを見出し、20° 不連続面よりやや深い場所にも別の速度不連続層が存在することを示唆した (10)。また別の解析から、日本列島下にも low-velocity layer が存在する可能性を指摘している (11)。岸本はこの後、カナダ Ottawa の Dominion Observatory へ留学し、地震波のフーリエ解析により浅発地震と深発地震のメカニズムの比較研究を行った。

また神月は、浅発地震から近距離にある 2 観測点の地震記録を用いて Moho 不連続面からの S 波反射波を検出し、この地域の Moho-面の深さをそれぞれ約 45 km と 30 km と推定した。次に震央距離 100 ~600 km にある多数の観測点で記録された地震記録を解析し、P 波初動から S 波の間に記録されたいくつかの等時間間隔の顕著な位相を、振幅、周期と距離の関係をもとに 地表面と Moho 面の間を重複反射波と解釈し、地震間に見られる時間間隔の差は地殻の厚さの差に帰せられるものとした(12)。次に通常の走時曲線の代わりに P-S 曲線を用い、これから得られる  $V_p/V_s$  が九州地域の下では 20-40 km の深さで 1.80-1.85 の大きい値であることを見出し、さらにこれが P 波初動の押し・引きの領域で異なる可能性を示唆するなど、地殻内の Poisson 比の異常な場所を検出した(13)。これらの岸本、神月の研究成果は、研究指導者の西村教授との共著で当時の有力な国際学会誌であった *Tellus* にまとめて発表されている (14、15、16)。神月はその後関西大学に転出し、さらにアメリカの Carnegie Institution of Washington へ留学したが、惜しくも滞在中に不慮の水難事故により死去した。

一方、三雲は 1950 年代に和歌山地方で頻発していた局地地震を震央域付近で精密観測することを計画し、大塚、田中のほか西村研究室の多くのメンバーと学生達の協力を得て、高感度の電磁地震計と高精度の JJY 刻時装置を 1954 年に 4 点、1956 年と 1959 年に 6 点の観測点に設置して観測を行

った。この結果、これらの地震の震源分布、走時曲線、地震メカニズムとこの地方の地殻構造などが明らかになったが (17、18、19)、このうちこれらの多くの地震のメカニズムは non-double couple タイプで解釈できるとした (18)。また三雲と大塚は、共に爆破地震動研究グループに参加し、1953-1961 年の間に日本列島各地で行われた 10 数回の初期の観測に参加して一部の地方の地殻構造の解析を試みた。この後、三雲は 1961-62 年には流動研究員として東大地震研究所で関東地方の地震メカニズムの研究を継続し、この地方では double couple タイプが卓越することを見出した。1962-64 年にはカリフォルニア工科大学地震研究所で 歪地震計と長周期地震計の両方の記録から各種の地震波の位相速度と内部構造を研究する一方、カリフォルニア大学バークレイ (UC Berkeley) では、シエラ・ネヴァダ山脈を含むカリフォルニア地方中部の広域地殻構造を推定した。

また大塚は、三雲との共同研究のほかに、深発地震で観測された S 波とコア表面からの反射波 ScS を解析し、上部マントル内の減衰を示す Q の値が約 150、下部マントルでは約 350 程度であることを初めて推定した (20)。またこれとともに深発地震の S 波の波形は、震源から発生する地震波動のエネルギーが震源球の体積に比例する場合には、先に観測から導かれた経験則に一致することを示した(21)。大塚はこの後、熊本大学へ転出した後、UC Berkeley および Carnegie Institution of Washington へ留学し地殻構造などの研究を行った。帰国後は、地震のマグニチュードと地表に現れる断層の関係や、機械的モデルによる地震の起り方のシミュレーションなど一連の重要な研究を行っている。

1960 年 5 月には史上最大といわれるチリ地震 (Mw=9.5) が発生し、この際には京大地球物理学教室に設置されていた Askania 重力計によって、地球の自由振動が初めて中川らによって観測された(22)。この観測データの詳細な解析によって、周期 53.4 分、振幅、0.57  $\mu\text{gal}$  (地動相当変位 0.28 cm) の伸び縮み基本モード  ${}_0S_2$  と、周期 35.8 分の 1 次の高次モード  ${}_0S_3$  が見出された。この結果はアメリカで H. Benioff が歪地震計により、また F. Press と M. Ewing が長周期地震計によって観測した結果と一致し、また以前から理論的に予測されていた値を裏付ける重要な発見であった。

西村教授は上記のチリ大地震の直後に、地震に伴う地殻変動の国際共同観測を企画して (23)、この目的のため 1962 年の 3 ヶ月間メキシコ、ペルー、チリの中南米 3 カ国を歴訪し、これらの地域の 16 観測点に伸縮計、傾斜計などの観測計器を設置して共同観測を行うことを提案した (24)。

しかし西村教授は不幸にして病に倒れ、1964 年 3 月、地震予知に関する初めての国際会議が京都で開催された当日、57 歳の若さで急逝し、西村研究室は幕を閉じた。

当時の研究室には、上のメンバー以外に、田中寅夫 (地殻変動、地球潮汐)、住友則彦 (重力、地磁気)、橋爪道郎 (地震、地殻構造)、尾池和夫 (地震)、加藤正明 (地殻変動)、見野和夫 (地震)、竹本修三らがそれぞれの分野で研究を始めていた。

西村教授の死去後 1964 年末に今後の研究体制に関する協議が行われた結果、1965 年 4 月から新しい体制が発足した。すなわち理学部地殻物理学講座は教授・一戸、助教授・中川、助手・田中 (豊)、加藤の測地学研究グループ、防災研究所地殻変動部門は教授・岸本、助教授・三雲、助手・橋爪、尾池の地震学研究グループの構成となり、同時に新設された地震予知計測部門に助教授・田中 (寅夫)、助手・竹本が就いた。これらの新しい体制の下での以後の研究活動は、防災研究所 20 年史および 30 年史などに述べられている。

なお西村教授が企画した上記の地殻変動国際共同観測は、その後 1965-1966 年、田中 (豊)、中川、技官・津島吉男の 3 名 (25)、次いで 1975 年、中川、田中、尾池、加藤の 4 名がペルーとチリに出張し、観測計器の設置と調整を行うとともに、地震活動の調査と重力測定などを行った (26)。なお、この後も田中豊らは西村教授の遺志を継ぎ、現地の研究者との協力を長く継続した。

## 参考文献

- (1) 竹本修三, 2010a, 寺田寅彦と京大地球物理学との関わり, 京大地球物理学研究の百年 ( I ), 6-7.
- (2) 近藤公夫, 2010, 蒼穹百年史上巻資料, 私説「京大陸上戦記抄」, pp.11-14, p.103.
- (3) Nishimura, E., 1950, On the Earth tide, Transactions, American Geophysical Union, Vol. 31, 1950, 357-376.
- (4) 佐々憲三, 1944, 鳥取大地震前後の土地傾動, 科学, Vol.14, No.6, 220-221.
- (5) 佐々憲三・西村英一, 1951, 地震の前駆現象 I, 科学, Vol.21, No.2, 86-88.
- (6) Nishitake, T., 1956, Elastic properties of rocks with relation to the Earth's interior, Mem. Coll. Sci., Kyoto Univ., A, 28, No.1, 78-98.
- (7) Nishitake, T., 1958, On the materials in the Earth's mantle, Mem. Coll. Sci., Kyoto Univ., A, 29, No.1, 37-46.
- (8) Nishitake, T., 1958, Elasticity of solids at high pressure and the Earth's mantle, Mem. Coll. Sci., Kyoto Univ., A, 29, No.1, 47-56.
- (9) Kishimoto, Y., 1954, Seismometric investigation of the Earth's interior, I, On the structure of the Earth's upper layer, Mem. Coll. Sci., Kyoto Univ., A, 27, 125-143.
- (10) Kishimoto, Y., 1955, -----, II, On the structure of the upper crust, Mem. Coll. Sci., Kyoto Univ., A, 27, 243-268.
- (11) Kishimoto, Y., 1956, -----, III, On the structure of the Earth's mantle (I), Mem. Coll. Sci., Kyoto Univ., A, 28, 117-142 ; 1958, -----, IV, (II), 28, 391-399.
- (12) Kamitsuki, A., 1956, On the seismic waves reflected at the Mohorovicic discontinuity (I), Mem. Coll. Sci., Kyoto Univ., A, 28, 143- ; 1958, -----, (II), 29, 19-35.
- (13) Kamitsuki, A., 1959, On the local character of Poisson's ratio in the Earth's crust, Mem. Coll. Sci., Kyoto Univ., A, 29, 163- 186.
- (14) Nishimura, E, and Y.Kishimoto, 1956, On the local structural character of the Earth's crust, Tellus, Vol. 6, 329-334.
- (15) Nishimura, E., Y. Kishimoto and A. Kamitsuki, 1958, On the nature of 20°-discontinuity in the Earth's mantle, Tellus, Vol. 10, 137-144.
- (16) Nishimura, E., A. Kamitsuki and Y. Kishimoto, 1960, Some problems on Poisson's ratio in the Earth's crust, Tellus, Vol.12, 236-241.
- (17) Mikumo, T., 1956, Precise seismometric observations in the epicentral region of local shocks, Mem. Coll. Sci, Kyoto Univ., A, 28, No.2, 161-207.
- (18) Mikumo, T., 1959, A consideration on generation mechanism of local earthquakes, Mem., Coll. Sci., Kyoto Univ., A, 29, No.2, 221-240.
- (19) Mikumo, T., 1960, Crustal structure in Wakayama district as deduced from local and near- earthquake observations, Disast. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., Bull., 39, 1- 22.
- (20) 大塚道男, 1962, 深発地震の S 波と ScS 波の波形について, 地震, 第 2 輯, Vol. 15, No.3, 169-182.
- (21) 大塚道男, 1964, 深発地震の S 波の波形に関する笠原の式について, 地震, 第 2 輯, Vol. 17, No.2, 114-115.
- (22) 西村英一, 中川一郎, 細山謙之助, 斉藤正徳, 竹内均, 1961, 重力計に記録された地球振動, 地震, 第 2 輯, Vol.14, No.2, 102-112.
- (23) 地かく変動部門(田中豊), 1967, 地震に伴う地殻変動の国際共同観測, 京大防災研年報, 第 10 号 A, 77-111.
- (24) 竹本修三, 2010b, 地物教室測地学分野の海外観測・国際貢献, 京大地球物理学研究の百年(II), 70-74.
- (25) 田中豊ほか, 1969, 1966 年イカ地震(ペルー)前後の土地の異常変動, 京大防災研年報, 第 12 号 A, 333-337.
- (26) 中川一郎・田中豊・尾池和夫・加藤正明, 1976, ペルー及びチリにおける地殻変動と地震活動の学術調査 — 調査の目的と概要, 学術月報, 第 29 巻-3, 207-212.