

地震地質学と国際交流

衣笠善博／旧地質調査所首席研究官

要 旨

1977年に科学技術庁長期在外研究制度によって、米国地質調査所に派遣されて以来の、活断層研究を中心とする地震地質学の国際交流の経緯を記した。狭義の地震学や測地学はネットの普及によって、face to faceの交流の重要性は小さくなってきたが、地質学の分野ではその重要性はいまだに衰えていない。原子力発電の耐震安全性評価においても、国際的な知見が不可欠である。

まえがき

元地質調査所所長の小玉喜三郎さんから、「AIST 研究秘話」へ執筆のお誘いを受け、あまりよく考えもせず、お引き受けしてしまいました。テーマも、私の地質調査所時代の研究業務内容から、地震予知研究プロジェクトの“秘話”を記すつもりでしたが、その後、5月下旬から6月上旬にかけて米国で開催された古地震・活構造および地震考古学に関する国際ワークショップ(PATA Days 2016)に参加したので、地震地質学と国際交流について、思いついたままを書き留めておくのも良かろうと思うに至り、標題のように変更させて頂くことにしました。

古地震・活構造・地震考古学に関する国際ワークショップ(PATA Days 2016)

PATA Days の PATA とは、Paleoseismology, Active Tectonics and Archeoseismology (古地震、活構造および考古地震学)の略称で、2009年以来、国際第四紀学連合の地震地質および地震災害に関する Focus Group として、古地震や地震考古学に関する最新の手法や成果を交換する国際的な主要な場となっています。

もとより還暦を過ぎ更に一回りを重ねようとしている私にとって、発表すべき最新の手法や成果を持ち合わせているはずもなく、それらの聴講を楽しむための参加です。それでも、今回の主催者であり、永年交流を続けてきた Jim McCalpin から、この分野の Senior (平たく言うと“年寄り”)として、座長に指名され、少しは貢献できたかなとも思っているところです。

地質分野の会議の常として、巡検と称する見学旅行が行われます。今回は会議の前に、Utah 州の Wasatch 断層をはじめとして Idaho, Wyoming 州を回り、Rocky 山脈のまっただ中の Colorado 州 Crestone という人口 130 人程の小さな町で workshop が行われました。また workshop 終了後は、解散地の Denver まで、活断層や地回り、氷河地形を見学しつつ、帰路につきました。と言っても、標高 3,400m を越える地点では、地層や地形の

観察どころか、他の参加者への迷惑にならないようにしていくのが精一杯でした。



PATA DAYS 2016 のスナップ写真：おんぼろスクールバスを借り上げての巡検（地質見学旅行）。中央で説明しているのが Jim McCalpin 氏。どこかの知事のような、ファーストクラスの飛行機やホテルのスイートルームとは無縁の集団です。

1977 年から 2016 年へ

この workshop では、前述のように最近の研究成果の発表がおこなわれ、米国西海岸を南北に縦断する San Andreas 断層についても、多くの研究成果が発表されました。それらの殆ど全ての研究は、Kerry E. Sieh が 1977 年に Stanford 大学に提出した博士論文を出発点とし、その後の知見を取り入れていったものです。

私が科学技術庁長期在外研究員として滞在していた米国地質調査所(USGS)は、Stanford 大学の隣町の Menlo Park 市にあったことから、彼とは親しくお付き合いをさせて頂きました。また、USGS 滞在中は、日本で 1974 年伊豆半島沖地震（マグニチュード 6.9）による地震断層の余効変動の観測に従事していたことから、San Andreas 断層の非地震性変位運動であるクリープの測定プロジェクトに加わりました。そのおかげで、San Andreas 断層については、北端の Mendocino 岬から、南はメキシコとの国境までを見て回ることが出来ました。

更に、滞在中は出来るだけ研究室に閉じこもること無く、多くの研究者との知見を得ることに留意しました。このことは後々まで私の財産になっています。例えば、1989 に San Francisco 近傍で発生した Loma Prieta 地震（マグニチュード 7.1）の際には、国土庁が組織した日本政府調査団の一員として現地に派遣されましたが、現地調査に当たっては USGS の研究者に現地を案内して頂くと共に貴重なデータを頂きました。1994 年に

Los Angeles 近郊で発生した Northridge 地震（マグニチュード 6.7）の際も、政府調査団の一員として現地調査に参加しましたが、Loma Prieta 地震の時と同様に USGS の皆様からは万全のサポートをしていただきました。

逆に、1995 年兵庫県南部地震（マグニチュード 7.3）の際には、USGS の Bill Ellsworth らの訪日要請を引き受け、震源地となった淡路島や神戸市内を案内して回りました。

在外研究員の派遣から研究者の招聘へ

このように、科学技術庁長期在外研究では得がたい経験をさせていただきました。逆に、こちらから出かけるばかりでなく、海外から指導的な研究者を招聘し、日本の活断層を前に議論をする機会も伺っていました、なかなかそのような機会に恵まれませんでした。1983 年の秋になって、工技院に新しく外国人研究者招聘が出来、募集が始まりました。この制度は、世界的に著名な研究者を、年度途中で急に、渡航費なし・滞在費のみで、3 ヶ月間招聘しようというもので、応募がためられました。ダメモトで、お世話になった USGS から“世界的に著名な研究者”を招聘すべく、Robert E. Wallace 氏に訪日の可能性を伺いました。

米国では、著名人の没後、その名前を地名に冠することがありますが、存命中に San Andreas 断層を横断する河川にその名前が付けられるほどの“著名な”研究者です。幸い「1.5 ヶ月間程度なら訪問する事が出来る」との回答を得、条件が条件だけに他に応募者も多くなかったようで、Wallace 氏を招聘することが出来ました。

せっかくの来日なので、日本では出来るだけ多くの人に会って頂き、出来るだけ多くの活断層を見て頂こうと計画を策定したところ、都立大学（現首都大学東京）の貝塚爽平先生、東京大学の米倉伸之先生、大阪市立大学の藤田和夫先生（いずれも故人）など多くの人の協力を得ることが出来ました。

IGCP-206

大阪市立大学の藤田和夫先生には、芦屋の御自宅にまで御招待頂き、親しく交流することが出来ました。そこでの話題の 1 つに、その当時始まったばかりの IGCP-206 があります。IGCP とは International Geologic Correlation Project の略で、International Union of Geological Sciences(IUGS, 世界地質科学連合)が推進するプロジェクトで、地質現象を世界的に比較しようというものです。IGCP-206 は、世界の主要な活断層の特徴を比較しようというプロジェクトで、USGS(Denver)の Robert C. Bucknam 氏と中国国家地震局(当時)の副局長である丁国瑜氏をリーダーとするプロジェクトです。

Wallace 氏から、このプロジェクトは IUGS の承認を得たものの、kick off が出来ておらずヤキモキしているとの話があったところ、藤田先生から「それなら kick off meeting を日本で開催しては？」との提案があり、その提案を Bucknam 氏と丁国瑜氏に

伝えることになりました。この間の事情については、後に Robert S. Yeats 氏が彼の著書のなかで「Bob Wallace はこのプロジェクトの *eminence grise* (影の立役者、黒幕)であった」と記しています。

このように、kick off meeting は 1984 年に藤田先生の地元の神戸で行われ、米国・中国・ニュージーランド(以下 NZ と略す)をはじめとする多くの国からの参加を得ることが出来ました。また、巡検では、藤田先生のホームグラウンドである六甲山地周辺の活断層を見学しました。そこが 11 年後の兵庫県南部地震(1995 年、マグニチュード 7.3)の震源地となることを誰が予想できたでしょうか？

第 2 回は、翌 1985 年に、共同リーダーである丁国瑜氏のお膝元である北京で workshop を開き、巡検は山東省東部を南北に縦断する Tan-Lu 断層が選ばれました。旅費の点で参加をためらっていたところ、藤田先生の御厚意で、大阪市立大学からの依頼出張の形式を整えて頂きました。

1987 年の第 3 回は、NZ の Kelvin Berryman がホストとなり、南島の Franz Josef での meeting と Alpine 断層の巡検でした。そこには NZ におけるこの分野の大御所である G.J. Lensen が参加してくれ、NZ における活断層研究の黎明期の話聞くことができました。冒頭に記した PATA days で、NZ からの参加者にその話をすると、G.J. Lensen はすでに歴史上の人物、今や Berryman が大御所になっているとのこと、歳月の移り変わりを実感しました。

1989 年は、米国 Washington DC での International Geologic Congress(IGC 万国地質学会議。4 年に一度開催される地質学界最大の学術大会)の年。IGCP 206 では、そのとりまとめの会議と巡検を米国西海岸の San Francisco を出発地とし、San Andreas 断層を見学した後、Sierra Nevada 山地、Basin and Range Province を横断し、Nevada 州の Wasatch 断層までとし、終了後は、Washington DC での IGC に参加できるように実施されました。

当時、工技院参加の研究所の研究員が外国に出かけることが出来る機会は、科学技術庁長期在外研究員制度、中期在外研究員制度と国際研究集会参加制度だけだったと覚えています。それぞれに応募できるのは“一生に一度”。上記のような国際プロジェクトのメンバーとして継続して参加出来るような制度は皆無でした。このため、何とか依頼出張や財団の経費を頂いたりしましたが、最終的には何回かは私費で参加せざるを得ませんでした。その私費での参加さえ、工技院のある担当者からは、「国費で実施した研究の成果を外国で開陳するとは何事か！」と言われたことを覚えています。産総研になってからは、論文は国際誌に外国語で書かないと成果として殆ど評価されないとのこと、これもいかがかと思いますが・・・

ILP Task Group II-3

前述のように、IGCP-206 は多くの国の参加者を得て、この分野の研究を国際的

な協力で進めるのに大きく貢献したものと評価されましたが、1989年の米国 Washington DC での IGC にあわせて開催した workshop と巡検をもって一応の区切りを迎えることになりました。IGC での business meeting では、残された研究課題、というより、IGCP-206 を通じて明らかになってきた新しい研究課題を国際的な協力のことで進めるメカニズムの必要性が実感され、新しく International Lithosphere Program (ILP) の task group の一つとして、ILP Task Group II-3: Great Earthquakes of the Late Holocene (後期完新世の巨大地震) を発足させることになりました。

提唱者で Chairman は IGCP 206 に積極的に参加していた Oregon 州立大学の Robert S. Yeats 教授。何を思ったか、彼は私を Vice-Chairman に指名しました。非力を承知の上、Vice-Chairman を引き受けることとしました。1992年の京都での IGC では、自然災害に関する特別セッションのコンビーナーを務めると共に、Robert Yeats 教授、丁国瑜氏と共に活断層と地震災害のセッションのコンビーナーを務めました。1996年の北京での IGC では、丁国瑜氏に依頼され、再び Robert Yeats 教授と共に、古地震と活構造に関するセッションのコンビーナーを務めました。

京都での IGC については、日時は忘れましたが、ある日、工技院の建物内で石原舜三院長(当時)に呼び止められ、IGC のメインテーマについて意見を求められたので、「日本で開催される IGC なので、地震・火山をはじめとする自然災害はいかがですか?」と述べたことを覚えています。その後、組織委員会等での議論を経て、自然災害がメインテーマの一つとなりました。開会式では渡邊恒三通商産業大臣(当時)が日本政府を代表して挨拶をされ、「日本は今後、自然災害の研究に力を入れると」発言されました。このような経緯もあり、IGC 終了後に、IGC の名誉総裁をお引き受け頂いていた皇太子殿下から、東宮仮御所でのお茶会に御招待頂きました。

天皇陛下からは、1992年カイロ地震(エジプト地震と称されることもある。マグニチュード 5.8)に当たって派遣された JICA 国際緊急援助隊専門家チームの一員として、皇居で慰労のお言葉を頂いたことは、皇太子殿下から御招待頂いたお茶会と共に、たいへん名誉ある貴重な思い出となっています。

ILP Task Group II-3 は、イタリアの Daniela Pantosti とニュージーランドの Alan Hull によって、1998年から Task Group II-5: Earthquake Recurrence Through Time(地震の繰り返しの経時変化)に引き継がれました。

IGCP-206 から ILP Task Group II-5 に至るプロジェクトは、どちらかと言うと米国主導で進められてきましたが、2009年からの PATA days は、ドイツ、スペイン等のヨーロッパ勢主導のプロジェクトです。ヨーロッパでは、古地震・活構造の研究は比較的新しい分野であり、地震考古学も、歴史的建造物の被災(変形)状況からそれをもたらした地震に関する議論が中心であり、日本での地震考古学とはやや趣を異にする研究スタイルです。

Bob Yeats のサバティカル

その後、Robert Yeats 教授がサバティカルを利用して、彼の学生を伴って地質調査所に 6 ヶ月間滞在しました。この間、地震地質課の研究者は、彼と日常的に議論する事が出来、国際的な雰囲気が大いに醸成されました。この国際的な雰囲気は現在までも引き継がれているものと思います。

彼がサバティカルで滞在中に行ったもう一つの事は、地震地質学の教科書の執筆です。教科書執筆のためには膨大な文献の精査が必要となりますが、私の研究室には 1977 年の科学技術庁在外研究員の時に加入した米国地球物理連合学会と米国地震学会の学会誌を揃えていたのと、地質調査所の資料室は世界でも有数の蔵書を擁しており、彼はそれに自由にアクセスし、執筆に励んでいました。また、日本語の論文については、地震地質課の研究者と議論しながら、それらを積極的に取り入れてくれ、世界的には優れた研究ながら日本語の論文であるが故に国外ではあまり評価されていなかった日本の研究を世界に紹介してくれました。

結果は、Robert S. Yeats, Kerry Sieh and Clarence R. Allen の“The Geology of Earthquakes”として 1997 年に Oxford University Press から出版されました。共著者の Sieh は冒頭部分に記した Kerry E. Sieh であり、Allen とは、California Institute of Technology の著名な地震学者である Clarence R. Allen です。

1996 年から 2016 年へ

この教科書は、永くこの分野の代表的な教科書となっており、私自身も永く講師を務めていた JICA 地震学及び地震工学の集団研修で、毎年 20 冊程度を教科書として購入し、売り上げに大いに貢献しました。

しかしながら、執筆されたのが 1996 年頃、20 年前です。決して陳腐化はしておらず、基本的な見方、考え方は今でも十分通用するものですが、最近 20 年間の成果が盛り込まれておらず、やや物足りなさはありません。

活断層の繰り返しについても、この教科書では、1977 年の Kerry E. Sieh による階段モデル(一定間隔で一定規模の地震を発生させる)を全面的に採用しています。2016 年の PATA Days 2016 では、Sieh のモデルは古典的・歴史的モデルとして引用はされていましたが、他の断層との相互干渉や、近接する湖水の水位変化の影響等を取り入れた極めて精緻な(複雑な!)モデルが提唱されていました。

地質調査所における地震予知と活断層に関する研究

ここまで活断層に関する国際交流について記してきましたが、私の本業は活断層を中心とする地震予知に関する地質学的研究です。地震予知についても、一時期は日米地震予知シンポジウムや日中地震予知シンポジウムのように活発な国際交流が行われ

できました。しかし、近年はデータの交換を始めとして多くのことがネットを通じて行えるようになった事からか、かつてのような人的な交流が下火になってきたように見受けられます。狭義の地震学や測地学はネットを通じた交流が効率的かも知れませんが、活断層に関する研究では、断層露頭を前にした現地討論の重要性はいまだに衰えていないと思っています。

さて、ドメスティックな地震予知研究は、1964年新潟地震(マグニチュード7.5)の“後押し”もあり、1964年から第1次5カ年計画として発足しました。地質調査所は、これに遅れること1年、昭和41年から工業技術院特別研究「地殻活構造に関する研究」で参加しましたが、この遅れは後々まで尾を引くこととなりました。なにせ、予算要求などのために工技院に行くと「なぜ通商産業省が地震予知のために予算を割かなければいけないのか？」などとの非難に満ちた質問を浴びせられることもしばしばでした。

それでも、関係者の御尽力で、1976年には環境地質部の中に地震地質課が設けられ、1978年には、地震物性課、地震化学課が設けられました。この地震3課体制は1997年まで約20年間続きました。1995年1月に発生した兵庫県南西部地震(阪神淡路大震災、マグニチュード7.3)を契機に、同年6月に首席研究官の内1名を防災担当とし、私がそれを拝命することとなりました。さらにその直後の7月には、工業技術院の規定に基づき、活断層・地震予知特別研究室が新設され、その室長をも併任することになりました。実働部隊の地震3課は、1997年に新たに設けられた地震地質部の下、それぞれ活断層研究室、地震物性研究室、変動解析研究室となりました。

このように、組織・体制を充実して頂きながら、私は1999年に東京工業大学に転出することとなりました。このため、独立行政法人化による工業技術院体制から産業技術総合研究所体制への移行についての“秘話”を記すことが出来ません。お詳しい方にお任せしたいと存じます。

あとがき

上述した「なぜ通商産業省が地震予知のために予算を割かなければいけないのか？」に対する答えになるか否か判りませんが、国のエネルギー政策に取って重要な要素である原子力発電については、2011年東北地方太平洋沖地震(マグニチュード9.0)を契機に原子力規制委員会とその事務局である原子力規制庁が設けられ、産業技術総合研究所の活断層分野の専門家(と地震地質課のOB)が、審査官、原子力発電所毎に設けられた有識者会合の委員、さらには立地自治体に設けられている各種委員会の委員として活動されています。言い換えると、国のエネルギー政策に取って、産業技術総合研究所の活断層分野の知見は不可欠となっているとも言えるでしょう。

これらの役割を果たそうとするとき、問題が先鋭化していることが多いため、どうしてもドメスティックな議論になりがちのようですが、ねがわくば、世界の活断層研究の最新の動向にも目を向けて頂きたいと思います。先鋭化したドメスティックな課題は、

最新のインターナショナルな知見こそが解決に導くことが出来るのでは無いでしょうか？

参考文献等（本文記載事項順）

Kerry E. Sieh の博士論文は、下記の学術論文として公表されている。

Sieh, K. 1978. Pre-historic large earthquakes produced by slip on the San Andreas fault at Pallet Creek, California. *Jour. Geophys. Res.* vol.83, p.3907-3939.

Loma Prieta 地震と Northridge 地震についての政府調査団の報告書は以下の書籍として出版された。

国土庁防災局（監修），1990，サンフランシスコ湾岸地震（ロマプリータ地震）の記録．ぎょうせい，301pp.

国土庁防災局（監修），1994，ロスアンゼルス近郊地震（ノースリッジ地震）の記録．ぎょうせい，261pp.

IGCP-206 の成果（の一部）は、下記の学術論文に公表されている。

Bucknam, R.C. and Hancock, P.L. eds., 1992, Major active faults of the world: results of IGCP Project 206. *Annales Tectonicae Special Issue, Supplement to vol. VI*, 285pp.

ILP Task Group II-3 の成果（の一部）は、下記の学術論文に公表されている。

Yeats, R.S. and Prentice, C.S. 1996. Introduction to special section: paleoseismology. *Jour. Geophys. Res.* vol.101, p.5847-5853; Special Section: p.5847-6295.

京都で開催された IGC については、下記にその概要が記されている。

29th International Geological Congress. 1993, General Proceedings of the 29th International Geological Congress. 186pp.

1992 年カイロ地震に関する JICA 国際緊急援助隊専門家チームの報告書

国際協力事業団国際緊急援助隊事務局. 1993. エジプト地震(1992 年 10 月 12 日)国際緊急援助隊専門家チーム報告書. 89pp.

Robert S. Yeats が在日中に執筆した教科書。

Yeats, R.S., Sieh, K. and Allen, C.R. 1997, *The Geology of Earthquakes*. New York: Oxford University Press, 568pp.

著者略歴

衣笠善博（Kinugasa Yoshihiro）

学 歴：

昭和 4 2 年 3 月 北海道大学理学部地質学鉱物学科卒業

平成 2 年 3 月 理学博士（北海道大学）

職 歴：

昭和 4 2 年 4 月 通商産業省工業技術院地質調査所入所
昭和 5 7 年 1 月 同所 環境地質部地震地質課長に昇任
平成 7 年 6 月 同所 首席研究官に昇任
平成 7 年 7 月 同所 活断層・地震予知特別研究室長を併任
平成 1 1 年 4 月 東京工業大学に転任 大学院 総合理工学研究科 教授
平成 2 2 年 3 月 同大学 定年退職
4 月 同大学 名誉教授
5 月(現) (公財) 地震予知総合研究振興会
地震防災調査研究部 副主席主任研究員（非常勤）

海外関係の経歴

昭和 5 2 年 1 0 月 科学技術庁長期在外研究員として米国地質調査所に派遣
(昭和 5 3 年 1 1 月まで)
平成 2 年 8 月 Vice-Chairman, task Group II-3 on Great Earthquake
of the Late Holocene, ILP-ICUSU
(国際リソスフェア計画-国際科学会議)
平成 6 年 9 月 日本学術会議国際学術協力研究連絡会委員

その他の経歴：

昭和 5 8 年 3 月 科学技術庁原子力安全技術顧問
昭和 5 9 年 6 月 通商産業省原子力発電技術顧問
平成 2 年 1 月 地震予知連絡会委員
平成 2 年 9 月 文部省測地学審議会臨時委員
平成 3 年 9 月 日本学術会議地震学研究連絡会地震予知小委員会幹事
平成 8 年 2 月 地震調査研究推進本部地震調査委員会委員
平成 1 3 年 1 月 原子力安全委員会専門委員
平成 1 3 年 2 月 総合資源エネルギー調査会臨時委員
平成 1 7 年 1 0 月 原子力安全功労者表彰（経済産業大臣）

受理日：2016年8月25日