

2011 年東北地方太平洋沖地震から一年経過して

吉田明夫 (神奈川県温泉地学研究所)

またやってきたからといって春を恨んだりほししないとポーランドの詩人は謳ったが、東北地方太平洋沖地震で被災された方々にとっては、今年の春は格別の思いが重なることと推察される。一年経って、直接被災しなかった私たちも、また深い思いに沈む。何がいけなかったのだろうか？何を間違えたのか？

天災は忘れたころにやってくると寺田寅彦が語ったと言われるが、東北地方太平洋岸に住まわれる人たちにとって、津波のことがまったく忘れられていたのではなかった。もし、思い及ばないところがあったとすれば、海岸の津波防御施設に対する過度の信頼であったか。2011 年 3 月 11 日の地震はマグニチュードが 9.0 という超巨大地震であった。地震の後、想定外という言葉が様々な方面で使われたが、その中には、想定外のことが起きてしまったのだから仕方ないと、あたかも責任を逃れる口実のように言われたものもある。しかし、自分が仕事としていることに関して取り返しのつかない失態があったときには、何がいけなかったのかという問いが、まず、最初にあるべきではないだろうか。昨年 3 月の地震は広範囲にわたり非常に大きな影響をもたらした。それぞれの立場で反省があるはずであるが、ここでは、当研究所も一端を担っている地震研究に関連して、あの地震のあと自ら省みながら考え感じたことのいくつかを述べてみたい。

研究においては、思い込みはしばしば大きな足かせとなる。多くの研

究者が標準としている考え方に基づいてデータ解析をすれば、成果を素早く次々と挙げていくことが可能となる利点はあるが、そこからは従来の見方を覆すようなブレークスルー的なアイデアは生まれ難い。東北地方太平洋沖では、M9 の超巨大地震の発生はないと、昨年 3 月 11 日まで、小生を含めて、恐らく多くの研究者が思い込んでいた。巨大地震の常襲地帯であるチリ等に比べて古い海洋プレートが高角で沈み込んでいることや、宮城県沖から福島県沖にかけて海底地形が屈曲を示していることなどから、三陸沖から茨城県沖にいたるまでの海域が一挙に断層で割れることはないだろうと考えられたからである。2011 年東北地方太平洋沖地震の発生は、そうした既存の見方にまさに一撃を与えた。

プレート間カップリングについての思い込みもあったのではなかろうか。一つは、海溝に近いところでは強い固着はないと考えられたことである。東海地震の震源域が、微小地震観測や GPS 観測の成果を取り入れて 2001 年に見直されたときにも、トラフ軸付近の、スラブ上面の深さが 10km 未満のところは、固着していないとして組み込まれなかった。三陸沖では 1896 年に大津波を伴った地震が海溝に近いところを震源域として発生していて、地震調査委員会でも海溝沿いで、ゆっくりとすべるいわゆる津波地震が発生する可能性を指摘していたが、昨年 3 月の地震ではその海域で数 10m の断層すべりが生じたこととされ、海溝

近くでもプレート間は強くカップリングし、大きな弾性歪みエネルギーを蓄えることを示した。

太平洋プレートが日本海溝から沈み込んでいる青森県沖から茨城県沖にかけての海域では、M7~8 の大地震が繰り返し発生してきたことが知られている。それらの地震の震源域となったプレート間カップリングの強い領域の分布も、近年の稠密地震観測データの解析によってかなり明らかにされてきた。強カップリング域の周辺には普段は非地震的にすべる領域があって、その領域中の小さな“島”の区域では比較的短い周期で相似地震が発生するという、プレート間カップリングの様相についてのイメージもつくられた。そして、強カップリング域は固有地震の震源域を形成するとして、その繰り返し記録を基に発生確率が計算された。東北地方太平洋沖地震は、いくつもの強カップリング域を壊し、かつ非地震的にすべると考えられた領域でも地震波を生成する脆性破壊が生じうることを示したことで、これまでのプレート境界における地震発生についての理解に見直しを迫るものであったと言える (Lay and Kanamori, 2011)。

断層運動がどのように進行したかを明らかにすることは、前兆現象が存在するかという問いとも関連して重要である。もし、破壊域の最終的な拡がりや、断層運動の過程の中で、いわば偶然が重なって決まってくるとすると、地震の規模を事前に直接予想させるような前兆は期待し難い

ことになる。東北地方太平洋沖地震では、破壊は初め比較的遅い速度で深い方へ広がっていき、数十秒後に一転浅い側に進んで海溝に近いところで非常に大きなすべりが生じたこととみられている。この浅いところでの大破壊のあと、深い側で更にすべりが進むとともに、破壊域は南の茨城県沖まで広がっていった (Kanamori and Yomogida, 2011)。これらの解析結果は、海溝に近いプレート境界の浅いところでの大きなすべりが、深部を含めて断層すべりの更なる増進と破壊域の拡大をもたらしたことを示唆する。

ここで、断層破壊の進行とその意味合いに関していくつか疑問が生じる。最初、深い側に進んだ破壊が、一転浅い側に広がっていったのは必然性があったのか？最初の破壊が比較的ゆっくりだったのは意味があったのか—当該海域で強カップリング域が単独で破壊する場合の特徴的な地震と比べて、この立ち上がりの状況は特異だったか？浅いところで大きなすべりが生じる上で、深部での破壊の先行は必要だったか？言い換えるなら、深部での破壊は浅部の大破壊の前触লেরなものだったか？海溝沿いでは、1896年に北側の岩手県沖で津波地震が発生していることから、深部で破壊が先行しなくても、すべりが生じる可能性はあったと考えられる。しかし、その場合、数十mを超えるような大きなすべりが生じ得たかどうか？大きくすべったのは、破壊域がすでに十分に広い範囲に及んでいたことに因っているのではないか？断層面積とすべり量は多くの地震でおおよそ比例することが知られている。大きくすべったから断層が広がったのか、破壊域が広がったから大きなすべりが生じたのか。これは原因—結果の関係では、恐らくないであろう。2011年東北

地方太平洋沖地震ではいくつかの強カップリング域が破壊したが、全体として単にそれらの個別の強カップリング域の破壊が重ね合わさったもの以上の規模になったことは明らかである。断層面積の拡がりにはM8クラスの地震数個分であったが、断層運動のモーメント解放量はそれをはるかに超えた。断層域を埋め尽くす数の小地震を集めても、その断層全体がコヒーレンシーをもって破壊するときの規模にはなりえない (Yoshida, 1990)。

東北地方太平洋沖地震に関しては、数年前から直前のものまで含めて、前兆現象がいくつか報告されている。Kato et al. (2012) は、本震の震源に向かう前震活動の移動現象があったことを基に、震源域近傍で破壊核の形成がゆっくりと進行していたのではないかと推定した。楠城ほか (2011) は、本震の震源域周辺の地震活動のb値が2000年頃から顕著な減少傾向にあったことを示している。岩手県沖から茨城県沖の広い海域では2007年にM5以上の地震がほとんど発生せずに注目を集めたこともあった。短期的な前兆現象としては、その他、電離層の電子密度の増大や上層大気の温度上昇などが報告されている。

M9という巨大地震の前に、それに見合う歪エネルギーが震源域で蓄えられていたことは間違いない。いずれは、そのエネルギーは解放されなければならなかったはずだが、3月11日に一挙に解放される必然性があったのか、いつの時点でその破局に向かって引き返すことのできない歩みを始めたのか、前兆と言われる種々の現象は、そうした断層破壊の終局に向かうダイナミクスとどのように関連づけられるのか、地震予知の可能性を探るためには、まだ多くの疑問について解明されなければ

ならないように思う。

過去大きな地震災害をもたらした1891年濃尾地震、1923年関東地震、1995年兵庫県南部地震等の後には、地震研究の進め方や防災に向けての取り組み方に関して、一種のパラダイム転換があった。昨年3月11日の地震がどのような新たな展望を開くことになるのか、その方向は定かではないが、現時点で一つだけはっきりしていることは、防災の観点からは過去100年の地震活動にとらわれてはならないということである。1000年あるいはそれ以上の時間的スケールで巨大地震の発生を見据え、それに向けて防災対策を講じなければならないということは、すでに多くの人の共通の認識になったように思われる。

2011年3月11日の地震の衝撃を、自からの生と深く結びつけて受け止めて行こうとするのであれば、亡くなられた方たち、また地震に続く福島第一原子力発電所の放射能惨禍によって故郷を追われた方たちの無念を、自分自身の問題として引き受けていくしかないのではないかと思う。

文献

- Kanamori, H. and K. Yomogida, Earth Planets Space, Special issue, 63, 511, 2011
- Lay, T and H. Kanamori, Physics Today, December, 2011
- Kato, A., K. Obara, T. Igarashi, H. Tsuruoka, S. Nakagawa, and N. Hirata, Science, 19 January, 2012.
- 楠城一嘉・平田直・小原一成・笠原敬司, 地震学会秋季大会, P2-73, 2011.
- Yoshida, A., Pure Appl. Geophys., 132, 569-581, 1990.