

サイエンスの舞台裏

—東西短縮地殻変動厚紙模型の作り方—

高橋雅紀¹⁾

1. 経緯

2017年の6月29日に、12年ぶりにプレス発表を行いました(第1図)。発表のタイトルは、「日本列島の地殻変動の謎を解明-フィリピン海プレートの動きが東西短縮を引き起こす-」です。実は、今から10数年前、私は難問であるフィリピン海プレートの過去の運動と格闘していました。ところが、いくら考えても分からなかったため、ホームセンターに行って材料を買い集め、模型を作っては試行錯誤を繰り返していました。そんなある日、制約条件のもとで壊れずに動く模型が完成しました。そのとき、日本列島の地殻変動の謎が、一瞬にして解けたのです。解けたという表現は正確でなく、模型が答えを示したのです。

すぐさま、地震学会で発表すべく準備をし、満を持して口頭発表に臨みました。ところが、結果は惨憺たるものでした。その時の経緯は、前々回の記事「サイエンスの舞台裏-カリフォルニア湾の作り方-(高橋, 2017a)」に書いた通りです。理由は簡単。パワーポイントでは、誰も理解できなかったのです。

その後、論文にすべく、イラストレーター(作図ソフト)の使い方を必死で覚え、きれいなコンピューターグラフィックス画像をいくつも作成し、さらにパワーポイントによる口頭発表から動画ファイルを作成するなど、あらゆることを駆使して伝える努力を続けてきました。研究内容

には自信がありましたが、一流国際誌から始まった論文投稿はことごとく門前払い。仕方なく、「この研究は、墓場まで持って行くしかないかな。」と諦めていた矢先にNHKから番組化の話が来て、再挑戦。13年間の悶絶の日々を経て、2017年に研究所が発行している地質調査研究報告で公表(Takahashi, 2017)し、6月に記者発表することになったわけです。NHKの番組化の話が来なかったら、論文も記者発表もなかったでしょう。人生とは、不思議なものだとつくづく感じます。

さて、通常の記者発表は長くても1時間なのですが、今回は2時間半かけました。というより、記者発表が盛り上がりすぎてしまって、なかなか終了できなかったのです。最初は25分ほど使って、パワーポイントによる説明を行いました。予想通り、記者達の頭の中は真っ白で、部屋中に?(クエスチョンマーク)が充満しているような状況でした。そのあと、実際の模型を使って20分程度説明したら、記者の半分は理解し納得。さらに、準備しておいた厚紙の模型を実際に組み立ててもらったところ、全員が理解し納得し感動してくれました。あとは、質疑と写真撮影の嵐で、記者発表というよりも、3月に東京の神田で行ったGSJシンポジウム「ようこそジオ・ワールドへ」(宮川ほか, 2017)の雰囲気に近い状況でした。

この記者発表が物語るように、日本列島の地殻変動の謎を理解するためには、アナログ模型が不可欠です。それ



第1図 アナログ模型を併用した産総研プレス発表の様子(2017年6月29日)。

1) 産総研 地質調査総合センター地質情報研究部門

キーワード: アナログ模型, 地学教育, テクトニクス, 日本列島

は、頭がいいとか地球科学の知識が豊富とかの問題ではなく、世の中には、五感を駆使しないと理解できないものがあるということです。例えば、「2輪でも、走り続ければ転ばない。」ことを、いくら物理学を駆使して説明しても、自転車を見たことがない人には理解できないでしょう。ところが、ひとたび目の前で走る自転車を目撃すれば、理解できなくてもまず受け入れます。そして、そのあとなぜ倒れないのか理解を試みます。同様に、自身で地殻変動アナログ模型を実際に動かせば、中学生でも本質を理解できます。今回は、その模型を作ってみましょう。

2. 研究の背景

日本列島を取り巻くプレートについて、確認しておきましょう。北海道から本州、そして南西諸島は陸側のプレートに属しています。陸側のプレートはユーラシアプレートと北アメリカプレートです。問題となるのは後述するように両者の境界で、かつては北海道の日高山脈がプレート境界と考えられていましたが、最近では本州の中央部にプレート境界があると推定されています(第2図)。

これらの陸側プレートに対し、フィリピン海プレートが西南日本に対して北西に沈み込み、太平洋プレートが東北日本に対して西向きに沈み込んでいます。太平洋プレートは伊豆-小笠原海溝からフィリピン海プレートの下に沈み込んでいるので、下から太平洋プレート、フィリピン海プレート、そして陸側のプレートの順に重なっています。つまり、陸側のプレートに対して、2枚の海洋プレートが日本列島に沈み込んでいるのです。

海洋プレートが他のプレートに沈み込むと、その境界は海溝(trench)になります。東北日本(陸側プレート)と太平洋プレートの境界は日本海溝、西南日本(陸側プレート)とフィリピン海プレートの境界は南海トラフ、そして、フィリピン海プレートと太平洋プレートの境界は伊豆-小笠原海溝です。南海トラフは水深が浅いのでトラフ(trough)と呼ばれていますが、海洋プレートの沈み込み境界なので海溝と同じ扱いになります。

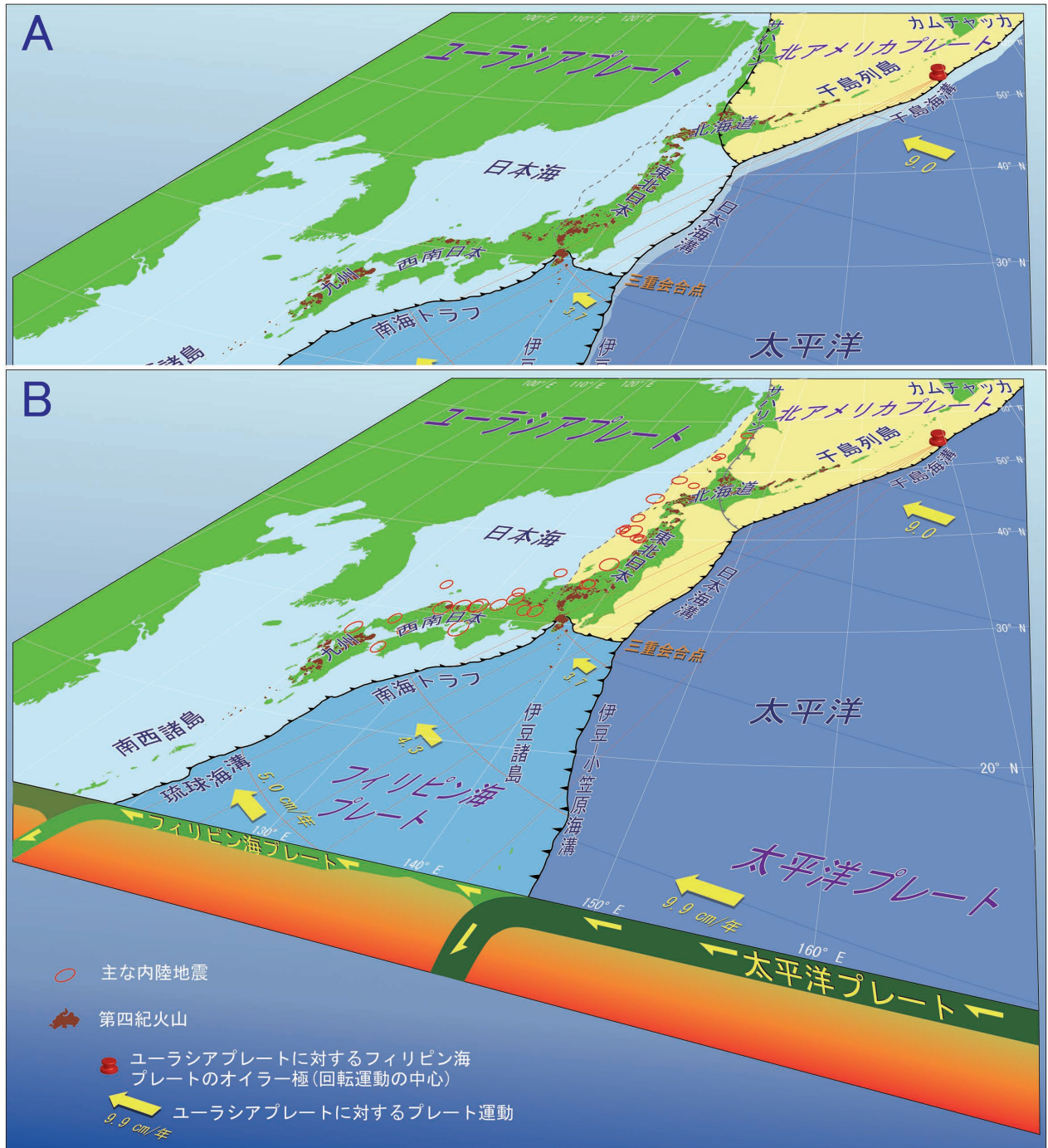
これら3つの海溝が1点に集まる場所が、房総半島の東方に存在しています。プレート境界には、収束する境界(海溝)と横ずれする境界(トランスフォーム断層: transform fault)、そして発散する境界(海嶺: ridge)の3種類があり、それらの組み合わせによって、多種類の三重会合点(triple junction)が存在しています。これらのうち、房総半島沖の三重会合点は、海溝-海溝-海溝型三重会合点(以下、海溝型三重会合点と呼ぶ)とされ、主要なプレ-

ト境界による海溝型三重会合点は、地球上にひとつしか存在していません。実は、この海溝型三重会合点が、日本列島の地殻変動の謎を解く鍵になります。

さて、今から製作する厚紙模型は2種類です。最初に作るのは、太平洋プレートが断裂してしまう模型です。この模型は、本州を含む陸側のプレートが、変形しないひとつの大陸プレートであると仮定した場合を再現します。現在では、陸側のプレートのうち、西南日本側がユーラシアプレートで、東北日本側が北アメリカプレートと考えられています(第2図のB)。その理由は、プレート境界である日本海溝からあまりにも離れた場所で内陸地震が頻発し、東北日本の日本海沿岸に沿って、新たなプレート境界(新生海溝)が生まれ始めているのではないかと推定されたことがきっかけでした。1983年に、東京大学地震研究所の中村一明先生と筑波大学の小林洋二先生が同時に提唱した、“日本海東縁プレート境界仮説”です(中村, 1983; 小林, 1983)。

日本にプレートテクトニクス理論が導入された1970年代、北海道の日高山脈を境に、東側が北アメリカプレートで、西側はユーラシアプレートに属すると考えられていました(第2図のA)。その理由は、日高山脈を境に東側と西側の地質が大きく異なり、地殻が完全に分断されているからです。言い換えるならば、従来のプレート境界は、地質学に基づいて推定されていました。実際、北海道の西部から東北日本にかけては地質学的に連続し、プレート境界を想定すべき不連続は全く見当たりません。

ところが、日本海東縁に沿って比較的大きな地震が頻発し、1983年に新生プレート境界(海溝)仮説が提唱されました。通常は、大きな地震はプレート境界で発生します。境界の両側のプレートが、別個の運動をしているからです。一方、海洋プレートの内部では、ほとんど地震が起こりません。そのため、地震活動が帯状につながると、それはプレート境界であろうと判断されます。プレート境界である日本海溝からかなり離れているにも関わらず、日本海東縁に沿って地震が帯状に発生しているのです。プレート境界(海溝)が誕生しつつあるのであろうと推定されたのです。言い換えるならば、“日本海東縁プレート境界仮説”は、地震活動や海底地形など、現在進行形の地殻変動を根拠に推定されました。地質学的時間スケールで進行する現象に基づいて考えられたものではないのです。そして、日本海東縁がプレート境界であるとする、その南の延長がどこを通過するのか問題になります。多くの研究者は、糸魚川-静岡構造線を通して南海トラフに続いていると考えています(第2図のB)。



第2図 日高山脈から西側の陸地がユーラシアプレートに帰属するとした従来のプレート区分(A)と、1983年に日本海東縁が新生しつつある海溝であるとする仮説が提唱されて以降のプレート区分(B)。

このような理由で“日本海東縁プレート境界仮説”を一旦受け入れると、それまでユーラシアプレートと考えられていた東北日本は、別個のプレートに帰属させるしかありません。それまでは、北海道の東部が北アメリカプレートに属すると考えられてきましたが、東北日本と北海道の西部も北アメリカプレートに帰属させることによって、東北日本をユーラシアプレートから切り離したのです。

ところで、関東地方を境に東北日本と西南日本の地質

構造が全く異なっていることは、130年を超す本邦地質学最大の謎です。その詳細は、「東西日本の地質学的境界」として、GSJ地質ニュースに連載してきました(高橋, 2017b等)。地質学的不連続が関東地方に存在するであろうことは、日本の地質研究者にとっては常識ですが、だからといって、関東地方にプレート境界が存在すると主張する研究者は一人もいません。プレート境界であると主張するには、帯状に発生する地震活動など、それなりの根拠が

必要だからです。このように、日高山脈を境に明瞭な地質学的不連続も、関東地方に存在しなければならない地質学的不連続も、現在のプレート境界とは直接関係のない、過去の地殻変動による物質境界(地質学的境界)と考えられているのです。

さて、1983年に“日本海東縁プレート境界仮説”が提唱されて以降、本州の中央部は、ユーラシア、フィリピン海、太平洋、そして北アメリカプレートが会合する場所といわれるようになりました。大きな地震が起こると、テレビや新聞等で「4つのプレートが複雑に関係する関東地方の・・・」と解説されるのは、そのような事情からです。そして、被害地震が発生するたびにマスメディアが大きく取り上げ、いつの間にか4つのプレート説が一般常識となりました。ところが、これで日本列島を含むこの地域のプレートテクトニクスの枠組みが、解決したわけではありません。というより、日本列島を取り巻くプレートの枠組みに関しては、それ以降、科学的思考が停止してしまったという方が正しいのかもしれませんが。

2004年の新潟県中越地震など日本海東縁で規模の大きな内陸地震が発生すると、なぜそのような大きい地震が起こったのか、多くの人は関心を示します。その都度、「その場所は、プレート境界だから。」と説明されるようになりました。しかし、そもそも地震が多発するのでプレート境界と解釈したのです。ですから、これはあまりにも単純な言葉の置き換え、すなわち同語反復(tautology)です。「なぜ？」については誰も答えることなく、地震活動の原因を“プレート境界”という言葉に責任転嫁して、既に30年以上が経過してしまいました。

そのような状況を横目で見ながら、日本列島の地殻変動の原因と格闘していた私は、あるとき、偶然にその理由を目の当たりにしました。それが、今回紹介する地殻変動アナログ模型なのです。地殻変動の原因に関する論理的説明を理解するためには、地質学的、そして地球物理学的知識が不可欠で、さらに知識だけでは理解できないことがあることは何度も経験してきました。その説明をする前に、まずアナログ模型を製作し、実際に動かして地殻変動の因果関係を体感することが、理解するためには最も確実な手順なのです。それでは模型作りを始めましょう。

3. 準備

模型に必要な材料や道具は、どこでも簡単に手に入るものばかりです。図を印刷するための厚紙と割ピン、そしてホチキスです。厚紙からパーツを切り取るため、カッター

も必要です。割ピンはちょっと大きな文房具店かホームセンターの文具コーナーで買えます。手に入らなければ、“ねじりっこ(ビニールタイ)”でも代用できます。

まず、第3図に示した4種類の図(PDF:高橋, 2017c)を、産総研地質調査総合センターのホームページからダウンロードしてください。

[<https://www.gsj.jp/researches/openfile/openfile2017/openfile0644.html> (2017年12月24日確認)]

ダウンロードしたら、それぞれの図を厚さが0.16~0.20mmの厚紙に印刷します。用紙はA4サイズで、拡大・縮小せずに印刷してください。レーザープリンターで印刷する場合、手差しの方が紙詰まりしにくいようです。

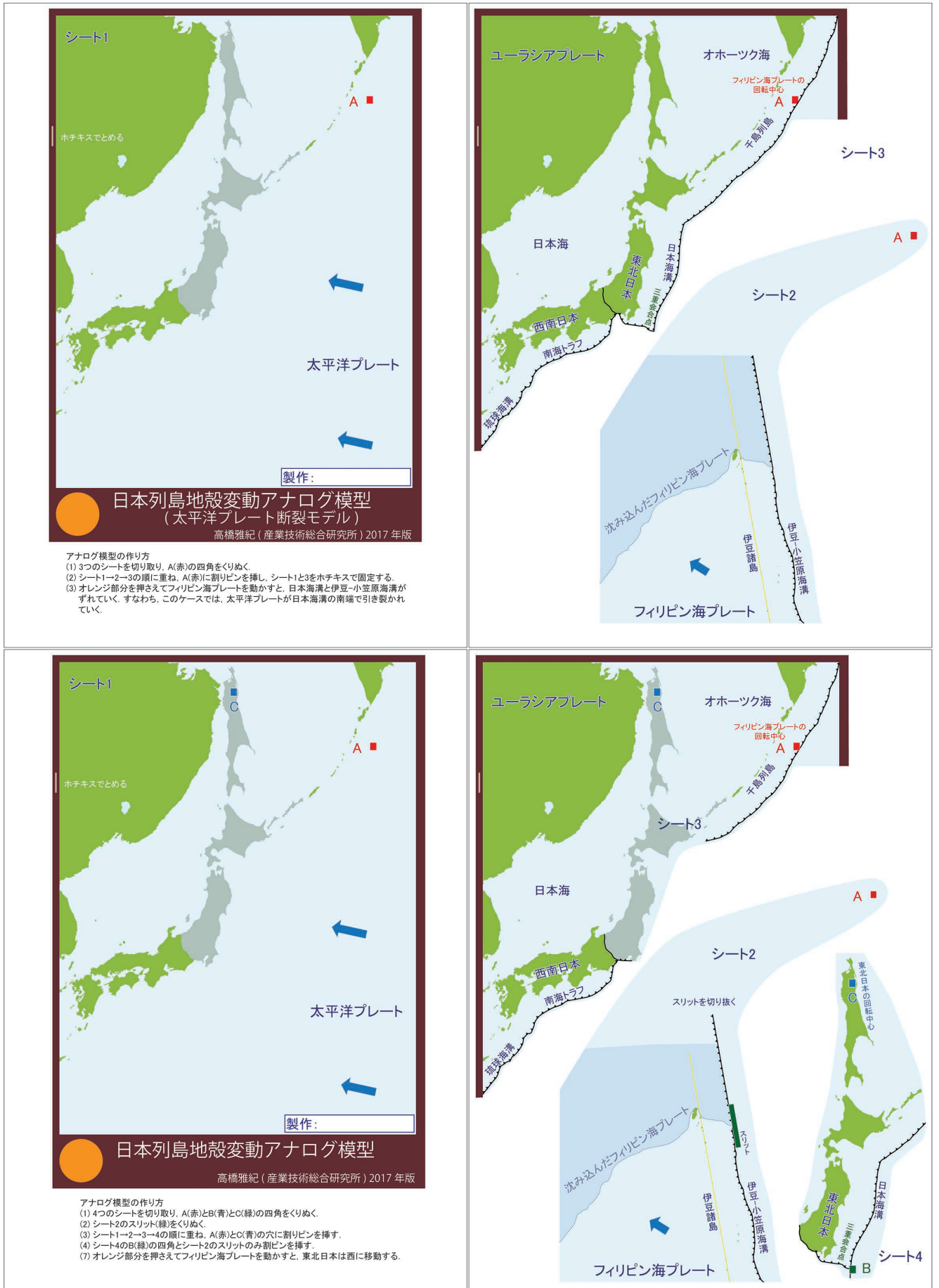
4. 太平洋プレート断裂模型

まず、製作が簡単な太平洋プレート断裂モデルから作ってみましょう(第4図)。印刷した厚紙から、着色されたシート1~3をカッターで切り抜きます(第5図のA,C)。つづいて、赤文字でAと書かれた赤色の四角い部分を切り抜きます(第5図のB)。そして、シート1の上にシート2とシート3を順に重ね、赤文字Aのくりぬいた穴に上から割ピンを挿し、シート1の下(裏側)で割ピンを広げます(第5図のD)。最後に、白線で描かれた目印部分をホチキスで留めれば完成です(第5図のE)。

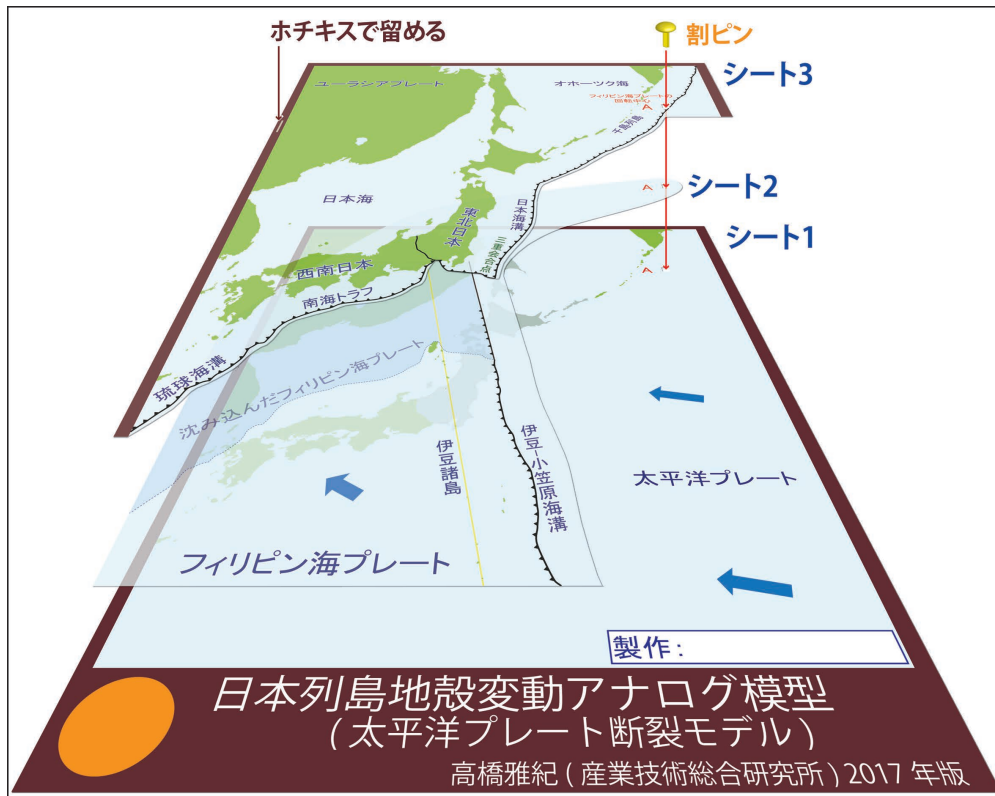
この太平洋プレート断裂模型は、東北日本と西南日本が変形しないひとつの大陸プレート(ユーラシアプレート)に帰属すると仮定した場合を再現します。フィリピン海プレート(シート2)は、北海道の北東方に位置する回転軸(Seno *et al.*, 1993)を中心に、100万年でおおよそ1度の回転角速度で時計回りに回転しているので、その場所に割ピンを挿したわけです。

それでは、実際に厚紙模型を動かしてみましょう。最初に、日本海溝の南端と伊豆-小笠原海溝の北端が一致するように、フィリピン海プレートの位置を調整します(第5図のF)。これが、日本列島周辺の現在のプレート配置です。実際に、模型の左手前を左手で押さえ、右手でフィリピン海プレートを時計回りに回転させてみましょう。北海道の北東方に位置しているフィリピン海プレートの回転軸は、南海トラフから見ると北東方にあるので、西南日本に対してフィリピン海プレートは北西に沈み込んでいくことが分かります。

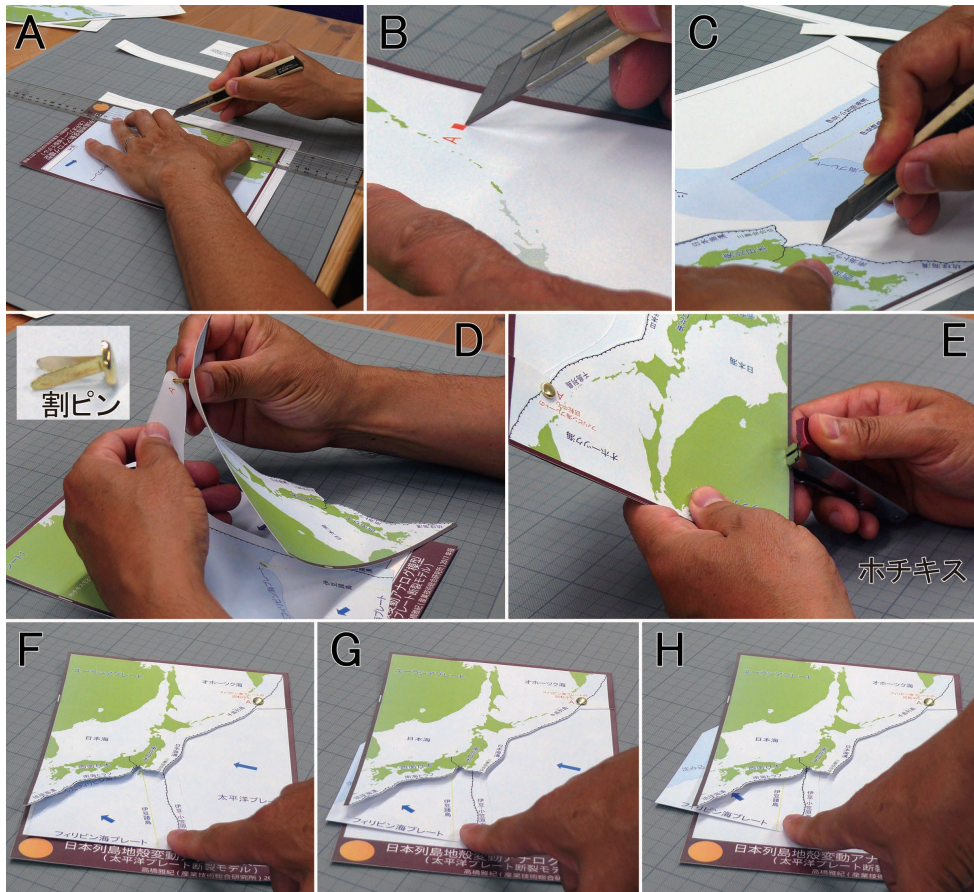
さらに、フィリピン海プレートを時計回りに回転させてみましょう。すると、日本海溝と伊豆-小笠原海溝がずれていってしまいます(第5図のH)。その結果、日本海溝



第3図 日本列島の地殻変動を再現する厚紙模型キット。それぞれは、A4 サイズ。



第4図 太平洋プレート断裂模型の組み立て方.



第5図 太平洋プレート断裂模型の作り方.

と伊豆-小笠原海溝の間は、トランスフォーム断層が成長していくことになります。このことは1969年に既に指摘(McKenzie and Morgan, 1969)されていて、プレートテクトニクスに関するほとんどの教科書に書かれています。

ここで、海溝型三重会合点周辺のプレートの関係を、三次元で考えてみましょう。プレートがこのような配置になるためには、太平洋プレートがトランスフォーム断層に沿って切断されなくてはなりません(第6図)。そして、仮に300万年間このような運動が続くと、日本海溝と伊豆-小笠原海溝のずれ、すなわちトランスフォーム断層の長さは数10 kmに達します。ところが、その間、太平洋プレートは10 cm/年の速度で西に動いているので、300 km移動してしまいます。ということは、太平洋プレートは300 kmにわたって切断されることになります。

ところが、日本列島に沈み込む太平洋プレートは、世界で最も古い海洋プレートのひとつで、長い期間冷却されてきたために厚さが90 km以上に達しています。また、冷たいので非常に固く、簡単に切断されるとは考えられません。実際、太平洋プレートの上面で発生する深発地震面(Nakajima *et al.*, 2009)は、海溝型三重会合点の周辺で連続的で、切断を示す段差は確認されません。すなわち、太平洋プレートは切断されない、言い換えるならば、日本海溝と伊豆-小笠原海溝は連続していくはずです。そこで、今度は太平洋プレートが切断されない模型を作ってみましょう。

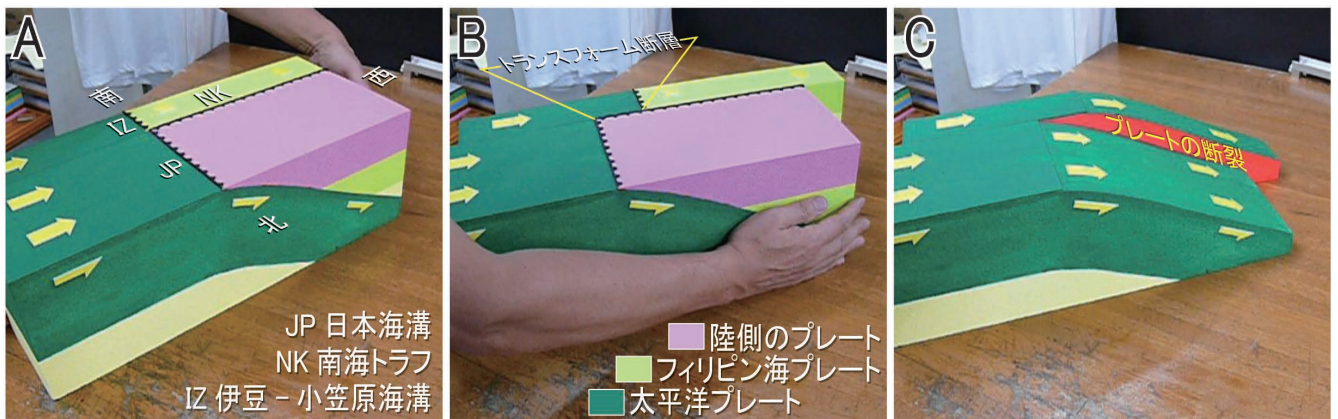
5. 日本海溝移動模型

作り方は先ほどの太平洋プレート断裂模型とおおよそ同じですが、パーツが増えて割ピンも3つ使います(第7図)。シートは4枚で、今回の模型は陸側プレートから東

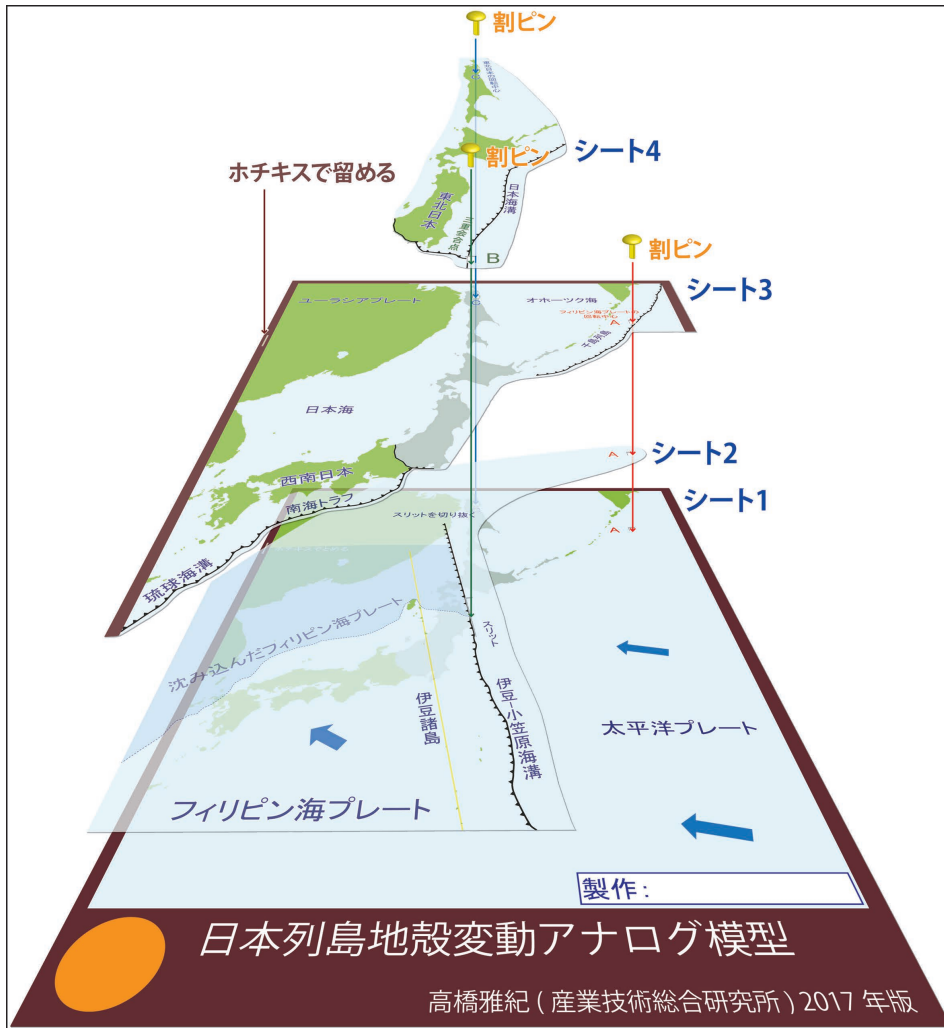
北日本を切り離れた点が大きな違いです。太平洋プレートが切断されないためには、日本海溝と伊豆-小笠原海溝がずれないように模型を作らなければなりません。日本海溝の南端が常に伊豆-小笠原海溝の上であれば良いので、まずシート2の伊豆-小笠原海溝に沿ってスリットを入れます(第8図のC)。そして、日本海溝の南端に割ピンを挿し、さらにスリットに通してピンを開けば、日本海溝と伊豆-小笠原海溝がずれることはありません(第8図のD、E)。

ところが、日本海溝の南端が固定された陸側プレートのシートにあると、日本海溝の南端を通してスリット越しに割ピンを挿しても模型は動きません。フィリピン海プレートの運動に伴ってスリット(伊豆-小笠原海溝)は西に移動しますが、日本海溝の南端は動けないので模型は動かないのです。そこで、今回の模型では、東北日本を切り取ったわけです。日本海の東縁で東西方向に押されて内陸地震が多発するのは、東北日本と日本海側の地殻が収束していることを表しています。つまり、東北日本は日本海側とは別個の運動をしているので、陸側プレートから切り離しました。その結果、日本海溝の南端は、動くことが可能になります。

まず、切り取った東北日本(シート4)の日本海溝南端の穴に上から割ピンを挿し(第8図のD)、さらにフィリピン海プレートのシート(シート2)のスリットに通してピンを開きます。このとき、スリットに沿って2枚のシートがサクサク動く程度に、割ピンを軽く広げてください。これで、日本海溝と伊豆-小笠原海溝がずれることはありません。つづいて、大陸側のプレート(シート3)をフィリピン海プレート(シート2)と東北日本(シート4)の間に挟み、3枚のシートをシート1の上に置きます。その重なるのまま、フィリピン海プレートの回転軸に割ピンを挿



第6図 海溝のずれにともなう太平洋プレートの断裂を示すアナログ模型。



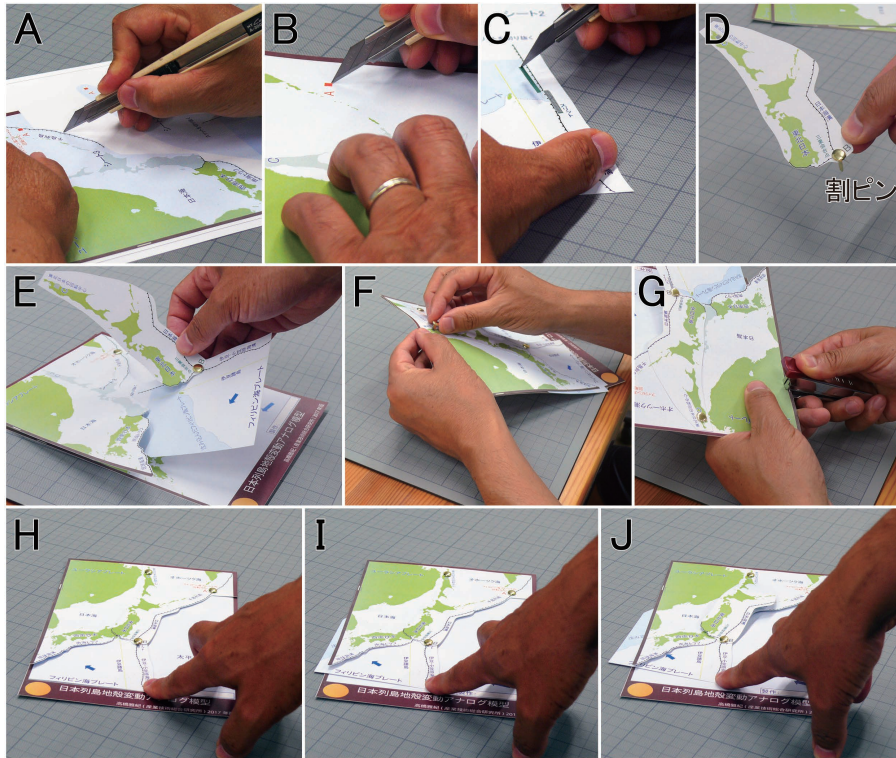
第7図 日本海溝移動模型の組み立て方。

します(第8図のE)。一方、ユーラシア大陸に対する東北日本の回転軸は、サハリン北部のオハ付附近に位置していることが明らかにされています(Wei and Seno, 1998)。そこで、青文字でCと書かれた穴に割ピンを挿します(第8図のF)。最後に白線で示された場所をホチキスで留めれば模型は完成です(第8図のG)。

それでは、完成した模型を動かしてみましょう(第8図のH～J)。フィリピン海プレートをその回転軸を中心に時計回りに回転させると、フィリピン海プレートは西南日本に対して北西向きに沈み込んで行きます。そして、フィリピン海プレートの東端である伊豆-小笠原海溝は、西に移動していきます。伊豆-小笠原海溝の北端と日本海溝の南端は、スリット越しの割ピンによって常に繋がっているため、伊豆-小笠原海溝が西に移動すると、連動するように日本海溝も西に移動します。東北日本の東縁が日本海溝なので、日本海溝が西に移動すれば東北日本も西に移動します。

ところで、日本海の基盤は固いマントル(リソスフェア)なので、西に移動した東北日本は行く手を阻まれてしまいます。その結果、東北日本の島弧地殻は東西に短縮せざるを得ません。東西短縮する東北日本の地殻は、南北方向に延びる多数の逆断層によって地形的起伏が成長します。逆断層に挟まれたブロックのうち、隆起するブロックは山地となり、相対的に沈降する場所は山間盆地になります(第9図)。現在の東北日本の大地形は、このように東西短縮地殻変動によって形成されているのです。その地殻変動に伴う一回一回の逆断層運動が、内陸地震を引き起こす活断層の運動です。

このように、日本列島で現在進行中の東西短縮地殻変動は、西に移動する日本海溝の移動により引き起こされています。日本海溝の移動はフィリピン海プレートの運動によって引き起こされているので、日本列島の東西短縮地殻変動の原因は、これまで考えられていた太平洋プレートではなく、フィリピン海プレートの運動なのです。



第8図 日本海溝移動模型の作り方.

6. おわりに

今回紹介したアナログ模型が、実はサイエンスの難問を紐解く鍵になるとは誰も思わないでしょう。私自身、当時は研究に行き詰まっていた、藁にもすがる思いでアナログ模型を作り始めました。もちろん、周囲の研究者は呆れていました。でも、私には、他に手立てがなかったのです。

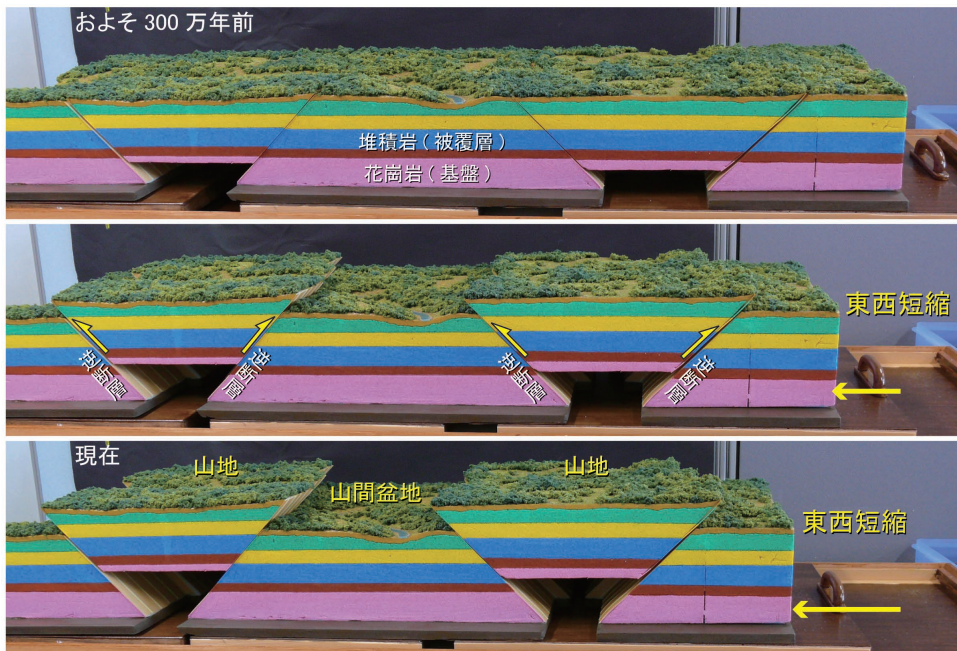
実際に試行錯誤を繰り返しながら模型を作り、あるとき偶然、壊れずに動く模型が完成しました。その時は本当に驚きました。地質学でも地球物理学でも全く解けなかった難問の解答を、模型がいとも簡単に再現したのですから。「三重会合点で太平洋プレートが切断されない」という条件と、「フィリピン海プレートが現在の運動を行う」という2つの制約条件を満足する模型を作ったら、東北日本は必然的に西に移動する。その結果、東北日本の島弧地殻は東西に短縮せざるを得ない。気がついてしまえば、あまりにも当たり前のことなのですが、地質学でも地球物理学でも、半世紀以上に亘って解けなかった難問だったのです。

では、なぜアナログ模型で解くことができたのでしょうか。地球は丸いので、球面幾何学的に計算するためには、通常はコンピューターを用います。コンピューター上では様々な条件を変えて調べることができるので、非常に効率的です。ところが、この“効率”がときどき悪さをするの

です。

効率とは、目的地まで最短で到達することをつねに意識します。ところが、何かの謎を解くと言うことは、当初から明確なルート(通り道)が分かっているわけではありません。謎が解けた瞬間、通過してきた道のりが目的地までのルートであったことが分かるのです。言い換えるならば、到着するまで、目的地までのルートが分からないのです。だから、目的地までの明確なルートを設定することも、効率的なルート計画を立てることも、謎を解くことが目的ならばあり得ないのです。目的地まで直線定規で線を引いたからといって、それが目的地までの最短ルートであるわけではない。それどころか、目的地まで、そのルートが繋がっている保証もないのです。

それでは、研究者の多くは、どのように目的地までの最短ルートを設定しているのでしょうか。それは、最初から到達可能なゴール(到達目標)を設定し、少しでも早くそのゴールに辿り着くことが目的となっているのです。だから、研究計画も研究の効率化も可能になるのです。例えば、「5年後に、全く新しい学説を発表します。」などといった目標を立てられると思いますか?これまでに解けなかった難問を解くこと、あるいは、今まで存在していない全く新しいアイデアや視点を導き出すことなどは、そもそも研究計画を立てることなどできるはずがないのです。あちこ



第9図 逆断層運動によって形成される東北日本の大地形を再現したアナログ模型。

ち右往左往しながら、誰かが偶然に見つけるようなものなのです。効率化とは、想定内のゴールがあってこそ可能なのです。

では、今回なぜひとつの難問が解けたのでしょうか。それは、アナログ模型を用いて試行錯誤したことが、大きな要因でした。地球も模型もどちらもアナログなので、本質を再現しない限り、模型は動かないか壊れてしまいます。制約条件のもとで動く模型を完成させることが、実は何が本質であるのかを探ることでもあったのです。

もうひとつ、アナログ模型には大きなアドバンテージがあります。難しい数式を一切使わず、子供でも興味を引くことはもちろんですが、物事の本質を理解する際には、デジタルよりも圧倒的に分かりやすいのです。デジタルなら研究者の頭の中の世界を、高精度のコンピューターグラフィックスとして表現することが可能です。ところが、もともとそのような概念を持っていない人がいくら映像を見ても、何が原因でどのようにしてそのような結果に至ったのか理解できません。実際、このアナログ模型と同じ内容を、三次元幾何学的に計算したコンピューターグラフィックスとして研究者に見せても、彼らは“なぜ”については理解できませんでした。それには、以下の理由が考えられます。

ここで、もう一度、日本海溝移動模型を見てみましょう。この模型を動かすと、

- ① フィリピン海プレートが北西に移動する。

- ② 東北日本が西に移動する。

- ③ 日本海の東縁で東西短縮地殻変動が発生する。

という3つの事象が同時に起こります。それは、コンピューターで計算し、モニターに表示しても同じです。ここで、3つの事象を使って因果関係を表すような文章を作ると、組み合わせは $3 \times 2 \times 1$ なので六通りの文章ができます。例えば、「②東北日本が西に移動すると、①フィリピン海プレートが北西に移動するので、③日本海の東縁で東西短縮地殻変動が発生する。」とか、「③日本海の東縁で東西地殻変動が発生すると、①フィリピン海プレートが北西に移動するので、②東北日本が西に移動する。」などなど。

ところが、実際の模型を手で動かしてみると、「①フィリピン海プレートが北西に移動すると、②東北日本が西に移動するので、③日本海の東縁で東西短縮地殻変動が発生する。」ことを、誰もが目の当たりにします。そして、理由が分からなくても、目の前で起こった現象をまずは受け入れます。つづいて、どのようなメカニズムで、日本海の東縁で東西短縮地殻変動が発生するのか理解を試みます。ところが、研究者はもちろん学術雑誌の編集者は、理解できないことは受け入れないので、いくら論文を投稿しても受付番号すらもらえなかったのです。

研究者でもコンピューターグラフィックスだけで理解するのはかなり難しいですが、実際にアナログ模型を自分の手で動かせば、中学生でも容易に理解できます。そして、

原因(真犯人)がフィリピン海プレートの運動であることを納得します。因果関係を理解したから納得するのです。相関関係ではなく、因果関係が即座に理解できる。それこそが、コンピューターグラフィックスとアナログ模型の最も大きな違いです。このように、体験は理屈よりも説得力があります。あるいは、理屈は体験によって得た視点を、論理的に理解するための手順といえるかもしれません。

さて、この模型がきっかけとなって、私の研究スタイルは実験から工作へと大きく転換しました(第10図)。言葉を換えれば、足りない頭(脳)を手足で補う作戦に変更したのです。その結果、これまで全く解けずお手上げだった難問が次々と解決しました。そのひとつひとつをステップを踏みながら、少しずつお話していきたいと思っています。



第10図 思考実験に必要なアナログ模型の製作の様子。

文 献

小林洋二(1983) プレート“沈み込み”の始まり. 月刊地球, 53, 510-518.

McKenzie, D. P. and Morgan, W. J. (1969) Evolution of triple junction. *Nature*, 224, 125-133.

宮川歩夢・小松原純子・佐藤雅彦・宇都宮正志・伊藤 剛・長森英明・高橋雅紀・井本由香里・川邊禎久・斎藤 眞(2017) 第24回GSJシンポジウム「ようこそジオ・ワールドへ」. GSJ地質ニュース, 6, 261-267.

Nakajima, J., Hirose, F. and Hasegawa, A. (2009) Seismotectonics beneath the Tokyo metropolitan area, Japan: Effect of slab-slab contact and overlap on seismicity. *Jour. Geophys. Res.*, 114, B08309.

中村一明(1983) 日本海東縁新生海溝の可能性. 地震研彙報, 58, 711-722.

Seno, T., Stein, S. and Gripps, A. (1993) A model for the motion of the Philippine Sea Plate consistent with NUVEL-1 and geological data. *Jour. Geophys. Res.*, 98, 17941-17948.

高橋雅紀(2017a) サイエンスの舞台裏 - カリフォルニア湾の作り方 -. GSJ地質ニュース, 6, 181-189.

高橋雅紀(2017b) 東西日本の地質学的境界【第十話】待ち構えていた難問. GSJ地質ニュース, 6, 315-

331.

高橋雅紀(2017c) 日本列島の東西短縮地殻変動のメカニズムを再現したアナログ模型. 地質調査研究資料集, No. 644.

Takahashi, M. (2017) The cause of the east-west contraction of Northeast Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 68, 155-161.

Wei, D. and Seno, T. (1998) Determination of the Amurian plate motion. In Flower, M. F. J., Chung, S. L., Lo, C. H. and Lee, T. Y. eds., *Mantle Dynamics and Plate Interactions in East Asia*, Geodynamics Series, 27, 337-346, AGU, Washington D. C.



高橋雅紀(たかはし まさき)

群馬県出身。1990年に東北大学で博士号を取得後、1992年に地質調査所(現産総研)に入所。日本列島の成り立ちを研究。とっさに出た四字熟語は「身分相応」。写真は2017年10月に東京都日本橋で開催したジオ・サロンで、参加者に厚紙模型を使って説明しているところ。

URL: <https://staff.aist.go.jp/msk.takahashi/>

TAKAHASHI Masaki (2018) The back stage of the science -How to make paper model of the east-west contraction of Japan-

(受付:2017年11月20日)