

最新の技術を用いた過去の大地震の検証方法 — 1945年三河地震（M6.8）を例に —

高野 和友¹

¹国土地理院 地理地殻活動研究センター 研究管理課 （〒305-0811 茨城県つくば市北郷1番）.

国土地理院では、明治時代以降、全国で繰り返し測量を実施して、大地震に伴う地殻変動を明らかにしてきた。近年発生した大地震に関しては、全国的な観測施設が充実していることで研究が進んでいるが、何十年も前に発生した地震についての研究は、必ずしも進んでいるとは言えない。本研究では、1945年三河地震（M6.8）を例にとり、最新の知見を用いて、過去に発生した大地震の震源断層について詳細に再検討を行った。新たに求めた震源断層は、現在も継続している余震活動と調和的であり、他の観測事実から、この地域では同様な地震が繰り返し発生している可能性があることが分かった。

キーワード 三角測量, 三河地震, 大地震, 地表地震断層, 余震活動

1. はじめに

ひとたび発生すれば大災害を起こす大地震について、防災の観点から様々なアプローチが行われているが、その中でも、地震の発生メカニズムを理解することはきわめて重要である。そのためには多くの事例にあたることを求められる。国土地理院では、明治時代以降、全国で繰り返し測量を実施して、大地震によって広範囲に渡って生じた地面の動き（地殻変動）を明らかにしてきた。近年は、人工衛星から発信される電波を利用したGPS連続観測点が、全国に1200余点常時稼働し、全国的なGPS観測網（GEONET）によって、大地震に伴う地殻変動を明らかにすると共に、高精度の観測データによって、日々知見が得られてきている。

近年の地震に関しては、全国的な観測施設が日々充実していることで研究が進んでいるが、何十年も前に発生した地震についての研究は、必ずしも進んでいない。本研究では、1945年三河地震を例にとり、最新の知見を用いて、地震に伴う地殻変動を詳細に求め、地震動を発生させた原因である、地下で発生した岩盤のずれ（震源断層）を推定した結果について報告する。

2. 1945年三河地震（M6.8）と地震に伴う地殻変動

昭和20年（1945年）1月13日に、愛知県で内陸直下型大地震が発生した。三河地震と呼ばれるこの地震は、

死者2306名、住宅全壊7211戸、半壊16555戸という甚大な被害をもたらした¹⁾、地震発生に伴い、総延長約28kmにわたって地表地震断層（地下の岩盤のずれが地表まで到達した際に生じる地表でのずれ）が発生した¹⁾。

三河地震によって震害を受けた地域は、地震の発生後、地震に伴う地殻変動の調査および地震によって不整合が生じたと考えられる測地網の再構築を目的として、国土地理院によって三角測量（三角点の緯度経度や高さを決める測量）が実施された。国土地理院²⁾は、地震後の三角測量の結果に網平均計算を行い、当該地域の三角点の座標を再決定し、地震前の測量の計算結果と比較をして、地震に伴って発生した地殻変動を明らかにしている。これらの計算は、測量を実施した当時の技術で行われており、いずれも手計算で行われ、また計算量も多いため、一括で平均計算等が行われていないものもある。そこで、地震前後の測量共に、測量の観測値にまでさかのぼり、コンピューターを使用して、最新の知見を取り入れて再計算を行う。

(1) 地震前後の三角測量と再計算

この地域では、地震発生前の測量は1886～1887年に実施され、地震後は1955～1956年に実施された。地震前に実施された、明治時代の測量の計算結果は存在するが、これらは手計算で行われるなど、当時の技術で計算が行われている。そのため、当時実施された測量の観測結果を使用して、当該地域で網平均計算を行い、三角点の緯度経度を再決定した。地震後の測量についても、同様に行い、地震前の計算結果と比較して、地震に伴

って生じた地殻変動を求めた。

三角測量では、水平および上下方向の角度観測を行う。三角点の標高を決定するために上下方向の角度観測が行われているが、上下方向の観測は、一般に、光の屈折の影響を受けて、水平方向の測定に比べて精度が悪いことが知られている。そこで本研究では、水平方向のみの地殻変動を議論に用いることとし、上下方向の観測結果は使用しないことにする。

(2) 定常的な地殻変動の除去

遠州灘に面する静岡県から愛知県にかけての沿岸の地域（東海地方）では、海側プレートが陸側プレートに沈み込む影響を強く受けており、定常的に地殻変動が発生していることが知られている。地震前の測量は、地震発生の約60年前に実施されており、地震後の測量は、地震発生の約10年後に実施されている。そのため、地震前後の測量の結果を単純に比較した差には、これらの期間に発生した、定常的な地殻変動が含まれていると考えられるため、推定して除去する。ただし、地震後に関しては、三河地震そのものがこの地域の地殻変動を複雑にした可能性がある。そのため、地震後は、定常的な地殻変動も地震に伴う地殻変動に含めて議論を行うことにする。

地震前の定常的な地殻変動の推定については、GEONETの連続観測データを使用した。1998年1月から2000年1月に東海地方で定常的な地殻変動が継続して起きていたと仮定をして、GEONETの各観測点で推定を行った（図-1）。

GEONETは、日本全国に20~40kmの間隔で施設を設置した、世界でも有数の高密度な地殻変動観測ネットワークである。しかし、地震前後に測量が行われた三角点は2~10km間隔で点在しており、GEONETよりも高密度である。そこでIDW（Inverse Distance Weighted）法を使用して、GEONETの各観測点の定常的な地殻変動速度か

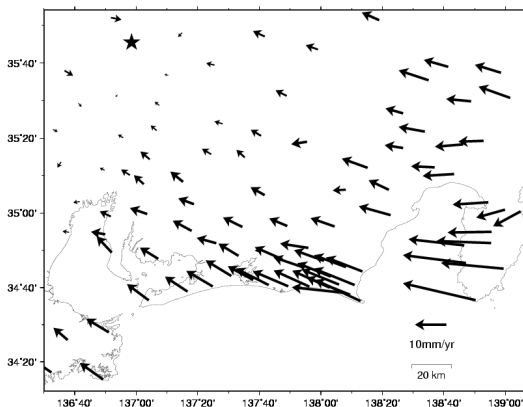


図-1 東海地方における定常的な水平地殻変動
(★：不動点)

ら、各三角点における定常的な地殻変動速度を推定し、前節で求めた、地震前後の計算結果の比較による変動量から除去した。

(3) 1944年東南海地震による影響

三河地震の発生約1ヶ月前に、紀伊半島沖を震源とする巨大地震（東南海地震・1944年12月7日・M7.9）が発生した。この地震で、静岡・愛知・三重県などでは死者・不明者1223名、住宅全壊17599戸、半壊36520戸という甚大な被害をもたらした。この地震に伴い、愛知県下では大きな地殻変動が発生していたと考えられており、三河地震に伴う地殻変動を考えたときに、この影響を無視することはできない。

東南海地震については、様々な研究がなされており、いくつもの震源断層モデルも推定されている。ここでは代表的な震源断層モデルを使い、東南海地震に伴う地殻変動を推定し、定常的な地殻変動同様に、三河地震の前後の測量の差から除去した。

(4) 再計算および補正後の地殻変動

地震に伴う水平地殻変動について、国土地理院²⁾による従来の変動量と、再計算による変動量を比較したのが図-2である。従来の計算では、当該地域の全域に渡って数10cmの水平変動量が見られるが、再計算によって求めたものは、大きく変動した箇所は、地表地震断層周辺に限られ、地震に伴う地殻変動がより顕著になった。国土地理院²⁾による従来の計算では不動点とされた、当該地域東端部の三角点では、南西方向に数10cmの変動が検出された。

今後の解析には、この再計算によって求められた変動量を使って議論を行うことにする。

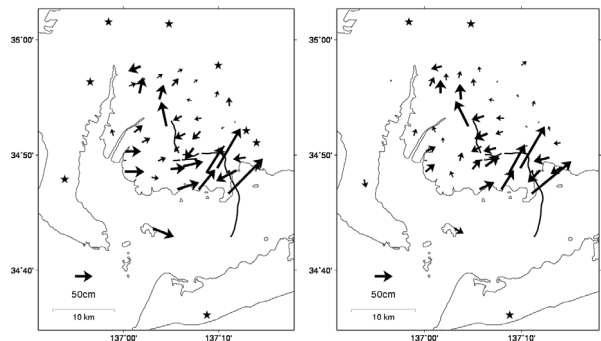


図-2 地震に伴う水平地殻変動（★印：不動点）
左：国土地理院²⁾による
右：再計算および補正による
(黒実線は地表地震断層の位置を示す)

3. 震源断層モデル

得られた地殻変動から、震源断層の推定を行う。三河地震では地震発生に伴い、明瞭な地表地震断層が現れたことが報告されている。この地表地震断層は、大きく見て2ヶ所で折れ曲がる鉤状をしている。本研究では、震源断層を矩形で近似することにし、3枚の断層面を考える。地表地震断層は、震源断層が地表付近まで到達していたと考え、地表地震断層下に矩形断層の上辺がくるように3枚配置をした。

再計算して求めた水平地殻変動は、地表地震断層の北端北西部でも系統的な変位を示している。そこで、北部でも同様に地表付近まで震源断層が到達していたと考え、地表地震断層の北端北方向延長下にも、震源断層の存在を仮定して、解析を行う。

震源断層を推定には、再計算および補正によって得られた水平地殻変動を使用する。3枚の震源断層による理論的な水平地殻変動がなるべく一致するように、試行錯誤を繰り返した。求めた震源断層を図-3示す。震源断層は、便宜的に α 、 β 、 γ と名付け、今後はその呼び名を使用することにする。

地震に伴う水平地殻変動と、求めた震源断層による理論的な変動を比較したものが、図-4である。おおむね観測値を再現できており、推定した震源断層は妥当なものであると言える。

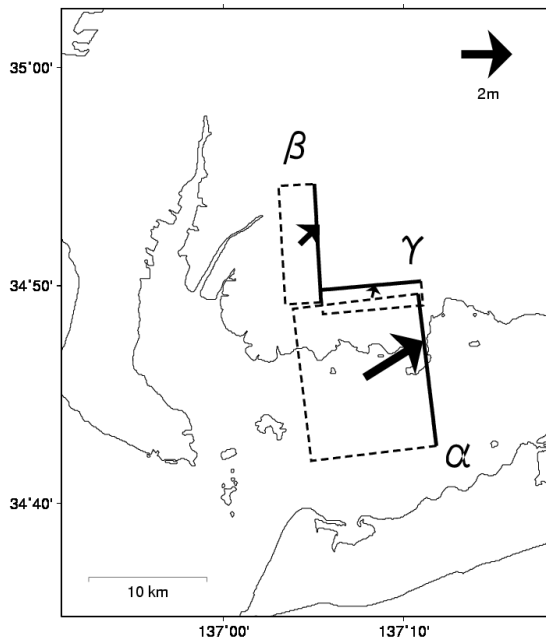


図-3 推定した震源断層
(黒矢印は断層のすべった方向と量を示す)
(α 、 β 、 γ は便宜的に付けた震源断層名)

4. 現在の地震活動との比較

宇津³⁾によれば、内陸地震の余震活動は、M7クラスの地震で80年程度と考えられている。そのため、地震発生から63年経過した現在でも、三河地震の余震活動は見いだせると考えられる。そこで、三河地震が発生した地域における現在の地震活動と、本研究で求めた震源断層の比較を行った。気象庁では、防災科学研究所や大学等の関係機関から地震観測データの提供を受け、気象庁のデータと合わせて、文部科学省と協力をして地震観測データを整理・分析している。ここではそのデータを用いて、当該地域で1998年1月～2007年12月までに発生した、マグニチュードが0以上かつ深さが20kmより浅い地震の分布図を作成した(図-5)。

現在の地震活動は、活発な箇所とそうでない箇所がある。そこで、推定した震源断層と深さ方向の関係を見るために、求めた震源断層のうち、震源断層 α および β を3次的に図で示したものが図-6である。図-5において、震源断層 α および β を囲む破線の矩形内の地震を深さ方向の断面で輪切りにして見たもので、いずれも図-5中の黒矢印方向から見たものである。図-6中の太破線は、それぞれの震源断層を描画したもので、矢印は震源断層を真横に見る方向を向いているため、一本線で見えている。この図より、現在の地震活動は、求めた震源断層の下部および下部延長下で活発であることが分かる。

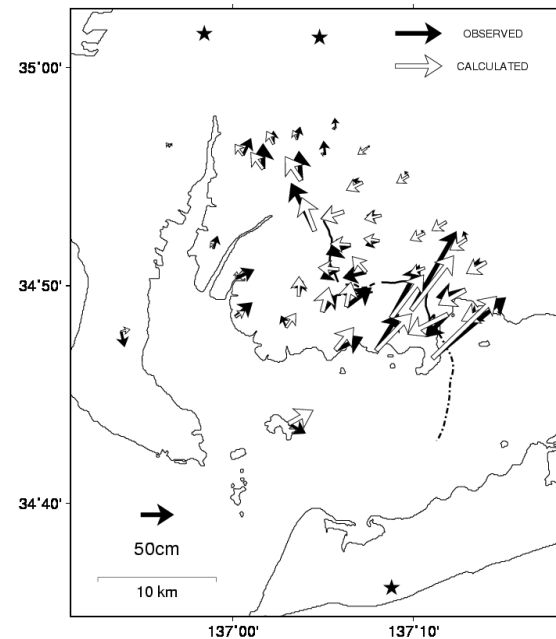


図-4 地震に伴う地殻変動と推定した震源断層から計算される計算値
(黒矢印：観測値、白矢印：計算値)

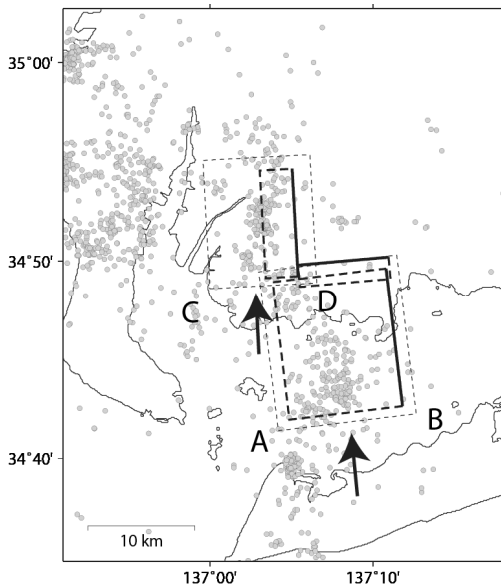


図-5 震源断層と現在の地震活動

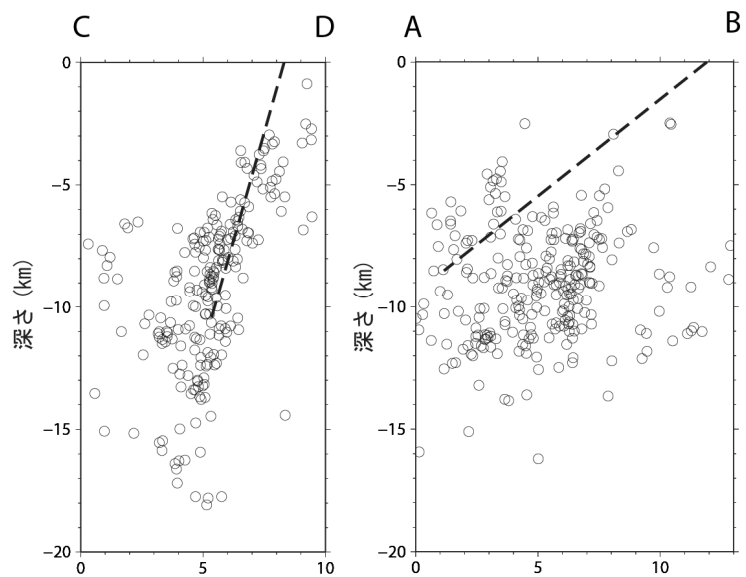


図-6 2領域における震源分布と震源断層の関係（深さ方向）
（左：震源断層β，右：震源断層α）

一般に、余震は大地震（本震）でずれ動いた震源断層の周りで発生すると考えられている。そのため、求めた震源断層は三河地震発生時に地下の岩盤が地震時に大きくずれ動いた箇所であると考えられ、震源断層下部および下部延長下では、現在も余震活動が継続していると考えられる。

地表地震断層ではトレンチ調査（断層を横切る溝を掘り、地層を調べる調査）も行われている。それによれば、三河地震発生に伴って現れた地表地震断層は、1万5千年～3万年前にも断層運動を起こしていた可能性が指摘されている⁴⁾。三河地震は繰り返し発生する可能性があり、その周期はおおよそ1万5千年～3万年で、また同じ断層面が大きくずれ動く可能性が高いと考えられる。

5. まとめ

1945年三河地震に伴って発生した地殻変動を、観測データにまで戻り、詳細に再検討した。地震に伴って発生した地表地震断層周辺に大きな変動量が得られ、これらの結果を使用して、震源断層を推定したところ、3枚の矩形断層で観測データをよく再現できることが分かった。地震に伴って発生した地表地震断層は、震源

断層が地表付近に到達していたと仮定をして行い、求めた震源断層と現在の地震活動を比べ、現在は、推定した震源断層面の下部もしくは下部延長下で地震活動が活発なことが分かった。これは地震時に大きくずれ動いた断層面の下部もしくは下部延長下では、現在も余震活動が継続していると考えられる。三河地震は繰り返し発生している可能性が考えられ、求めた震源断層は再度大きくずれ動く可能性が高い。

謝辞：本研究を進めるにあたり、小牧和雄国土地理院長、西村卓也研究官、宮本純一技官には、研究を進めるうえで有意義なご助言をいただきました。また、地震観測データに関しては、「気象庁・文部科学省が協力してデータを処理した結果」を使用しました。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 飯田汲事：昭和20年1月13日三河地震の震害と震度分布。
- 2) 国土地理院：三河震災地区二。三等三角復旧測量報告。
- 3) 宇津徳治：地震活動総覧。
- 4) 土木学会原子力委員会：原子力発電所の立地多様化技術（追補版）。