

電気探査による立川断層の比抵抗断面映像

角田清美・深谷 元・清水長正・市川清士・後藤憲央

はじめに

立川断層は武蔵野台地西部を、青梅市小曾木五丁目にある「岩蔵の大岩」から、瑞穂町箱根ヶ崎や立川市曙町を経て日野市落川まで延びる、延長約25kmの活断層である(図1)。

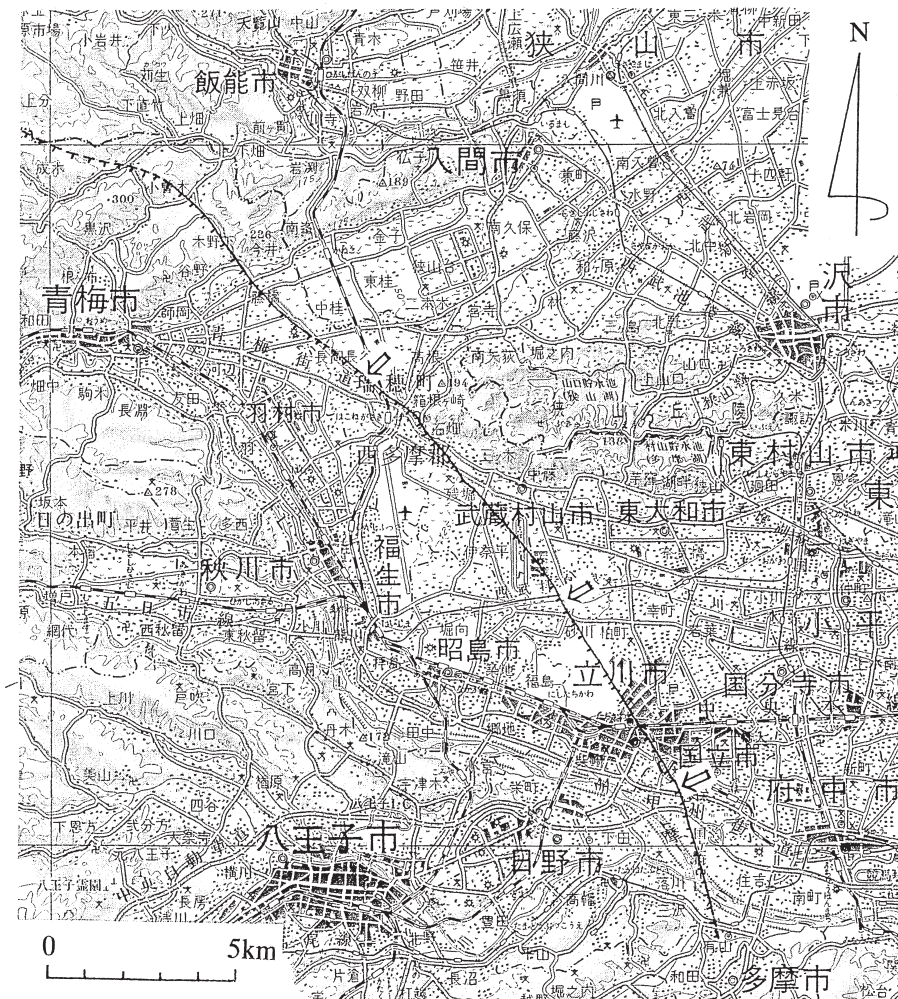


図1 立川断層の位置(「国土地理院1/20万『東京』より」) 矢印は電気探査断面位置

1975年に松田・羽田野(1975)によって、断層の存在が指摘されてから以降、すでに多くの調査・研究が行われている。それらによると、断層を境として、南西側に対して北東側が隆起している。その変位量は、前期更新統の飯能礫層から形成される加治丘陵では約35m、金子台面では6~8m、立川面では約5.8m以下、立川面では1.6~2.5mである(山崎,1978)。また、霞川が形成した沖積低地でのトレンチ調査によると、最新の活動期は今から1,300~1,400年前で、その変位量は50cm前後である(角田,1983)。これらの調査と前後して、重力探査やトレンチ掘削調査など多くの研究が行われ、それらの結果は(角田・立川断層研究グループ,1995)に総括されている。その後、角田(1998)は断層の北西部において、多くのボーリング柱状図を資料として、関東ローム層を除いた場合の立川断層の状態を明らかにした。

以上のこれまでに得られた資料では、立川断層の断層面や断層を横切る地下構造について明らかになっていなかった。この報告では、これまでの資料や現地調査などから電気探査が可能な場所を選定し、比抵抗映像法により立川断層の地下構造を推定することを目的とした。また別途、箱根ヶ崎におけるボーリング資料から立川断層の断面や変位時期などについて検討した。

． 比抵抗映像法による立川断層の探査方法

電気探査の比抵抗映像法は、地表に設定した測線に沿う地下の比抵抗(電気の流れにくさ)値の二次元分布断面を求める手法で、その断面映像から地下構造を推定することができる。従来、トンネルの事前調査としての探査結果として、断層破砕帯では300 m以下の低い比抵抗値が70%を占めることが知られている(災害科学研究所トンネル調査研究会,2001)。また、近年では活断層の探査にも使われている(中川・清水,1997)。

今回、立川断層で電気探査を行った地点は、瑞穂町箱根ヶ崎で2地点、立川市砂川三番、国立市青柳の計4地点である。各地点では断層崖に直交する方向に長さ69mの測線を設けた。また、測線上で電極間の3mごとの比高測量を行った。電気探査に使用した機器はアイリス社製SYSCAL KIDで、電極;24本、電極間隔;3m、測定方法;主にウェンナー法によったが、一部で二極法を併用した。断面映像への逆解析はRES2 DINVによった。

． 電気探査結果

1. 西多摩郡瑞穂町箱根ヶ崎(0406132断面/0406133断面/0406131断面)

地点は、JR八高線と国道16号線(瑞穂バイパス)が交わる地点から北西方向へ離れた、雑木林の中である。北西方向から延びて来た立川断層は、金子台面の南端に設けられた圏央道の青梅インターから南側では、立川面の地表面を変位させていない(関口ほか,1996,角田,1998)。再び地表面を変位させているのは、青梅インターから南方へ約2km離れた地点付近からで、

断層崖は緩やかな斜面で、南西側に対して北東側が相対的に高くなっている（図2）。付近の地形については、角田ほか（1994）に詳しい。

(1) 0406132断面(A断面)

鉄道線路を越える国道から北西方向へ、約770m離れた地点である。

断層崖の地表面の幅は約50m、比高は約2mで、注意をしなければ見落とすような緩い斜面（断層崖）である（49ページの図3-A）。

探査結果によると、北西側の上盤では地表面から深さ5.5m前後、南西側の下盤では深さ7.5mの位置に、青梅礫層と立川礫層の境界があると判断される。36.0地点の直下付近では、比抵抗値が小さい層が、画像の右下から左上へ、比高2m前後で突き上げているようにも見

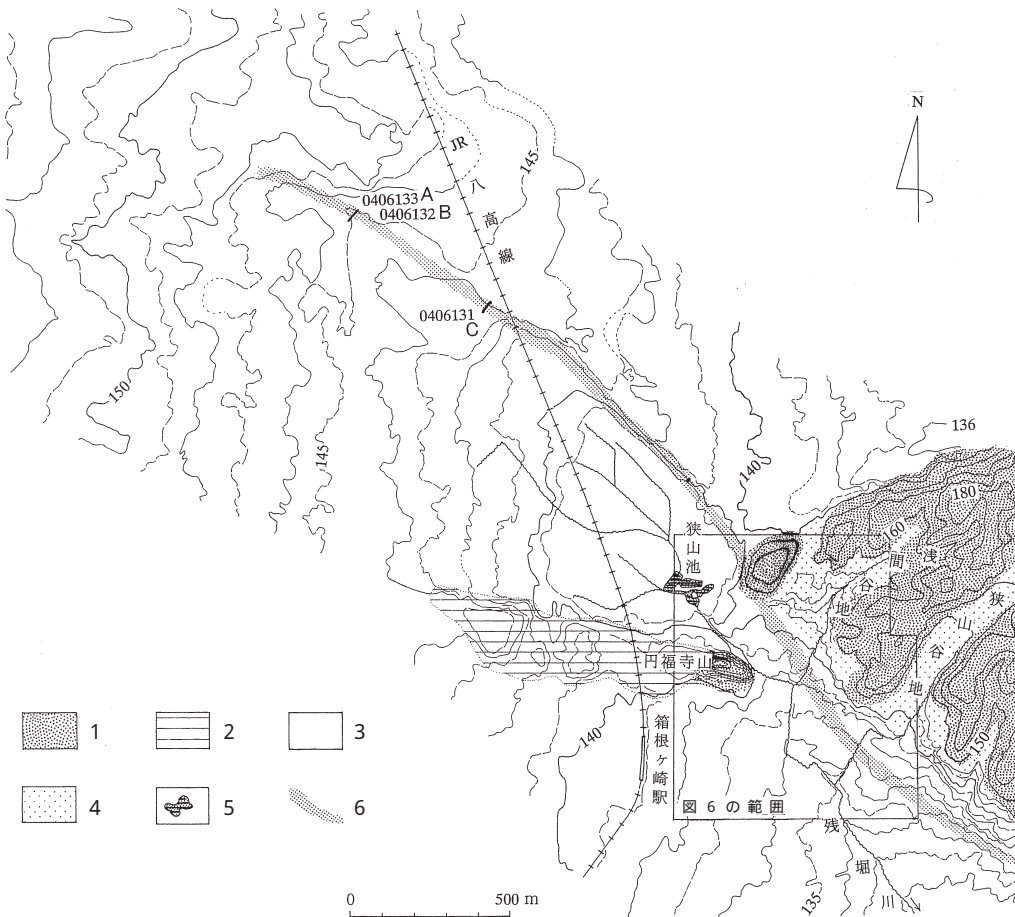


図2 東京都西多摩郡瑞穂町箱根ヶ崎付近の地形と立川断層の位置

1. 狭山丘陵 2. 武蔵野面 3. 立川面 4. 谷地 5. 池水面 6. 立川断層
 細い線は等高線で主曲線は2m間隔（丘陵地は10m間隔）

える。しかしながらこの映像からは、正断層なのか、あるいは逆断層なのかの識別はできない。

(2) 0406133断面(B断面)

この断面は、0406132断面と同じ測線位置で(49ページの図3-B)、二極法によってさらに深部まで探査したものである。二極法の測定にあたっては、69mの測線の中央部より南西側220mに遠電極C2、北東側280mに遠電極P2を設置した。これにより12m以深の映像が得られた。

青梅礫層と立川礫層の境界は起伏があり、撓曲しているようにも見えるが、0406132断面と同様、36.0地点の直下付近では起伏は非対称で、映像の右下から左上へ突き上げているように見えることから、逆断層と考えても間違いはないであろう。仮に逆断層だとすれば、傾斜角は40～45度と推定される。

(3) 0406131断面(C断面)

鉄道線を越える国道から北西方向へ、約230m離れた地点である。断層崖の斜面延長は約28m、比高は約2.4mである(51ページの図3-C)。

探査結果によると、地表面から深さ7m前後の位置を境として、比抵抗値の異なる層は大きく二分される。下位層は比抵抗値が低いことから、含水量が多く、電気を通し易い状態になっており、上位層は地表面から3m前後を中心に、横の帯状に電気を通し難い状態になっている。これまでの知見(角田, 1999)によると、付近の立川面を構成する地層は、基盤の上総層群を覆って青梅礫層と称される、厚い粘土混じりの砂礫層が堆積し、その上位に層厚1～5m程度の粗砂を充填物とする立川礫層があり、それらをATテフラ層を挟在しない関東ローム層が覆っている。これらのことから、下位層は粘土混じりの砂礫層である青梅礫層、上位層は立川礫層と関東ローム層と判断される。上位層のうち、表面の比抵抗値が小さい部分(層厚0.5～1.5m)が関東ローム層で、断層崖下では層厚2m前後と、いくぶん厚くなっている。

断層は崖のほぼ中央部で、比抵抗値が大きい部分が急傾斜になっている。図内の36.0地点の直下に位置していると判断される。映像では、撓曲崖のようにも見える。

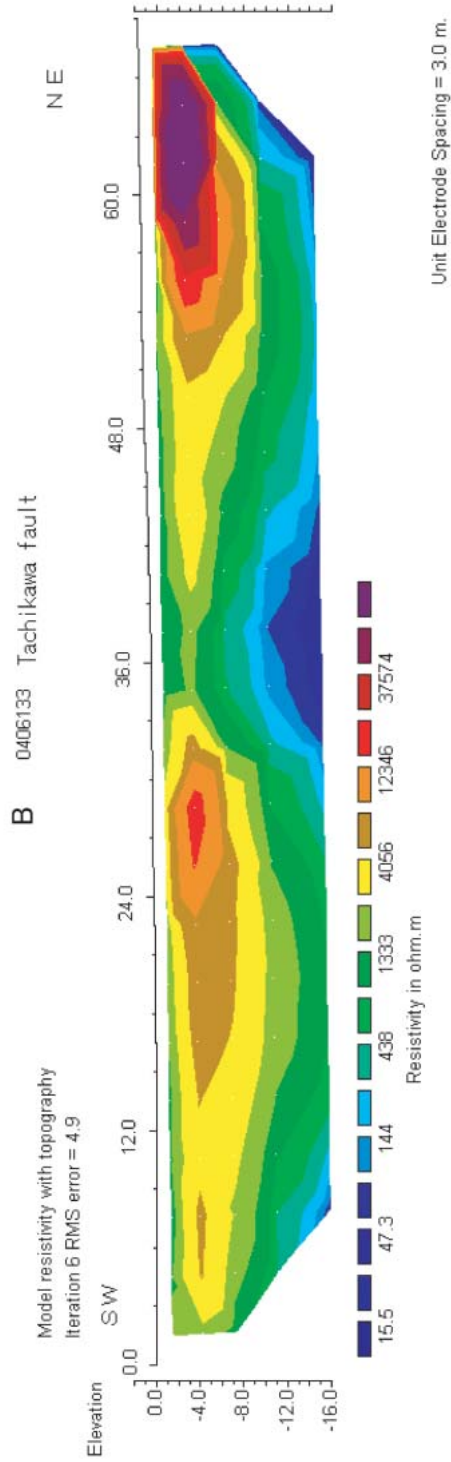
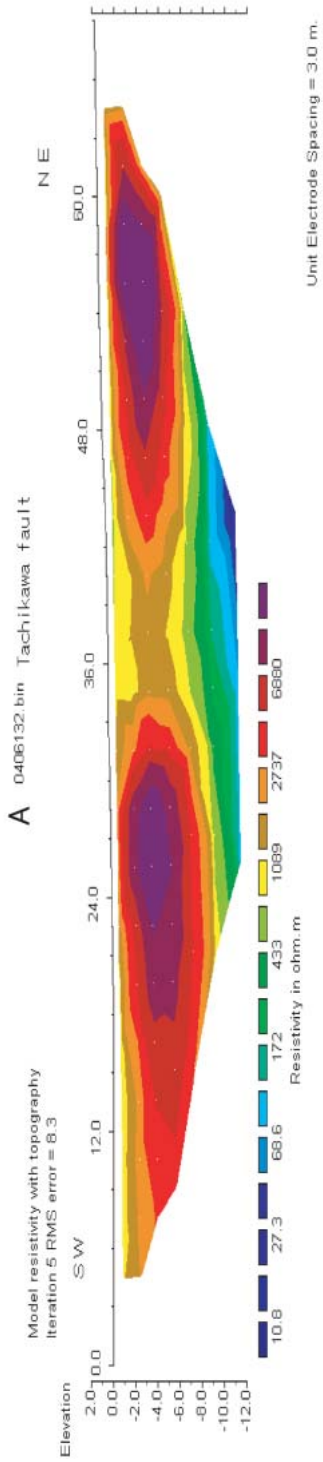


図3—A・B 箱根ヶ崎付近の立川断層の比抵抗断面映像

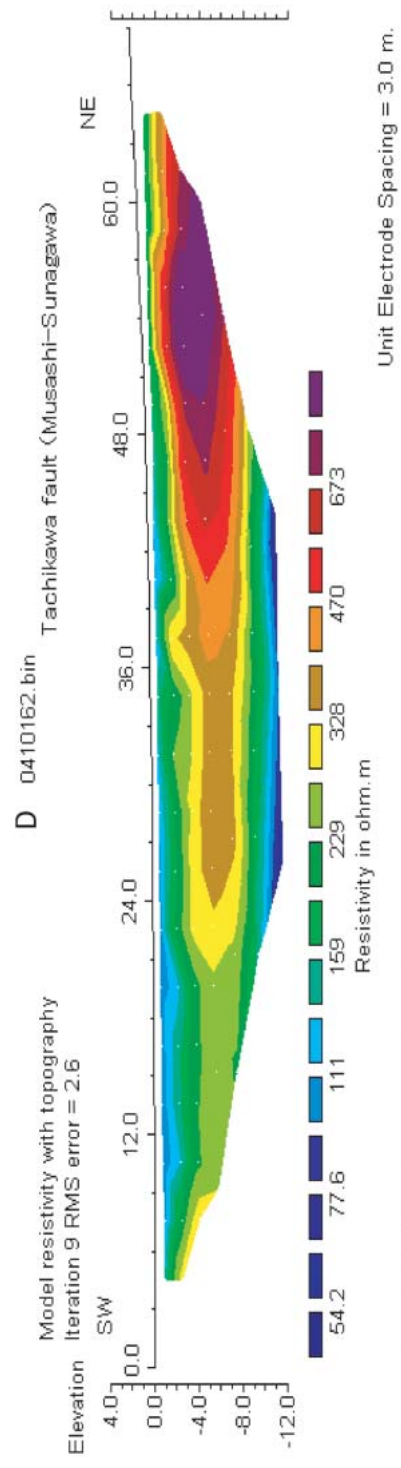
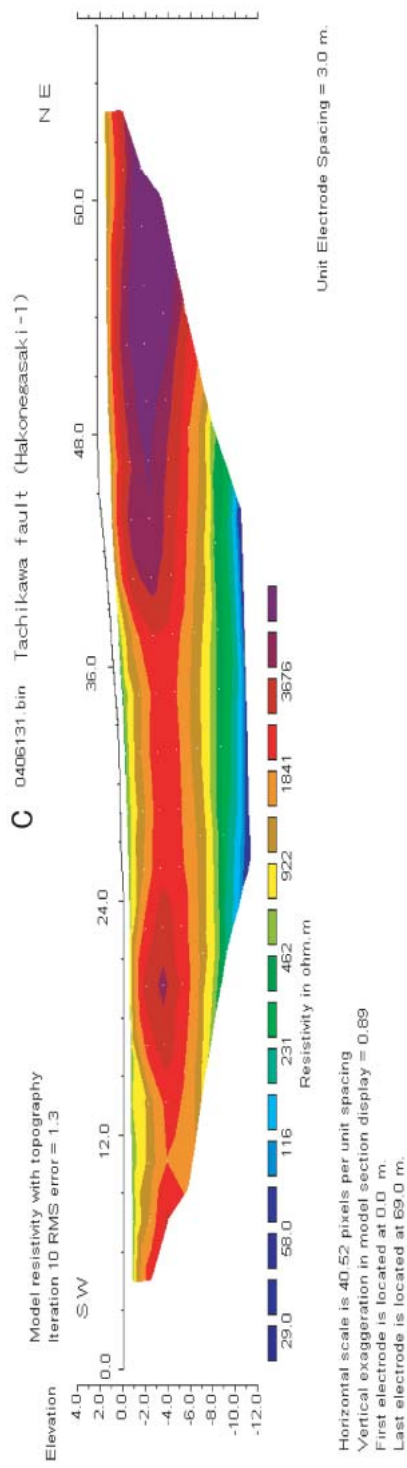
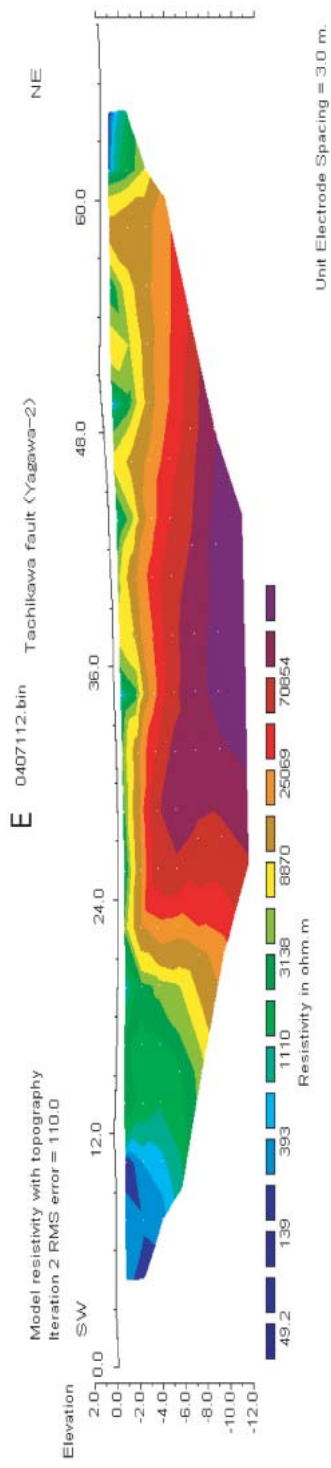
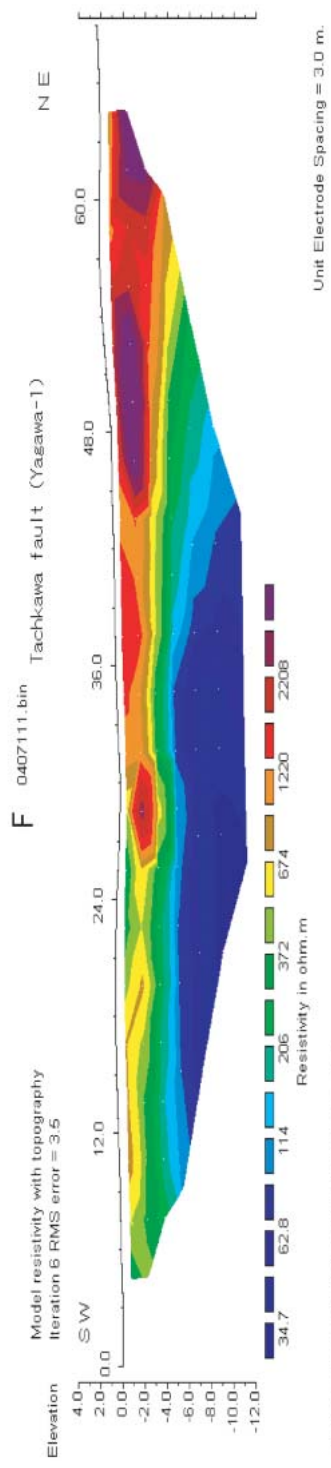


図3—C 箱根ヶ崎付近の立川断層の比抵抗断面映像

図3—D 立川市砂川三番の立川断層の比抵抗断面映像



Horizontal scale is 40.52 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 0.89
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 59.0 m.



Horizontal scale is 40.52 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 0.89
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 59.0 m.

図3-E・F 国立市青柳の立川断層の比抵抗断面映像

2. 立川市砂川三番 (0410162断面; D断面)

多摩川から引水された玉川上水の水路が、比高約3mの断層崖を横切るための屈曲部から北西方へ約50m離れた地点に位置し、土地利用は、造園業者の樹木畑である。断層崖の斜面長は約70m、比高は約3mで、測線は断層崖の中腹から下側に設けた(図4)。

地表面から9m前後の深さに、北東方向へわずかではあるが傾斜している、比抵抗値が大きく異なるゾーンがある(51ページの図3-D)。すでに述べたように、下位が青梅礫層、上位は立川礫層と関東ローム層であろう。立川礫層の底面はほぼ平坦だが、上部に起伏があるのは、樹木畑であるため攪乱されたためと考えられる。断層崖下の方が全体として比抵抗値が小さいのは、地下水を帯水しやすい状態になっているためなのであろう。

映像には左側起点より10~20m間に300 m以下の低い比抵抗値が表れていることから、断層は断層崖下端付近に位置しているようである。また、測線を右側(北東側)へ延長すると、そこに位置する可能性も残される。

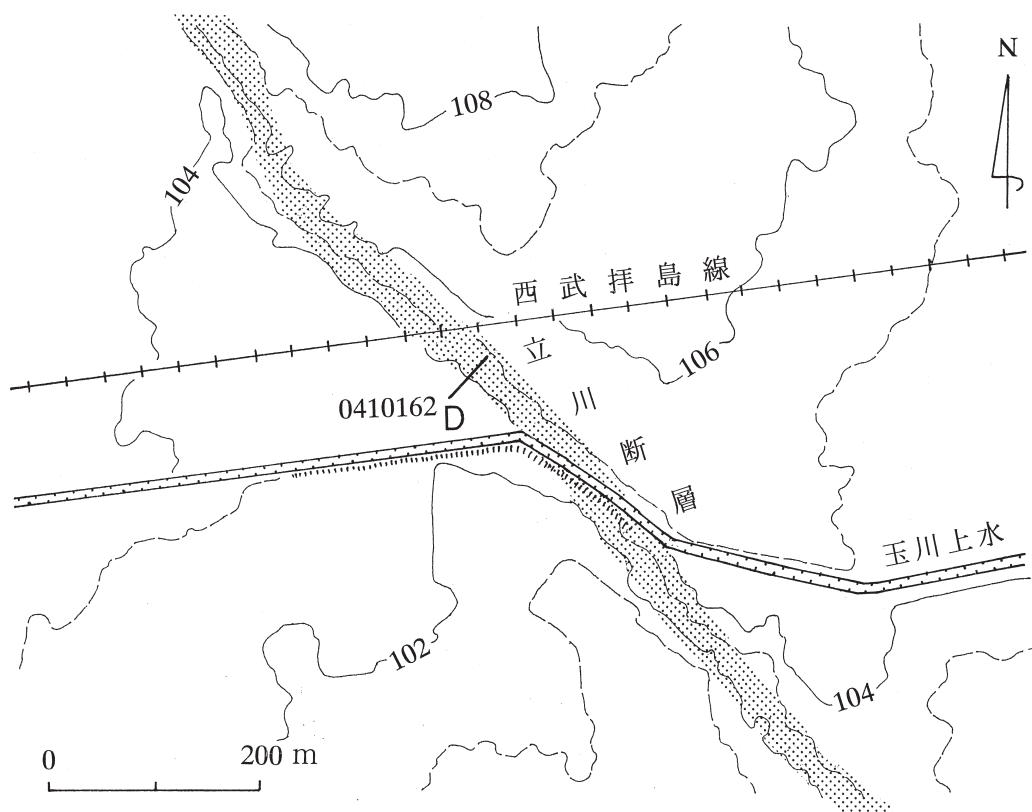
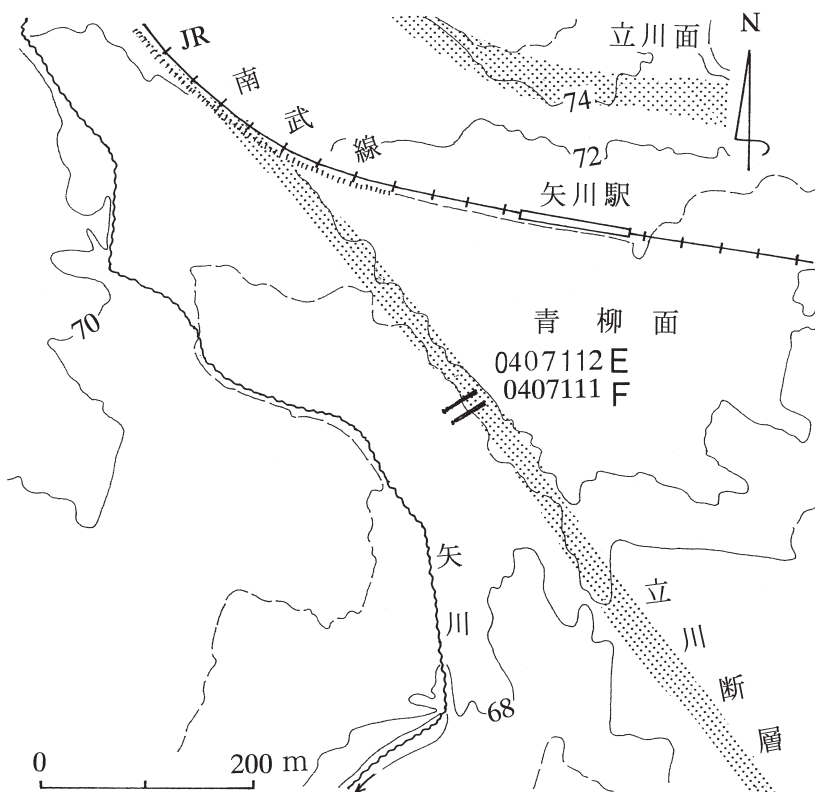


図4 立川市砂川三番付近の立川断層

砂模様は急斜面。図中の細線は等高線で、主曲線は2m間隔。数字の単位はm

3. 国立市青柳 (0407112断面 / 0407111断面)



JR南武線の矢川駅から南方向へ約200m離れた位置で、東京都(1999)がトレンチ調査を行った地点から東方へ約50m離れた、竹林の中(0407111断面)および、そこから北東にある竹林と畑地の境界部(0407112断面)の2測線で、両測線の間隔は20mである。周辺の地形は青柳面(立川面)で、断層崖から南方へ約100m離れた場所には、立川市錦町五丁目に源を発する矢川が、南東

図5 国立市青柳付近の立川断層

網模様は急斜面。砂模様は急斜面。図中の細線は等高線で、主曲線は2m間隔。数字の単位はm

方向へ流下している(図5)。

(1) 0407112断面(E断面)

断層崖の斜面延長は約40m、比高は約2mである(53ページの図3-E)。24.0地点付近を境として、右側(北東側)と左側(南西側)の地層の状態が大きく異なっており、右側の上盤が左側(下盤)に対して、大きくせり上がっているように見える。付近一帯の地層は、層厚1m前後の関東ローム層、その下位層厚2~3mの段丘礫層、さらに下位は上総層群であるが、この映像からは判断できない。なお、本測線での測定時に降雨があったため、電極を置いた地点を中心として表層部にV字状の抵抗値が相対的に小さい部分が現れている。

(2) 0407111断面(F断面)

断層崖の斜面長は約40m、比高は約2mである(53ページの図3-F)。

探查結果によると、12.0地点で地表面から深さ約2.5m、36.0地点で地表面から深さ約3m、

48.0地点で地表面から深さ5m前後の位置を境として、地層は大きく二分される。上位層は比抵抗値が大きいことから、含水量が少ない青柳段丘礫層、下位層は含水量が多い基盤層（上総層群）と推定される。基盤層の表面は北東方向へ向かって緩やかに傾斜し、地表面の傾斜とは逆になっており、断層の存在は把握できない。

4. 西多摩郡瑞穂町箱根ヶ崎におけるボーリング結果

すでに述べたように、狭山丘陵の西方では、北西から南東方向へ延びる立川断層は、立川面を垂直に2~2.5m変位させているが、丘陵の西南麓においても、以下のような、地表面を上下方向に1~2m変位させている資料を得た。

狭山丘陵の西南麓には、狭山池に源を発する残堀川が流れ、流路の南側には円福寺山と称される小丘がそびえ、その西側には武蔵野面が分布している。周辺の立川面と円福寺山山頂の比高は約15mで、円福寺山は三ツ木礫層と称されるシルト~砂~粘土混じり砂礫から成り、関東ローム層に覆われている。狭山丘陵地内は小河川によって侵食され、浅間谷地^{せんげんやち}あるいは狭山谷地と称される谷底湿地が分布している。これらの地形の南側一帯には立川面が広く分布し、立川断層は立川面を変位させている（図6）。

浅間谷地が武蔵野台地に出る付近は、緩やかな勾配の斜面であるが、細かく見ると2~3段の段丘地形になっている（図7）。これと、瑞穂町水道課および東京都建設局西多摩工事々務所のボーリング柱状図 ~ によって地形・地質断面を編集・整理してみよう。

上位の段丘面は三ツ木礫層の侵食面であるが、最下段の段丘面は層厚約4mの玉石混じり砂礫層とそれを覆う関東ローム層からなっていることから、立川面の一部である。その南側の平坦地には残堀川が流れ、さらに南側の立川面に続いている。柱状図 ~ によると、残堀川付近の地下には暗茶褐色粘土層の存在が記載されているが、1997~2000年ころの残堀川河道付替工事現場での観察によると、立川面を3~4m下刻した浅皿状の谷地形を、残堀川や丘陵地内からの小河川が運搬してきた腐植物を多く混じえる黒褐色粘土層が埋積している。東京都（1999）によると、当地点付近においては、下盤には褐色の関東ローム層は分布せず、段丘礫層の上位には厚さ1mの黒ボク土層が堆積している。これらから、全体としては図7のような断面になっていると考えて良い。玉石混じり砂礫層の基底面はほぼ平坦であることから、立川断層は北側の立川面と残堀川の境界付近に位置していると推定される。

なお、東京都（1999）は狭山池の北東端付近で、断層直下の位置（標高139.045m）において、深さ6mのボーリングを行ない、ここでの黒褐色粘土層と同時層である軟弱な湖沼堆積物の基底から採取した数個の資料から、22,000~17,500y.B.P.の年代を得ている。このことから、この付近において立川面を変位させた立川断層の最初の活動は、立川面が段丘化した22,000~17,500y.B.P.直後である。断層崖下に沿っては浅い皿状の凹地（残堀川）が形成され、そこに黒褐色粘土層が堆積し、数度にわたる断層活動によって、図7のようになったと推定される。

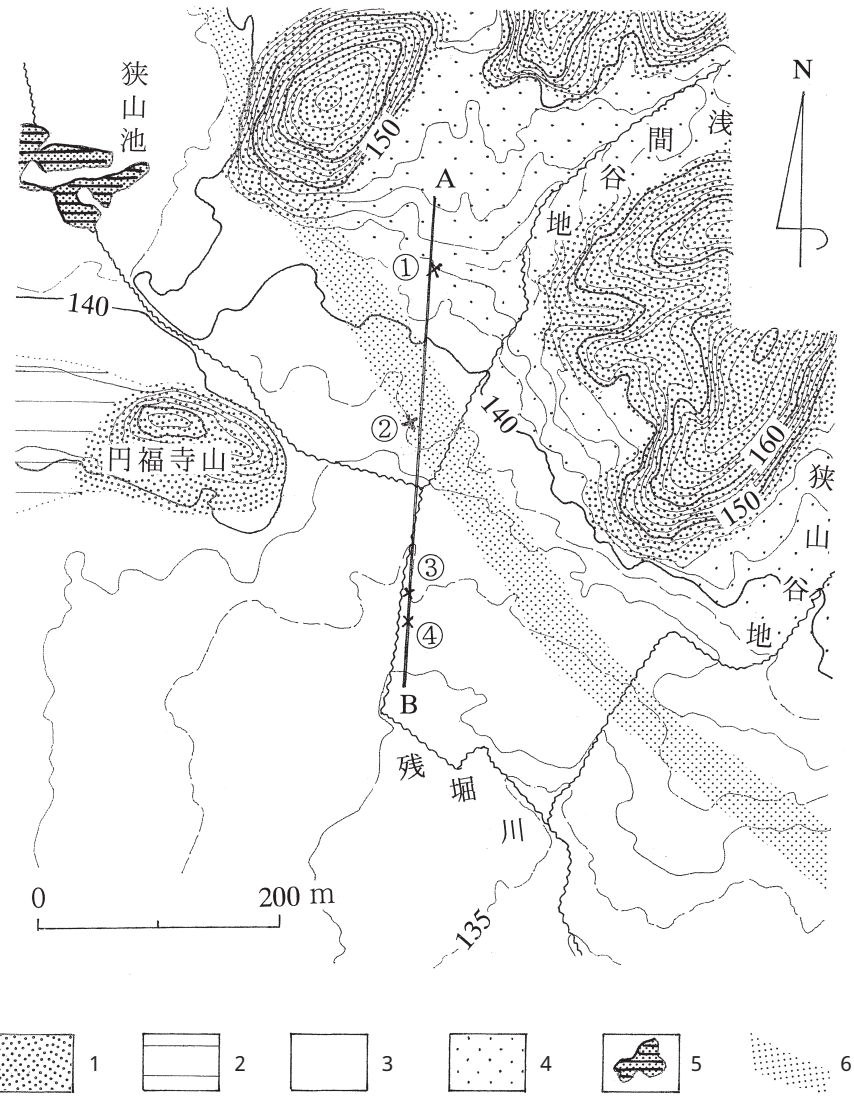


図6 箱根ヶ崎付近の立川断層

1. 狭山丘陵 2. 武蔵野面 3. 立川面 4. 谷地 5. 池水面 6. 立川断層
 細い線は等高線で主曲線は2m間隔。数字の単位はm。A・Bは図7の断面図の位置で、
 ~ はボーリングの地点 (は瑞穂町水道課, は東京都建設局西多摩工務所
 によるボーリング資料)

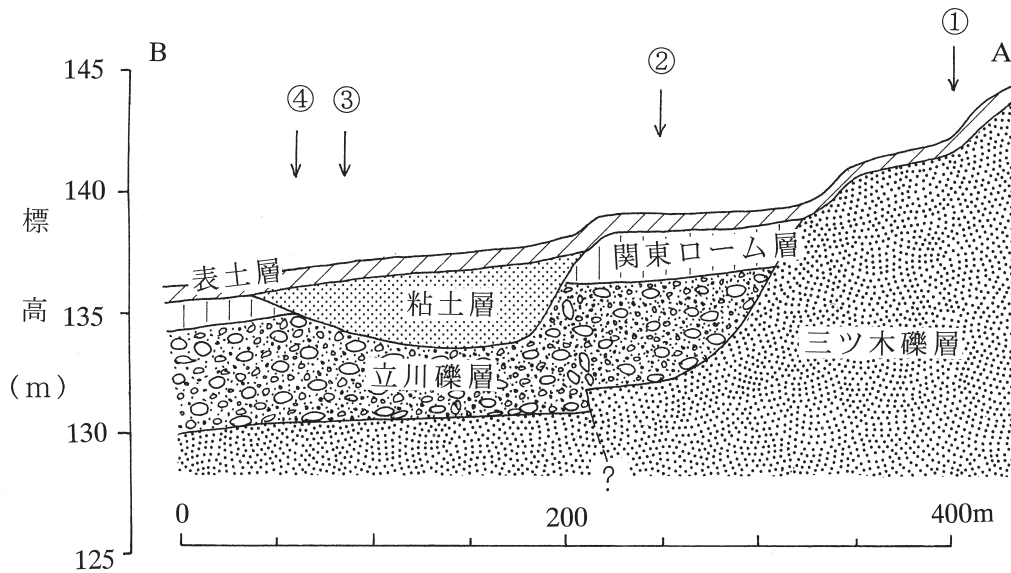


図7 箱根ヶ崎付近の地形・地質断面図

断面の位置は図6を参照。 ①～④はボーリングの地点および番号

まとめに代えて

従来の立川断層についての調査・研究は、主として地表面の観察、あるいは局地的なトレンチ調査やボーリング柱状図の検討であったため、ごく一部には断層の存在に対し、疑問視する意見もあった。今回の電気探査などの調査によって、立川断層の存在を明らかにすることが出来たとともに、これまで知り得なかった断層の内部構造も推定された。

今回の調査によると、立川断層は逆断層で、その垂直変位量は地表面の比高より小さく、1～2m程度である。また、断面映像から逆断層と判断した。しかしながら、電気探査の測線は断層全体を横断していないため、この結果は断層の一部を明らかにしているにすぎないと思われる。今後は、今回の調査によって明らかになった断層の位置において、適切なトレンチ調査を行うことが望まれる。さらに、沖積低地においても電気探査を行うことにより、立川断層の位置を明らかにし、新しい時代の活動についての情報を得ることが出来、首都・東京に位置する立川断層の活動、すなわち地震予知に役立つに違いない。

2004年12月15日、内閣府首都直下地震対策専門調査会は、首都直下地震が発生した際の被害想定結果を発表した。それには、都心部あるいは都心部周辺で発生し得る18タイプの地震動が想定地震として選定され、立川断層帯ではマグニチュード7.3が、また立川市直下地震ではマグニチュード6.9の地震が想定されている。さらに地震が発生した場合の、人的・物的な予想被害も想定されている。

地震の発生を予知し、あるいは被害を少しでも減少させるために、立川断層の特性を把握することは、目下の急務である。

謝 辞

駒澤大学文学部地理学科学学生の廣田喬之・小山 陽・浜田広野・和田玲央奈・中田 潤の各君とアサヒタウンズの榎戸友子氏には、現地における電気探査作業でご協力いただいた。電気探査機器は駒澤大学文学部地理学科所有のものを使用した。以上、感謝いたします。

参考文献

- 松田博幸・羽田野誠一 (1975) 関東平野西辺の線状構造. 日本地理学会予稿集. (8),76~77.
- 内閣府首都直下地震対策専門調査会 (2004) 『直接的被害想定結果について』(資料2 - 1). 40p.
(資料2 - 2). 68p. (資料2 - 3). 24p.
- 中川要之助・清水啓三 (1997) 高塚山断層の活動時期 - 近畿の活断層 (その1). 土木学会関西支部同志社大学理工学研究報告,38(1),49~56.
- 災害科学研究所トンネル調査研究会編 (2001) 『地盤の可視化と探査技術』. 187p. (鹿島出版会)
- 角田清美 (1981) 青梅市の地形. 『青梅市の自然 (地学編)』. 129~210. (東京都青梅市教育委員会)
- 角田清美 (1983) 武蔵野台地の西端, 古霞湖の¹⁴C年代 日本の第四紀層の¹⁴C年代 (145) . 地球科学. 37(2),114~116.
- 角田清美・鈴木毅彦・山根耕太郎・貝塚爽平・今泉俊文・松田時彦・深谷 元・土屋洋道 (1988) 立川断層の活動によって生じた古霞湖のトレンチ調査. 活断層研究. (5),71~76.
- 角田清美・羽鳥謙三 (1994) 土地分類基本調査 『青梅・川越』(1994年版). 82p.+2図幅. (東京都労働局農林水産部農地緑生課)
- 角田清美・立川断層研究グループ (1995) 立川断層. 駒沢地理. (31),97~123.
- 角田清美 (1998) 立川断層についての新たな知見. 駒沢地理. (34),93~106.
- 角田清美 (1999) 羽村市を自然地理学の立場から調べる. 羽村市郷土博物館紀要. (14),92~122.
- 関口辰夫・津沢正晴・中島秀俊・渡辺満久・今泉俊文 (1996) 1:25,000都市圏活断層図 青梅. 国土地理院技術資料,D.1-333.
- 東京都総務局災害対策本部防災計画課・東京都土木技術研究所地象部 (1999) 『立川断層に関する調査概要報告書』. 49p.
- 東郷正美・佐藤比呂志・池田安隆・松田信尚・増淵和夫・高野繁昭 (1996) 立川断層の最新活動について. 活断層研究. (15),1~8.
- 山崎晴雄 (1978) 立川断層と第四紀後期の運動. 第四紀研究,16(4),231~246.