解　説

遠藤ほか(2022)多摩川の薄層扇状地と軟岩の侵食．GaNT 研究ノート，3，1-10.

多摩川の薄層扇状地と軟岩の侵食

Alluvial fan along Tama River and soft rock of Kazusa Group

遠藤邦彦[1]・大里重人[2]・石綿しげ子[3]・小森次郎[4]

Kunihiko ENDO[1], Shigeto OHSATO[2], Shigeko ISHIWATA[3], Jiro KOMORI[4]

1: NPO法人首都圏地盤解析ネットワーク: Geoanalysis Network of Tokyou Capital Region
2: ㈱土質リサーチ:Doshitsu Research
3：NPO法人首都圏地盤解析ネットワーク: Geoanalysis Network of Tokyou Capital Region
4：帝京平成大学：Teikyo Heisei University
Corresponding author:knhendo@gmail.com

関東山地に広い流域を持つ多摩川は，青梅から山地を離れ，広大な扇状地を形成し，その延長に広い武蔵野台地を形成した．その多摩川の流路は扇状地や台地の南側の縁，上総層群からなる多摩丘陵の北縁の位置にある．一方，かつては武蔵野台地の中央部まで多摩丘陵が存在していたと考えられる．言い換えれば，主に上総層群の軟岩によって構成される多摩丘陵は、多摩川によって大きく浸食されてきたことになる．以下にその背景を解説する．

1．多摩川の側方侵食(側刻)と軟岩

おそらく多くの人々は図１を見て，広大な武蔵野面(M)や立川面(Tc)を形成した多摩川が，ずいぶんと窮屈なところを流れているが、それはなぜなのだろうという疑問を持つのではないだろうか．

広大な面積を占める武蔵野面群，その南側に同じく広大な面積を持つ立川面(Tc)が発達した．さらにその南側に青柳面(Ay)や拝島面(Hj)が細々

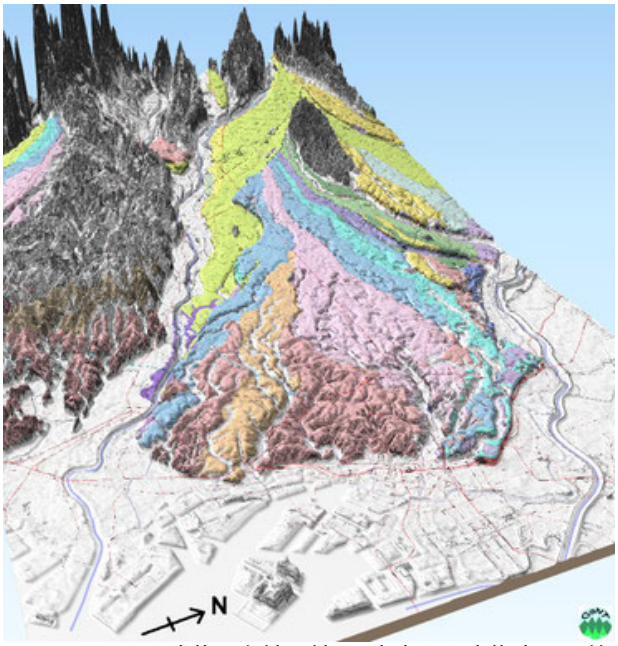

図１　3D で見る武蔵野台地の地形-東方から青梅方面を俯瞰-
[本図の作成には国土地理院長の承認を得て同院の基盤地図情報を使用した（承認番号　令元情使　第 660 号）]

と残り，かなり切り込まれた狭い空間に低地面があって，多摩川の流路は一番南の縁にある．通常，河川が一つの方向に片寄る時，地盤の沈降運動の存在を仮定するだろう．しかしこのケースでは南側が沈降するような傾動運動は認められない．

以下に，側方侵食，軟岩，デブリコントロール，“谷は山際を通る”、をキーワードとしてこの問題を考えていこう．

2. 側方侵食

斎藤ほか(1983)は関東平野には立川期の扇状地は多いが，完新世の扇状地がほとんどないこと，扇状地の礫層は薄いことなどを特徴として挙げている．日本の扇状地を体系的にまとめて論じた斎藤(1998)は，礫層が薄い理由として，地殻変動はむしろ隆起傾向にあることをあげている．その結果，多摩川は側方に移動した．

一方，過去 9 万年間の実際の経緯を見ていくと，9 万年前には多摩川は図 6 のピンク色に塗られた小平面(M1a)の位置を流れていた．その 5 万年後には河床は低下して 3～4 km南，立川付近の立川面(Tc)上を流れていた．さらに，その 3 万年後，1 万年前以降にはさらに河床は低下して 2 km南を流れていた．最後の 1 万年間はさらに南の 2 kmの範囲にあった．小平面(M1a)から出発すると，合わせて 9 万年間に多摩川は 7～8 kmも南に移動したことになる．その間の河床低下量は立川付近で約 20m（武蔵野面(M)から立川面(Tc)で約 10m；立川面(Tc)から沖積低地面で約 10m）にもなる．この側方侵食の総移動距離を 8 kmと仮定すると，889m/1 万年，8.9m/100 年，8.9 cm/1 年という計算になる．1 年にすれば，10 cm未満であるから，あながち無

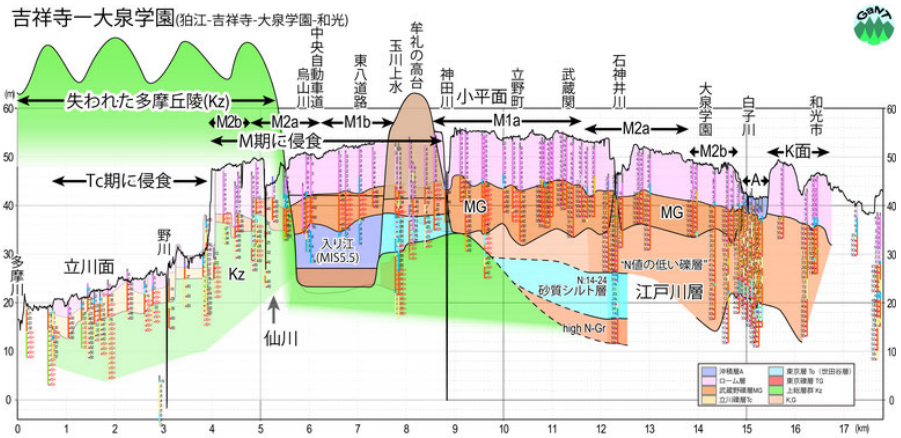

図 2　武蔵野台地を横切る地質断面図に武蔵野 1 面(M1)形成直前の
多摩丘陵の広がりを想定して重ねた図
断面図は遠藤ほか，2019 の狛江-三鷹・吉祥寺-大泉学園-和光断面に基づき若干の修正を加えた

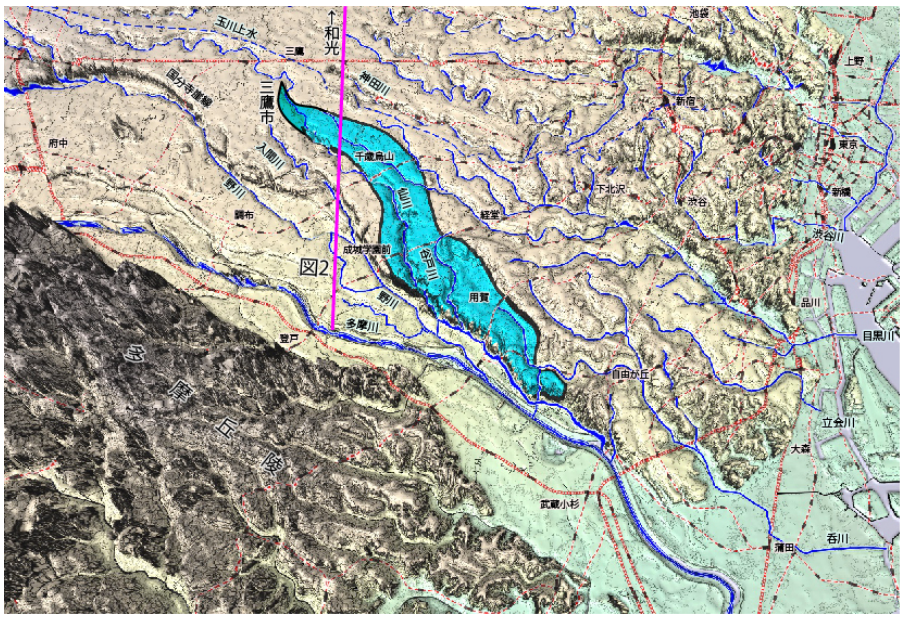

図 3　およそ 12 万年前（MIS 5.5）に三鷹市まで長くのびていた入り江，
世田谷埋積谷の範囲を復元した図（遠藤，2021）
［本図の作成には国土地理院長の承認を得て同院の基盤地図情報を使用した
（承認番号　令元情使　第 660 号）］

理な数字ではなさそうに思えてくるが，一方向に累積する必要がある．その間の河床低下量を見ると，20m/9 万年，2.2 cm/1 年となる．

以上のような多摩丘陵の侵食を考える上で，最も参考になるのが図 2 に示す武蔵野台地の地質断面図である．図 2 はほぼ武蔵野台地の中央に位置する三鷹・吉祥寺を通る南北方向の断面図で，南は狛江市・調布市付近，北は練馬区大泉学園・和光市付近までである．

図の左側 3 分の 1（中央自動車道より南）には多摩丘陵(推定部)が重ねてあって見づらいが，武蔵野礫層(MG)が直接上総層群(Kz)の泥岩や砂岩を覆っている．礫層の厚さはほぼ一様で，礫層直下の上総層群(Kz)の侵食面はほぼ平滑で南に段をつくりながら高度を下げる．図の左端は多摩川河床である．中央自動車道付近から玉川上水のやや南までは東京層（世田谷層・To）の分布域で，武蔵野礫層(MG)の下に厚さ 10m 近い海成泥層（きわめて軟弱）が認められ，その基底には薄い礫層あるいは砂礫層がある(東京礫層(TG)に相当する)．世田谷区側から北西方向に延びてくる幅 1km 足らずの谷（世田谷埋積谷）を世田谷層が埋めていることになる．この埋積谷を復元したのが図 3 である．この谷の北側には古くから牟礼の高台と呼ばれてきた，武蔵野面(M)から 10m 強突き出た古い地形がある．ローム層は周囲より格段に厚く，礫層や泥層（世田谷層よりかなり締まっている）の分布高度の相違から，S 面（下末吉面相当）より古

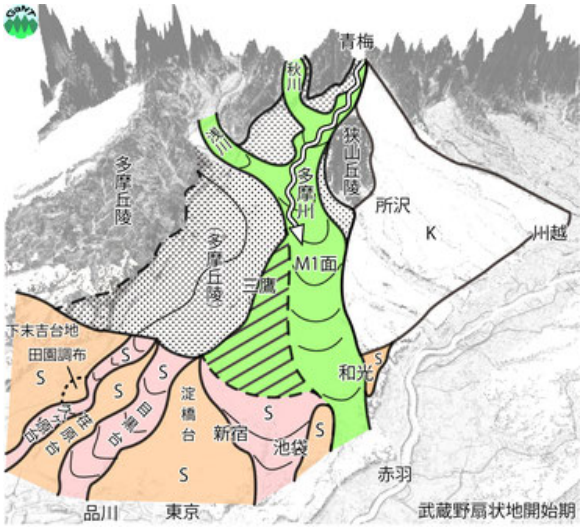

図 4　武蔵野台地の地形区分図を東から西に見た 3D 図にこの仮説のアイデア重ねた概念図
（小平面（M1a）の始まり頃を想定）
斜線を施した部分は武蔵野面(M)に分類されるが，S 面形成期（MIS 5.5）あるいはさらに古いサイクルにおいて多摩丘陵を削剥していた部分を示す．S 面の範囲(橙色とピンク色)は MIS 5.5 の海によって波食作用を受けた範囲．［本図の作成には国土地理院長の承認を得て同院の基盤地図情報を使用した（承認番号　令元情使　第 660 号）］

図 5　武蔵野台地の地形区分図を東から西に見た 3D 図にこの仮説のアイデアを重ねた概念図
（仙川面（M2a：南東部の久ケ原台），深大寺面（M2b）の時代を想定）
［本図の作成には国土地理院長の承認を得て同院の基盤地図情報を使用した（承認番号　令元情使　第 660 号）］

い地形面と推定されている．その下位にある上総層群(Kz)の上面高度は 25～27m である．この高台の北数 100m を過ぎると，上総層群(Kz)の上面高度は急に深くなるとともに，複数の礫層や泥層が発達する．

以上のように，調布-吉祥寺-大泉学園の断面で代表されるように，武蔵野台地における地下の基本構造は，同台地を南北方向に横切る武蔵野線，小金井街道（府中-清瀬），調布-三鷹-東久留米，吉祥寺-大泉学園-和光の各地質断面図（以上は遠藤ほか，2019 の図 7）や，環状八号線-笹目通り，環状 7 号線などの地質断面に共通して認められる傾向である．

以上の断面図に認められる特徴から，武蔵野台地における多摩川水系の堆積場は主に武蔵野台地の北半部にあったこと，南半部は主に多摩丘陵の分布域であり，世田谷埋積谷のような小規模な多摩丘陵内の谷が存在したこと，武蔵野期，立川期には多摩丘陵を構成する上総層群(Kz)を，多摩川が一気に側方侵食して広大な武蔵野扇状地(M)や立川扇状地(Tc)を形成したこと，のような従来に比べれば非常に大胆な仮説がふさわしいように思われる．

以上の仮説を概念的な図に表現してみたのが図 4，5 である．武蔵野台地の地形区分図を東から西に見た 3D 図にこの仮説のアイデアを概念的に描いたものである．図 4 は小平面(M1a)の始まり頃を想定して描いている．図 5 は仙川面（M2a：南東部の久ケ原台），深大寺面(M2b)の時代を想定している．

これらの図で，武蔵野期，立川期以降に失われた多摩丘陵および草花丘陵，香住丘陵等の範囲に点を打って区別した．

図 4 で，失われた多摩丘陵の範囲は 2 区分されているが，北側（右）が武蔵野扇状地(M)の時代，南側（左）が立川扇状地(Tc)の時代以降に対応する．後述するように多摩川は丘陵の縁に寄り添うように流れる傾向があるので，小平面(M1a)の南限はこの打点域の北限にあたる．久ケ原面(M2a)の時代，図 5 に示すように多摩丘陵は打点域の中央を分ける線及びその延長を北限としていたため，久ケ原台(M2a)は非常に窮屈なところを流下し得た．もちろん当時，今は多摩川低地を隔てる下末吉台地は多摩川低地までカバーしていて，田園調布台と一体であった．

図 4 で，三鷹とある付近から新宿とある付近のやや北に，釣り鐘型の斜線を施した部分がある．この部分は武蔵野 1a 面(M1a)が発達した部分であるが，S 面の時代，あるいはそれに先だって多摩丘陵が失なわれていた可能性の強い範囲である．ここには比較的浅いところに上総層群(Kz)が分布するが，武蔵野礫層(MG)の下位にさらに礫層があるか，さらに泥層を含むもう 1 サイクルの堆積物が存在する範囲である．したがって，S 面，成増面(N)の時代に上総層群(Kz)を削剥したか，さらに以前から削剥していたか，という領域にあたる．荏原台や淀橋台等を連ねた橙色およびピンク色の部分は S 面の海進時に波食作用によって上総層群(Kz)を削剥した部分にあたる（谷埋めの部分も含む）．

この様な仮説が何故ありうるのか，幾つかの視点からの検討結果は，次号で述べる．

3. 薄層扇状地と軟岩の侵食

古くから研究されてきた典型的な扇状地は厚さ 40～100m もの厚い礫層を持つとされていた．これに対して，実際には礫層の薄い扇状地が少なくないため，扇状地の定義やその性格をめぐって様々な論議が展開されたが，齋藤（1998）も関東平野等に広く見られる礫層の薄い扇状地を，薄層扇状地として区別し，その要因を挙げている．その一つに扇状地の範囲に軟岩が分布することを特徴として述べている．多摩川の場合，谷口を出たところの地質条件は上総層群で特徴づけられるが，主に前期更新世に堆積した泥岩，砂岩，礫岩で，いずれもハンマーでたたけば容易に崩れてしまう程度の軟岩である．つまり，軟岩が分布していたため，容易に側方侵食が生じたとする．薄層扇状地をはじめ日本の扇状地の特性や研究史についてはこの「日本の扇状地」（齊藤，1998)に詳細に述べられているので是非参照頂きたい．

2019 年の台風 19 号によって各地で洪水が発生し，甚大な被害が広域に発生した．この時に多摩川でも氾濫，浸水による災害が起こった．この時の多摩川の激流の様子の一端は，多摩川の河原に残されている．写真 1 は，多摩川中流部，立川市と日野市を結ぶ立日橋（タッピバシ）付近の河原で見られたものである（下流側から上流側を見る．12 月 15 日に石綿しげ子撮影；当サイト＞GaNT de CAFE（旧：Blog）＞しげ子さんのお散歩「台風 19 号が過ぎ去った河原を見た！」より）．台風通過後には増水が認められていないので台風直後の状態を見ていると考えてよい．なお，この時，立日橋のやや下流にある国道 16 号にかかる日野橋の橋脚は沈

写真 1　2019 年台風 19 号通過後の立日橋近くの多摩川河床(石綿しげ子撮影)
一面に広がっているのは上総層群.

下した．台風が通過した 12 日の翌日、13 日にはかなり水位は低下しているが、12 日の増水時には高水敷まで洪水流が洗っていたことが明らかである．

写真 1 には泥岩を浅く掘りこんだ，並行するガリー状の溝（専門家は grooves と呼ぶ；池田，1998 は縦溝（たてみぞ）と呼んでいる）が何列も並ぶ．溝の中には直径 3cm 位から 10 cm にも及ぶ礫がごろごろしていた．これらの礫は上流の山岳地から運搬されてきた硬岩でできている．台風 19 号によってもたらされた大量の雨水は多摩川でも激流となって硬い礫を運搬しつつ軟岩の河床を削り込んでいった様を想像するのは難しいことではないだろう．硬岩の礫によってもたらされる侵食力こそ，次に述べる池田（1998）の唱える“デブリコントロール説”の真髄である．

多摩川はなぜ，上記のような側方侵食速度で南に移動しなければならなかったのか？

“デブリコントロール”というのは池田　宏氏によって提唱された考え方である(池田，1998)．

池田(1998)では，「石川（礫床河川のこと）が軟岩からなる丘陵を側刻しやすい理由」，「石川(礫床河川)が丘陵に寄るのはなぜか」などの項目を建てて説明をしている．

その中で，砂川河川(砂床河川のこと)である鬼怒川や小貝川が台地に寄って流れているのと同様に，礫床河川の場合も，河道は礫に覆われた河床を残して丘陵・台地に寄って軟岩を侵食していくとしている（上記の立日橋付近の河床の通りである）．

写真 2　10 月 13 日 13:22　日野橋の洗堀による橋脚の沈下（大里重人撮影）
橋脚の基礎下が洗堀されたことにより、1m 程度橋脚が沈下し、桁がくの字に変形している。 台風翌日のためにまだ水位は高いが、漂着残存物の位置から台風時には桁直下まで水位が上がったことが確認されている。

粗い礫がごろごろしているようなところは流れにくく，滑らかなところは流れやすい．これは流速を求める公式において粗度係数として表現される．多摩川が南に寄っていく原理の一つはここにあるのであろう．河床にわざわざ粗大な礫を配置することがあるのは，侵食をふせぐためである．

実際に多くの扇状地において，河川は扇状地面の脇を流れている．池田(1998)は扇状地が形成されるのはこの河道の位置が寄っていくからなのだ，とまで言っている．

「デブリコントロールを背景に，河道は丘陵際に寄り添い，海水準の長期低下傾向が加わって，武蔵野期・立川期を中心に，一方的な多摩川の南への移動が容易に可能になった」，というのが筆者が抱く仮説である．それは扇状地礫層が一か所にとどまらず，次々と移動する結果もたらされる薄層扇状地の成立に直結する．

1 年に 10 ㎝の側方侵食が可能であるならば，府中市にある浅間山が多摩丘陵の残丘として取り残されたことも容易に理解できる．それどころか，8～9 万年前には多摩丘陵の北縁が三鷹・吉祥寺付近にあったとしてもさして不思議ではないことになる．

以上は，多摩丘陵が多摩川の側方侵食によって大きく失われたとする考えであるが，一般に失われてしまったものが本当は存在していた，と証明することはやさしくない．証拠が失われているからである．多摩川の流路が武蔵野扇状地，立川扇状地，現在の河道と，順に南に移っ

写真 3　11 月 17 日　水が引いた後の日野橋橋脚周りの侵食状況（大里重人撮影）
右岸と左岸とでは、橋脚における侵食の位置が異なり右岸側では橋脚の下流側が下方侵食され、橋脚が洗堀により沈下した左岸側では、橋脚の上流側が下方侵食されている。写真は右岸側の橋脚を写したもので、向かって左側が上流部になる。この地域は上総層群の連光寺互層の砂礫層とシルト岩層の互層地域で、傾斜は左岸側(立川方向) に向かって緩く傾いている。

写真 4　橋脚に打ち上げられた流木群
（大里重人撮影）

写真 5　10 月 13 日 12:20　聖蹟桜が丘京王線
関戸橋通過時に撮影（大里重人撮影）
まだ水位が高い.

てきたのは厳然たる事実であるが，それぞれの直前に多摩丘陵が存在したのか，すでに多摩丘陵は何回か侵食を受けていて最終的にその時に侵食されたのか，これは以上に挙げた数々の状況証拠から判断するしかない.

次に述べるのも状況証拠の一つではあるが，重要な意味を持つと考えている．すでにお気づきの読者がおられると思うが，図 4 や図 5 に描かれているように，淀橋台地や荏原台地などの S 面においては 12 万年前にピークを迎えた海進の時にも波浪による侵食によって多摩丘陵が削られた．こちらの方が先行して起こったのである．東京の台地部全体を考える時には，この波食作用も併せて考える必要がある．次の GaNT 研究ノート 3-2 で解説する.

注）本稿で呼ぶ多摩丘陵とは，実際にはオシ沼砂礫層で有名なオシ沼面(多摩Ⅱ面)や，御殿峠礫層で有名な多摩Ⅰ面も存在したはずであるが，その削剥域における分布を推定することは難しいので，これらも包括したものである.

写真 6　10 月 13 日 11:20 頃の京王相模原線多摩川（稲田堤）橋梁付近（大里重人撮影）
水位は大きく低下し，高水敷が見えている．台風時には京王線鉄橋の桁下（堤防天端 1m 程度下）まで水位が上昇した.
高水敷にあったフェンス等は流出し跡形もない。

写真 7　10 月 13 日 13:28　日野橋付近（大里重人撮影）
手前階段の堤防天端から 1m 程度下の所に水位痕跡が見られる。
増水時には高水敷を越していたことが確認できる。

写真 8　多摩川が平瀬川と合流する付近で，2019 年 10 月の台風 19 号による多摩川本流の増水によって逆流が生じ，平瀬川の水位上昇による氾濫が生じた．平瀬川の合流点の多摩川河床に露出した上総層群．2022 年 7 月(小森次郎撮影)

その前に台風翌日の 10 月 13 日に大里重人氏，および小森次郎氏が撮影した写真を紹介しよう．

＜引用文献＞
遠藤邦彦（2021）かつて多摩丘陵の北縁は三鷹市付近にあった．武蔵野の地盤―多摩川による多摩丘陵の大規模侵食―後編，武蔵野樹林，Vol.6，64-68.
遠藤邦彦・千葉達朗・杉中佑輔・須貝俊彦・鈴木毅彦・上杉　陽・石綿しげ子・中山俊雄・舟津太郎・大里重人・鈴木正章・野口真利江・佐藤明夫・近藤玲介・堀　伸三郎（2019）武蔵野台地の新たな地形区分.第四紀研究，58 巻，6 号，353-375.
池田　宏（1998）軟岩と河川地形―デブリ・コントロールの見方―.「地形工学セミナー2，水辺環境の保全と地形学」(日本地形学連合編)，古今書院，東京，37-58.
齋藤享治（1998）日本の扇状地．大学のテキスト，古今書院，288p.