

# 多摩川周辺における地形変化の視覚的影響の分析

Visual effect of landform change in the Tama River

高山朋子\*\*・窪田陽一\*\*\*・深堀清隆\*\*\*\*

by TOMOKO TAKAYAMA\*\*・YOUICHI KUBOTA\*\*\*・KIYOTAKA HUKAHORI\*\*\*\*

## 1. はじめに

近年豊かな河川環境への実現に向け河川整備事業が進められているが、堤内地における開発では土地利用を推進するため地形は切り崩され、その土地が本来持ってきた河川景観に及ぼすイメージが破壊される傾向が見られる。多摩川の歴史は、必然的に江戸・東京の歴史の反映であり、この川とその流域のたどった跡は、そのまま日本の縮図ともいえる側面を有している。しかも、第二次大戦後は、戦後復興、高度成長に伴う都市化、環境問題などの影響を著しく受けつつ、多摩川は急速にその容貌を変えてきた。このような目まぐるしい変貌を遂げてきた多摩川の景観の歴史を記録し後世に伝えることの意義は極めて大きいといえる。また、その景観の変遷要因を明確にすることで今後多摩川の多摩川らしさが維持されていくことを期待される。

本研究では多摩川の景観変遷に関わりがある地形変化に着目し、そこで得られたデータをもとに地形変化の規模やその開発の種類と視覚的な影響を評価し、その相互関係を分析することで、今後の開発において地形変化が景観に与える影響を事前に評価できるようにすることを目的としている。

## 2. 対象地域(武蔵府中周辺)における地形変遷

小谷田ら<sup>1)</sup>は、江戸時代から現在に至るまでの多摩川の空間利用と景観構成の変遷過程を明らかにするために、主に現在の景観を把握するための現地調査と、過去の景観の変遷過程を把握するための資料調査(地形図や古地図、名所図会、古写真などからの調査)を行い、その中で、浮世絵・古写真・古地図から多摩川の歴史的景観変遷パターンを考え、その変遷パターンの中で地形の変化が景観の変遷に影響している地域があるという考察を行っている。そこで、多摩川流域における2万5千分の1の

地形図に刻まれた等高線の変化に着目してみると、中流域では土地利用の変化に伴い地形は切り崩され、等高線に変化が現れている地域が多く存在することがわかる。特に武蔵府中周辺右岸側では段丘が河川に接近しており、鉄道・道路・ゴルフ場・宅地等の開発により地形が大きく変化し、その地形の変化はレクリエーションの場となっている左岸側からの河川景観の印象を大きく変えてきたことが推測される。そこで本研究では、特に著しい変化が現れている武蔵府中大丸地区について、地形図から読み取れる地形変化が生じた①～⑧の時代区分ごとに等高線から3次元モデルを作成した。この3次元モデルはメッシュ状に標高値を持っており、それらを用いた地理情報と3次元景観透視図により地形変化と視覚的な変化を定量化した。また、それらの変遷過程を明かにすることにより、地形変化の特徴と視覚的影響について考察した。(データは国土地理院の2万5千分1地形図を利用し、1km四方の対象地域内において等高線に変化が見られる時代を抜粋した。)



図-1 大正10年と平成10年の大丸地区

表-1 大丸地区で見受けられる主な開発

|   | 時代      | 主な開発    |         |
|---|---------|---------|---------|
| ① | S24～S29 | 鉄道の建設   |         |
| ② | S29～S41 | 道路      | 工場の建設   |
| ③ | S41～S46 | 道路      | 工場の建設増加 |
| ④ | S46～S50 | トンネルの建設 | 工場の建設増加 |
| ⑤ | S50～S54 | 道路      | 工場の建設増加 |
| ⑥ | S54～S58 | 宅地開発    |         |
| ⑦ | S58～S63 | 宅地増加    |         |
| ⑧ | S63～H10 | 道路      | 工場の建設増加 |

S=昭和, H=平成

## 3. 地形変化の評価

地形変化が地域に与えるインパクトについては、対象

\*keyword: 景観

\*\*学生員 埼玉大学大学院理工学研究科建設工学専攻

\*\*\*正員 工学博士 埼玉大学工学部建設工学科教授

\*\*\*\*正員 学術博士 埼玉大学工学部建設工学科助手

(〒338-8570 さいたま市下大久保255

TEL: 048-858-9549 FAX: 048-855-7374)

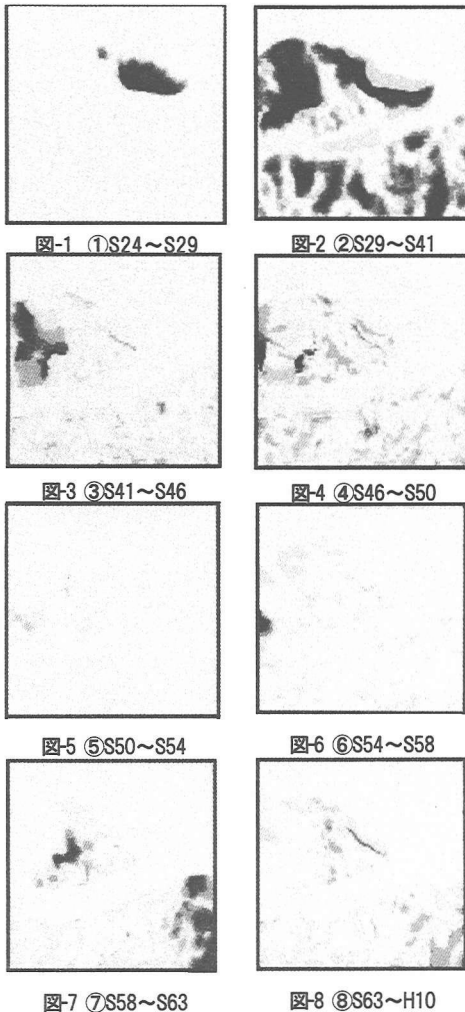
範囲内での変化部分・規模・位置・視点場からの関係など、さまざまな空間要素が複雑に絡み合い景観に影響を与えている。それらを以下に示すいくつかの手法により把握して、地形変化を評価し、対象範囲内での地形の変遷を分析した。

- (a) 標高値変化量の分布図
- (b) 計量地理学的指標
- (c) 3次元景観透視図による視覚的変化量の算出  
視距離と変化量の散布図

(a) 地形図に描かれた等高線の変化量

対象範囲内において何時の時代に、何処の部分でどれだけの変化が見られるのかを表すため、GISを用いて地形図の等高線より標高地を地理情報化し、オーバーレイ法を用いて標高値の差分（各メッシュにおいて、前時代の標高値－後時代の標高値）を算出し、標高値の変化量の分布図を作成した（図1～8）。この図を見ることにより、その時代区分毎の変化の範囲と標高値の変化量を明確に示すことができた。

標高値の変化量の分布図



この結果から、各時代における様々な開発により、地形変化の形態も違っていることがわかる。特に昭和29年から昭和41年にかけての地形変化は大きく、この時代に形成された地形が、現在この地域の空間を生み出す地形の原型となっていると予想される。

(b) 計量地理学的指標の変化量

対象範囲内の地形の特徴を数値的なパラメーターとして捕らえるため、計量地理学的指標を利用し、その地域の地形特徴量を算出した。以下の指標はトンネル出現率を地形情報から予測した菊地<sup>2)</sup>らが用いた指標を引用している。地図情報として得られた10mメッシュデータの標高値を数字の集合として、地形特徴量を算出することにより得られる以下のような指標から凹凸を持つ複雑な地形なのか、平坦に単純化した地形なのか明確にできる。またそのデータを時系列に見ることで、地形変容の様子を観察することができる。

地形特徴量の算出は、あるウインドウについて高度を0～L-1に分割し、高度がaであるメッシュの個数をN(a)とする。そしてウインドウ内にあるメッシュ(i,j)が高度aを取る確率p(a)を高度aの点の数の相対値と仮定する。すなわち、

$$p(a) = \text{prob}\{u(i, j) = a\} = n(a) / M$$

ここにMはメッシュの総数である。以上の定義に基づいて、以下表2のような統計量が算出される。

表2 計量地理学的指標一覧

|                                                                                       |                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 平均( $\bar{h}$ )<br>$\bar{h} = \sum_{h=0}^{L-1} h p(h)$                                | 高度分布を表す量としての基本統計量である                              |
| 分散( $\sigma_h^2$ )<br>$\sigma_h^2 = \sum_{h=0}^{L-1} (h - \bar{h})^2 p(h)$            | 平均値を中心に高度がどの程度散布しているかを表す尺度となる                     |
| 開析度(P)<br>$P = 1 - \bar{h} / h_{\max}$                                                | 原地形→幼年期→壮年期という、デービス流の地形発展モデルにおいて、ステージの進行の程度を表している |
| スキューネス( $h_s$ )<br>$h_s = \frac{1}{\sigma_h^3} \sum_{h=0}^{L-1} (h - \bar{h})^3 p(h)$ | 平均値を中心に分布がどの程度偏っているかを示す尺度となる                      |
| エネルギー( $h_N$ )<br>$h_N = \sum_{h=0}^{L-1} \{p(h)\}^2$                                 | p(h)の2乗和（パワー）であるエネルギー                             |
| エントロピー( $h_E$ )<br>$h_E = - \sum_{h=0}^{L-1} p(h) \log_2 p(h)$                        | 平均値を中心に分布がどの程度偏っているかを示す尺度となる                      |

また、これら指標の変化量の評価にあたり、その大小関係を相対的に判断し、表3のようにプラス・マイナス記号の数で表した。また、時代の流れを総合的に見ると図-9.10のように平均値が下がり分散が減少の傾向が観察され、スキューネス、開析度に関しては増加の傾向が見られる。これはこの地域の地形が開発等により時代を経て、切り崩され単純化していることを示している。

表3 計量地理学的指標の評価

| 時代 | 平均      | 分散  | 時代 | 平均        | 分散  | 時代 | 平均      | 分散  |
|----|---------|-----|----|-----------|-----|----|---------|-----|
| ②  | -6.2989 | --- | ②  | -112.9968 | --- | ⑧  | -0.0869 | --- |
| ⑦  | -1.7443 | --- | ⑦  | -44.7376  | --- | ⑤  | 0.0224  | +   |
| ④  | -0.8589 | --- | ④  | -43.4936  | --- | ④  | 0.0327  | +   |
| ⑥  | -0.7141 | --- | ⑥  | -40.2565  | --- | ⑥  | 0.0442  | +   |
| ①  | -0.6553 | --- | ③  | 0.4289    | ++  | ①  | 0.0677  | ++  |
| ③  | -0.5849 | --- | ①  | 7.1756    | ++  | ③  | 0.1026  | ++  |
| ⑧  | -0.2593 | --- | ⑤  | 13.8057   | ++  | ⑦  | 0.1890  | ++  |
| ⑤  | 0.2024  | +   | ④  | 15.1445   | ++  | ②  | 0.5153  | +++ |

| 時代 | エネルギー   | 時代 | エントロピー  | 時代 | 開析度     |
|----|---------|----|---------|----|---------|
| ⑧  | -0.0014 | ②  | -0.1817 | ⑤  | -0.0016 |
| ⑤  | -0.0005 | ⑦  | -0.0916 | ⑧  | 0.0020  |
| ①  | -0.0004 | ⑥  | -0.0309 | ③  | 0.0045  |
| ③  | 0.0017  | ④  | -0.0279 | ①  | 0.0050  |
| ⑥  | 0.0018  | ⑧  | -0.0202 | ④  | 0.0055  |
| ④  | 0.0050  | ③  | -0.0135 | ⑥  | 0.0066  |
| ⑦  | 0.0091  | ⑤  | 0.0059  | ⑦  | 0.0134  |
| ②  | 0.0189  | ①  | 0.0073  | ②  | 0.0485  |

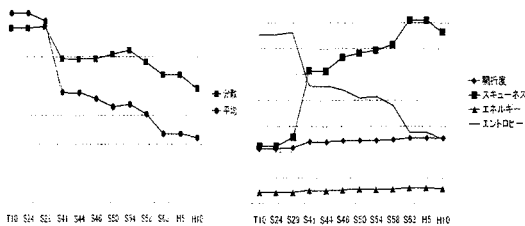


図-9.10 計量地理学的指標で表された地形の変遷

### (c) 3次元景観透視図による視覚的变化量の算出

地形変化の視覚的評価については本来変化した部分の可視領域を求め、その領域内で十分な数の視点場を設定して評価すべきである。しかし、

ある地形の変化は、広域にわたるものや、散在するものなど、様々な形態が考えられ、特に散在する地形変化の場合には、可視領域は広範囲に分布する。この場合、設定する視点場の密度にもよるが、現段階では広領域の視点場すべてを網羅したインパクトの計測には計算上の制約があるため、今回は各時代区分の地形変化を視認できる代表的な視点場を3点設定した(図-11)。

変化を表す方法として、時代区分により透視図を重ね合わせ、範囲内において地形の輪郭が上昇すればその後ろにある風景を阻害する要素となり、下降すれば新たに

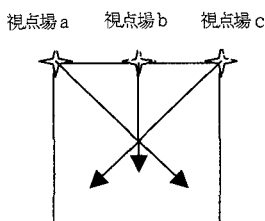


図-11 視点場の設定

何か見えるようになるという可能性を示す高度の上昇部分(グレー)、下降部分(黒)の変化ごとに色分けし、そのピクセル数をカウントすることで視覚的变化量とした(図12 上昇・下降部分)。また、河川に近い地形として視野を大きく占める法面の変化に関しては、GISのドレイブ機能を用いることにより、(a)の標高値の変化量の分布図をCG上に張り合わせ、3次元景観透視図上に法面での掘削部分、隆起部分の変化量を表現することができた(図12 法面変化部分)。

これらの方法により、地形変化の視覚的影響を数値的に、またビジュアルに表すことができた。

また、視覚的影響を評価する際に、考慮が必要となる視距離についても考察するため、地形変化の視覚的影響を次の1)・2)の要因を考慮して定義し、視点場一対象地形変化間距離を横軸、標高変化量を縦軸にとった散布図を作成した(図12 視距離・標高値変化量散布図)。

- 1) 地形変化が視点場である河川敷から近いほど視覚的影響は大きい。
- 2) 標高の上下変動が大きいほど視覚的影響が大きい。

ただし注意すべき点は、これだけでは河川敷からその標高変化のあったメッシュが果たしてみえるのかという問題が無視されてしまうという点である。以下に視点場aに関する視覚的影響評価結果について示す。

②S29~S41、⑤S50~S54などからわかるように、河川沿いの開発等近いところでの変化は、基本的に法面への視覚的影響が大きいことが観察される。しかし、①S24~S29のように、大きな変化が近い場所でもパースには変化が出ないものも見受けられる。この場合、多少視点場が移動した場合には、大きな地形変化が観測されるおそれがある。このことは残り2つの視点場での変化を観察することにより確認することができた。また、S54~S58のように近距離での変化が少ない場合、透視図上に変化は現れにくく、他の視点場での影響も少ないことがわかり、河川敷周辺の移動があってもそれほど、影響は少ないものと考えられる。

## 4. 地形変化のパターン分類

前節までにいくつかの手法によって地形変化の程度とその視覚的影響の定量化を試みた。ここでは、これらの指標を用いた地形変化の分類を行う。分類の作業を行うことは、地形変化の特徴を整理してわかりやすく把握することができるとともに、視覚的影響を考慮した開発や、視覚的影響の緩和を目的とした何らかの整備において、分類別の方針を作成することができる点で有効と考えられる。

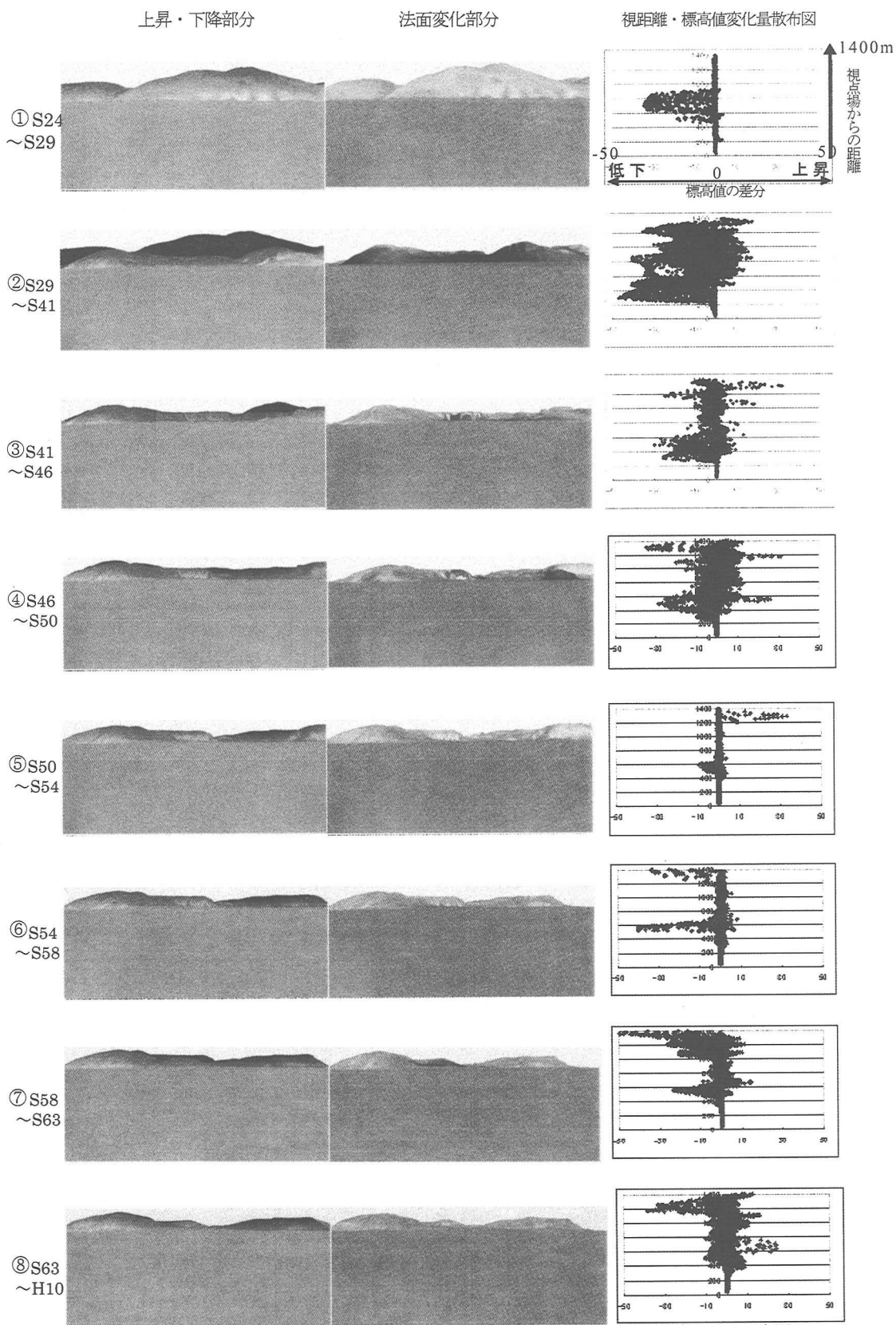


図 - 12 3次元景観透視図からみた視覚的影響と視点場からの距離と標高値変化量の分布図

分類は地形変化の規模ごとに以下の4パターンに分けた。これら、各々のパターンごとに計量地理学的指標と視覚的影響の関係について分析し、今後の開発において地形変化が景観に与える影響を事前に評価できる指標として考察した。

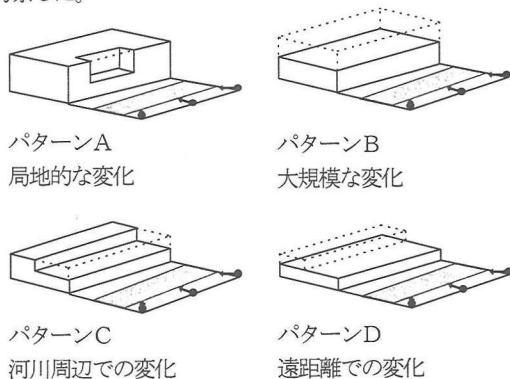


図 - 13 地形変化パターン分類図

#### パターン A：局地的な変化時代区分①・⑤

視点場から比較的近い地域での局地的な地形変化パターンを表しており、視点場により法面の変化が大きく現れる視点場とそうでない視点場があり、開発の際にはその地形変化の可視領域等にも注意し影響評価を行う必要があると考えられる。局地的な変化ということもあり、計量地理学的指標に関しては変化量が少ないが、平均値は下降し、分散は上昇していることから掘削に等により、地形に凹凸が出たことが予測され、崖の発生等の法面変化につながっていると考えられる。また、開析度は浸食作用等に伴うデbris流の地形発達モデルの進行のステージを表し、本来時間とともに増加するため、開析

度の増加は掘削、減少は盛土等を表す指標と考えられ、河川よりの変化であれば法面への影響に繋がると考えられる。時代区分①・⑤の視覚的影響を見るとその傾向が見られることがわかった。

#### パターン B：大規模な変化 時代区分②

広域的に変化し、また分布図における標高値の変化量も大きい地形変化で、3つの視点場に法面・外郭ともに大きな影響をおよぼしている。計量地理学的指標にも大きな変化が現れており、表4に示すように平均・分散とも大きく減少し、地形が掘削等により単純化の傾向があることがわかり、それが大きく見え方の変化として高度の減少につながったことが覗える。また、開析度の増加から、ここでは開発に伴うものではあるが、地形が掘削され単純化の方向にあることがわかる。また、スキューネスの増加は平均値を中心とした分布の偏り具合を示し地形の単純化の指標となることがわかる。

#### パターン C：河川周辺での変化 時代区分③・④

河川に近い部分で、比較的広域的な地形変化で、各視点場同様の視覚的变化が見られる。計量地理学的指標に関してはパターンAの局地的な変化に似た傾向が見られるが、河川近くの広域的な変化ということもあり、視覚的影響として法面だけでなく、後部の地形が現れ外郭に影響していることが見受けられる。

#### パターン D：遠距離での変化 時代区分④

河川から離れたところでの地形変化パターンをあらわしており、視点場からも遠距離であるため法面に与える影響は少ないが、外郭の影響を与える可能性があるため、対岸河川敷からのスカイラインに注意を払う必要がある。計量地理学的指標の傾向としては分散の減少からも地形の単純化に伴う高度の低下を窺うことができ、また、ス

表4 地形変化パターンごとにみた計量地理学的指標と視覚的影響

| パターンA    | 時代        | 平均 | 分散 | スキューネス | エネルギー | エントロピー | 開析度 | 視点場 | 低下部分 | 上昇部分 | 法面変化   |
|----------|-----------|----|----|--------|-------|--------|-----|-----|------|------|--------|
| 局地的な変化   | ① S24～S29 | ―― | ++ | +      | -     | +      | +   | a   | 小    | 小    | 極小(無)  |
|          |           |    |    |        |       |        |     | b   | 中    | 小    | 大(削)   |
|          |           |    |    |        |       |        |     | c   | 小    | 小    | 大(削)   |
|          | ⑤ S50～S54 | +  | ++ | +      | -     | +      | -   | a   | 小    | 小    | 極小(盛)  |
|          |           |    |    |        |       |        |     | b   | 小    | 小    | 極小(盛)  |
|          |           |    |    |        |       |        |     | c   | 小    | 小    | 極小(削)  |
| 大規模な変化   | ② S29～S41 | ―― | ―― | +++    | ++    | ――     | +++ | a   | 大    | 小    | 大(削)   |
|          |           |    |    |        |       |        |     | b   | 中    | 小    | 大(削)   |
|          |           |    |    |        |       |        |     | c   | 中    | 小    | 大(削)   |
| 河川周辺での変化 | ③ S41～S46 | ―― | +  | ++     | +     | -      | +   | a   | 中    | 小    | 中(削・盛) |
|          |           |    |    |        |       |        |     | b   | 小    | 小    | 中(削・盛) |
|          |           |    |    |        |       |        |     | c   | 中    | 小    | 中(削・盛) |
|          | ④ S46～S50 | ―― | ++ | +      | +     | -      | +   | a   | 中    | 小    | 中(削・盛) |
|          |           |    |    |        |       |        |     | b   | 中    | 中    | 中(削・盛) |
|          |           |    |    |        |       |        |     | c   | 小    | 中    | 中(削・盛) |
| 遠距離での変化  | ⑥ S54～S58 | ―― | ―― | +      | +     | -      | +   | a   | 小    | 小    | 極小(盛)  |
|          |           |    |    |        |       |        |     | b   | 小    | 小    | 極小(盛)  |
|          |           |    |    |        |       |        |     | c   | 小    | 小    | 極小(盛)  |
|          | ⑦ S58～S63 | ―― | ―― | ++     | ++    | ――     | ++  | a   | 中    | 小    | 中(削)   |
|          |           |    |    |        |       |        |     | b   | 中    | 小    | 小(削)   |
|          |           |    |    |        |       |        |     | c   | 小    | 小    | 中(削)   |
|          | ⑧ S63～H5  | -  | ―― | -      | -     | -      | +   | a   | 中    | 中    | 小(盛)   |
|          |           |    |    |        |       |        |     | b   | 中    | 中    | 小(盛)   |
|          |           |    |    |        |       |        |     | c   | 中    | 小    | 小(盛)   |

キューネスの減少が凹凸部分の発生を表し、上昇部分の発生という傾向が見られ、分散・スキューネスの相対的な考察が必要となると考えられる。

## 5. 計量地理学的指標の視覚的影響のまとめ

これまで、各パターンごとに、計量地理学的指標と視覚的影響の関係をみてきた。これらを結論としてまとめると、地形変化と視覚的な影響の関係には次のような傾向を持つことがわかった。

- ・ 分散の変化は地形に崖等の発生といった凹凸の変化があることを表し、その結果視覚的に法面の変化や、スカイラインの変化等をもたらす傾向が見られる。
- ・ スキューネスの変化量が大きい地形変化に関しては、平均値を中心とした分布の偏り具合を示し地形の単純化の指標となることがわかり、盛土・掘削等により、法面変化に影響を与える傾向が見られる。
- ・ 開析度は浸食作用等に伴うデービス流の地形発達モデルの進行のステージを表し本来時間とともに増加するため、開析度の増加は掘削、減少は盛土等を表す指標と考えられる。特に減少に関しては人工的な地形変化が起こったものと考えられ、視覚的に、法面の見え方の変化量との相関が見られる傾向がある。
- ・ エネルギー・エントロピーに関しては、地形変化を表す指標として捕らえることはできたが、視覚

的影響とは相関性が見られず、視覚的影響を示唆する指標としては不適であることがわかった。

以上のように、地形変化を数値的に計量地理学的指標の算出を行い、それらの傾向は視覚的な変化を示唆するものであることが結論付けられた。

## 6. おわりに

今回、多摩川大丸地区の景観の変遷を地形変化と照合しながらとどろき、いくつかの観点による手法を用いて地形変化の影響を明らかにすることで、この地区で起こった地形変化を分類し、計量地理学的指標を用いて考察することができた。サンプル数を増やすことで、さまざまな地形変化の分類と視覚的影響の評価を行うことができ、今後の開発に伴う地形変化と視覚的影響を論ずる資料となると考えられる。また、地形変化による視覚的影響をより景観的に捉えるためにも、可視・不可視、視距離等を踏まえた評価手法が必要になると考えられ、今後それらを考慮した総合的な考察が課題となる。

## 参考文献

- 1) 小谷田隆芳：「多摩川における空間利用と景観構成の歴史の変遷の実態調査とパターン分析」 土木学会年次学術講演会講演概要集第4部, Vol. 55, pp. 174-175, 2000
- 2) 菊地信幸：「路線選定における景観評価のためのトンネル区間長の推定」 土木学会年次学術講演会講演概要集第4部, Vol. 51, pp. 744-745, 1996

## 多摩川周辺における地形変化の視覚的影響の分析

高山朋子\*\*・窪田陽一\*\*\*・深堀清隆\*\*\*\*

近年豊かな河川環境への実現に向け河川整備事業が進められているが、堤内地における開発では土地利用を推進するため地形は切り崩され、その土地が本来持ってきた河川景観に及ぼすイメージやインパクトが破壊される傾向が見られる。本研究は、今後の開発において地形変化が景観に与える影響を事前に評価できるようにすることを目的とし、多摩川周辺における地形変化に着目し、標高値変化量の分布図・計量地理学的指標・3次元景観透視図という3つの手法から地形変化の規模、特徴、視覚的な影響を定量化し、パターン分類することで視覚的影響を計量地理学的指標を用いて分析することができた。

## Visual effect of landform change in the Tama River

by TOMOKO TAKAYAMA\*\*・YOUICHI KUBOTA\*\*\*・KIYOTAKA HUKAHORI\*\*\*\*

It proceeds with the river repair business toward the realization to the rich river environment recently. But, geographical features were cut through to promote land use by the development in the inside of the levee. This research aims at trying so that it can evaluate the influence that influence to the landscape in the future development a change in geographical features in advance. It pays attention to a change in geographical features in the circumference of the Tama River, the distribution map, measurement geography study of the amount of a change in height above sea level value geographical index. The scale of a change in geographical features, characteristics made a visual influence a fixed quantity from three techniques of the three-dimensional landscape clairvoyant figure. Then, a visual influence could be analyzed by using the index by classifying a pattern like a study of the measurement geography.