

## 大分川中下流の5mDEMによる地形縦断曲線の特徴

Characteristics on Longitudinal Profiles of Landforms Analyzed by 5mDEM  
at Mid to Down Stream Area of Ooita River

黒木 貴一                      黒田 圭介                      磯                      望

Takahito KUROKI  
(社会科教育講座)

Keisuke KURODA  
(西南学院大学)

Nozomi ISO  
(西南学院大学)

宗                      建                      郎

後                      藤                      健                      介

Tatsuroh SOH  
(志學館大学)

Kensuke GOTO  
(大阪教育大学)

(平成26年9月30日受理)

### 要 旨

大分川中下流に対し5mDEMによる陰影図を判読し、堤防、法面、低地、河床1-3、微高地、段丘他、水域の微地形スケールの地形を区分した。地形毎に標高、比高、傾斜に関する地形縦断曲線を作成し、それらの曲線形状と河況との関係を詳しく検討した。この結果、二級河川と同様に一級河川に対しても5mDEMによる陰影図から地形を効率的に区分できることを示した。次に河川に関する地形縦断曲線に、堰(ダム)、海、地形狭窄に影響を受けた数10区間、支流合流に影響を受けた5区間程度の変化単位を識別した。地形縦断曲線に現れる変化単位は、曲線種で形状と明瞭さが異なり、水面基準の比高によるものが最も判別しやすい。このため水面基準の比高に基づく主題図やグラフから氾濫の危険性が高い地域を絞り込めることを示した。つまり地形区分毎の地形縦断曲線は、様々な様式で作成し河況と比較対照することで、異なるスケールの地形形成要因とその影響範囲を推定することができるので、氾濫リスクの評価に有利なことが分かった。

キーワード：5mDEM, 地形区分, 陰影図, 地形縦断曲線

### I. はじめに

自然災害の背景にある地形条件に関し、高精度DEMによる標高変化の分析<sup>1)</sup>、傾斜量などの主題図作成の実施<sup>2)</sup>が有効ではあるが、それに合わせて地形学的に地形を区分する必要がある。自然災害予測に不可欠な地形区分は、主にステレオペア空中写真の実体視判読で実施する<sup>3)</sup>が、広域を対象とする場合には、衛星画像による判読<sup>4)</sup>やDEMを用いた自動分類<sup>5)</sup>が知られてい

る。DEMを用いた地形区分は、山地・丘陵地の斜面に対しGIS解析による地形区分手法が近年検討されたが<sup>6), 7)</sup>、平野の地形に関しては区分の試みは十分ではなかった。そのため福岡平野の那珂川では2mDEMから、御笠川では5mDEMから陰影図を作成し、陰影図による地形区分を試み、空中写真以上の詳細な区分が可能で、結果から氾濫の背景を検討しやすいことを確認した<sup>8), 9)</sup>。しかし都市開発が進んだ小規模な二級河川での検討

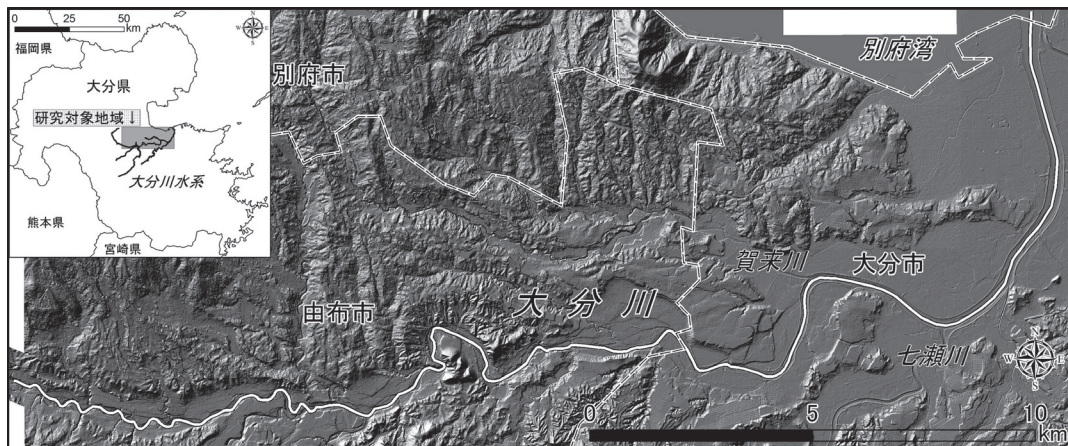


図1 研究対象地域

だったため、流域条件が多様でかつより大きな地形単位を持つ河川での同様の検討が残されていた。そこで本研究では大分川(一級河川)を対象(図1)に陰影図による微地形スケールの地形区分を実施し、河況に対する地形の特徴を地形縦断曲線から分析した。

## II. 研究方法

### 1. 研究対象地域

研究対象地域を大分川の中下流域(約24km×約10km)に設定する。国土交通省九州地方整備局大分川河川国道事務所のホームページ([http://www.qsr.mlit.go.jp/oita/docs/info\\_river.html](http://www.qsr.mlit.go.jp/oita/docs/info_river.html) (2013年9月6日閲覧))によれば、大分川は大分県中部にあり、南は九州山地で西は九重連山に発する支流(七瀬川や阿蘇野川など)が合流する。由布市では東流し、大分市において北流に転じて別府湾に達する延長55km、流域面積650km<sup>2</sup>の一級河川である。このうち本流の河口から上流約35km区間を分析対象とする(図1, 図2)。河口から上流に約8km地点で南から七瀬川が、約11km地点で西から賀来川が合流する。なお2004年10月には、大分川流域では台風23号による洪水が生じ多くの内水氾濫が発生した<sup>10)</sup>。

### 2. 使用DEMと地形区分

地形区分は、九州地方整備局が所有するレーザー計測による5mDEM(2005年測量)を使用した。陰影図と地形区分結果との対応を図3に示す。GISにより5mDEMから(1)225度と(2)315度の角度からの光とした陰影図を用意し、両者を判読し地形境界線を描画(ポリゴンの切断)し、(3)地形区分図とした。

地形は、堤防、法面、河床1-3、微高地、低地、

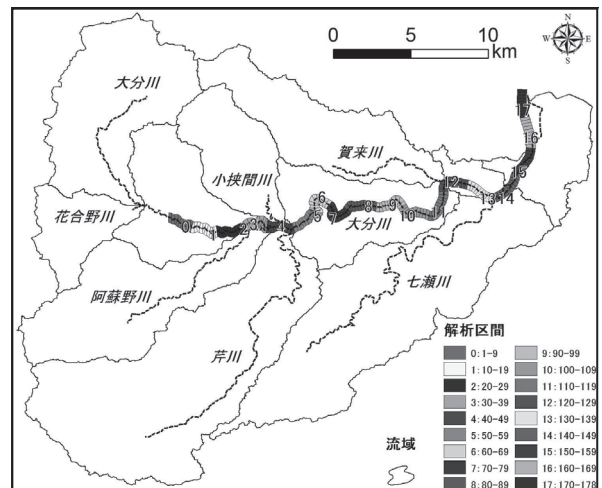


図2 解析区間と流域

段丘他、水域(図4)とし、その比高と連続性に基づき区分した。地形判読時には、電子国土ポータル(<http://portal.cyberjapan.jp/index.html>)の地理院地図を併用しつつ、景観も参考にして区分した。以下は区分の詳細目安である。

水域は、大分川の水面であり、ここでは一つの地形として扱った。堤防は、低地から突出する堤防のうち堤防上(天端)と堤内法面(裏法)とした。自然堤防と段差を持たずに連続する場合と、堤内法に道路が設置されている場合も、全体を堤防と区分した。法面は、低地から突出する堤防のうち堤外法面(表法)とした。堤防が見られなくなる場所から上流では、低地や微高地の法面を対応させた。さらに段丘など比高のある地形面の川側の斜面に谷が識別される場合は、段丘他に含めるが、遷急線が判別できればそれを法面に区分した。

河床は、堤外に見られる定高性を持つ段丘のような平坦面とした。空中写真で判読すると河床1-3は耕地・宅地化されていない人手が入らない

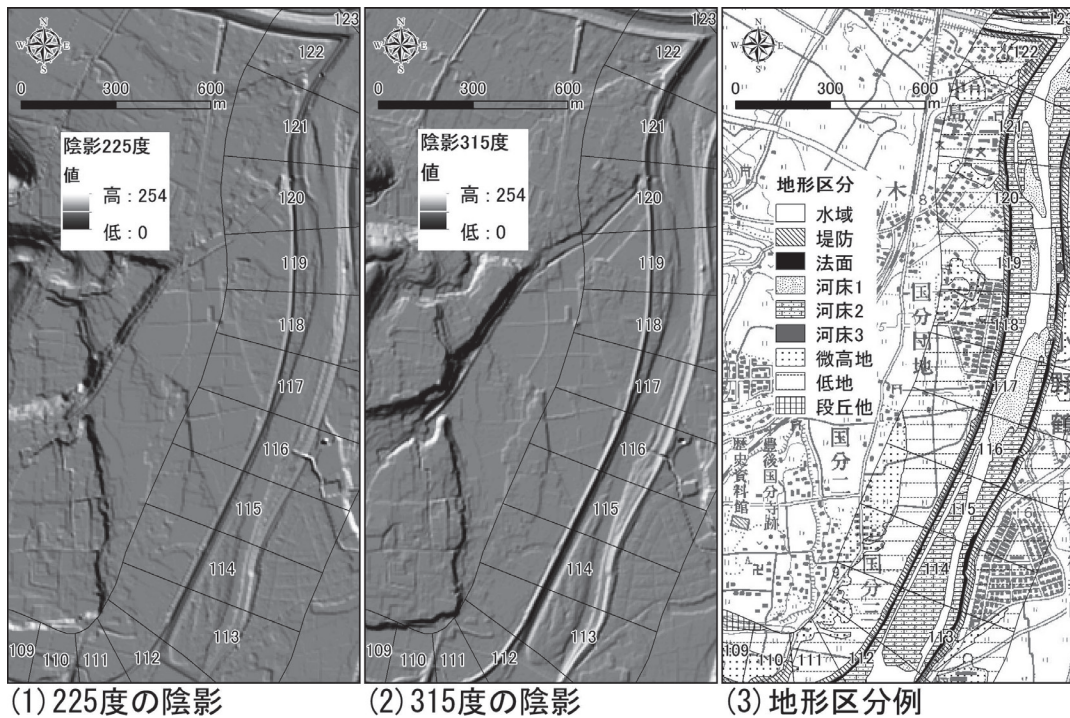


図3 陰影図からの地形区分

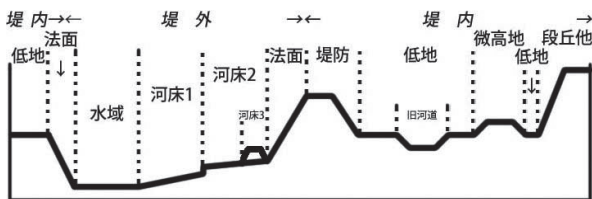


図4 地形区分モデル

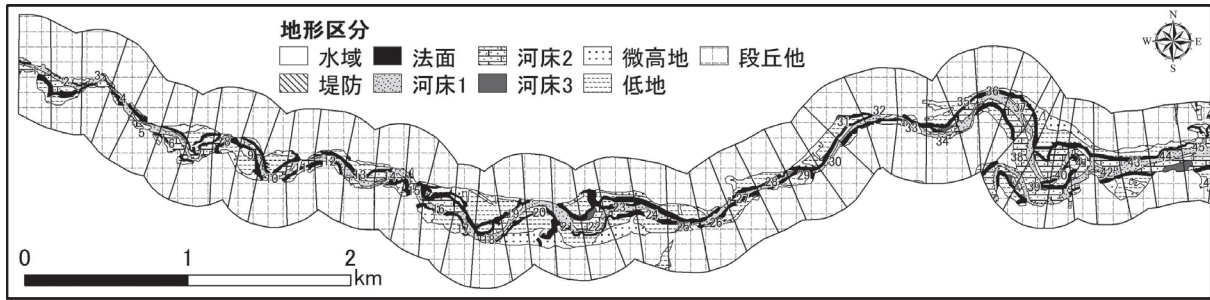
場所にほぼ相当し、概ね河床1は植生なし、河床2は草中心、河床3は樹木中心に対応する。ただ河床でも安定時間が長いと畑や広場等の人工改変地になることがある。斜面崩壊で河川に流れ込んだ崩落体状の場所で水域と段差があまり無い場所も、河床に加えた。河床1は、水域とほぼ同じ高さを持ち、段差を持たずに水域と滑らかに連続する地形で、礫や砂による州で、ポイントバーを読み取れることがある。上流部の水深の浅い場所は、調査でも空中写真でも水面下が岩盤や礫質河床を判断できる。そのような場所では水域下の河床にレーザーが到達したことが想定されるが、陰影起伏の判読からは河床1とした。河床2は、水域から数m上にある河床で下流ではかなり広く分布し、上下流方向の連続性がよい。運動場や駐車場としての利用も見られる。河床3は、河床2の上にある河床で、下流では堤防下位の犬走りのような細い段差として細長く追跡できる場合がある。上流では河床2の中に、全体に数m以上高まっ

ているものが見られ、人工的な盛土も加えられたものと思われるが、それも河床3とした。上流では、河床の段差が多くなり区分が難しくなる。この河床3は分布が少なく、合流点のすぐ上流に分布する傾向があるため、洪水時に合流点で速度が落ちることによる土砂堆積の結果を示す可能性もある。なお河床2と3は、土木的には水面より一段高い高水敷に、景観生態学では河床堆積地<sup>11)</sup>に相当し、洪水時には水面下となる地形である。

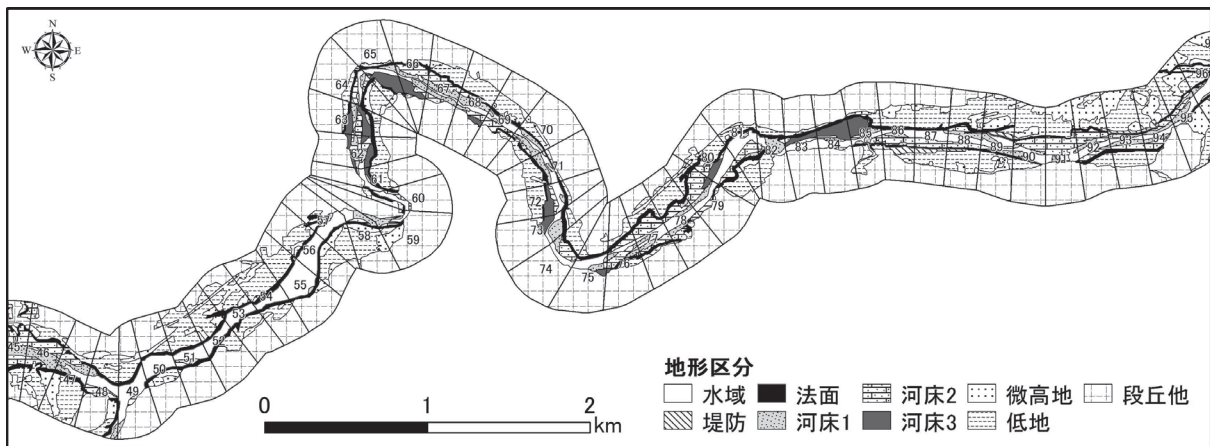
微高地は、堤防から離れた自然堤防や盛土地で、低地より一段高い地形とした。低地は通常、氾濫原と同義に扱われるが、河床より高く、段丘より低い平坦面で、自然堤防、旧河道、後背湿地で構成される全体である。ここでは旧河道と後背湿地を低地にまとめた。低地は旧河道が判別できることを段丘との識別条件とする。段丘他は、山地、丘陵、段丘などによる微高地よりも高い面とした。

### 3. 解析方法

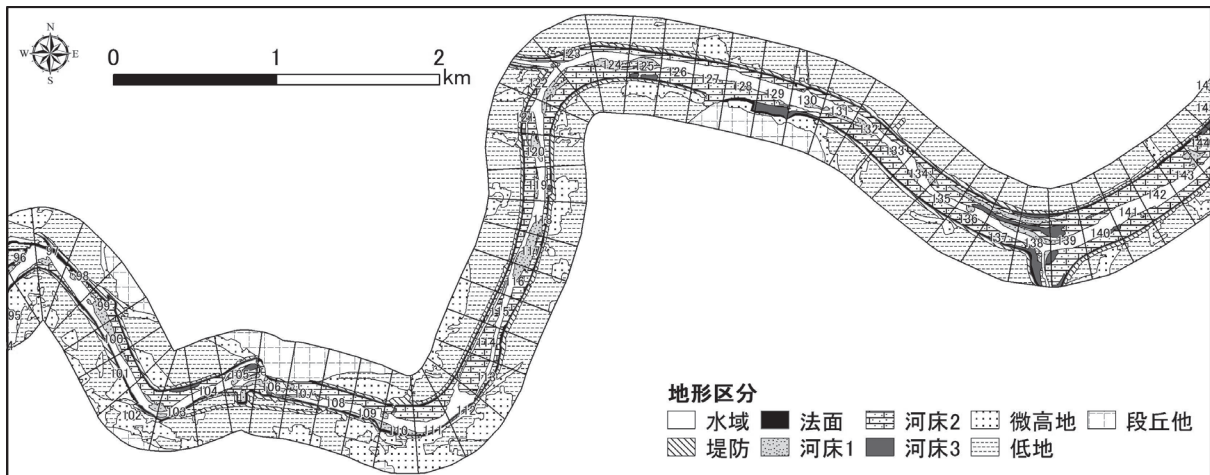
大分川中心線から300mのバッファ範囲に対し河川縦断方向に200m間隔で上流から下流に向かって区間1から区間178を設定した(図2, 図3)。区間毎にGISで各地形の平均標高を求め、それよりX軸を区間としY軸を平均標高、比高、傾斜とする地形縦断面図を作成した。ここでの地形区分は段丘形成の離水した同時面の考え方ではな



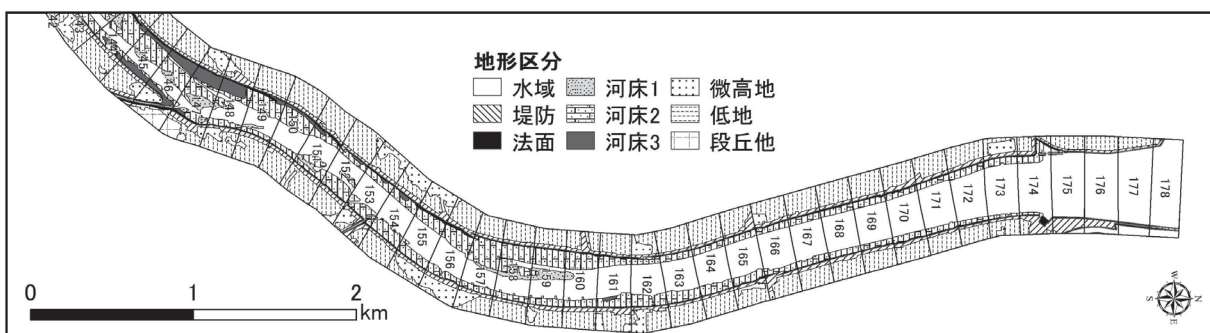
(1) 区間 1 から区間 45 付近



(2) 区間 45 から区間 96 付近

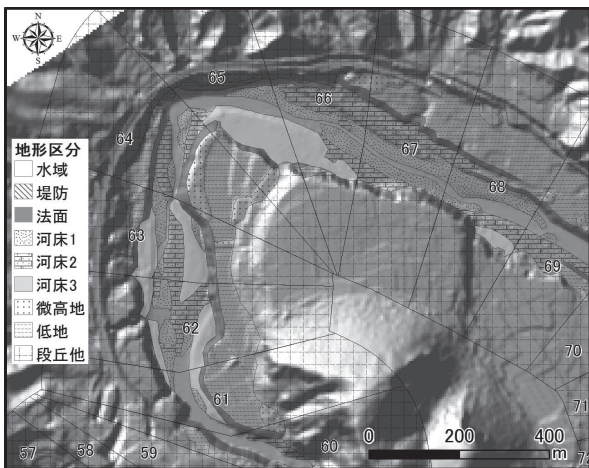


(3) 区間 96 から区間 144 付近

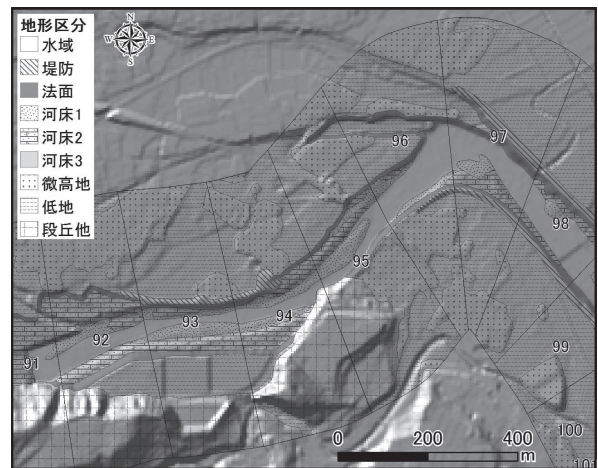


(4) 区間 144 から区間 178 付近

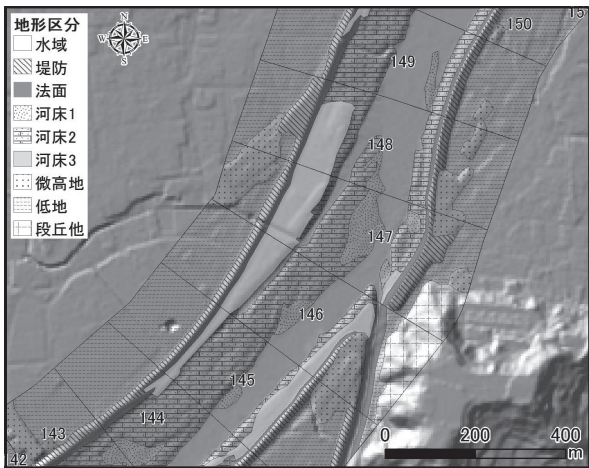
図 5 地形区分



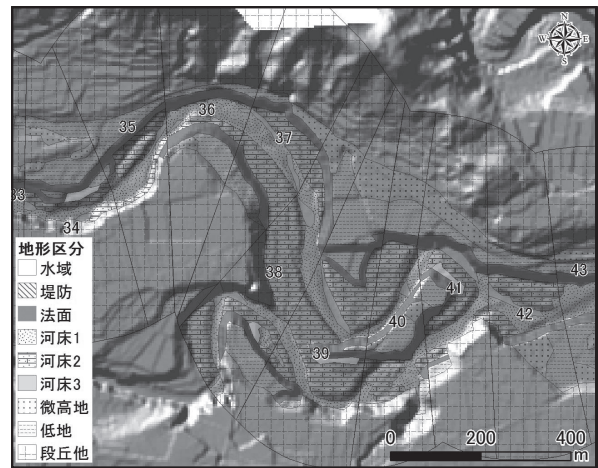
(1) 区間 66 付近



(3) 区間 94 付近



(2) 区間 146 付近



(4) 区間 40 付近

図 6 特徴的な場所の陰影と地形

く、洪水で堆積が進む水面を基準とした同条件(侵食基準)面と捉えている。このため常に水の影響を受けている水域、最大の洪水時に水が影響を直接及ぼす法面に関し、比高の特徴を検討する。すなわち各地形の平均標高に基づき、法面や水域の平均標高を 0 とする各地形の比高を分析する。さらに目的区間に対し 2 区間上流と 2 区間下流との平均標高差を 800m で割る 5 区間傾斜も分析する。最後に地形図から区間ごとに堰 (ダム, 堰大, 堰小ほか), 橋 (大, 中, 小ほか), 合流する河川 (1 条, 2 条) を判読し, その情報を整理して地形縦断面図の各曲線形状と対応づけ, 曲線形状を特徴付けた要因を考察した。最後に最近の氾濫被害地域と曲線形状との空間関係を確認した。

### Ⅲ. 地形区分の結果

#### 1. 地形分布と河川条件

図 5 は地形区分結果であり, 上流から (1) ~ (4)

に分割した。堤外地では河床 2 の分布が広く連続性が良い。区間 85 より上流では下流と比べ河床 1 と 3 の分布も多くなり, 礫床となり水域を区分できない区間もある。特に区間 42, 66, 76 付近では河床 2 や 3 が多く分布する (図 6 (1))。区間 86 より下流では堤防を区分できる。これより下流のバッファ範囲内の堤内では低地の面積割合が増し, 堤外では河床 1, 2, 3 の延長幅ともに広がる (図 6 (2))。法面は区間 86 より下流では堤防の表法に対応することが多いが, それより上流では低地, 微高地, 段丘他の崖が法面として区分された。区間 130 から区間 86 の間では微高地が多く分布する。区間 112 付近より上流では谷が狭まるにつれ各微高地が近接し, 連続することが多くなる (図 6 (3))。この際, 自然堤防による微高地は小さな段差を境に上流ほど高まる。つまり段丘他と低地との間で, 微高地は複数の段差を持つ階段状地形を呈する。この結果, 微高地と低地

との比高は上流ほど増し、微高地はついに段丘他と区別しにくくなる。さらに区間 99 より上流では、低地と河床との比高が拡大し低地が段化（沖積段丘化）しはじめ、両者の区分がより一層難しくなる。このため、低地の判断基準に、地形の連続性に加えて旧河道の明瞭さを加えた。特に区間 40 付近では高さの異なる低地の段化が著しい（図 6 (4)）。この区間の微高地は幅が狭く河川流向に沿う分布を示しやすくなるため低地とは比較的区分しやすい。

各地形の代表的な景観を上流から下流へと示す。写真 1 は区間 39 の景観である。手前から河床 1、水域、河床 2、法面、低地である。遠方は段丘他である。河床 1 は大礫で構成されており、植生がまばらなため洪水時に水面下になりやすいと思われる。河床 2 は雑草に厚く覆われておりまれに雑木もある。河床 2 は河床 1 より水面下になりやすいと思われる。撮影時の水域からの比高は、河床 1 が約 2m、河床 2 が約 5m、低地が約 9m だった。写真 2 は区間 87 の景観である。南から段丘他、低地、堤防、法面、河床 2 である。堤防が道路となっている。撮影時の水域からの比高は、河床 2 が約 2m、堤防が約 5m である。この付近より下流では堤防が連続するが、区間 87 の堤防は水域からの比高が小さい。低地は堤防から約 3m 低いが、そこに約 1m の盛土が施された住宅がある。元の堤防の天端を約 0.5m 上げて道路化したことが考えられる。

写真 3 は区間 159 の景観である。手前が河床 2 で、遠方に水域、法面、堤防が見える。手前の河床 2 は人為的に広場として整地されている。左岸側に中州があり、南側が河床 2、北側が河床 1 となっている。河床 1 は泥質の堆積物に周囲は覆われているが、高い場所は葦で覆われる。河床 2 は水域から比高約 2m にあり雑木に覆われる。

地形分布の特徴から、対象地域は、河床 1、2、3 の多い範囲 1 (区間 1-85)、微高地の多い範囲 2 (区間 86-130)、低地の広い範囲 3 (区間 131-最終区間) に区分できる。バッファ範囲外も参照すれば、範囲 1 は山地、範囲 2 は段丘、範囲 3 は沖積低地が景観の特徴である。このように、DEM による陰影図から地形を区分でき、その分布の特徴を詳しく読み取れた。

## 2. 平均標高と河況

図 7 は各地形の平均標高による地形縦断曲線を示す。各地形は上流で 200m 以上あり河口（区間 178）では約 0m になる。地形縦断曲線の下に

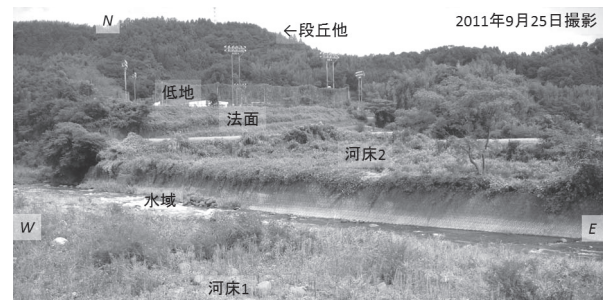


写真 1 区間 39 の景観



写真 2 区間 87 の景観

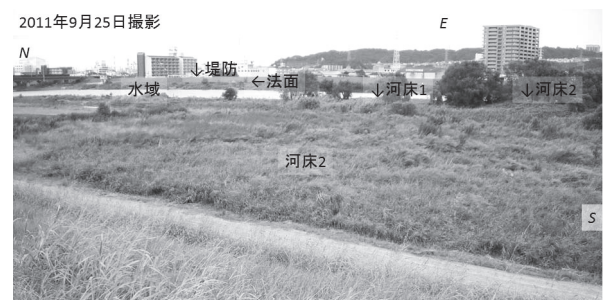


写真 3 区間 159 の景観

区間別の河川条件、堰、橋、河川の合流の有無を示した。堰は大（ダムを含む）、小（堰状の障害物を含む）に区分した。橋は、大（鉄道を含む）、小（中程度以下の橋）に区分した。支流の合流は川の項目に示し、地形図の川の表現に基づき 1 条を小、2 条を大に区分した。解析区間を示すセルに河川条件の大小を明暗の模様で示し、区間と条件との位置関係を判読しやすくした。大小の条件が同じ区間内に共存する場合は、大を優先した。堰は、大が 3 区間、小が 6 区間ある。ちなみに区間 58 はダムである。橋は、大が 17 区間、小が 10 区間ある。ちなみに区間 160 は鉄道である。河川の合流は、大が 9 区間、小が 33 区間ある。

段丘他を除き各曲線は、平衡河川の河川縦断曲線と似た指数関数<sup>12)</sup>で近似される下に凸の形状となった。各曲線を下流方向に河川条件と対比しながら観察する。区間 50 付近で水域、河床 1、河床 2、法面の標高が安定し区間 58 で急低下する。区間 58 に設置されたダムの影響で河床 1、河床 2

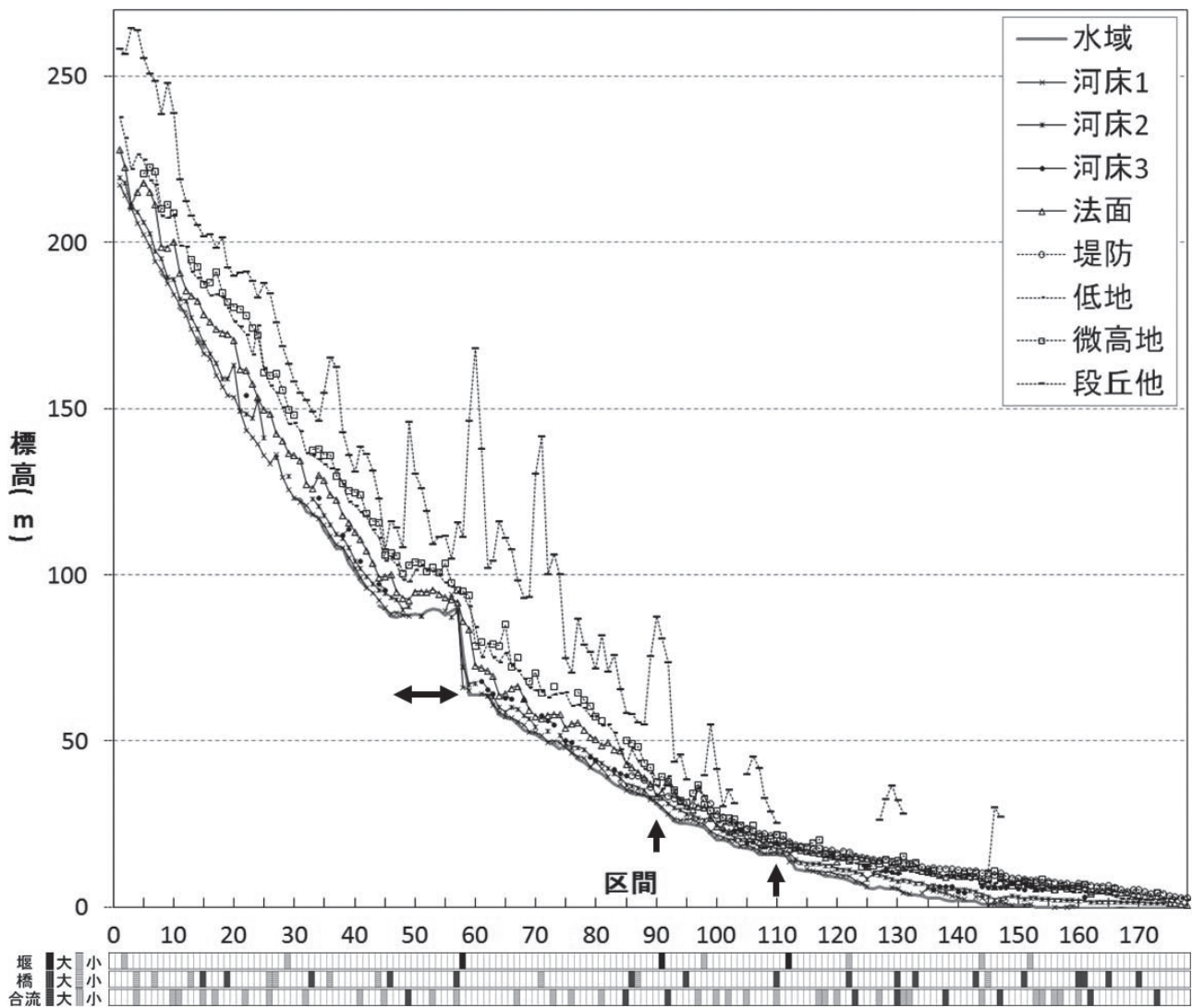


図7 平均標高による地形縦断曲線

の標高が高まっていると考えられる。低地と微高地の曲線にも同様の傾向が見えるが、ダム建設後の経過時間は地形形成の時間に対し短い。このため工事に伴う地形改変かダムを設置しやすい元々存在した狭窄部による不連続な地形配置が要因と思われる。区間90と110付近で水域、河床1、河床2、法面の標高が少し安定化した後に急低下する。そこには大きな堰が設置されている。

このように、地形縦断曲線の安定と急低下から水域、河床1、河床2、法面形成の堰の影響を識別できた。しかしこの曲線からは、全標高幅に対し各地形間の標高差が極めて小さいためグラフの凹凸が十分に表現できず、河床1、2以外の地形に規則的な標高変化を見いだしにくい。また橋や河川合流の標高に対する影響は全く読めない。

### 3. 法面基準の比高と河況

段丘を除く各地形に関し、法面の平均標高を0mとする比高の地形縦断曲線(図8)を作成した。上流から下流方向に観察する。

堤外の水域、河床1、河床2はグラフ形状がよく似ている。河床1と河床2でみると20-30区間、35-60区間、60-90区間、95-110区間、125-最終区間の数10区間の变化単位(比高が次第に縮小し急拡大する)がある。また区間33、45、70、95、128、162付近などに5区間程度の変化単位(比高が急縮小し急拡大する)が見られる。前者の下流端には堰(ダム)と海面があり、後者の中央位置には橋よりも支流の合流が多く対応する。この大小の変化単位は二級河川の御笠川<sup>13)</sup>や那珂川<sup>14)</sup>でも規模は異なるが同様に識別されている。河床3に関してはデータが少ないが、河床2より

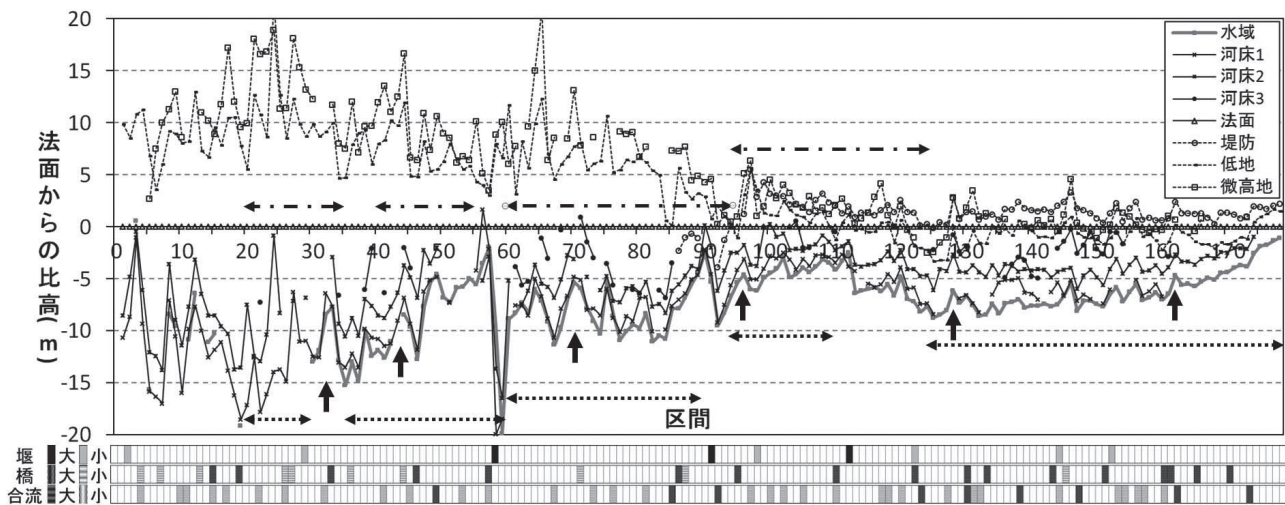


図8 法面基準の比高による地形縦断曲線

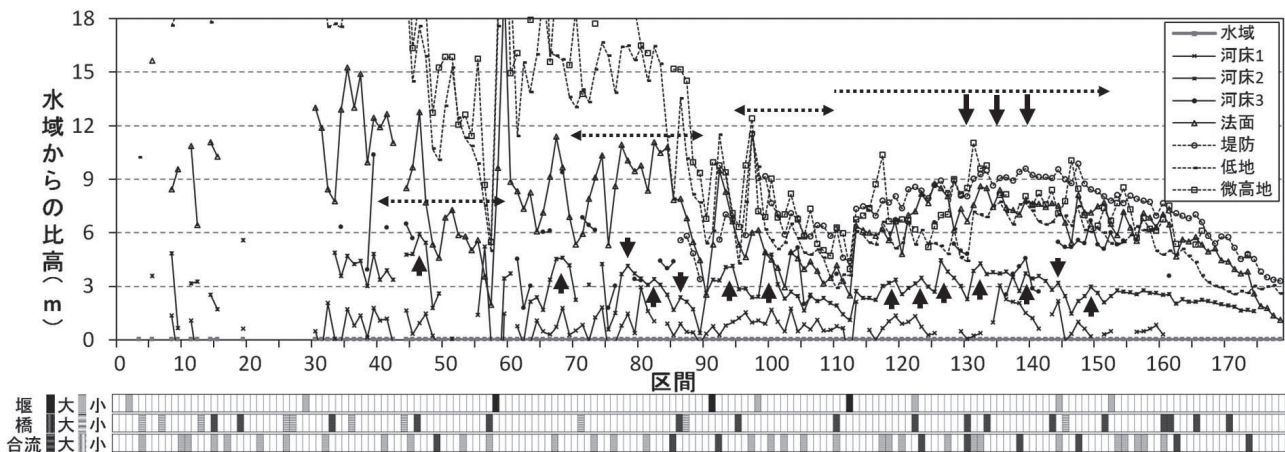


図9 水域基準の比高による地形縦断曲線

も堤内の低地と変化傾向が似ている。

一方、堤内の微高地と低地のグラフ形状もよく似ている。低地では、比高が次第に拡大し縮小する変化単位の20-35区間、40-55区間、60-95区間、95-125区間を区分でき、それらは堤内の数10区間の变化単位と近い位置にある。各単位の下端は平野に山地や段丘が張り出し大分川に近接するため狭窄部となっており、偶然にもそのような場所に堰が設置されたことが考えられる。ただ堤外とは異なり区間125より下流では比高の変化は少なく特徴が読み取れない。また堤内の数10区間の变化単位は、堤外に対し逆相関を示す。堤内と堤外の地形の標高が接近することは、洪水時の浸水リスクが高まることを意味する。また堤外のものに近い位置に5区間程度の変化単位も見られる。

このように、法面を基準とする地形縦断曲線で

は、堤外は河川施設と海による数10区間の、堤内は堤外とは異なる地形分布の影響を推定させる数10区間の变化単位が読み取れた。また堤内外ともに支流合流によると思われる5区間程度の変化単位を読み取れた。なお堤内と堤外の数10区間の变化単位は法面に対し逆相関を持つ。これは法面を基準とする比高分析で、洪水氾濫の浸水危険性を持つ各地形の標高が接近する場所をおおよそ特定できることを示す。

#### 4. 水域基準の比高と河況

段丘他を除く各地形に関し、水域の平均標高を0mとする比高の地形縦断曲線(図9)を作成した。上流から下流方向に観察する。

微高地、低地、法面、河床2の区間110より下流12km間では中央より上流部に極大値を持つ緩やかな上に凸の曲線となる。堤防もそれに合わせ



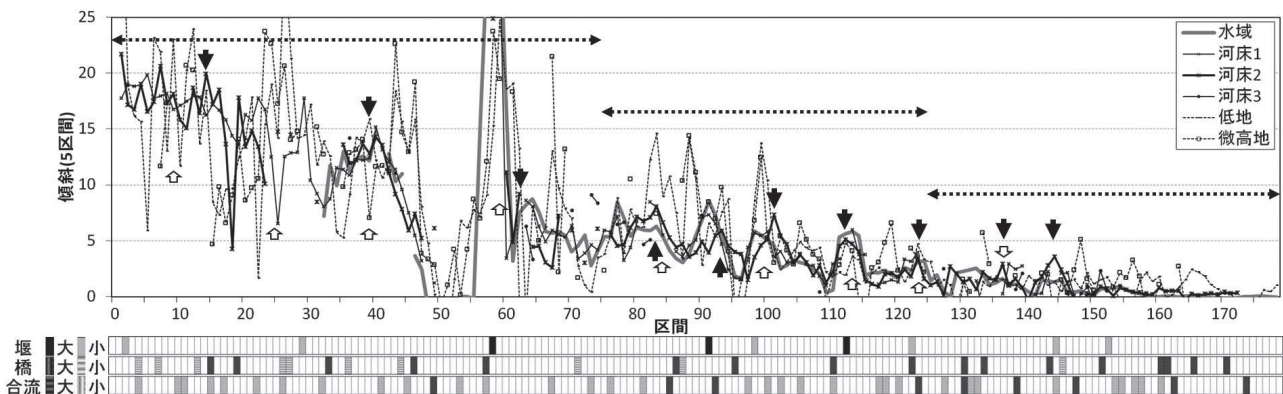


図10 傾斜による地形縦断曲線

るように一定の比高を保っている。この凸曲線の末端が静水域の海なので、極大値の場所は海の影響で流速が落ちたため運搬土砂が停止（地形形成）しやすく、比高が最も高められていると考えられる。つまり土砂を停止させる海の影響が河口から上流約 12km にまで及び、その力は河口から 9km 付近で強いことになる。本区間では、低地、微高地が区間 140 付近で比高の極大を迎えるのに対し、河床 2 は 130 付近に極大があり、堤内外の地形間でギャップが認められる。この理由は現時点では不明である。

河床 2、低地、微高地では、比高が急拡大し次第に縮小する 40-60 区間、70-90 区間、95-110 区間の数 10 区間の变化単位があり、それらは法面基準の曲線とほぼ同じ位置に識別される。それぞれの下流端には堰（ダム）および地形狭窄部があることになり、これらが特に区間のより上流ほど土砂が堆積しやすくなる影響を及ぼしていることを示す。

さらに河床 2 では比高が急拡大し次第に縮小する 5 区間程度の変化単位（区間 47, 68, 78, 82, 86, 94, 100, 119, 123, 126, 132, 140, 144, 149 付近）が多くみられる。各区間付近には支流合流が多く対応し、橋が無い場所でもこの変化単位が識別できる。つまりこの変化単位は支流の合流する場所付近で土砂が堆積しやすいことを示している。同様の变化周期は河床 1 に限らず堤内の低地にも若干認められる。さらに法面基準の地形縦断曲線（図 8）に比べ、その変化単位と支流合流との対応関係はより明瞭である。

このように、水域基準の地形縦断曲線では、堤内と堤外ともに海、堰（ダム）、地形狭窄の条件による数 10 区間の、支流合流の条件による 5 区間程度の変化単位を読み取ることができた。特に支流合流と 5 区間程度の変化単位との関係は、水

域基準の地形縦断曲線が法面基準のよりも明瞭だった。なお堤内の低地や微高地に、現在の堰（地形狭窄部）や支流合流の影響が及ぶのではなく、後水期に間に両影響が継続的にそこに及んでいたと考えている。ただ情報がこれ以上ないため、これ以降の議論は機会を改める。

## 5. 傾斜と河況

段丘他、堤防、法面を除いて 5 区間でみた傾斜による地形縦断曲線（図 10）を作成した。上流から下流方向に観察する。この検討は、山地の地すべり土塊の堆積状況の推定に傾斜量による河床縦断曲線を利用した報告<sup>15)</sup>を参考とした。

堤外の地形では、下流に行くにつれて傾斜は低下するが、低下率から 1-75 区間、75-125 区間、125-最終区間に三分区できる。各区間は、地形分布で識別された 50 区間程度の範囲 1-3 にほぼ対応する。

河床 2 には特に傾斜が漸増しその後漸減する 5-10 区間程度の変化単位が認められ、区間 15, 40, 63, 83, 93, 102, 112, 123, 137, 144 付近にその極大値がある。区間 83 より下流の極大値は堰や橋ではなく支流合流の位置に多くは対応するが、その上流ではそれらとの対応関係は不明瞭である。

堤内でも、不明瞭ながら堤外と共通する傾斜低下の 1-75 区間、75-125 区間、125-最終区間の三分区と、5-10 区間程度の変化単位が識別される。より上流では変化単位のピークは区間 10, 25, 40, 60 付近に明瞭だが、これらは河床 2 との対応はあまりなく、堰など河川施設との対応も不明瞭である。区間 80 付近より下流では、各曲線には河床 2 とほぼ同じ区間 85, 100, 112, 123, 137 付近に極大値を持つ変化単位が見られる。つまり低地と微高地では、支流合流に対応する 5-10

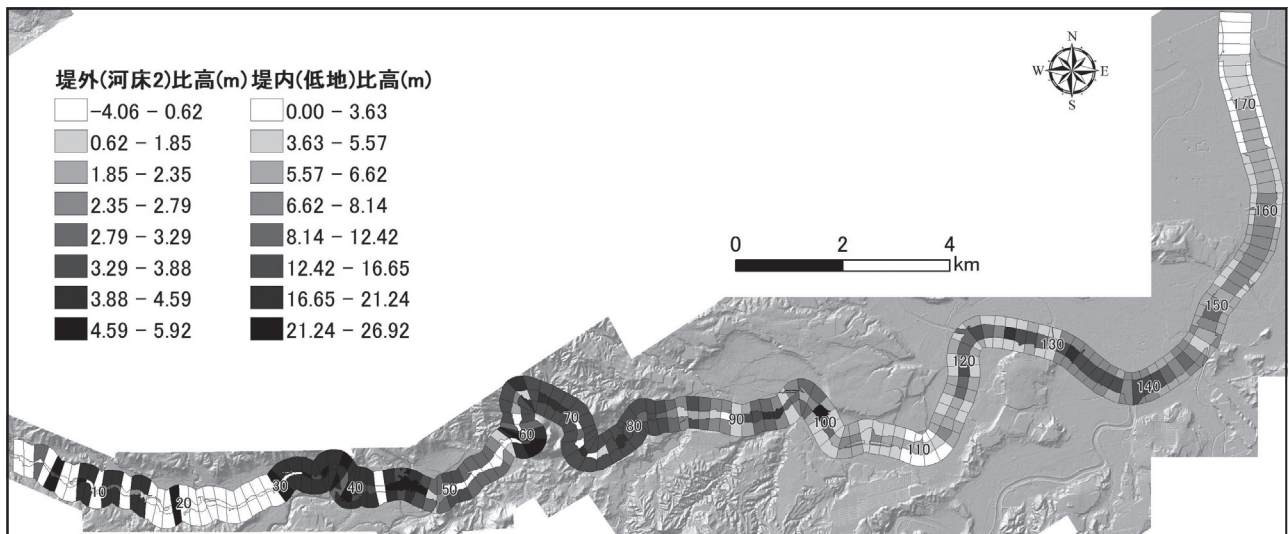


図11 解析区間の比高による階級区分

区間程度の傾斜の急増減が見られるが全てに対応していない。

このように、傾斜変化曲線では、比高による曲線の5区間程度の変化単位が現れた位置に、独特の変化単位が見られた。すなわち地形分布と対応し傾斜低下率が近い50区間程度の区間の中にそれぞれ、傾斜が増減する5から10区間程度と同規模の変化単位を堤内外ともに識別できる。5から10区間程度の変化単位は下流では支流合流の位置に多くは対応するが、上流では対応する河川条件が不明瞭なため、今後の検討余地が残る。

#### IV. 単位区間形成と氾濫

河川条件の影響を示すグラフの変化単位が最も容易に多く識別できる比高による地形縦断曲線に関し、洪水氾濫のリスク評価の結果表示方法を考察する。これまでの検討で、土砂が停止しやすくなる場所には、流速を低下させる河川条件の堰(ダム)や海、支流合流が存在することが分かった。二級河川と違い橋の影響は識別できなかった。さらにその影響は堤外に止まらず堤内にも及んだ。この特徴は、区間58のダムより下流で、微高地の多い範囲2と低地の広い範囲3で読み取りやすい。

図9の地形縦断曲線をさらに検討する。数10区間の変化単位で見ると、その両端では各地形の比高が接近し、その中央では拡大する。また微高地のように高い地形程、その中央で比高の高まる割合が高い。5区間程度の変化単位で見ると、凹凸の起伏は上流ほど大きく、またそれは高い地形程大きい。このため、河川を縦断方向に見ると、

大きな周期と小さな周期で堤外地形と堤内地形の標高差の拡大縮小が堤内外で同調して繰り返されていることになる。

まず図9で使用したデータに基づき連続性のよい堤外地形の河床2、堤内地形の低地の比高の分布特徴を自然分類により階級区分図化して確認する(図11)。区間58のダムより下流では、堤内の低地は区間60~80付近、区間90~100付近、区間130~150付近で周囲より階級が高まる。これに対し、堤外の河床2は区間70~80付近、区間90~100付近、区間120~140付近で周囲より階級が高まる。この場合、区間120~130付近で、堤外の比高が高く水位が高まる状況にあって、堤内では比高が高まらず低く水が集まる反対の状況になる。実際、九州地方整備局河川部([http://www.qsr.mlit.go.jp/n-kawa/r\\_oita/suigai.html](http://www.qsr.mlit.go.jp/n-kawa/r_oita/suigai.html) (2014年8月8日閲覧))の水害の記憶によれば、区間123では平成16年10月台風23号洪水-賀来地区の越水、区間132では平成5年9月台風13号洪水-尼ヶ瀬地区の内水被害が生じた。

次に堤外で連続性のよい河床2、堤内で連続性の良い低地を用いて、その比高差(平均標高差)を求めグラフ化した(図12)。堤防が敷設された区間86より下流を見る。グラフでは海、堰(ダム)、地形狭窄の条件による数10区間と対応付けられる変化特徴を識別できない。恐らく形成営力がほぼ同じ地形間での差分では、堰や地形狭窄等のより大きな河川条件の影響が相殺されることとなり、純粋に支流合流による営力の堤内外での違いを示せたものと考えられる。グラフの負値は河

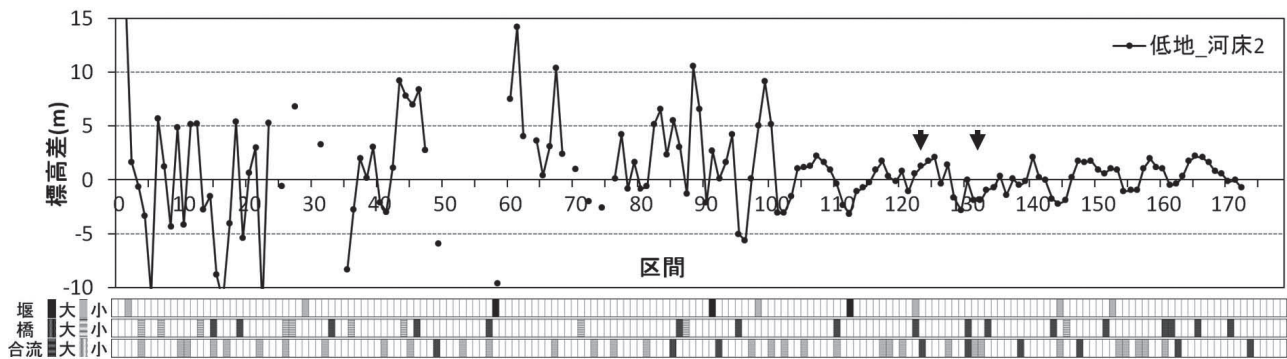


図12 低地と河床2の比高差

床2が低地より高まっている天井川に似た状態を示している。その条件地では低地に対し洪水時には水位が高まるため外水氾濫の危険が、また支流が本流に合流しにくいための内水氾濫の危険が生ずるものと考えられる。ここに過去に越水の生じた区間123と内水氾濫の生じた区間132を重ねてみると、両区間はグラフが下に凸の範囲に対応するように見える。

このように堤外に対し河床2の比高を堤内に対し低地の比高を当てはめ、解析区間全体を階級区分図化することにより、氾濫の危険性が高い地域を提示できることが分かった。また低地と河床2の比高差のグラフから氾濫の危険性が高い場所を絞り込めることが分かった。

## V. まとめ

大分川を対象に5mDEMによる標高、比高、傾斜に関する地形縦断曲線を地形別に作成し、それらを河川縦断方向に詳しく観察した結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 5mDEMで一級河川に対し陰影図から堤防、法面、低地、河床1-3、微高地、段丘他、水域の微地形スケールの地形区分を実施し、分布の特徴を検討できた。
- 2) 平均標高による地形縦断曲線の安定と急低下から水域、河床1、河床2、法面形成への堰の影響を識別できた。しかし橋や支流合流の標高への影響は議論できない。
- 3) 法面基準の地形縦断曲線では、堤外は河川施設、海による数10区間の、堤内は地形狭窄の影響を推定させる数10区間の、堤内外ともに支流合流によると思われる5区間程度の変化単位を読み取れた。数10区間の変化単位は法面を中心に逆相関を持つため、浸水リスクを持つ場所を示すことができる。
- 4) 水域基準の地形縦断曲線では、法面基準のも

の以上に、堤内と堤外とも海、堰（ダム）、地形狭窄の条件による数10区間の、支流合流の条件による5区間程度の変化単位を読み取れる。

5) 傾斜による地形縦断曲線でも、比高による曲線と似た規模の支流合流の条件を示す変化単位を表現できた。

6) 河床2と低地の比高を堤内外の解析区間に当てはめ階級区分図化すると、氾濫の危険性が高い地域全体を鮮明化でき、また低地と河床2の比高差をグラフ化すると氾濫の危険性が高い場所を絞り込める。

7) 地形区分毎の地形縦断曲線は、様々な様式で作成し検討することで、異なるスケールの地形形成要因とその影響範囲を示すことができるので、氾濫リスクの評価に有利なことが分かった。

## 謝 辞

5mDEMの使用に関し国土交通省九州地方整備局河川部河川管理課水災害予報センター流域調査係長の杉田様にお世話になった。本研究に伴う調査では平成23年度科学研究費補助金（基盤研究（C））；課題番号23501243「都市域における時空間地理情報を用いた氾濫原の特性評価の研究」（研究代表者 黒木貴一）および23501253「土砂災害発生に関する経年的変化の検討」（研究代表者 磯望）の一部を利用した。ここに記して謝意を表す。本稿は2012年および2014年日本地理学会春季学術大会で発表した内容<sup>16), 17)</sup>に検討を加えまとめた。

## 参考文献

- 1) 小荒井衛・中埜貴元・乙井康成・宇根寛・川本利一・醍醐恵二（2011）：東日本大震災における液状化被害と時系列地理空間情報の活用．国土地理院時報，122，127-141．
- 2) 太田岳洋・八戸昭一（2006）：数値標高モデ

- ルによる地形計測の現状と応用例. 応用地質, 46, 347-360.
- 3) 武田裕幸・今村遼平 (1976): 建設技術者のための空中写真判読. 共立出版, 219p.
  - 4) 大倉博・春山成子・大矢雅彦・スーウィット・ウイブーンセート・ランブン シムキン・ラサミー スワウイラカムトン (1989): 衛星リモートセンシングによるタイ中央平原の水害地形分類. 国立防災科学技術センター研究速報, 83, 1-25.
  - 5) 岩橋純子 (1996): 標高データ (DEM) を用いた地形分類手法. 測量, 46-4, 25-30.
  - 6) 八木浩司・檜垣大助・吉松弘行・相楽渉・高木洋一・内山庄一郎 (2003): 空中レーザー高精度地形図の地すべり・微地形判読への応用. 日本地すべり学会誌, 39, 421-427.
  - 7) 佐藤浩・岩橋純子・小荒井衛・神谷泉・小室勝也 (2010): 国土地理院における高解像度 DEM の整備とそれを活用した地理情報解析研究. 地形, 31, 359-382.
  - 8) 黒木貴一・磯望・後藤健介・宗建郎・黒田圭介 (2011): 基盤地図情報の 5mDEM を用いた御笠川の土地条件解析. 日本国際地図学会平成 23 年度定期大会発表論文・資料集, 38-39.
  - 9) 黒木貴一・磯望・後藤健介・宗建郎・黒田圭介 (2011): 那珂川中流域におけるレーザーデータを用いた氾濫原の地域区分. 2011 年秋季学術大会日本地理学会発表要旨集, 80, p157.
  - 10) 国土交通省 (2004): 平成 16 年台風 23 号について. [http://www.mlit.go.jp/bosai/disaster/saigaijyohou/h16/typhoon23\\_05.pdf](http://www.mlit.go.jp/bosai/disaster/saigaijyohou/h16/typhoon23_05.pdf) (2012 年 7 月 8 日閲覧).
  - 11) 中村太士 (1990): 河床堆積地の時間的・空間的分布に関する考察. 日林誌, 72-2, 99-108.
  - 12) 高山茂美 (1974): 河川地形. 共立出版, 304p.
  - 13) 黒木貴一・磯望・後藤健介・宗建郎・黒田圭介 (2011a): 基盤地図情報の 5mDEM を用いた御笠川の土地条件解析. 日本国際地図学会平成 23 年度定期大会発表論文・資料集, 38-39.
  - 14) 黒木貴一・磯望・後藤健介・宗建郎・黒田圭介 (2011b): 那珂川中流域におけるレーザーデータを用いた氾濫原の地域区分. 2011 年秋季学術大会日本地理学会発表要旨集, 80, p157.
  - 15) 黒木貴一・福塚康三郎・野口貴至 (2006): 斜面地形形成による河川縦断曲線の変化とその特徴. 応用地質, 46, 311-319.
  - 16) 黒木貴一・磯望・後藤健介・宗建郎・黒田圭介 (2012): 5mDEM による大分川の地形縦断曲線. 2012 年春季学術大会日本地理学会発表要旨集, 81, p246.
  - 17) 黒木貴一 (2014): 堤外の微地形解析の改善と意義 - 「微地形と地理学」グループ発表①. 2014 年春季学術大会日本地理学会発表要旨集, 85, p204.