

白川の微地形と 2012 年九州北部豪雨災害

Micro-Topographies of the Shirakawa River and the 2012 Northern Kyushu Heavy Rain Disaster

黒木 貴一 磯 望 黒田 圭介

Takahito KUROKI
(社会科教育講座)

Nozomi ISO
(西南学院大学)

Keisuke KURODA
(西南学院大学)

(平成27年 8月18日受理)

要 旨

2012年九州北部豪雨で浸水被害の生じた白川及び黒川を対象に、5mDEMによる陰影図から微地形を判読した。その結果から地形量を解析し、豪雨に伴う浸水範囲との関連を検討した。全体的に見ると、河岸の平均比高や河岸と他地形との平均比高差が減少すると浸水幅が増加し、増加すると浸水幅が減少する。部分的に見ても平均比高差の増減と浸水幅との関係は全体と同じ傾向になった。また河岸の面積割合は、全体的かつ部分的に見ても、それが増加すると浸水幅が減少し、減少すると浸水幅は増加する。堤外体積は、全体的かつ部分的に見ても、それが減少すると浸水幅が増加し、増加すると浸水幅は減少する。これは白川では浸水幅と関連する数10km規模と、その中に約6kmのスケールは異なるが同じ地形構造が存在することを示す。この地形構造を把握することで浸水被害に対する地域の脆弱性を評価できる。

キーワード：白川, 5mDEM, 2012年九州北部豪雨, 陰影図, 微地形, 浸水幅

I. はじめに

沖積平野に生じる洪水被害の原因を検討する際、空中写真判読に基づく堤内の微地形区分を実施し、氾濫を導く旧河道などの脆弱な場所を指摘し氾濫後の浸水特性が議論されてきた^{1)~3)}。今日研究された微地形と氾濫特性との関係を背景に、国土交通省による治水地形分類図は作成され、ハザードマップ作成につながる。しかしこれは居住地側の堤内に対する検討に限られているため、微地形を構成する氾濫土砂の供給源側である堤外に関する検討はなかった。

そこで福岡平野の二級河川的那珂川⁴⁾と御笠川⁵⁾、一級河川の大分川⁶⁾と大淀川⁷⁾に見られる堤外の微地形に関し、2~5mDEMの陰影図による区分を試み、河川構造物や氾濫実績との比較検討を進めた。その結果、氾濫の生じやすさと微地形の比高、微地形の比高と橋や堰等の河川構造物・支流・海の存在、本川への支流合流との間

に関連が見出された。ただ各分析が各河川の下流域に限定され、河川の流下方向に25m, 100m, 200m, 250m区間の短区間で検討したため、上流から下流までを通じた微地形の特徴及び氾濫との関連性の検討が残っていた。そこでカルデラ、峡谷、段丘、平野等多様な地形分布域を通過し、比較的延長が短く、2012年九州北部豪雨で氾濫し浸水被害の出た一級河川の白川を対象に、分析区間をこれまでより延長し河川微地形のGIS分析を試みた。結果から地形と浸水特性との関係を考察する。

2012年九州北部豪雨では、九州北部の一級河川の山国川、筑後川、矢部川、白川の各流域に多くの斜面崩壊、土石流、氾濫被害が生じた^{8)~11)}。この際、白川上流域で、阿蘇カルデラ壁上部の斜面崩壊と下部の土石流、カルデラ底での氾濫被害が生じ、また立野峡谷より下流では氾濫による耕作地の侵食や土砂による埋没、また

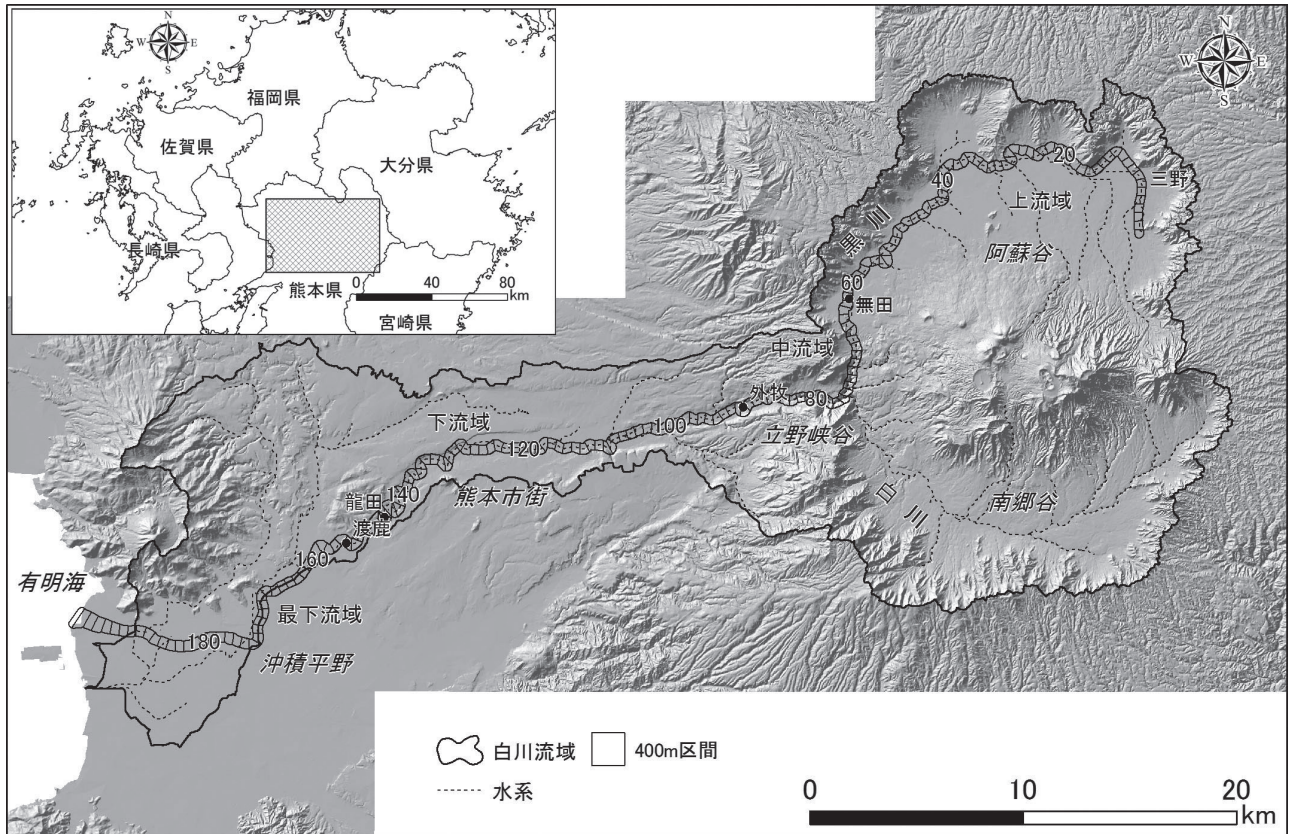


図1 調査対象地域

住宅地の浸水被害もあった¹²⁾。この浸水範囲は上流の阿蘇カルデラ内で約2000haで下流では約281haであり¹³⁾、熊本県では死者・行方不明者25人、全・半壊家屋1462棟、床上・下浸水1912棟を記録した¹⁴⁾。

II. 研究方法

1. 調査対象地域

熊本県の白川流域で生じた氾濫被害を検討事例とする。白川は流路長74km、流域面積480km²である。調査対象地域(図1)は阿蘇カルデラ底の阿蘇谷を反時計回りに流れる黒川と、立野峡谷を通過し熊本平野を西流し有明海に注ぐ白川の流域とする。黒川と白川を上流から幅400mに対し延長400m間隔で区切りNo.1-196の区間を設定した。カルデラ底の阿蘇谷(No.1-67)を上流域、立野峡谷(No.68-84)を中流域、熊本市街(No.85-162)を下流域、沖積平野(No.163-196)を最下流域と区分した。図1は背景に10mDEMによる陰影図を置き、そこにGISで計算した水系を表示したが、最下流部は極平坦で治水事業も進んでいるため実際の水系と位置が異なる。

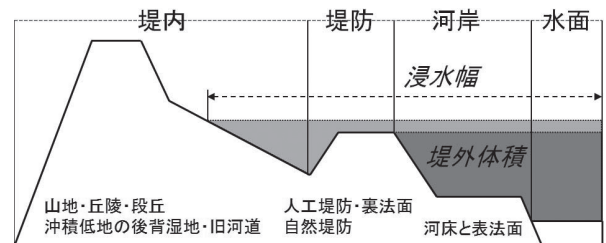


図2 白川の地形区分モデル

2. 地形区分と解析方法

基盤地図情報の5mDEMによる陰影図から地形区分を実施した^{4), 5)}。陰影図の光源高度は45度で光源方位は315度と225度とした。地形は上位より堤内、堤防、河岸、水面に区分した(図2)。堤内は、山地・丘陵・段丘と沖積低地の後背湿地・旧河道を含む。特に中流域では段丘と沖積低地の区分が難しい。堤防は人工堤防・裏法面と自然堤防を含む。河岸は河床と表法面を含む。5mDEMが欠落し河水がある範囲を水面とした。なお両陰影図で影となり判読し難い中流域に対しては、光源高度を90度とし光源方位を315度とする陰影図を補足的に用いた。

GISのゾーン統計機能で196区間毎に各地形の

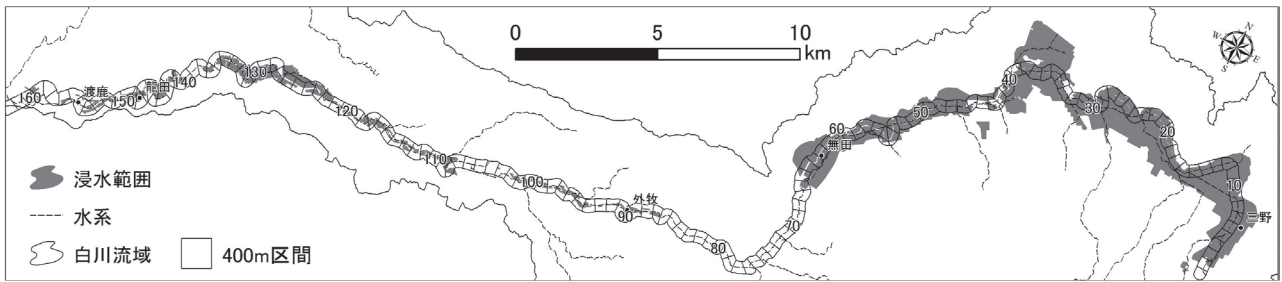


図3 解析区間と浸水範囲

平均標高を求めた。水面の平均標高は、水涯線から1メッシュ内側のDEMを用いてIDW法により補間した。水面を0とする各地形の比高を区間毎に求め、区間を横軸とする各地形の比高による地形縦断曲線を作成した。堤防、河岸、水面について各区間の面積割合と平均傾斜を求め、区間を横軸とするグラフを作成した。各区間の堤外に対し、水面から河岸の最大標高までの体積を求め、加えて堤外体積を流域面積で除した単位面積当たり体積も求め、区間を横軸とする両指標のグラフを作成した。

3. 河況の調査と分析方法

2012年九州北部豪雨による被害地域を、国土地理院の平成24年7月九州北部豪雨に関する情報¹⁵⁾やその他各研究機関の調査報告等から整理し、被災報告のある三野、無田、外牧、龍田、渡鹿地区の状況を確認した。また国土交通省九州地方整備局(2012)¹³⁾から各区間に対する浸水域の幅(以降、浸水幅と記載)を求めた。解析区間と浸水範囲との関係を図3に示す。流下方向で見ると浸水幅は一定ではなく拡大縮小を繰り返している。浸水幅は上流域では広く、中流域では見られず、下流域では散点的にある。本研究では、この2012年九州北部豪雨による浸水幅と地形解析結果とを比較し、両者の対応関係を考察する。

Ⅲ. 地形と氾濫による浸水被害状況

図4は地形区分結果を上流域、中流域、下流域、最下流域に区分して例示した。地形分布と浸水被害状況を合わせて整理する。

上流域では黒川は蛇行することが多くその幅は100mにも満たない。兩岸に堤防が連続している。一部旧河道も認められる。堤外では水面よりも河岸の占める割合が大きい。この上流域では豪雨による洪水にカルデラ壁の斜面崩壊起源の土砂が流入し、カルデラ底で河水は黒川や農業用水路から堤防を越流し氾濫し、水田地帯は広く浸水した。

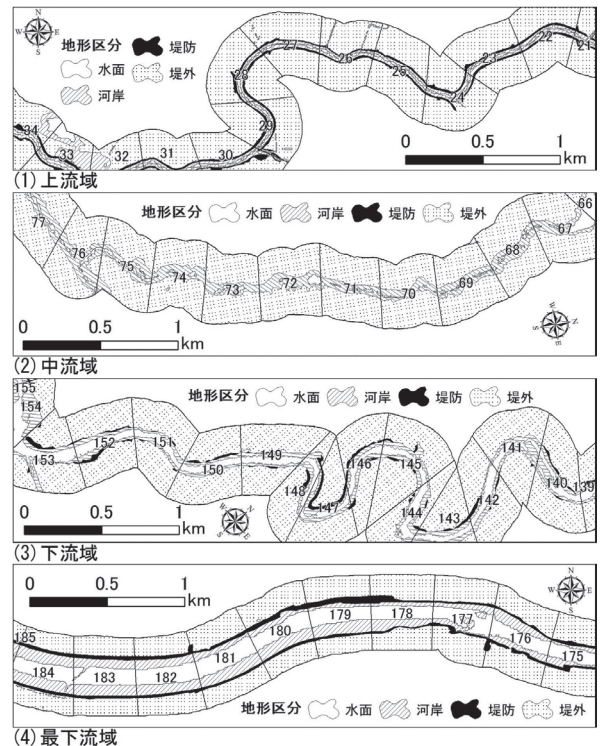


図4 地形区分結果の事例

写真1は三野地区の黒川右岸(No.7付近)から東を見た。カルデラ壁に斜面崩壊跡や土石流跡が多く見られ、カルデラ底の水田は厚さ10cm以上の細粒土砂や流木で広く覆われた。水溜りは押掘である。

上流域の最下流部は集落に加え観光施設も多い。写真2は無田地区の黒川左岸(No.60付近)にある温泉宿泊施設の状況である。水田地帯に立地する当施設の壁には約1mの高さに浸水痕跡が残され、調査時にはまだ営業停止だった。当地は黒川の旧河道に囲まれる低地盤地域にある。

中流域は急傾斜で50m以上比高の谷壁を持つ立野峡谷であり、集落はなく堤防も見られない。また河岸に対し水面の占める割合は極めて小さい。実際、発電所以外に建物が見られない。この

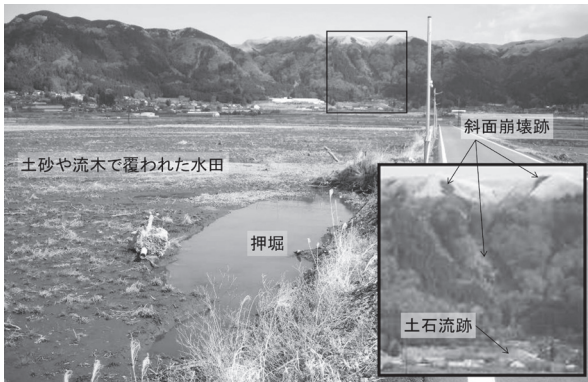


写真1 三野地区の被害状況



写真2 無田地区の被害状況



写真3 外牧地区の被害状況



写真4 龍田地区の被害状況

中流域で黒川は白川と合流し熊本市内に向かうが、ここでは浸水被害が記録されていない。

下流域では白川は蛇行することが増え、その幅は約100mである。蛇行は段丘分布域を下刻する場所で顕著である。堤防は断続的だが、これは段丘崖の比高が高いためと考えられる。堤外では河岸に対し水面の占める割合が大きい。これは一部人為的に取水用に堰が設置され水位が上昇していることも理由として考えられる。この下流域では集落と水田など耕作地が分布するが、そこに浸水被害が見られた。写真3は外牧地区の白川右岸（No.90付近）で見られた水田、畑、茶畑の被害状況である。白川からの氾濫水は、越流地点付近で激しい侵食により表土流出を生じ、下流の耕作地を粗粒砂や礫で埋没させた。耕作地最低位から浸水限界の道路まで比高は約4mあった。写真4は龍田地区の白川右岸にある住宅地（No.145付近）の被害状況である。堤防を越えた河水により多くの家屋が破壊された。河川近傍では浸水深が3.7mあり、これは堤防の天端上1.3mに相当した。当地区の河川沿いには居住者の戻らない10棟以上の被害大の家屋が調査時に確認できた。対岸に

は段丘上の無被害の集落があり対照的だった。少し下流の渡鹿地区でも白川左岸に住宅地被害がみられたが、それより下流では顕著な浸水被害はなかった。

最下流域では、白川は300m以上の幅となり緩やかな傾斜で有明海に注ぐ。両岸に堤防が連続している。堤外は水面と河岸がほぼ同じ面積を占めている。この最下流部での浸水被害は記録されていないが、河口付近では堤外に多くのトラッシュが残されていた。

IV. 地形量解析結果と浸水幅との関連

1. 浸水幅

図3で示す浸水範囲の浸水幅を区間毎に求めグラフ化した（図5）。浸水は上流域と下流域を中心に見られた。上流域では、幅は平均約700mであり、下流域では平均約200mである。幅は上流域では0～約2500mの範囲に、下流域では0～約500mの範囲にありばらつく。全体的に見ると、上流域では下流に向かって浸水幅は次第に減少する。下流域では区間125までは変化は少ないが、それより下流では浸水幅は次第に減少する。また

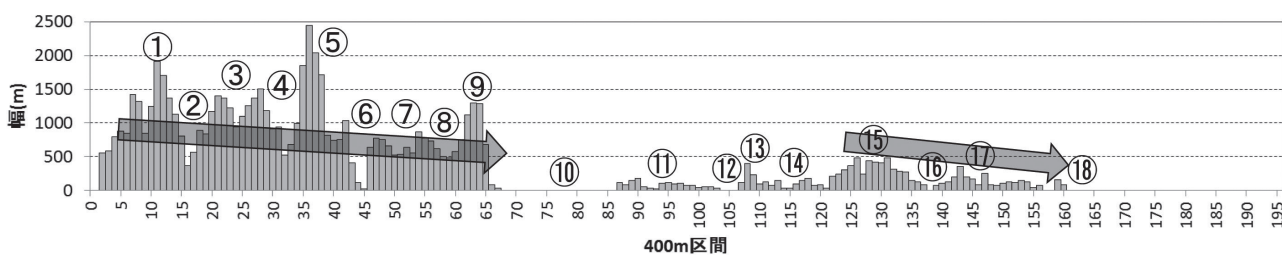


図5 区間毎の浸水幅

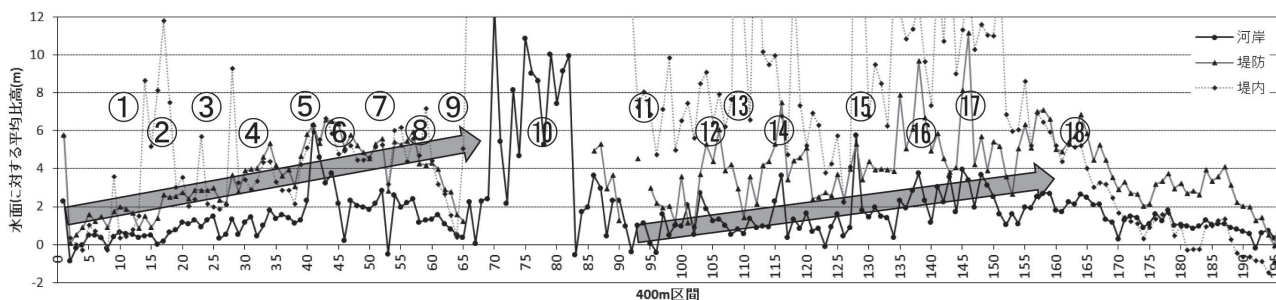


図6 区間毎の各地形の水面に対する平均比高

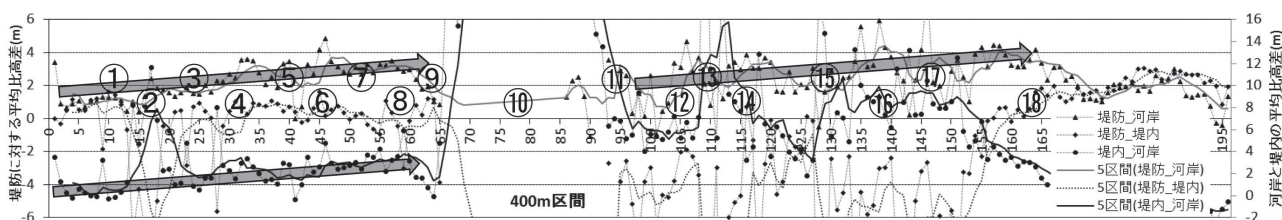


図7 堤防, 河岸, 堤内それぞれの平均比高差

グラフでは15区間程度(約6km)の周期的な増減が認められる。そこで浸水幅の大きい区間付近に奇数の①, ③, ⑤, ⑦, ⑨, ⑪, ⑬, ⑮, ⑰, 浸水幅の小さい区間付近に偶数の②, ④, ⑥, ⑧, ⑩, ⑫, ⑭, ⑯を付した。これら番号を目安に以降では浸水幅と地形量の分析結果とを比較する。

2. 平均比高による地形縦断曲線と浸水幅

図6は区間毎の各地形の水面に対する平均比高である。変化が大きく傾向を把握し難い堤内を除き、河岸と堤防の平均比高の変化を見る。

河岸と堤防のグラフの変化は良く似る。つまり上流域では平均比高は下流に向かって増加し、中流域直前で急減する。中流域では河岸の平均比高は、他流域より高い。下流域では河岸と堤防の平均比高は下流に向かって次第に増加するが、最下流域になると次第に減少する。

河岸の平均比高で見る。その値は上流域で約0.5mから約2mまで増加し、中流域に近い区間

65付近で約0.5mに急減する。中流域では約8mで推移するが、下流域に入ると急減し区間120付近では約1mで推移する。しかしその下流では次第に増加し約3mにまで達する。最下流域に入ると、平均比高は約2mから0mまで緩やかに減少する。河岸の平均比高に関し浸水幅(図5)と比較する。上流域では、下流に向かって平均比高が増加するのに対し浸水幅は減少する。下流域では、下流に向かって平均比高が増加する区間120より下流で、浸水幅が減少する。さらに①~⑯を個別に、河岸の平均比高と浸水幅の特徴とを比較したが、上流も下流も一定の傾向を読み取りにくかった。

そこで堤防、河岸、堤内それぞれの平均比高差を示す図7を作成した。これと浸水幅との関係を詳しく見る。堤内に関わる平均比高差では特に、区間内に段丘や山地が含まれる際に時折大きく値が変化し傾向を把握しにくかったため、5区間平均で議論する。堤防と河岸の平均比高差に関しては、上流域でも下流域でも、全体的に見ると浸水

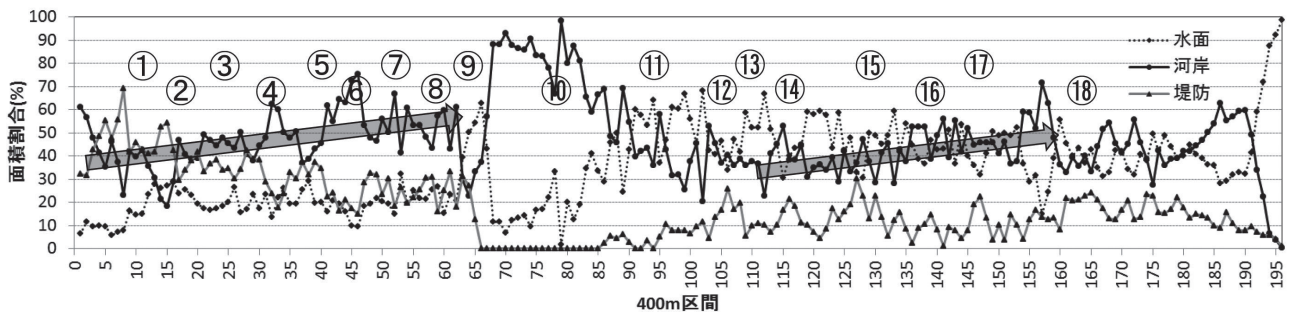


図8 区間毎の各地形の面積割合

幅の減少する下流部ほどそれが増加する傾向がある。その値を浸水幅の特徴と個別に比較すると、上流も下流もともに、浸水幅が増加する③、⑤、⑦、⑨、⑪、⑬、⑮では平均比高差が減少し、浸水幅が減少する②、④、⑥、⑧、⑫、⑭、⑯ではそれが増加する。また堤内と河岸の平均比高差に関しては、上流域では、全体的に見ると浸水幅の減少する下流部ほどそれが増加する傾向がある。この平均比高差と浸水幅の特徴を個別に比較すると、浸水幅の減少する②、④、⑧ではそれが増加し、浸水幅の増加する①、③、⑨ではそれが減少する。下流域では、全体的に見ると、上流域で見られた傾向は不明瞭だが、平均比高差と浸水幅の特徴を個別に見ると、⑭、⑮、⑯で上流域での特徴と一致する。

したがって全体的に見ると、河岸の平均比高が減少すると浸水幅が増加し、増加すると浸水幅が減少する。一方、部分的に見ると、堤防と河岸の平均比高差が減少すると浸水幅が増加し、増加すると浸水幅が減少する。同時に、堤内と河岸の平均比高差が、減少すると浸水幅が増加し、増加すると浸水幅が減少する。河岸の平均比高と浸水幅の部分的な関係は図6では不明瞭だったが、図7の分析から、河岸の平均比高が減少すると浸水幅が増加し、増加すると浸水幅が減少する関係が成立していることが示唆される。

3. 地形の面積割合と浸水幅

図8は堤内を除く区間毎の各地形の面積割合を示す。上流域では河岸が約50%と最も割合が高く、次いで堤防、水面となる。ただ河岸は下流に向かって約30%から約60%まで次第に割合は増加しており、中流域に入る直前で30%未満に急減する。中流域では河岸の割合は一転し約70%を超え、次いで水面、堤防となる。下流域では水面と河岸が約45%で割合は拮抗し、堤防は約10%と少なくなる。

ここでは河岸の割合は下流に向かって約35%から約50%に次第に増加し、最下流域に入る直前で約35%に急減する。最下流域では初め水面と河岸が約40%で割合は拮抗し、堤防は約20%だが、河口付近では水面の割合が急増する。

上流域で河岸の面積割合と浸水幅(図5)と比較すれば、下流に向かって面積割合が増加するにつれて浸水幅は減少する。また下流域の浸水幅と比較すると、下流に向かって面積割合が増加する区間で浸水幅が減少する。この全体の傾向に対し、浸水幅が減少する②、④、⑥、⑧、⑫、⑭、⑯では、河岸の割合は周囲に対し高まっている。上流では浸水幅が増加する⑤、⑨、下流では⑬や⑮で河岸の割合は、逆に減少する。浸水幅の③と⑦が2つのグラフピークで構成されているとすれば、③と⑦の中央で河岸の割合は減少する傾向となるため、既述の傾向と似る。

したがって、全体的に見ると、河岸の面積割合が増加すると浸水幅が減少し、減少すると浸水幅が増加する。部分的に見ても、その面積割合が増加すると、浸水幅が減少する特徴がある。

4. 堤外体積と浸水幅

図9は区間毎の堤外体積と単位面積当たり体積を示し、参考に流域面積を加えた。流域面積が小さい上流域では、図9上で堤外体積と単位面積当たり体積のグラフ乖離が大きい。夫々の凹凸位置は同じ為、堤外体積を中心に検討を進める。

上流域では、堤外体積ははじめ約50000m³前後だが、下流に向かって約100000m³まで増加する。中流は深い峡谷で河岸面積が広い。その値は300000m³以上に達する。下流域に入り区間100付近で堤外体積は一旦減少し約100000m³となる。しかし下流に向かって最下流域まで堤外体積は次第に増加し、河口付近では300000m³に達する。全区間を通じて堤外体積の増減を示す数区間で表される小さなグラフの凹凸が認められる。

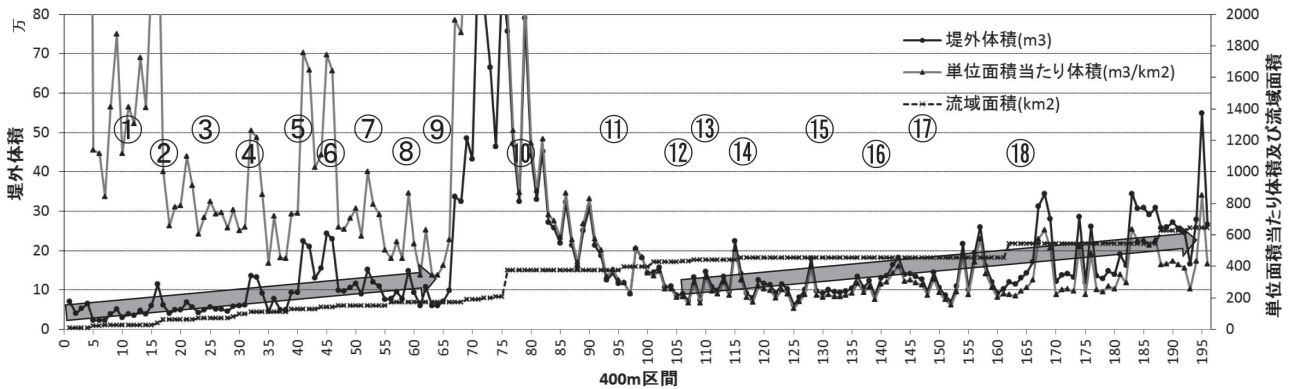


図9 区間毎の堤外体積と単位面積当たり体積

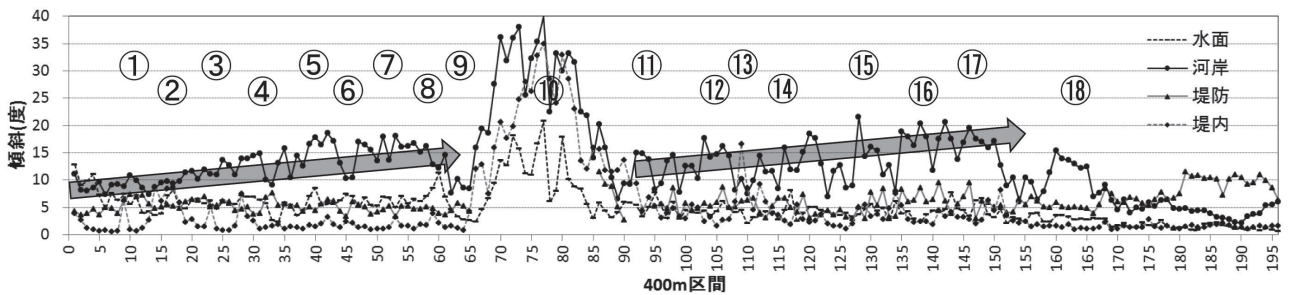


図10 区間毎の平均傾斜

上流域で、堤外体積と浸水幅（図5）を比較すれば、下流に向かって堤外体積が増加するにつれて浸水幅は減少する。下流域でも、下流に向かって堤外体積が増加する区間で浸水幅は減少する。この全体の傾向に対し、上流域で浸水幅の大きい①、⑤、⑦、⑨では堤外体積が周囲に比べ減少し、逆に浸水幅の小さい②、④、⑥、⑧では堤外体積が周囲に比べ増加する。下流域は上流域ほど明瞭ではないが、浸水幅の大きい⑪、⑬、⑮で僅かに堤外体積が周囲に比べ減少し、逆に浸水幅の小さい⑭、⑯で僅かに堤外体積が周囲に比べ増加している。

このように全体的に見ても部分的に見ても、堤外体積が減少すると浸水幅が増加し、堤外体積が増加すると浸水幅は減少する傾向が認められる。

5. 平均傾斜と浸水幅

図10は地形別に区間毎の平均傾斜を示した。地形別の平均傾斜は、上、中、下、最下流域で急な順に概ね河岸、水面或いは堤防、堤内となる。水面、堤内、堤防の平均傾斜は、急傾斜を示す中流域を除き、上、下、最下流域を通じて概ね安定しており変化が少ない。河岸の平均傾斜に関し浸水被害の無かった中流域と最下流域を除き詳しく見る。

上流域の河岸の平均傾斜を浸水幅（図5）と比較すれば、下流に向かって平均傾斜が増加するにつれて浸水幅が減少する。そして、浸水幅が急増する中流域に入る直前で平均傾斜は急減する。全体の傾向に対し、浸水幅の大きい①、③、⑤、⑦は周囲に比べ平均傾斜は増加する。浸水幅の小さい④、⑥では周囲に比べ平均傾斜が減少するように見える。したがって、上流域では全体的には河岸の平均傾斜が増加すると浸水幅が減少し、減少すると浸水幅が増加する。しかし部分的には平均傾斜が減少すると浸水幅も減少し、増加すると浸水幅も増加するよう見える。

下流域の河岸の平均傾斜を浸水幅（図5）と比較すれば、下流に向かって平均傾斜が増加するにつれて浸水幅は減少する。最下流域に入る直前でそれが約8度に急減する点では、上流域とグラフ形状は似るが、そこに浸水幅の急増は見られない。実際そこに堰が設置され分流路のあることが、浸水幅が増加しない要因と思われる。全体の傾向に対し、浸水幅の大きい⑪、⑬、⑮では周囲に比べ平均傾斜が減少し、浸水幅の小さい⑫、⑭、⑯でそれが増加するよう見える。したがって、下流域では全体的に見ても部分的に見ても、河岸の平均傾斜が増加すると浸水幅が減少し、減少すると浸水幅が増加する。

この結果、河岸の傾斜と浸水幅との関係は、全体的に見ると河岸の平均傾斜が増加すると浸水幅が減少するが、部分的に見ると上流域と下流域でその関係が逆となった。この原因は下流域での地形分布や人工的な地形改変等の影響を考えるが、今回の分析精度では説明できないため、今後の検討課題とする。これ以降、平均傾斜以外の地形条件を用いた議論を進める。

V. 白川の浸水特性と地形条件

地形量解析結果と浸水幅との検討結果を踏まえ白川の浸水特性に関わる地形構造を考察する。

地形量の解析が400m区間の条件下では、河川延長方向に見た時の浸水幅と特に河岸に代表される地形量との間に、上流域と下流域全体で見た数10km規模の調和的な変化、部分的に見た約6km規模の調和的な多くの変化が認められた。これは5mDEMの陰影図による地形判読結果を、浸水特性の幅（浸水面積）の評価に活用できることを示す。まず浸水幅に対応する地形構造に関し整理する。

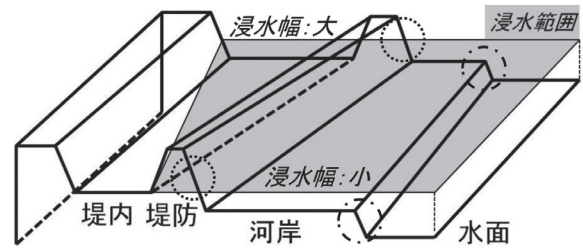
表1は縦軸に各地形量の大小を、横軸に浸水幅

表1 地形量と浸水幅との関係

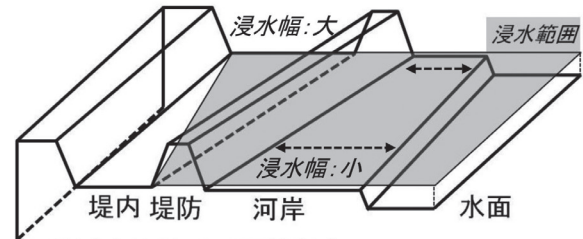
地形量	浸水幅			
	全体的		部分的	
	上流域(区 間5~)	下流域(~ 区間160)	大きい 箇所	小さい 箇所
河岸の平均比高	増加	増加	小さい	大きい
河岸と他地形との平均比高差	増加	増加	小さい	大きい
河岸の面積割合	増加	増加	小さい	大きい
堤外体積	増加	増加	小さい	大きい

の大小を整理した。全体的に見て、浸水幅が下流方向に減少する場合、各地形量とも増加を示す。部分的に見て、浸水幅が大きい場合に各地形量は小さく、逆の場合に大きい。この表1の結果をモデル化すると図11になる。

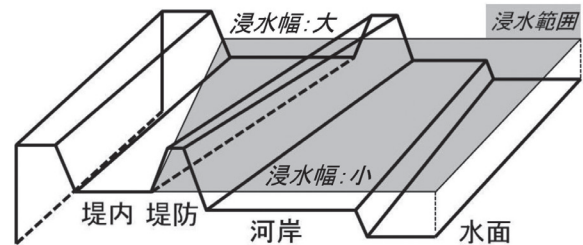
図11(1)は浸水幅と平均比高のモデルである。河岸の平均比高や、河岸と堤防・堤内との平均比高差が減少すると浸水幅が増加し、増加すると浸水幅が減少することを示している。図11(2)は



(1)浸水幅と平均比高



(2)浸水幅と地形の面積割合



(3)浸水幅と堤外体積

図11 地形量と浸水幅との関係モデル

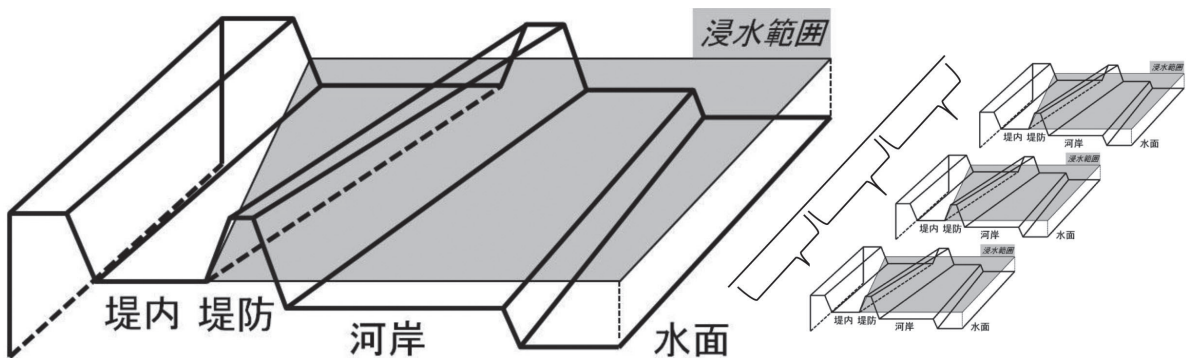


図12 白川の浸水特性に関わる地形構造

浸水幅と地形の面積割合のモデルである。河岸の面積割合が増加すると浸水幅が減少し、減少すると浸水幅が増加することを示している。図 11 (3) は浸水幅と堤外体積のモデルである。堤外体積が減少すると浸水幅が増加し、堤外体積が増加すると浸水幅は減少することを示している。実際、高さに面積を乗じたものが体積と捉えられる。このため図 11 (1) と (2) の特性を併せ持つ図 11 (3) のモデルは、浸水特性の浸水幅を説明できる現実に即した地形構造単位を示すと考えられる。

白川には浸水幅と関連する地形構造単位は、上流域と下流域の数 10km 規模のもの、さらにそれに含まれる多数の約 6km 規模のものが識別できた。これは図 12 のようにまとめられる。すなわち、白川では、河川延長方向の解析が 400m 区間の感度で見ると、浸水幅と関連する数 10km 規模と約 6km 規模の地形構造単位を共通モデルで表現できる。したがって大きな構造の中で上流から下流に小さな構造が順次配列している。このような視点で微地形を判読し地形量を把握すれば、それより浸水被害の大小を予測できることが考えられる。

図 6～図 10 では約 6km 規模より短区間でグラフ凹凸が読み取れる場合もあった。これは浸水幅に関連するより小さな地形構造が潜在することを示している。しかし 400m 区間以下では白川の蛇行規模が浸水幅に対し小さすぎる点、5mDEM による地形区分の精度限界から、より小さな地形構造の識別と議論は難しい。また平均傾斜では他の地形量のように浸水幅と関連する一定の特徴が示せなかったが、これは河川縦断方向と横断方向の傾斜量の混在、解析区間にある地形毎のメッシュ数の相違、区間距離の設定の問題など考えられるが、夫々は今後の検討課題とする。

VI. まとめ

2012 年九州北部豪雨に伴う白川流域で浸水被害の生じた範囲を中心に、陰影図からの地形区分に基づく地形量を解析した結果、以下のことが明らかとなった。

- 1) 全体的に見ると、河岸の平均比高や河岸と他地形との平均比高差が減少すると浸水幅が増加し、増加すると浸水幅が減少する。部分的に見ると、河岸と堤防・堤内との平均比高差が減少すると浸水幅が増加し、増加すると浸水幅が減少する。
- 2) 全体的にも部分的に見ても、河岸の面積割合が増加すると浸水幅が減少し、減少すると浸

水幅が増加する。

- 3) 全体的にも部分的に見ても、堤外体積が減少すると浸水幅が増加し、堤外体積が増加すると浸水幅は減少する。
- 4) 白川には浸水特性と関連する数 10km 規模と約 6km 規模の地形構造が見られ、それらは大きな構造の中に小さな構造が多数含まれるような入れ子構造になっている。
- 5) 浸水特性と関連付けられる地形構造を念頭に置き、DEM で微地形を判読して地形量を把握し地形縦断曲線状に表現することで、浸水被害に対する地域の脆弱性を評価できる。

謝 辞

本研究は、平成 25 年度科学研究費補助金（基盤研究 (C)）：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）及び 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。本稿の内容の一部は、2013 年日本地理学会秋季学術大会¹⁶⁾ 及び日本応用地質学会平成 26 年度研究発表会¹⁷⁾ で発表した。

参考文献

- 1) 大矢雅彦 (1960)：水害地形分類図と伊勢湾台風による水害. 地理調査所時報, 24, 13-20.
- 2) 大矢雅彦 (1975)：衛星写真判読による小縮尺地形分類図の試作-ジャワ島東部の場合-. 東南アジア研究, 13-3, 470-480.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 黒木貴一・磯望・宗建郎・後藤健介・黒田圭介 (2012)：基盤地図情報の 5mDEM による御笠川の氾濫の地形条件分析. 第 6 回土砂災害に関するシンポジウム論文集, 141-146.
- 6) 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.
- 7) 黒木貴一・磯望・黒田圭介・宗建郎・後藤健介 (2015): 大淀川下流の地形縦断曲線から見た浸水の地形条件. 応用地質, 55-6, 307-316.
 - 8) 久保田哲也・篠原慶規 (2013): 平成24年梅雨末期豪雨による九州北部の山地災害. 自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集, 37, 37-40.
 - 9) 北園芳人・野田光星・西坂将吾 (2013): 平成24年7月集中豪雨による阿蘇地域の土砂災害. 自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集, 37, 41-44.
 - 10) 山崎俊成・山本晴彦・山本実則 (2013): 2012年7月に大分県北部で発生した豪雨災害の特徴. 自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集, 37, 53-56.
 - 11) 磯望・黒木貴一 (2013): 2012年7月北部九州豪雨災害と学校の防災対応. 自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集, 37, 65-68.
 - 12) 防災科学技術研究所観測・予測研究領域水・土砂防災研究ユニット (2013): 2012年7月12日熊本県における豪雨災害. <http://mizu.bosai.go.jp/wiki/wiki.cgi?page=2012%C7%AF7%B7%EE12%C6%FC%B7%A7%CB%D>
C%B8%A9%A4%CB%A4%AA%A4%B1%A4%EB%B9%EB%B1%AB%BA%D2%B3%B2 (2013年5月29日閲覧).
 - 13) 国土交通省九州地方整備局 (2012): 平成24年7月九州北部豪雨について. [http://www.qsr.mlit.go.jp/n-kawa/kensyo/02-tateno/houkokusyo\(tateno\)/houkokusyo_ref/05_ref_hokubu_gouu.pdf](http://www.qsr.mlit.go.jp/n-kawa/kensyo/02-tateno/houkokusyo(tateno)/houkokusyo_ref/05_ref_hokubu_gouu.pdf) (2013年6月19日閲覧).
 - 14) 熊本県危機管理防災課 (2012): H24.7.12熊本広域大水害に係る被害報告(第75報). http://cyber.pref.kumamoto.jp/bousai/Content/asp/topics/topics_list.asp?PageID=14 (2013年5月29日閲覧).
 - 15) 国土地理院 (2012): 平成24年7月九州北部豪雨に関する情報. <http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/h24-kyusyu-heavyrain-index.html> (2015年8月7日閲覧).
 - 16) 黒木貴一・磯望・黒田圭介・宗建郎・後藤健介 (2013): 2012年九州北部豪雨による白川流域の浸水範囲と地形条件. 2013年秋季学術大会日本地理学会発表要旨集, 84, p130.
 - 17) 黒木貴一・磯望・黒田圭介 (2014): 白川の堤外微地形と2012年九州北部豪雨災害. 日本応用地質学会平成26年度研究発表会講演論文集, 67-68.