

## 2014 年広島土砂災害とハザードマップ情報

### The 2014 Debris Flow Disaster in Hiroshima City and the Providing Information by Hazard Map

黒 木 貴 一

宗 建 郎

Takahito KUROKI

Tatsuroh SOH

社会科教育講座

志學館大学

(平成28年9月30日受理)

#### 要 旨

2014 年広島土砂災害の土石流被災地を対象に、ハザードマップに掲載された情報と被害状況を地図上で重ね合わせて比較した。この結果、ハザードマップを効果的にできる既存の地理情報が明らかとなり、それを加えれば高精度化できる可能性を指摘した。まず、斜面の上流部、下流部、傾斜条件等の地形場、詳細な地形情報から判断できる盛土・埋土、谷起源の低地等の微地形に基づき被災の強弱や確度を提示可能と思われる。また、発災時の対応方法の検討に必要な地域のライフステージを推定できるよう宅地開発の年代区分を示す工夫が可能と思われる。可部小学校区の地域防災単位は、昭和 20 年代までに成立した中心街では細かく分割され、その周囲では多様な開発年代の場所を包含し広めに設定されていた。丘陵地を開発した東部は後者に当たり、そこでは単位をまたぐ土砂災害や、単位内に複数の土砂災害が生じた。これより土砂災害の発生源と到達域をイメージできる流域や微地形を反映した地域防災単位を設定しマップ表示する心がけも必要と思われる。

キーワード：2014 年広島土砂災害、ハザードマップ、微地形、宅地開発

#### I. はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震をはじめ、その後発生した 2015 年関東・東北豪雨災害<sup>1)</sup>や 2016 年熊本地震災害<sup>2)</sup>のような甚大な自然災害を受けて、人々の防災意識は高い状態が続いている。その中、自治体単位で自然災害の種類別に、範囲、規模の予想、発災時の対応方法等が記載されたハザードマップがマニュアル<sup>3), 4)</sup>に沿って今日整備されている。

平成 26 年 8 月豪雨では広島市を中心に猛烈な雨となり、安佐南区と安佐北区両区で 166 箇所以上の土砂災害が発生し、多くの宅地被害（全壊 173 棟、半壊 187 棟、一部損壊 132 棟、床上浸水 1164 棟、床下浸水 3062 棟）と死傷者が出た<sup>5)</sup>。山地・丘陵地では、頻発した斜面崩壊由来の物質が土石流となって山麓まで流下し多量の土砂や流

木を残した<sup>6)</sup>。これらの被災地は広島市の発展に伴い開発された山麓斜面上の宅地に多かったため、1999 年に続き同様の災害が繰り返されたように見える。

このような自然災害が生じる度に、事前に準備されたハザードマップの予測情報や警戒地域と実際との違いの検証が行われる<sup>7), 8)</sup>。このため、ハザードマップに記載されるべき予測や警戒地域に関し、妥当な計算方法を模索する動きも出る<sup>9), 10)</sup>。しかし実際の災害を比較参照しハザードマップを高精度化するために、現在不足しており、今後記載可能な既存情報に関する検討はあまりなされない。

そこで本研究では、広島豪雨による土砂災害の実態と要因を整理し、その結果と被災地域に準備されたハザードマップ内容を対照することで、ハ

ザードマップ内容と被災実態との間にあるギャップを補える地理情報を検討し、ハザードマップの精度向上を考える。

## Ⅱ. 研究方法

### 1. 調査対象地域

2014 年広島土砂災害の生じた広島市阿佐南区（八木地区、緑井地区）及び安佐北区（可部地区）を対象とする（図1）。斜面崩壊地と土石流の分布は、国土地理院の土砂災害範囲を示す KML ファイル<sup>11)</sup>で確認した。基盤地図情報や地形図を参照すると、傾斜 30 度以上の山地で斜面崩壊が生じ、傾斜 10 度前後の山麓斜面上の住宅地に土石流が及ぶ。また 20 万分の 1 地質図データ<sup>12)</sup>によれば、緑井地区では主として花崗岩が、八木地区では花崗岩の他に付加体とチャートが、可部地区では花崗岩とデイサイト・流紋岩類が分布する（図1）。つまり当該地域の東西は上記地質による山地が囲み、中央に太田川の作る平野があり、平野及び山地山麓に宅地や耕地が広がっている。

### 2. 情報収集

土砂災害の土石流被災地を中心に地質・地形の観点から災害特徴を整理する。地形図、ハザードマップを準備し、国勢調査統計、農林業センサス、国土地理院の土砂災害範囲、基盤地図情報その他の GIS データを整理する。GIS データ

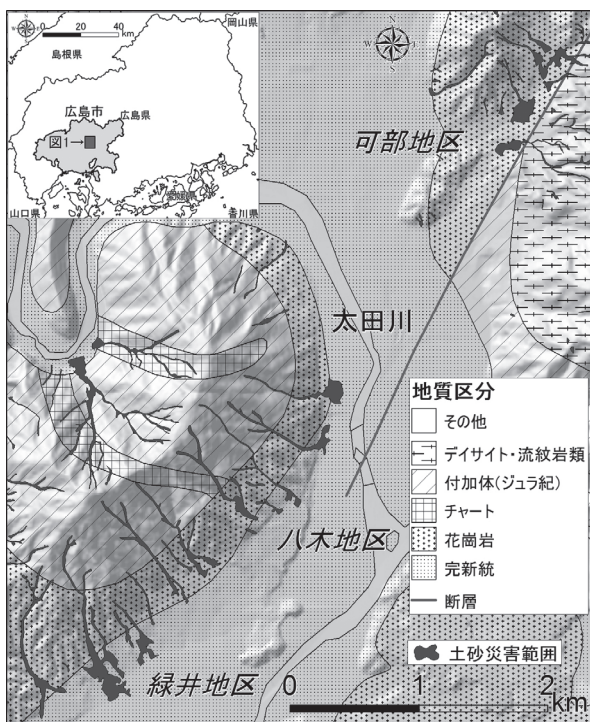


図1 研究対象地域と地質

として、朝日航洋株式会社が 2014 年 8 月 27、28 日に取得したレーザー測量による 50cmDEM と、国際航業株式会社が 2014 年 5 月に取得したレーザー測量による 2mDEM を使用した。またハザードマップ作成担当部署への聞き取りも行った。

広島市の洪水及び土砂災害ハザードマップは小学校区別に整備され pdf ファイルで閲覧できる。後者に紙媒体はあるが、全校区での整備はなされていない。また土砂災害ポータル広島<sup>13)</sup>では紙媒体に先行して特別警戒区域・警戒区域等の範囲が示されている。

### 3. 比較検討項目

土砂災害範囲と地形・地質の特性、宅地の開発された年代、地域単位とを対照し、ハザードマップに記載が十分ではない内容を見出す。地形図は昭和 20 年代、昭和 40 年代、昭和 50 年代、昭和末期、平成前期、現代の 6 期を準備し、図内の建物、施設用地、造成地などを宅地として分類した。

ハザードマップに記載された地域防災単位の設定特徴を地形情報と対比し、土砂災害範囲等と比較して、効果的な単位設定について検討した。

## Ⅲ. 土砂災害の調査結果とハザードマップとの差

### 1. 地形・地質の特性とマップとの比較

2014 年広島土砂災害に関する黒木ほか (2015)<sup>14)</sup>を整理する。当該研究では、宅地開発と地形・地質の両条件に着目した現地調査を通じて、斜面崩壊と土石流の各特徴を明らかにし、微地形分布から被災地の地形プロセスを推定し、最後に繰り返し災害に至る場の条件を整理している。

本研究に関わる内容を抜粋する。流出に関し、「開析谷内では、高い位置に土石流や水流の痕跡が残され、土層やリター層も激しく侵食されており相当量の河道流や地表面流があった。ただ付加体とチャートが分布する流域は、流域面積が比較的小さく、水系網は単純で、花崗岩流域に比べてあまり発達していない。その比流量は、花崗岩流域に比べて半分程度、またはそれ以下の値を示しており、流域の保水力つまりは中間流出を発生させるような土砂が少なく、降雨は比較的短時間で地表に流出する傾向にある」と整理した。斜面崩壊による被害に関し、「パイピング現象による表層崩壊と洗掘による基盤岩上部までの地すべり性崩壊が生じた。これらの崩壊土砂が土石流となり山麓に達した。山麓における土石流の堆積物構成と堆積の特徴は、付加体とチャート分布域では礫



主体で急傾斜堆積であり、ロープが多く残された。デイスイト・流紋岩類分布域では砂主体の緩傾斜堆積だった。花崗岩分布域では礫と砂が混在する前2者の中間的傾斜の堆積であり、礫の少ない土砂がより下流まで達した。結果、土石流の力が大きい谷の平野への出口と、その流下経路となる谷や微低地の近傍では、地形改変後も土石流の住宅地への被害危険性が高く、逆に尾根の切土地や扇状地内の微高地は被害が少ない」と整理した。

土砂災害を生じた土石流堆積地のこの調査結果を反映する代表的な景観を以下に示す。写真1は、緑井地区での花崗岩分布域の土石流被害である。開析谷出口から沖積錐の扇端まで土石流は達したが、扇頂では巨礫が多く(1)、扇端では巨礫が少なく土砂が多かった。土砂は低地の宅地にまで達し、水路(八木用水)や道路等を埋没させた(2)。写真2は、八木地区でのチャートや付加体分布域の土石流被害である。元の地表上に巨〜大礫が1m以上の厚さでロープを形成し、流木が散在する(1)。またガリも多数見られる。土石流の巨礫は開析谷出口付近と沖積錐の扇頂部の狭い範囲に多く止まり、下流の宅地の多くには土砂のみが薄く堆積した。谷底を掘りこむガリには、レンズ状に挟まる礫層が多数確認されるため(2)、そこが以前より土石流が繰り返された場ということを示している。

土砂災害ポータル広島<sup>13)</sup>では、利用者が土砂災害警戒区域、土砂災害特別警戒区域、被害が想定される区域などを選択し、ハザードマップをカスタマイズ表示できる。これら内容と土砂災害範囲(図1)を比較する(図2)。全体的に、土砂災害範囲は土砂災害警戒区域にはほぼ含まれるので、本区域は安全側に設定されている。上流に花崗岩分布が広い場合、被害が想定される区域、土砂災害特別警戒区域に多くは達するが、付加体が広い場合は谷出口付近に限定され、またこれら指定の無い場所にも達した。ただ破壊力の異なる土石流堆積物から判断される沖積錐の地形場(扇頂、扇中央、扇端)や傾斜量の違いを示す区分はなく、現在の設定区域内で防災意識が平準化され、効果的な防災対応が遅れ被害が拡大する可能性がある。

このようにハザードマップの土砂災害警戒区域等の設定区域は、地質による地形の違いを反映しているが、そこに土砂災害実態と関わる危険度区分を示す地形場や傾斜条件は示されず、その点では効果的な防災対策の為にハザードマップの高精度化の余地が残ると考えられる。



写真1 花崗岩分布域の土石流と被害

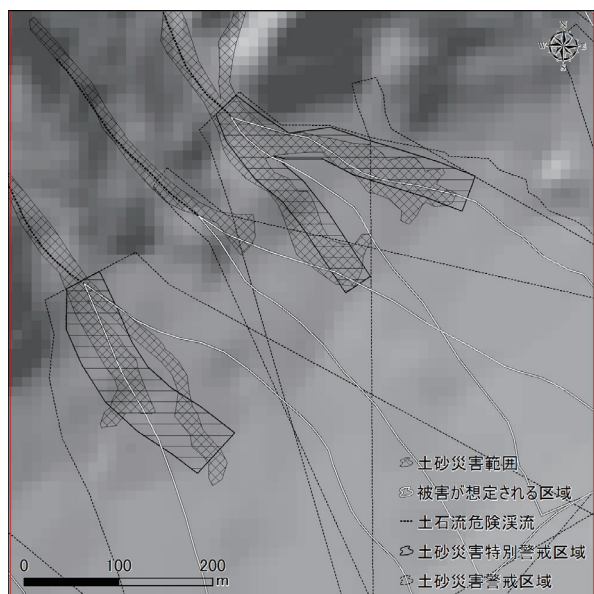


写真2 チャートや付加体分布域の土石流と被害

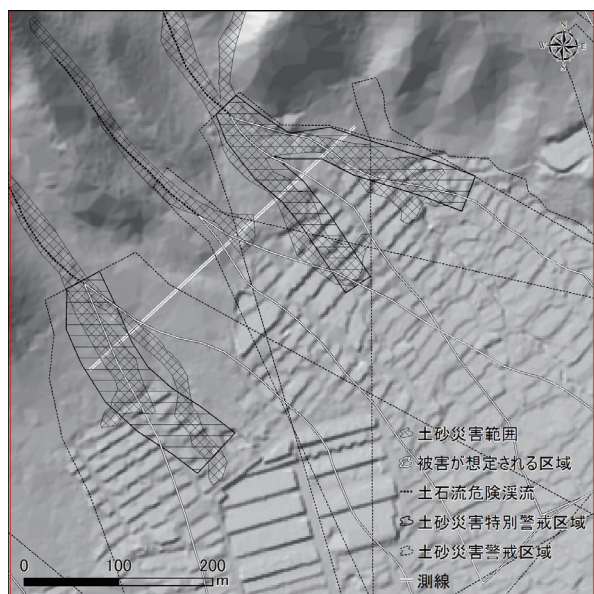


図2 土砂災害ポータル広島のページ





(1) 10mDEM による陰影図

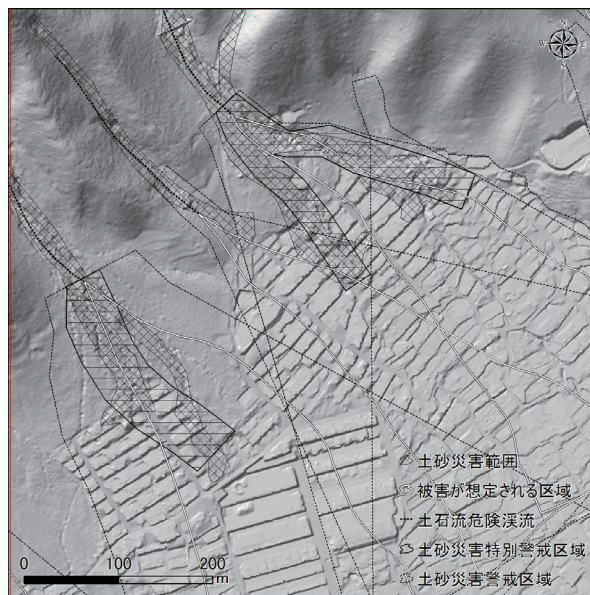


(2) 2mDEM による陰影図

## 2. 詳細 DEM で見ると土砂災害範囲の地形特徴とマップとの比較

図 3 (1) は 10mDEM による陰影図に土砂災害範囲を重ね、加えて、土石流危険渓流、土砂災害警戒区域、土砂災害特別警戒区域を重ねた。

土砂災害範囲は、土石流危険渓流に重なり、土砂災害警戒区域内にあるため、ハザードマップ利用者の防災意識への効果はある。また土砂災害範囲と土砂災害特別警戒区域が良く重なっている。しかし広島市への聞き取りでは、当初そこでは今回の災害前に土砂災害特別警戒区域を設定できず、その災害後に住民との話し合いで設定したとされるため重なるのは当然であり、ハザードマップは発災前の防災に対する注意喚起を十分にできなかった。しかも土砂災害範囲は被害が想定される区域とあまり重ならない。さらに北方の土砂災害範囲は被害が想定される区域を避けるように分



(3) 50cmDEM による陰影図

図 3 土砂災害範囲等と地形印象

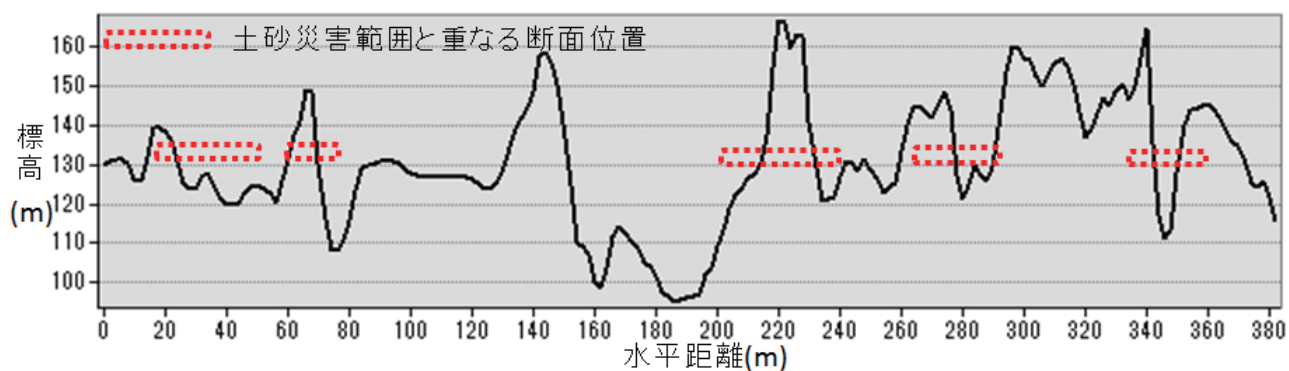


図 4 図 3(2) 内の測線の地形横断面



かれている。またこの範囲、加えて他の区域等が設定された理由を 10mDEM 程度の陰影図の地形表現ではほぼ理解できない。

そこで図 3 (2) で発災前 2mDEM による陰影図に土砂災害範囲等を重ね地形との関係を見る。沖積錐の全体の地形、人工改変された雛壇状の宅地、開析谷に続く沖積錐上の谷を識別できる。二分した土砂災害範囲と地形とに着目すると、一つは沖積錐脇の谷と重なり、一つは谷に向かずに直進した場所の宅地に重なる。そこで土砂災害範囲を横断する測線を設定し、その地形横断面図(図 4)で確認する。これを見ると、人工改変された沖積錐の横断面は、10m 以上の凹凸があり、土石流は主に低い場所に進んだが、開析谷の延長では高い場所であっても侵入したことが理解される。

さらに図 3 (3) で発災後 50cmDEM による陰影図に土砂災害範囲等を重ね地形との関係を見る。人工改変地の中に平行状に発達する多くの谷の分布、土石流の進行を妨げ方向を変化させた微高地が判別でき、(2) 以上に土砂災害範囲の地形条件を詳しく議論できる。

実際土石流は、谷の延長方向の宅地に達し、また沖積錐内の宅地の道路(もとは谷)にも分流し道路やその周囲の宅地を埋積した(写真 3)。結果、道路沿いの被害が大きかった<sup>15)</sup>。一方、沖



写真 3 低い道路を流れた土石流被害

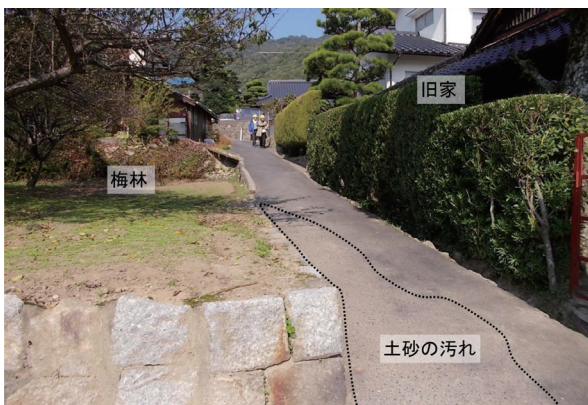


写真 4 微高地で被害が少ない状況

積錐内の微高地にある集落の旧家や梅林では被害はほとんど見られなかった(写真 4)。

ただハザードマップには土砂災害範囲と微地形から判断される、土石流が到来しやすい範囲を示す設定区域はなく、現在の設定区域内で防災意識が平準化され、効果的な防災対応が遅れ被害が拡大する懸念がある。

このようにハザードマップの土砂災害警戒区域等の設定区域は、土砂災害実態を説明できる微地形条件が反映された危険度区分が示されていない。このためハザードマップによる効果的な防災意識向上の為に、宅地に対し人工改変地の切土、盛り土、谷起源の低地、開析谷の延長方向の範囲などを加え、その精度を上げる余地が残ると考えられる。なお別途現在フリーダウンロード可能な 5mDEM で試行したが、土砂災害範囲を理解できる地形情報は得られなかったため、ハザードマップの高精度化には最低 2mDEM に基づく微地形解釈が必要と考える。

### 3. 宅地の開発された年代とマップとの比較

牛山・横幕(2015)<sup>16)</sup>による分析では、広島土砂災害の特徴として、1) 犠牲者が夜間に屋内で被災している点、2) 犠牲者の高齢化率はこれまでの自然災害と比べ低く非高齢者に比較的多くの犠牲者が生じた点を挙げた。これは、ある時期に開発された宅地が、土砂災害に対して著しい脆

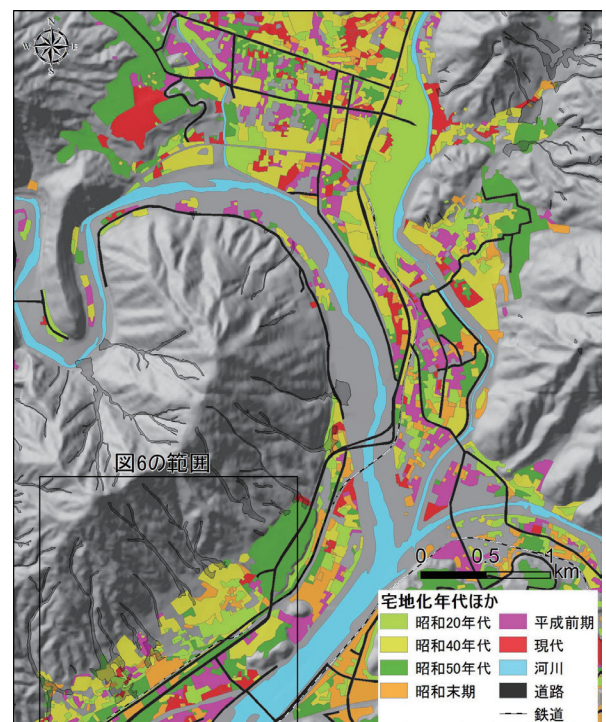


図 5 宅地化の年代区分(原図はカラー)



弱性を共通して持ち、そして被災した可能性があることを示す。そこで1)の分析で示した特徴を念頭に置き、現在の地形図で宅地と分類された地域が、過去のどの年代から宅地として継続しているかを図化し土砂災害範囲と重ねた。

図5は、陰影図を背景とし、昭和20年代から現代まで6期の宅地に、土砂災害範囲を重ねた。黒木ほか(2015)<sup>13)</sup>では、この宅地(原文では市街地を使用)の分布に関し、「宅地は昭和40年代に標高約50mから100mの遷緩線まで一旦達した開発地区と、その後、隙間を埋めるように進められたミニ開発の地区とで構成され、両者が併せて被災地となっている。空中写真とDEMから傾斜約9.7度の宅地に被害が拡大した。」と整理した。

図5の南西範囲約4km<sup>2</sup>四方について詳細に見る(図6)。昭和40年代、昭和50年代、昭和末期に開発された宅地に、土砂災害範囲は重なることが多い。このような都市化に伴いほぼ同時に開発された地域では、居住者のライフステージが近いゆえ、高齢者が多いゆえに土砂災害への脆弱性を伴う場合もあろう。特に昭和50年代に開発された宅地は、甚大な被害となった扇頂付近で谷状地に重なる傾向がある。これは昭和50年代の開

発が、以前までのより高い場所へと大規模に進む傾向ではなく、谷の奥へと進む傾向を持ち、特に標高約100mまでの既に宅地化した範囲に残された水田や畑に及んだことが考えられる。

次に図5範囲を対象に、宅地の平均標高に対する平均傾斜(図7(1))、平均曲率(図7(2))をグラフ化し宅地開発と地形量との関係を見る。S20年代は平均標高32.2mに対し、平均傾斜は4.58度、平均曲率は-0.097、S40年代は平均標高33.0mに対し、平均傾斜は4.60度、平均曲率は-0.066、S50年代は平均標高57.9mに対し、平均傾斜は6.62度、平均曲率は0.013だった。この時期までの宅地の開発は、標高の高い、傾斜の急な場所、曲率の大きい場所に進む傾向を示す。その後、昭和末期は、平均標高49.4mに対し、平均傾斜は5.61度、平均曲率は-0.008であり、標高、傾斜、曲率共に低くなった。この傾向は、平成前期(平均標高49.8m、平均傾斜4.78度、平均曲率-0.011)、現代(平均標高45.4m、平均傾斜5.95度、平均曲率-0.016)と続いている。これは昭和末期以降現代まで、水田だった低地の開発が中心となり、一部既開発地に部分的に残る耕地等に開発が及んだ図5で示された状況を良く表している。

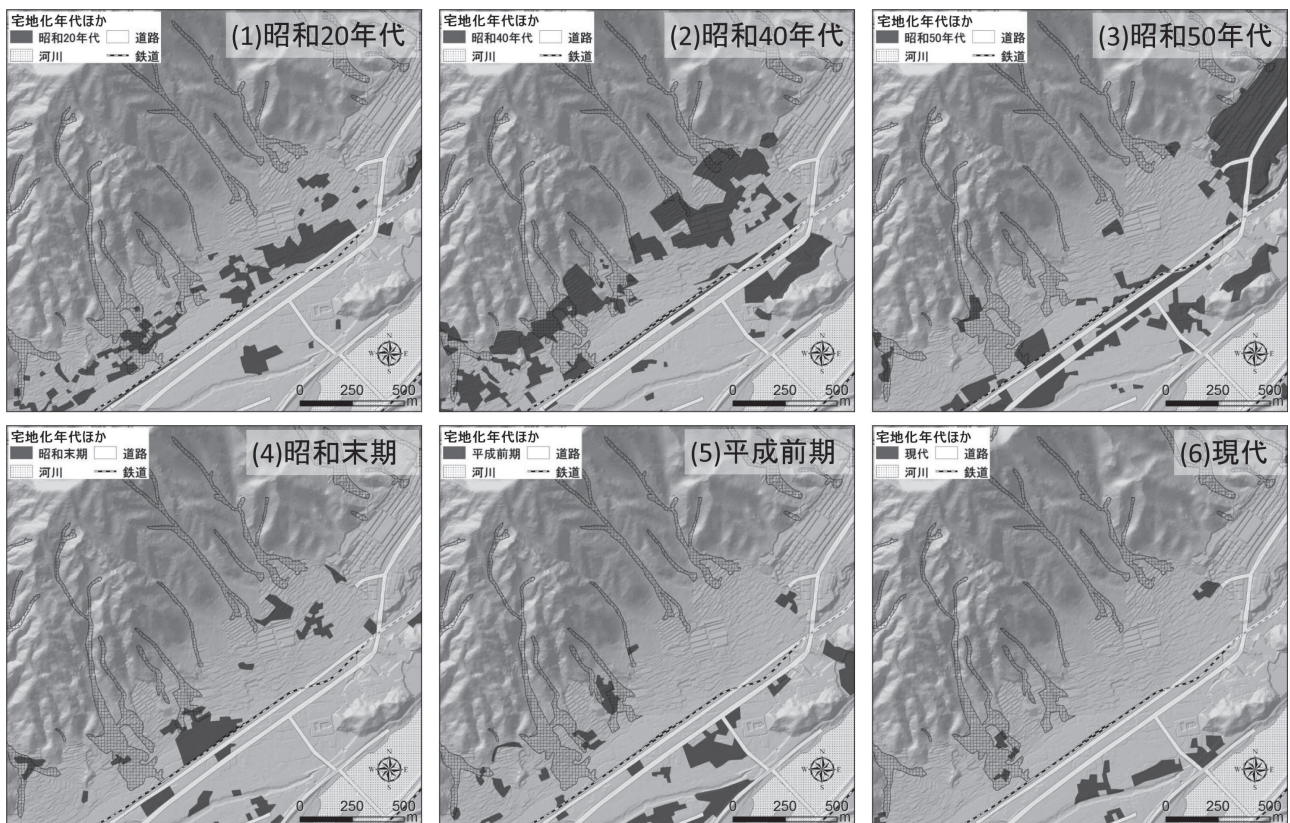
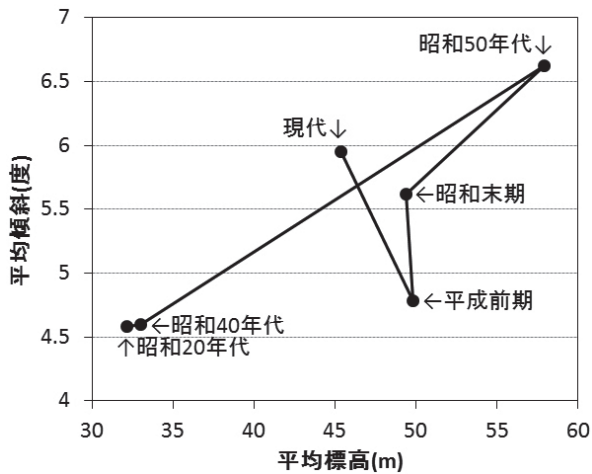


図6 年代別の宅地の分布と地形





(1) 平均標高に対する平均傾斜

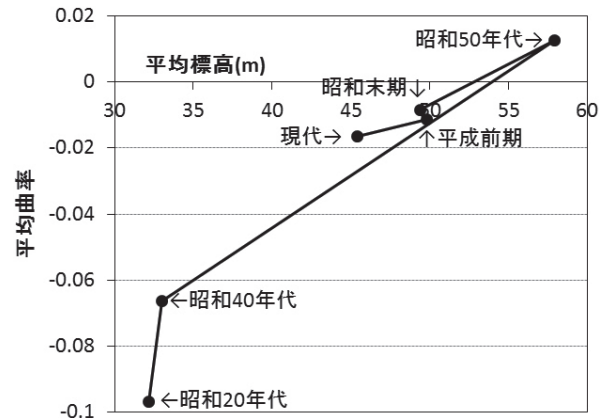
図7 市街地の開発と地形

以上より、土砂災害に対しハザードマップの高精度化として、脆弱性を持つ上流部や谷間（開発しにくい水田など）の宅地に対し、居住者の年齢構成を推定できる、地形図から宅地の開発年代区分情報が加えられる余地があると考えられる。

#### Ⅳ. 土砂災害に対する地域防災単位の特徴

前章で言及した居住者の年齢構成を推定できる情報は、通常は国勢調査の小地域に対し整備され、ハザードマップにその小地域区分を表示すれば、地域の防災に対する意識が醸成されることが期待される。ただ福岡県内の土砂災害と洪水災害の全ハザードマップを参照した結果、このような地域単位の境界が示されたものは見られない<sup>17)</sup>。ところが広島市の土砂災害ハザードマップは、小学校区別に準備される上に、町内会・自治会担当者の情報を得て、防災訓練や発災時・後対応に関わる地域防災単位の境界をも示しており、地域での防災教育に使いやすい形になっている。なお土砂災害ポータル広島<sup>13)</sup>にはその情報はない。そこで、地域防災単位に関し、他の地域単位と、今回の土砂災害範囲とを比較し、当該ハザードマップの地域防災単位の形状特徴から、防災意識醸成に効果的な地域防災単位に関し検討する。

まず研究対象地域の陰影図を背景に、小学校区、国勢調査の小地域、農林業センサスの統計地域を重ね（図8）、小学校区、小地域、統計地域の設定の特徴を見る。小学校区の境界は主に河川、尾根線、山麓線にあることが多く、一般的な行政境界等のように自然発生的な地形境界を活用している。この小学校区に対し小地域と統計地域は細かい。小学校区と小地域の境界は一致するこ



(2) 平均標高に対する平均曲率

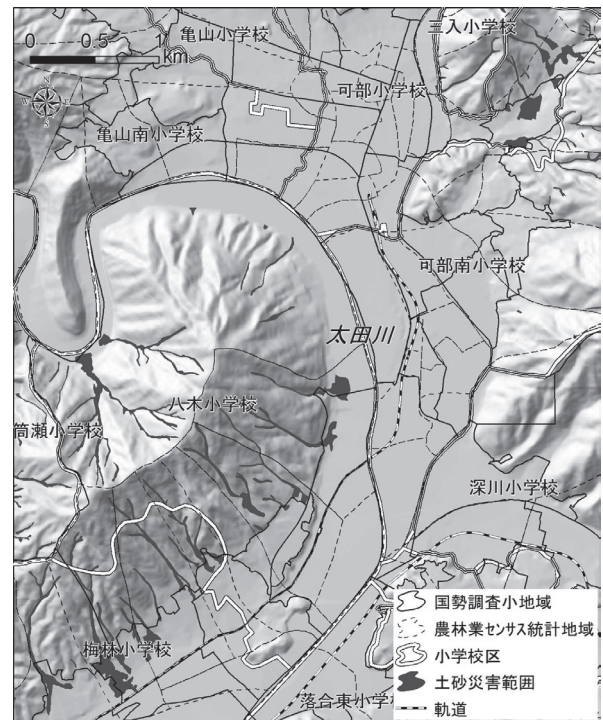


図8 研究対象地域の小学校区、小地域、統計地域

とが多いものの、それに比べ小学校区と統計地域との境界はあまり一致しない。統計地域は尾根線に重なる傾向が強くあり、低地の統計地域では農業用水管理が想定されるため、流域の境界を持つことが多いと考えられる。また低地では特に統計地域は小地域に比べて細かく設定されている。一方小地域は流域の境界を持つ傾向が見えない。複数の土砂災害範囲を持つ統計地域と小地域があり、統計地域と小地域は土砂災害を警戒すべき複数の流域を持つ場合もある。

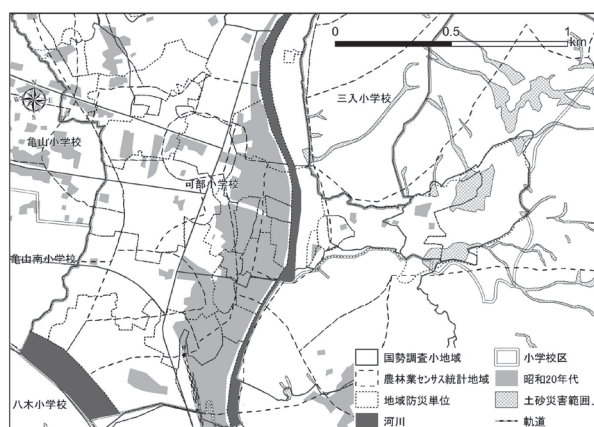


図9 可部小学校校区の小地域、統計地域、地域防災単位

可部小学校校区を対象に地域防災単位の設定に関し、国勢調査の小地域、農林業センサスの統計地域を比較しつつ検討する（図9）。なお3者の境界線は全く重ならないが、これは線の粗さの違いから考え作成時の基図のスケールの違いに原因の一つを求められる。このためその精度相違があることを念頭に置き検討する。地域防災単位は、ほぼ小学校区内を分割するように設定されている。この単位は統計地域よりも細かい。また統計地域は小地域よりも通常細かい。この相違は、昭和20年代までに開発された可部地区の中心街において、前者が約10分割されたことに対し後者が2分割になっていることで理解しやすい。統計地域を分割すると個々の地域防災単位になるように見え、また地域防災単位の境界は統計地域のものと似通っている。これより可部地区の中心街では、農林業センサスの統計地域が母体となる地域つながりが元々あり、それを分割することで地域防災単位が形成されたことが考えられる。

一方、昭和20年代以降に開発された、中心街以外の地域防災単位は複数の開発年代の宅地を包含する。また地域防災単位は、統計地域よりも小地域により分断される傾向が強く、統計地域に町丁目による小地域設定が重なり地域の防災意識を分散させている可能性がある。しかし一方で高層マンションによる人口の多い地域は中心街以上に細かい単独の地域防災単位になっている点が注目される。

この中で昭和20年代以降に順次開発された宅地域で、土砂災害範囲の多い東部を見る。そこでは一つの地域防災単位に複数の土砂災害範囲があり、複数の地域防災単位に一つの土砂災害範囲が重なる状況だった。この付近で、小学校区、小地域、地域防災単位の境界線に着目すると、開発単

位を組み合わせ小地域が設定され、それを分割する地域防災単位が設定されたことが読み取れる。この結果、地域が向き合うべき土砂災害との空間関係が錯綜する結果を生んだ。すなわち、地域防災単位が地形条件の流域や地形を考慮しておらず、向き合うべき土砂災害の起源と影響範囲の理解をしにくくさせている。これは避難行動に移る判断を遅らせる原因となる可能性を持つ。

以上より、ハザードマップでは相対する土砂災害の発生場所と影響範囲を意識しやすくする工夫が必要で、それにはそれを予測させる流域や沖積錐にある微地形の表示が求められる。さらに、土砂災害の発生場所と影響範囲に対となる地域防災単位の表示が有効と考える。この点では流域が考慮された統計地域起源の防災単位は小地域起源の防災単位に比べて防災に対して比較的可利かと思われる。

## V. まとめ

防災意識の継続・向上を念頭に、広島市の2014年土砂災害を例にマップ情報と被害とのギャップを検討し、ハザードマップの高精度化に必要な地理情報を整理した。結果は以下のとおりである。

- 1) 土砂災害の実態の検討から、斜面の地形場（上流部、下流部、傾斜条件、開析谷の延長方向）、詳細なDEMで判断できる微地形（盛土・埋土、谷起源の低地）に基づき土砂災害の強弱や確度の違いが理解できる地域区分をハザードマップには加える余地がある。
- 2) 土砂災害が生じやすい斜面の地形場や微地形に重なり、発災時に対応が必要となる地域に対し、そのライフステージが推定できるような宅地の開発年代区分をする工夫がハザードマップには可能と思われる。
- 3) ハザードマップには、土砂災害の発生場所となる流域、影響の及ぶ範囲の微地形を表示し、土砂災害を意識しやすくする工夫が必要と思われる。
- 4) 土砂災害の発生場所と影響範囲に対となる地域防災単位の設定とハザードマップへの表示が有効と考えるが、それには流域が考慮された統計地域を意識すると効果的かと思われる。

## 謝辞

本研究は、平成26年度特別研究促進費による研究課題「2014年8月豪雨により広島市で発生



した土石流災害の実態解明と防災対策に関する研究（代表：山本晴彦）」及び平成 27 年度基盤研究（B）による研究課題「ハザードマップにおける災害予測および避難情報伝達の機能向上に資する地理学的研究（代表：鈴木康弘）」の経費を使用した。記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 山本晴彦・野村和輝・坂本京子・渡邊薫乃・原田陽子 (2015)：2015 年 9 月 10 日に茨城県常総市で発生した洪水災害の特徴. 自然災害科学, 34-3, 171-187.
- 2) 黒木貴一・池見洋明・奥野 充・山本茂雄・碓井敏彦・撰田克哉・徳田充樹・藤野 晃・矢野寛幸・九州応用地質学会 熊本・大分地震災害 WG (2016)：平成 28 年 (2016 年) 熊本地震で発生した斜面崩壊の分布と特徴 (速報). Proceedings of the International Meeting on Eruptive History and Informatics, 2016-1, 39-42.
- 3) 国土交通省河川局砂防部砂防計画課・国土交通省国土技術政策総合研究所・危機管理技術研究センター (案) (2005)：土砂災害ハザードマップ作成のための指針と解説. 24p. <http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/05/050729/01.pdf> (2016 年 5 月 24 日閲覧)
- 4) 国土交通省水管理国土保全局・河川環境課水防企画室 (2013)：洪水ハザードマップ作成の手引き (改定版). 96p. [http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr\\_content/content/000093457.pdf](http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000093457.pdf) (2016 年 5 月 24 日閲覧)
- 5) 消防庁 (2014)：8 月 19 日からの大雨等による広島県における被害状況及び消防の活動等について (第 42 報). <http://www.fdma.go.jp/bn/2014/detail/871.html> (2014 年 12 月 1 日閲覧)
- 6) 山本晴彦・小林北斗 (2014)：2014 年 8 月 20 日に広島市で発生した豪雨と土石流災害の特徴. 自然災害科学, 33, 293-312.
- 7) 中筋章人 (2008)：リアルタイム火山ハザードマップの必要性と有効性：北海道有珠火山を例として. 応用地質, 49-5, 293-303.
- 8) 瀬戸一起 (2014)：検証「石巻・大川小」津波悲劇：「最終報告書」が浮き彫りにしたハザードマップの過小評価と経験科学の域を出ぬ地震の科学の限界. Facta, 9-5, 56-58.
- 9) 串山繁・高橋泰弘 (2011)：Google Sketch Up と Google Earth による津波ハザードマップの検証. 日本建築学会北海道支部研究報告集, 84, 91-96.
- 10) 桑野健・佐々木靖人 (2004)：急崖岩盤斜面における崩土到達範囲確率予測の実斜面への適用. 応用地質, 45-3, 135-144.
- 11) 国土地理院 (2014)：広島県の被災地域について, 平成 26 年 (2014 年) 8 月豪雨による被害状況に関する情報. <http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/h26-0816heavyrain-index.html> (2014 年 12 月 1 日閲覧)
- 12) 産業技術総合研究所地質調査総合センター (2005)：20 万分の 1 数値地質図幅集「中国東部, 中国中部及び四国」, 数値地図 G20-6.
- 13) 広島県土木建築局砂防課 (2013)：土砂災害ポータル広島. <http://www.sabo.pref.hiroshima.lg.jp/portal/Top.aspx> (2016 年 8 月 31 日閲覧)
- 14) 黒木貴一・池見洋明・後藤健介・宗建郎・黒田圭介・磯望 (2015)：2014 年 8 月豪雨による広島被災地の地形・地質の特徴と地理的条件. 平成 26 年度科学研究費補助金特別研究促進費, 26900001, 65-74.
- 15) 黒木貴一 (2015)：コラム, 山麓部の宅地開発と土砂災害 - 広島豪雨の教訓. 鈴木康弘編「防災・減災につなげるハザードマップの活かし方」, 99-102. 全 234p.
- 16) 牛山素行・横幕早季 (2015)：2004 年以降の豪雨災害事例との比較による 2014 年 8 月広島豪雨災害犠牲者の特徴. 2014 年 8 月豪雨により広島市で発生した土石流災害の実態解明と防災対策に関する研究報告書. 平成 26 年度科学研究費補助金特別研究促進費, 26900001, 151-156.
- 17) 出口将夫・黒木貴一・磯望 (2016)：福岡県内のハザードマップ記載項目の地域分布と地理条件. 2016 年春季学術大会日本地理学会発表要旨集, 89, p265.

