平成22年7月広島県庄原市で発生した土砂災害

ー航空レーザ計測による土砂移動状況ー

アジア航測株式会社
小川紀一朗

災害の概要

- 平成22年7月16日の午後3時から6時にかけて、最大時間雨量72mm、3時間累積雨量173mmの集中豪雨が発生（広島県大戸雨量計による）
- 集中豪雨が発生したのは庄原市川北町、西城町を中心とする狭い範囲
- 約4km×4kmの狭い範囲に200箇所以上の同時多発的な斜面崩壊と崩壊土砂による土石流が発生（崩壊総面積約1.4km^2、崩壊面積率約4.2%：土木技術資料52-9より）

航空レーザ計測の実施

- 17日に広島支店からの要請により計画立案
- 18日から24日にかけてヘリコプターによる計測実施：天候が優れないためヘリコプターによる雨雲の下から計測（航空機では無理）
- 計測データはその日ごとに新百合ヶ丘技術センターにて解析
  - 19日に斜め写真の判読による速報を発表
  - 23日に中間段階での土砂移動判読図を発表
  - 8月3日に計測成果による土砂移動判読図を発表

ヘリコプターによる航空レーザ計測

航空写真測量と比べて、森林地を含め地形が高精度に計測可能
詳細な地形情報を地理座標としてデジタル計測→直接CAD/GISへ

レーザ計測装置の主な仕様

	Harrier56
最大パルスレート	240kHz
最大スキャンレート	160Hz
飛行高度	30m～1,000m （対地高度）
取得パルス	1st,2nd,,,,last
最大スキャン角	60°
計測パルスモード	SPiA
レーザ強度	クラス1
データ解析	Waveform

ヘリコプターへの搭載（レーザ計測装置）

航空写真による土砂移動状況

- 合の峠上空より篠堂川上流を見る
- 約4km×4kmの狭い範囲に表層崩壊が集中
- 大津恵川の右岸は崩壊が発生していないので、かなり狭域的な集中豪雨だった
- 表層崩壊の集中する地域（先大戸地区右岸上流）
- 必ずしも良いとは考えられない植生の山腹斜面から集中的に表層崩壊が発生
- 色の明るい部分が崩壊発生域で暗い部分は流下域

航空写真による土砂移動状況

- 大量の土砂と流木が発生・流出した篠堂地区
- 死者1名、59世帯が孤立
- 表層崩壊が多数発生し、土石流化して篠堂川に流出
- 重行地区から上流大津恵川を見る
- 大津恵川から流出した土砂と流木が谷出口で氾濫堆積
- 一方で、その下流はそれほど大量の土砂流出は見られてない

航空写真による土砂移動状況

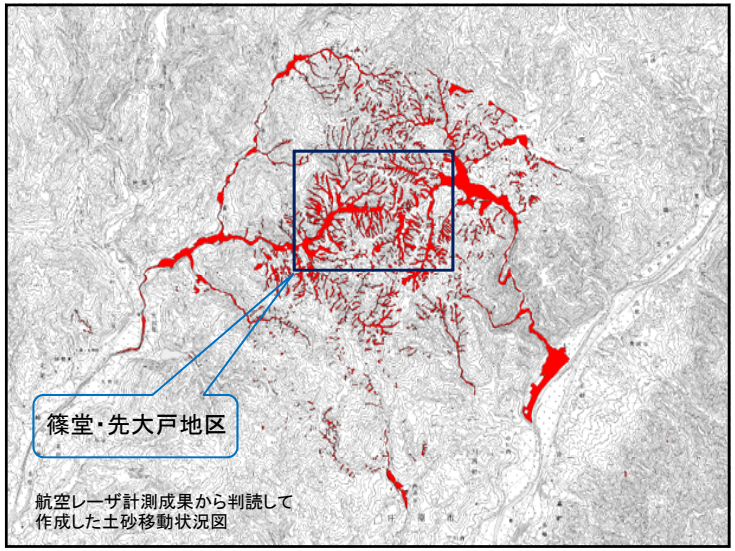
- 先大戸地区
- 篠堂地区と並んで土砂流出の激しかった地区
- 避難勧告62世帯
- 写真左下の渓流では大量の表層崩壊により土石流が発生
- 大戸川上流域からの土砂と流木の流出が極めて激しい
- 流出した土砂は、そのほとんどが本地区で氾濫堆積
- 流木も改良農地の土留めで停止

航空写真による土砂移動状況

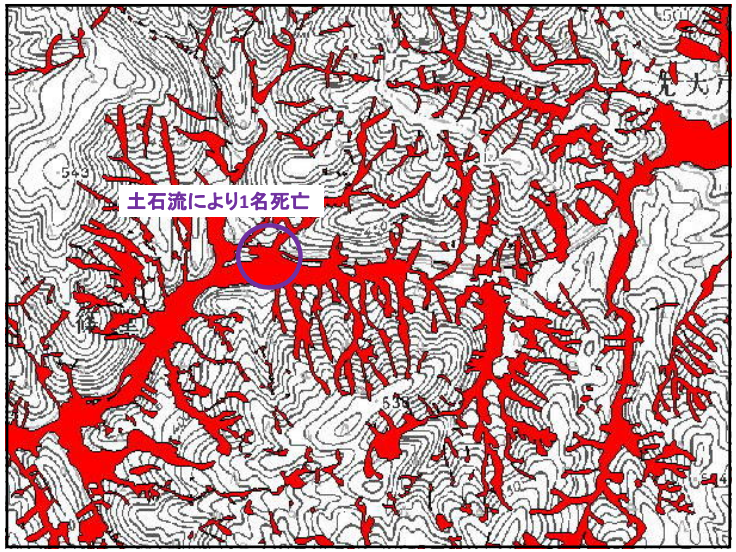
- 篠堂地区の被災状況
- 県道中迫川北線は流出した土砂により道路が寸断
- 表層崩壊は植生に関係なく凹型斜面に集中しているが、一部樹高が低い斜面では平滑斜面でも発生
- 表層崩壊が集中して発生している斜面の植生は周囲と比較して貧弱
- 写真の右側の渓流から流出した土石流が家屋を直撃し、住民1名が死亡
- 篠堂川では両岸から流出した土砂が集中

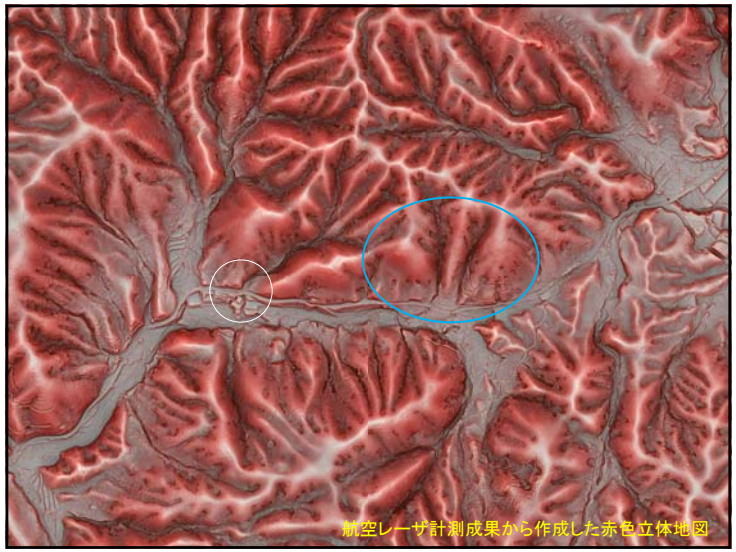
航空写真による土砂移動状況

- 大戸川下流の庄原ダム建設現場付近
- 大量の土砂が流出し工事現場で氾濫
- 作業員らは建設中の橋脚の上に避難して、翌朝に救出
- 大戸川最下流出口
- 上流域から流出した土砂が西城川右岸で氾濫
- 上流域における大量の土砂生産状況から比較すると意外と流出土砂が少ない



航空レーザ計測成果から判読して作成した土砂移動状況図





表層崩壊の発生状況

- 造林地で発生した表層崩壊
- 上部の色が明るい部分で崩壊が発生
- 中央部の暗い部分はクロボクの残積土

- 表層崩壊の頂部
- 崩壊深は0.5mから1.5m
- 直径10cm程度のパイピング孔がいくつか見える
- 写真下部は流紋岩の風化岩が露出

表層崩壊の発生状況

- 地表の植生が倒伏しているものの、洗掘を受けずに残存
- クロボクも残存
- 崩壊側部（左側）には崩土が堆積
- 表層崩壊により生産・流出した土砂が堆積
- 土石流化していない土砂は崩壊地脚部に堆積
- 一部は道路に沿って下流に流出
- 堆積土砂はクロボクが多い

土石流の流下状況

- 上流から土石流が流下した状況
- 森林を破壊して流下
- 渓床を3mから4m洗掘
- 崩壊土砂に渓床土砂を加えて大規模化
- 高さ20mくらいのヒノキ林を幅20m程度にわたって破壊
- 右岸側のヒノキの樹幹には土石流の流動痕跡あり
- 土石流の威力の凄まじさがうかがえる

土石流の流下状況

- 渓流左岸側に残された土石流痕跡
- 渓床から5mから6m程度の高さ
- 土石流の流出により運搬された石礫
- 粒径は50cmから70cm程度
- 大粒径の石礫が流出した事例は、それほど見られなかった

土石流による被災状況

- 上流から土石流が流下した状況
- 家屋直撃により死者1名
- 上流では20か所以上で表層崩壊が発生
- 大量の土砂が渓流に集中
- 土石流流出渓流の出口に存在する家屋の被災状況
- 手前の平地にはもう1軒家屋があり、土石流の直撃を受けた
- それにより住民1名が死亡

土石流による被災状況

- 全壊した家屋の建っていた跡地
- 背後はおびただしい数の表層崩壊
- 土石流出口地点を下流側から見る
- 篠堂川は流出した大量の土砂と流木によって宅地付近まで河床が上昇
- これにより多くの家屋が被災した

篠堂地区における被災状況

- 篠堂地区の被災状況
- 流出してきた屋根が下流家屋に衝突
- 屋根の形が原型をとどめているので流れは掃流状態だったか
- 河床上昇と合わせて側岸侵食により家屋が被災
- 家屋の壁についている泥の痕跡で洪水水位を推定
- 手前は針葉樹の流木（上流では家屋を突き刺している）

篠堂地区における被災状況

- 篠堂川右岸支流から流出した土石流によって倒壊した家屋
- 山腹斜面の陰にある墓地は無事
- 篠堂川下流右岸にある家屋の被災状況
- 写真左側が上流で、上流側の柱が洪水の流体力で曲げられている
- 家屋の壁の泥の高さで洪水水位を推定

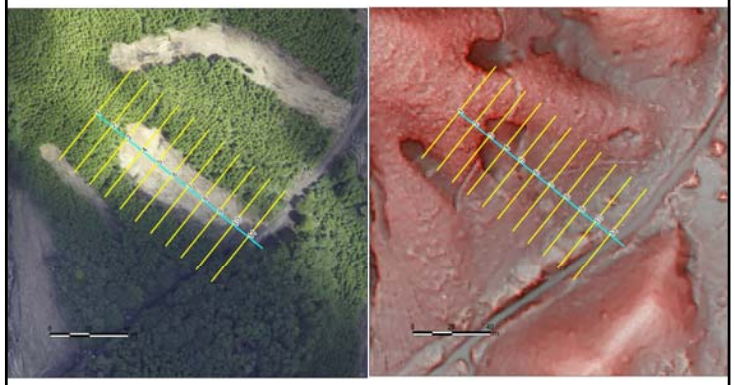
先大戸地区における流木停止状況

- 大戸川上流から流出して家屋の手前で停止した大量の流木
- これらの流木が家屋を直撃したら、これ以上の被害が出ていた可能性が高い
- 流出した流木は改良された農地の土留めで停止
- 農地が遊砂地の効果を発揮

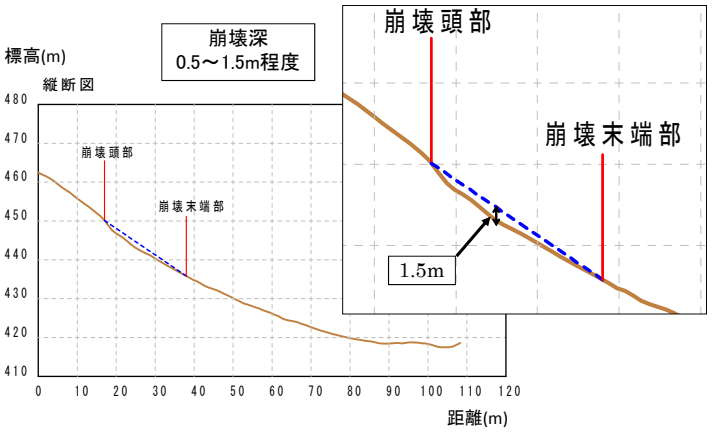
先大戸地区における流木停止状況

- 農地における流出土砂と流木の堆積状況
- 広い範囲で大量の土砂と流木が堆積した
- 大戸川右岸支流から流出した土砂により流された家屋が下流家屋に衝突
- この支流上流では土石流が発生
- 洪水の流体力の凄まじさがうかがえる

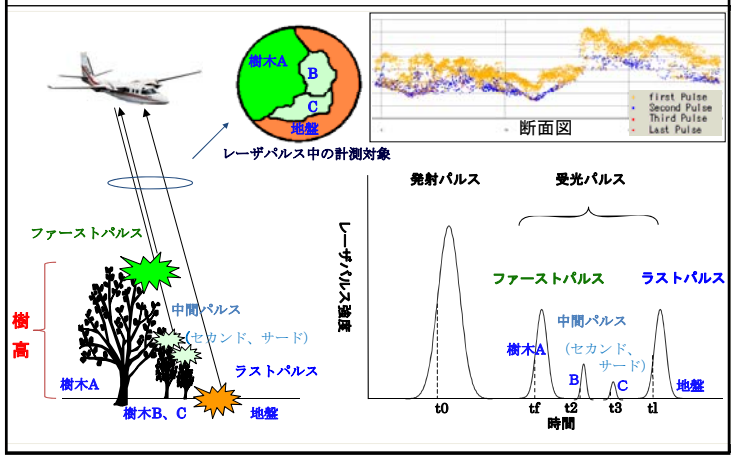
表層崩壊の断面形状と崩壊深



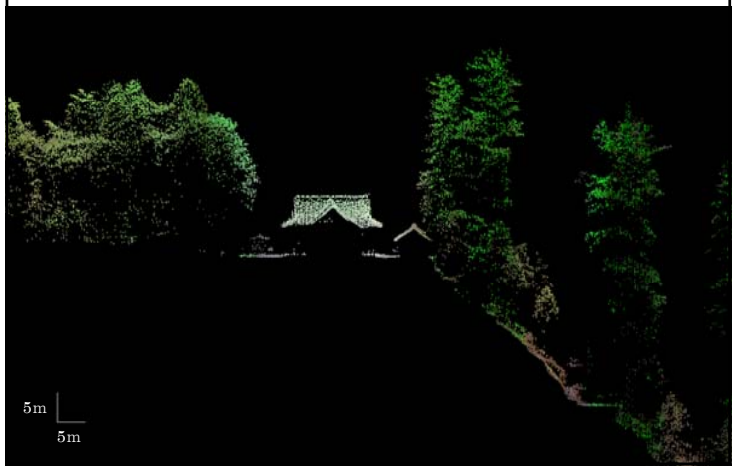
表層崩壊の断面形状と崩壊深



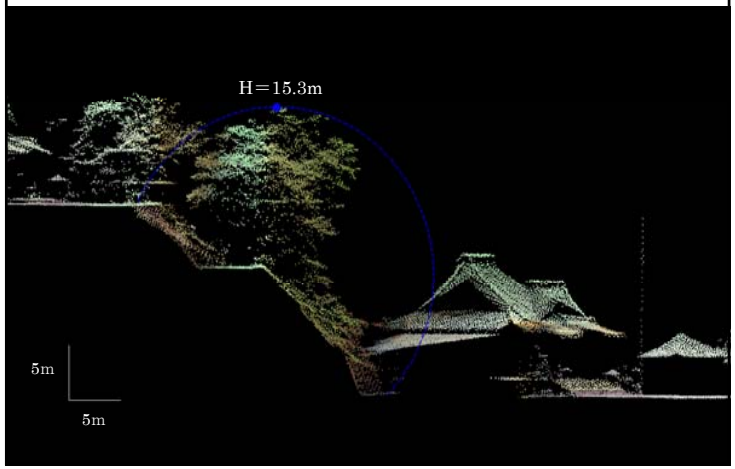
航空ﾚｰｻﾞ計測と森林解析（樹高・樹木率）



ヘリレーザによる計測事例（高尾山）

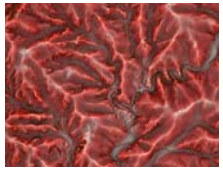


ヘリレーザによる計測事例（高尾山）



樹高分布図

航空レーザ計測データ(DEM･DSM)による広域かつ正確な位置情報を活用した樹高分布(DHM)図の作成
→ 地形のみならず、樹木の分布状況や材積の推定まで可能


①DEMによる赤色立体地図

③DHM(DSM-DEM)による樹高分布図

②DSMによる赤色立体地図

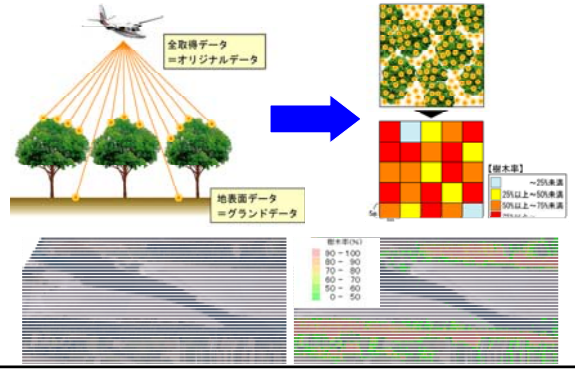
④モノクロ化したDSMと樹高分布図との合成

航空レーザ計測成果から作成した樹高分布図

樹木率による繁茂状況の把握

レーザ計測のパルス数を用いた解析

$$樹木率 = \frac{オリジナルデータ数 - グランドデータ数}{オリジナルデータ数} \times 100$$



33

まとめ

- 広島県庄原市で発生した土砂災害に対して、災害発生の翌々日からヘリコプターを用いた航空レーザ計測を実施
- 約4km×4kmの狭い範囲に表層崩壊が集中
- 崩壊深は0.5mから1.5m
- 同一標高で表層崩壊が発生した事例もあり
- これらによる土砂と流木が土石流化して篠堂川等へ流出し、被害を拡大
- 表層崩壊は植生に関係なく凹型斜面に集中しているが、一部樹木率（樹冠疎密度）が低い斜面では平滑斜面でも発生