

防災・災害対策における光学衛星の活用事例 ～ネパール地震復旧・復興プロジェクト～

独立行政法人 国際協力機構(JICA)
社会基盤・平和構築部都市・地域開発グループ第一チーム
高橋 光
2016年 7月28日

1. ネパール地震規模 & 被害
2. ネパール地震復旧・復興プロジェクト
3. カトマンズにおける復興支援地図作成
4. 地方群復旧復興計画策定のためのハザードマップ作成
5. 地理空間情報案件の動向

1. ネパール地震規模 & 被害

■ 2015年4月25日 震源:ゴルカ(本震)

- M7.8
- MMI: IX [Violent]
- IJMA: 震度5強(ゴルカ郡バルパック)

■ 2015年5月12日 震源:ドラカ(余震)

- M7.3
- MMI: VIII [Severe]
- IJMA: 震度5強(推定)(ドラカ郡ビミスワール)

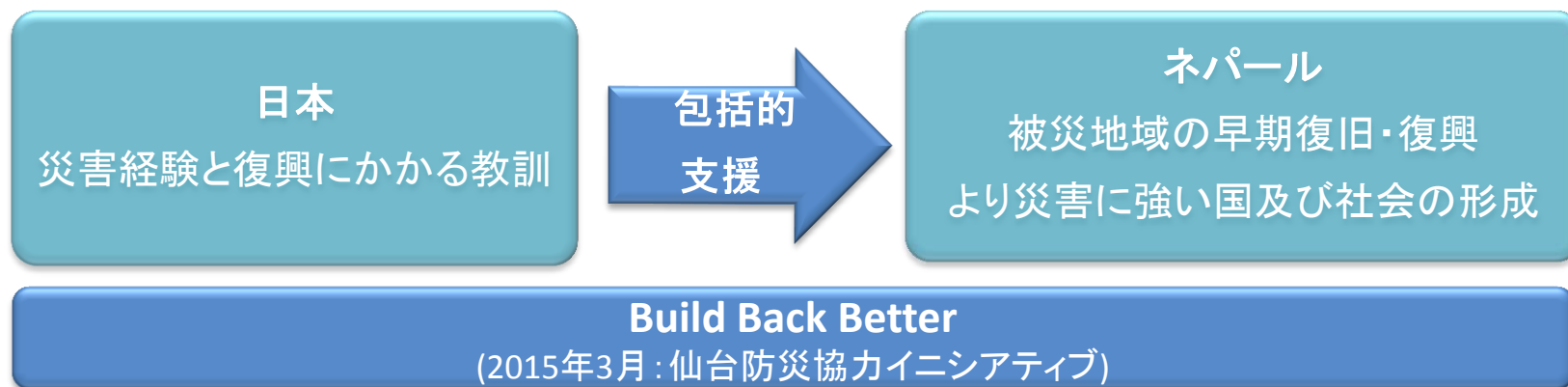
■ 被害状況

- 死者8,631人
- 負傷者16,808人
- 全壊家屋約50万戸
- 半壊家屋約27万戸
- 被害総額: 約100億ドル(2012/2013年のGDP=192億ドル)



2. ネパール地震復旧・復興プロジェクト

■ 目的



■ 実施期間: 2015年7月～2017年6月(予定)

■ 成果

- 成果1
 - ・ 想定被害の設定
 - ・ **カトマンズ強靱計画の策定⇒復興支援地図の作成(1/10,000、1/5,000)**
 - ・ **地方群復旧復興計画の策定⇒ハザードマップ作成(1/25,000、1/10,000)**
 - ・ 上記計画・方針及び実施に関する組織能力開発
- 成果2
 - ・ 耐震住宅／学校等建築物や道路橋梁／ライフライン等都市インフラ構造物にかかる基準の見通しの要否の検討
 - ・ 耐震住宅／学校建築に係るガイドライン
 - ・ 耐震建築ガイドラインの普及に係る補助制度・メカニズムの検討
 - ・ 耐震建築／学校建築のための人材養成
- 成果3
 - ・ 優先復興事業計画(無償資金協力: 40億円)の抽出
 - ・ 優先復興計画の設計及び概算レベル積算
- 成果4
 - ・ 優先緊急復旧事業の選定
 - ・ 優先緊急復旧事業の実施

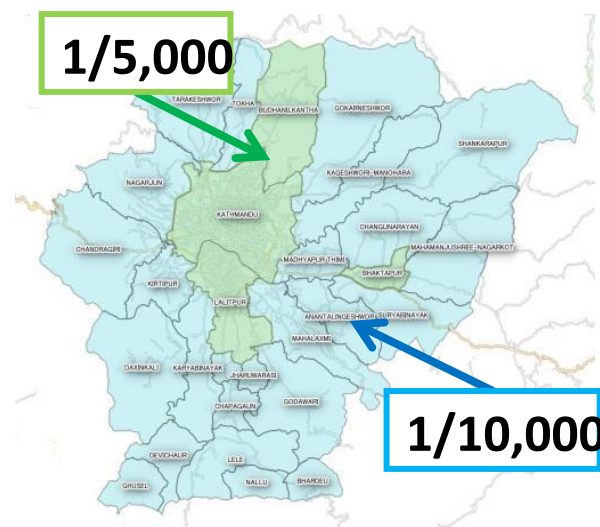
3. カトマンズにおける復興支援地図作成

復興支援地図	地図に記載する地理情報は、 <u>災害時の避難路・避難場所、防災計画、コミュニティ防災、緊急輸送道路等の検討</u> に活用することを想定し、測量局が作成する地形図 (Topographic Map) と区別し、作成。	
衛星画像	Pleiades ステレオ画像／分解能 0.5m	
縮尺	1/10,000	1/5,000
対象	カトマンズ盆地全域	カトマンズ市／ラリトプール市 バクタプール市／ブダニールカンタ市
面積	721km ²	121km ²
完成予定	2016年8月末	2016年12月末

- 衛星画像による写真判読をベース
- 衛星画像判読だけでは判断できない区分情報(学校・病院・役所・警察・宅地・寺など)を現地調査により情報収集
- 図面検査・調査モレ・再確認のための再調査を現地補測作業で実施

【地震による影響】

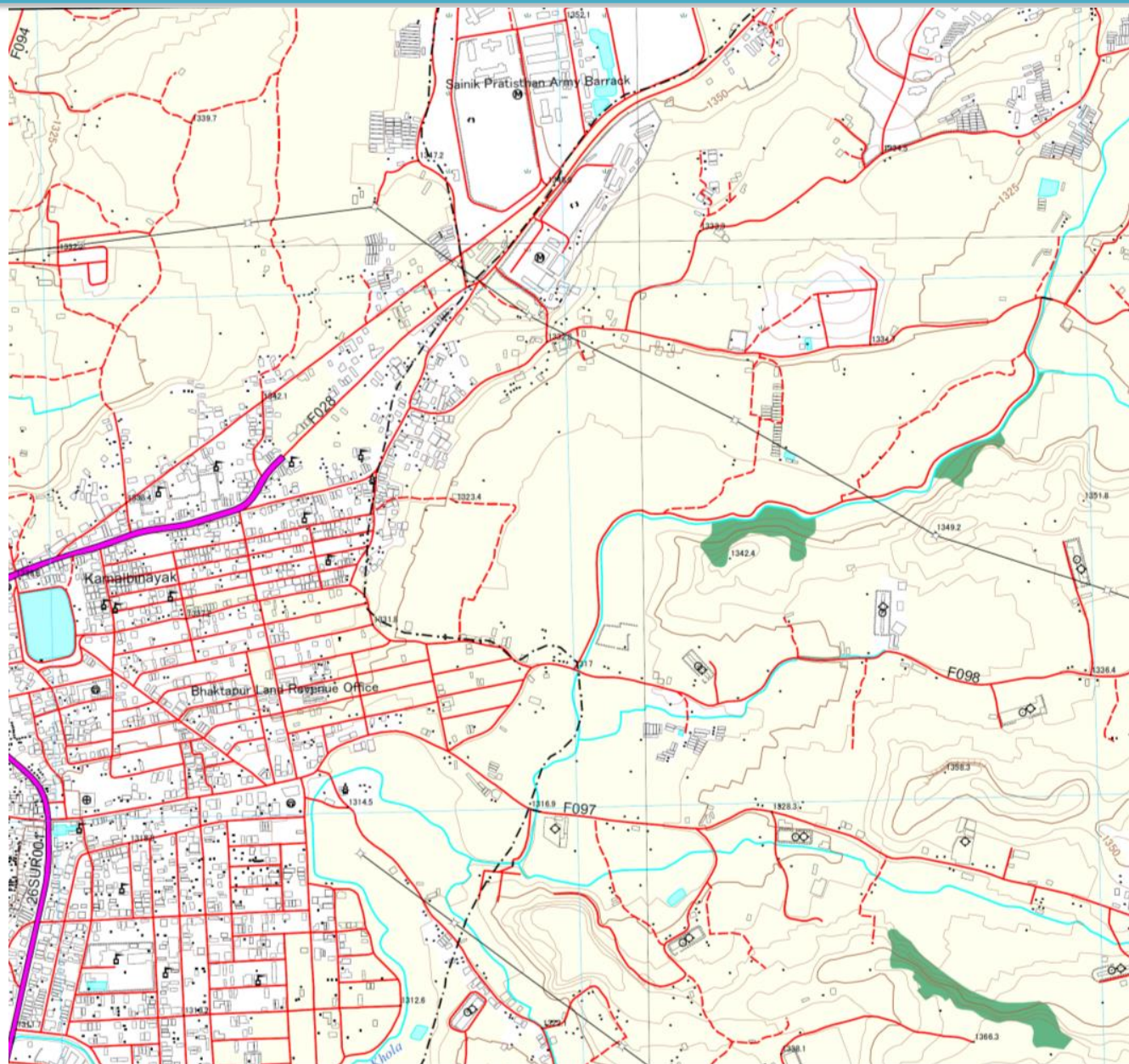
- 基準点の変動: 既存の国家測量基準点をGNSS測量の基準とする。地震後に国家電子基準点との再観測により測量局が決定した暫定成果を利用。
- 水準点の変動: 既存の国家測量水準点「BM1000-266.3」を基準とし、他の既存水準点との相対的な変異(最大6.2cm)を確認。高さ精度の範囲内に収まることを確認。



3. カトマンズにおける復興支援地図作成

分類	取得項目	取得方法
道路	ハイウェイ/幹線道路/一般道/路地・小道	写真判読
交通施設	橋/歩道橋/吊り橋/トンネル/空港	写真判読/現地調査
建物・施設等	バスターミナル/商業施設/工場/消防署/病院・ヘルスセンター/ガソリンスタンド/警察署/発電所・変電所/一般建物/学校/記念碑/煙突/行政施設/省庁/軍施設/コミュニティセンター/スタジアム	現地調査
宗教施設	ヒンドゥ/ストゥーパ/仏教寺院/教会/モスク/墓地/火葬場	現地調査
その他	採石場/鉱山/堀	写真判読
地形	等高線/盛土・切土/崖/窪地	写真判読
植生	耕作地/森林/プランテーション/果樹園/草地/雑木林/竹林/独立樹/荒地	写真判読
水部	河川/小川/運河/池・湖/貯水塔・貯水タンク	写真判読
都市施設	高圧電線/鉄塔	写真判読/既存情報/現地調査
行政界	International Boundary/ Region/ Zone/ District/ VDC or Municipality/ Ward	既存情報
土地利用	国立公園/公園/廃棄場	写真判読/既存情報/現地調査
地形・施設名称	道路名/河川名/山・丘名/重要施設名/歴史・文化施設/場所名等	既存情報/現地調査

3. カトマンズにおける復興支援地図作成



1/10,000 サンプル

3. カトマンズにおける復興支援地図作成

■ 1/5000カトマンズ盆地復興支援地図の利活用

- 1/5,000のさらに詳細な建物・道路等の地形情報を基に、オープンスペースなどの情報を追加して防災計画に活用する。
- 地理情報の3次元化＋各分野の情報⇒現地状況に近い状態で各種計画・検討
- 地理情報と防災計画
 - 避難場所と防災拠点との交通アクセスの検討／緊急輸送道路の検討／緊急対応活動拠点の検討／防災カルテに活用／コミュニティ防災への活用／がれき量の算出／防災農地の検討

4. 地方群復旧復興計画策定のためのハザードマップ作成

The comparison the fi

Slope No	<i>G001</i>	District
The date	<i>02/11/2015</i>	Latitude

The field



Table 4.1.3 The result of landslide investigation

Slope No	<i>S018</i>	District	<i>Sindhupalchok</i>	VDC	<i>Phulpingkatti</i>
The date	<i>11/11/2015</i>	Latitude	<i>27° 53'0.20"N</i>	Longitude	<i>85° 54'52.54"E</i>

The front photo



The side photo

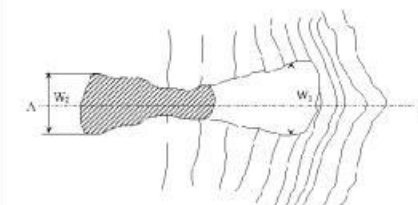
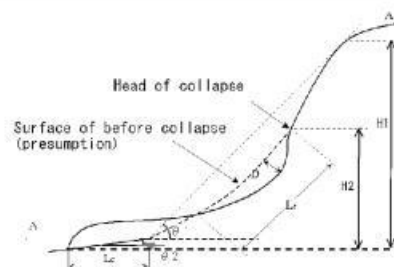


The result of measurement(unit:m, degree)

H1	<i>200</i>	θ 1	<i>62</i>
H2	<i>190</i>	D	<i>10</i>
W1	<i>20</i>	W2	<i>100</i>
L1	<i>100</i>	L2	<i>100</i>
L3	<i>90</i>	θ 2	<i>20</i>

Remarks

Rock fall. 8 people dead and the missing.

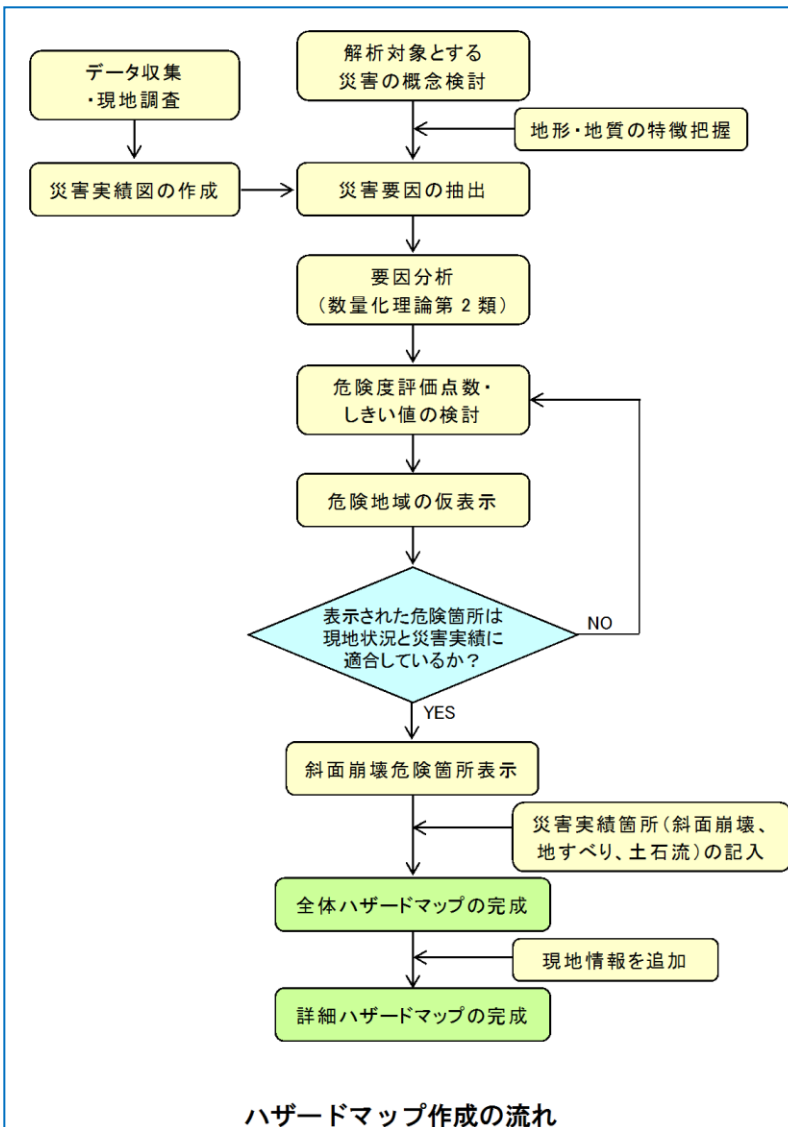


4. 地方群復旧復興計画策定のためのハザードマップ作成

ハザードマップ	「土砂移動実績箇所」と「潜在的に危険要因を有した箇所」を表示したマップ
衛星画像	SPOT 単画像／分解能1.5m
対象	ゴルカ郡、シンドパルチョーク群
面積	6,130km ²

■ 衛星画像の活用

- 地震発生前後の衛星画像を準備し、地震発生前から存在していた地すべりと地震による地すべりとを区分。
- 今回の地震による被災状況を把握するため、**衛星画像判読による地すべりハザードマップ**を作成。
- 精度と適用性を現地調査とGIS解析により検討。
- 今後特定地域での詳細ハザードマップを作成。



土砂災害ハザードマップ作成手順

■ 分析対象とする災害要因の抽出

一般的に採用されている要因	調査地の特徴と本業務における適応性	本分析への適用
斜面の傾斜	一般に急斜面で崩壊が発生しやすい。	○
起伏量	重要な要素であるが、斜面傾斜と関連性がある	×
斜面形状	凹凸の状況等崩壊に関連するが、抽出が困難	×
土地利用	対象地全域の土地利用の把握は困難	×
地質分布	基岩は先カンブリア紀の片岩が主体で、堅固さは地質の種類によらず同様。表層地質図は限られた地区のみで適応不可。	△※1
地質構造	2015年地震の原因と考えられる大きな構造帯が分布し、地質的弱線となっている。	○※2
震源からの距離	震源に近いほど揺れが大きく崩壊に関連している可能性がある。	○

※1：基岩は同様な地質であるため一律と見なし採用しない。

※2：「主要な断層からの距離」、地質構造を反映した「斜面の傾斜方向」の2要因を採用。

■ 採用した要因

・ 傾斜角、傾斜方向、断層帯との関係、震源からの距離

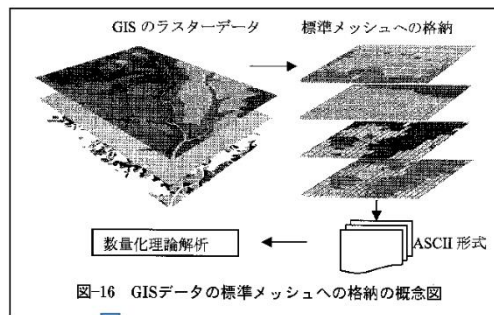


図-16 GISデータの標準メッシュへの格納の概念図

災害要因の検討(インテリウムRによる)

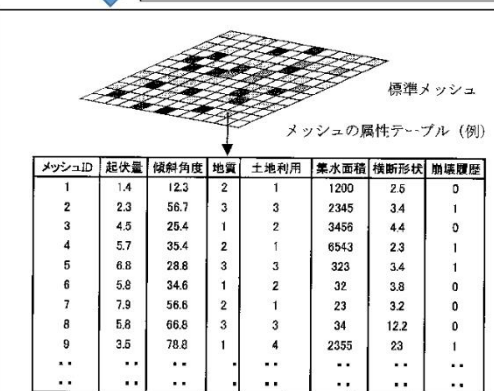


図-19 GISの標準メッシュに格納された属性データ

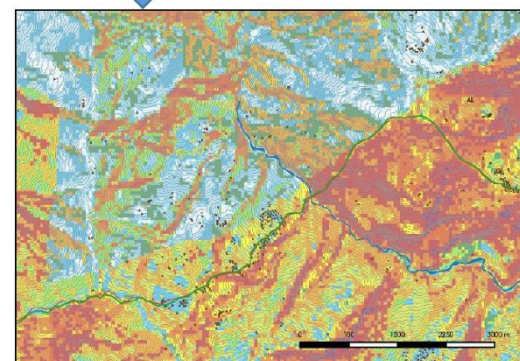
数量化理論による分析

アイテム	分類	カテゴリ	カテゴリスコア	評価点
傾斜角(度)	0~10以下	1	-0.45	0
	10~20以下	2	-0.60	1
	20~30以下	3	-0.66	2
	30~40以下	4	-0.06	6
	40~50以下	5	0.59	11
傾斜方向8方位	N	1	-0.12	3
	NE	2	0.08	3
	E	3	0.16	4
	SE	4	0.33	5
断層帯との関係(MGT)	断層帯の中	1	1.58	7
	北側0~10km以下	2	-0.20	2
	北側10~20km以下	3	-0.55	1
	南側0~10km以下	6	-0.38	3
震源からの距離	0~10km以下	1	-0.20	2
	10~20km以下	2	-0.20	1
	20~30km以下	3	-0.30	1

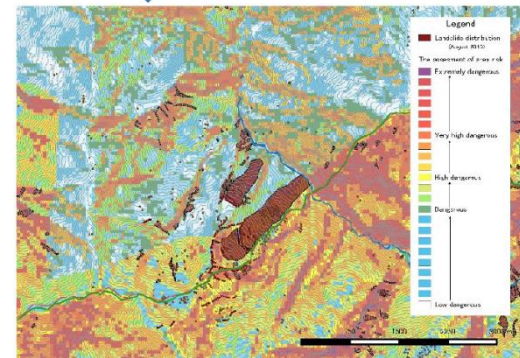
点数の集計と点数別色分け⇒点数の高いものから低いものへ紫→赤→橙→黄色→緑→青→白としたグラデーションで危険度表

総合点数	全県				関係地等			
	回数集計ID	回数集計ID%	回数集計ID	回数集計ID%	回数集計ID	回数集計ID%	回数集計ID	回数集計ID%
2	16,900	1.16	0	0.0	0.0	12,306	100.00	
3	127,481	8.64	7	0.05	0.0	12,306	100.00	
4	174,019	11.94	71	0.57	12,389	99.78		
5	220,623	15.14	109	0.88	13,325	99.43		
6	318,158	21.80	159	1.23	12,287	98.12		
7	425,057	29.10	238	1.40	12,444	98.77		
8	509,239	34.54	457	1.77	12,098	97.60		
9	636,905	43.71	693	2.32	11,929	96.23		
10	774,361	53.18	1,190	2.80	11,733	94.85		
11	838,237	57.03	1,736	3.13	11,208	93.40		
12	943,477	63.27	2,492	3.54	10,620	91.92		
13	1,021,959	68.77	3,452	3.98	10,484	90.46		
14	1,077,971	73.90	4,637	4.37	10,261	89.02		
15	1,128,709	78.32	6,018	4.73	9,914	87.59		
16	1,168,670	82.82	7,535	5.06	9,578	86.16		
17	1,201,445	86.18	9,261	5.36	9,261	84.73		
18	1,228,230	88.58	11,248	5.63	8,930	83.30		
19	1,248,959	90.98	13,457	5.88	8,600	81.87		
20	1,264,729	92.38	15,888	6.11	8,271	80.44		
21	1,275,944	93.64	18,537	6.32	7,942	79.01		
22	1,282,774	94.84	21,403	6.50	7,613	77.58		
23	1,285,953	95.05	24,491	6.65	7,284	76.15		
24	1,285,953	95.05	27,600	6.78	6,955	74.72		
25	1,285,953	95.05	30,730	6.89	6,626	73.29		
26	1,285,953	95.05	33,880	6.98	6,297	71.86		
27	1,285,953	95.05	37,050	7.06	5,968	70.43		
28	1,285,953	95.05	40,240	7.13	5,639	69.00		
29	1,285,953	95.05	43,450	7.19	5,310	67.57		
30	1,285,953	95.05	46,680	7.24	4,981	66.14		
31	1,285,953	95.05	49,930	7.29	4,652	64.71		
32	1,285,953	95.05	53,200	7.33	4,323	63.28		
33	1,285,953	95.05	56,490	7.37	4,000	61.85		
34	1,285,953	95.05	59,800	7.40	3,671	60.42		
35	1,285,953	95.05	63,130	7.43	3,342	58.99		
36	1,285,953	95.05	66,480	7.46	3,013	57.56		
37	1,285,953	95.05	69,850	7.48	2,684	56.13		
38	1,285,953	95.05	73,240	7.51	2,355	54.70		
39	1,285,953	95.05	76,650	7.53	2,026	53.27		
40	1,285,953	95.05	80,080	7.55	1,697	51.84		
41	1,285,953	95.05	83,530	7.57	1,368	50.41		
42	1,285,953	95.05	86,990	7.59	1,039	48.98		
43	1,285,953	95.05	90,460	7.61	710	47.55		
44	1,285,953	95.05	93,940	7.63	381	46.12		
45	1,285,953	95.05	97,430	7.65	52	44.69		
46	1,285,953	95.05	100,930	7.67	0	43.26		

結果の平面図への展開⇒現地との整合性⇒評価点数・色合いの調整



災害実績箇所の追加及び道路・河川・人家等の記入



土砂災害ハザードマップの完成

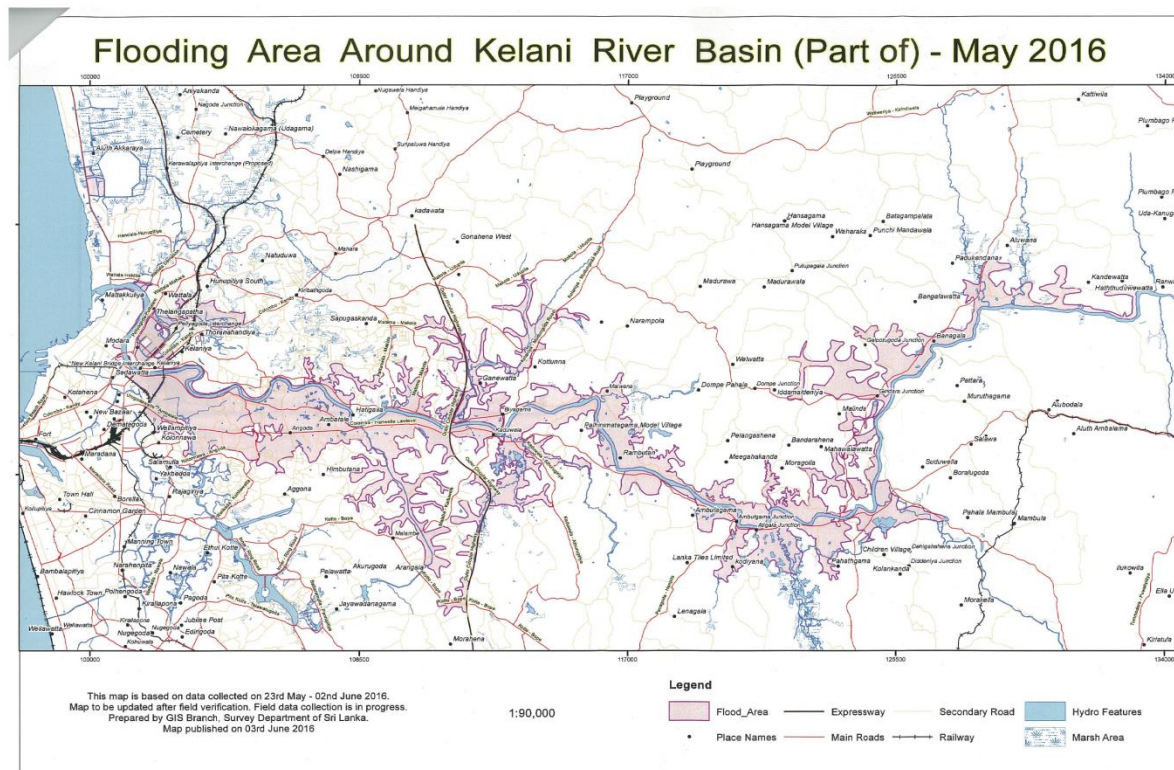
■ スリランカ

- ・2015年5月、大規模洪水発生。
- ・実施中「防災強化のための数値標高モデル作成能力向上プロジェクト」(2015年1月~2016年12月)の中で、

①浸水地域周辺200km²の等高線データ作成

②LiDARとオルソ画像を用いた家屋判読作業支援

を緊急追加支援。



5. 地理空間情報案件の動向

- アナログ地形図からデジタル地形図へ
- 地形図作成以降の利活用の広がり
 - ・ 電子基準点、NSDI(防災、環境等)
- 航空写真から衛星画像へ
 - ・ ブルキナファソ、ブータン、エチオピア等
 - ・ 解像度、航空機の再委託費用、天候、現地立ち入りの制限等
- リモートセンシング
 - ・ 南アフリカ、コンゴ民等
 - ・ 自然観測、違法採掘者の監視、鉱物資源探索等

ご清聴ありがとうございました。