

土砂災害の調査法とデータベース化に関する研究

-2004年7.13新潟県中越地域豪雨による同時多発斜面災害-

山岸宏光¹⁾・アヤレウ ルルセゲド²⁾・大谷政敬³⁾・加藤晃司⁴⁾

1)新潟大学自然科学系 hiroy@env.sc.niigata-u.ac.jp.

2)Addis Ababa University

3)(株)キタック

4)シン技術コンサル(株)

まえがき

わが国では、昨年2004年には梅雨前線の停滞や、10個もの台風が上陸して、各地で大雨による災害が頻発した。とくに、7月13日には、新潟県中越地方(Fig. 1a)では梅雨前線活動の末期に24時間雨量が400mmを超えて、信濃川に流入する二つの河川(五十嵐川と刈谷田川)の堤防が破堤して13名が犠牲となり、また斜面崩壊も多発して2名が亡くなった(Fig. 1b)。さらには、10月23日には、中山間地の長岡市東方の中山間地を中心に、震度7を記録する内陸直下型地震が発生して、直接間接を問わず40名を超える犠牲が出た。中山間地でもあったため、強振動被害のみならず、特に旧山古志村を中心に、斜面災害が多発して、ランドスライドダムが形成され、民家の水没やダム決壊の恐れから、全村がいまだに避難を余儀なくされている。このように、7月13日と10月23日の2回にわたり異なったトリガーによる斜面災害が、類似した地形・地質環境を有する新潟県中越地方を襲った。また、斜面災害の観点から見ると、従来の新潟では融雪などによる単発的な地すべりが特徴であるが、豪雨と地震という異なったトリガーによる多発的な斜面災害がほぼ同一の地形・地質条件の丘陵地域で、数ヶ月の間隔をおいて発生したことは、極めて異例であると同時に、豪雨と地震による斜面災害を比較できる点が重要である。

しかし、本研究では、特に2004年7月13日の梅雨末期の豪雨による斜面災害について、現地調査、空中写真判読、GISを活用した地形解析などを試みて、規模、タイプ、地形や地質との関連性などを把握し、このような豪雨による土砂災害調査法の確立と、データベースを確立することを目指している。本報告では、今回実施した、斜面崩壊や地すべりのパターン分類、代表例の抽出、空中写真判読、現地調査票による土砂災害調査法とデータベース作成、GIS解析など、IT化に対応した豪雨による土砂災害調査手法を報告する。

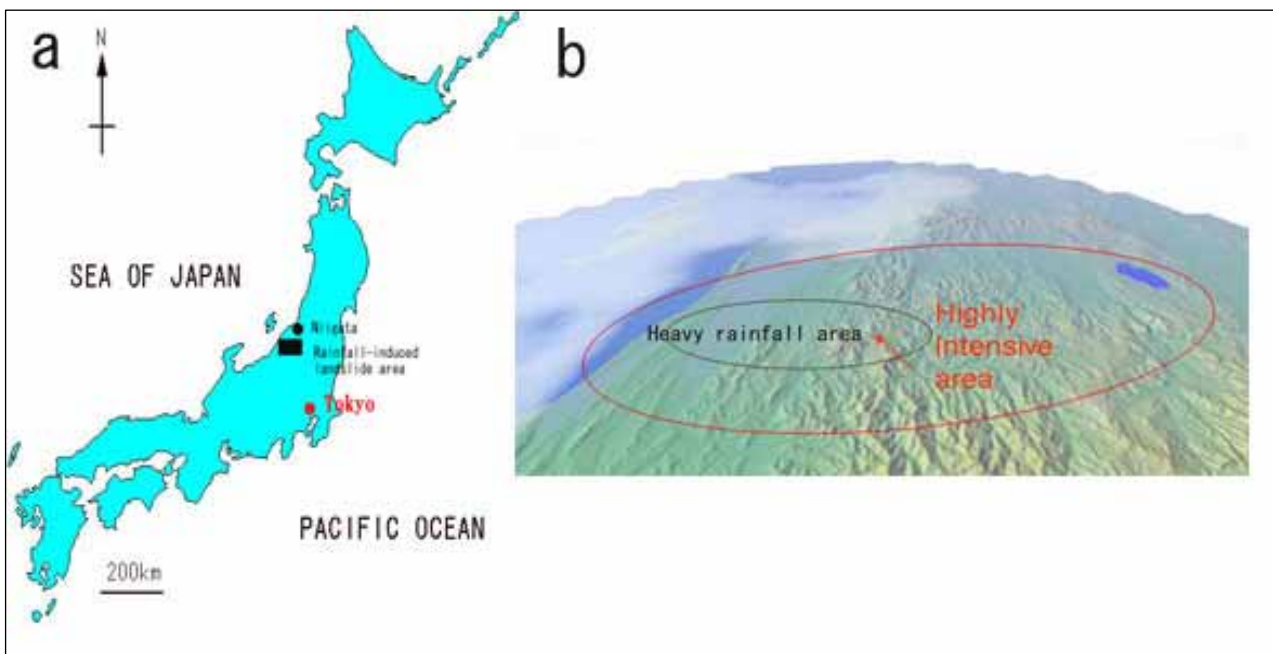


Fig. 1 (a)新潟県中越地方の位置図 (b) 7.13 水害の影響範囲

1. 7.13 豪雨の降雨条件

牛山(2004)によると、7月13日豪雨について以下のように述べている。降雨は前日の7月12日夕刻から始まり、7月13日の午前中には低地で、昼頃には山地部でもピークに達した。Fig. 2は7月13日に斜面災害が発生した地域の降雨量分布図(国土交通省ホームページ、2004)で、Fig. 3は15箇所のステーション(新潟県のダムや土木事務所とAMEDAS)から得られたデータをGISによって独自に描いた降雨量分布図である。おおよそ1250 km²をカバーし、特に、栃尾地区や刈谷田川ダムではその日の最大雨量を示している。また、栃尾市のAMEDAS stationでは421mmを記録している。これらの地域から離れると、西方に向かって次第に降雨量は減少していく。たとえば、長岡では225mmに達したが、その西側では130mmに減少していく。ただ唯一異常に多い例として、与板の344mmの降雨量がある。一方、北へは、三条市で208mmが記録されているが、これもさらに北西の寺泊では194mmに減少する。同じ傾向は長岡の南方でも得られる。しかし、栃尾市から東10kmの笠堀ダムや大谷ダムではそれぞれ、473mm、450mmとなっている。地域的に雨量のバラつきがあっても、いくつかの地域での雨量強度や持続雨量は多数の斜面災害を発生させるには十分な値である。

一般的には、新潟県の南部では過去数年やや高い降雨量が記録され、斜面災害も多かった。たとえば、栃尾市では1979年に216mmが記録されている。なお、隣の福島県でも同年この値を超えるデータが知られている。

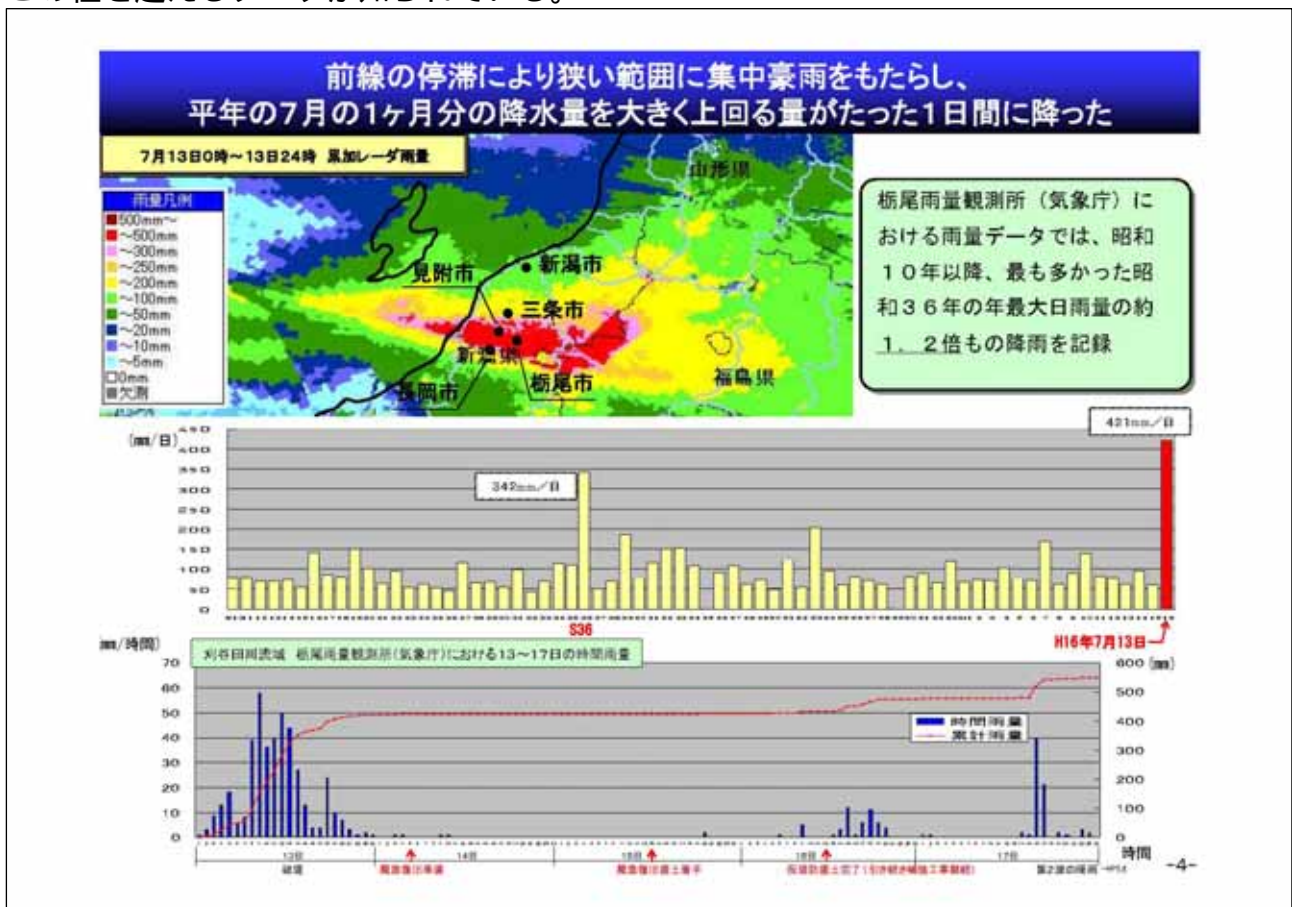


Fig.2 2004年7月13日前後の降雨状況(国土交通省ホームページ,2004)

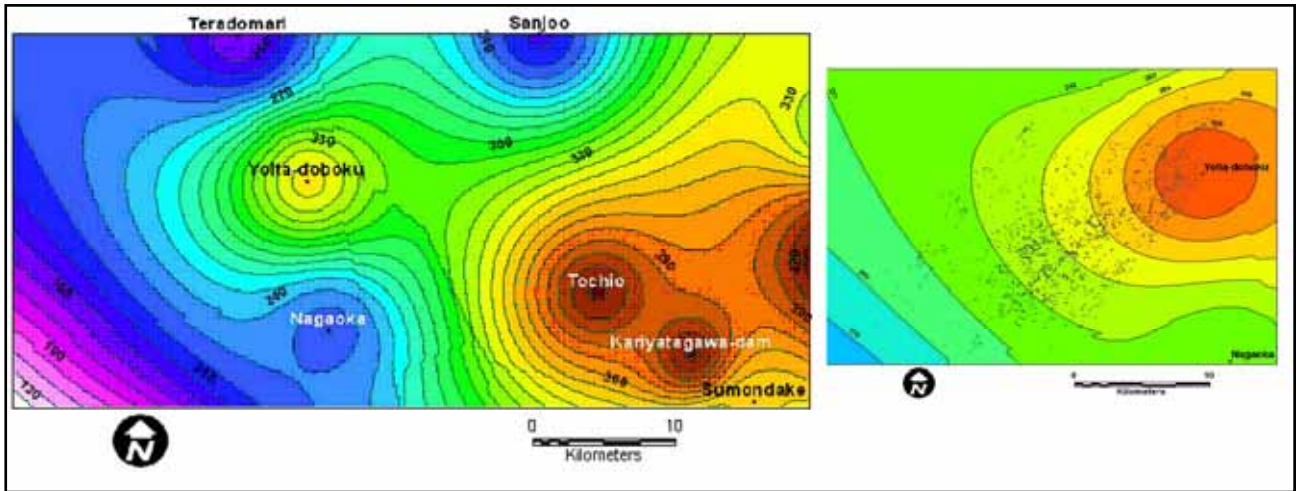


Fig. 3. 2004年7月13日の降雨分布図。アメダスと新潟県土木事務所からのデータをGIS（地理情報システム）で作成した。左図は全体をまとめたもの。右図は7月13日午前7:00 to 12:00までの与板付近の降雨等高線図。等高線図の配列と崩壊点の配列が整合的であることから、この付近の豪雨が7月13日午前7:00から12:00に崩壊が発生したことを示唆している。

2. 7.13 豪雨による斜面災害

2004年7月13日には、出雲崎地域（西山丘陵）と栃尾地域（魚沼丘陵）で多数の斜面災害が発生した。出雲崎から与板にかけてがひとつの集中域であり、とくに与板地域では500以上の斜面災害が発生している。全体として3359箇所 of 斜面災害が発生したことが写真判読（アジア航測（株）提供）から得られている。これらの崩壊のうち泥流をともなう大規模なものが271箇所にのぼる。（Table 1）

Topographic name(1:25,000)	Number of Landslide	Number of Mudflow	Total
Teradomari	20	1	21
Izumozaki	372	28	400
Yoita	569	59	628
Mitsuke	59	5	64
Morimachi	216	8	224
Miyakawa	2	0	2
Nisshiyama	278	28	306
Nagaoka	114	10	124
Tochio	560	64	624
Tochibori	598	58	656
Komyozan	26	0	26
Katagai	0	0	0
Hanzougane	189	3	192
Anazawa	325	4	329
Sumondake	29	3	32
Total	3359	271	3630

Table 1. 2004年7月13日新潟県中越地方の斜面崩壊数（アジア航測（株）による写真判読による；崩壊数3359、大規模の崩壊に伴う泥流数271箇所）

3. 7.13 斜面災害データの収集と解析

災害発生直後から、（社）日本地すべり学会と新潟大学積雪地域災害研究センターとの合同調査団を始めとして以来断続的に現地調査を実施した。その現地調査でのデータ収集には、Fig. 4 に示す調査票を使用した。このフォーマットは、1981年北海道日高地方の豪雨

による斜面崩壊調査票（遠藤ほか、1982）を改訂したものである。これにより、崩壊のパターン（表層崩壊、岩盤すべり、ガリー侵食）、表層崩壊の種類（スプーン型崩壊、平滑型崩壊）、崩壊頭部の遷急線との位置関係、崩壊の規模（幅、深さ、長さ）、原地形面の種類、傾斜、崩壊面の傾斜、岩盤地質、表層地質、崩壊堆積物の規模（幅、厚さ、長さ）、砂防施設の有無、被害対象などをチェックした。現在までのところ、300箇所弱で全体の十分の1に満たないが、Table 2のようなデータが得られた。

Fig. 4 崩壊調査用の票(遠藤ほか、1984)を改訂。

調査者	調査番号	地形図名(2万5)	調査地名	調査日	崩壊源	流走部	浸食部	堆積部	崩壊分類	表層崩壊タイプ	崩壊発生地点	崩壊の幅(m)	崩壊の深度(m)	崩壊の長さ(m)
堀田太田	H-1	出雲崎	出雲崎町 石井町	2004.7.24	1	1	0	1	3	1	1	5	2	5
堀田太田	H-2	出雲崎	出雲崎町 石井町	2004.7.24	1	1	1	1	1	2	2	4	0.5	4
堀田太田	H-3	出雲崎	出雲崎町 羽黒町	2004.7.24	1	1	0	0	1	1	2	2	0.5	3
堀田太田	H-4	出雲崎	出雲崎町 羽黒町	2004.7.24	1	1	0	1	1	2	3	0.5	4	4
堀田太田	H-5	出雲崎	出雲崎町 米田	2004.7.24	1	0	0	1	1	2	3	5	1	4
堀田太田	H-6	出雲崎	出雲崎町 米田	2004.7.24	1	0	0	1	1	1,2	2	5	0.5	5
堀田太田	H-7	出雲崎	出雲崎町 小竹	2004.7.24	1	1	0	1	1	1,2	2	4	0.5	4
堀田太田	H-8	出雲崎	出雲崎町 小竹	2004.7.24	1	0	0	1	4	1,2	3	9	1	4
堀田太田	H-9	出雲崎	出雲崎町 小竹	2004.7.24	1	0	0	1	1	2	2	10	0.5	5
堀田太田	H-10	出雲崎	出雲崎町 小竹	2004.7.24	1	0	0	1	1	2	2	18	0.5	5
堀田太田	H-11	出雲崎	出雲崎町 中山	2004.7.24	1	0	0	1	1	1,2	2	12	0.5	5
堀田太田	H-12	出雲崎	出雲崎町 中山	2004.7.24	1	0	0	1	3	1,2	3	20	1.5	20
堀田太田	H-13	出雲崎	出雲崎町 中山	2004.7.24	1	0	0	1	1	2	3	5	0.5	5
堀田太田	H-14	出雲崎	出雲崎町 中山	2004.7.24	1	0	0	1	1	1,2	2	10	0.5	8
堀田太田	H-15	出雲崎	出雲崎町 小竹	2004.8.1	1	0	0	1	1	1,2	2	6	0.5	6
堀田太田	H-16	出雲崎	出雲崎町 小竹	2004.8.1	1	1	0	1	1,3	1,2	2	12	2	8
堀田太田	H-17	出雲崎	出雲崎町 小竹	2004.8.1	1	0	0	1	1,3	1,2	2	15	1	8
堀田太田	H-18	出雲崎	出雲崎町 米田	2004.8.1	1	0	0	1	1	2	3	9.5	1	6
堀田太田	H-19	出雲崎	出雲崎町 米田	2004.8.1	1	0	0	1	3	1,2	2	30	1	8
堀田太田	H-20	出雲崎	出雲崎町 米田	2004.8.1	1	0	0	1	1	1,2	2	4.5	0.5	5
堀田太田	H-21	出雲崎	出雲崎町 米田	2004.8.1	1	0	0	1	1	1,2	2	10	1	5
大田堀田	H-22	出雲崎	出雲崎町 米田	2004.8.1	1	0	0	1	1	1,2	2	4.7	1	5
大田堀田	H-23	出雲崎	出雲崎町 米田	2004.8.1	1	0	0	1	1	2	2	17	0.5	10
大田堀田	H-25	出雲崎	出雲崎町 松本	2004.8.1	1	0	0	1	1	1,2	2	10	0.5	10
大田堀田	H-26	出雲崎	出雲崎町 松本	2004.8.1	1	0	0	1	1.4	2	2	30	1	30
大田堀田	H-27	出雲崎	出雲崎町 松本	2004.8.1	1	0	0	1	1.2	1,2	2	6	2	3
大田堀田	H-27	出雲崎	出雲崎町 松本	2004.8.1	1	1	0	1	3	2	2	18	4	30
大田	H-28	出雲崎	出雲崎町 松本	2004.9.23	1	0	1	0	1	2	2	15	1	10
山岸	H-28	出雲崎	出雲崎町 松本	2004.9.23	1	0	0	1	1.2	2	1,2	20	5	20
山岸	H-29	出雲崎	出雲崎町 大釜谷	2004.9.23	1	0	0	1	1	2	3	25	0.5	20
太田	H-30	出雲崎	出雲崎町 大釜谷	2004.9.23	1	1	1	1	3.4	1	3	12	0.5	10
山岸	H-31	出雲崎	出雲崎町 大釜谷	2004.9.23	1	0	0	1	1	2	2	15	5	20
山岸	H-32	出雲崎	出雲崎町 大釜谷	2004.9.23	1	0	0	1	1	2	2	11	0.5	3
太田	H-33	出雲崎	出雲崎町 大釜谷	2004.9.23	1	1	1	1	1	2	2	10	0.5	3
山岸	H-34	出雲崎	出雲崎町 大釜谷	2004.9.23	1	1	0	1	1	1	2	12	5	10
山岸	H-35	出雲崎	出雲崎町 大釜谷	2004.9.23	1	0	0	1	1	1	2	30	2	30
太田	H-36	出雲崎	出雲崎町 大釜谷	2004.9.23	1	1	0	1	3	2	2	10	0.5	1
堀田	H-37	出雲崎	出雲崎町 小釜谷	2004.9.23	1	0	0	1	1	2	1	13	7	8
山岸	H-38	出雲崎	出雲崎町 小釜谷	2004.9.23	1	0	0	1	1	2	3	16	0.3	7
太田	H-39	出雲崎	出雲崎町 小釜谷	2004.9.23	1	0	0	1	3	1	2	10	1.5	3
山岸	H-40	出雲崎	出雲崎町 小釜谷	2004.9.23	1	0	1	1	2.4	1	2	10	6	8
太田	H-41	出雲崎	出雲崎町 小釜谷	2004.9.23	1	1	0	1	1	2	3	20	1.5	5
山岸	H-42	出雲崎	出雲崎町 小釜谷	2004.9.23	1	0	0	1	1	2	3	16	0.5	12
堀田	H-43	出雲崎	出雲崎町 小釜谷	2004.9.23	1	1	0	1	3	1	2	8	1	15
堀田	H-44	出雲崎	出雲崎町 小釜谷	2004.9.23	1	0	0	1	1	2	2	8	1	8
山岸	H-45	出雲崎	出雲崎町 小釜谷	2004.9.23	1	0	0	1	3	1	2	20	3	30
太田	H-46	出雲崎	出雲崎町 小釜谷	2004.9.23	1	1	1	1	3.4	1	2	40	3	5
太田	H-47	手板	三島町 上桑	2004.9.24	1	0	0	1	1	2	2	10	1.5	2
太田	H-48	手板	三島町 中水	2004.9.24	1	0	1	1	1	1.4	2	1	0.5	10

Table 2. Fig. 4 の調査票を使用して得られた各緒元のデータ(紙面の都合で他のデータは省略)。

全崩壊数は空中写真判読（アジア航測（株）による）では 3359 箇所であるが、現在まで 280 箇所程度からのデータが得られた。それを EXCEL で統計解析を行った結果の一部を Fig. 5, 6 に示す。頻度分布図（Fig.5 上）では、崩壊幅長さともには 30m 以下が多く、崩壊深度は 5m 以下であることを示している。Fig.5 下の図は幅と長さはある程度比例関係にあることを示している。一方、Fig. 6 は崩壊頭部の遷急線との位置関係を示している。それによると、遷急線上（2. On）と遷急線の下（1. Lower）が多く、遷急線の上位（1.Upper）はすくない傾向がある。

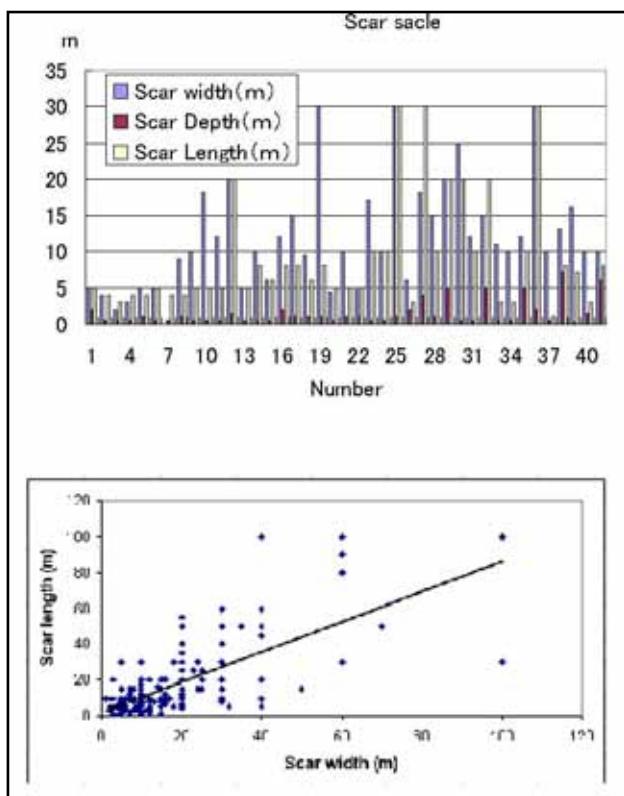


Fig. 5 崩壊調査の結果の一部のグラフ。上：頻度と規模（幅、深さ、長さ）下：崩壊の幅と長さの関係。

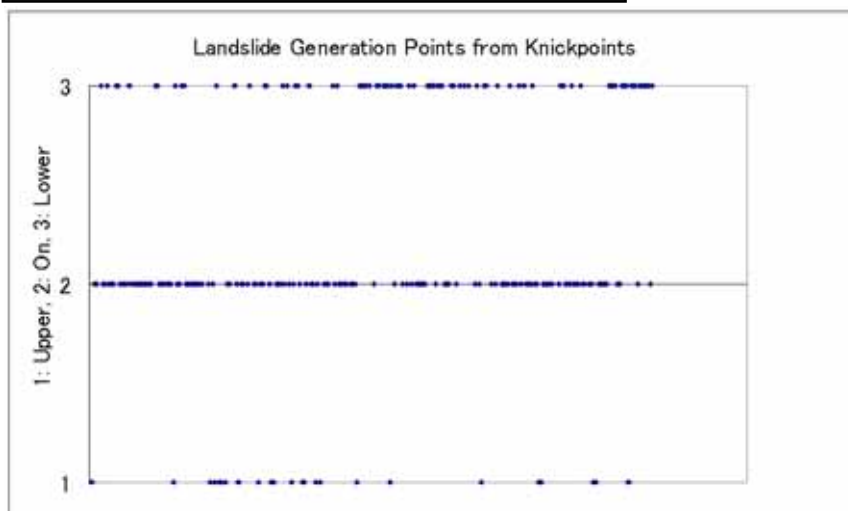


Fig. 6 .崩壊発生源(頭部)の遷急線との位置関係。1: 遷急点の上位から発生したもの、2: 遷急線から発生したもの。3: 遷急線の下位から発生したもの。

4. 斜面崩壊のパターン

現地調査と空中写真などから、崩壊には大きく二つのパターンに区分できる。ひとつは表層崩壊とやや深度の大きい泥流をともなう崩壊とがあるが、そのほかに、地すべり的なものも存在するが比較的少ない。ここでは、出雲崎地域(Fig. 7 左)と栃尾地域の崩壊(Fig.7 右)で、1) 表層崩壊と、2) 深度の大きい崩壊で泥流をともなうものの例を挙げる。

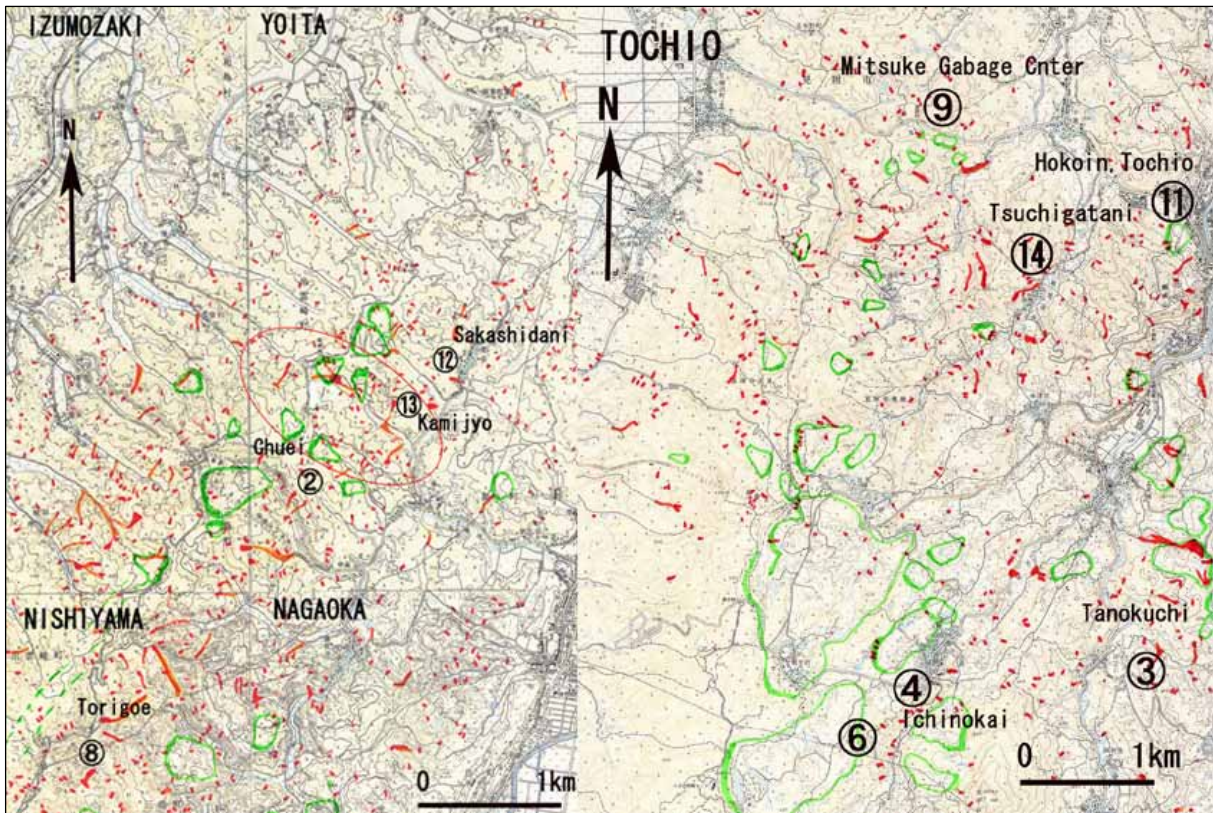


Fig. 7. 出雲崎地域の崩壊分布図(左)と栃尾地域の崩壊分布図(右)。ドットで示したのが今回の崩壊。線で囲ったのが古い地すべり地形。

1) 表層崩壊

表層崩壊には、一般的に二つのタイプがある。ひとつは平滑型と呼び、やや急で平滑な斜面頂部から発生したもの。地質との関連では風化土層が薄く、受け盤構造で発生していることが多い(Fig. 8)。もうひとつは崩壊源頭部がスプーン型に凹型で、谷の源頭部で、風化土層がやや厚く堆積する緩斜面頂部から発生する(Fig. 9)。



Fig. 8. 平滑型表層崩壊、和島海岸、中日本航空（株）提供。）



Fig. 9. スプーン型崩壊の例（出雲崎町, Fig. 7 の 、中日本航空（株）提供）

2)泥流をともなう崩壊・地すべり

この崩壊・地すべりは、土砂が下流側に広く長く流下したもの(Fig. 10)。この崩壊の頭部は深度が大きく、幅広く、崩壊物質が崩壊源からかなり離れてしまったもの。とくに堆積物は細粒で泥岩や粘土からなり、厚さは数 10cm から数mであるが、長さは数 10mから数 100mに達するものもある。崩壊源が谷の頭部にあるものは、比較的流動部は長くなる傾向がある。中には、長距離ながれず斜面上に止まってしまった地すべりや、流れてもアースフロー状のものもある。



Fig. 10. 左：栃尾市田口付近の流動性崩壊。Fig. 7 の . 右： 栃尾市一の谷周辺の崩壊。Fig. 7 の

3)代表的斜面災害：以下に特異なものや規模の大きいものを、発生前の垂直空中写真などを使用して紹介する。

a)栃尾市平地すべり：この地すべりは河川段丘の縁から発生したもので、長さ 200m、幅 150 m、深さ 8mのアースフロータイプである。およその体積は $8 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。注目されるのは杉の木が立ったまま移動したことである。基盤地質は泥岩でその上に段丘礫層が載っている (Fig. 11)。また、Fig.12 上の崩壊前の 2001 年の垂直写真と下の発生後の写真と比較すると、河岸段丘に連続する森林のある緩斜面と段丘末端との境目（遷急線）から発生しているが、向かって左側も同じ緩斜面であるのに、なぜ橋梁側の半分が滑ったのか疑問が残る。



Fig. 11 アースフロー型地すべり（栃尾市平地区）。末端付近の杉の木が立ったまま移動した。



Fig. 12. 栃尾市平地区の発生地すべりの実体写真。上：発生前の 2001 年の空中写真。下：発生直後の空中写真。

b) 鳥越地すべり (Fig. 7 の 、 Fig. 13, 14): この地すべりの頭部は Fig. 13 に示すように、弱い層理を示す細粒砂岩である。向かって右側には、傾斜 40 度程度の崩壊面と、明瞭な不連続面 (N30W, 60W) が岩盤と崩土との間に見える (Fig. 13 右)。一方、真ん中の崩壊面 (Fig. 13 中) には、楔状の小崩壊面 (幅 10 m) が見え、両側に二つの節理面 (右: N50E, 70E, 左: N60E, 60W) で境されている。この崩壊面から小崩壊が連続したことが読み取れ

る。さらに、左側の崩壊面(Fig. 13 の7左)を見ると、階段状の棚と楔状の小地溝が見え、後者には崩土で満たされている。ここでも岩盤と崩土の境目は節理面(N40W, 70W)である。したがって、鳥越地すべりの主崩壊は2001年の空中写真(Fig.14 中)でも見られるように、階段状の平坦面(古い地すべり面か道路面)から発生したらしい。Fig.14は1975, 2001, 2004と時系列的に配列した空中写真である。1975年の写真では、この地すべりの発生場には植生も十分でなく、林道も見られないが、2001年には、明らかに林道が開削されている。2004年の発生場所は、現在林道は木立に囲まれて判読できないが、この林道付近から発生している。



Fig. 13 鳥越地すべりの崩壊源露頭。

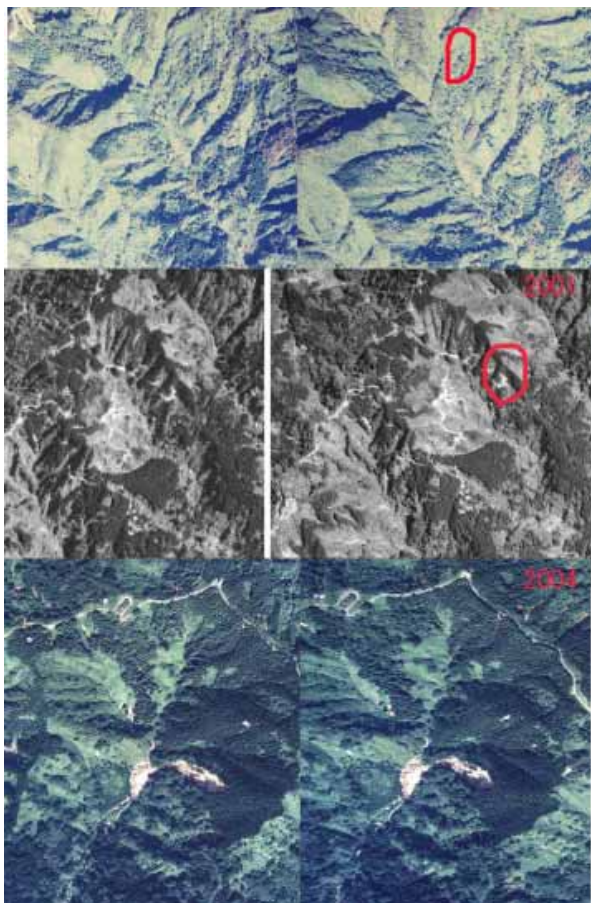


Fig.14 鳥越地すべり発生箇所(写真の印)の経時変化の実体垂直写真。上:1975年撮影。植生もまばらで林道も見えない。中:2001年撮影。斜面を横切る明瞭な道路が見える。下:2004年7月撮影。道路も繁茂した木立に隠れて見えない。

c)見附市清掃センター地すべり(Fig. 7 の ; Fig. 15 and 16): この地すべりは再活動地すべりで、地すべり発生前 (Fig. 16 上) の空中写真と発生後のもの (Fig.16 下) と比較しても同じ場所で地すべりが発生したことがわかる。発生した地すべりで見ると、滑落崖は凹型で幅30 m、深さ7 m位であった。地質的に見ると、滑落崖は乱堆積構造を示す泥岩で、走向は NS で、30度西傾斜を示す。全体の滑落崖斜面の走向は N-S から N20°E で 60°の傾斜を示す。したがって、この地すべりは7.13 豪雨の前の地すべりと同じ層すべりである。



Fig. 15 見附町清掃センター裏の地すべり。

Fig. 16 見附町清掃センター裏の地すべりの発生前(上;2001)と発生後(下)の垂直空中写真。



d)出雲崎町中山地区地すべり (Fig 7の ; Fig. 18, 19): この地すべりは浅い谷の出口に位置していた民家を直撃して1名が犠牲となった。この地すべりの幅 50m、長さ 50 mであったが深さは数メートルにすぎなかった。この発生源の地質は泥岩で走向は N4E で、25 東傾斜であった。したがって、この地すべりは層すべりと見なされる。

これによる土砂は風化土と杉林からなり、150m 流下して家屋を破壊した。全体の土量は $2 \times 10^4 \text{m}^3$ と算定される。発生前の 1975 年(Fig. 19 上) と発生直後の 2004 年の空中写真(Fig. 19 下)を比較すると、1975 の写真には発生域の浅い谷にはあまり杉林が繁茂していないが、発生後には多量の倒木が民家に押し流されていて、20年の間にかなりの杉林となっていたことが伺える。



Fig. 17 出雲崎中山地区地すべりの位置図。



Fig. 18 出雲崎町中山地区の崩壊。1名が犠牲になった。(Fig 17の)。





Fig. 19. 出雲崎町中山地区の崩壊地周辺の崩壊前(1975)と崩壊後(2004)垂直実体写真の比較(Fig. 17の).

e) 栃尾市宝光院裏の崩壊 (Fig. 7 右の ; Fig. 20, 21): この崩壊は幅 30m、長さ 20m で、浅い表層崩壊であるが流動距離が長く、土砂は一度は中間地点の緩傾斜部に堆積したが、最終的には土石流化して宝光院の本堂を襲った。しかし、この本堂がダム役を果たして、栃尾市街地には水のみが流動して大きな被害にはならなかった。

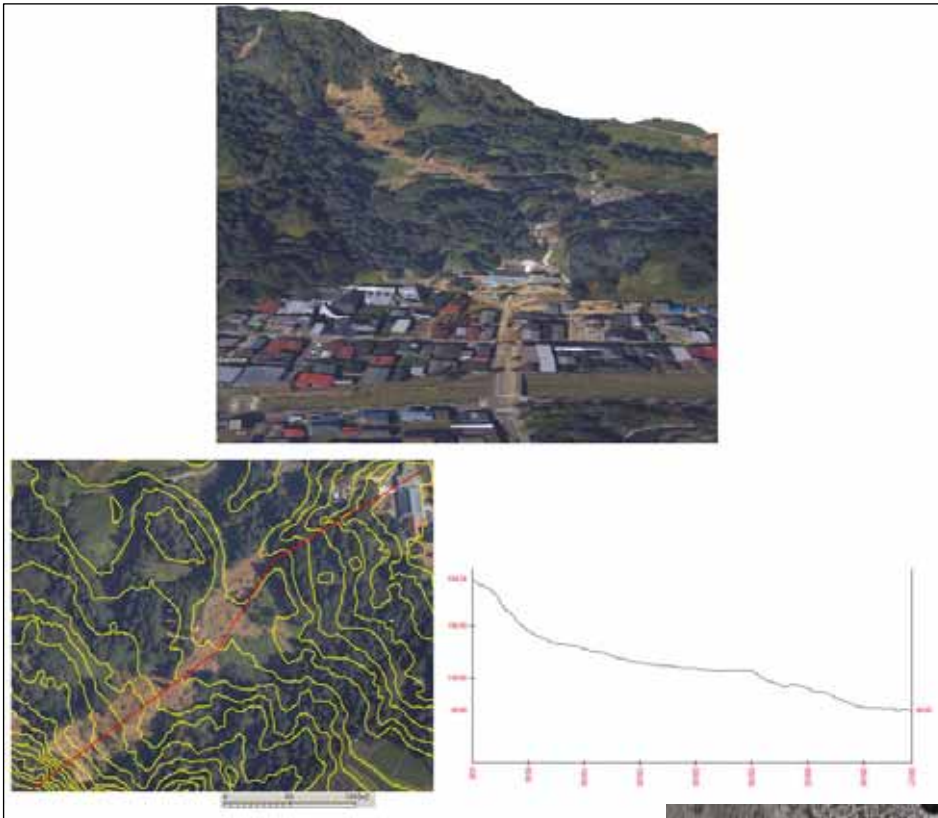


Fig. 20 栃尾市宝光院裏の崩壊 (Fig. 7 右の) と朝日航洋 (株) による三次元画像 (上: レーザー画像から作成した 3D イメージ、下左: GEO 3D にとるオルソ画像と断面線、下右: 左の断面図)。

Fig. 21 栃尾市宝光院裏の崩壊 (Fig. 7 右の) の垂直実体写真。上: 崩壊前(1975) 下: 崩壊後(2004)



f)逆谷地区の大崩壊 (Fig.7 の ; Fig. 22): この地区には大規模な崩壊がいくつかあるが、ここで紹介する逆谷大崩壊は、流動土砂にはいくつかのマウンドが認められることから、むしろ岩屑なだれ的な流動機構が推定される。一方、崩壊源では二段のステップが見られ、特に下段のものには凹凸状の表面形が観察され、地下水の流動の痕跡があった。この発生源の原地形断面では5 m以上の風化土層が観察された。流出土砂は川を横切って対岸に達し、ある期間、川を閉塞した。



Fig. 22 逆谷周辺の崩壊状況と代表的な崩壊。上：垂直実体写真。下：代表的崩壊の現場写真。Fig. 7 の)。

g) 土ヶ谷地すべり(Fig. 7の ; Fig.23, 24)

この地すべりは幅 200m wide で、深さ 5-10m、長さ 350 m 以上の大規模なものである。この初生地すべり発生源では幅 50m、長さ 100m で規模は $5 \times 10^4 \text{ m}^3$ であるが、流動土砂は幅 50m、長さ 350m であった。したがって、全体の規模は $8 \times 10^4 \text{ m}^3$ 以上と算定される。地質的に見ると、発生源は塊状泥岩で走向は N10E、傾斜は 30N であり、泥岩には厚さ 5 m 以上の風化土層が覆っている。したがって、発生源の方向との関係から流れ盤型のすべりで、主に風化土層がすべったと見られる。流動した土砂は中流部の岩屑すべりから下流部のアースフロー（あるいは土石流）に転移しており、後者には高さ 1.5m の natural levee ができている (Fig. 23)。また、崩壊前（1975）と崩壊後（2004）の垂直実体写真とを比較すると、発生斜面は必ずしも、谷の頭部ではなく、谷壁斜面のように判断できるが、その割りに規模が大きいのは、泥岩層のよる風化土層の厚さに起因するかも知れない。



Fig. 23 栃尾市稚児清水沢の土が谷大崩壊 (Fig. 7 の). 下流側から上部左側端崖をのぞむ。手前には natural levee が見える。

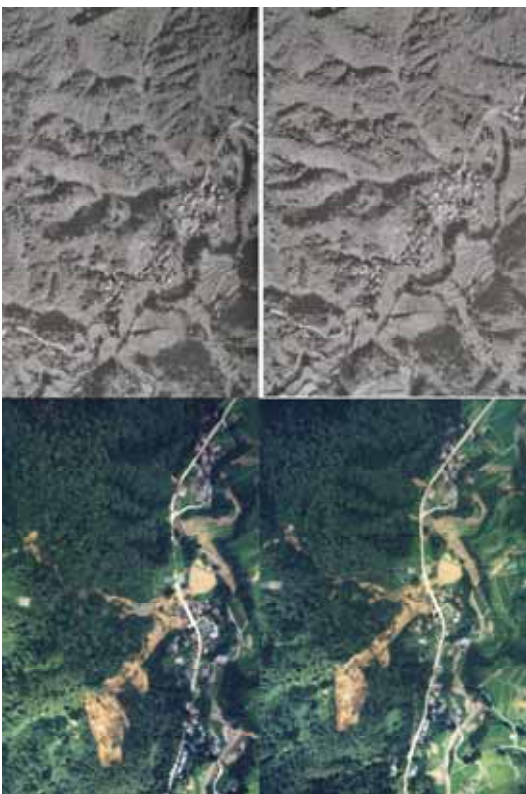
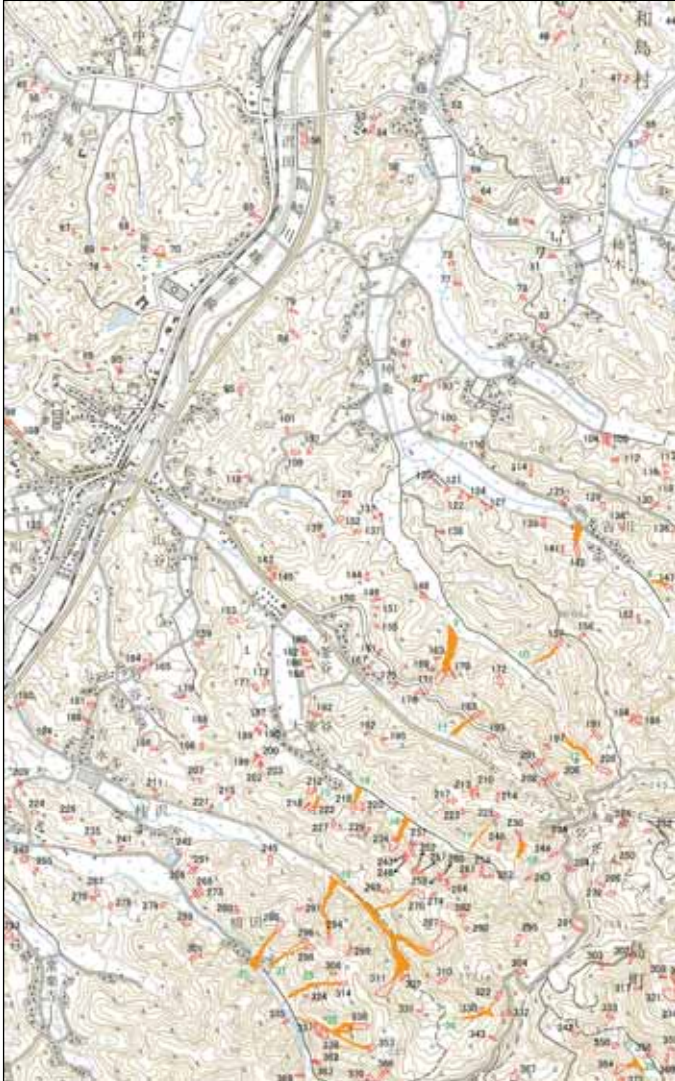


Fig. 24 栃尾市土が谷崩壊の垂直実体写真(Fig. 7 の). 上：崩壊前（1975）、下：崩壊後（2007）.

5. GIS による地形・地質解析

前に述べたように、全体として3600箇所の斜面災害が発生したことが写真判読（アジア航測（株）提供）から得られている（Table 1, Fig. 25）。これらの崩壊のうち泥流をとまなう大規模なものが270箇所にのぼる。これらの崩壊地と泥流について、この判読図（ラスター画像）からベクター変換を行いGIS処理の基礎資料とした。また、これらの基本地図として10mメッシュのDEM（北海道地図GISMAP）を使用して種々のGIS処理・解析を行った（Fig. 26）。とくに、数値地質図として、産総研地質情報センター提供による5万分の1地質図「出雲崎」、「三条」を使用した。さらに、古い地すべり地形の分布図として、「長岡・高田」（防災科学研究所HPからダウンロード）を使用した。



として10mメッシュのDEM（北海道地図GISMAP）を使用して種々のGIS処理・解析を行った（Fig. 26）。とくに、数値地質図として、産総研地質情報センター提供による5万分の1地質図「出雲崎」、「三条」を使用した。さらに、古い地すべり地形の分布図として、「長岡・高田」（防災科学研究所HPからダウンロード）を使用した。

Fig. 25 空中写真によって判読した崩壊と泥流（2万5千分の1「出雲崎」、それぞれに番号が付されている）

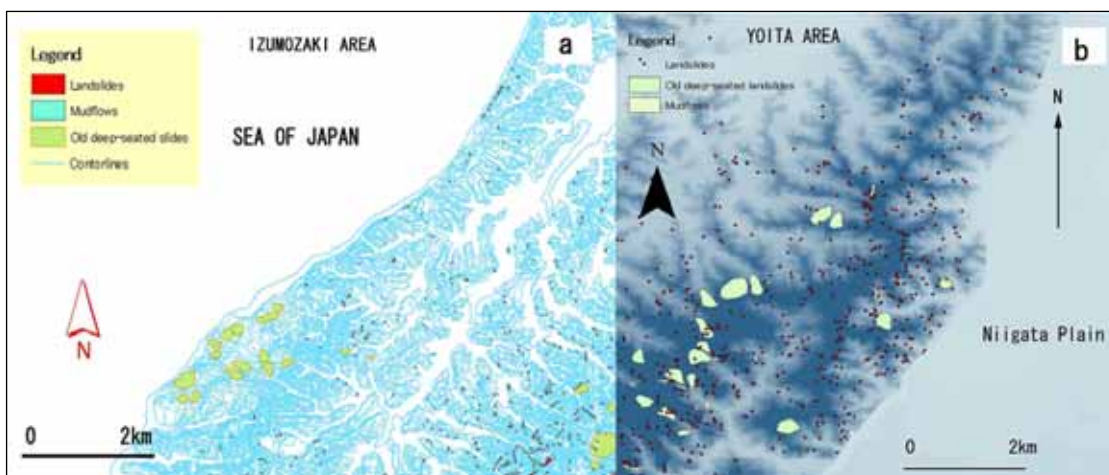


Fig. 26. GISで作成した2万千分の1地形図「出雲崎」（左）と「与板」（右）の範囲の崩壊と地すべり地形の分布図。

この地域の地形・地質条件は、標高2 - 300 mの起伏の大きい丘陵性山地からなり、全体として北北東 - 南南西にいくつもの山稜が配列している(Fig. 26)。信濃川をはさんで西側が西山丘陵、その東側は北に下田丘陵、南に東山丘陵が配列する。地質構造は山稜の配列と同様に、北北東 - 南南西の褶曲構造をなしている。岩相は泥岩と砂岩からなり、下位で新第三紀中新世の比較的硬質の寺泊層から、比較的軟らかい第四紀更新世の泥・シルトまでである。また、過去の斜面変動の産物としての地すべり地形も多く分布している(Fig.28)。



Fig. 27.出雲崎周辺の地形と地質構造(小林ほか、2002)

7.13 崩壊の地質との関連で見ると、泥岩リッチ部分との相関はあまりはっきりしないが、西山丘陵の背斜軸部(小木城背斜)が断層で切れながらも北へプランジする周辺で多くなっている(Fig. 28)。崩壊と地形との関係を見ると、西山丘陵背斜の軸部を境に古い地すべり地形が東側に分布しているのに対して、また、古い地すべり地形上で発生しているものはほとんどなく、選択的におきていることが伺える(Figs. 29, 30)。また、「出雲崎」地域でみる限り、この古い地すべり地形の分布も泥岩や砂岩の岩相だけでなく、走向・傾斜との関連もあまり明瞭ではない(Fig.31)。

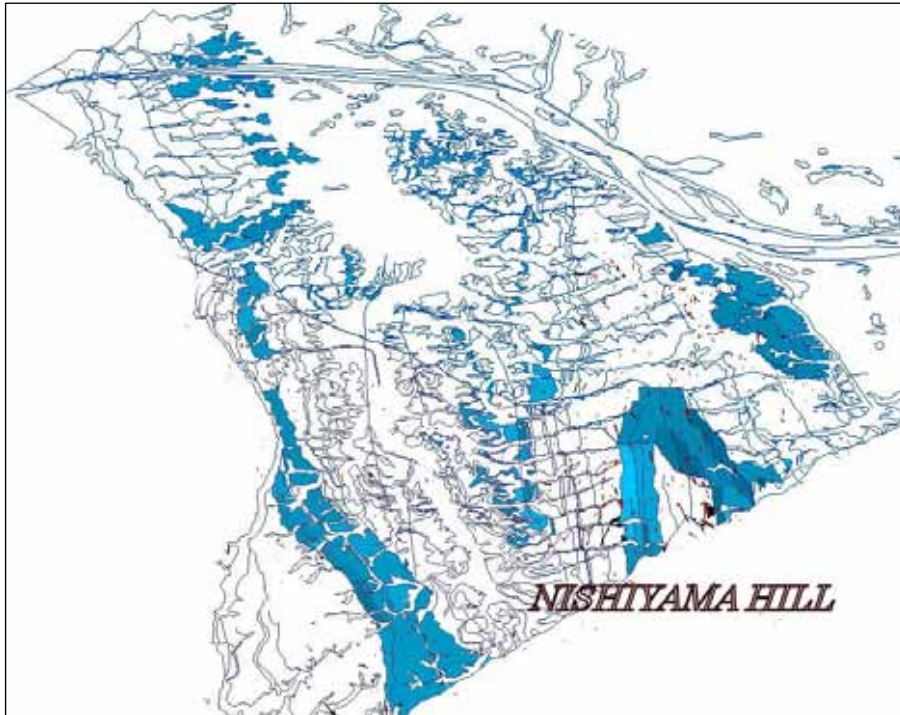


Fig 28. 5万分の1 数値地質図「出雲崎」「三条」(産業技術総合研究所地質調査総合センター、2004)に7.13崩壊分布図を重ねて3D表示した西山丘陵周辺。塗色した部分は泥岩リッチ帯を示す。西山丘陵の中心部は背斜構造であり、その軸部に崩壊が多い。全体の幅は10 km。

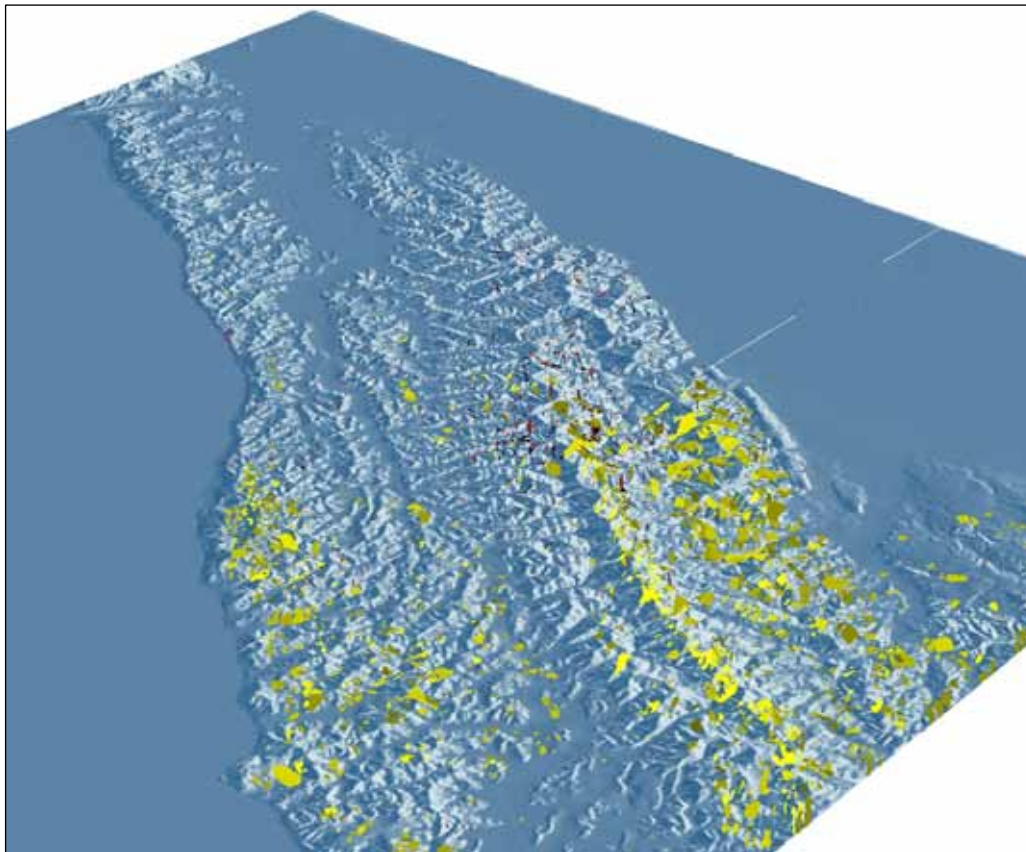


Fig. 29. 5万分の1 地質図「出雲崎」「三条」の数値地質図(塗色部分は鮮新 更新世の西山層泥岩)と崩壊分布(全体の幅は10 km)

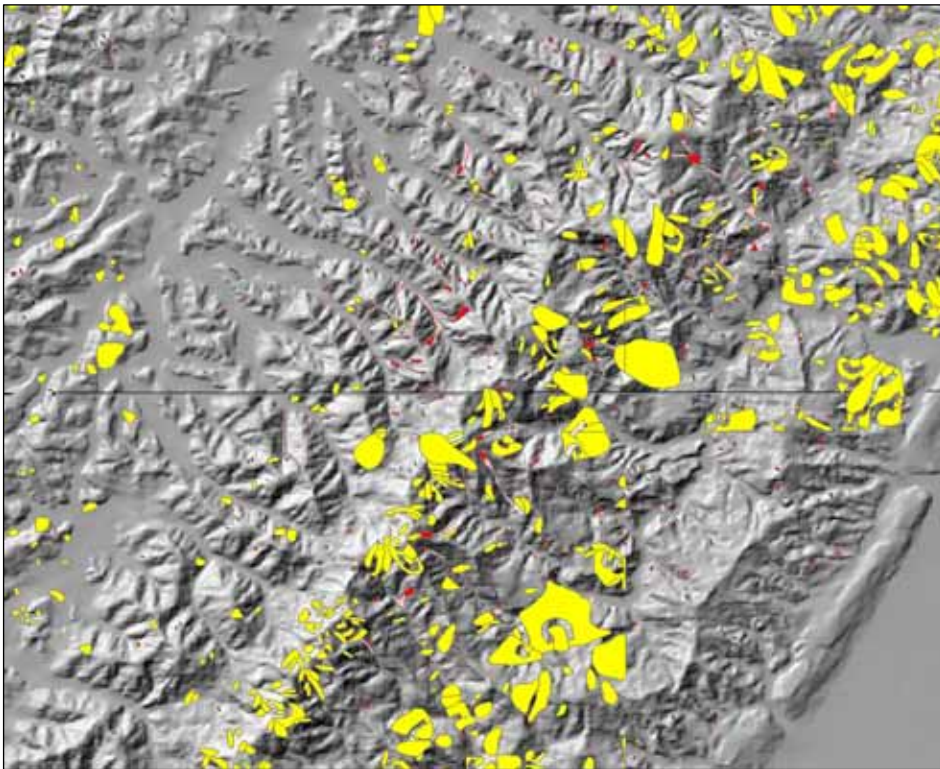
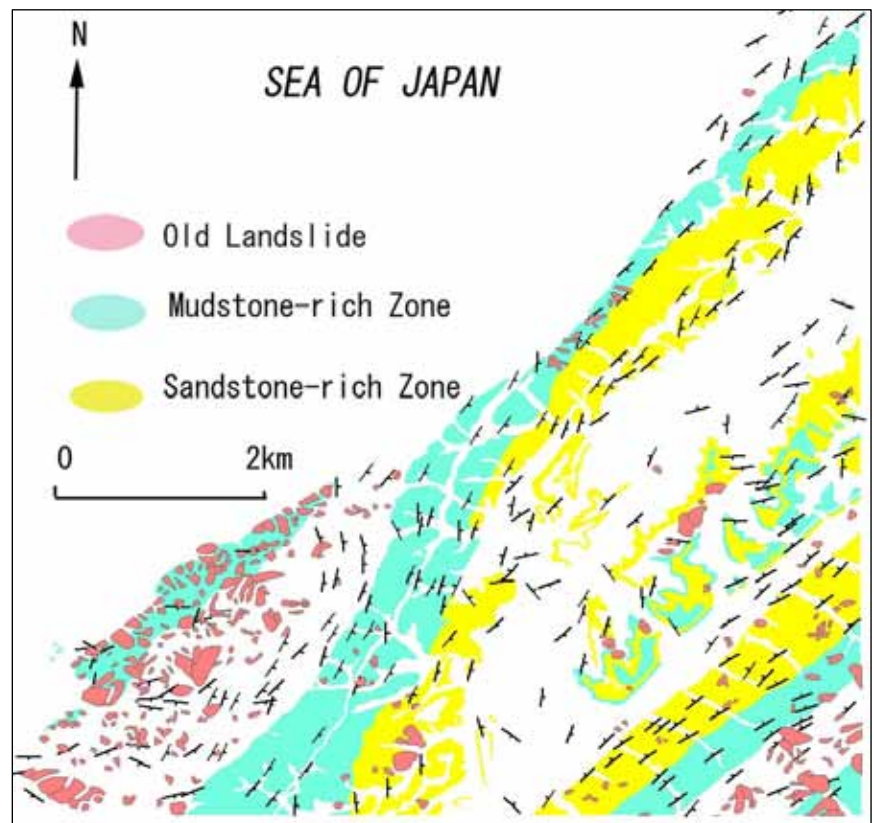


Fig.30 西山丘陵付近の古い地すべり地形と7.13崩壊の分布(東西幅は5 km)。

Fig. 31 5万分の1すべり地形分布図(防災科学研、2004)と5万分の1数値地質図「出雲崎」内の走向・傾斜の分布と泥岩リッチ部分と砂岩リッチ部分を抜き出したもの。



本報告では、2004年7月13日の豪雨による斜面災害について扱ったが、土砂災害調査法の確立とデータベース化のためには、今回のような新第三紀の堆積岩地域だけでなく、さまざまな地形条件や地質条件、さらには地震など他の誘引条件にも適用される必要がある。

したがって、2004年10月23日に発生した中越地震による斜面崩壊や2003年8月から9月にかけての台風10号による北海道日高地方の斜面崩壊(厚別川流域だけで3500箇所)などとの比較研究も、同時並行して実施している。10.23中越地震による崩壊との相違については、山岸ほか(2005)に報告したが、その一端についてはFig.32の図に表現した。また、北海道日高地方厚別川の崩壊のGIS解析の例をFig.33に示す。いずれも解析中であり、いずれ公表予定である。

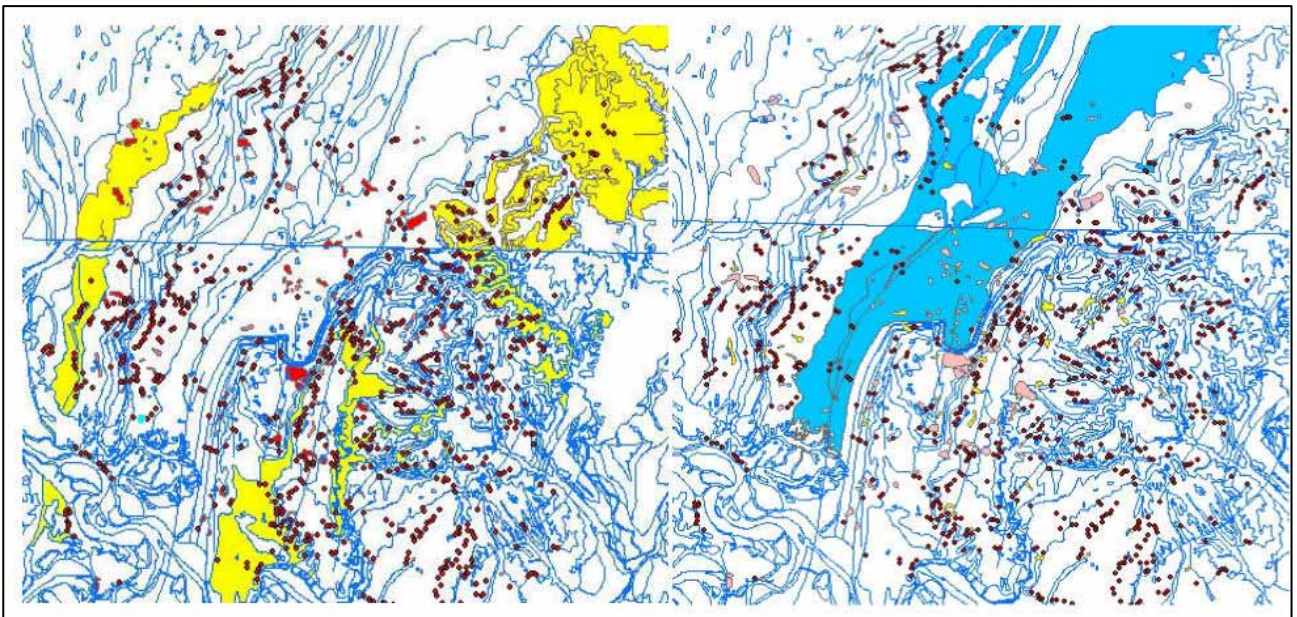


Fig. 32. 2005年10月23日中越地震による崩壊・地すべりの分布と地質岩相分布。右図：塗色部分(泥岩)と崩壊・地すべりとの関係、左図：塗色部分(砂岩)と崩壊・地すべりとの関係。

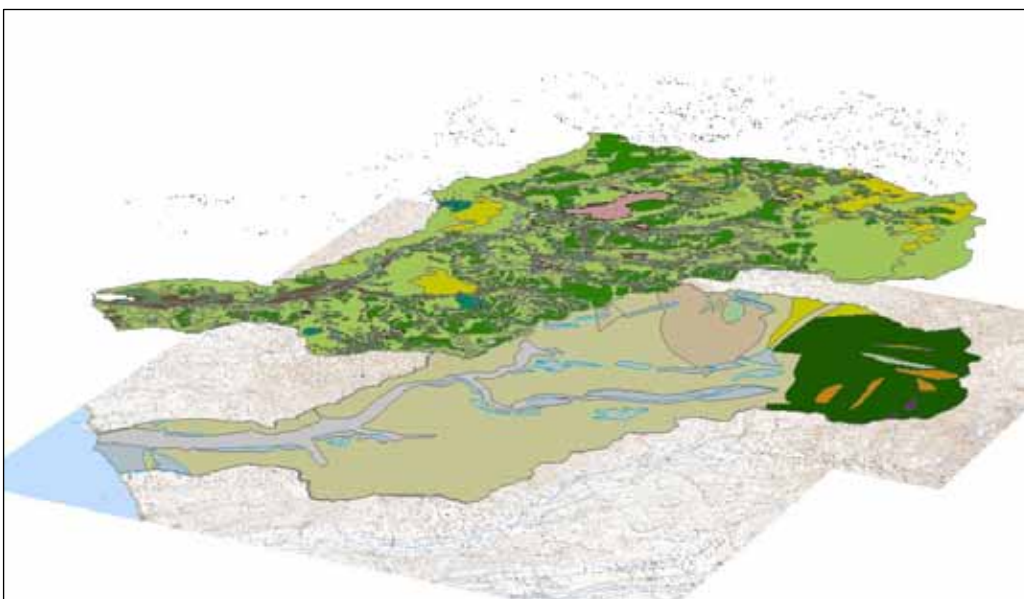


Fig. 33 2003年8-9月に北海道日高地方(厚別川流域)の崩壊(上段) 植生(中段) 地質(下段)のそれぞれのGISレイヤー。

6. GIS と連動させたデータベース化について

1) データベースの基本的考え方

土砂災害分野における調査結果の整理方法にも、近年では、データベースを構築し、それを用いて解析していると思われる報告書を見るようになったが、全体としてはまだまだ個別にファイルを作成し、とりまとめをしている事例の方が圧倒的に多いようである。従来、1つ1つの業務処理に対してはファイルという概念で十分であったためであるが、近年では関連する業務に再利用したり、共有化したり、さらに異なったデータと演算させて解析することの必然性が増えてきているためである。本格的なデータベース利用の始まりであるといってもよい。

さて、以下に従来のファイル管理とデータベース管理の違いについて説明する。

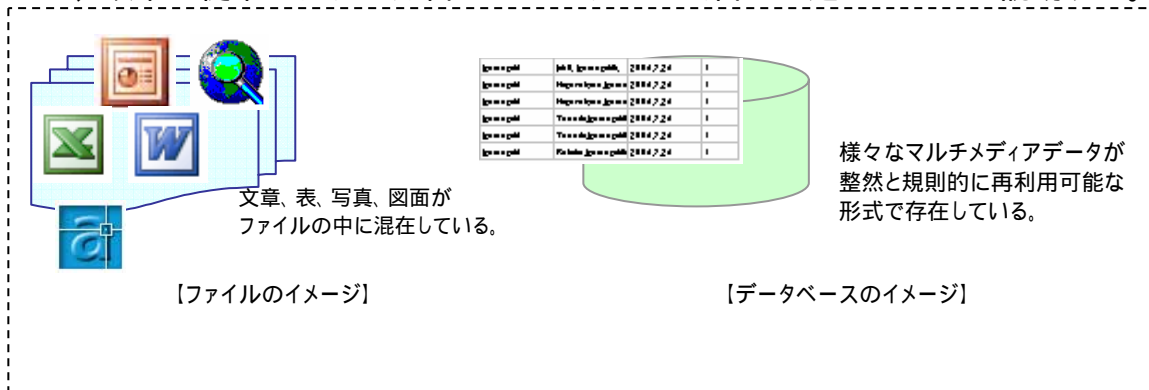


Fig. 34 ファイルイメージ（左）とデータベースイメージ（右）

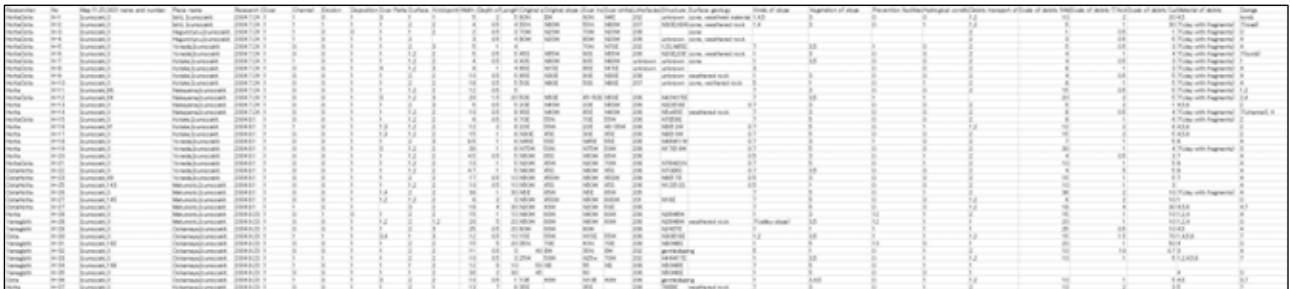
Fig. 34 に示すように、ファイルのイメージは、1つに綴ったバインダーファイルの考え方と変わらず、バインダーが電子化されたイメージで、ファイリングシステムといえる。しかし、データベースの長所は様々な形式のデータを、再利用を意識して、一定の規則に従って、データを配列している。このような規則的な配列を作るのがデータベースである。

さて、データベースとは特定の目的や主題に従って集めたデータのまとまりのことである。情報処理的な概念を示せば、他の利用者が活用する場面でも、後からもう一度利用する場面でも、容易に必要なデータを取り出して分析が可能であるように、データを集める時点から一定の法則に従って収集整理されたデータのまとまりをデータベースという。これに格納されるデータは重複（ユニーク）や矛盾（整合性）がないデータである。そのうえ、近年のマルチメディア化が、それを更に後押しして、情報化社会ではデータベースはシステム構築に不可欠な要素の1つとなっている。

また、情報の資源として、テキスト、数値、帳票、写真、映像、音声、レーザー波など、原始（1次）情報が容易に取得できるようになった。その情報を加工・編集しやすくなり、機器の処理能力や容量の拡大に伴って、PCでも使えるデータ種類の幅が広がってきた。

さて、本報告での作成は Arcview9(ESRI 社)で各種の解析を行った。それは、GIS はツールとしての入力機能、管理機能、表現機能など多彩な機能を保有している。GIS 上でデータベースを作成することは、GIS がデータベースそのものであるため、その連動の仕組みとして、内部にそのデータが格納されているか、外部にデータがあるかの違いがある。内部データとして格納した場合は、利用に制限がかかってしまい、外部データとして作成した場合は、一定の規則下において作成されるため、データの共有が可能となる。

いずれにおいても、調査結果を以下の Table 3 のようにデータベース化すると、解析という作業を容易に行うことができる。いずれにおいても、調査結果をデータベース化すると、目的とする空間解析という作業が容易に行える。



ID	Name	X	Y	...
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30

Table 3. 2004 年 7.13 斜面崩壊データベースの例。

2) GIS と連動させる手法について

上記でのべたように、GIS にとってデータベースはシステムそのものであるといっても過言ではない。つまり、図形というデータベースを扱うためのツールである。

一般的には、地図(地形)データと、帳票データ、位置を持つ属性情報(住所情報など)データを、統合的に扱うシステムツールと理解されている。

内部データベース

GIS ソフトの内部管理用の簡易データベースに、地図上の図形に対して文字数値情報(属性)を関連させると、地図側からその情報を引き出したり、文字数値情報(属性)から地図上の位置を割り出したりすることができるようになる。

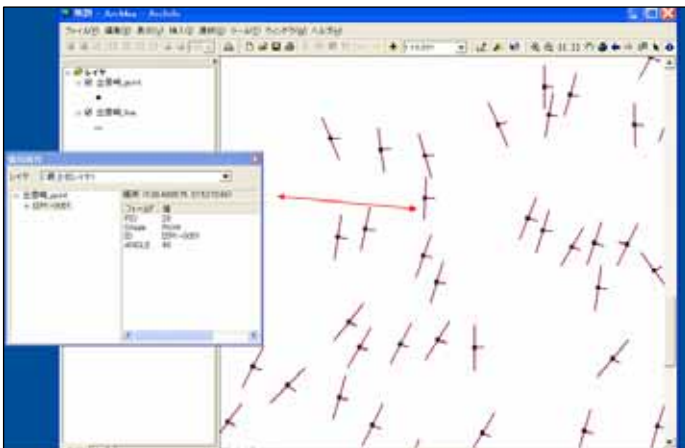


Fig. 35 は図形内部に ID もその図形の属性もすべて格納したイメージである。簡易的な内部データベースに格納されているイメージともいえる。これらは今後の斜面崩壊の地質構造との関連を検討するための基礎データベースである。

Fig. 35. 出雲崎地域のある部分の地層の走行傾斜とその属性。

外部データベース

データベース自身は常に属性情報を関連付けを必要としているわけではなく、必要な場合だけ文字数値情報と地図上の図形とを関連付けることができるようする方法もある。これを行うためには、文字数値情報と地図上の図形情報の関連付けを、同じ番号を文字数値情報と地図上の図形それぞれに割り振ったデータを作成する必要がある。図形とそれに関連する情報を引き出す必要が生じた時だけ、それぞれに割り振られた番号をキーにして情報の参照を行える。

Fig. 36 は図形側に ID が振られ、外部データベースと連動を図るためのイメージである。また、このイメージは外部のデータベースと ID をキーにして結びつくイメージである。この外部データベースに今回の斜面崩壊のデータ(Table 1)を加えることになるが、現在作成中である。

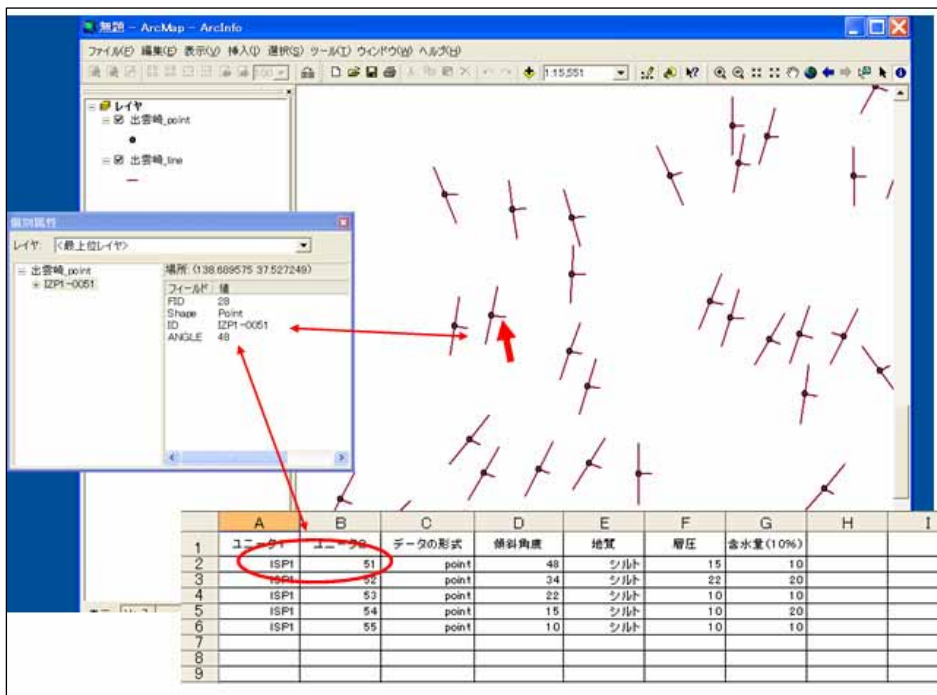


Fig. 36. 外部データベースと連結させた GIS による地層の走行傾斜のベクターデータ。

データベース化により土砂災害の解析速度を上げ、効率的に作業をする環境を確定するために、調査結果をデータベース化する手法を確定しておくことは、今後、同種の災害が発生した場合に有効に機能するものであり、蓄積されたデータを分析することにより、精度の高いハザードマップ作成の一助となるものと確信している。まだ、実際に行ってはいないが、たとえば、流域単位にある河川の森林情報、集水域面積、砂防ダムなどの防災施設の位置や規模などとの相関を考察するというようなことも、可能になる。

現在、作成中のデータベースは 1/25000 図郭(図葉割)という単位で考えているが、これは「紙」の発想である。これは論理的な規則性があるのではなく、印刷図という制限の中での法則である。GIS では図面が 1 枚の状態(シームレス)になっているため、このようなメッシュ方式での図面の考えは必要がないので、こうした集中豪雨による土砂災害は斜面があれば全国いたるところで発生するから、データベースの管理単位が、集水域区分がいいのか、行政区分がいいのか、今後検討する必要がある。最も良い管理単位を今後検討する必要がある。自然科学という体系の中では、メッシュという概念に縛られる必要はないし、不定形のポリゴンを扱える GIS では、今後、その規則性をどのように考えるかが、大きな課題のひとつである。

要約と議論

本報告は、2004年7.13豪雨による斜面災害についての、現地調査と空中写真判読によるおおまかな中間的報告であるが、同時多発的土砂災害調査法の確立とデータベース化を試みたものである。大雨による斜面災害は主に新潟県から栃尾までであり、表層崩壊が3600箇所あり、そのうち泥流をともなう深度の大きいものが271箇所であった。いずれも標高300mまでの中新世 鮮新世の砂岩・泥岩からなる丘陵性山地で発生した斜面災害であるが、個々に見ると、発生斜面の位置、風化土層、流れ盤、受け盤構造などによりパターンや規模が左右されていて、風化土層の厚さが重要な要素となっていることがわかってきた。

しかし、一様に降雨があったのに、斜面崩壊の発生する斜面と発生しない斜面がなぜ存在しうるのが、大きなテーマである。その意味では、現地調査とあわせて過去の空中写真と比較して見た。特に大規模な崩壊地についても、すべてについて、空中写真の比較を行ったわけではないが、森林などの植生の変化、林道の発達など、地形地質以外の要素もからんでいるなど、今後の検討要素も浮かび上がってきた。今後とも、空中写真解析の継続、現地調査データを増やすことと、GISによる地形と地質との関連解析し、さらにデータベースを構築しながら、より詳細な見通しを得たいと考えている。また、これらGISとデータベースを組み合わせることにより、時間的空間的な災害情報を得られれば、今後の斜面災害 Susceptibility map、さらには今後の斜面災害ハザードマップの展望が開けると思う。

同様な豪雨による斜面崩壊は、地球温暖化により台風の多発・ヒートアイランド現象により、ますます全国的に頻発するであろう。したがって、今回の土砂災害調査法とデータベース作成がその一歩となれば幸いである。また、先にのべたように、この調査法とデータベース化は、新潟中越地域の新第三紀堆積岩地域に限っており、わが国に存在する火山岩、変成岩など多様な地質に対応させるには、データが不足している。また、トリガーが大雨に限っており、強振動による斜面崩壊には、調査票などの改善が必要である。とくに、2004年10.23中越地震は、類似した地形・地質地域で発生したにも関わらず、7.13豪雨による斜面災害とは異なった様相を呈していることから検討が必要である。

謝辞：データ収集に協力いただいた新潟大学7.13水害調査団、新潟大学大学院自然科学研究科大田雄三、澤田雅代の各氏、(株)キックの堀田亨氏、(社)日本地すべり学会・応用地質学会合同調査団の方々、新潟県庁砂防課、空中写真を提供いただいた朝日航洋(株)、中日本航空(株)、写真判読にご協力いただいたアジア航測(株)および数値地質図の提供をいただいた、産総研地質調査総合センターに謝意を表します。最後に、本研究に助成をいただいた(財)日本建設情報総合センターにも謝意を表します。

文献

防災科学研究所 (2 0 0 4): 地すべり地形分布図 第 1 7 集、「長岡・高田」およびホームページ
(http://lweb1.ess.bosai.go.jp/jisuberi/jisuberi_mini/jisuberi_top.html)

遠藤祐司・山岸宏光・岡村俊邦(1984): 1981年8月豪雨による日高地方の斜面崩壊。地下資源調査所報告第55号、69-81.

小林巖雄・立石雅昭・植村武(1993): 出雲崎地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅)。地質調査所、91p。

小林巖雄・立石雅昭・小松原 琢(2002) 三条地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅)。産総研地質調査総合センター、98p。

新潟県(2000): 20万分の1地質図および説明書, 200p.

牛山素行(2004): 2004年7月12-13日の新潟県における豪雨災害の特徴。自然災害科学 v. 23, 293-302.

産業技術総合研究所地質調査総合センター(2004): 20万分の1数値地質図幅集「東北」。

Yamagishi, H., Watanabe, N., Ayalew L., Landslide Research Group of Landslide Society of Japan and 7.13 Landslide Research Group of Niigata University (2005) Heavy-rainfall induced landslides on July 13, 2004, Niigata. K. Takara, Y. Tachikawa and NMNS Bandara Nawarathna (eds.) Monitoring, Prediction and Mitigation of Water-Related Disasters MPMD-2005, 501-506.

山岸宏光・丸井英明・渡部直喜・川邊洋・Ayalew Luiseged(2005) 2004年新潟県中越地域 2 大同時多発斜面災害の特徴と比較。新潟県連続災害の検証と復興への視点 2004.7.13 水害と中越地震の総合的検証、中越地震新潟大学調査団、140 - 147 .