

2024 年度 公益社団法人 日本地すべり学会
関東支部シンポジウム

ベテラン技術者の苦労話とその教訓



Kanto branch

2024 年 5 月

1. 名称：公益社団法人日本地すべり学会関東支部 2024 年度シンポジウム

2. テーマ：ベテラン技術者の苦勞話とその教訓

3. 期日：2024 年 5 月 9 日（木）13:00～16:10（開場 12:30）

4. 場所：日比谷図書文化館（地下 1 階）大ホール（東京都）
東京都千代田区、日比谷公園内

5. 次第

(1)開会の辞（支部長挨拶） 13:00

(2)シンポジウム

講演 1 13:05～13:45

地すべり解析測線設定に問題があった事例

上野 雄一

（日特建設 株式会社・技師長）

講演 2 13:45～14:25

事例にみる地すべり調査のヒントとポイント

鴨井 幸彦

（株式会社 村尾技建・技師長）

講演 3 14:25～15:05

X 世代技術者の地すべり地形判読とこれから

下河 敏彦

（株式会社 環境地質・営業企画・地形診断部長）

休憩 15:05～15:15

総合討論（コーディネータ：新井場 公德） 15:15～16:05

(3)閉会の辞 16:10

目次

地すべり解析測線設定に問題があった事例	1
（上野 雄一、日特建設 株式会社・技師長）	
事例にみる地すべり調査のヒントとポイント	12
（鴨井 幸彦、株式会社 村尾技建・技師長）	
X世代技術者の地すべり地形判読とこれから	24
（下河 敏彦、株式会社 環境地質・営業企画・地形診断部長）	

講師略歴

上野 雄一（うえの ゆういち）

- 1977年 東京大学農学部林学科 卒業
- 1977年 日本工営株式会社 入社
- 2013年 日特建設株式会社 入社

鴨井 幸彦（かもい ゆきひこ）

- 1978年 新潟大学大学院理学研究科修士課程 修了
- 1981年 株式会社 興和 入社
- 2002年 新潟大学大学院自然科学研究科博士後期課程 修了
- 2013年 株式会社 村尾技建 入社

下河 敏彦（しものがわ としひこ）

- 1995年 関西大学文学部 卒業
- 1995年 株式会社 地域開発コンサルタンツ 入社
- 2000年 砂防エンジニアリング株式会社 入社
- 2007年 株式会社 環境地質 入社

地すべり解析測線設定に問題があった事例

令和6年5月9日

日特建設(株) 技術開発本部

上野 雄一

内容

1. 平成8年(1996年)3月に生じた土砂流出
2. 現地の状況
3. 解析断面図(A測線)
4. 対策工検討断面図
5. 地すべりの再変動
6. 地すべり再変動の原因
7. 解析測線の再設定
8. 反省

1. 平成8年(1996年)3月に生じた土砂流出



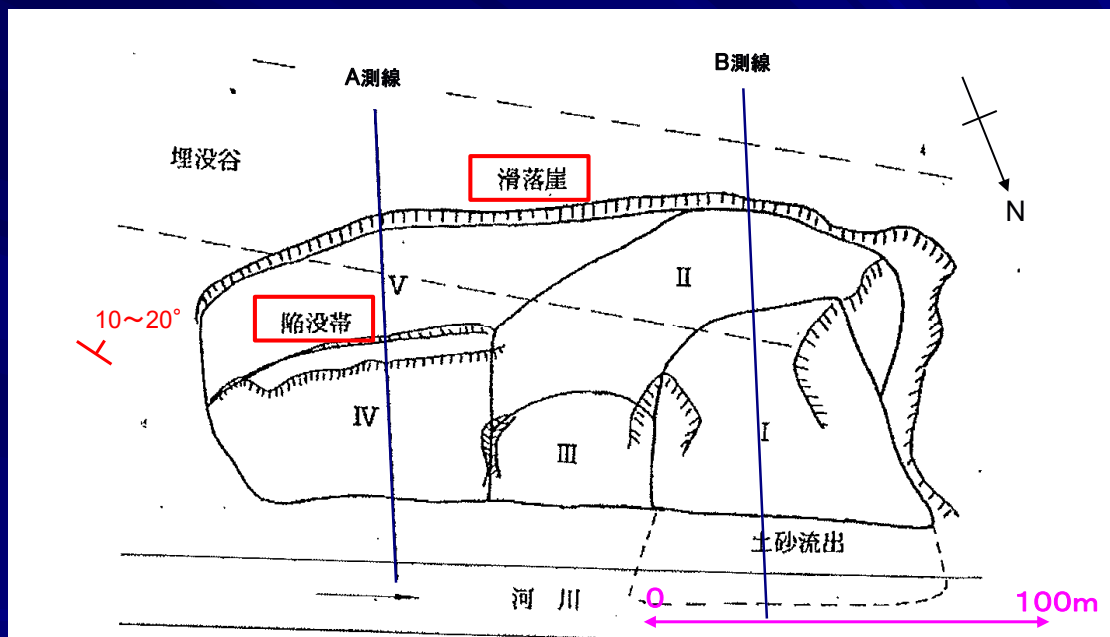
平成8年3月に生じた時点では現地は0.5~1mの積雪で覆われていた。踏査は平成8年5月に行った。(写真は融雪後に撮影)

1. 平成8年(1996年)3月に生じた土砂流出



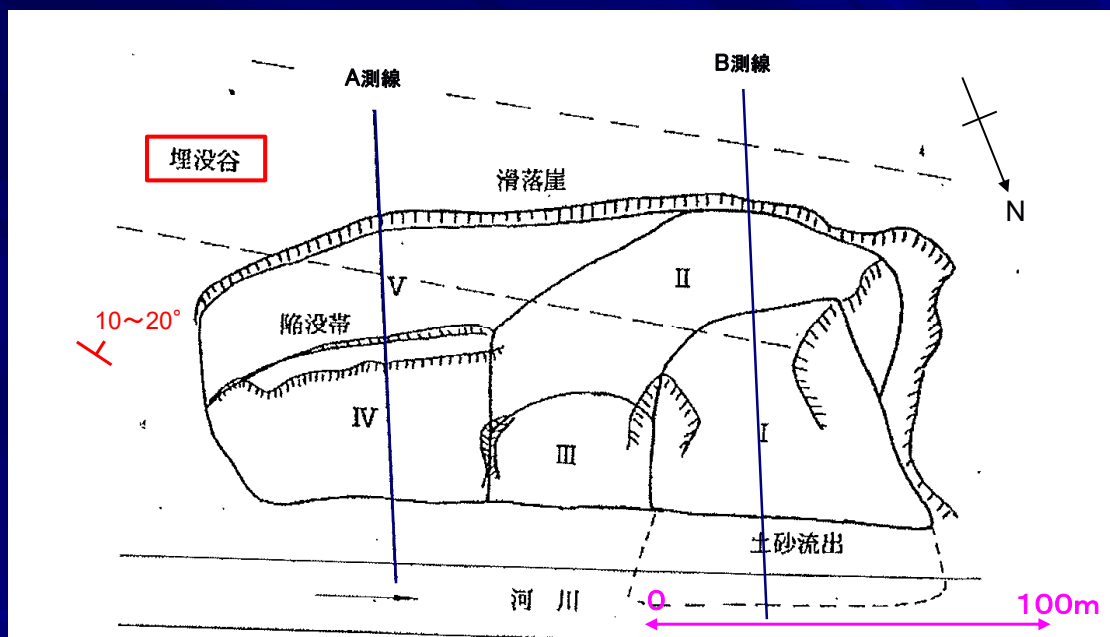
現地の地質は中新世中期~後期の砂泥互層を主とし薄い凝灰岩を介在する。当該斜面では低角度の受け盤構造をなす。

2. 現地の状況(模式図)



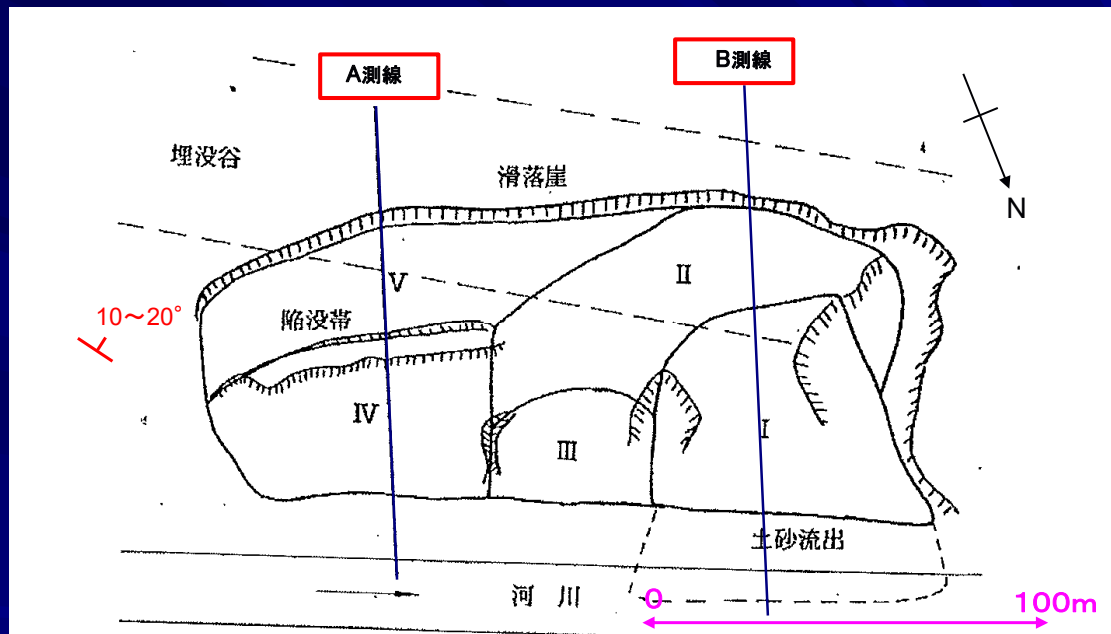
融雪後、現地調査を行うと土砂流出した斜面の上流側に滑落崖や陥没帯が河川にほぼ平行に延びているのを確認した。

2. 現地の状況(模式図)



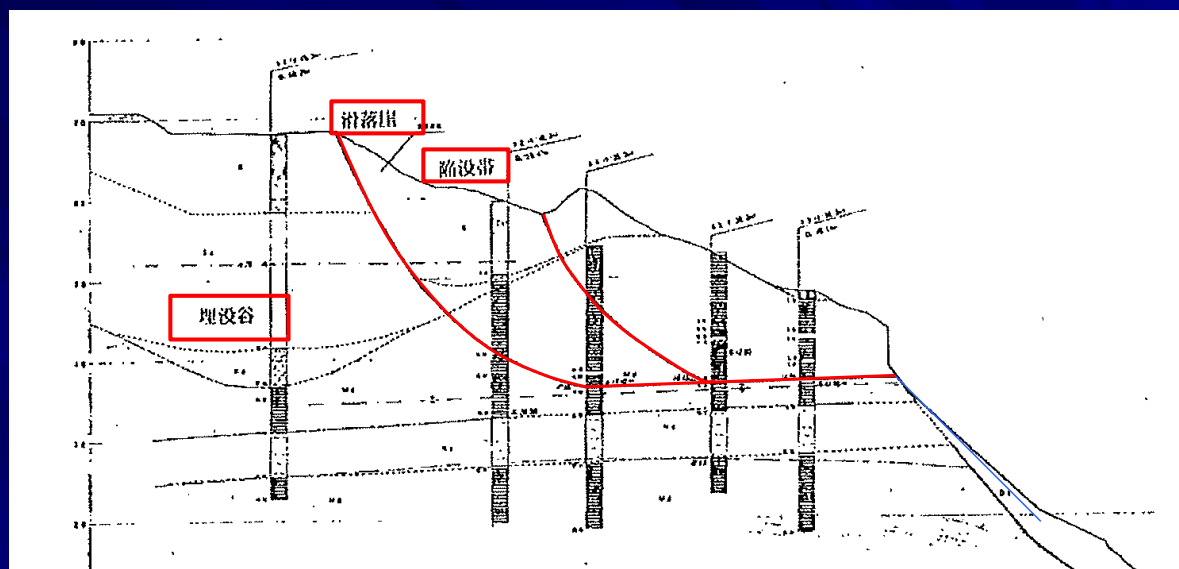
当該斜面の背後は谷地形となっていたが、過去より土捨て場として利用され、埋没谷の様相を呈していた。

2. 現地の状況(模式図)



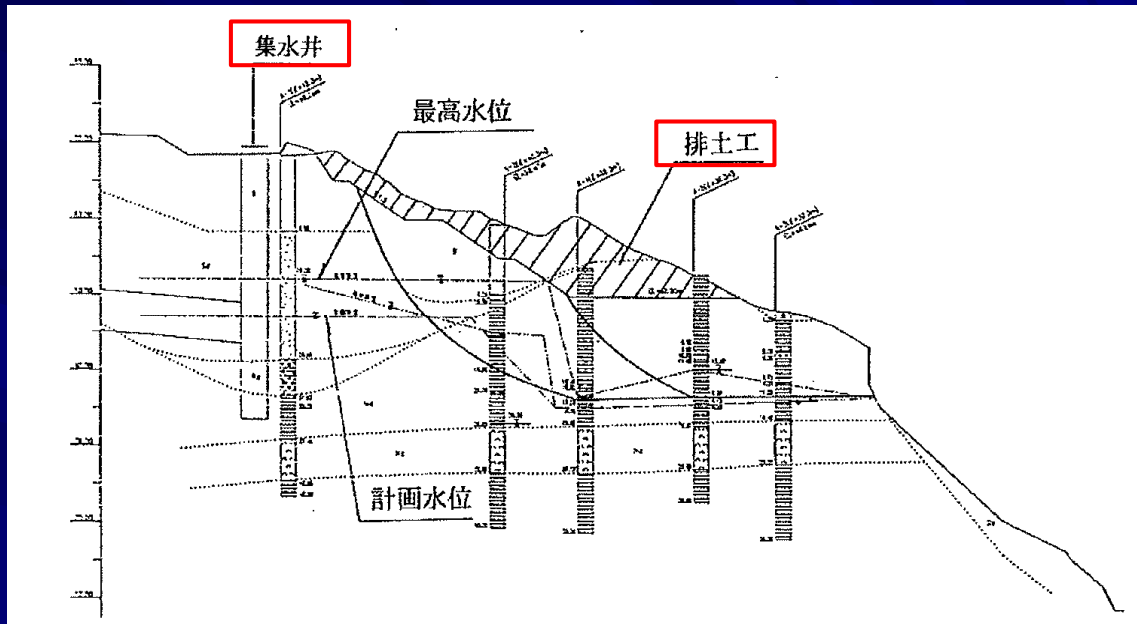
滑落崖や陥没帯の延長方向から図のように解析測線を設けて対策工を検討した。測線方向は地層の傾斜方向とは斜交するが、現象重視で設定したものである。(今回は、このA測線の取り扱いについてお話する。)

3. 解析断面図(A測線)



ボーリング調査結果と地中変位調査結果に基づき、断面図を作成した。すべり面は中部～末端部では緩い逆勾配となるが、頭部には盛土(?)による大きな載荷重が作用していることになる。

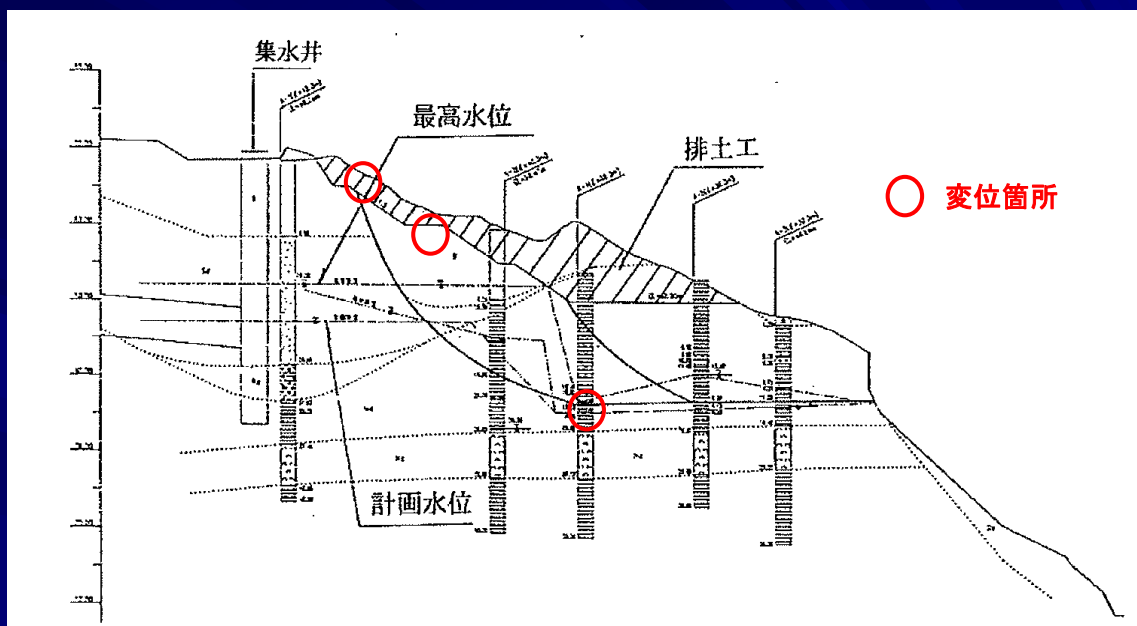
4. 対策工検討断面図



対策工は次の2種を計画した。

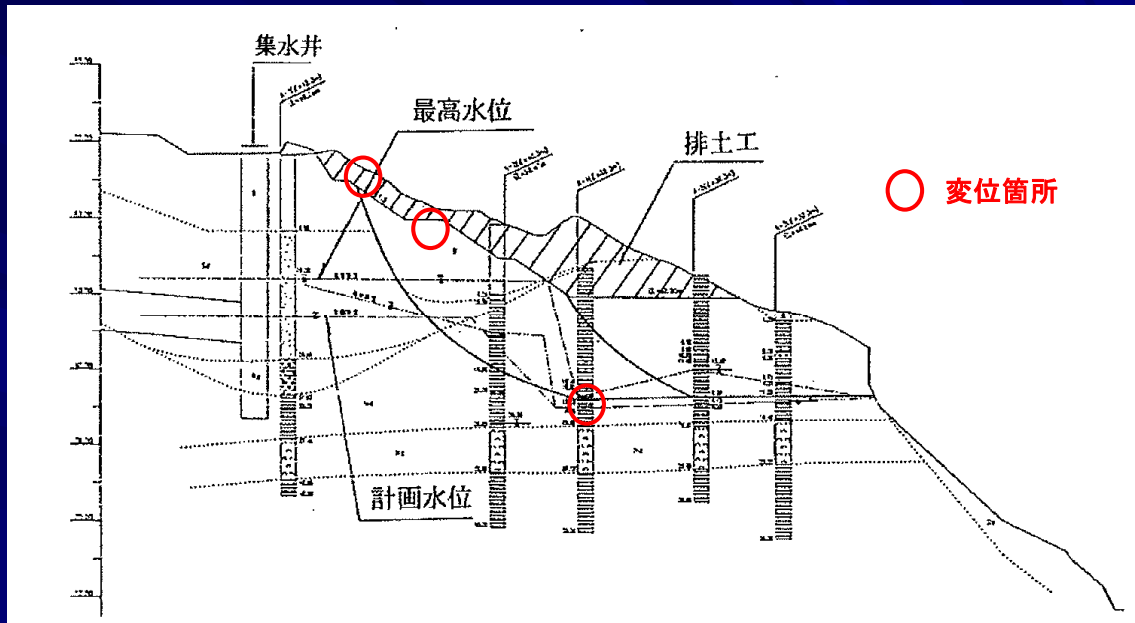
- ①盛土(?)の载荷重を減少させる頭部排土工
 - ②埋没谷から供給される地下水を排除する集水井工
- 現状 $F_s=0.95$ を計画 $P.F_s=1.10$ まで上昇させる計画である。

5. 地すべりの再変動



当初計画の排土工が完成し、地下水排除工の集水井が施工中であった平成9年9月頃から、A測線のブロックでは降雨時に地盤伸縮計や孔内傾斜計に変位がみられた。また、排土法面の水路工にも変状が確認され、地すべりの変動が明らかとなった。

5. 地すべりの再変動



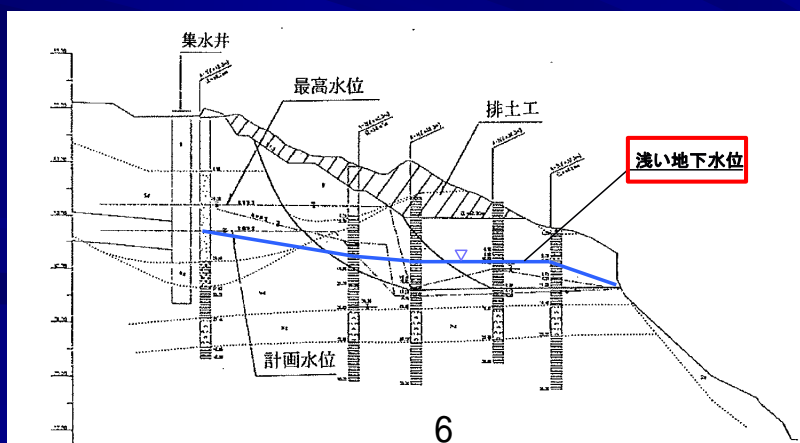
しかし、ブロック内の孔内水位は低く、A測線では上昇水位時の安定計算でも安全率は $F_s=1.18$ で安定を示しており、実際の変動状況とは異なる結果となっていた。このため、変動の発生を合理的に説明できるように発生機構の再検討が必要となった。

6. 地すべり再変動の原因

① 観測孔内水位とは別に、浅い水位が存在する可能性

ブロック内に、すべり面を越えない浅い水位観測孔を設けたところ、移動土塊内に浅い地下水位が存在し、降雨に反応して水位変動することを確認した。

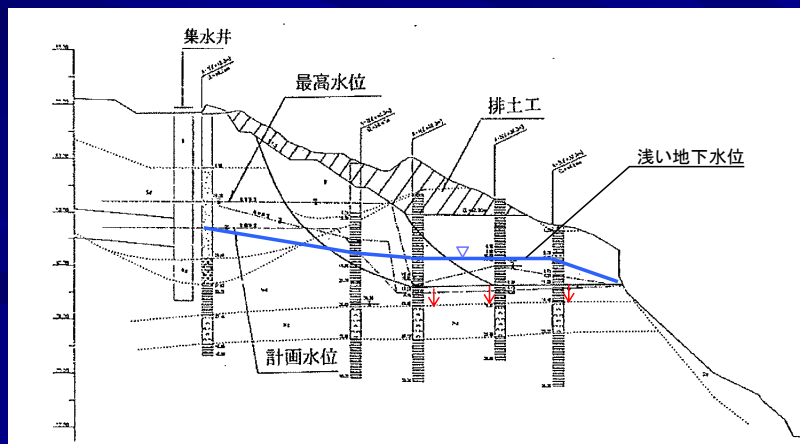
しかし、この浅い地下水位を用いてもA測線の安全率は $F_s=1.09$ であり、地すべり変動を説明できるものではなかった。



②すべり面が深い深度に転移した可能性

すべり規模が大きくなって、対策工の効果が相対的に小さくなったために変動が生じた可能性を考えたものである。

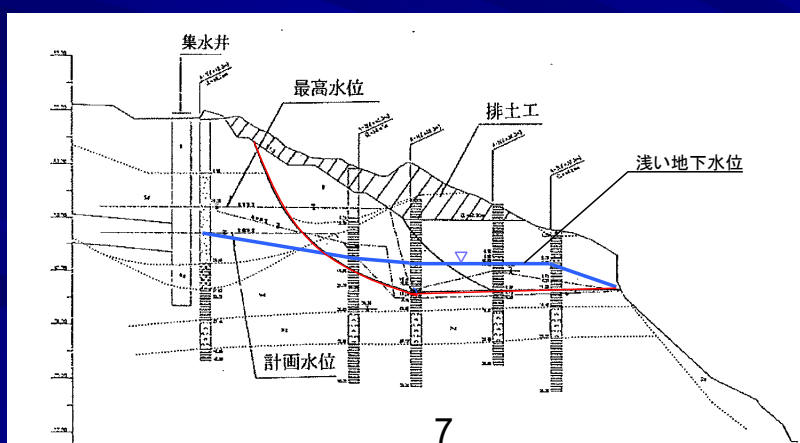
しかし、水位観測孔の穴曲がり深度のチェックやボアホールスコープによる観察では、平成8年3月発生時と同じすべり面位置で変動したことが確認され、それより深い位置での変位は確認できなかった。



③すべり面強度が劣化した可能性

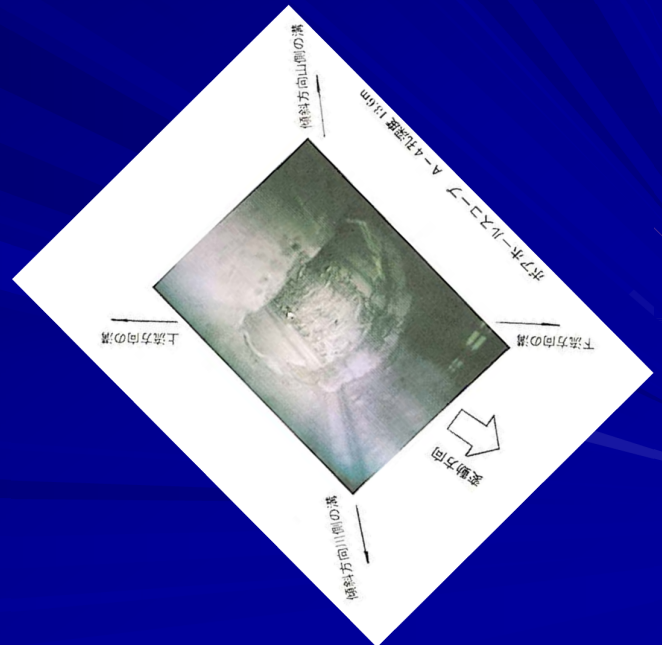
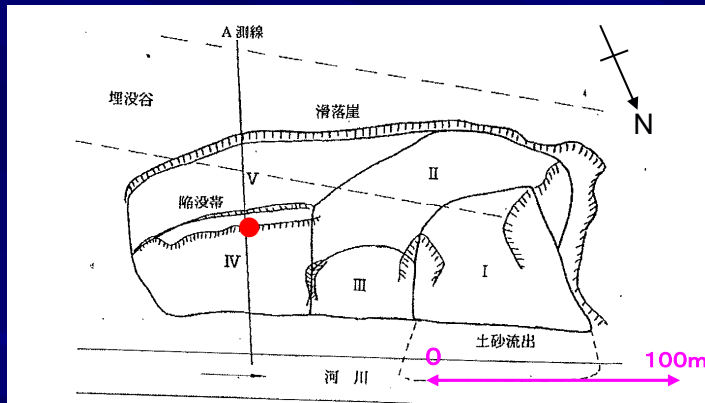
浅い地下水位を用いたA測線の安全率 $F_s=1.09$ を $F_s \leq 1.00$ とするため、すべり面強度の劣化の可能性を考えたものである。

大きな変動もないのに1年足らずの間に低下することは考えにくいことから、この問題の可能性は小さいと判断した。



④解析測線の方向が違っている可能性

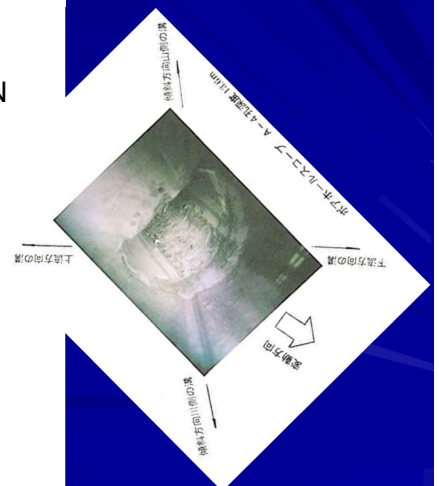
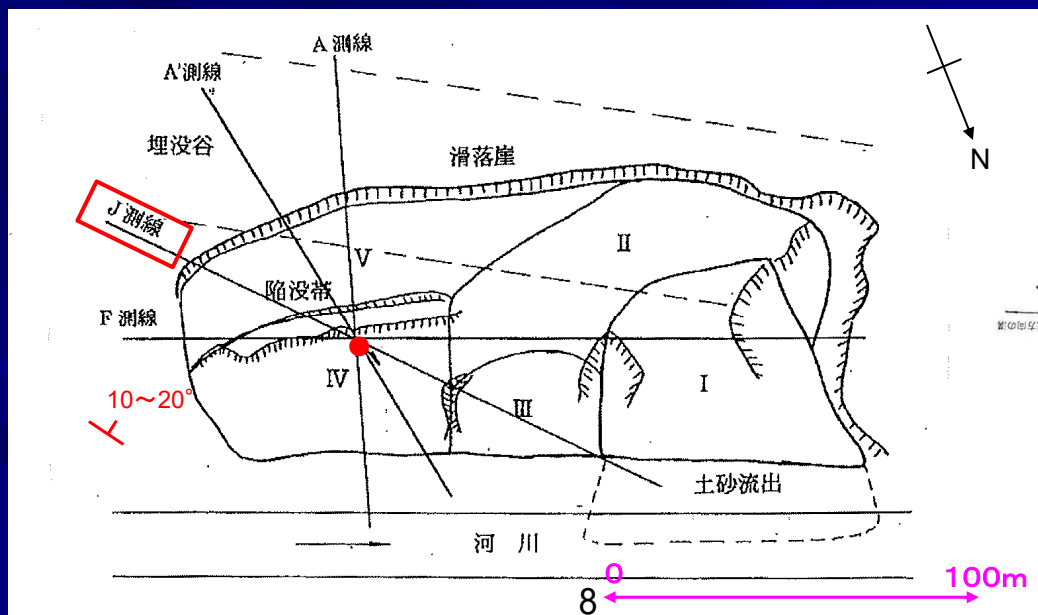
新たに設けた孔内傾斜計の変位方向はA測線方向より下流側へ向かうものであったことや、ボアホールスコープによる変位方向の観察から、すべり方向が違っている可能性を考えたものである。



④解析測線の方向が違っている可能性

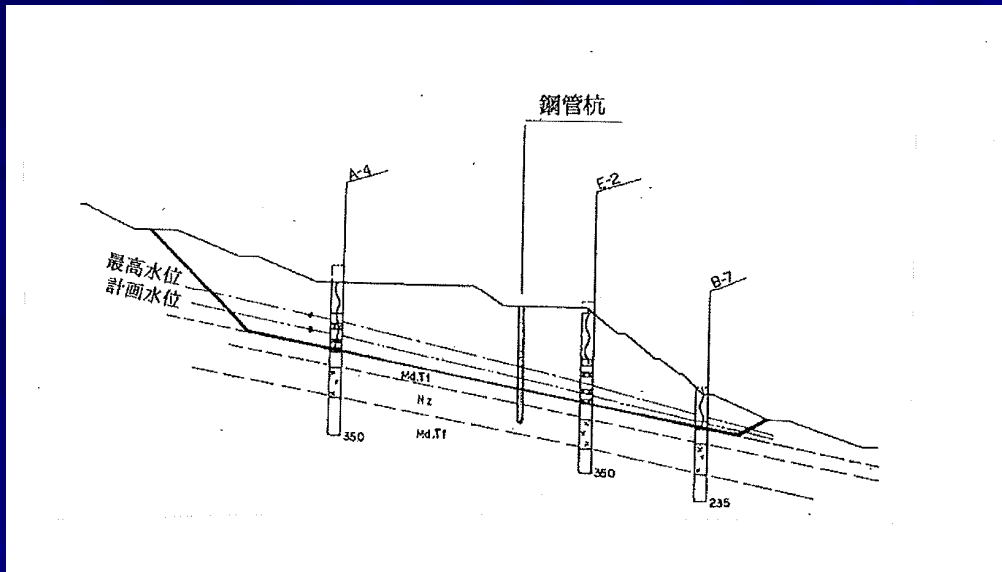
測線方向を変えたA, A', J, Fの各測線で安定計算を行うと孔内傾斜計、ボアホールスコープの変位方向とほぼ一致するJ測線が最も不安定となった。

J測線で浅い水位を用いた安定計算では $F_s=0.96$ となり、変動を説明することができるものであった。



7. 解析測線の再設定

以上の検討から、J測線を解析測線とし、新たに確認された浅い水位により解析を進めるものとした。

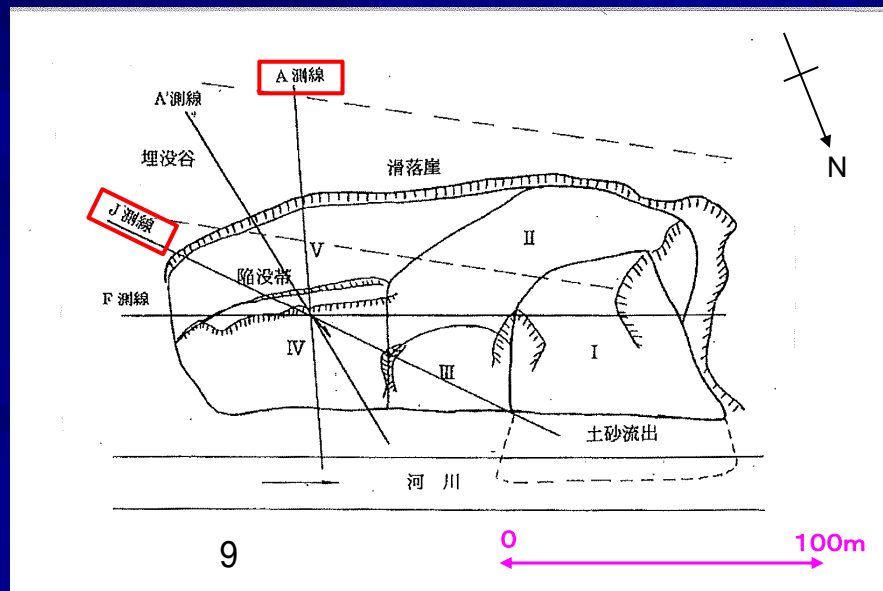


排土工施工後の安全率が $F_s=0.96$ であるため、計画安全率($F_{sp}=1.10$)まで上昇させるために地下水排除工の追加と抑止工を計画した。

8. 反省

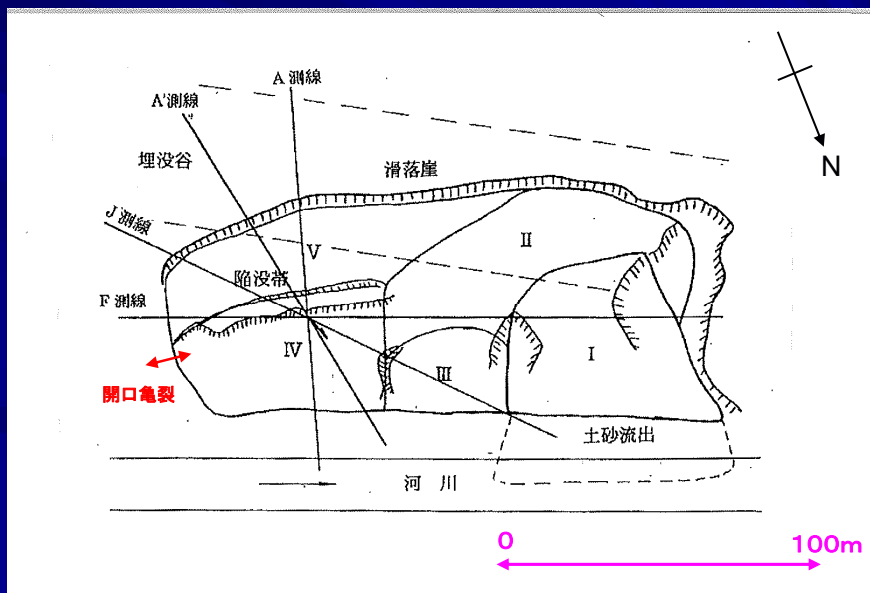
最終的にJ測線を解析測線としたが、

- ①当初からJ測線方向に変動していたか、
 - ②当初はA測線方向に変動していたが、対策工を進める中で、J測線方向に変動方向が変わったか、
- の判断は難しい。

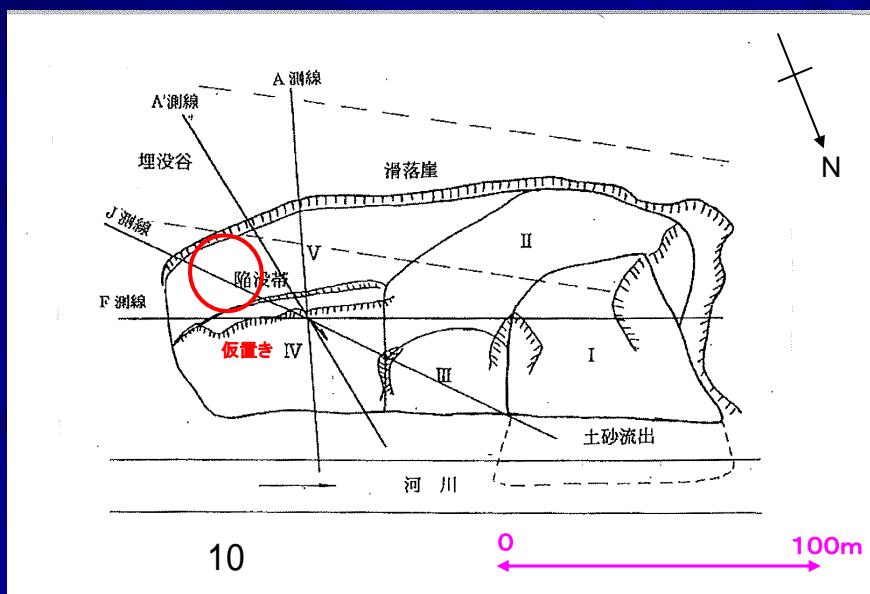


ただし、振り返ってみると、当初からJ測線を解析測線と判断した
かもしれないチャンスが二度あった。

①最初の現地調査で図の矢印位置で開口亀裂を確認した。本
来はズレ亀裂となるはずが、陥没帯の延長上の開口亀裂と考え
スルーしてしまった。これに着目していれば、F測線もしくはJ測
線を考えていたかも
しれない。



②排土工の途中で、施工業者が図の赤丸付近に土を仮置きし
たところ、地盤伸縮計に変位が確認された。現場責任者が急
いで土塊を移動させたので、変位は止まった。この事実を後か
ら知ったが、その時、着目していればJ測線の可能性を考えた
かもしれない。



現場での事実は先入観を捨てて、全て考慮するよう注意している。

終

事例にみる地すべり調査のヒントとポイント

鴨井幸彦(株式会社 村尾技建)

1. はじめに

国の財政事情が悪化の一途をたどり、もはや抜き差しならない状況になりつつある中、公共事業には一層の適切さと効率化が求められている。これからは、これまでのように求めに対してできる限り応じようとするのではなく、本当に必要なところに適切な内容のものを実施する、いわば「あれもこれも」から「あれとこれ」への時代に入ったと言える。この点について、国民の目が比較的寛容な防災分野も例外ではない。この先、大きな負担となつてのしかかってくるのが確実な既存施設の維持管理、更新の問題に関しても、「更新しない」という選択肢も含めた、思い切った対象の絞り込みと内容の見直しが避けられないところである。

ところで、地すべり調査の難しさ、厄介さの一つは、定性的な判断を必要とする場面が多いせいもあって、誰が調査しても必ずしも同じ結果になるとは限らないという点にあると思われる。斜面防災対策や災害復旧工事における工種の選定は、担当技術者の経験や技量に左右される面が強く、極論すれば、技術者が10人いれば10通りの提案が存在するといっても良いくらいである。また、たとえ基本工法の選定で一致したとしても、施工位置(配置計画)や数量など細部では大なり小なり違いが見られるのがふつうである。たとえば、九州地方のある大規模な地すべりでは、安全率をわずか2%強上昇させるために十数本の深礎杭が施工された。しかし、仮に土工などの他工種にその分をより多く負担させることができれば、復旧工事費を大幅に削減できた可能性がある。大規模地すべりの場合には、計画安全率の設定にも課題がある⁷⁾。その意味で、現場担当者や発注担当者の裁量は大きく、責任も重い。

筆者は地質調査会社に身を置き、斜面防災業務に長く従事してきた。その間、北陸地方を中心とした国内のさまざまな地すべり現場において、地質調査そのものの内容や方法、工法選択の妥当性、工事の進め方などについて疑問に思う事例を数多く目にしてきた。ここではそうした事例のうちいくつかを紹介する。後進の今後の地すべり調査や対策工の立案に役立てばさいわいである。なお、本稿で紹介する事例の中には、差しさわりが生じる恐れのあるものが含まれる可能性があるため、一部については場所や出典を伏せた。事情を察し、ご寛容いただきたい。

2. その調査、その工法は適切か？

学会誌にみられた平面図と断面図の不整合

図1~3は、ある学会誌に掲載された平面図と地質断面図が一致していない例である。平面図では、ボーリング調査孔のKB-1とJB-2の間に明瞭な滑落崖が描かれており、そこから二次すべりブロックが始まっているが、縦断方向の地質断面図(図2)にはそれに該当するものがない。また、KB-1孔の背後に滑落崖が描かれているが、平面図にはない。上方に描かれている点線のブロックがそれに相当すると思われるが、位置が合わない。さらに、横断方向の地質断面図(図3)では、B4孔のあるブロックだけでなく、前述のKB-1孔、B4孔を含む点線の大きなブロックが描かれていない。

実は、こうした平面図と断面図が合わない地すべり地質断面図はしばしば認められるものである。地質図を作成する場合、その地質図が妥当かどうかは、地質断面図を作って確認する。つじつまが合わなければ修正する。この点

は、地すべり調査でも同様である。地すべり解析において、すべり面位置とその形状はもともと重要である。すべり面の形が変われば安定計算結果も変わる。少なくとも、平面図と断面図の整合がとれていることが基本である。

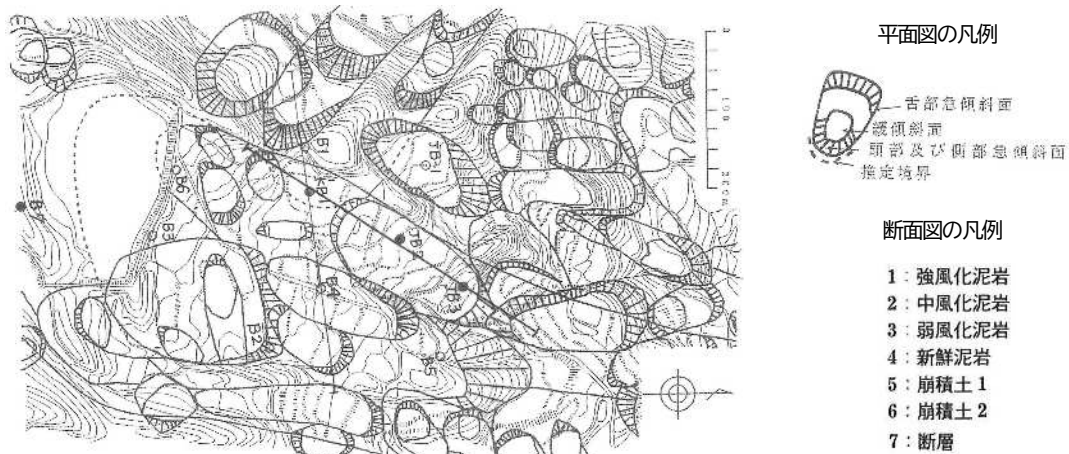


図1 地すべりブロック区分図

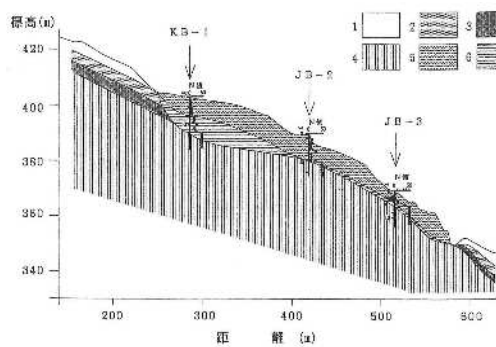


図2 縦断方向の地質断面図

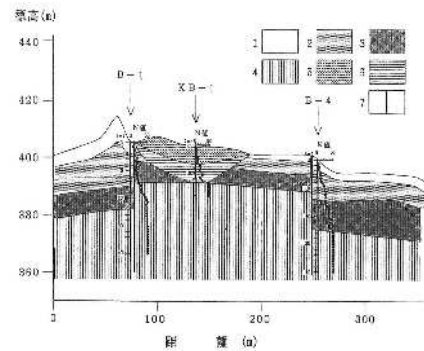


図3 横断方向の地質断面図

地質状況と工法のミスマッチ

図4, 5は、ある道路改良現場で施工中に斜面が崩れた例である。この斜面は、道路の拡幅にともなう切土が原因で被災したと考えられるが、図5の練り積みブロック上方の露頭に注目したい。ここでは礫混り土が露出し、この斜面が崩積土であることを示唆している。仮に、ここが計画段階で地すべり性の斜面であると

認識されていたれば、路線計画の変更や事前の対策工事が施工され、崩壊の回避につながった可能性がある。そうした意味で、工事対象斜面の性状の把握は重要である。



図4(左)¹⁾ 切土斜面に対する当初の斜面対策工は練り積みブロック擁壁工+のり枠工であったが、そもそも両者とも崩積土には適さない。図5(右) 斜面端の崩壊を免れた部分。切土のり面には礫混り土が見られ(黄色い楕円部分)、この斜面が崩積土からなることを示す。

現場状況を反映した適切な工法を選択するためには、その地すべりや崩壊の発生機構を正確に把握している必要がある。しかし、これが往々にして誤っていたり、的を射ていないことが多い。

すべり面形状、発生機構に誤りはないか

図6は、ある斜面で発生した崩壊である。この崩壊に対しては、斜面整形された後、集水井工、鋼管杭工、法枠工、アンカー工が施工され、現在は安定している(図7)。工事後しばらくの間設置されていた工事の説明看板には、円弧状の地すべり面が描かれ、頭部に杭工、切土斜面に法枠工、末端部に抑えのアンカー工を配置した断面図が掲げられていた。しかし、この崩壊は、明瞭な地層の層理面とそれに斜交する節理面を境界面とするくさび形崩壊である。くさび形崩壊であるという認識であれば、対策工の内容もかなり変わった可能性がある。その点で、発生機構を正確にとらえることは重要である。



図6⁹⁾ 崩壊直後(地すべりの末端は法先に出ているように見えるが、途中で抜けている) 図7 対策工施工後

盛土は地震に弱い

山間部では車が走行しやすいように尾根状の張り出し部を削り、沢を埋めて直線にしたりカーブをゆるくする道路改良がよく行われる。2004年の新潟県中越地震(M6.8)では道路盛土の崩壊が多発し、それがこの地震の特徴となった。図8、9は道路を横断する小さな沢を埋めながら直線状に建設された県道だが、盛土部が軒並み崩壊し寸断された。しかし、旧道は被害を免れたため、復旧工事中には旧道が使用された。安易な盛土計画は避けた方がよい。



図8⁹⁾ 被災直後(沢を埋めて盛土した部分が崩壊している。場所:長岡市(旧小国町)法末) 図9⁹⁾ 復旧工事中(旧道を原付バイクが走っている)

3. 予想をこえた動きに困惑—失敗例—

泥流化の恐怖

地すべりが発生した際、その地すべりが今後どのような動きを示すのか、その予測はむずかしい。谷頭近くで発生した地すべりは、豪雨をきっかけにして泥流化して沢を流れ下ることがある。図10に示す地すべりの崩積土は砂質

で、現地調査を行った際は晴天で表面は乾いており、難なく歩くことができた。頭部付近に湧水が見られたものの、移動したことで地すべりは安定した状態になったと判断し、図10の中央部付近でボーリング作業を開始した。しかし、金曜日に作業を終えて作業員が帰宅した後、週末に大雨となり、沢に堆積していた土砂が土石流化し、足場もろともマシンを押し流し、埋めてしまった。土砂の移動が休日で、誰も現場に居合わせなかったことが不幸中の幸いであった。これは、地すべりの動きを完全に見誤った例である。



図10 土石流化して流れ下った地すべり(新潟県佐渡市)

切土はこわい

切土のり面の崩壊例は数多い。切土工事中に発生するケースが多い(図11)が、供用開始後に発生するケースもよくある(図12)。中には10年以上経ってから発生する場合もある。切土後の変状は、風化による土塊の強度低下や盤ぶくれなどが主な原因である。しかし、地すべりと気づかずに斜面の末端を排土し、不安定化するケースも比較的多い。図11は、道路改良にともない、井桁擁壁の施工中に大きく不安定化した例だが、もともと地すべり性の斜面だった可能性もあり、道路の線形や土留工の工種の選定など、計画段階で十分に検討する必要がある。擁壁や土留工を設置するために掘削した時がもっとも斜面が不安定化しやすいので注意が必要である。



図11¹⁾ 切土工事中に不安定化した斜面(新潟県川口町) 図12¹⁾ 切土工事後、翌年の春先に発見された例(新潟県守門村)

見立て違い(盤ぶくれ, 流れ盤, 地すべり末端排土の3連発)……新潟県長岡市(旧寺泊町)年友地すべりの例

次は、「狭くてきついへアピンカーブ」を解消し、大型の観光バスが通行できるようにと改修が計画された県道において、工事にともなって地すべりが発生した事例である。工事は、開削により斜面を切り込む形で、山側から海側に向かって進められた。最初の変状は、切土にともなう盤ぶくれと見られるのり面の崩壊であった(図13, 14)。



図13 切土整形直後の安定したのり面(泥岩層)



図14 応力解放による盤ぶくれで変形した切土のり面

当該地の基盤岩は、層理面が顕著な新第三系中新統の泥岩層(“堆積軟岩”)である。当初、崩壊は流れ盤型の地質構造を有する「山側の切土のり面」内にとどまっておき、受盤型の地質構造を有する「海側の切土のり面」には変状は見られなかった(図 15)。流れ盤型の切土のり面は安定せず、ゆるく切り直したり、水抜きボーリング工を施工したり、土留工や杭打工、集水井工を施工したり対症療法で応じたが、なかなか沈静化しなかった(図 16)。

小康を得た段階で断続的に開削工事が進められたが、掘削底面が下がり掘削土量が大きくなる斜面全体の末端部に当たる部分に及んだところで、斜面背後に約 150 m にわたって亀裂が走り、より大きな地すべりが発生する兆候が現れた(図 17)。このため工事は中断され、既存の集水井からの集水ボーリング工を追加するとともに、「路面を計画より上げて、押さえ盛土する形」に計画変更したことで、ようやく地すべりは止まり、供用開始にこぎつけた(図 18)。



図 15²⁾ 流れ盤型、受け盤型の違いによる斜面の安定性の相違。地層は写真左側に向かって傾斜、右の流れ盤斜面で崩壊が発生



図 16³⁾(上) 不安定化が止まない切土のり面(流れ盤斜面)

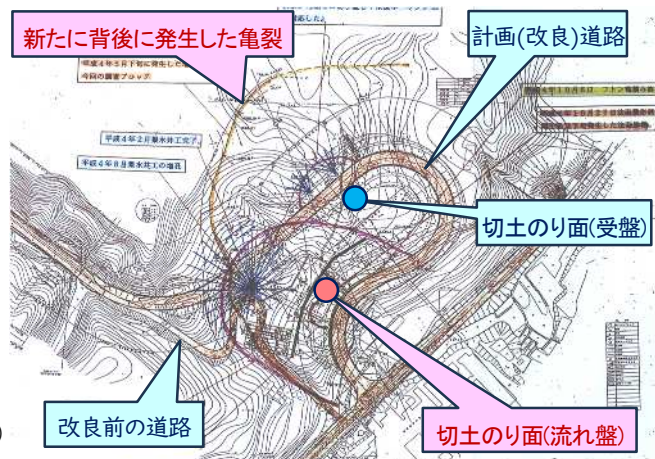


図 17(右) 地すべり平面図(当初想定と背後に発生した亀裂)



図 18(上) 路面を計画より上げることで、地すべりはようやく沈静化した

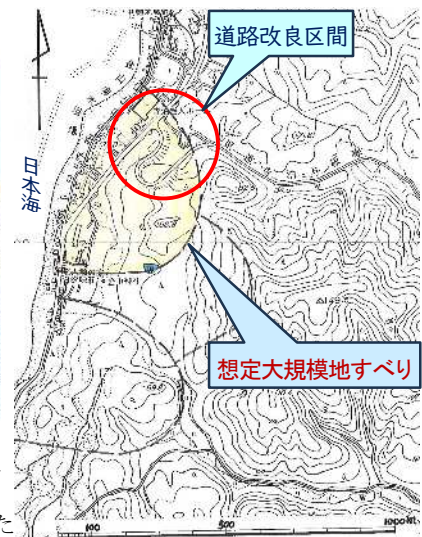


図 19(右) 調査中には気づけなかったが、山腹に亀裂が走った後に入手した 1 万分の 1 都市計画図で、当該斜面が大きな地すべり斜面内に位置することがわかった

本事例について、当初は切土のり面の盤ぶくれ、流れ盤型構造をもつ切土のり面の安定性が課題であった。しかし、改修道路の計画が古い大きな地すべりの末端を排土する形になっていた(図 19)ことから、工事の進捗とともに大規模地すべり発生の予兆が現われてしまった。古い地すべり地形の存在に計画時点(あるいは調査の初期段階)で気がついていれば、その後の展開は違ったものになった可能性があった。

4. うまく運んだ例—冷静な総合的判断—

次は、観光地である新潟県佐渡島において発生した大規模な地すべりによって県道が通行止めとなり、早急な復旧が渴望される中、短期間で調査を終了し、災害査定を無事乗り切った例である。ここでは、①地すべりの動きの特徴を早期に把握し(想定すべり面の傾斜角が 10° 未満と小さく、末端部がせり上がっていたため、急速な移動はないと判断)、②100 mを超す調査孔では、観測孔の掘削を先行し、すべり面の決定を優先した(観測孔はパーカッション式、調査孔はロータリー式で掘削)、③地表踏査結果と地形断面形状からあらかじめすべり面を予想し、解析作業を先行して進めたことが功を奏した(ボーリング・観測結果判明後に修正したが、微修正で済んだ)。

佐渡梅津地すべりの概要

- ・発生 平成 7(1995)年 6 月 30 日(推定) ・規模 幅約 300 m, 延長約 650 m, すべり面最大深さ 96 m
- ・地すべり概要把握 所見の提出(平成 7 年 7 月 17 日), 平成 7 年 7 月 26 日学識経験者(渡 正亮)による現地調査
- ・特徴 地すべり全体が巨大な軍艦のようにゆっくりと動き、ブロックの外周に変位が生じるものの、ブロック内部における変位は軽微。末端部で隆起。 ・ボーリング調査開始 平成 7 年 10 月 6 日(調査・解析・設計同時進行)
- ・押さえ盛土の形状決定 平成 7 年 10 月 12 日 ・主測線上での 5 本のボーリング終了 平成 7 年 11 月 15 日
- ・災害査定 平成 7 年 12 月 12 日 ・安全率 現状安全率: $F_s=0.98$, 計画安全率: $F_s=1.10$
- ・復旧工法 ①押さえ盛土, ②県道の対岸への移設, ③頭部排土, ④地下水排除工(集水井工, 横ボーリング工)

この地すべりは、最初県道に変状が現れ、日々少しずつ拡大していった(図 20, 21)。発生から約 10 日後、県道からはるか上方の山腹に大きな段差と左右に側方亀裂が発見され、この地すべりが、延長約 650 m に達する大規模地すべりであることが判明した(図 22~24)。県道の移動にともない、それと併行して流れる梅津川もせばまり、やがて閉塞して湛水域が形成されるに至った(図 25, 26)。



図 20¹¹⁾ 変状の初期, 7/10 の状況(6/30 に変状発見)



図 21¹¹⁾ 変状の拡大と収束(同年 9/5)

地すべり末端部に設置した伸縮計の移動量は、初め 6~7 cm/日であったが、7 月 10 日ころから加速し、日量 30 cm 前後の移動が 7 月末まで続き、手がつけられない状況であった。その後ゆるやかに減速し、9 月に入って日量 2~3 cm となって横ばい状態となり、10 月に入って 1 cm 以下となった。観測開始以降の累積移動量は、末端部で最大 900 cm に達した。地すべりの活動が沈静化したことを見定め、10 月初旬によくボーリング調査に着手した(図

27, 28). なお、この間に、応急対策として8月半ばに梅津川の閉塞部を開削し、開削部にヒューム管を埋設、9月末には応急押さえ盛土工(4万 m^3)が施工された(最終形は24万 m^3).



図 22¹⁾(左) 頭部滑落崖(9月5日). 落差は10 m 余りで、末端部の水平移動量にほぼ匹敵している.

図 23(中) 右岸側側方亀裂

図 24¹⁾(右) 末端近くの急斜面上のスギの植栽林. 地すべりブロック内にあるにもかかわらず、幹はほぼ直立しており、一見不動地に見える. 地すべりブロックがゆっくりとスライドしていった様子を示す(10月12日)



図 25 河床の隆起(すべり面か?), 左右の護岸工がほぼ接している(7/23)

図 26 梅津川の閉塞(8/21)

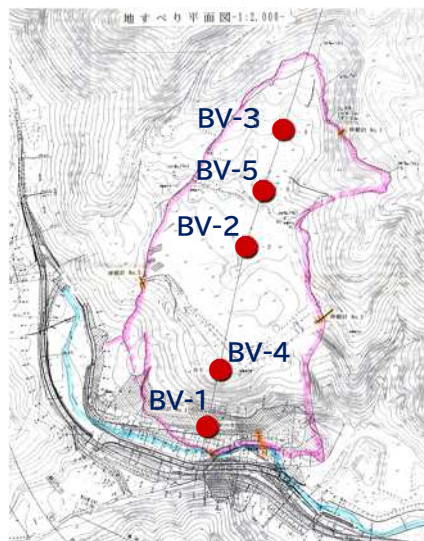


図 27 地すべりの外形と調査孔の配置

復旧工法は、①末端部ですべり面が急に上がっており押え盛土の効果が大きく期待できること、②頭部の排土を押え盛土に転することで盛土材料を現地で調達、処理できること、③安定度が確実に評価できること、④将来の維持管理の点で問題が少ないこと、⑤工期が大幅に短縮できること、などの理由から斜面整形工(頭部排土、末端盛土)を基本工法とした。

本地すべりの復旧工法で特徴的なことは、現地条件に合った工法として斜面整形工を主工法に選んだ点である。従来、大規模地すべりに対する復旧工法としては、排水トンネルや連結集水井といった立体排水工や深礎工などの抑止工が採用されることが多く、斜面整形工が中心に据えられることは少なかった。その主な理由は、土工による上部あるいは下部斜面への影響(=二次すべりの発生に対する懸念)や用地

的制約があったためと考えられる。しかし、多くの地すべりにおける主要な発生原因の一つが斜面における土量バランスの変化であることを考えると、土工によりバランスを回復させることがもっとも自然である。しかもメンテナンスフリーでトータルコストの面から見てもきわめて有利であり、自然植生の回復後は景観上もすぐれている。したがって、頭

部の切土量が小さくて済み、上方斜面に対する影響が少ないと判断されるような場合、とくに大規模地すべりにおいては、斜面整形工を候補の一つに入れて検討すべきと考える。切土のり面の安定にはむずかしい面が多いので、十分な調査と適切な形状の決定が必要であるが、今後再評価されるべき工法と考えられる。

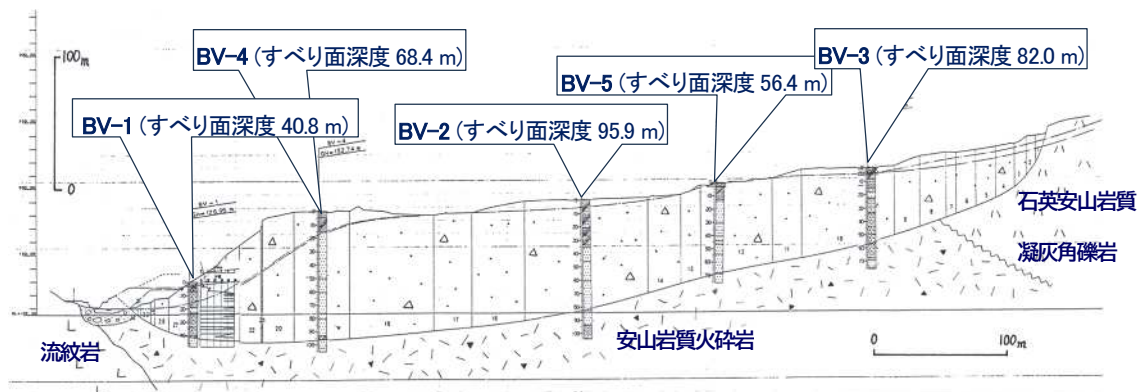


図 28¹¹⁾ 地質断面図……孔番号は掘削(機械搬入)順に設定



図 29¹¹⁾ 復旧後の地すべり全景(被災の約7年後に撮影)



図 30¹¹⁾ 右岸に移設された県道と改修された梅津川及び押え盛土工

5. すべり面決定根拠の客観性について—標準貫入試験の効用—

すべり面位置の決定は、地すべり解析においてもっとも重要な判断の一つである。活動中の地すべりの場合は計測器で判明するが、休止中あるいは小康状態にある場合には、決定根拠が求められる。もっとも重要視されるのはコアによる判断であるが、その場合にはどうしても主観的要素が大きな比重を占める。必ずしも擦痕や明瞭なすべり面粘土をとまなうものばかりではない。したがって、いくつかの要素を組み合わせる総合的に判断することになる(表 1)。その際、標準貫入試験(N値)の深度ごとの変化は参考になる⁴⁾。

標準貫入試験がすべり面判定に有効な理由として、次の諸点が挙げられる。

- ① 基盤層と不安定層のあいだには面的な層境界(不連続面)があることが多く、両者の物性(硬さ)の違いはN値の変化として現れやすい。⇒ すべり面決定に関して、ある程度の客観性が得られる。
- ② すべり面(せん断ゾーン)は、ある幅を持っていることが多いため、標準貫入試験がその範囲に当たる可能性が大きい。



図 31 コア観察会の様子(中央は渡正亮博士, 手前は藤田壽雄博士)

- ③N値の変化のパターンから、その地すべりの性格や潜在すべり面の有無の推定が可能である。
- ④コアの欠損に関しても、標準貫入試験試料をペネ管から取り出したままそっくり保管することにより、ある程度の地質状況の観察が可能である。

表1 すべり面判定の手法とその特徴(文献4)を一部改変)

手 法	特 徴
① 計測器(パイプ歪計, 傾斜計(挿入型, 埋設型), 多層移動量計等)	<ul style="list-style-type: none"> ・活動中の地すべりにしか使えない。 ・将来滑動する可能性のある潜在すべり面や旧すべり面を検出することができない。
② 目視や手触りなどの感触(コア観察)	<ul style="list-style-type: none"> ・100%のコアを上げようとして無水掘削が多用されがち。しかし、採取率100%のコアが採取されても、無水コアではすべり面はわからないことが多い。 ・色調の変化も注目されており、有効な場合が多い。
③ 試験(標準貫入試験, 地下水検層)	<ul style="list-style-type: none"> ・ある程度の客観性が得られるが、標準貫入試験の試験区間にすべり面がある場合、コアで確認することができないとの批判あり。 ・その地すべりの性格が推定できる。
④ 掘削 状況	<ul style="list-style-type: none"> ・孔壁のせり出しや掘進感触の急変, 掘削時の孔内水位の急上昇などの掘進状況の変化からの推定。オペレーターの感性の鋭さや技術に負うところが大きい。しかし、近年は油圧式が主流なので、効力を失いつつある。
⑤ その他の要素	<ul style="list-style-type: none"> ・地形断面形状, 滑落崖の角度やその高さ, 末端部の隆起の形態, 基盤岩の地質構造などの要素から推定しようとするもの。 ・担当技術者の経験や力量に大きく依存する面がある。

傾斜計などの設置にともない調査孔(オールコア, 水位観測用)の他にノーコアで別孔(すべり面計測用)を掘削する際には、標準貫入試験を併用した方が良い。むしろ、第三紀地すべりにおいては、オールコアボーリングよりも標準貫入試験をともなったコアボーリングの方がすべり面判定に際し有効な場合がある。ただし、この方法は決して万能ではない。甚之助谷地すべりのような古期岩類の分布地域における地すべりや層すべりといった岩盤地すべり、すべり面深度が深い場合には適用できない。新第三紀層分布地域の風化岩地すべりでもっとも有効である。次に、すべり面位置の判定に非常に役立つ例をいくつか紹介する。

図32, 33は、崩積土(移動層)と不動層(地山, 基岩層)との境界(すべり面)が、N値の変化から明瞭に読み取れた例である。地質断面図の左側に簡略化した地質柱状図を示したが、N値が大きく変化する箇所は、地形断面形状から推定されるすべり面位置と一致しており、すべり面位置決定に当たっての客観的な根拠の一つになり得るものと判断される。

図34, 36も同様であるが、コア観察(図35)だけでは、明確に根拠を示せない場合もある。

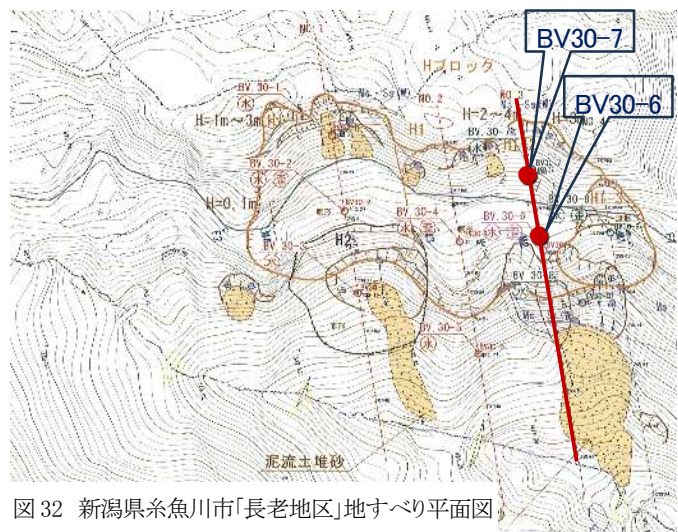


図32 新潟県糸魚川市「長老地区」地すべり平面図

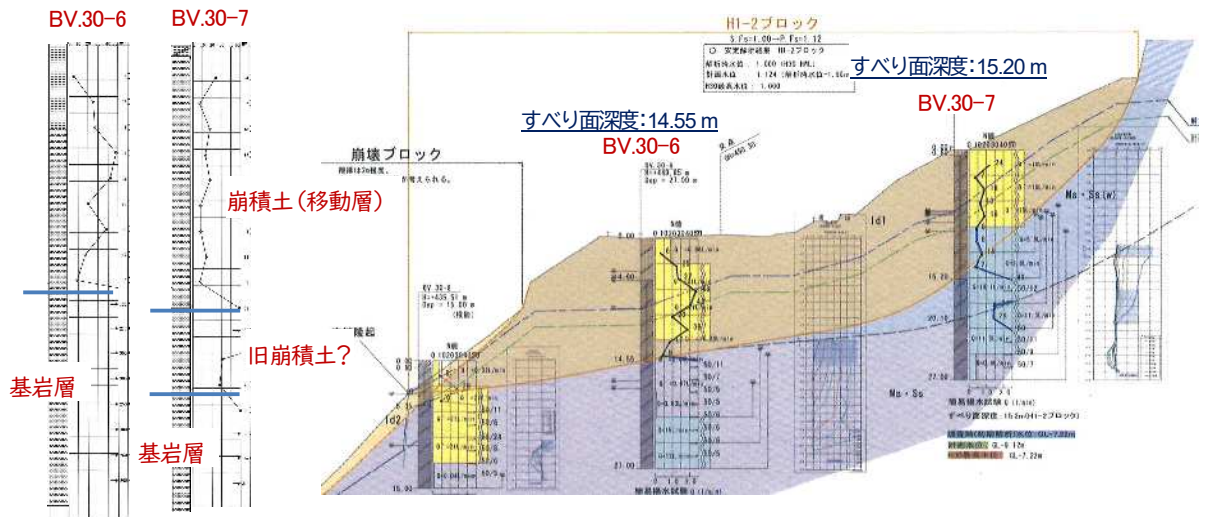


図 33 新潟県糸魚川市「長老地区」地すべりの地質断面図及び簡略化したボーリング柱状図

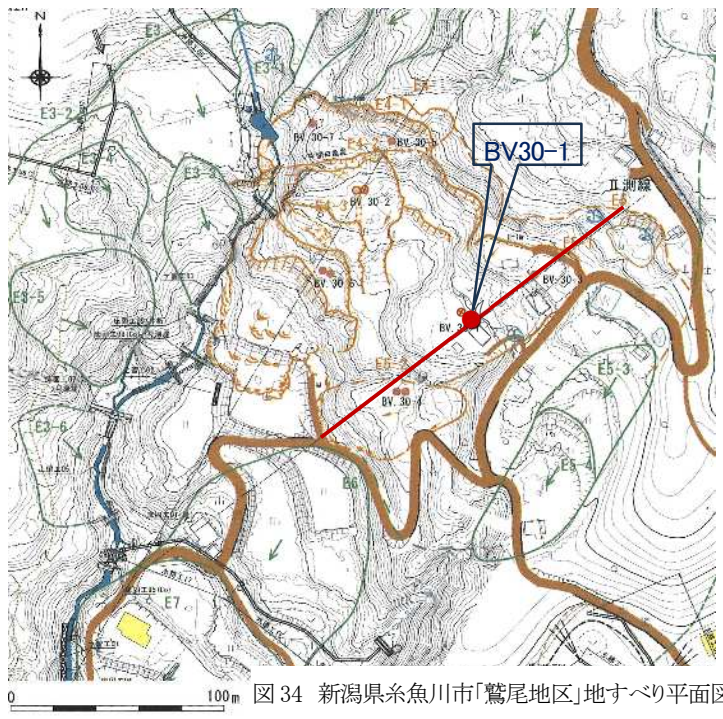


図 34 新潟県糸魚川市「鷲尾地区」地すべり平面図



図 35 BV.30-1 孔のコア写真

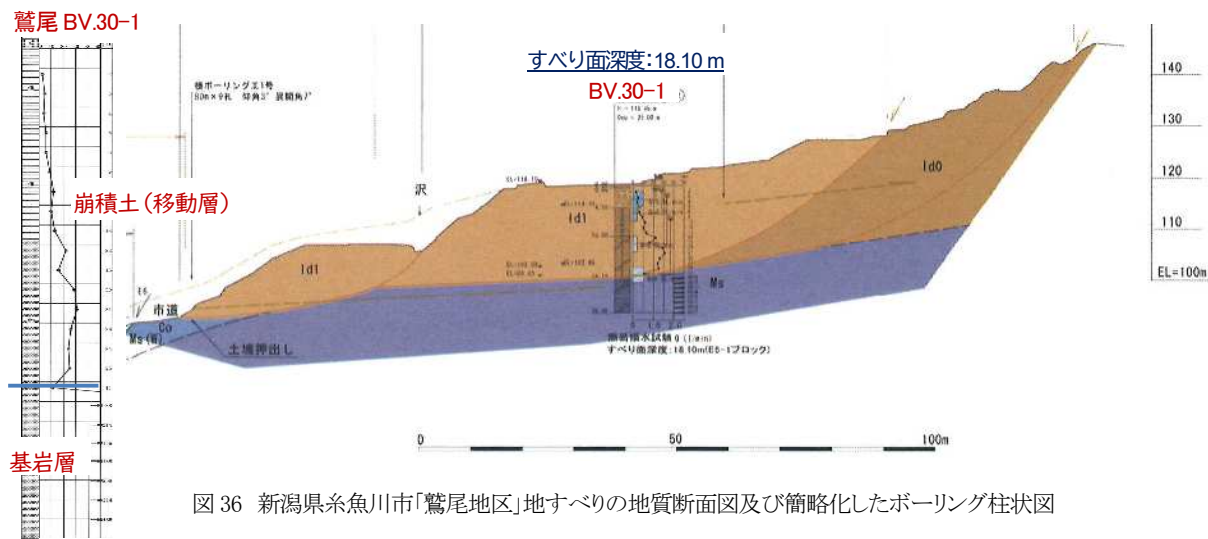


図 36 新潟県糸魚川市「鷲尾地区」地すべりの地質断面図及び簡略化したボーリング柱状図

図 37, 38 では、 N 値の変化から二つの境界面が推定された。それぞれ、旧すべり面と現すべり面に対応する層境界と考えられる。

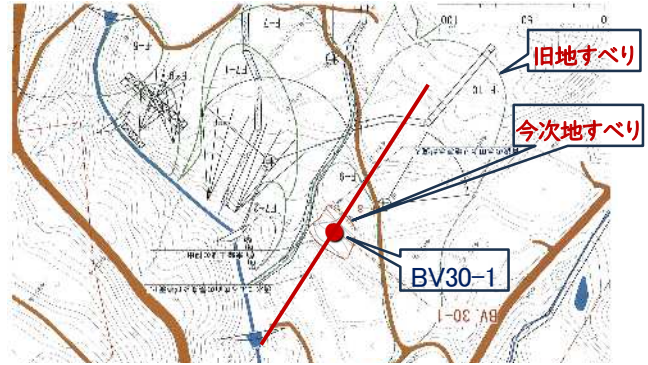
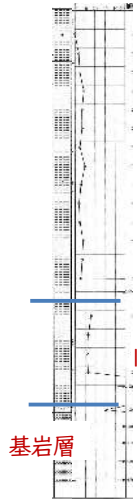


図 37 新潟県上越市「安塚南部(神代)地区」地すべり平面図

安塚南部 BV.30-1



崩積土(移動層)

旧崩積土

基岩層

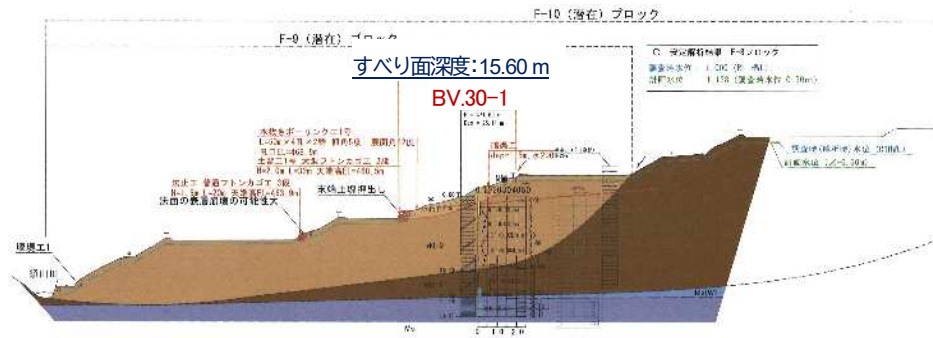


図 38 新潟県上越市「安塚南部(神代)地区」地すべりの地質断面図及び簡略化したボーリング柱状図

図 39, 40 でも、 N 値の変化から二つの境界面が推定される。ここでも、旧すべり面と現すべり面にそれぞれ対応する層境界と考えられる。

以上に示した例からわかるように、 N 値の深度方向の変化は、すべり面決定にあたり、有力な客観的指標になり得る場合が多く、有用と判断される。

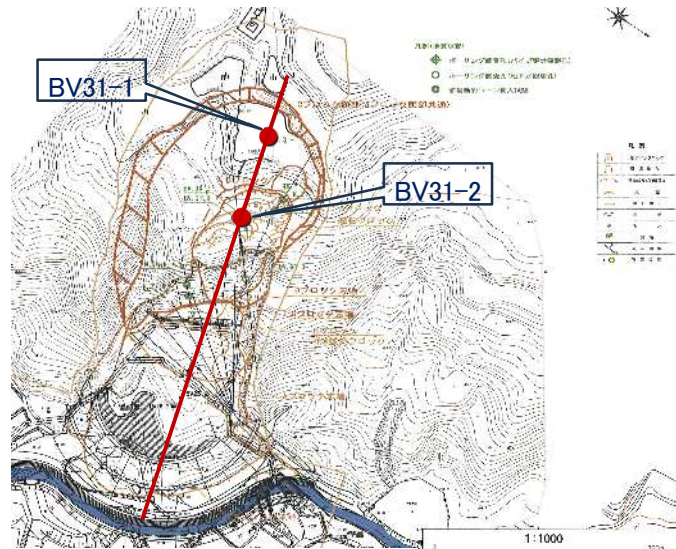
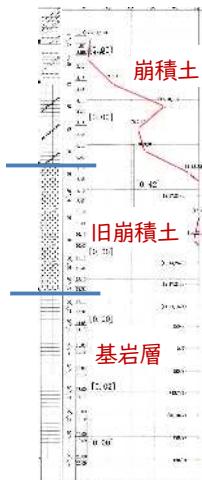


図 39 新潟県上越市「向山地区」地すべり平面図

BV.31-2



崩積土(移動層)

旧崩積土

基岩層

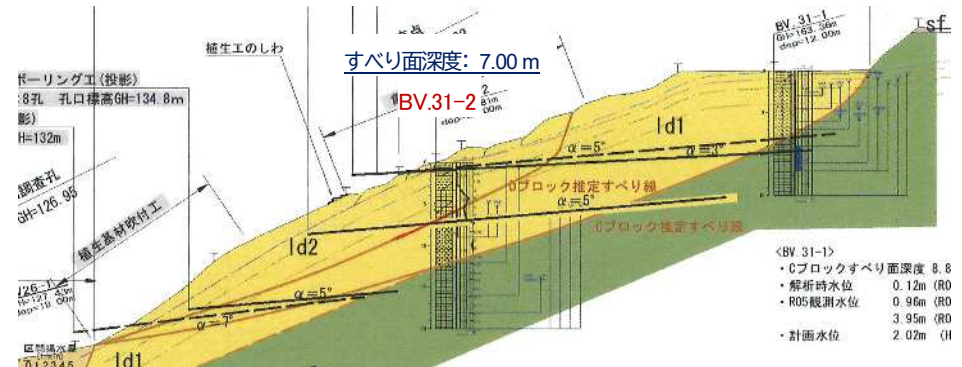


図 40 新潟県上越市「向山地区」地すべりの地質断面図及び簡略化したボーリング柱状図

6. おわりに

近年、日本の「国力の低下」やさまざまな分野にみられる「劣化(現象)」について、目や耳にすることが多い。自分自身、日常生活においてそうしたことを実感することもある。あらゆる現場で「技術の伝承」の必要性が叫ばれて久しいが、そうした取り組みが必ずしも功を奏しているようにも見えない。「技術の伝承」に即効性は期待できなく、根気強い、地道で継続的な取り組みが必要だ。

斜面防災技術について、最近は計測技術やそれをビジュアル的に上手に表現する技術が進んで、現場へ行かなくてもある程度状況がわかるようにさえなってきた。少ない情報からでも、推論を加え見栄えをよくすることによってそれらしく見せることも可能となっている。むしろ、そうした方が発注者の受けが良い場合もある。しかし、いくらデジタル技術が進んでも、人間が動物であることを変えることはできない。五感を使って体感し、考えることが人間の真骨頂である。地すべり調査技術を高めるには多くの現場を担当し、経験(苦労や達成感)を重ねることが一番だが、現場数がめっきり少なくなった昨今、むずかしい面が多い。とくに、災害関連業務担当技術者に要求される能力は、単に技術力だけではなく、論理的で分かりやすい説明能力、構成(シナリオ作成)力、組織力、迅速性、(今後の活動などの)予測力、さらには実直さや人当たりの良さなどの人間力も求められる。それだけに、災害対応における経験は貴重なものである。また、業務を進める過程で、何か引っかかりを感じたり、気がかりな点を残している場合には、そのままにせず、とことん考えて解消しておいた方が良い。たとえその時点でスッキリできなくても、十分に考えるという姿勢が大切だ。今回紹介した事例が、若い人たちの現場経験を補う上で、少しでも役立てばさいわいである。

発表にあたり、新潟県の長岡地域振興局地域整備部、上越地域振興局地域整備部・農林振興部、糸魚川振興局地域整備部・農林振興部、ならびに佐渡地域振興局地域整備部から図の引用について許可していただいた。厚くお礼申し上げる。

参考・引用文献

- 1) 鴨井幸彦(2006a):地すべり調査の秘訣-21のポイント-, 地すべり技術, 96, 59-64.
- 2) 鴨井幸彦(2006b):地すべり工事べからず集-現場代理人12の心得-, 地すべり技術, 97, 49-52.
- 3) 鴨井幸彦(2006c)施工後の地下水排除工の現状と改善に向けた提案. 地すべり, 43(4), 25-30.
- 4) 鴨井幸彦(2007a)すべり面判定における標準貫入試験の効用-新潟県における地すべりを例として-. 地すべり, 44(1), 51-56.
- 5) 鴨井幸彦(2007b)防災10か条-2004年新潟県中越地震の経験を踏まえて-. 土と基礎, 55(5), 22-24.
- 6) 鴨井幸彦(2011)地すべり防止工事士の役割と技術者倫理. 斜面防災技術, 111, 59-62.
- 7) 鴨井幸彦(2012a):大規模地すべりにどう向き合うか. 斜面防災技術, 114, 52-55.
- 8) 鴨井幸彦(2012b)地すべり調査・対策の現在, 過去, 未来-新潟県を中心に-. 7-10, 地すべり学会新潟支部第40回地すべりシンポジウム 地すべり研究の現状と展望, 地すべり学会新潟支部, 19p.
- 9) 鴨井幸彦(2014):斜面防災対策技術をめぐる諸問題-地すべり技術の伝承問題によせて-. 地すべり学会誌, 51(2), 38-40.
- 10) 鴨井幸彦(2022):地質技術者に求められる10の資質と姿勢. 地質と調査, 160, 69-72.
- 11) 鴨井幸彦・渡辺武彦(2007)私の経験した現場 佐渡島梅津地すべりの活動経過とその対応. 地すべり技術, 99, 40-45.



日本地すべり学会関東支部 2024年度
シンポジウム「ベテラン技術者の苦労話とその教訓」
（於：日比谷図書文化館）

X世代技術者の地すべり地形判読とこれから

下河 敏彦

株式会社 環境地質 営業企画・地形診断部長



- 下河敏彦(シモガワ トシヒコ:1971年生)
- 関西大学文学部史学・地理学科地理学専攻
(現:地理学・地域環境学専修) 1995年3月卒
- 株式会社環境地質 <http://www.kankyo-c.com/>
- 技術士、応用地形判読士、地すべり防止工事士
- 日本地すべり学会関東支部幹事(令和5年12月～)
- 応用地質学会応用地形研究部会幹事
- 砂防学会、地盤工学会、応用生態工学会
日本技術士会

出身地
福岡県柳川市
(10m以上の自沈層)

所属先
神奈川県川崎市
多摩川のデルタ

出身大学
大阪府吹田市(千里山丘陵)
谷埋め盛土:造成地

講演地

地理院地図+
地すべり地形
分布図より作成

100 km

地質踏査・防災調査、点検・ハザードマップ・宅地や裏山の診断
-防災・環境保全に関わるいろんな仕事をやっています-



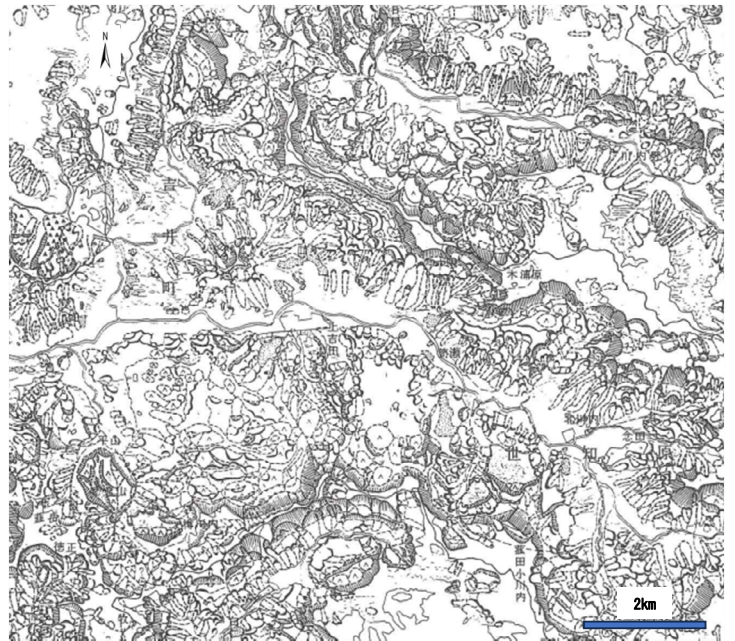
■羽田野誠一地形学論集刊行会“補助員”（25-27歳）

卒論で地形判読やってたと言っても平野と段丘でしょ、斜面地形も判読できないと仕事少ないよ。これが最高峰だよ、マネできたらしてみたら、（当時の上司談）

当時の上司は都内某所に狭いアパートを借り編集に明け暮れていた。

判読には昭和42・43年撮影の2万分の1空中写真*2と昭和22・23年撮影の4万分の1空中写真*3を使用し、新旧の地形図や各種資料をも参考にした。判読事項は密着写真上に色インクで描示したのち、基図に移写した。基図は図紙の大きさの制限と他に適当な地形図がない*4ため、昭和35年補測の5万分の1地形図6面*5を集成したものを用いた。

羽田野誠一・岡部 文武・渡辺征子（1974）：「1：50,000北松地域地すべり地形分類図」の作成、防災科学技術総合研究報告



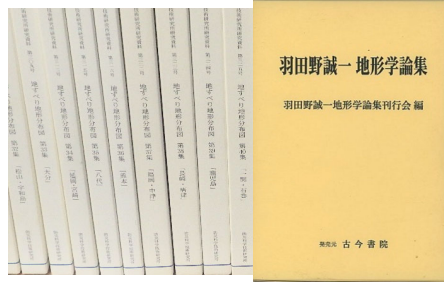
羽田野誠一 地形学論集

<検印省略>

1998年（平成10年）3月20日発行

発行所 —— 羽田野誠一地形学論集刊行会
〒150-0047 東京都渋谷区神山町31-14
株式会社立地研究所 気付
電話 03-5478-8324

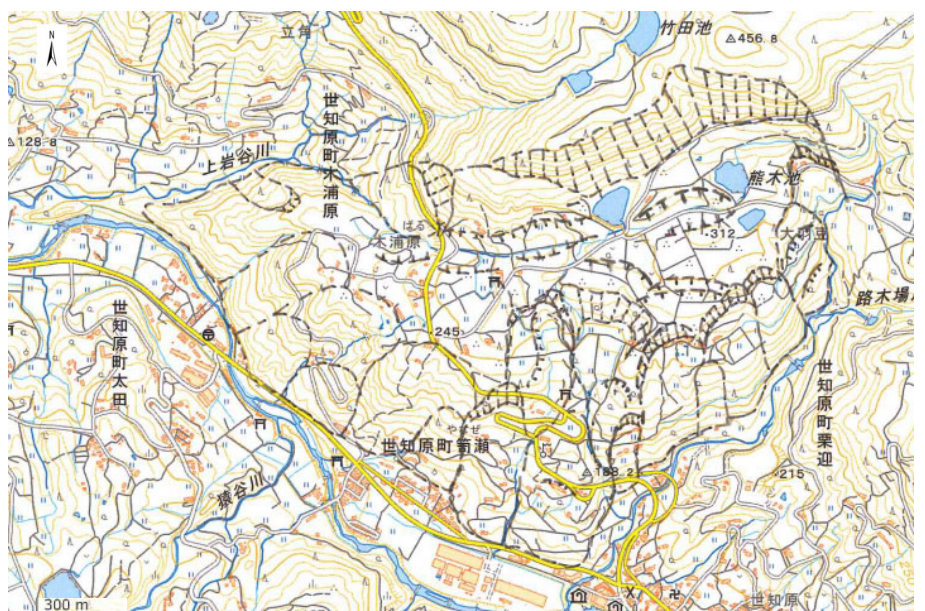
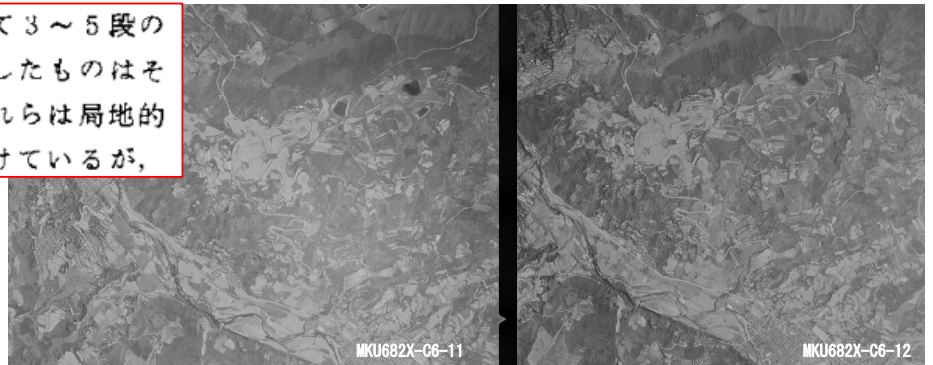
発売元 —— 株式会社 古今書院
〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台2-10
電話 03-3291-2757
FAX 03-3233-0303



北松地域においても全域にわたって3～5段の顕著な遷急線が認められるが、図示したものはそのうちの下位の3つに相当する。これらは局地的には構成層の構造的制約の影響を受けているが、

写経のように真似はしてみた、

斜面も段丘のような年代観で区分できる？、ずっと頭に残った。

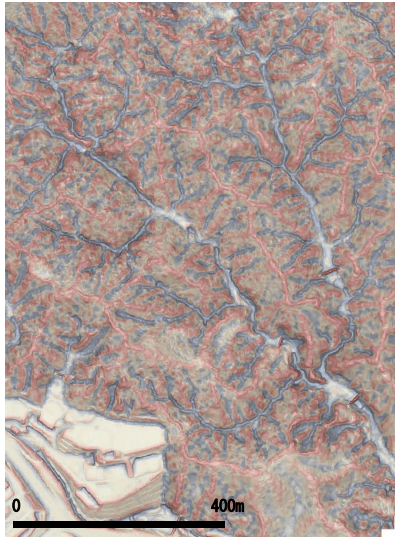


■中硬岩からなる急斜面にも年代観をイメージする

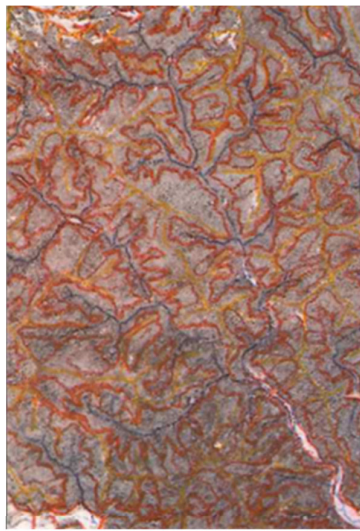
下河：、、これ、、見えるんですか、、急峻で日陰で、、
 上司：羽田野さんは“シン眼”って言ってたよ。現地へ行けばあることはある、
 だがこんなにきれいに連続するかは議論が分かれていたよ
 下河：“シン眼”は“心”ですか“神”ですか？
 上司：“信”かもしれないね。結局斜面を理解するのは、空中写真判読と踏査
 での確認、フィードバックを繰り返す以外に王道はないんだよ

そのとき、レーザー測量の技術が普及していたらどうだった
 だろう。“見た”だけでお腹いっぱいになったかもしれないが、

羽田野誠一地形学論集



兵庫県CS立体図05of97

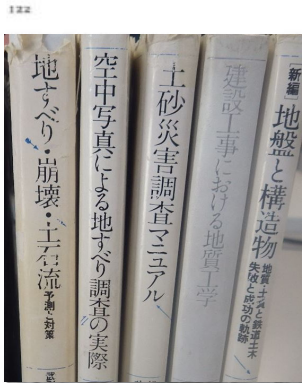


羽田野誠一氏による地形分類判読原画 (KK-66-1 C 15-114・115)

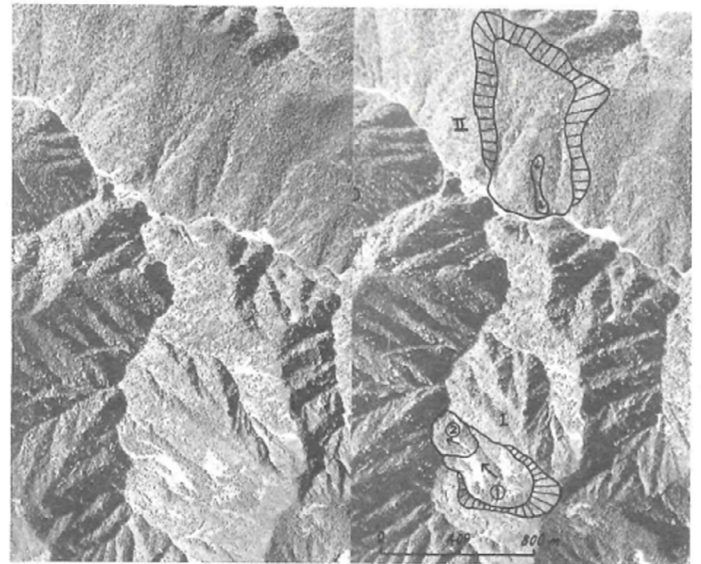


■カシマのシロホン

初版は主に1980年代に出版（今はほぼ絶版）
 現地経験の豊富な技術者の方が執筆されており大変勉強になった



(CHO-76-16, C12-4, 5)



例題[18]宮野地すべり（北海道久遠郡大成町） 当地区の地すべりは、IとIIのブロックに大きく区分される。
 Iブロックは地形より①~⑦の小ブロックに区分されるが、必ずしも明瞭ではない。特に末端部はどこまでが移動土塊であるかは判読しがたい。Iブロックは初生的なものであり、④、⑤、⑥の小ブロックの頭部には明瞭な第一次滑落崖が認められる。
 IIブロックは、⑧~⑩の小ブロックに区分さ

れ、移動土塊は末端部まで判読できる。⑨の頭部には滑落崖が認められ、⑩、⑪小ブロックの土塊の移動量は比較的大きいことがわかる。I、II両地すべりブロックとも、現状では安定しているようである。
 これらI、II地すべりブロックの西側に認められる段丘状の地形も、背後に馬蹄形の急崖があるところからすると、古い地すべり地の中の移動ブロックが、流亡してしまったものの可能性が大きい。

例題[19] この写真には、I、II、2カ所の地すべりブロックが認められるものの、まわりの地形からすると、この地区は比較的地的すべりの少ないところのようである。地すべりIには明瞭な滑落崖が認められ、その前面に移動土塊①、②がある。移動土塊①と②との間に明瞭な滑落崖が認められないことからすると、①と②は同時にすべった一連の移動土塊の可能性もあ

る。②ブロックの動きは新しいようであり、末端部で谷幅を著しくせばめている。
 IIは古い地すべりの可能性がある。比較的明瞭な滑落崖が認められ、その前面には、すべり土塊が分布し、谷幅をせばめている。しかし、移動土塊にはかなり水系が発達しており、現状では全く安定しているように思われる。

地形発達史に基づき説明されている

例外的な地すべりや安定している箇所も解説されている

9.4.6 台風17号豪雨による兵庫県一宮町抜山の崩壊

1976年9月13日に撮影された崩壊の直後の写真(9-21B)をみると、斜面は深くえぐられて土砂は掛保川に流れていて、押し出された土砂の中に学校の校舎が半ば埋まっているのがみえる。このような深い大規模な崩壊(土量で約70万m³)の発生条件を考えるため発生前の空中写真を検討すると、いくつか問題点が指摘できる。すなわち、13年前の写真(9-21A)でみると、今回の崩壊発生箇所は典型的な地すべり地形(タイプとしては多重スランプ)の特徴を具えており、土砂が



図 9-21 兵庫県一宮町抜山付近の地形。地理院1/2.5万地形図「安積」より。



写真 9-21A 一宮町抜山、崩壊前の写真。林野庁、1/2万、山 315、C 4-13-14 (1963年 4月 20日撮影)

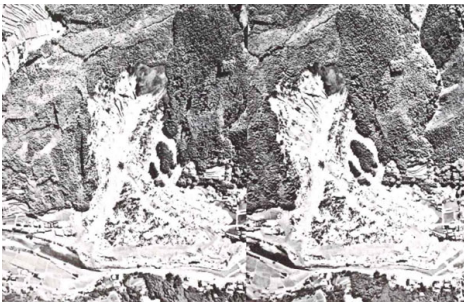


写真 9-21B 一宮町抜山の崩壊直後の空中写真。東洋航空事業、1/1万、5125-5126 (1976年 9月撮影)。崩壊土砂の中央部になかば埋まった校舎がみえる。

写真で見ると、掛保川対岸に N50° W の方向にのびる直線的な谷が存在することに気がつく。地すべり発生箇所はこの谷の南東延長上にあり、この断層地形(リニアメント)はさらに東南方向にのびることが地形図上でもよみとれる(図 9-21 参照)。したがって、ここは断層破砕帯にそって地下深くまで粘土化し風化も進んでいたうえに、地下の浸透水を

武居有恒(1980): 地すべり・崩壊・土石流一予測と対策, 鹿島出版会



兵庫県 全域 標高ラスター/CS立体図 (2010年度~2018年度)
<https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/2010-2018-hyogo-geo-cs>



年代

1960年代
53歳~62歳

1970年代
43歳~52歳

1980年代
33歳~42歳

1990年代
23歳~32歳

2000年代
13歳~22歳

2010年代
3歳~12歳

2020年代
現在



レーザー測量の時代



表 3.2.2 規模による地形種の類型とその例 (中地形類以下は日本に多い例を示す)

地形種の類型	超微地形類		極微地形類		微地形類		小地形類		中地形類		大地形類		巨地形類	
	10 m		100 m		1 km		10 km		100 km		1000 km			
変動地形	噴砂堆	地割れ	拗曲崖	断層崖、断層角盆地、地塁、地溝	山地丘陵	弧状列島、海溝、大陸棚、緑海、海嶺、大山脈、盾状地	大陸大洋底							
火山地形	熔岩じわ 熔岩トンネル	熔岩堤防	砕屑丘、火口、マール、熔岩門頂丘	成層火山、カルデラ、熔岩流原	火山(総称)	玄武岩台地								
河成地形	風穴、侵蝕溝(ガター)、砂漣、砂堆、反砂堆、平坦河床	河道(流路)、淵、瀬、流、横列州、交互州、複列州、うろこ州、落堀	河川敷、自然堤防、後背低地、流路跡地	扇状地、蛇行原、三角洲、谷底堆積低地、谷底侵蝕低地、河成段丘	段丘低地	大規模な平野								
海成地形	浜崖 砂漣 カスプ 波蝕痕	巨大カスプ 浜、磯	浜堤、砂嘴、沿岸州、沿岸溝、波蝕棚	堤列低地 潟湖跡地 海成侵蝕低地 海成段丘										
集団移動地形	落石穴	滑落崖、土石流堆、崩壊地	地すべり堆、沖積堆、崖壁、麓斜面											
風成地形		砂丘	砂丘帯											
その他	泥火山、風穴	堆石堤	カール	サンゴ礁	米河地形									
地形物質の厚さ	数 cm~数 m	数 m~数 10 m	0.01~1 km	0.01~5 km	0.1~10 km	1~40 km	70~140 km							
形成時間	10 ⁻³ ~10 ⁰ 年	10 ⁻² ~10 ⁰ 年	10 ⁰ ~10 ³ 年	10 ⁰ ~10 ⁴ 年	10 ⁵ ~10 ⁷ 年	10 ⁷ ~10 ⁸ 年	10 ⁸ ~10 ⁹ 年							
形成過程の複合性による階層区分	単成地形		単式地形		複式地形		複合地形		複成地形		重合地形			
読図用地図の縮尺	1/100	1/2500	1/10,000	1/25,000	1/100,000	百万分の1	千万分の1							

鈴木(1996): 『建設技術者のための読図入門 第1巻 読図の基礎』

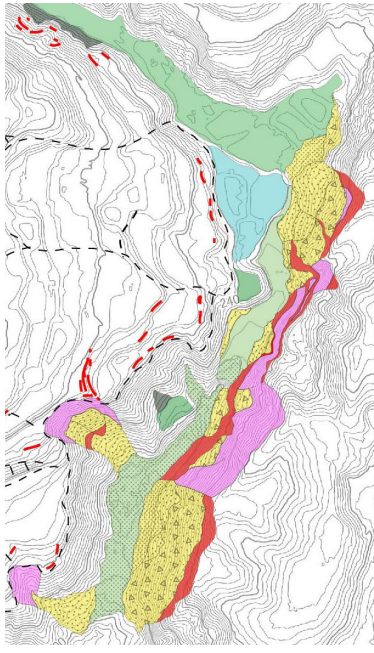


2000年が最初

※実務ベースでは2004年新潟県中越地震以降に本格的利用 当時33歳

航空レーザー測量
 タイトル _____
 人物/団体名 _____
 ISSN _____
 本文リンク 本文リンクあり

- 凡例
- 崩落崖 (硬質の基岩露出)
 - 崩落崖 (風化岩・軟質部)
 - 崖錐 (定着域・礫・巨石あり)
 - 崖錐 (定着域・土砂主体)
 - 崖錐 (再堆積域)
 - 谷底堆積低地への土砂流出クラック
 - 谷底堆積低地
 - 谷底堆積低地 (段丘化)
 - 段丘地形
 - 古期崖錐地形
 - 地すべり地形



CCB20052-C4-26

落石・落盤の発生域の出現 ⇒ 崖錐形成 ⇒ 崖錐の二次堆積域 (麓扇面) の形成 ⇒ 谷底に堆積 ⇒ 幅広い谷底に定着の流れが分かる。農地が放棄され、林地になった土地利用も判読できる


応用地質学会応用地形研究部会資料 2m等高線図はアジア航測(株) 足立勝治 (現: (株) プライムプランより提示)

- レーザセンサによる三次元計測 10. 航空レーザー測量技術の公共測量作業規定における展開**
 小荒井 俊, 鈴木 宏昭 写真測量とリモートセンシング 39 (2), 48-51, 2000
[DOI](#) [Web Site](#) 引用文献5件
- 品質評価手法 5-2 航空レーザー測量の品質評価**
 津留 宏介, 中島 保, 藤原 琢芳 写真測量とリモートセンシング 41 (1), 21-27, 2002
[DOI](#) [Web Site](#) 引用文献2件 参考文献2件
- 航空レーザー測量による地形表現**
 関口 辰夫, 市川 清次, 佐藤 浩 地図 40 (Supplement), 36-37, 2002
[DOI](#)
- 地図と2つの新しい技術 紙地図と航空レーザー測量と電子透かしを結び試み**
 中根 達英, 井上 彰, 斎藤 康彦, 栗崎 直子 地図 40 (1), 20-25, 2002
[DOI](#) [Web Site](#) 参考文献12件
- 透視線からの距離の計算手法の開発**
 佐藤 浩, 関口 辰夫, 津澤 正晴, 高 泰明, 白沢 誠, 長嶺 達, 中島 保 日本地理学会発表要旨集 2003f (0), 128-128, 2003
 ...新たな測量技術である**航空レーザー測量**によって、詳細な等高線図と高密度なDEMを計測することが可能になってきたため、**きた**。将来、**航空レーザー測量**データを使った斜面崩壊の予測に関する研究が進むと考えられる。...
[DOI](#)
- 平成16年(2004年)新潟県中越地震に関する地理情報の緊急提供について**
 宇根 寛, 奥山 祥司, 根本 寿男 地図 43 (2), 1-10, 2005
[DOI](#) [Web Site](#) 引用文献1件 参考文献1件
- 多摩丘陵の雑木林における航空レーザー測量で把握した植生高と萌芽更新年の関係**
 佐藤 浩, 宮坂 聡, 加藤 悟 日本地理学会発表要旨集 2005f (0), 42-42, 2005
 ...本研究では、夏と冬の**航空レーザー測量**データから植生高を把握し、萌芽更新年と植生高の関係を調べた。
[DOI](#)



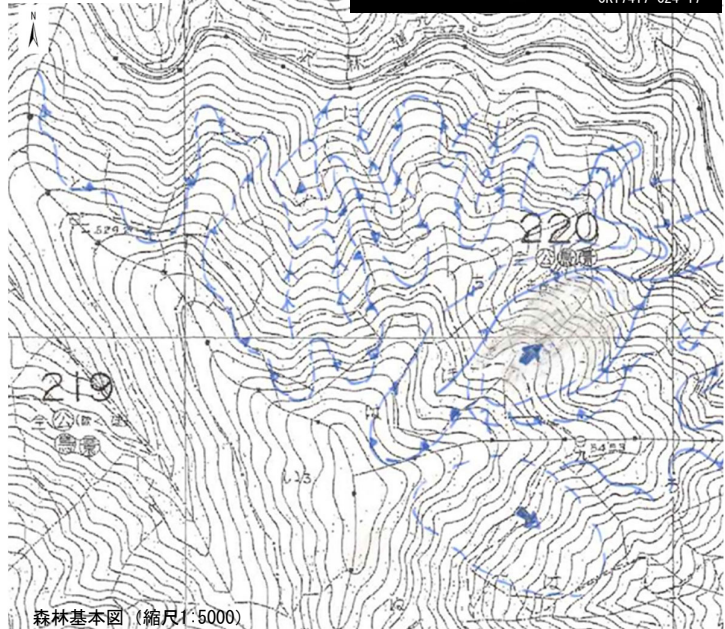
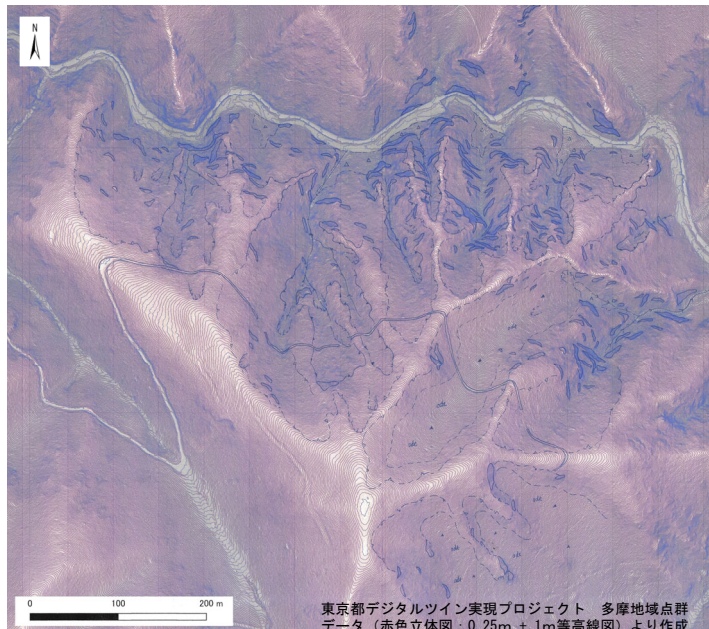
■空中写真の“泣き所(急斜面の日陰)”を可視化

- ・しかも見たいところに限って空中写真の“隅”に“あるある”
- ・“ニゴマン”程度の地形表現力では、尾根と谷、谷頭部くらいしか分からない。
- ・地質は砂岩優勢砂岩泥岩互層である。急崖は互層の差別侵食地形である。大まかな走向は表現できる(WNW-ESE)?
- ・周辺の地すべり地形分布図をみると「5. 斜面体に移動の初期状態、基岩から分離していないとしても不安定領域・移動域と推定される範囲」は“深層崩壊に関連する凸状尾根”としてしばしば用いられる。果たして?

 斜面体に移動の初期状態、基岩から分離していないとしても不安定領域・移動域と推定される範囲



CKT7417-G24-17



東京都デジタルツイン実現プロジェクト 多摩地域点群データ (赤色立体図: 0.25m + 1m等高線図) より作成

森林基本図 (縮尺1:5000)



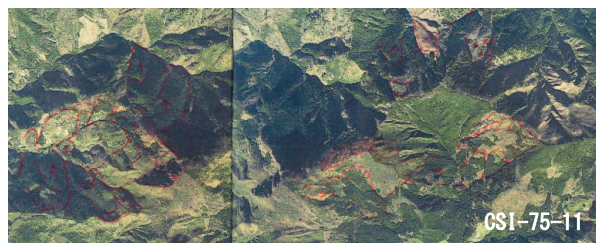
■CS立体図も一般公開されるようになってきました

例) 高知県：微地形図 (CS立体図)

https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/csmmap_kochi

地形は目で見るもの、空から空中写真で見るもの、そして衛星から眺めるもの、というアナログ世界から (途中略) 私たちの手の届くところで広い範囲を分析することができる

標高段彩図と白黒濃淡の傾斜図と合体させたものを京都大学防災研究所 (現：消防庁消防研究センター) の土志田正二氏が考案し、地形表現図と名付けている。

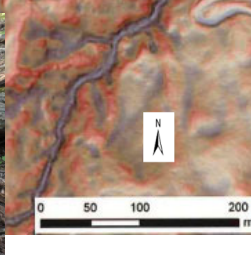


千木良雅弘 (2007) : 「崩壊の場所-大規模崩壊の発生場所予測」



崩壊斜面近傍で亀裂が多く不安定化した領域の微地形を確認
末端に谷頭侵食が到達していた

2011年崩壊

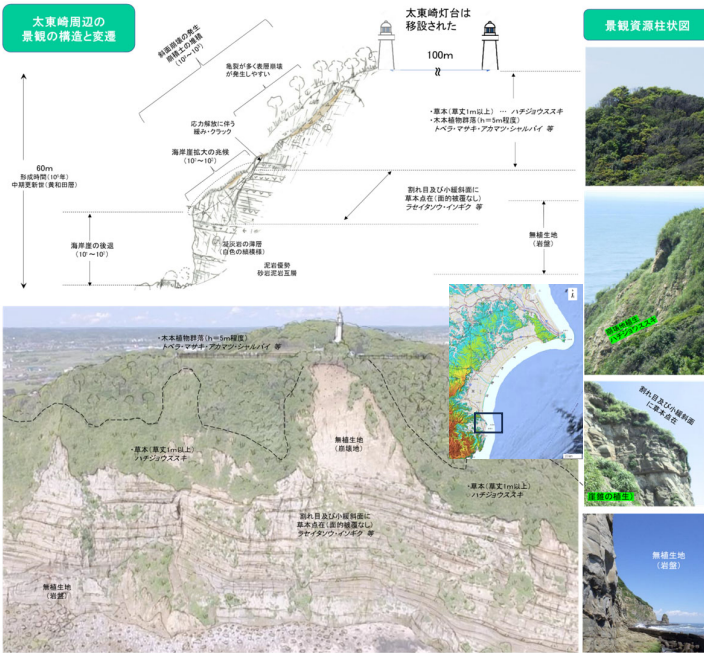
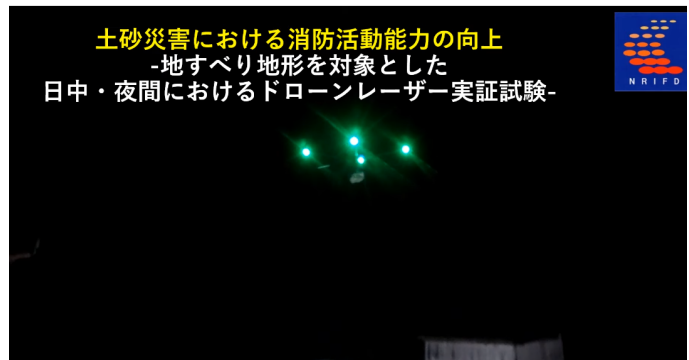


下河敏彦・稲垣秀輝・千田良道・松田匡司・鈴木浩二 (2013) : 航空レーザー測量のDSMで抽出された地すべり危険斜面の現地検証, 日本地すべり学会誌, Vol150, No.4, pp. 26-32

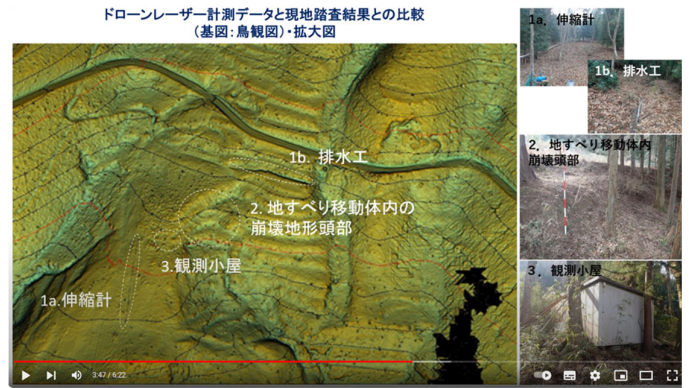
静岡県 CS立体図

■ドローンの登場

- ・ UAV+斜面で検索すると、2014年から文献あり（42歳）
- ・ 任意の方向から高解像度の地形情報を3次元で、しかも夜間でも（いつでも？）取得できるようになってきた。



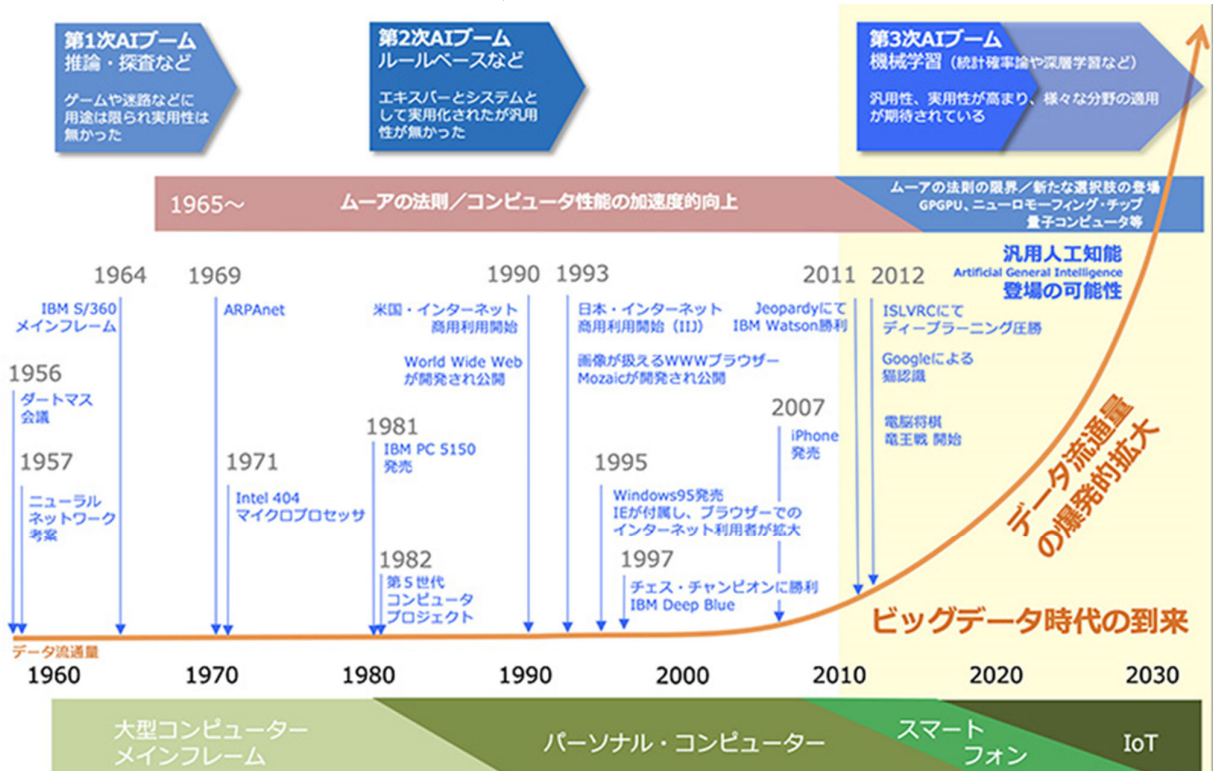
(株)環境地質 2021年度「銚子・九十九里」社内巡検資料



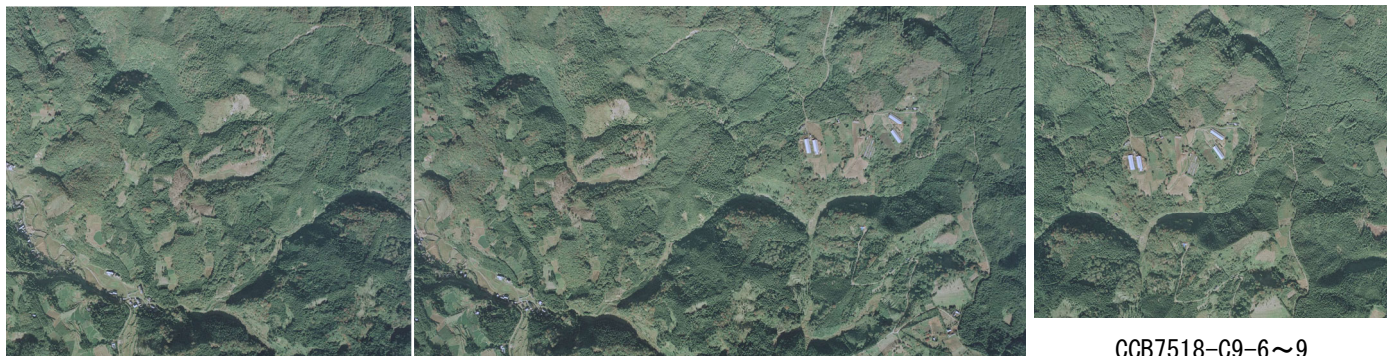
地すべり地形を対象とした日中・夜間のドローンレーザー計測実証試験の紹介 (音声付き)
 消防庁活動センター 消防庁活動センター 消防庁活動センター

<https://www.youtube.com/watch?v=CY0kR66yDhE>

AIと地すべり地形



【図解】コレ1枚で分かる「第3次AIブームとデータ流通量」<https://www.itmedia.co.jp/enterprise/articles/1905/10/news003.html>



CCB7518-C9-6~9



この地形図中央付近の緩斜面は？

空中写真の実体視によれば谷密度
が低い緩斜面は判読できる

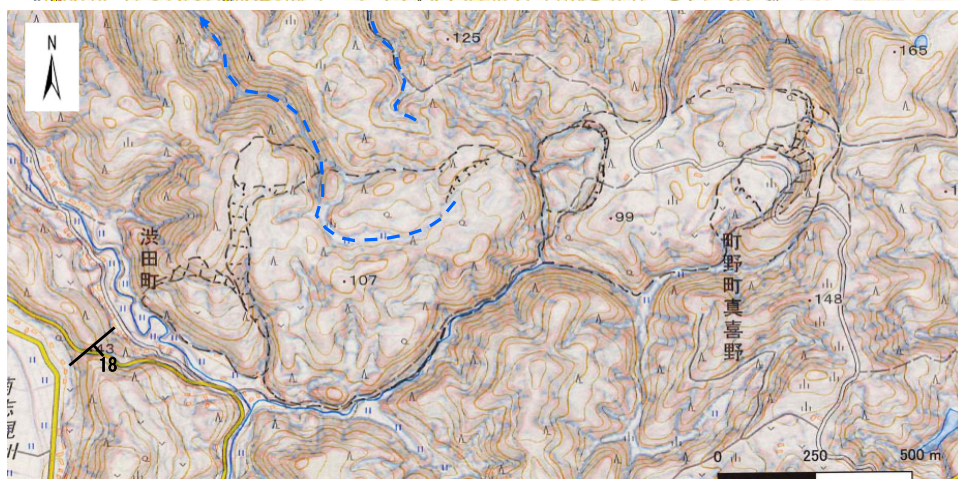
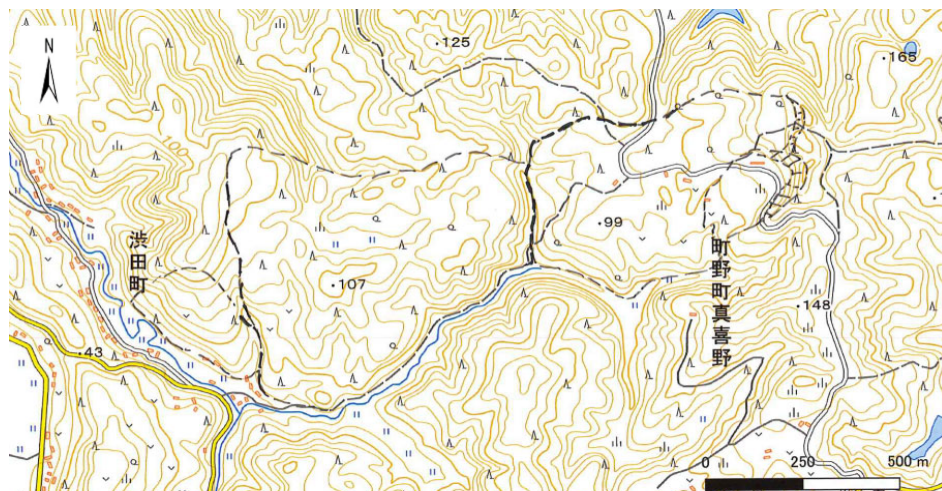
航空レーザー測量によるCS立体図
からは、せん断された直線的な崖
をいくつか判読できる



それにしては緩斜面の傾斜方向が
西側のブロックでは一定しない。
緩斜面内に分水界がある。

地質図によれば N50° E18° SE

南側の河川の勾配、方向、集水域
からみて、このブロックを不安定
化させるほどの強い営力があると
は考えにくい。



■地形に表現されている背景

—判読するときの頭の中—

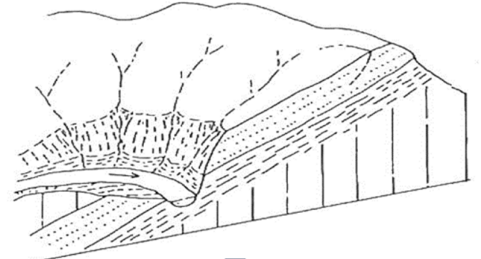
上司：“信”かもしれないね。結局斜面を理解するのは空中写真判読と踏査での確認、フィードバックを繰り返す以外に王道はないんだよ

⇒ここに、新たな技術革新で得られた情報を加味して現象を解釈する

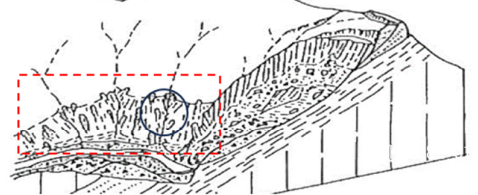


田村俊和 (1996) : 斜面の分類と編年をめぐる研究の展開、藤原健蔵編：『地形学のフロンティア』 pp. 71-94 に加筆

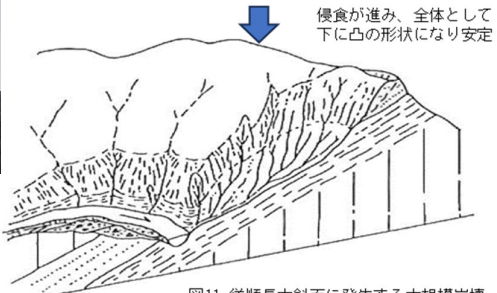
河川の攻撃斜面側にある互層が応力解放され不安定化



崩壊や地すべりが発生し、内部に凹凸や段差が形成



2024年能登半島地震では、このような谷壁斜面の崩壊が同時多発したとみられる。



侵食が進み、全体として下に凸の形状になり安定

図11 従順長大斜面に発生する大規模崩壊による地形変化を示す模式図 に加筆

■例えば、段丘と地すべりの見分け

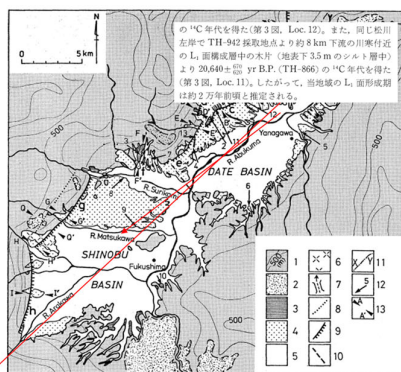
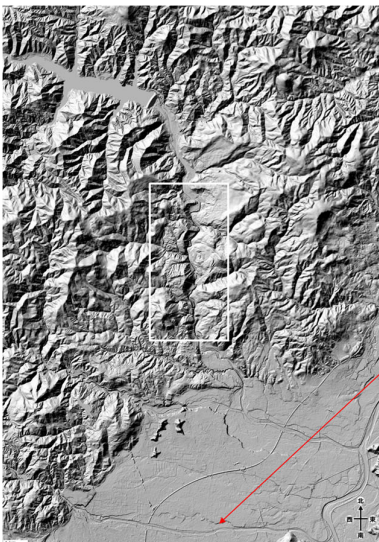
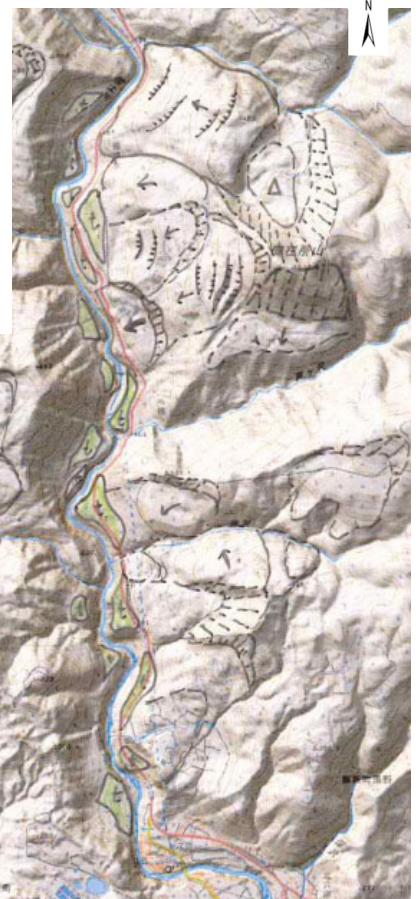
◇広域の地形図や空中写真を判読する

いまはLPがあるじゃないですか。より詳細な情報があるのだから、と言われそうであるが、部分(変状)を認識するためにはその背景を知る必要がある。

現象をできるだけ精緻に、精緻に見ようとすることはできる。しかし部分に留りがちである。部分を正確に把握すると、全体はいわばその分だけ膨張する。

養老孟司 コロナの認識論 https://www.shinchosha.co.jp/shincho/tachiyomi/20200605_3.html

流域での位置づけや盆地の構造地質を考えると、Lpの多量の情報で広域を考えると、脳のキャパシティを超える。空中写真の情報量はそういう意味で丁度いい。河成段丘は沖積低地の相似形だと考え、微細な傾斜方向、幅等を観察する。地すべりの凸凹があるかどうか

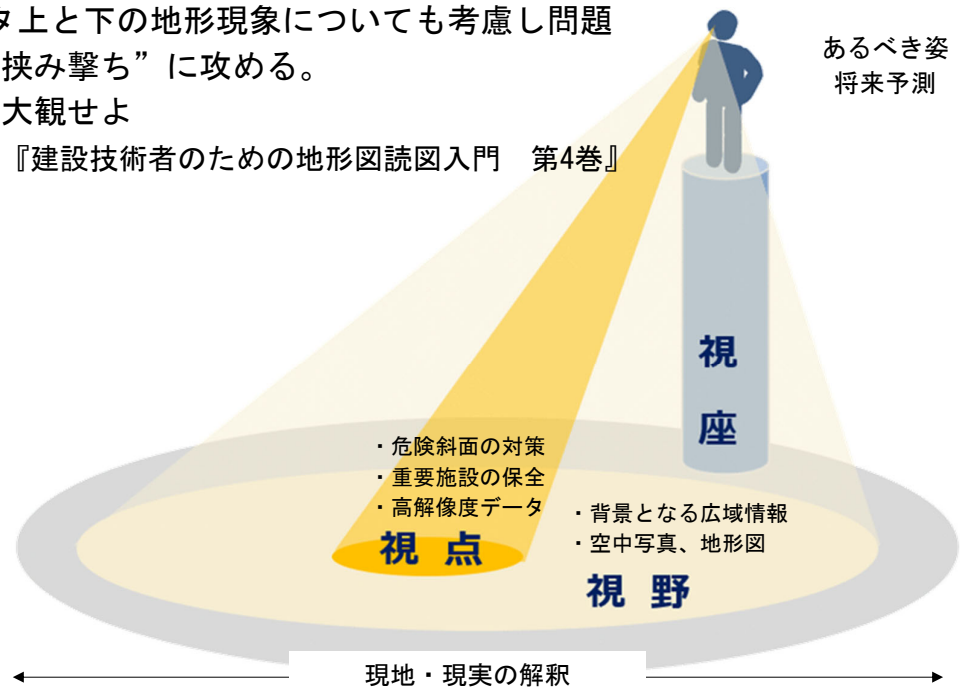


第3回 福島盆地とその周辺地域の地形学図
1. 出地・出流 2. 浸蝕平坦面 3. 上位段丘 4. 扇状地 5. 沖積扇 6. 新開本谷後継河床
7. 扇状地 8. 扇状地周辺の河床 9. 扇状地 10. 沖積扇と扇状地の境界 11. 浸蝕平坦面を形成した水糸の分岐部の位置 12. 扇状地 13. 第6段の扇状地の位置 (図解) a: 扇状地 b: 大木が扇状地 c: 扇状地 d: 扇状地 e: 扇状地
f: 扇状地 g: 扇状地 h: 扇状地
等高線間隔は100m、等高線は、幅50m以下の谷を埋めて平坦化してある。

高田隆夫(1983):奥羽背山山地:福島盆地の分化に関する研究, 地理学評論, 88-1, 1-19
新田隆夫(1983):白河-福島盆地帯の新開本谷地形, 最新地誌, 東北地理, 4, 40-51

- ・ 特定の時空的レベル（例：岩盤崩落）を扱う場合には、時空的階層において少なくとも1ヶタ上と下の地形現象についても考慮し問題の現象を前後上下から“挟み撃ち”に攻める。
- ・ 用地外から用地の内外を大観せよ

鈴木隆介（2004）：『建設技術者のための地形図読図入門 第4巻』



視点は「対象への着眼点」 視野は「観察する範囲」
視座は「対象を観察する際の位置（ポジション）」を示すものであり、事業を一段高いところから見渡すことで、将来の姿に思いを巡らせることができる

三菱総合研究所コラム：長期ビジョンで企業変革を実現する第4回：目指す姿をビジョンに落とし込む に加筆 <https://www.mri.co.jp/knowledge/column/20191017.html>

まとめに換えて

地すべりの判読に限らず、写真判読の本当の“師”は、あくまでも“自然（現地）”である。自分で判読したところを自分の足で歩き、自分の眼でよく観察し、そこで得た知見をもとにもう一度丁寧に判読してみる。こういったことを何回も繰り返す

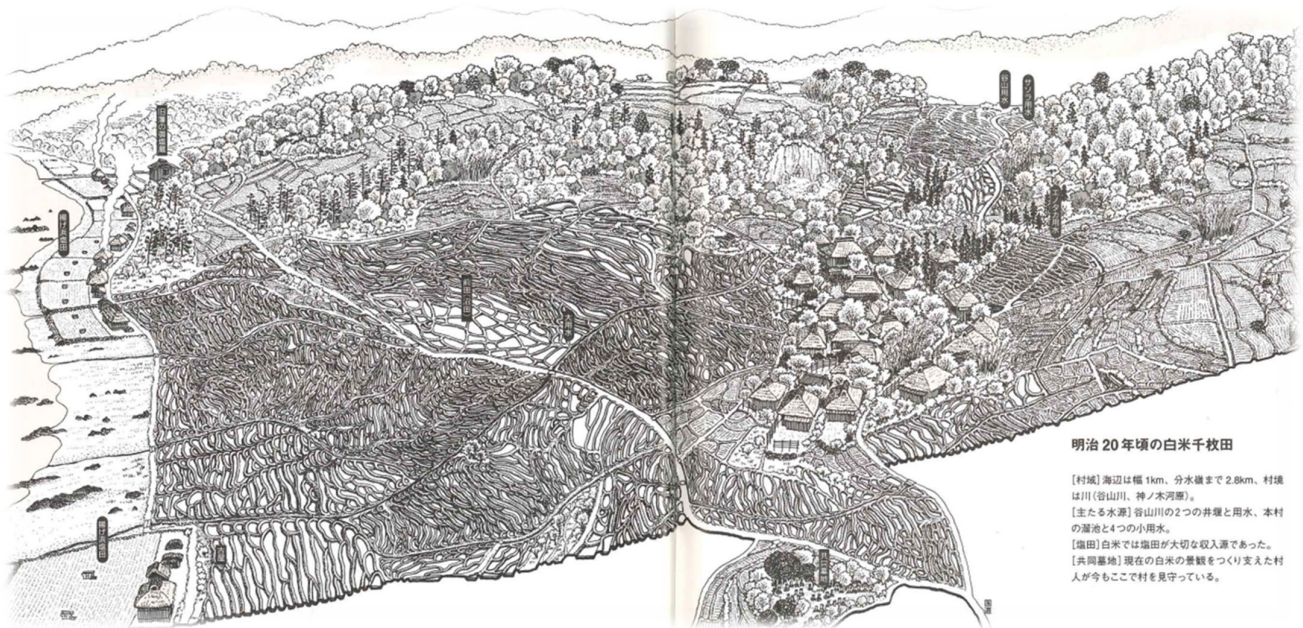
日本測量協会（1984）：「空中写真判読による地すべり調査の実際」鹿島出版会 あとがき



これは40年たっても変わらない。技術の進歩により、高解像度データは格段に入手しやすくなり技術者自身の深層学習のしやすさも上がった。ニゴマンと青春をすごしたX世代には隔世の感があるものの、このようなツールにより現地の『視力』は上がった。あとは、防災減災に向けた自然の『眼力』を養っていきたい。AIもLPも強力（協力？）な武器である。

ご清聴ありがとうございました

被災地域の1日も早い復旧をお祈りいたします



田村善次郎 (2003) : 「棚田の謎-千枚田はどうしてできたのか」TEM研究所



Kanto branch

ベテラン技術者の苦労話とその教訓

2024年5月 公益社団法人日本地すべり学会関東支部発行

本書に掲載された原稿は、著者から印刷物への掲載・配布、ホームページでの公開の承諾を得ております。