

平成29年度土木学会全国大会 研究討論会
(岩盤力学委員会 岩盤斜面研究小委員会)

岩盤斜面災害の軽減に向けて ～ 現状と今後の課題 ～

平成29年9月11日

京都大学 名誉教授
大西 有三
NEXCO西日本
田山 聡

外的要因：地震、
津波、豪雨、自然劣化
など

最近の集中豪雨な
どの自然の猛威は
激しくなっている

岩盤斜面構造物

内的要因
風化、老朽化

防災、減災、避災、長寿命化

安全・安心の確保
これからの暮らし
日本を元気に

対策、施策の在り方検討？(委員会活動)

現状認識

斜面災害を減少させるためには、防災対策工等によるハードウェアのみでは達成できず、異常気象時には通行止めをすることにより崩壊が発生しても災害にならないソフトウェアが実施されている。

この結果、国道斜面における土砂災害の発生は、昭和50年代後半では年間4～5万件から平成10年代後半では年間1万件程度までに減少してきているが、災害はなくなっていない。このため、異常気象時の通行規制が必要とされる現状になっている。

一方、年間通行止め回数は、近年では年間8千回程度、通行止めの時間は150万～200万時間にも達し、道路通行サービス性能が向上していない。この通行止めの原因は平成7年～16年の10年間の平均では、豪雨によるものが全体の71.6%に達している。（沖村 孝 先生 コメント）

本テーマである、“岩盤斜面災害の軽減”については、社会の関心も大きく、何らかの対応策が望まれている。

斜面崩壊の予知、予測は、検討が進められていながら中々明確な答えの出せない、古くて新しい課題

崩壊の予知、予測では、

どこで、Where

いつ、when

を特定することが重要で、加えて

どのように、How

なぜ、Why

の説明が求められるため、極めて難しい

加えて、現状では、

- ・岩盤崩壊現象に関する調査・計測事例が少ない
 - ・崩壊メカニズムに関する調査研究が遅れている
- 崩壊実態の把握、調査・試験、計測が必要

一方、岩盤斜面の安定性評価を行う手法に目を向けてみると、種々提案されている、年々高度化が図られている

評価の方法として

- ・降雨(豪雨)時における斜面危険度評価手法
- ・広域での斜面崩壊ハザードマップの作成
- ・リスクマネジメント手法の導入検討

解析手法として

- ・有限要素法を初めとするさまざまな数値解析手法
- ・気象条件を加味し長期的要因を考慮した不連続性岩盤解析
- ・斜面崩壊や落石の3次元解析
- ・崩落発生時刻の予測法

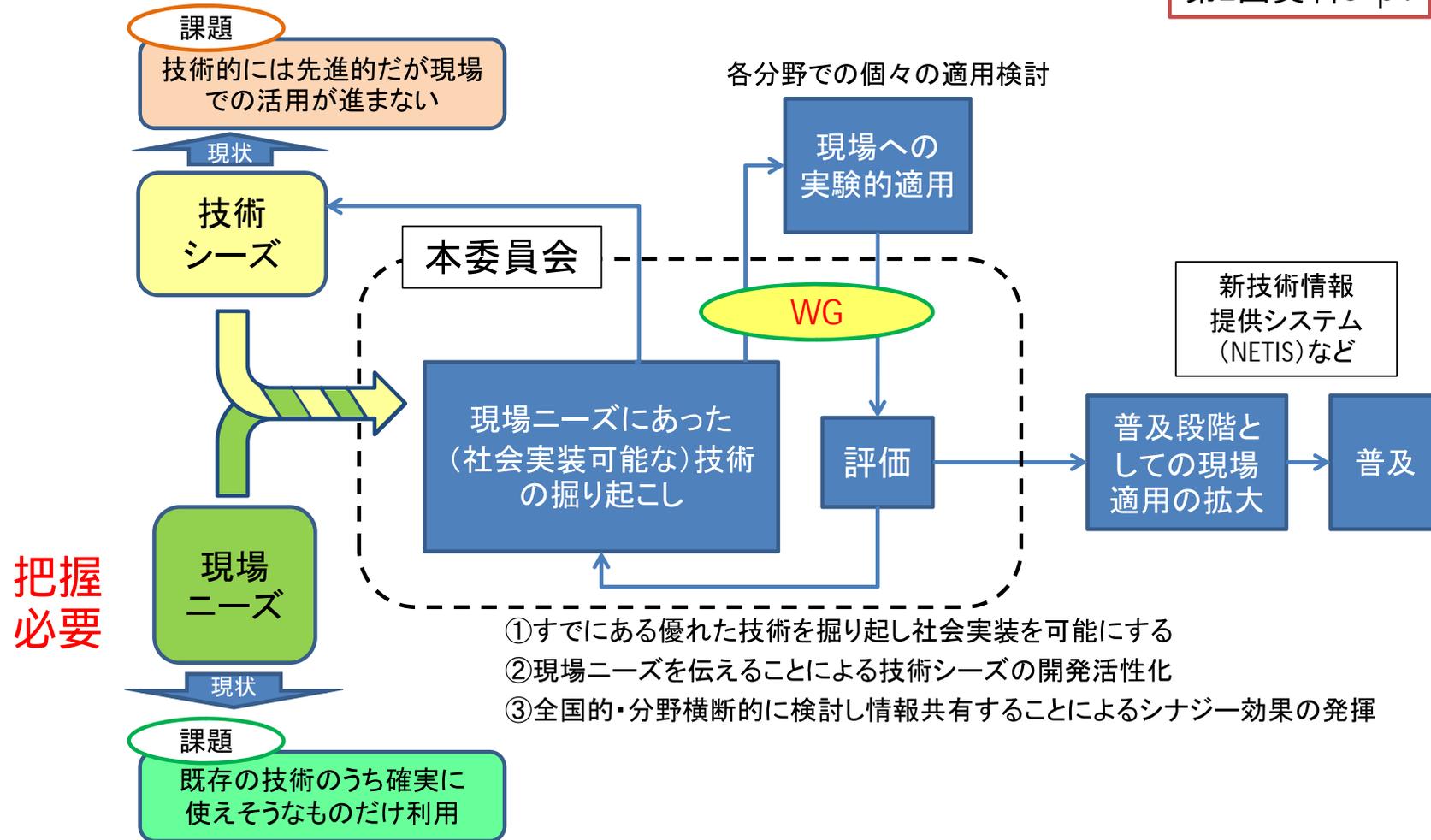
特徴ある新しい技術

計測とモニタリング方法

- ・亀裂を含む岩盤の低周波振動センサーによる評価
- ・崩壊予測における光ファイバーセンサーの利用
- ・地電位・電圧変化観測による災害の予測
- ・AEによる岩盤の破壊予測
- ・レーダーやスキャン式レーザー測距儀を用いた計測
- ・デジタルカメラを用いた斜面動態観測

国交省における”社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会”(平成27年発足)でインフラ構造物のモニタリング技術評価、推奨技術などについて検討がおこなわれている。

次に評価結果の事例を表示



法面・斜面WG

実施期間：H26～30

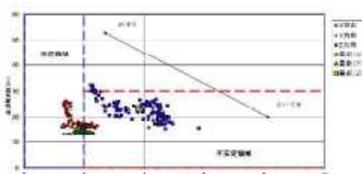
落石安定性の常時モニタリングシステムの開発

株式会社高速道路総合技術研究所

振動計測



落石安定性判定



- ・落石の平常時監視に加え、地震・豪雨時に安定性の変化を速やかに検知できる。
- ・落石安定性の客観的かつ定量的な判定指標を得ることで、状況変化に応じた効果的な措置が可能に。

WG委員による主な意見

- ・落石の対応するためのフローを考え、どのような場面で有効な技術であるかを、中小規模の斜面の管理を含めて、検討すべき。
- ・設置単価が高いため、市町村道等現場での個々の岩塊計測のニーズ調査と、コスト削減策を是非提案して頂きたい。
- ・データの解釈に専門知識が必要であるため閾値の設定手法を確立する必要がある。
- ・大規模対策が必要な浮石に対して、当技術を用いた経過観察が可能。

審査結果

< **継続** >

- ・今後2年間で安定性評価手法と判断基準の検討を進めてほしい。市町村道等現場のニーズの検討とコスト縮減が必要。

国交省における実装の見込み

- ・精度の高い落石評価手法が可能であるが、個々の落石等を対象とするため、モニタリングすべき対象を絞り込む必要がある。ピンポイントでそのようなニーズがあれば実現場への導入も可能性がある。

モニタリング測定項目とセンサ

国交省 第2回 社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会資料
 (一財) マイクロマシンセンター 青柳 桂一

測定項目	センサの種別
振動	加速度センサ、ひずみセンサ(動的)
傾斜角度	加速度センサ、傾斜センサ
変位、変形	変位センサ、レ - ザセンサ、加速度センサ、GNSS/GPS、ピークセンサ
応力、ひずみ	ひずみセンサ、光ファイバーセンサ、
車両通過	加速度センサ、ひずみセンサ、圧力センサ、赤外線センサ、磁気センサ、超音波センサ、イメージセンサ
固有振動数	加速度センサ
ケ - ブル張力	EM(Elasto-Magnetic Sensor) センサ、ひずみセンサ
周囲環境	温湿度センサ、レベルセンサ、圧力センサ(気圧)、赤外線センサ、CO・CO ₂ センサ、イメージセンサ
コンクリートひび割れ、剥離、亀裂	イメージセンサ、レーザセンサ、赤外線センサ、超音波センサ、AEセンサ(動的)
コンクリート内部の空隙・空洞	超音波センサ、電磁波レーダセンサ
金属部材の腐食、亀裂、破断	イメージセンサ、超音波センサ、磁気センサ、AEセンサ(動的)

監視に利用されるセンサの種類

機械的・物理的センサ

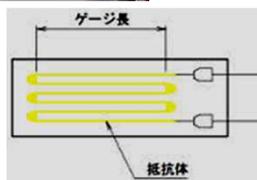
・加速度センサ



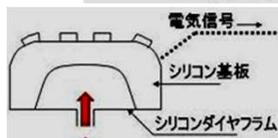
・変位センサ



・ひずみセンサ



・圧力センサ



圧力(気圧、高度、重量)

光・電磁波センサ

・イメージセンサ



・赤外線センサ



・レーザセンサ



土木・建築構造物



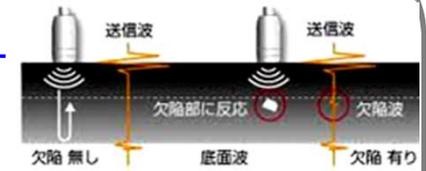
その他

・GPSセンサ

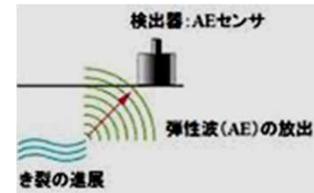


音波・磁気センサ

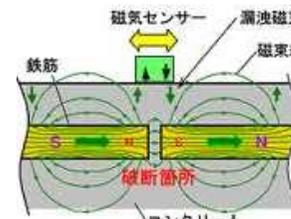
・超音波センサ



・AE*センサ



・磁気センサ



雰囲気・ケミカルセンサ

・温度湿度センサ

・レベルセンサ

・ガスセンサ



* A E (Acoustic Emission) センサとは、材料が変形または亀裂が発生する際に、材料から発生された弾性波(超音波領域: 数10kHz ~ 数MHz)を捉えて、亀裂・欠陥等の動的進展を感知することが可能。

道路斜面の評価手法

基本：

「道路防災点検要領」などのマニュアルにしたがって、目視点検を行い、斜面の異常や変状、湧水などの変化から異常を見つけ、詳細点検、計測に移る

斜面の目視点検における着目点

【道路上から観察できる着目点】

・ 切土斜面(自然斜面)の場合

- (1) 路上や落石防護柵に見られる新しい落石
- (2) 隣接部における小規模崩壊
- (3) 法尻付近の盛り上がり
- (4) 落石防護柵の腐食、損壊
- (5) 擁壁のひび割れ、はらみだし

・ 盛土斜面の場合

- (6) 路面や排水溝の通水阻害・溢水
- (7) 排水設備の機能低下
- (8) 路面の亀裂・沈下

【斜面に近接して確認すべき着目点】

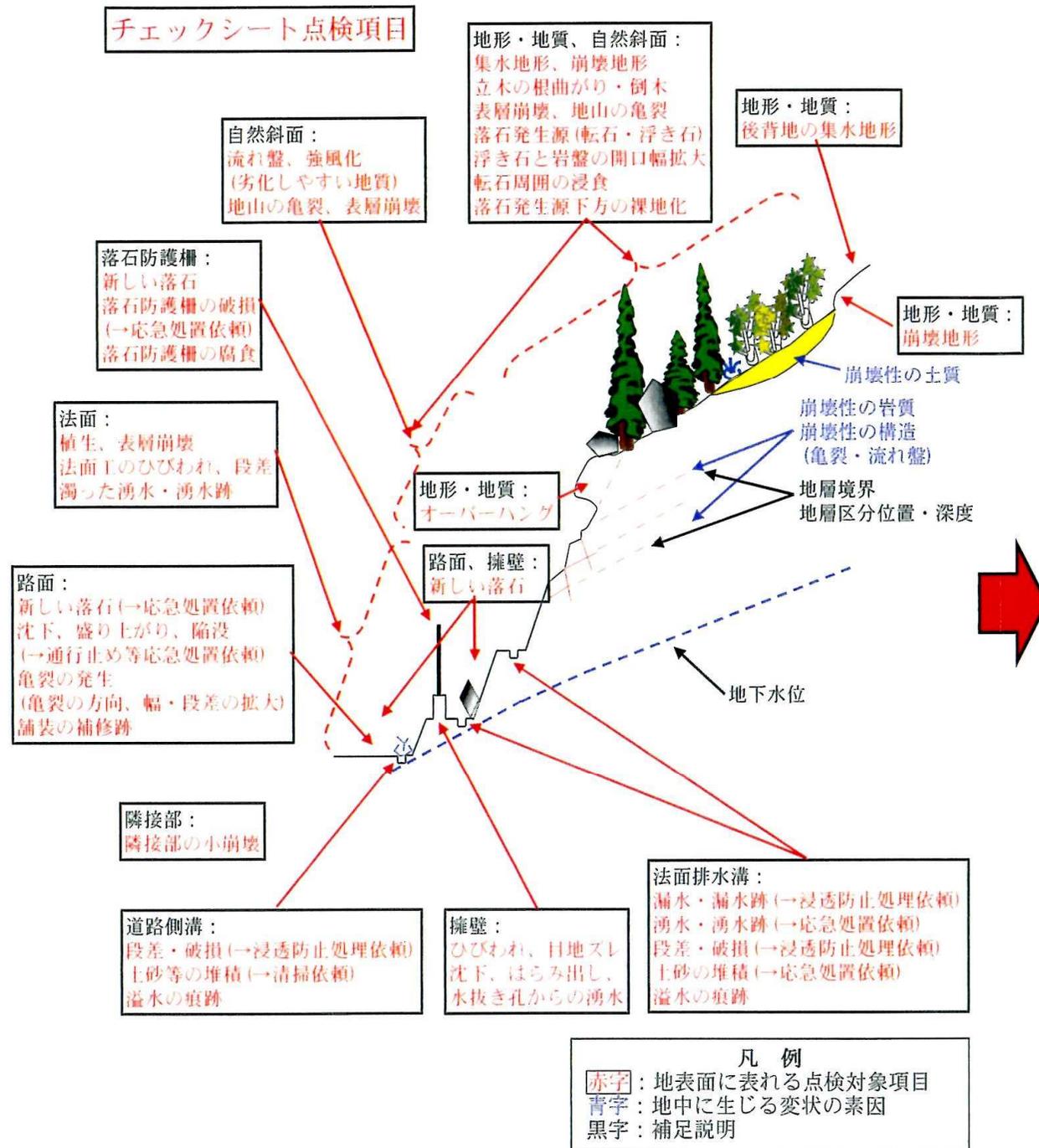
・ 切土斜面(自然斜面)の場合

- (1) 斜面排水溝への土砂の堆積
- (2) 濁った湧水・湧水跡
- (3) 法面工のひび割れ
- (4) 立木の根曲がり・倒木
- (5) 地山の亀裂
- (6) 落石の発生源(転石・浮き石)
- (7) 落石発生源下方の裸地化
- (8) 転石周囲の浸食

・ 盛土斜面の場合

- (9) 法面排水溝の段差・破損
- (10) 横断管呑口部の堆積物
- (11) 水抜きボーリング孔の目詰まり
- (12) 法尻部付近の浸食
- (13) 法尻部の浸食
- (14) 表層崩壊

切土斜面の危険度判定チェックシート

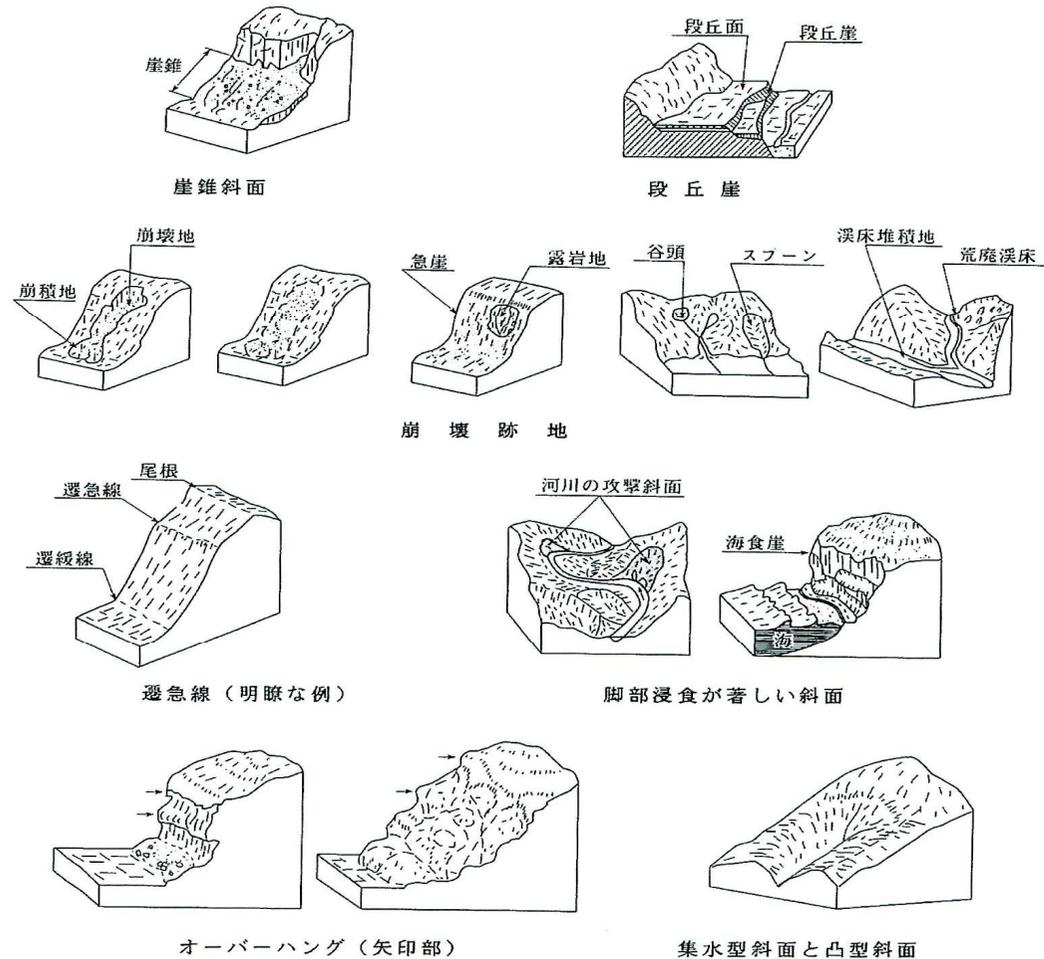


今後推奨される自然斜面の点検結果の記録方法：

- ・ 点検結果の記録を出来るだけ簡便にする(電子化、デジタル写真化)
(現地で、タブレットやパソコンによるセンサーからの自動記録)
- ・ 位置情報の自動記録
(点検場所におけるGPS位置情報の自動取り込みとナンバリング)
- ・ 点検結果の読み出しのスピードアップ
(現地で、タブレットによる読み出し、過去のデータとの比較)

重要：記録を残すこと

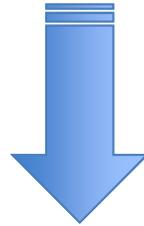
例えば、切土・自然斜面
の崩壊性要因は多くの可
能性があり複雑



非常に沢山の組合せが存在する。

今後の努力： データを電子化して集積 => ビッグデータ化する
データの分析に人工知能を用いる
(いろいろな組合せから解を導いてくれる
可能性がある)

斜面点検のデジタル記録を残し、多くの情報を集積していくこと

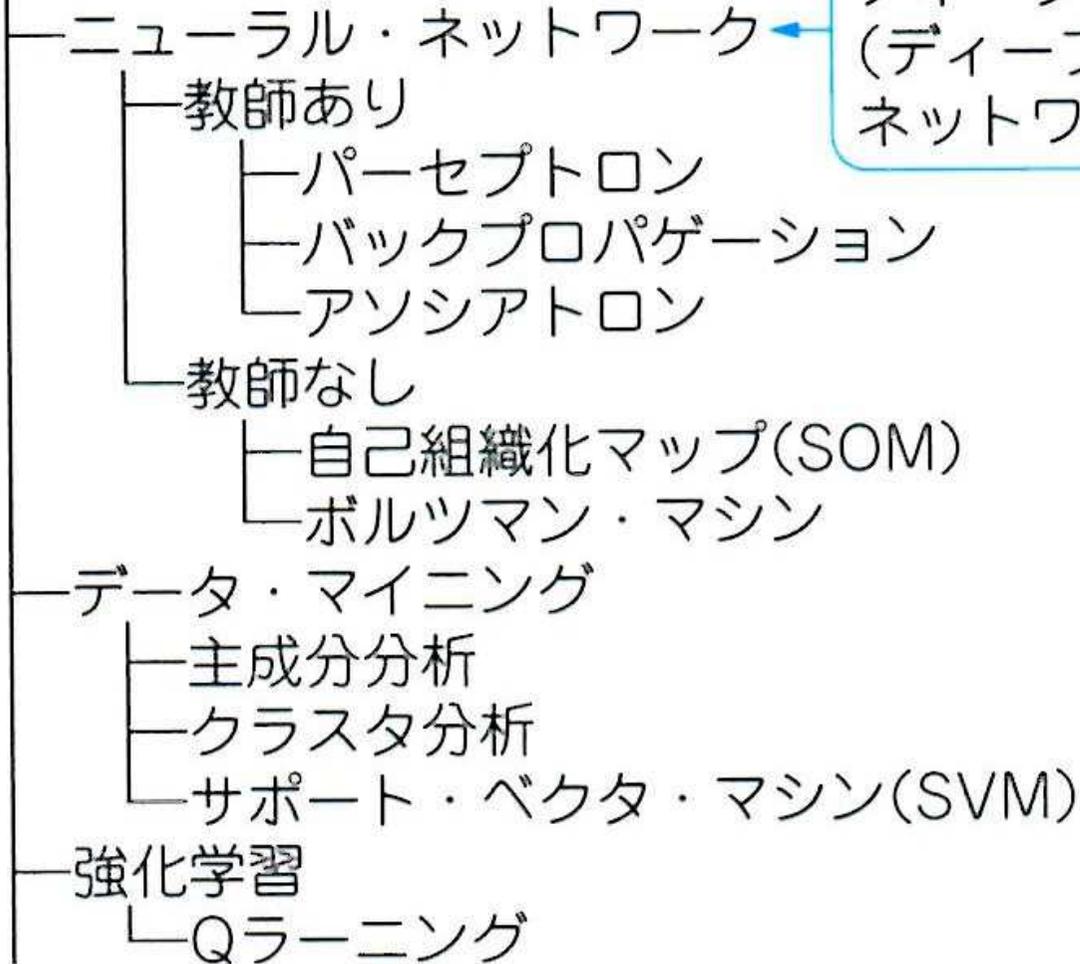


ビッグデータ化



ディープラーニングによる分析
どのような情報が重要になるか明らかになる？
危険斜面の推定可能？

人工知能



最近話題の
ディープ・ラーニング
(ディープ・ニューラル・
ネットワーク)も仲間

DEMを活用したリアルタイム危険度予測モデル

降雨量を入力して危険場所と危険時間を予測できるモデルが提案され、DEMの信頼性向上と降雨観測精度の緻密化(1kmメッシュより小さく、雨量計測も10分間隔以下になる)・・・**兵庫県での対応**

さらに発展させて、DEM情報から三次元土層モデルを作成し、地形情報、地形区分を入力、これらのデータから傾斜を推定する。つづいて、浸透水位算定手法を用い、斜面安定解析で安全率を計算するという予測手法である。**(沖村先生と兵庫県の共同研究による六甲山系モデル構築)**

SOMによる危険地点の推定方法もある(人工知能の適用)

危険斜面を抽出するいくつかの方法

過去の点検データと崩壊事例からの推定

- ・ 道路斜面点検・防災点検で得られた記録を集め、分析する
 - (1) 確率・統計的手法でトレンドを見つけ、不安定斜面を予測する
 - (2) SOM (Self Organized Map 自己組織化マップ) により予測する
 - (3) 土砂災害警戒情報の活用

現在計測装置が設置され、計測中の斜面の危険度判定

- ・ 計測結果の傾向を判定、危険度を予測する
(危険斜面のどこを計測しているか十分な評価を行う)
- ・ 出来るだけ沢多数・多種のセンサーを設置し、崩壊箇所を特定する
- ・ ドローンなどによる3次元画像から変形計測・山地の異常検出
- ・ 雨量の計測と規制値(スネークカーブなど)に基づく迅速な判定
- ・ 土壌水分の計測と計測値に基づく安定性評価