

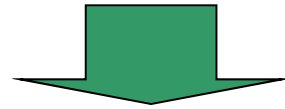
滑車機構を用いた斜面の
多点変位計測技術
～センサの個数を半減させ、安全・確実に
斜面変状を計測できる技術～



(独) 土木研究所
土質・振動チーム

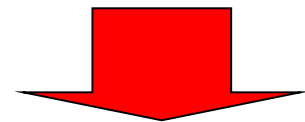
<技術開発の背景>

- ・日本の国土の約7割が山地部
- ・台風、梅雨前線、秋雨前線等の影響で多雨
(特に西日本)



土砂災害の発生(土砂崩壊、土石流、地すべり等)
災害の約7~8割

土砂崩壊は不特定域で発生し、危険な範囲は予測できるが、災害に至る場所の特定が困難。



災害の特性を踏まえた計測・監視技術が必要

○土砂崩壊の防災上の要求事項

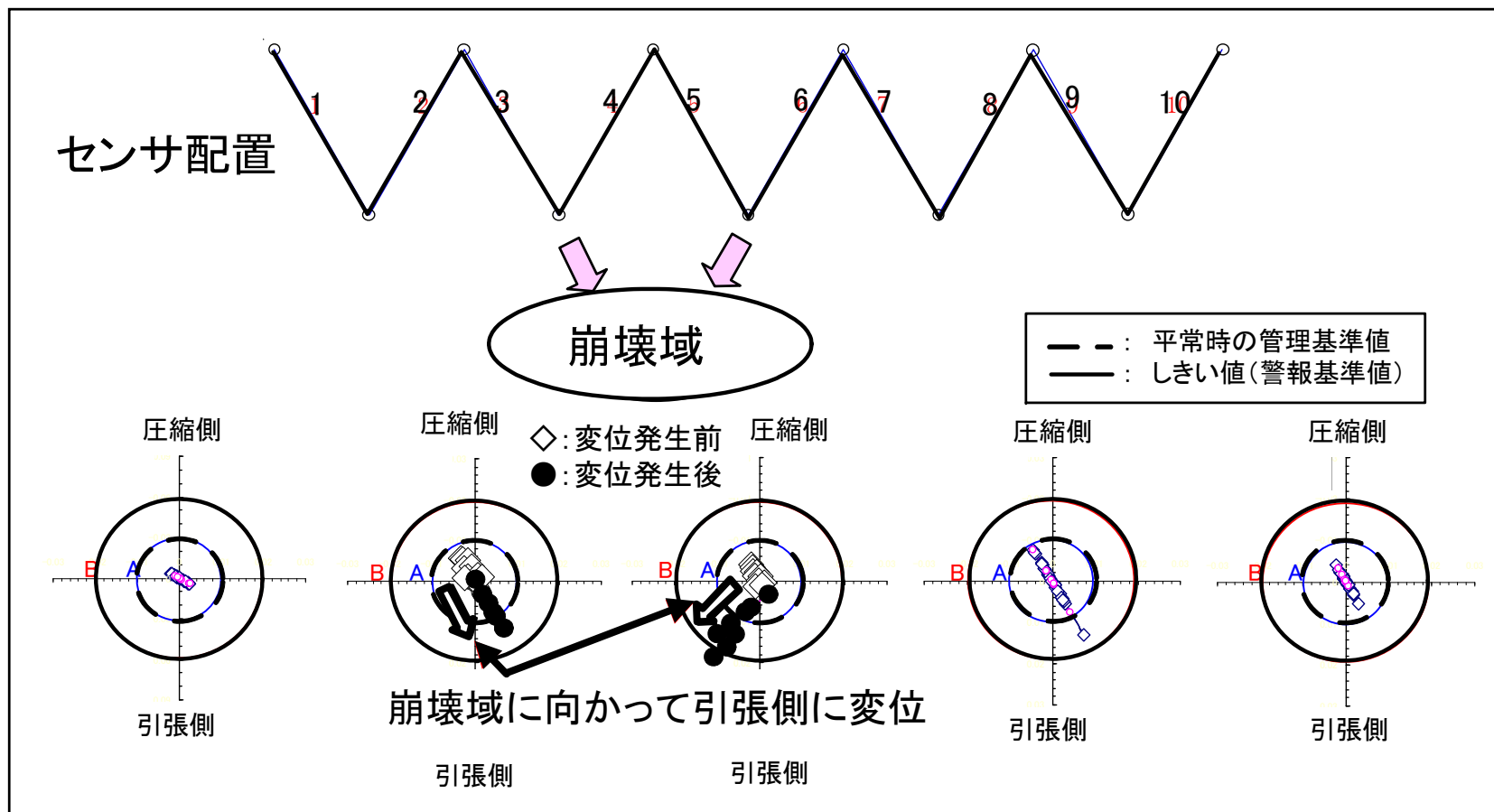
- ①崩壊する可能性の高い場所の特定ができる
→事前の対策による崩壊防止
- ②崩壊の可能性を予測できる
→避難誘導、通行規制等による人的被害の防止

○土砂崩壊の計測における要求事項

- ①従来のポイント型計測ではなく、面的・線的な監視
→不特定域で発生する崩壊に対応
- ②定性的・定量的な評価が可能
→不安定箇所特定、崩壊予測に対応
- ③落雷によるセンサ部の故障が発生しない

光Fセンサを活用した斜面崩壊モニタリング技術の開発

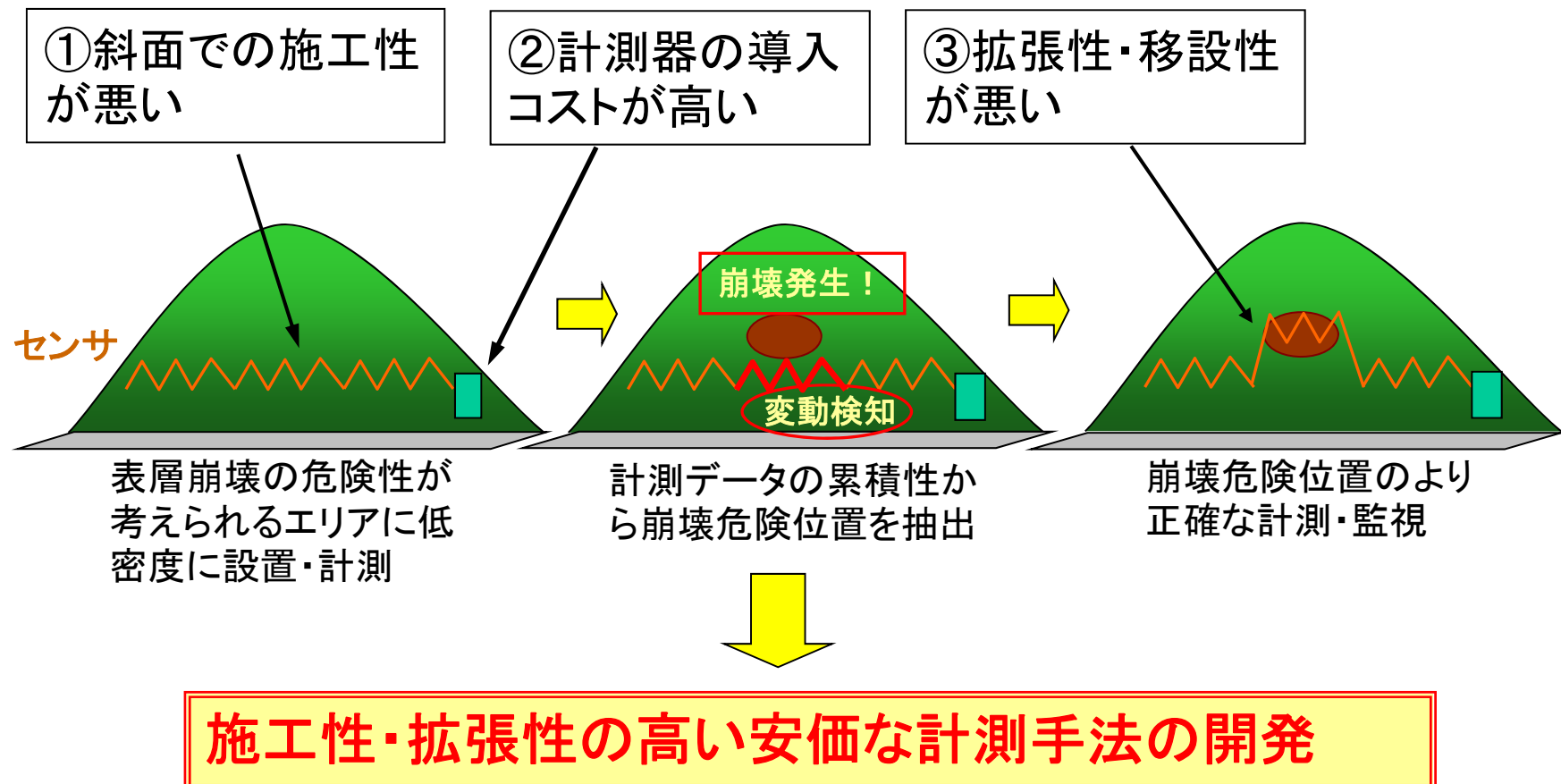
土木研究所及び民間14社の共同研究(H12~17)



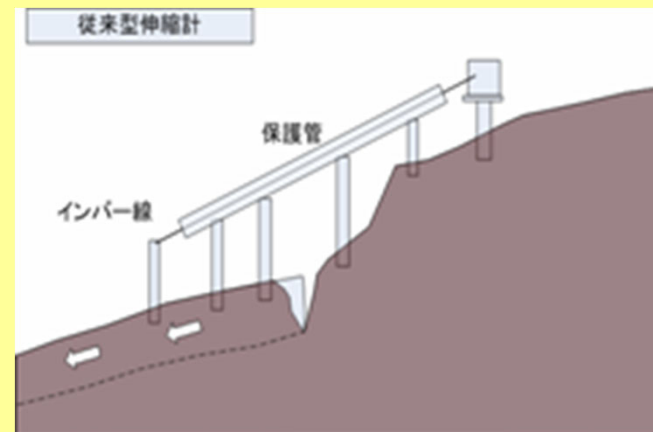
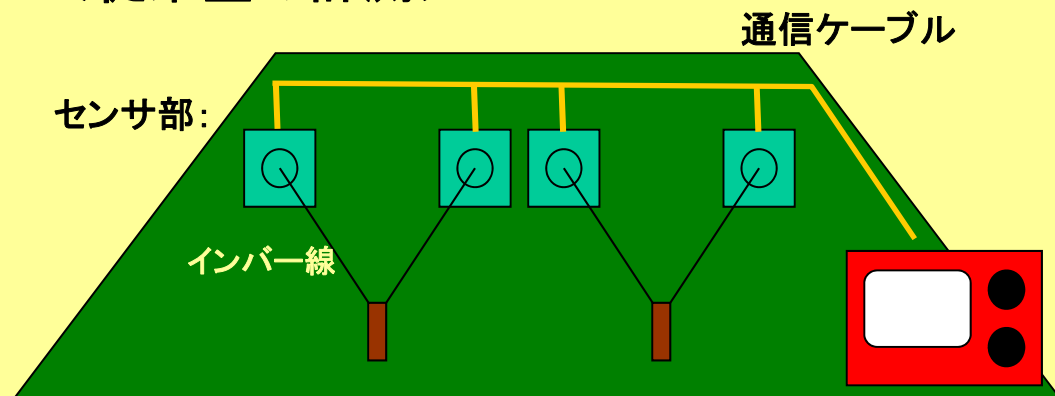
土木研究所共同研究報告書第352号「光ファイバセンサを活用した斜面崩壊モニタリングシステムの導入・運用マニュアル」(H19.3)より

○光ファイバセンサによる表層崩壊モニタリングの課題

既存のセンサは図中①～③のいずれかに該当



<従来型の計測>

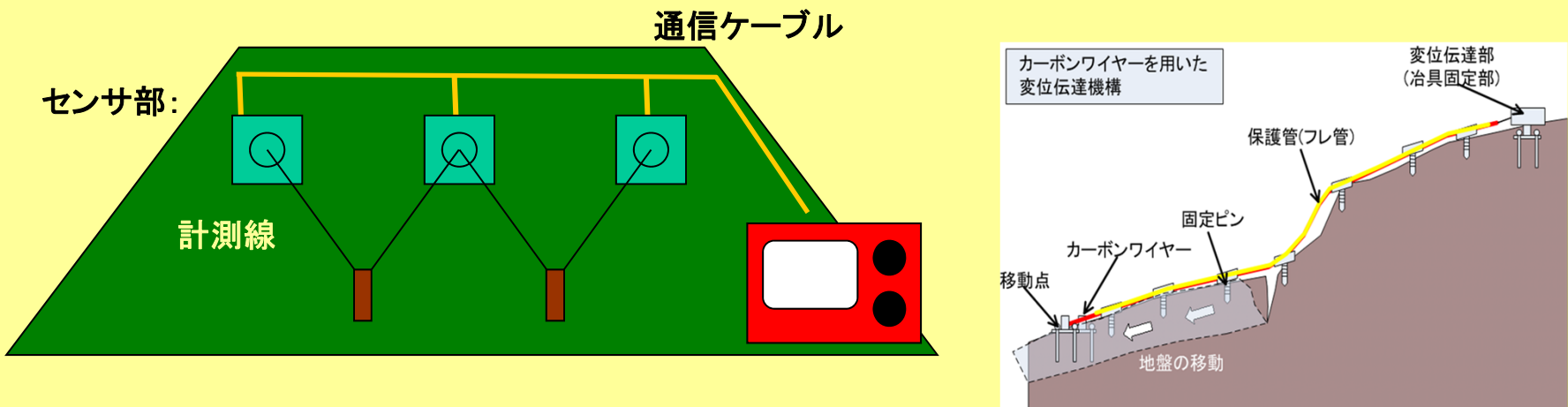


- ・面的に多点計測を行うには、センサ2基を併設する必要がある。
- ・計測にインバー線を用いるため直線性の確保が必要であり、保護のために馬を立てる必要がある。

ポイント型センサを用いて効率的に斜面の面的計測を行うための低コスト化技術を開発。

- ・材料や計測器は市場に依存することから、設置・計測手法による低コスト化(現場対応)を実現

滑車機構を用いた斜面の多点変状計測技術のポイント



①隣り合うセンサを滑車機構で連結し、従来の1/2のセンサ数で斜面変状の監視ができる。

②2つの移動点を連結する計測線の長さが一定であり、演算方式で変状状態を把握できる。

③設置の簡素化(カーボンケーブル、足場台座の活用によるピン設置)で、施工時間が従来の1/2~1/3で設置できる。

主な材料の入手方法:

- ・カーボンケーブル

 - 吊り橋用のカーボンワイヤの材料として製造
(例えば、新日鉄マテリアルズ日鉄コンポジット社)

- ・滑車、台座、アンカーピン等の材料

 - ホームセンターにて入手可

センサを固定する部分については、それぞれ製作。

インバー線とカーボンケーブルの性能比較表

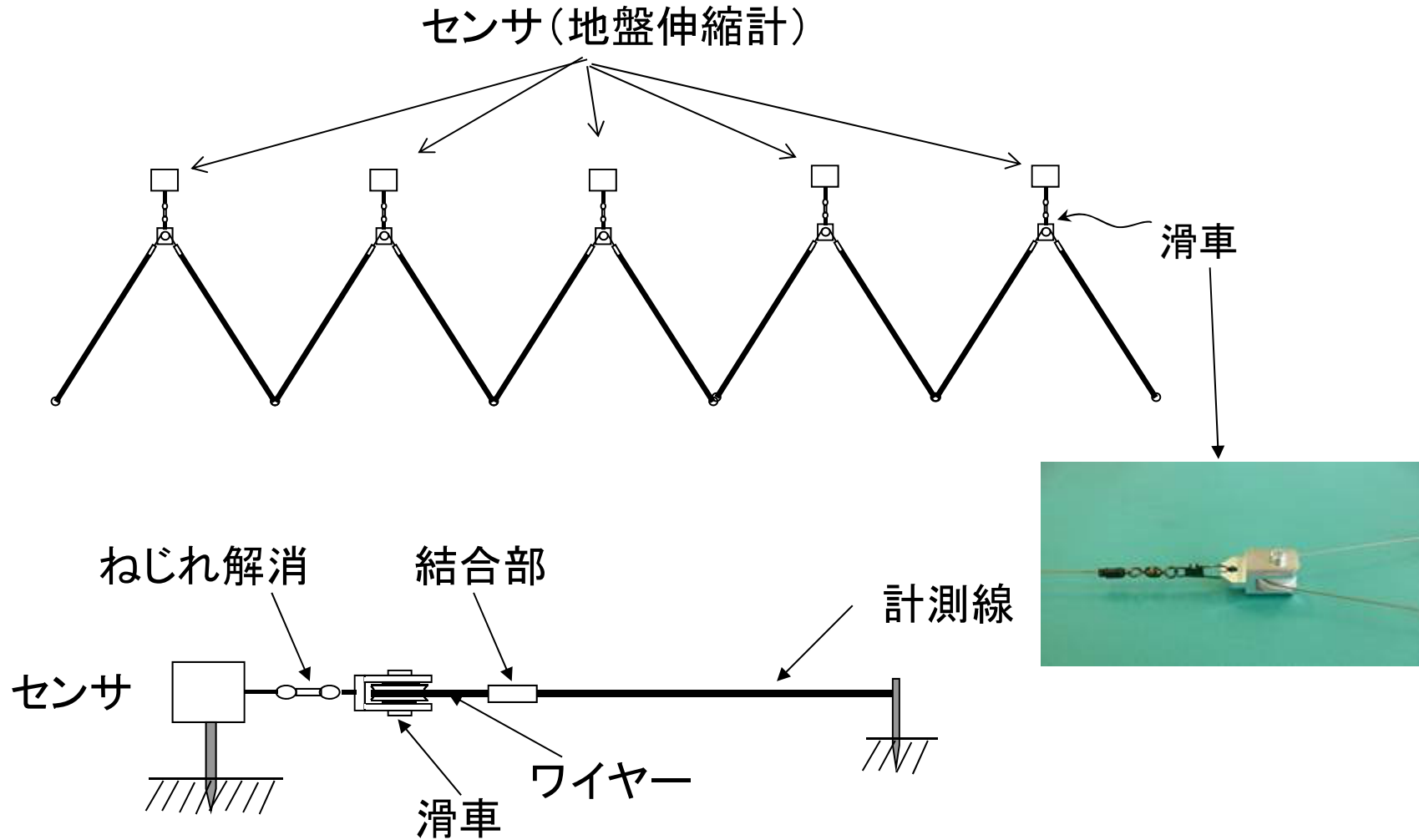
項目	単位	インバー線	カーボンケーブル φ3mm
材 質	—	Fe—Ni合金	高強度炭素繊維 エポキシ樹脂
公称直径	mm	0.5	3.0
単位重量	g/m	—	11.5±2.0
引張耐力	kN	0.6～0.8	11.1以上※ ¹
引張弾性率	kN/mm ²	80～140	135±25※ ¹
線膨張係数	×10 ⁻⁶ /°C	1.2以下	-1.0～1.0

カーボンケーブルを用いた伸縮計地表面布設費用例

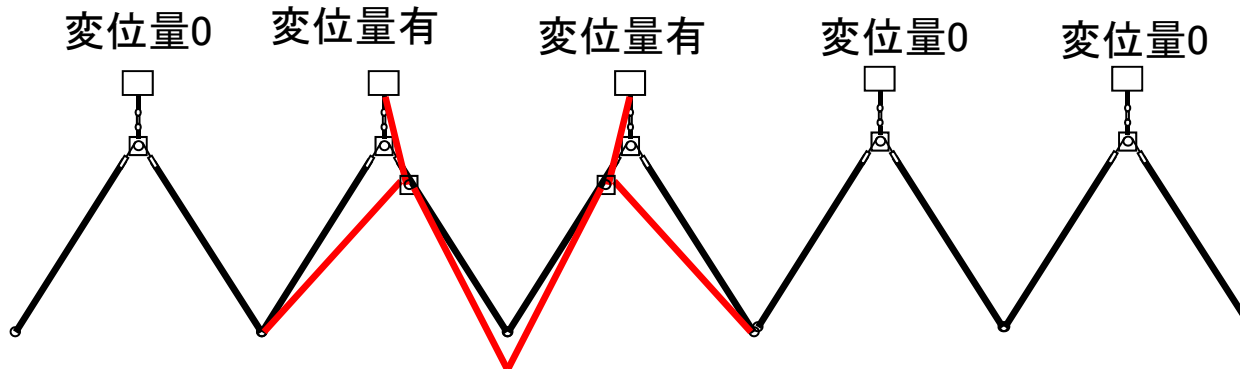
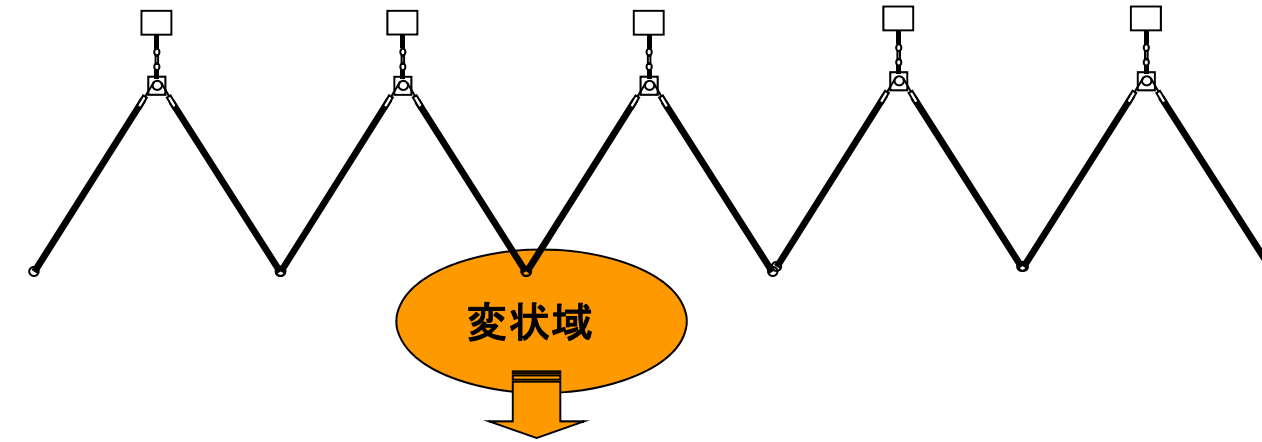
品名	型式	単価	数量	計
角度調整台座		5,000	1 台	5,000
保護管	FEP-20	230	10 m	2,300
カーボンロッド		2,000	10 m	20,000
フック型ピン		250	7 本	1,750
ベース付き支柱		1,000	2 本	2,000
インバー線取付け台座	かんた筒型	700	1 個	700
耐候性インシュロック		500	1 袋	500
セメント 砂入り		500	1 袋	500
タル木用クランプ		250	1 ケ	250
丸ピン	0.9m	200	8 本	1,600
単管キャップ		50	1 ケ	50
保護管 光ケーブル用	FEP-20	230	50 m	11,500
合計				46,150
設置人件	8基/日・2名	20,000	0.13	5,000

滑車機構による多点変状計測イメージ

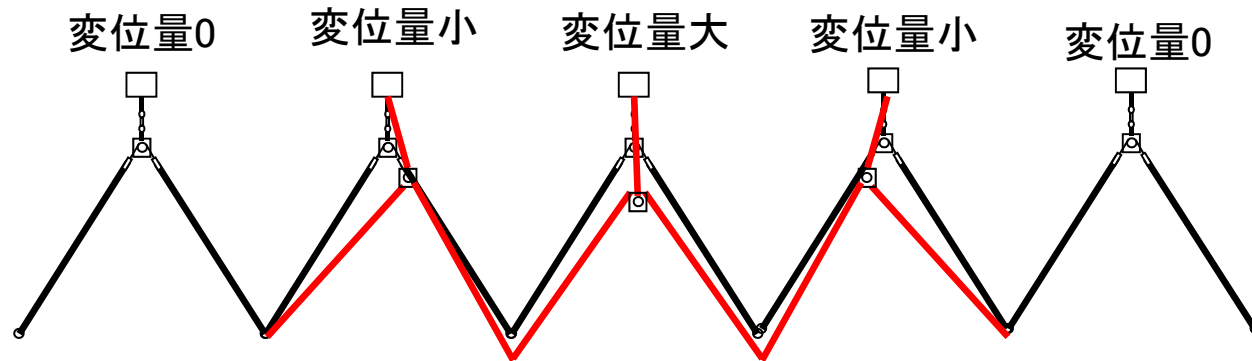
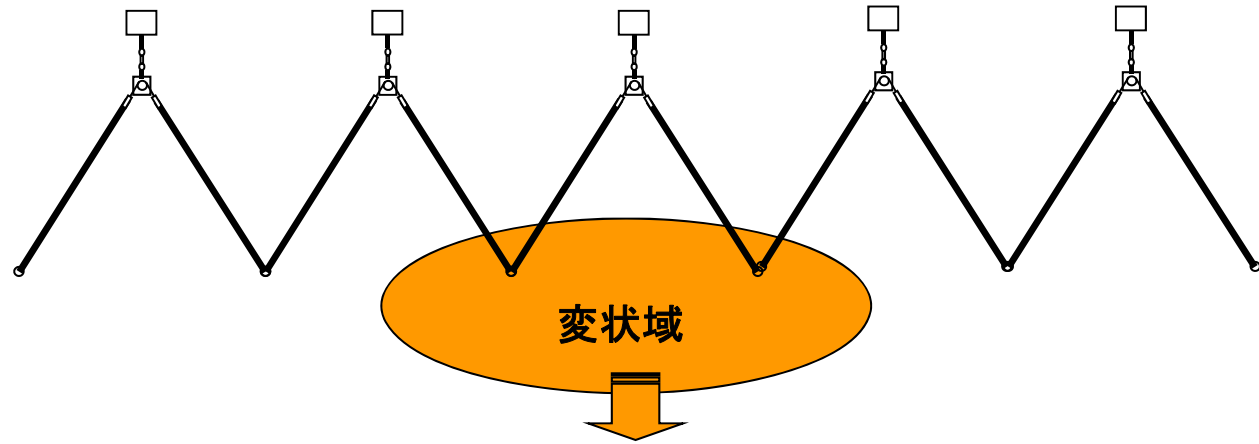
センサを動滑車により連結し、面的な計測を実施



滑車機構による多点変状計測イメージ



滑車機構による多点変状計測イメージ



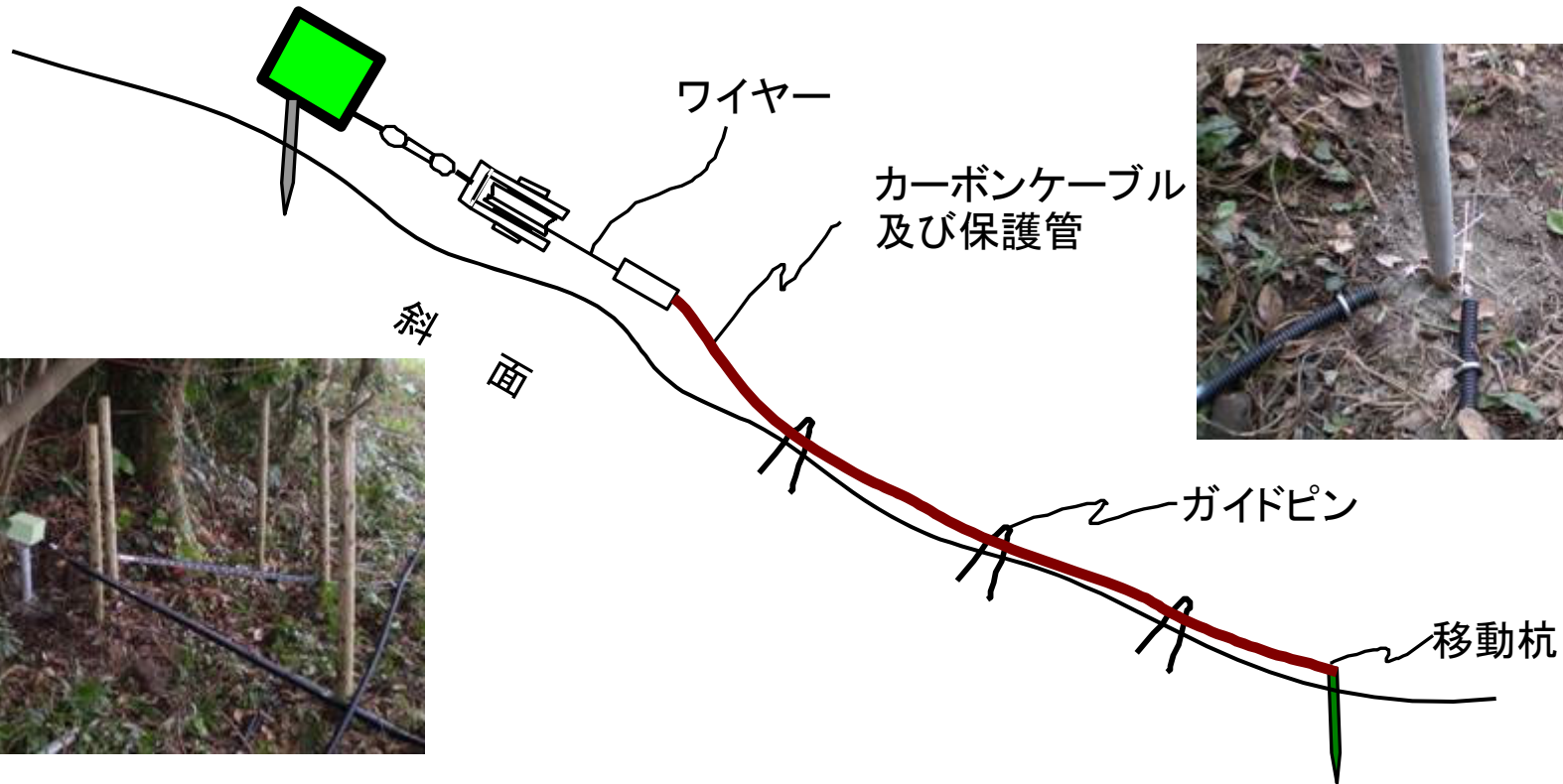
○従来方式による導入コストの概算

形式	センサ部	計測器	制御PC	概算金額	滑車機構の適用性
従来型伸縮計	30万円×20台 =600万円/箇所	200万円 /箇所	40万円 /箇所	約840万円 2カ所目以降 +840万円/箇所	○
MDM方式	15万円×20台 =300万円/箇所	150万円 /箇所	40万円 /箇所	約490万円 2カ所目以降 +490万円/箇所	○
FBG方式	30万円×20台 =600万円/箇所	300万円	40万円	約940万円 2カ所目以降 +600万円/箇所	○
BOTDR方式	1,500円×10m×20区間 =30万円/箇所 (20kmまで可)	1,000万円	40万円	約1,070万円 2カ所目以降 +30万円/箇所	×

<試算条件>

- ・斜面幅を1箇所あたり100mに固定。
- ・1辺10mの正三角形をイメージしてW字型に斜面横断方向に設置。
- ・監視用ソフト費用, センサ固定用の冶具等の設置材料費および設置人件費は除く。

カーボンケーブルおよび足場台座による設置







設置斜面掘削



台座・ピン打込み



根固め



安定用単管設置



根固め



カーボンケーブル通線



センサ接続



保護管の固定



ケーブル固定金具



ケーブル固定

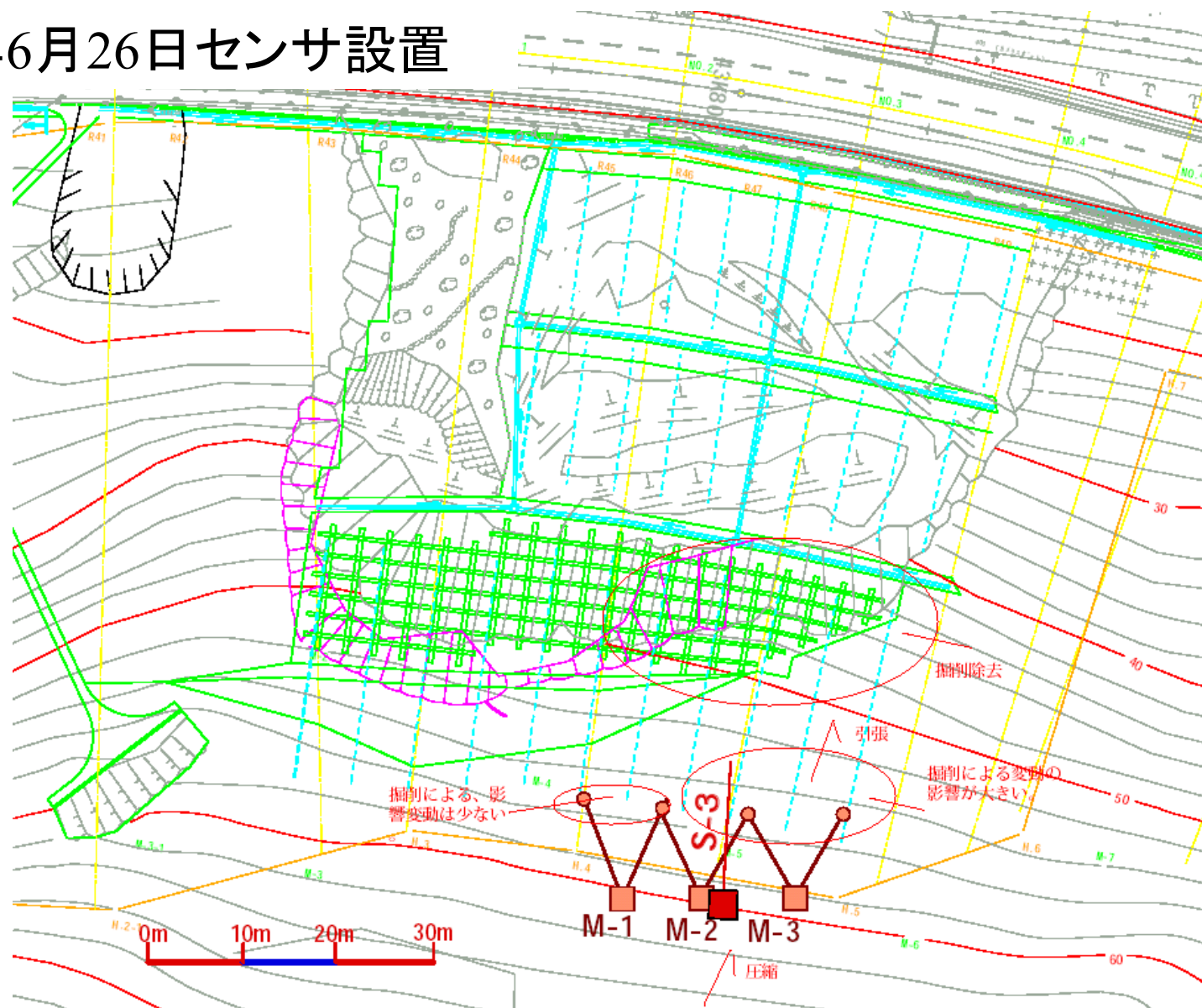
活用方法:

①豪雨時の防災上の長期監視

②施工時の安全管理上の監視

○災害復旧現場における計測事例

H21年6月26日センサ設置



斜面全景

9/29



6/19



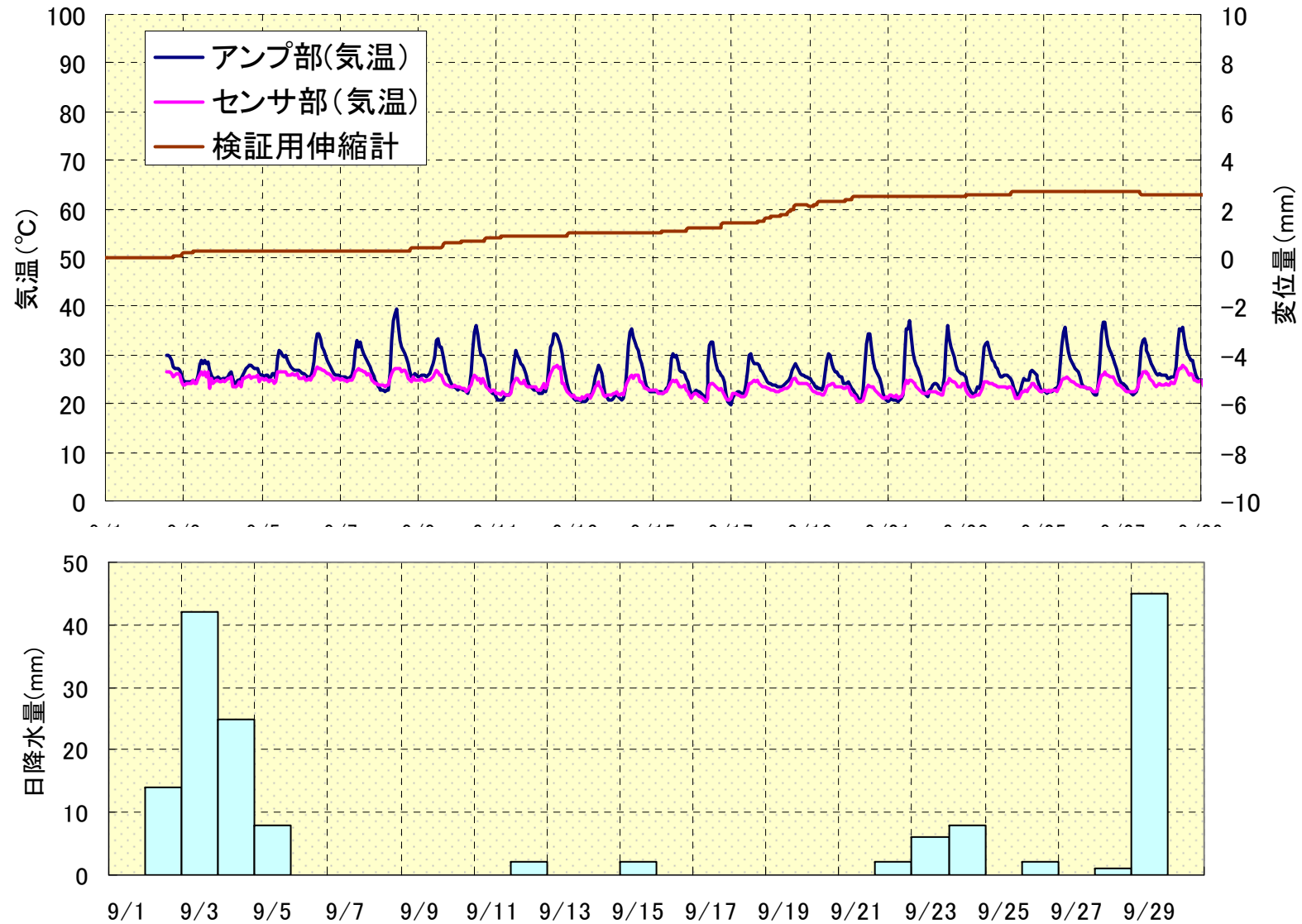
9/29

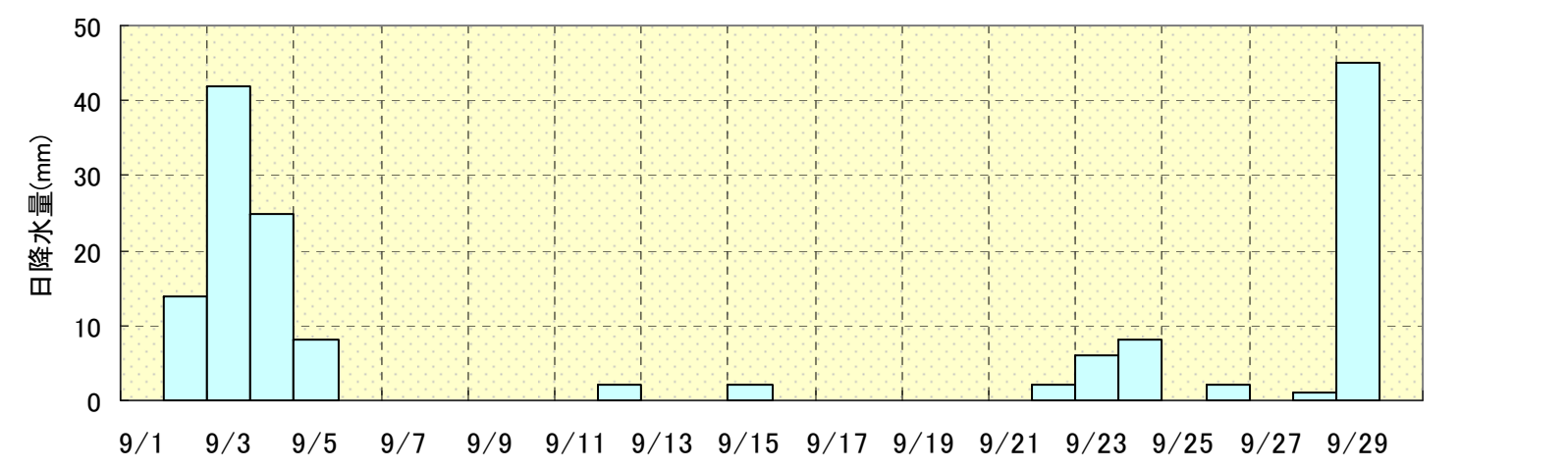
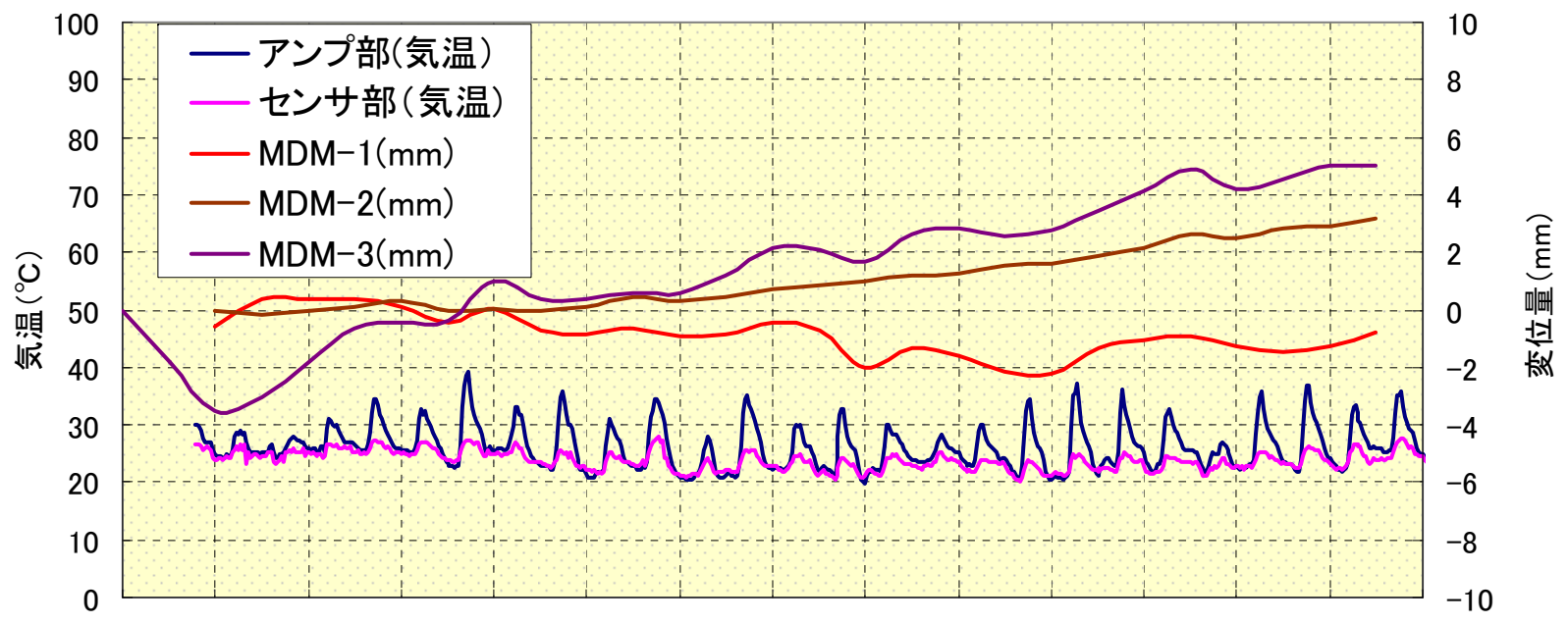


6/19



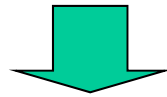
○H21年9月のセンサ挙動



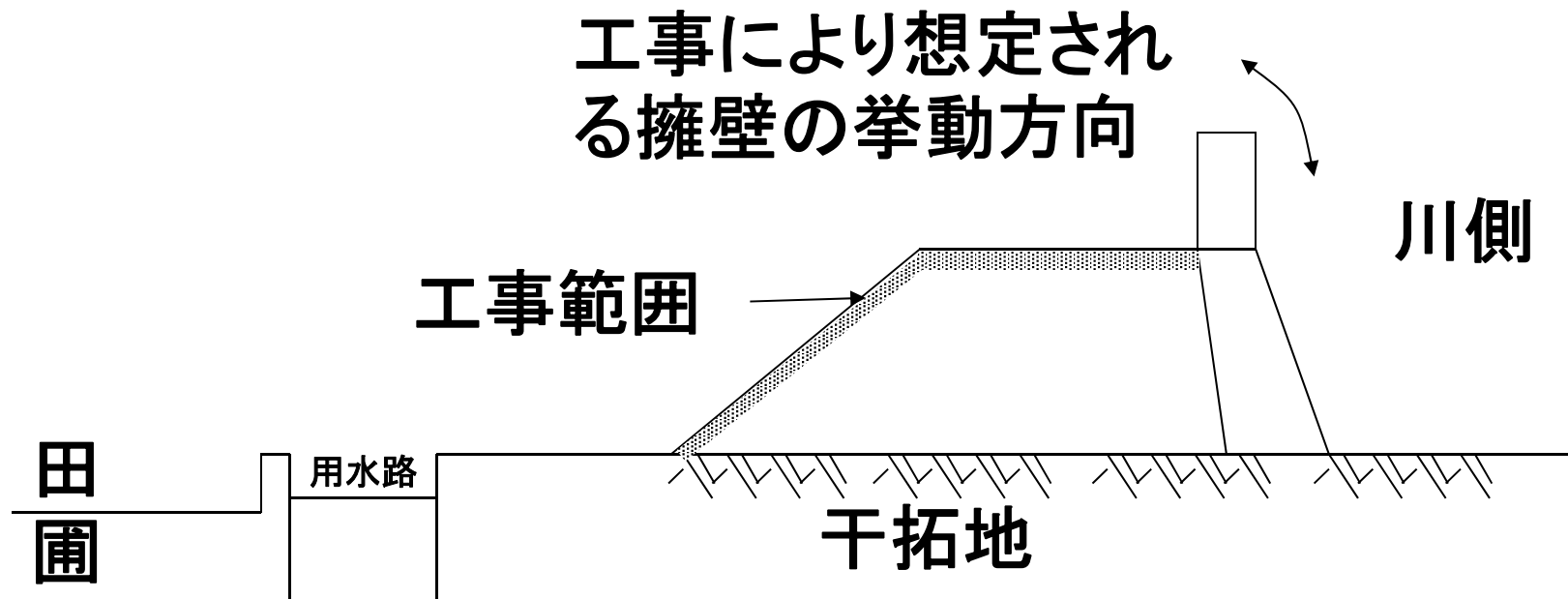


滑車機構の斜面計測以外での応用事例：

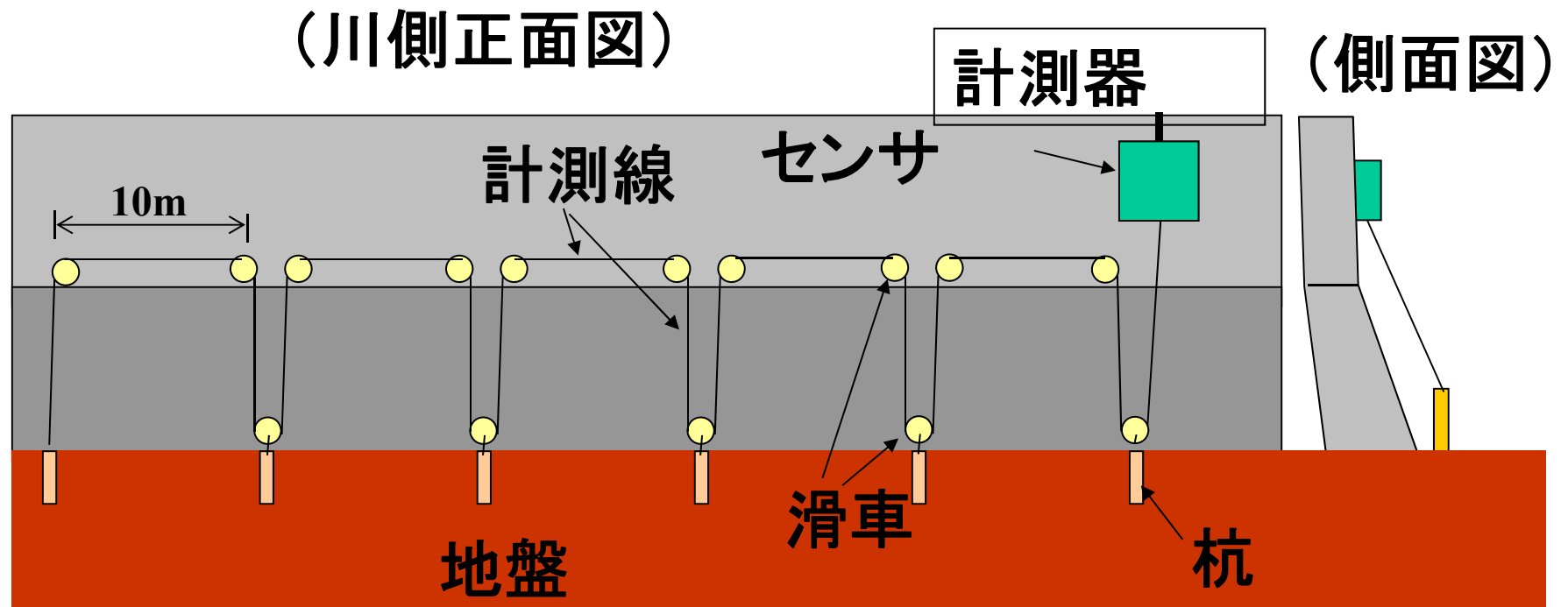
干拓地内の堤防上の道路舗装および
のり面保護工の改修工事



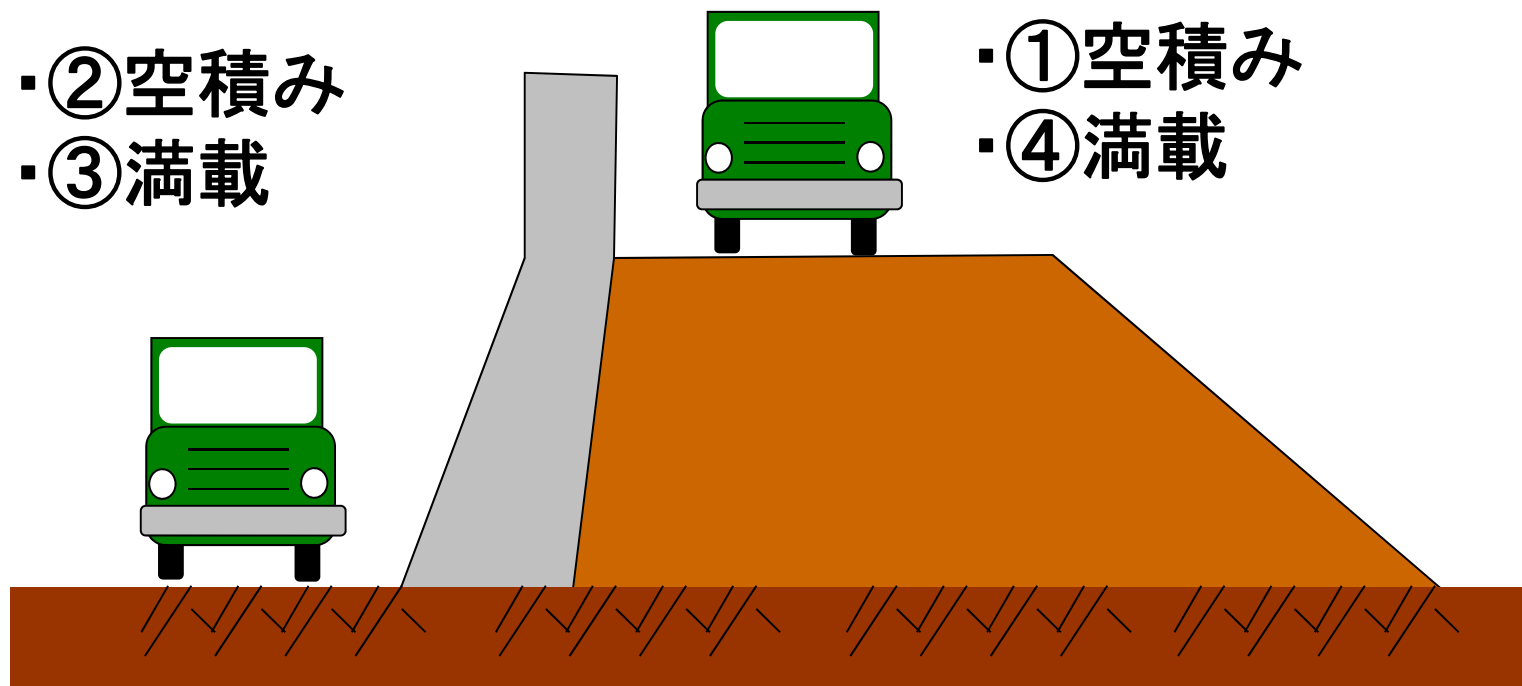
既設擁壁等への工事の影響を調査



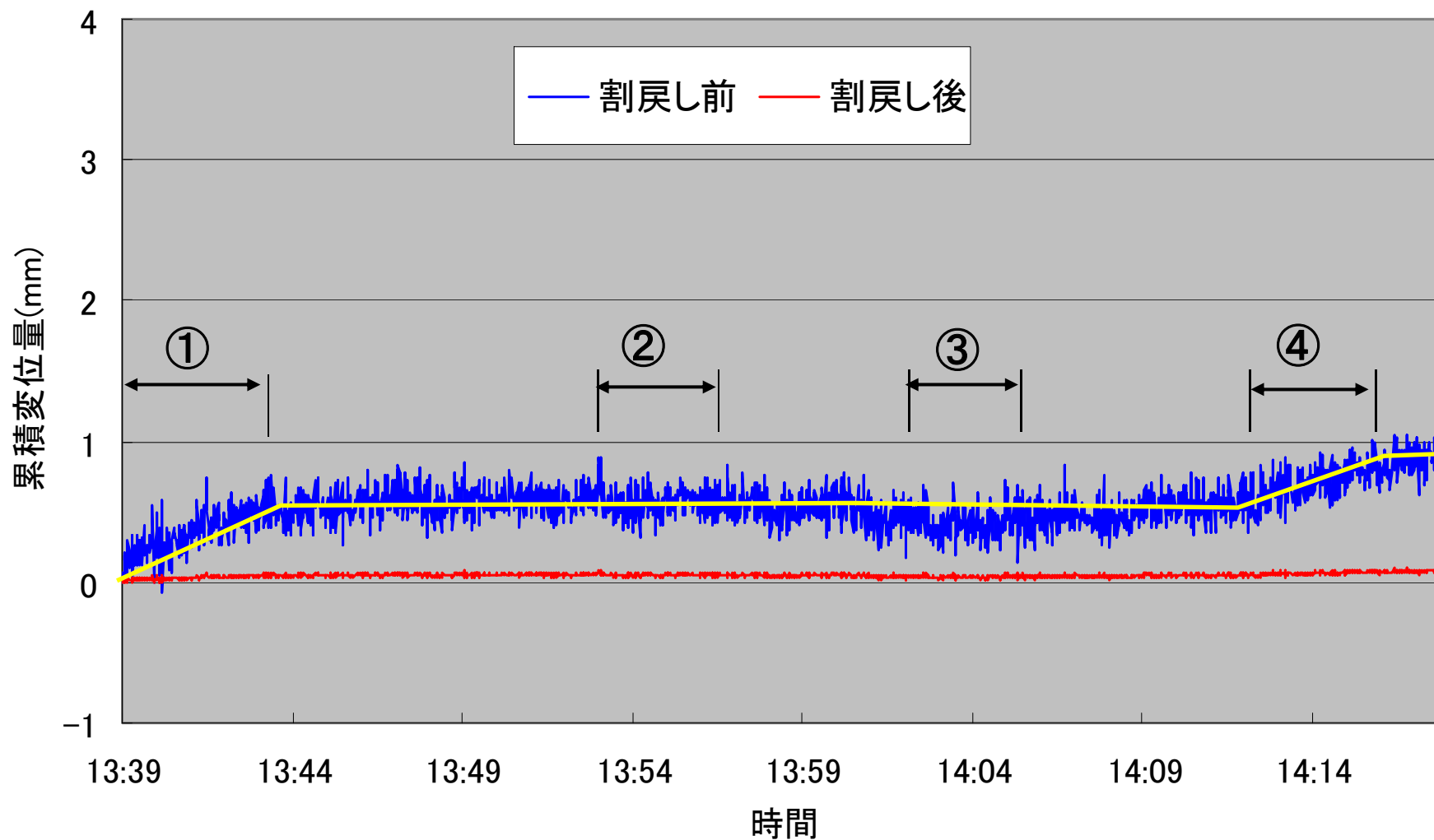
センサ配置の概要図



ダンプの走行による挙動監視



約50mの計測区間を5秒程度で走行
約36km/h



- | | | | | | |
|---|-----|------|---|-----|------|
| ① | 堤防上 | 空走行 | ② | 堤防下 | 空走行 |
| ③ | 堤防下 | 積載走行 | ④ | 堤防上 | 積載走行 |

まとめ

- 1) 滑車機構でポイント型センサを連結することで、低コストかつ簡易に面的計測が可能。
- 2) 計測線にカーボンケーブルを、固定部に単管・足場台座を用いることで、設置の効率化を実現。
- 3) センサをW字型に連結して設置することで、個々のセンサで得られる合成変位量の凹凸から斜面崩壊の規模が推定可能。
- 4) 合成変位速度により、従来の斜面崩壊計測の考え方に基づいた短期の崩壊予測が可能。