

毎年、どこかで発生する自然災害。
その発生を、その前兆を、いち早くキャッチして、
被害を最小限に抑えたい・・・。
その思いが **K³-System** を生みしました。

地盤の計測(K)・監視(K)・警戒(K)サービス
ケースリー

K³-System

計画立案から監視まで、総合サポートいたします。



機器選定
配置計画



機器設置
保守点検



常時監視



現地確認



ウェブ
配信



警報メール
配信



創発と複合と協働(ECC)で拓くオンラインワン

中央開発株式会社

<http://www.ckcnet.co.jp>

— 目 次 —

◆ <i>K³</i> -System の概要	1
◆ <i>K³</i> -System の 6 つのサービス	2
◆設置事例	4
◆自動監視システム・計測機器一覧	5
◆管理基準値等に対する考え方	14
◆日本国内における監視実績	16

～ *K³*-System コンセプト ～

近年、地球温暖化の影響により、日本国内ではゲリラ豪雨が多発し、その結果、災害頻度が増加するとともに、災害規模も増大し、国民の安全・安心な暮らしを脅かしています。このような状況の中、ICT 技術の急速な発展、さらには弊社の長年の防災業務実績に基づき、“減災”という観点から、弊社にて自ら *K³*-System を開発・製作し、平成 22 年に防災コンサルティングに特化した部署であります『防災モニタリング事業部』を発足させました。

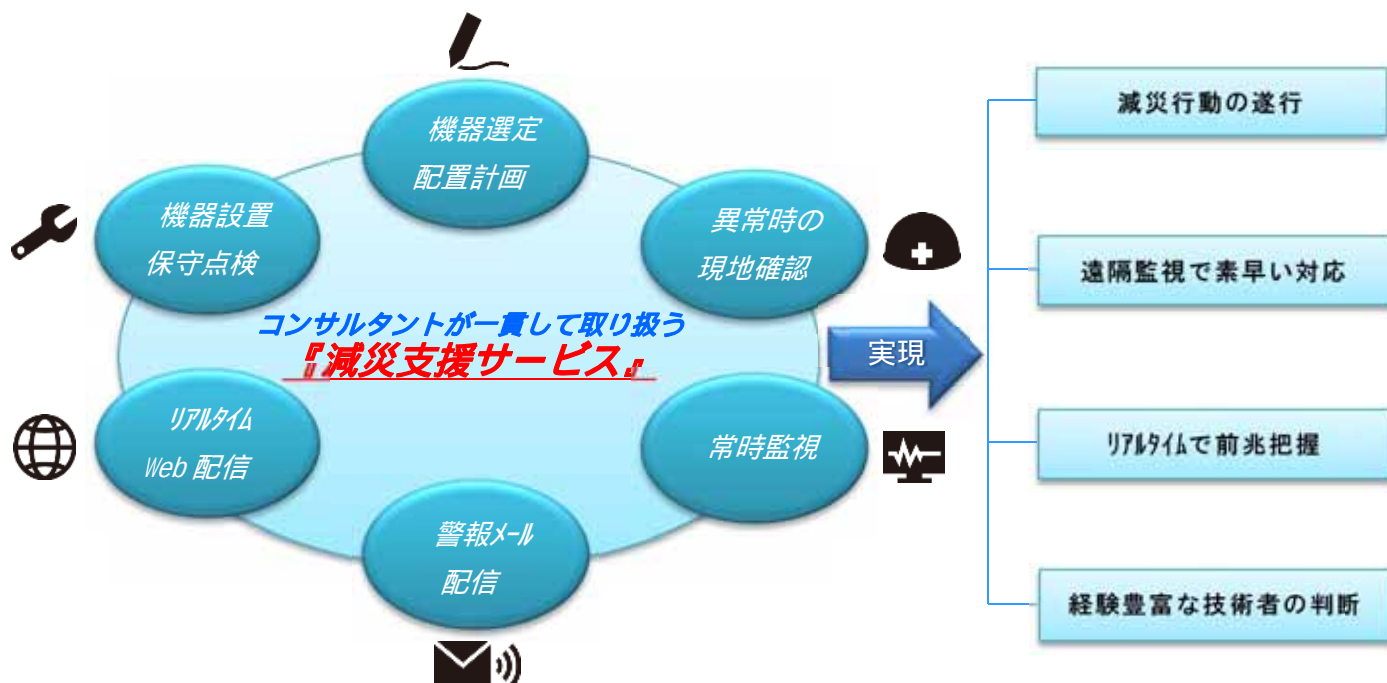
K³-System 販売開始、約 6 年が経過した現在、*K³*-System のベースとなるシステム『観測王』と主力計測機器である『感太郎』により、監視に関するノウハウを培いました。

弊社は、今後も *K³*-System を減災に活かすために『変化を見逃さない』という姿勢で、地盤の監視に取り組むとともに、お客様のニーズに応える『減災支援サービス』を提供していきます。



❖ K³-System の概要

K³-System は、現場で計測した地盤や地下水等の観測データを、図表化してリアルタイムで関係者に配信することで遠隔自動監視を可能にし、当社技術者の判断により警戒を行って、地盤に関わる自然災害や労働災害による被害を最小限に抑えようとする『減災支援サービス』です。K³-System は、6つのサービスを提供しています。



K³-System の6つのサービスのうち、「機器選定・配置計画」では、斜面崩壊感知センサー『感太郎』を主力機器として提供しています。なお、国内で市販されている多くの他メーカー計測機器も使用しています。

また、「リアルタイム WEB 配信」・「警報メール配信」・「常時監視」では、双方向遠隔自動監視システム『観測王』を提供しています。



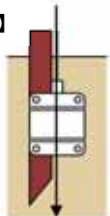
斜面崩壊感知センサー

【NETIS 登録】
KT-130093-A

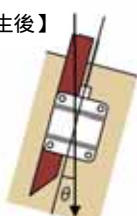
- 平成 26 年度 地盤工学会 技術開発賞受賞！
- 平成 27 年度 計測自動制御学会 SI 部門 研究奨励賞受賞！

自然及び人工斜面は、緩みやすべり等を要因として、徐々に傾斜変動していきます。「感太郎」は、この傾斜変動を捉えることを目的として開発された傾斜センサー(計測機器)です。従来の観測機器と比較して、設置の簡素化と多点化が可能になり、「観測王」との組み合わせによって、斜面災害に対する迅速な情報提供を可能にします。

【初期状態】



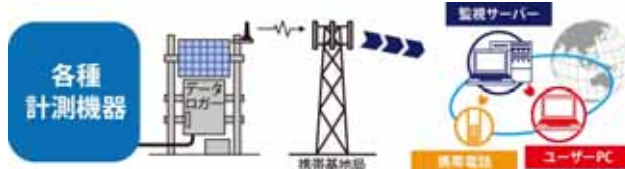
【変状発生後】



双方向遠隔自動監視システム

【NETIS 登録】
KT-060036-A

現場で計測したデータを現地通信基地局に集約し、携帯電話回線を使用して弊社サーバーに送信します。サーバーで計算処理・図化されたデータを、インターネット (WEB) を通じてユーザーに配信する『K³-System』のベースとなるシステムです。



❖ K³-System の 6 つのサービス

- 弊社は創立 70 周年の建設総合コンサルタント会社です。システム及び計測機器の販売・レンタルのみならず、一貫した「**地盤のコンサルティング・トータルサービス**」をご提供し、お客様のニーズにお応えします。

① 機器選定・配置計画

目的や現地の地形・環境に応じて、経験豊富な専門技術者による適切な計測機器の選定、効果的な計測箇所を検討し、ベストミックスな機器配置計画を立案します。

【機器選定】

- 国内で市販されている多くの他メーカー機器を使用
- 自然斜面及び人工斜面では、斜面崩壊感知センサー「**感太郎**」が主力
- 双方向遠隔自動監視システム「**観測王**」は、[ほとんどの国内市販メーカー機器に対応](#)
- 機器は、「**レンタル**」・「**販売**」のどちらかを選択

感太郎は、本体のマイクロ SD カードにデータを自動保存する機能がありますので、遠隔自動監視の必要性が低い現場では観測王システムと接続する必要はなく、計測機器単体としてご利用できます。

【配置計画】

- 経験豊富な技術者がベストポイントに配置



② 機器設置・保守点検

機器の設置と自動観測システムの構築を行います。通信回線の接続・申請など煩わしい手続きも弊社が行います。

- [商用電源がない山岳地等では、ソーラーパネルとバッテリーにより電源を確保](#)
- ご要望に応じ、警告灯(赤色回転灯)や警報用スピーカー(サイレン)の設置が可能

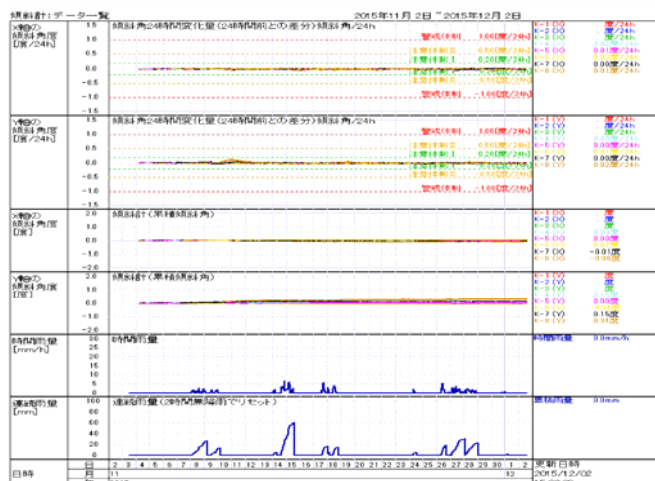


③ リアルタイム Web 配信

計測データはサーバ上でグラフ化し、インターネットを通じてユーザに配信します。汎用ブラウザによる閲覧システムを構築し ID とパスワードによってセキュリティを確保します。

- サーバは弊社所有 のものを利用
- [インターネットの接続環境にあるパソコン・スマートフォンさえ手元があれば、常時閲覧が可能。](#)
- [計測間隔は標準 10 分\(最少\)](#)とし、ご要望に応じ設定が可能です。

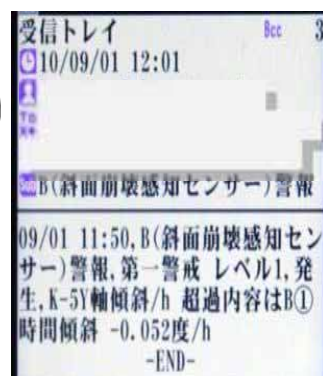
弊社は、不測の事態に備えて、K³-System 専用サーバを国内 2 カ所に設置しています。



④ 警報メールの配信

あらかじめ設定した管理基準値を超過すると、警報メールを自動配信します。

- 管理基準値は、警報レベル（例：注意警戒・避難準備・即避難・解除）に応じて複数の設定が可能
- 警報メールは、どの地点の計測機器がどの警戒レベルを超過したのかが一目で判別可能
- 管理基準値の設定や警戒レベルの区分は、実績が豊富な弊社がサポート



⑤ 常時監視

リアルタイムデータを常時監視し、緊急事態に備えます。

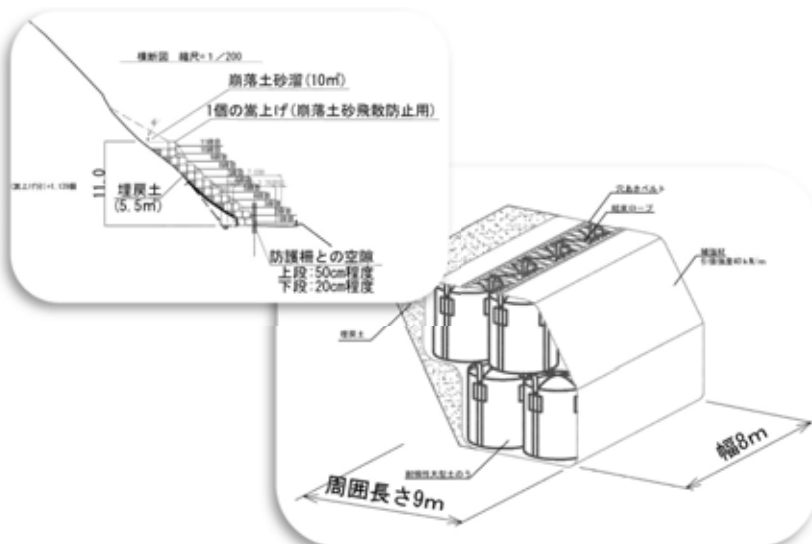
- 経験豊富な専門技術者が、時々刻々と変化する観測データの傾向を毎日1回以上注視・着目
- 異常を察知した場合は、あらかじめ策定した緊急連絡網に則り即時連絡を行うとともに、緊急時行動マニュアルに則して現場対応を図る
- 緊急連絡網を含めた緊急時行動マニュアルの策定は、監視目的やお客様の組織に応じ、弊社がサポート



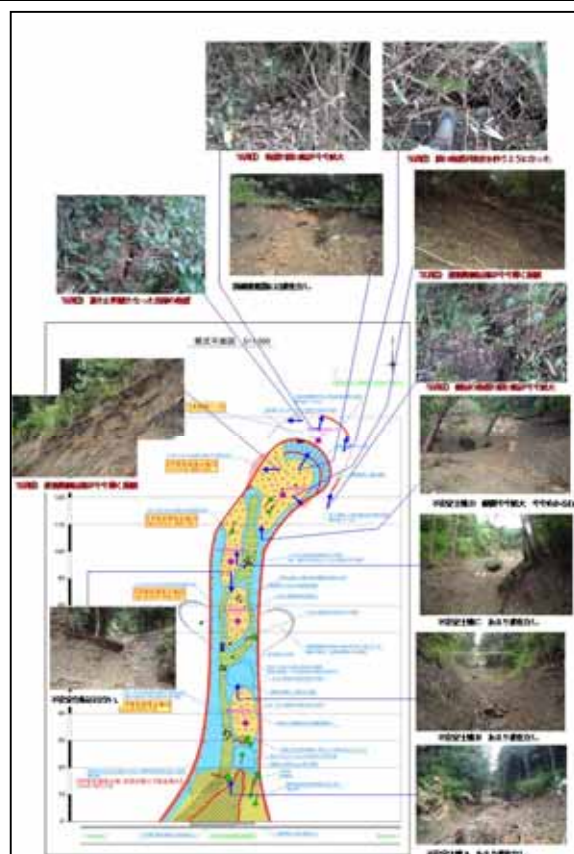
⑥ 異常発生時の現地確認

異常を察知、または管理基準値を超過した場合には、弊社の専門技術者が現地に急行し、現地状況を確認・把握します。

- 計測機器の破損など、システム稼働状況もあわせて確認
- 応急確認の後、弊社の災害査定対応実績に基づき、応急対策や恒久対策のための調査・設計をご提案



応急対策工提案の一例



❖ 設置事例

急傾斜地，地すべりなどの斜面監視，河川堤防の監視，施工中の安全監視，地下水等環境監視，積雪・坑内や放射線警戒区域など立入困難な場所の遠隔監視…。K³-Systemは、様々な監視対象、計測目的に対応します。

盛土法面の監視

道路工事現場において、崩れやすい法面を監視しました。

傾斜センサー



不安定転石の監視

土砂災害で発生した、不安定な転石を監視しました。

傾斜センサー

地盤伸縮計

監視カメラ



被災斜面の監視

宅地に隣接する崩壊斜面を監視しました。

傾斜センサー



橋梁の監視

橋梁部の水位や天盤傾斜を監視しました。

水位計

傾斜センサー

監視カメラ



地すべりの監視

地すべり土塊の挙動をトータルステーションによって自動監視しました。

トータルステーション



土留壁の監視

作業員の安全性を確保するため、工事中の土留壁の挙動監視を行いました。

傾斜センサー



熱中症の監視

熱中症対策として、熱中症指数となる気温、湿度などを監視しました。

温湿度計

雨量計



放射線の監視

放射線警戒区域において地盤変動を監視するため、パイプ式歪計と共に線量計を設置し、監視を行いました。

線量計



❖ 自動監視システム・使用機器一覧

■ 自動監視システム

- 双方向遠隔自動監視システム：観測王
 - ❖ 特許出願中 : 特願 2009041040
 - ❖ 商標登録 : 第 4946492 号
 - ❖ NETIS 登録 : KT-060036-A



■ 計測機器 (一例を記載)

- 斜面崩壊感知センサー：感太郎
 - ❖ 特許出願中 : 特願 2011012569
 - ❖ 商標登録 : 第 5243857 号
 - ❖ NETIS 登録 : KT-130093-A



東京大学、(独)土木研究所との共同研究

「平成 26 年度 公益社団法人 地盤工学会 技術開発賞」受賞

「平成 27 年度 公益社団法人 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門 研究奨励賞」受賞

- 高性能監視カメラ
 - ❖ パナソニック製 ネットワークカメラ BB-HCM735
 - …半動画(5 秒毎に画像データを更新)

～あなたの目はいつも現場へ～

- 簡易監視カメラ
 - ❖ データテクノロジー製 SenSu-5030
 - …静止画(10 分毎に画像データを更新)



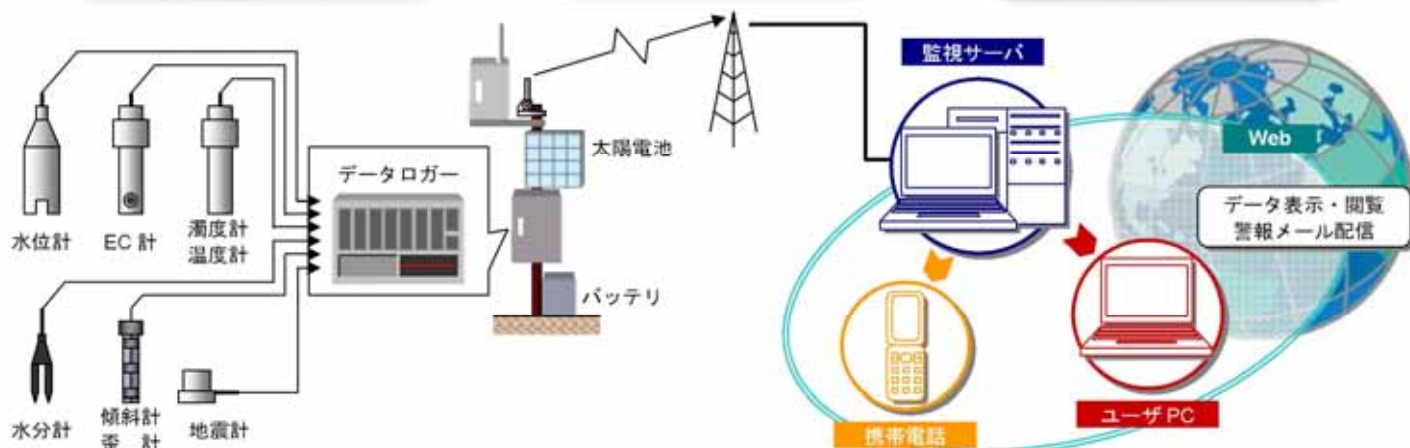
特許出願中 : 特願2009041040
 商標登録 : 第4946492号
 NETIS登録 : KT-060036-A

双方向遠隔自動監視システム 観測王

「観測王」は、現地の計測機器から自動的に伝送されるデータを弊社のサーバ上でグラフ化し、インターネットを介して配信するとともに、現地計測機器を遠隔地から制御することができるシステム(双方向の監視・制御)であり、弊社がご提案する計測・監視・警戒サービス「*K³-System*」のベースとなるシステムです。

観測王の主な機能と特徴

観測王の特徴	導入効果
観測局と監視局の双方向通信 (観測局：データ配信、監視局：機器制御)	■ 観測の省力化・低コスト化を実現します。 ■ 現地立入作業を最小限に抑えます。
監視局 PC から現地のロガーを直接制御	■ 現地基地局に、制御用の PC を置く必要はありません。 ■ システム全体の稼働率向上につながります。
リアルタイムデータ配信と常時監視	■ 異常事態の早期発見につながります(標準計測間隔：10 分)。 ■ 自動メールによる警報発信が可能です。 ■ 機器異常の早期発見によって欠測期間を最小化します
Web ブラウザによるデータ閲覧 ¹	■ 専用端末(ソフト・ハード)は不要です。 ■ PC・スマートフォンがあればいつでもどこでも閲覧できます。
様々な計測機器との接続実績 ²	■ 既設計測機器を継続利用できます。 ■ 手動・半自動観測を自動観測に切り替えることも可能です。 ■ 雨量計・トータルステーション・Web カメラ等との接続実績もございます。
自社サーバの保有と利用提供(有償)	■ サーバ設置スペース、導入費用は不要です。 ■ サーバの管理・メンテナンスも弊社が行います。 ■ サーバは二重化(国内 2 ヶ所に設置)しています。



計測機器の接続実績

急傾斜地や地すべり地、造成地の地盤変位の計測の他、気象、水文・水質など、各種の計測機器と組み合わせることで、土砂災害危険個所の監視、土留め・掘削などの施工中の安全管理、既設構造物の維持管理、水質や大気などの環境の監視等、多用途にご利用いただけます。

また、通信部分は有線・無線、一般回線・携帯電話回線・インターネット回線(光回線、ADSL等)を自由に選択することができます³。

主な接続可能機器

種別	計測機器	
地盤変位	■ 地盤伸縮計	■ 傾斜センサー
	■ パイプ歪計	■ 固定式孔内傾斜計
	■ 継目計	
水文	■ 転倒ます型雨量計	■ 水圧式水位計
	■ 差込式土壌水分計	
水質	■ pH 計	■ 電気伝導度計
	■ 濁度計	■ ORP 計
	■ 水温計	
その他	■ Web カメラ	■ 可燃性ガス検知器
	■ トータルステーション	



監視データの閲覧・警報配信

監視データの閲覧には汎用ブラウザを使用します。ブラウザ画面は、監視目的やお客様の要望に応じてカスタマイズすることができます。また、あらかじめ設定した管理基準値を超過した際には、監視サーバから自動的に警報メールを配信します。



- 1 計測データの閲覧には ID とパスワードが必要になります。閲覧用サイト構築後、閲覧先 URL、ID 及びパスワードをお客様にメールで配信します。
- 2 計測機器の接続可否については、技術サポート窓口にご相談ください。
- 3 現地と弊社サーバ間の伝送は、携帯電話回線、インターネット専用回線等を使用します。通信事業者の事由による伝送の遅れや欠損については、弊社では保証の対象外となります。

NETIS登録中：KT-130093-A
商標登録：第5243857号
東京大学、(独)土木研究所との共同研究

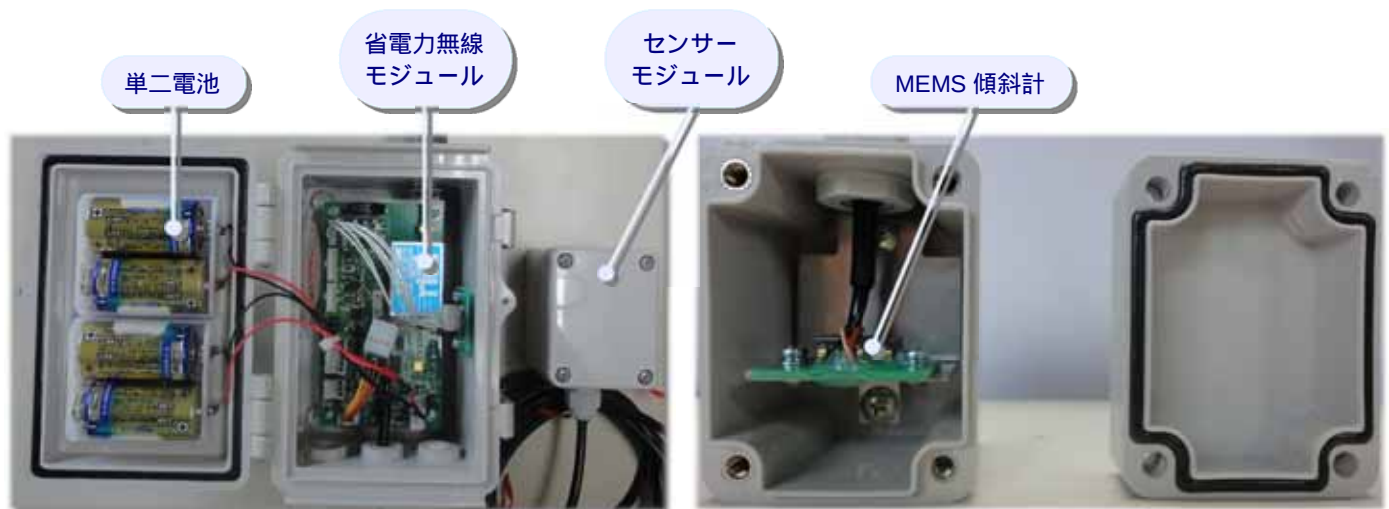
斜面崩壊感知センサー



自然および人工斜面は、緩みやすべり等を要因として、徐々に変動していきます。

「感太郎」は、この変動を捉えることを目的として開発された傾斜センサーです。

計測部には MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)技術を活用し、通信制御部には特定小電力無線を採用したことで、小型化・軽量化、省電力、そして低価格を実現しました。これにより、従来の計測機器と比較して、設置の簡素化と多点化が可能になりました。また、双方向遠隔自動監視システム「観測王」との組み合わせによって、斜面災害に対する迅速な情報提供を可能にします。



斜面崩壊感知センサー【感太郎】の仕様

センサーユニット

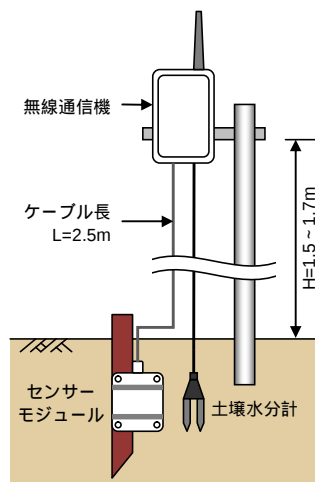
- 二軸(X・Y)傾斜計モジュール
(測定範囲： $-30^{\circ} \sim +30^{\circ}$)
- 転倒即時検知(三軸傾斜計)モジュール
($\pm 30^{\circ}$ 以上傾斜時)
(検知範囲： $-90^{\circ} \sim +90^{\circ}$)

土壌水分計 (オプション)

- 簡易型土壌水分計 EC5-5
- 測定精度： $\pm 3\%$

通信

- 無線適合規格：ARIB STD-T67 適合
- 送受信周波数：429.2500 ~ 429.7375MHz
- 伝送可能距離：約 600m(無障害時)

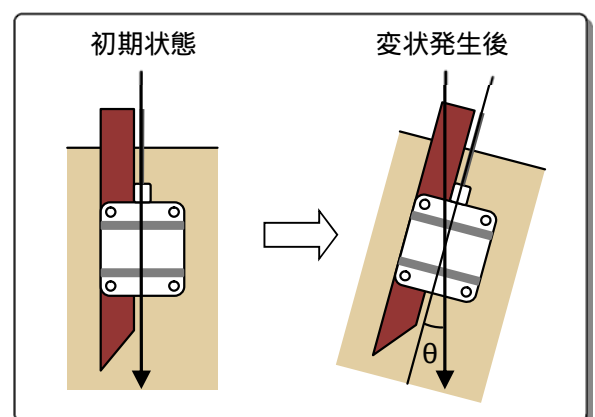


感太郎の計測

地盤の傾斜角を計測する「感太郎」

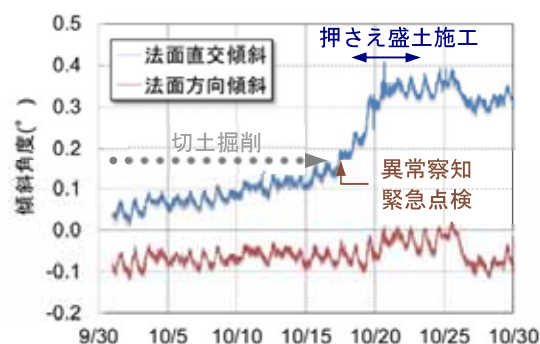
斜面の変位(地盤変動)により、斜面の地盤は右図のように傾動します。それに伴って斜面地盤に打ち込んだ杭(L型アンクル)と、これに結束した傾斜センサーが傾きます。この傾斜角(θ)を時系列で計測します(計測間隔：標準 10 分)。

これによって、斜面の変動状況とそのスピードを把握し、斜面の危険度を評価します。



◆感太郎の成果事例

右図は切土掘削に伴う傾斜変化図で、下図はその時々
の対応を示した事例です。傾斜角速度の上昇に着目して、変
状をいち早く察知し、緊急点検を踏まえた迅速な対応によ
り、切土法面の崩壊に至らずに済んだものです。



◆感太郎の管理基準値

感太郎は、「土砂災害警戒避難支援～緊急対応支援～斜面崩壊の前兆現象把握ツール」並びに「工事の安全支援ツール」としての利用を念頭に置いており、そのためには管理基準値の設定が必要となります。すなわち、どの程度の傾斜変動が生じたらどのように対応すべきかの基準値です。現時点においては、弊社における監視実績を整理して、概略下表のような管理基準値を設定し推奨しています。

管理基準値推奨値

警戒レベル	傾斜角速度	崩壊までの時間または再安定化までの残余時間	対応	備考
警戒レベル 3	1.0° /1 時間	最短 36 分	即避難	瞬間的な速度ではなく、明瞭な累積が確認された場合に限る
警戒レベル 2	0.1° /1 時間	最短 1 時間	避難準備	
警戒レベル 1	0.05° /5 時間	最短 5 時間	注意警戒	

※管理基準値に対する考え方は、後記参照

感太郎の学協会での評価

感太郎は、「平成 26 年度 公益社団法人 地盤工学会 技術開発賞」、「平成 27 年度 公益社団法人 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門 研究奨励賞」を受賞しました。

～あなたの目はいつも現場へ～

●高性能監視カメラ

●高性能監視カメラ

❖ パナソニック(株)製

ネットワークカメラ BB-HCM735を標準仕様

監視カメラ

計測データだけでは、遠隔地の現場の様子を正確に把握することはできません。

精度の高い計測システムを構築しても、

自分の目で見ないと不安が解消されない・・・

現場の様子を詳しく知りたい・・・

そんな要望にお応えするツールです。

遠隔地からカメラをコントロール

インターネットを介して、遠隔地から現地のカメラを制御します。パン&チルト、ズームはもちろんのこと、カメラのON / OFF、画像更新速度の変更(1秒間隔～)などが可能です¹。

各種計測機器との併用によって、よりリアルな現地観測をご提供します。



【カメラ取付例】



【猛禽類営巣木の監視例】



【河川水位の監視例】

ソーラーパネルによる稼働

通常、WebカメラはOFF状態にしておき、必要なときに遠隔操作で起動します。また、一定時間経過すると、自動的にOFFにします。これによって、電力消費を抑制しました。

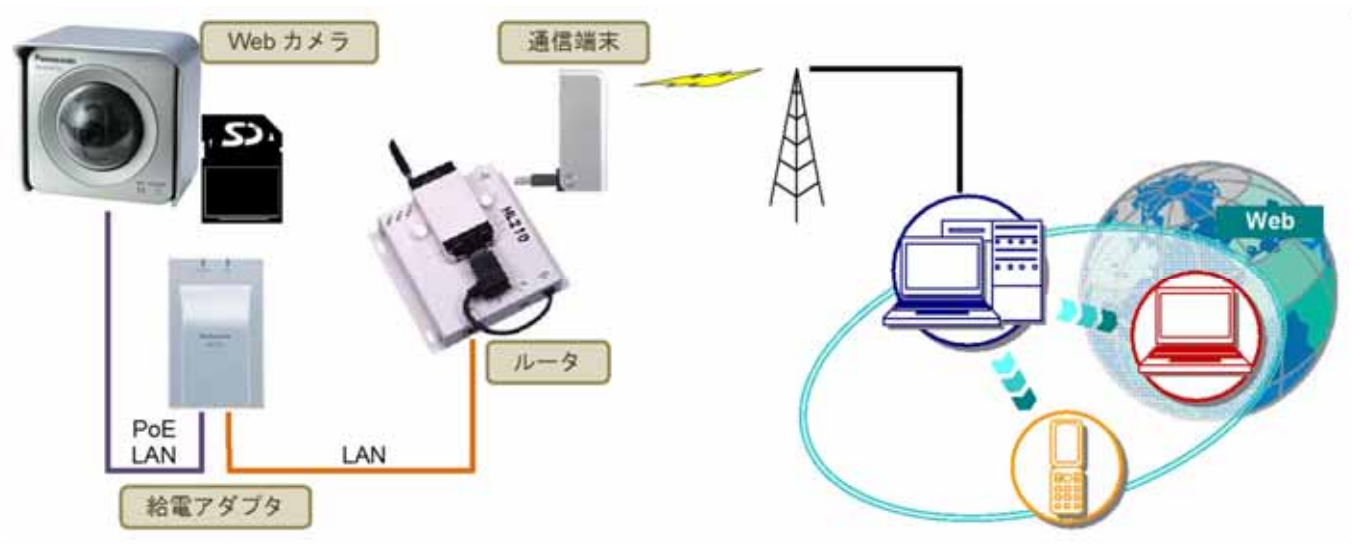
電力消費の抑制によって、ソーラーパネルとバッテリーによる稼働を実現しました。したがって、山間部など商用電源のない場所でもご利用いただけます。



機器構成

機器の構成例を下図に示します²。

弊社は、設置目的及び現地条件に応じて、機器の選定や配置計画など、最適な構成をご提案致します。技術サポート窓口までお気軽にご相談ください。



本サービスは、弊社の双方向遠隔自動監視システム「観測王」(NETIS登録：KT-060036-A)をベースに構築しています。

「観測王」では、計測データやカメラ画像をWebブラウザによって閲覧します³。したがって、新たに専用のソフト及びハードを導入する必要はありません。また、弊社が保有するサーバをご利用いただければ、サーバの設置スペースや導入費用も掛かりません⁴。



特許出願中	： 特願2009041040
商標登録	： 第4946492号
NETIS登録	： KT-060036-A

- 1 Webカメラは、パナソニック製ネットワークカメラ(BB-HCM735)を標準としています。その他のカメラの使用にあたっては、技術サポートにご相談下さい。
- 2 現地と弊社サーバ間の伝送は、携帯電話回線、インターネット専用回線等を使用します。通信事業者の事由による伝送の遅れや欠損については、弊社では保証の対象外となります。
- 3 カメラ画像の閲覧にはIDとパスワードが必要になります。閲覧用サイト構築後、閲覧先URL、ID及びパスワードをお客様にメールで配信します。
- 4 サーバ利用は有償です。

～あなたの目はいつも現場へ～

●簡易監視カメラ

❖データテクノロジー(株)製
みまわり伝書鳩
SenSu-5030 を標準仕様

●簡易監視カメラ

監視カメラ

計測データだけでは、遠隔地の現場の様子を正確に把握することはできません。

精度の高い計測システムを構築しても、

自分の目で見ないと不安が解消されない・・・

しかし予算が少なく高精度の必要はない・・・

そんな要望にお応えするツールです。

定点監視で10分毎に静止画像を更新

インターネットを介して、遠隔地から現場を監視します。パン&チルト、ズームの機能はありませんが、10分毎に静止画像データ(30万画素数)を更新します。



【監視カメラ】



【Web 閲覧画像】

過去の画像データをサーバにて閲覧保存が可能

過去の静止画像データは、1ヶ月間、サーバにて閲覧及び保存が可能です。



【過去の静止画像データの保存】

高性能カメラと簡易カメラの性能比較

下表に高性能監視カメラと簡易監視カメラの性能をとりまとめました。

項目	高性能 監視カメラ	簡易 監視カメラ
メーカー名	パナソニック(株)	データテクノロジー(株)
型式	ネットワークカメラ BB-HCM735	みまわり伝書鳩 SenSu-5030
画像	半動画 (5秒毎に画像データを更新)	静止画 (10分毎に画像データを更新)
画素数	1,280×960 ドット高画質版画素	30万画素
ズーム	6倍 ※PC上にて遠隔操作が可能	機能なし ※固定
パン(左右方向)	±52° ※PC上にて遠隔操作が可能	機能なし ※固定
チルト(上下方向)	+8° ~-45° ※PC上にて遠隔操作が可能	機能なし ※固定
過去データ保存	保存可	保存可
夜間撮影	不可 (要相談)	不可 (要相談)
電源	太陽パネル4枚以上による 12V バッテリー充電	太陽パネル2枚以上による 12V バッテリー充電

高性能カメラと簡易カメラの利用用途

下表に、高性能監視カメラと簡易監視カメラの利用用途の一例をとりまとめました。

分野	高性能 監視カメラ	簡易 監視カメラ
監視対象	“小さなターゲット”	“大きなターゲット”
利用用途	●二次斜面災害の監視 ●河川水位の監視 ●寒冷時における道路及び橋桁の凍結状況の監視 ●ため池堤体からの漏水状況の監視 ●土石流の監視 ●不安定岩塊の挙動(スケール設置)の監視 ●構造物の亀裂進行(スケール設置)の監視	●工事進捗の監視 ●豪雨時における道路状況の監視 ●積雪時における道路状況の監視 ●ため池水位(量水標設置)の監視 ●ため池洪水吐からの排水の監視

❖ 管理基準値等に対する考え方



早期警戒における管理基準値設定の必要性

斜面の早期警戒には、『管理基準値の設定』が必要になります。地盤伸縮計のような我が国で長く広く利用されている計測機器には公的な機関が公表している管理基準値・閾値があり、計測値が基準値を超過すると「注意・警戒」のような管理態勢が敷かれ、計測値が徐々に上昇し上位の基準値を超過すると、管理態勢も「観測強化」「避難準備」「避難」のように強化されます。

斜面崩壊感知センサー「感太郎」の管理基準値は、これまで弊社が地盤伸縮計と感太郎を併用して計測を行った引用対比実績を基本に設定していました。これは、感太郎の計測実績が少ないことや、感太郎を含む崩壊感知センサーの公的機関による管理基準値が存在しないことが理由でした。

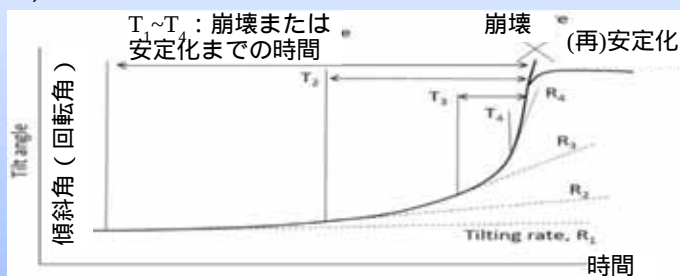
弊社では感太郎発売以来約6年間に、国内約80サイト500地点、海外で約20サイト100地点に感太郎を設置して計測を行っています。そのうち、国内では8サイト14地点、海外では3サイト10地点において、崩壊・不安定化を確認しています。これらのデータを整理して、管理基準値設定の基本となる考え方をまとめました。



管理基準値に対する弊社の考え方

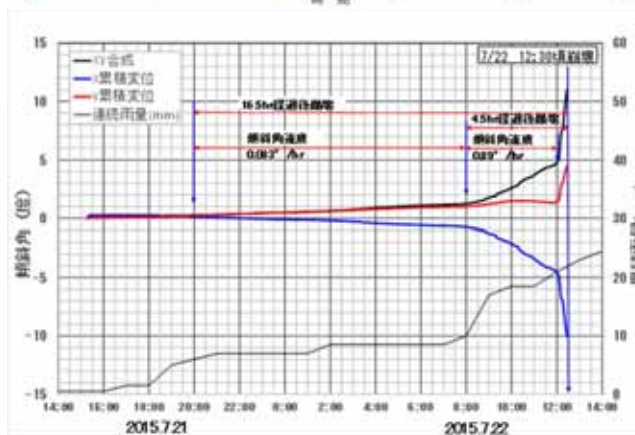
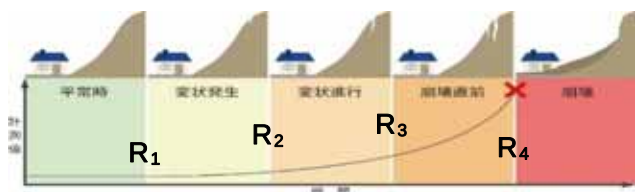
崩壊する場合、傾斜角度の累積値は増加しますが、崩壊が近づくにつれて、累積値増加の速度が必ず上昇します。つまり、傾斜角度の増加速度が小さいほど安定で、大きくなるほど不安定であり、崩壊が近づいていると言えます。

弊社実績である崩壊事例や不安定化事例を整理し、ある傾斜角速度を計測してから崩壊または不安定化までの時間(残余時間)をサンプリングしました。右図はその1例です。

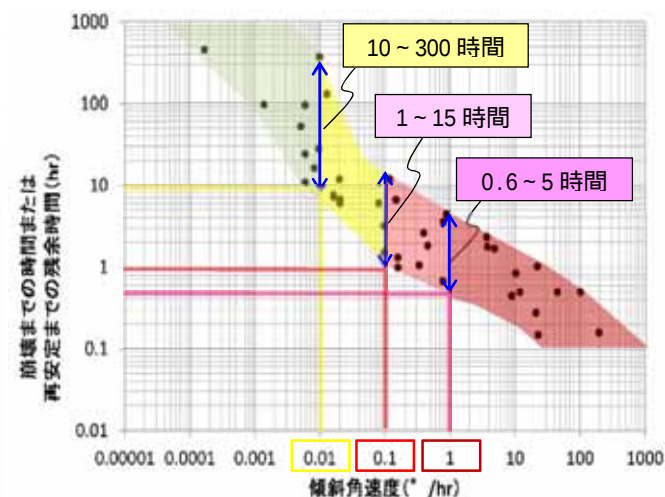


このようなデータを両対数の「傾斜角速度-残余時間」グラフにすると、右図のような幅を持った帯が得られます。

この図を基に判断しますと、『0.01°/hr.」を記録すると10～300時間後、0.1°/hr.」では1～15時間後、1°/hr.」では0.6～5時間後に崩壊が発生していることになります。この幅は、地形・地質・降雨状況の違いを表していると考えています。従いまして、最速で判断しますと、『0.01°/hr.」(残余最小10時間)で『注意警戒』、0.1°/hr.」(残余最小1時間)で『避難準備』、1.0°/hr.」(残余最小36分)では『即避難』と考えます。監視対象並びに保安対象によって、対応が異なると思いますが、大まかには「0.01°/hr.」を確認した時点が、早期警戒のスタートラインと考えます。



0.083°/hr.を記録してから16.5時間後、0.89°/hr.を記録してから4.5時間後に崩壊が発生



❖ 管理基準値に関するデータ及び考え方は、各方面に論文として公開しており、その成果として平成26年度地盤工学会「技術開発賞」、平成27年度計測自動制御学会「研究奨励賞」を受賞しております。

～『感太郎分解能：0.02°』と『早期警戒傾斜角速度：0.01°/hr.』の考えの違い～

先に示した「0.01°/hr.」という値は、早期警戒における“スタートライン”です。しかし、この値は、崩壊発生後のデータ整理で判明した値です。さらに、感太郎の分解能は0.02°であり、0.01°の変動の明瞭な確認は、現実の観測においては観測精度を超過しています。さて、それではどのようにしたら、スタートラインとなる「0.01°/hr.」という値を監視中に確認できるでしょうか？変動の明瞭な確認は、せめて分解能以上の0.03～0.05°と考えます。すなわち、下記のような変動を確認できれば、スタートラインを確認できたことになります。

“スタートライン” 0.03°/3時間 ～ 0.05°/5時間 (= 0.01°/hr.)

しかし、ここで難しい問題が発生します。すなわち、スタートラインを確認するまでに、少なくとも3～5時間が経過しているということです。ということは、スタートラインを確認した時点で既にプラス3～5時間経過していますので、最速で10時間後に崩壊する場合を想定しますと、あと5～7時間しか残余時間はありません。これを意識することが重要です。

但し、「0.01°/hr.」の傾斜角速度のままで崩壊に至るパターンは稀で、ほとんどの場合は傾斜角速度が上昇しますので、その後は「0.1°/hr.」＝「0.05°/0.5hr.」(残余時間1時間)または「0.01°/hr.」と「0.1°/hr.」の中間系ということで「0.05°/hr.」(残余時間2時間)を確認するように努めることになります。弊社の監視時間間隔は標準10分ですので、「0.1°/hr.」＝「0.05°/0.5hr.」を確認することは可能と考えています。

以上に示した例は、最速の場合であり、慌てず冷静に対処することが必要と考えています。

◆計測機器の利点・欠点を考慮した 計測機器の選定や配置計画に対する弊社の考え方

斜面崩壊に対する早期警戒の監視システムにおいて、ボーリング孔を利用した計測機器（水位計、パイプ歪計、孔内傾斜計...）を設置することもあります。迅速対応性や経済性で劣ります。また、GPSは大規模地すべりや深層崩壊のような大規模ブロックの監視には向いていますが、通常レベルの斜面崩壊には、精度や経済性で劣ると考えます。



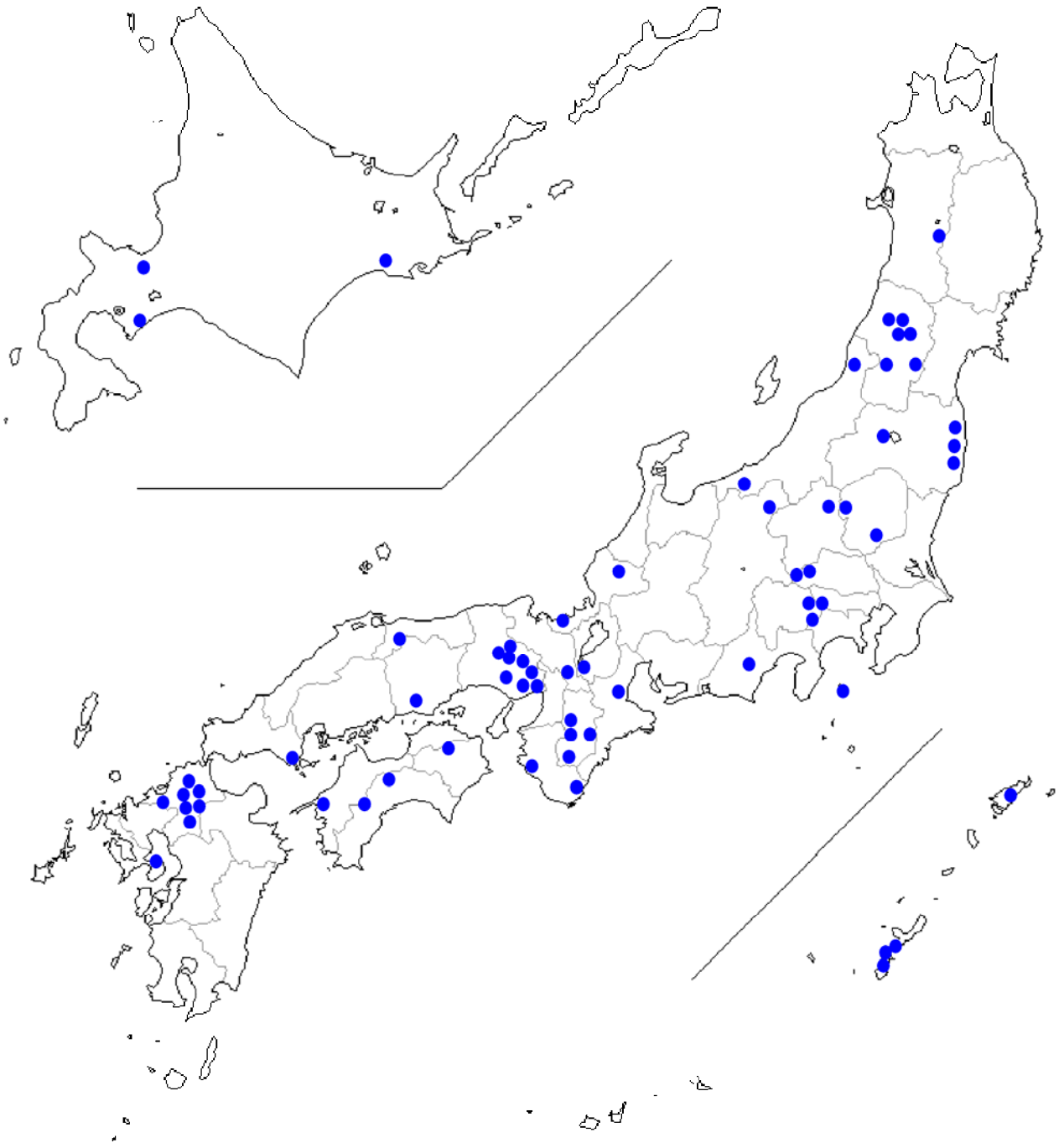
弊社では、地盤伸縮計と崩壊感知センサーそれぞれの利点・欠点を理解した上で、計測機器を選定します。

- ◆**地盤伸縮計**：亀裂を跨いで、その変位を把握します。従って、亀裂が生じやすいブロック冠頭部の計測に向いています。逆に、ブロック末端部では土砂の圧縮移動に伴う傾斜変動が強いので、観測には向きません。さらに、亀裂が不明瞭な場合は、設置位置の選定が難しくなります。また、施工性が低く、且つ建設現場のような他作業が混在している所では、計器設置自体が他作業への障害になることがあります。
- ◆**崩壊感知センサー**：地盤の傾斜変動を把握します。従って、土砂の圧縮移動に伴う傾斜変動が強いブロック末端部での計測に向いています。一方、ブロック冠頭部では平行移動的な変動が強いので、観測には不向きです。また、施工性が良く、必要スペースが狭いため、建設現場のような他作業が混在している所でも、計器設置による他作業への障害は少ないです。

地盤伸縮計と感太郎の利点・欠点

比較項目			地盤伸縮計	感太郎
設置位置	ブロック冠頭部	引張運動による平行移動的な変動	○	×
	ブロック末端部	圧縮運動による傾斜変動	×	○
	崩壊ブロックが明瞭でない場合		ブロック境界（亀裂）を跨いで設置が基本なので、明瞭でない場合は設置位置の選定が難しい。	明瞭でない場合は、等間隔配置やグリッドシステムで対応する。
施工性	設置の安易性		3人/日で2ヶ所	2人/日で8ヶ所
	移設の安易性		×	○
	他作業への障害	スペース	必要スペースが長い（10×1m）ので障害になりやすい	必要スペースが狭い（1×1m）ので障害になりにくい
		基地局までの配線	ケーブル配線となり障害になりやすい。無線利用の場合は無線ユニット装着となり高価。	無線利用で障害回避
管理基準値の有無	公的機関		○	×
	学協会表彰		-	○

【日本国内における監視実績】



※北は「北海道」から南は「沖縄」まで、監視実績は全国にあります。

❖ 監視を減災に活かすために

「変化を見逃さない」

中央開発(株)は、この姿勢で地盤の監視に取り組めます。

そのために、以下の項目についても、日夜研究と努力を積み重ねています

- 計測器の設置・選定

どこにどのような計測器を設置すると、変動を察知しやすいか？

- 計測時間と監視の着目点

どのような時間間隔で、何に着目すると変化が捉えられるか？

- 計測器の誤作動・不具合による誤報の防止

クロスチェック(複数機器でのチェック、複数機種でのチェック)により、どのように対処するか？

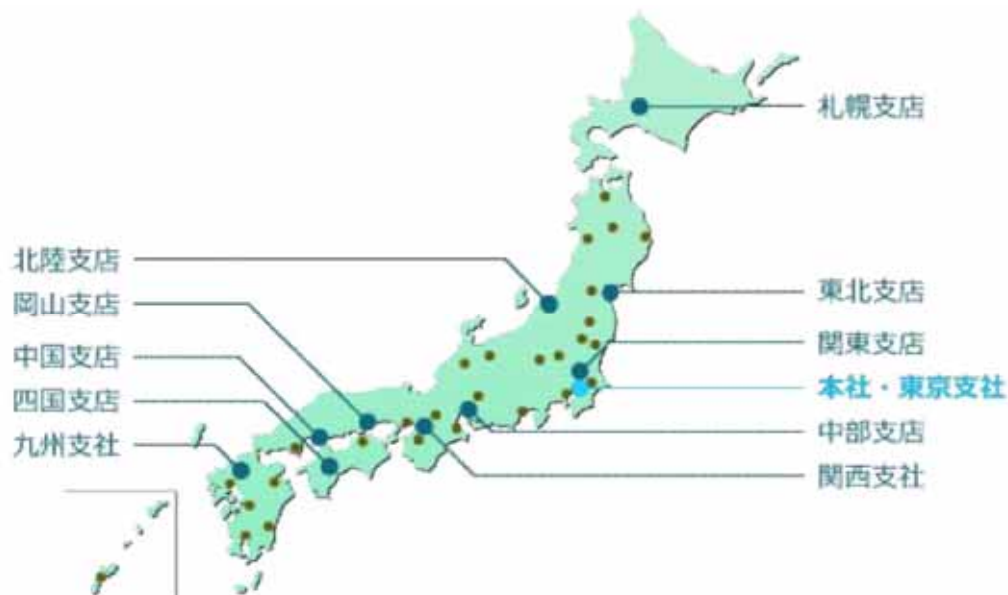
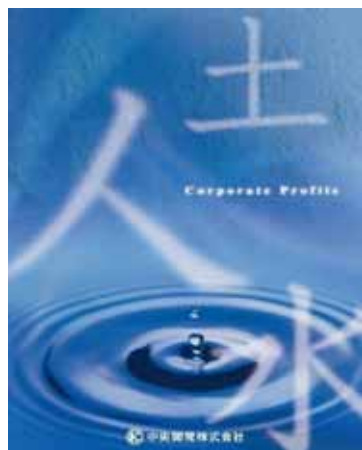
- 管理基準値の設定

現場条件に適した管理基準値は何か？

- 経済性とリスクのバランス

経済性とリスクのバランスは、どのような割合が良いか？

- 中央開発株式会社 全国ネットワーク



■ 技術サポート

本社 防災モニタリング事業部 担当：山口・藤谷・後藤

〒169-8612 東京都新宿区西早稲田3-13-5

Tel 03-3208-5252 Fax 03-3232-3625

E-mail : yamaguchi.h@ckcnet.co.jp