

# 社会インフラにおける モニタリング技術の 活用に向けた取組事例

# モニタリング技術の活用に向けた取組事例一覧（1/2）

No	名称	構造物の材料	施設分類	計測手段	主な計測内容
1-1	護岸ブロックの流出検知による河川護岸監視	コンクリート	岸壁・護岸	物理センサ	変位
1-2	栈橋上部工 床版等のひずみ量モニタリング	コンクリート	栈橋	物理センサ	変位
1-3	滑走路栈橋の変位把握による健全度評価	コンクリート	栈橋	物理センサ	変位
1-4	光ファイバによるひずみ把握	コンクリート	橋梁・トンネル	物理センサ	変位
1-5	塩害コンクリート橋の架け替えまでの変位監視	コンクリート	橋梁	物理センサ	変位
1-6	補修・補強を行ったコンクリート橋の長期モニタリング	コンクリート	橋梁	物理センサ	変位
1-7	橋梁モニタリングシステムの適用性検討	コンクリート・鋼	橋梁	物理センサ	変位
1-8	亀裂変位計および水管式沈下計による損傷橋梁のモニタリング	コンクリート	橋梁	物理センサ	変位
1-9	公益共同溝の光ファイバによる変状監視	コンクリート(埋設構造物)	共同溝	物理センサ	変位
1-10	結氷港湾における水中部の劣化診断	コンクリート(埋設構造物)	岸壁・護岸	物理センサ	音・振動
1-11	広角カメラや衝撃弾性波などによる下水道管渠のモニタリング	コンクリート(埋設構造物)	下水道	物理センサ	音・振動
1-12	栈橋上部工の腐食モニタリング	コンクリート	栈橋	物理センサ	その他(電気)
1-13	走行型計測車両を適用した移動体による変位観測	コンクリート	トンネル	光学センサ	形状
1-14	画像による壁面劣化把握	コンクリート	トンネル	光学センサ	その他(熱)

# モニタリング技術の活用に向けた取組事例一覧 (2/2)

No	名称	構造物の材料	施設分類	計測手段	主な計測内容
2-1	東京港臨港道路の橋梁動態把握	鋼	橋梁	物理センサ	変位
2-2	本四連絡橋の動態把握システム	鋼	橋梁	物理センサ	変位
2-3	破断検知線を用いた鋼橋の疲労損傷モニタリング	鋼	橋梁	物理センサ	変位
2-4	亀裂発生箇所のセンサによる状況監視	鋼	橋梁	物理センサ	変位
2-5	新湊大橋の耐風対策工効果把握のための振動観測	鋼	橋梁	物理センサ	音・振動
2-6	電気防食化した栈橋鋼管杭部の腐食状況把握	鋼	栈橋	物理センサ	その他(電気)
2-7	ひずみ可視化シートによる構造部材劣化検知	コンクリート、鋼等	橋梁	光学センサ	その他(熱・光等)
3-1	光ファイバセンサを活用した道路斜面モニタリング	土	斜面	物理センサ	変位
3-2	傾斜・ひずみセンサによる道路施設モニタリングシステム	土	斜面	物理センサ	変位
3-3	既設アンカーの荷重計による緊張力監視	土	斜面	物理センサ	変位
3-4	GPSセンサによる法面の位置ずれ把握	土	斜面	物理センサ	変位
3-5	デジタル画像計測による斜面モニタリングシステム	土	斜面	光学センサ	形状
3-6	干渉SAR解析による地盤変動監視	土	地盤	マイクロ波センサ	形状
4-1	GPSを用いた堤体の変位計測による健全度評価	その他(岩石・土砂)	ダム	物理センサ	変位
4-2	特殊車両走行重量計測システム	その他(アスファルト)	道路	物理センサ	変位
4-3	カメラ・センサを搭載した車両による道路現況計測システム	その他(アスファルト)	道路	光学センサ	形状
4-4	鉄道道床変位自動検知システム	その他(鉄道)	鉄道	光学センサ	形状

# モニタリング技術の活用に向けた取組事例の分類

計測手段	物理センサ			光学センサ	
計測内容	変位	音・振動	その他 (電気等)	形状	その他 (熱・光等)
コンクリート	岸壁・護岸 1-1 栈橋 1-2 1-3 橋梁 1-4 1-5 1-6 1-7 1-8 共同溝 1-9 埋設構造物	岸壁・護岸 1-10 下水道 1-11 埋設構造物	栈橋 1-12	トンネル 1-13	トンネル 1-14
鋼	橋梁 2-1 2-2 2-3 2-4	橋梁 2-5	栈橋 2-6		橋梁 2-7
土	斜面 3-1 3-2 3-3 3-4			斜面/ 地盤 3-5 3-6	
その他	その他 4-1 4-2			その他 4-3 4-4	

- 1-1. 護岸ブロックの流出検知による河川護岸監視
- 1-2. 栈橋上部工床版等のひずみ量モニタリング
- 1-3. 滑走路栈橋の変位把握による健全度評価
- 1-4. 光ファイバによるひずみ把握
- 1-5. 塩害コンクリート橋の架け替えまでの変位監視
- 1-6. 補修・補強を行ったコンクリート橋の長期モニタリング
- 1-7. 橋梁モニタリングシステムの適用性検討
- 1-8. 亀裂変位計および水管沈下計による損傷橋梁のモニタリング
- 1-9. 公益共同溝の光ファイバによる変位監視
- 1-10. 結水港湾における水中部の劣化把握
- 1-11. 広角カメラや衝撃弾性波などによる下水道管渠のモニタリング

- 1-12. 栈橋上部工の腐食モニタリング
- 1-13. 走行型計測車両を適用した移動体による変位観測
- 1-14. 画像による壁面劣化把握
- 2-1. 東京港臨港道路の橋梁動態把握
- 2-2. 本四連絡橋の動態把握システム
- 2-3. 破断検知線を用いた鋼橋の疲労損傷モニタリング
- 2-4. 亀裂発生箇所センサによる状況監視
- 2-5. 新湊大橋の耐風対策工効果把握のための振動観測
- 2-6. 電気防食化した栈橋鋼管杭部の腐食状況把握
- 2-7. ひずみ可視化シートによる構造部材劣化検知

- 3-1. 光ファイバセンサを活用した道路斜面モニタリング
- 3-2. 傾斜・ひずみセンサによる道路施設モニタリングシステム
- 3-3. 既設アンカーの荷重計による緊張力監視
- 3-4. GPSセンサによる法面の位置ずれ把握
- 3-5. デジタル画像計測による斜面モニタリングシステム
- 3-6. 干渉SAR解析による地盤変動監視
- 4-1. GPSを用いた堤体の変位把握による健全度把握
- 4-2. 特殊車両走行重量計測システム
- 4-3. カメラ・センサを搭載した車両による道路現況計測システム
- 4-4. 鉄道道床変位自動検知システム

番号	1-1	構造物の材料	コンクリート構造物	計測手段	物理センサ	計測内容	変位
名称	護岸ブロックの流出検知による河川護岸監視						
適用施設	涸沼川の河川堤防			施設分類	岸壁・護岸		
背景・目的	河川等の堤防の壁面の損傷の有無や程度を損傷箇所に対応付けて検知し、損傷の状態をより正確に判定することができる護岸監視システムの開発は、河川や海と接する壁面の詳細な状態を直接に、かつ自動的、正確に検出し、護岸壁のメンテナンスや洪水時の対応に有用な情報を得るために実施された。						
概要	加速度センサにより護岸ブロックの健全性を監視する。						

## モニタリング技術活用イメージ

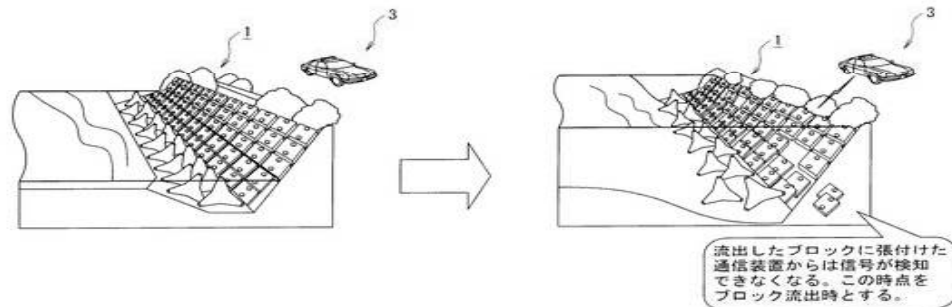


写真-5.1.5 センサー設置状況



図-5.1.10 Web画面表示

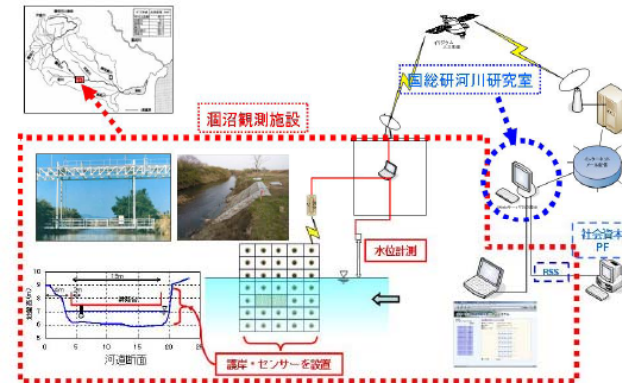


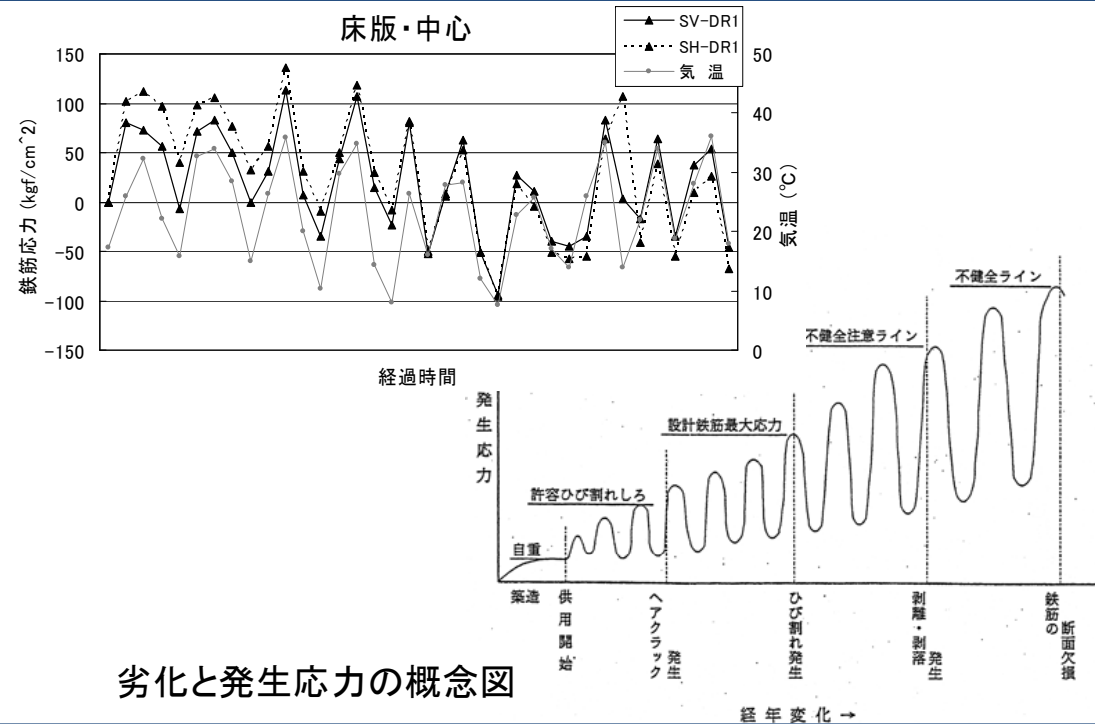
図-5.1.11 変状検知センサーシステム (涸沼川洪水観測施設)

## 成果・残された課題

- 構造物に設置したセンサが相互に無線通信すること（アドホックネットワーク）により変状箇所を検知できることが確認でき、有線による計測方法より設置コストや変状後の再設置コストを縮減できることが確認された。
- 欠損箇所の検出時間は、欠損した箇所数によっては時間がかかる場合があるため、センサの検索速度を向上させる必要がある。
- センサで使用する電池の使用期限は約1年間であるため、長期運用（数年）の際は定期的な交換が必要である。

番号	1-2	構造物の材料	コンクリート構造物	計測手段	物理センサ	計測内容	変位
名称	栈橋上部工床版等のひずみ量モニタリング						
適用施設	千葉港	施設分類	港湾（栈橋）				
背景・目的	コンクリート部材のひずみ量変化の把握を目的として、1997年5月より千葉港の栈橋上部工にてモニタリングを実施している。						
概要	コンクリートおよび鉄筋に応力センサーを設置し、ひずみ量の経年変化をモニタリングしている。						

### モニタリング技術活用イメージ



### 成果・残された課題

- コンクリート部材の構造性能を直接的にモニタリングできる可能性があることが判明
- データのばらつきの取り扱い、性能限界値の設定
- センサ・ケーブル類の耐久性が今後の課題

番号	1-3	構造物の材料	コンクリート構造物	計測手段	物理センサ	計測内容	変位
名称	滑走路棧橋の変位把握による健全度評価						
適用施設	羽田空港（D滑走路の埋立部や棧橋部等）	施設分類	空港（棧橋）				
背景・目的	羽田空港D滑走路は、埋立部・棧橋部・埋立/棧橋接続部・連絡誘導路部と4つの部分からなる複雑な構造であり、ある程度の変位を許容する設計であるため、施工中から供用後に至るまでの継続的なモニタリングが必要となる。施工初期から供用後10年間に蓄積された沈下量・変形量に基づき、構造物の健全度評価を実施。						
概要	羽田空港D滑走路において、施工時点より構造体各部の挙動を把握するため、傾斜計・水圧式沈下計・ひずみ計・GPSなど各種計器類を設置してモニタリングを行う。施工完了・供用開始後も、長期にわたって継続的にデータ計測とモニタリングを実施する。						

## モニタリング技術活用イメージ

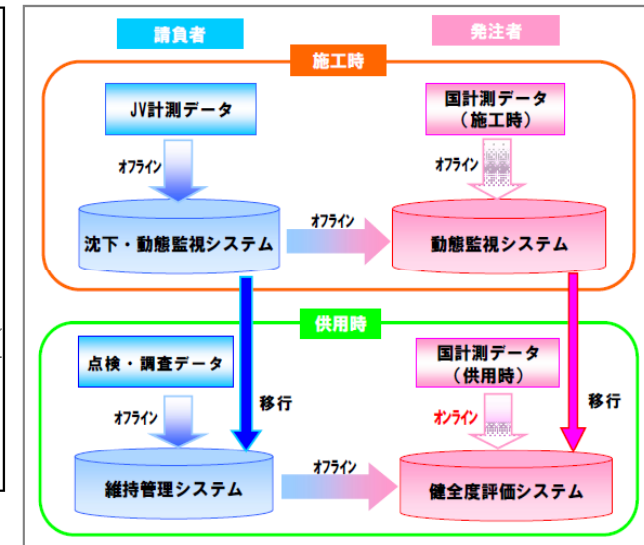
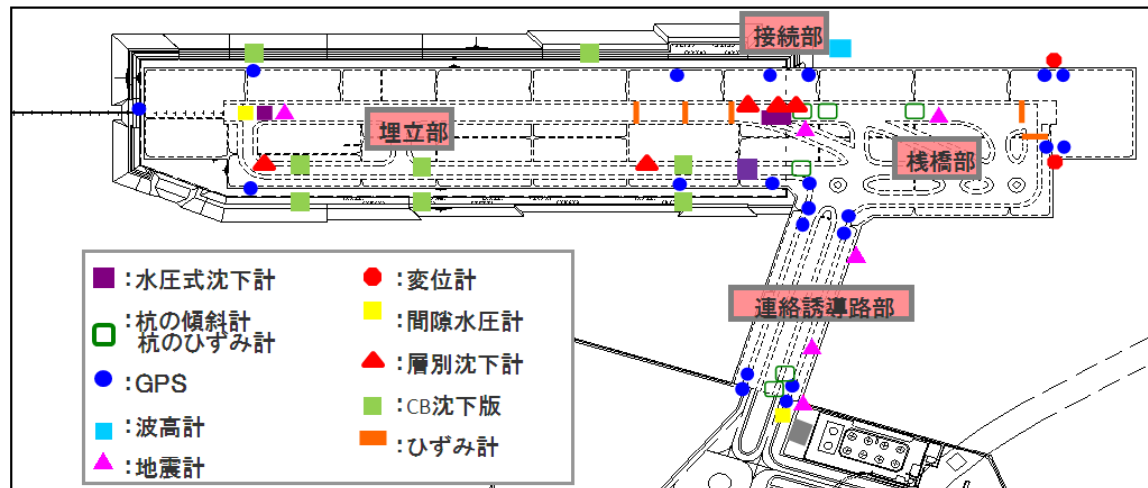


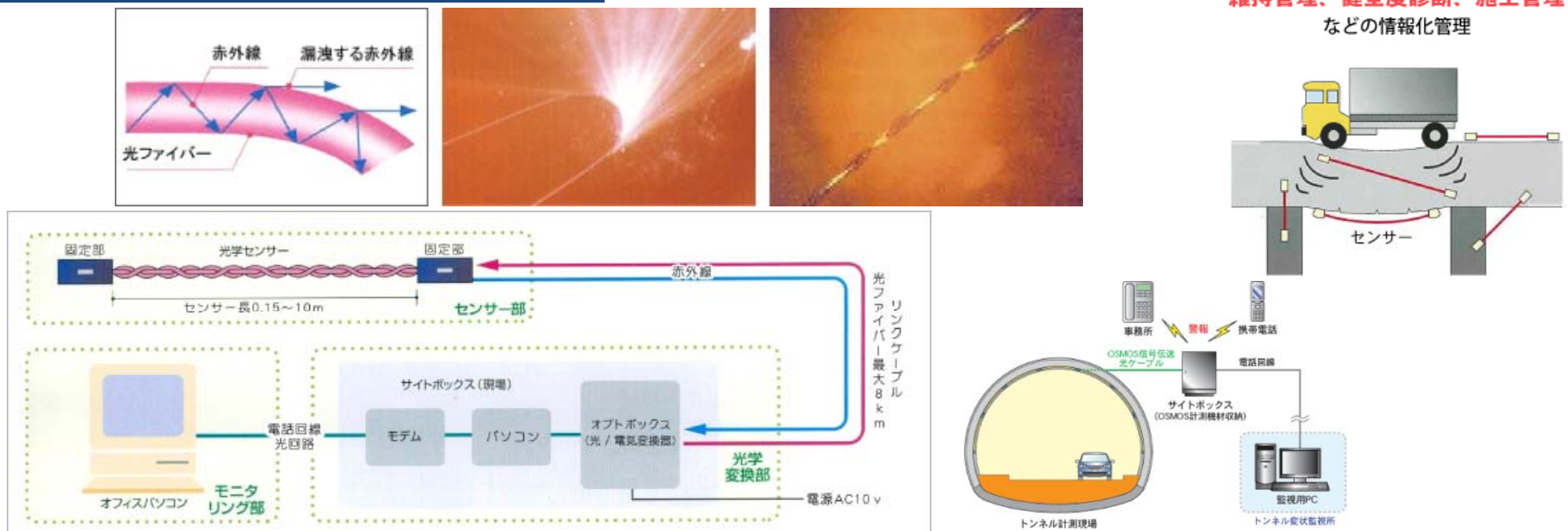
図-2 長期モニタリングシステムイメージ図

## 成果・残された課題

- 目視では確認がとれない不同沈下の動向を観測できた
- 地震発生時に早い段階で変異を確認することができ、早期運用の再開を行うことが可能

番号	1-4	構造物の材料	コンクリート構造物	計測手段	物理センサ	計測内容	変位
名称	光ファイバによるひずみ把握						
適用施設	国交省や地方公共団体が管理する一部の橋梁・トンネル		施設分類	橋梁、トンネル			
背景・目的	光ファイバセンサーを用いて、構造物の相対変位をモニタリングすることで、構造物の維持管理、健全度診断、施工管理を効率化する。						
概要	赤外線が光ファイバの曲がり部において漏洩し、通過する赤外線の強度が変化するマイクロベンディングの原理を利用して、構造物の相対変位を光ファイバセンサーにより計測する。リンクケーブル（最大8km）を経てサイトボックスでモニタリングし、電話回線・光回線を使って事務所等に通知する。						

### モニタリング技術活用イメージ



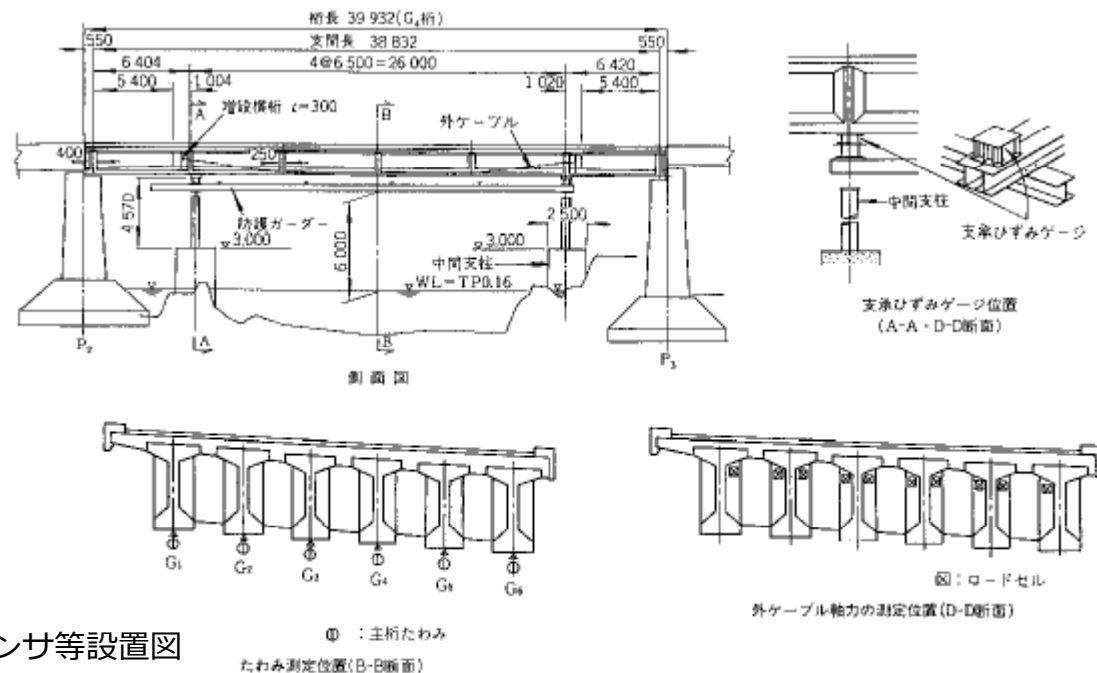
- 成果・残された課題**
- 管理者の作業負担を軽減可能（電気代、通信費、年1回の定期点検費用をコスト負担のみ）
  - 光ファイバを利用しているため、電気ノイズや耐水性に優れており、通常ノイズに埋もれるような微細な変化も捉えることが可能
  - 供用中の施設への適用（目的に応じた情報取得）が可能
  - 2003年10月から現在にかけて長期的にモニタリングを継続している実績がある
  - 計器などのイニシャルコストが大きいので、構造物の挙動を代表する箇所を予め設定し、測定対象を絞り込む必要がある。
  - 測定目的や測定対象に合わせたセンサー（光学ストランド、光学伸縮計）を選定する必要がある。



番号	1-5	構造物の材料	コンクリート構造物	計測手段	物理センサ	計測内容	変位
名称	塩害コンクリート橋の架け替えまでの変位監視						
適用施設	暮坪陸橋	施設分類	橋梁				
背景・目的	塩害劣化により架け替え予定であった暮坪陸橋（橋長144mの単純PCポストテンションT桁橋）について、供用終了までの期間、変状の進行をモニタリングする必要が生じた。						
概要	差動トランス型変位計（6箇所）、ロードセル（10箇所）、取付け型ひずみ計（11箇所）を設置し、それぞれ主桁スパン中央のたわみ、外ケーブルの軸力、昼間支柱の支承の反力を計測した。計測値が所定の監視基準を超えた際には、通行止め・調査等の対応を講じることとした。						

## モニタリング技術活用イメージ

### 暮坪陸橋の塩害状況（主桁PC鋼材の破断）



センサ等設置図

### 成果・残された課題

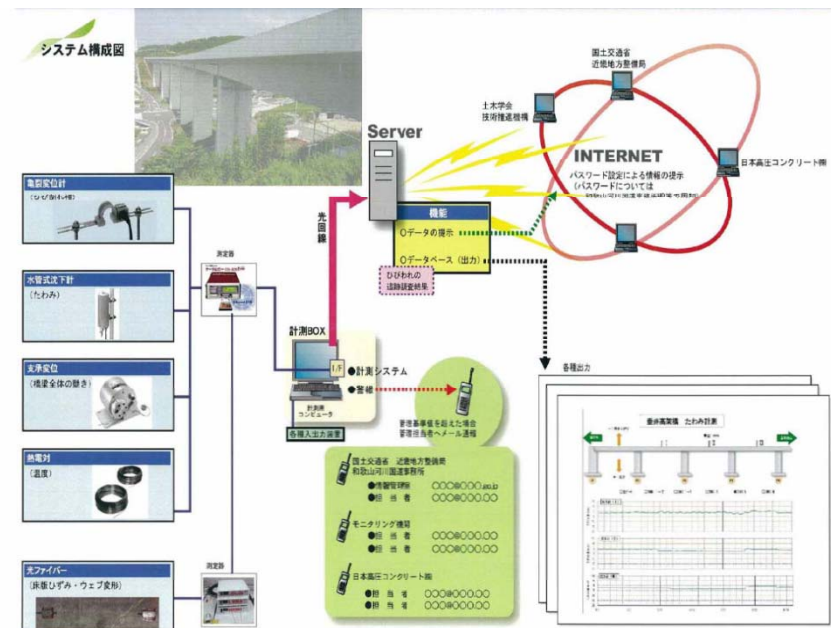
- 道路管理者が通行の可否を判断する材料として活用。
- モニタリング期間中に、有意とみられる変化が確認されたため、危険度が増したと判断し支柱の補強を実施。

番号	1-6	構造物の材料	コンクリート構造物	計測手段	物理センサ	計測内容	変位
名称	補修・補強を行ったコンクリート橋の長期モニタリング						
適用施設	垂井高架橋			施設分類	橋梁		
背景・目的	補修・補強を行った垂井高架橋（橋長297mの7径間連続PRC箱桁ラーメン橋）について、補修・補強対策（ひび割れ注入工法、上面増厚工法、外ケーブル工法等）の効果持続性を監視するため、モニタリングを行った。						
概要	平成19年から10年間モニタリングを行う。上部工に設置した計測機器により連続計測を行い、事前に設定した閾値を超過した場合は、自動警報システムにより道路管理者および関係者に連絡を行う。						

## モニタリング技術活用イメージ

計測機器の種別・個数

計測項目	計測機器	設置数
床版ひずみ	光ファイバ	4
主桁ウェブ変形	光ファイバ	12
たわみ	水管式沈下計	3
ひび割れ幅	亀裂変位計	12
温度	熱電対	11
外ケーブル張力	ロードセル	4
支承変位	変位計	9



システム全体イメージ

## 成果・残された課題

- 道路管理者が通行の可否を判断する材料として活用（平成25年現在もシステム稼働中）。

番号	1-7	構造物の材料	コンクリート&鋼	計測手段	物理センサ	計測内容	変位
名称	橋梁モニタリングシステムの適用性検討						
適用施設	コンクリート橋：赤塚高架橋、小余綾高高架橋、矢切高架橋 鋼橋：大阪橋、玉川高架橋、荒川河口橋			施設分類	橋梁		
背景・目的	コンクリート橋（赤塚高架橋、小余綾高高架橋、矢切高架橋）および鋼橋（大阪橋、玉川高架橋、荒川河口橋）を対象として、橋梁モニタリングシステムの適用性検討を目的にひずみ、変位等の計測を実施した。						
概要	各橋梁に歪みゲージ、変位計、光系センサ、温度計を設置。これらの計測装置を光ファイバー通信網に接続し、計測値を管理センターに送信する。地震時には被害状況の即時把握（通行可否判断）を行い、通常時には車両重量計測（Weight-In-Motion）により橋梁に作用する自動車荷重や部材の応答等、疲労損傷に関するデータを取得した。						

## モニタリング技術活用イメージ

### コンクリート橋の計測



計測に用いた機器（一部）



### 鋼橋の計測



## 成果・残された課題

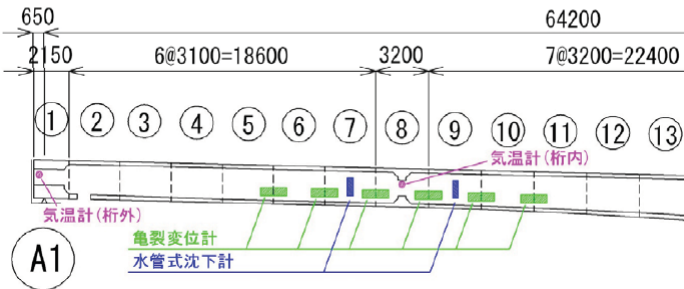
- モニタリングシステムを構築し、システムの耐久性を確認。
- 橋梁に作用する自動車荷重等の基礎的なデータを取得。
- 個別橋梁の劣化状況把握など、管理業務において計測データをどの様に用いるべきかについては、計測期間中の損傷状況との比較も含め、検討が必要。

番号	1-8	構造物の材料	コンクリート構造物	計測手段	物理センサ	計測内容	変位
名称	亀裂変位計および水管式沈下計による損傷橋梁のモニタリング						
適用施設	妙高大橋			施設分類	橋梁		
背景・目的	妙高大橋は昭和47年に竣工された橋梁である。平成21年にケーブルの破断が9本発見され、補修工事を実施したが、現在も橋梁の劣化が続いている。そこで、橋梁の異常を早期に発見するため、亀裂変位計や水管式沈下計を用いたモニタリングを実施した。						
概要	第1径間8ブロックを対象に、亀裂変位計（12箇所）や水管式沈下計（2箇所）を設置し、妙高大橋のたわみ量や目地の開きを監視する。変位の値によって、「注意レベル」、「警戒レベル」、「限界レベル」の基準値（案）を設定し、亀裂変位計や水管式沈下計で異常値を検知した場合は、自動で携帯電話にメールで通報される。						

### モニタリング技術活用イメージ

#### 第1径間8ブロックを中心にモニタリング

- ・亀裂変位計 × 12箇所
- ・水管式沈下計 × 2箇所



水管式沈下計



亀裂変位計



	管理レベル	主な対応
注意レベル	たわみ量 =15mm 目地変位 =0.2mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自動計測値を確認し、定時間隔で監視</li> <li>・CCTVで確認</li> <li>・パトロールにより交通状態や異常等の有無を確認</li> <li>・変形の増加原因を推定</li> <li>・原因特定や除去ができた場合は通常体制に戻す</li> <li>・注意レベルが頻繁に現れる場合は警戒レベルへ移行</li> </ul>
警戒レベル	たわみ量 =20mm 目地変位 =0.3mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>・専門技術者等に現地調査を要請し状態確認と原因を推定</li> <li>・大型車連行防止のために交通整理員を配置</li> <li>・詳細調査を実施し、損傷状況を把握</li> <li>・委員会を招集して助言を受ける</li> </ul>
限界レベル	たわみ量 =40mm 目地変位 =0.5mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>・交通規制を実施（旧道や高速道路へ迂回）</li> <li>・状況に応じて外ケーブルの2次緊張に着手</li> <li>・効果が確認できれば規制を緩和</li> <li>・効果が確認できない場合は迂回仮橋の構築等に着手</li> </ul>

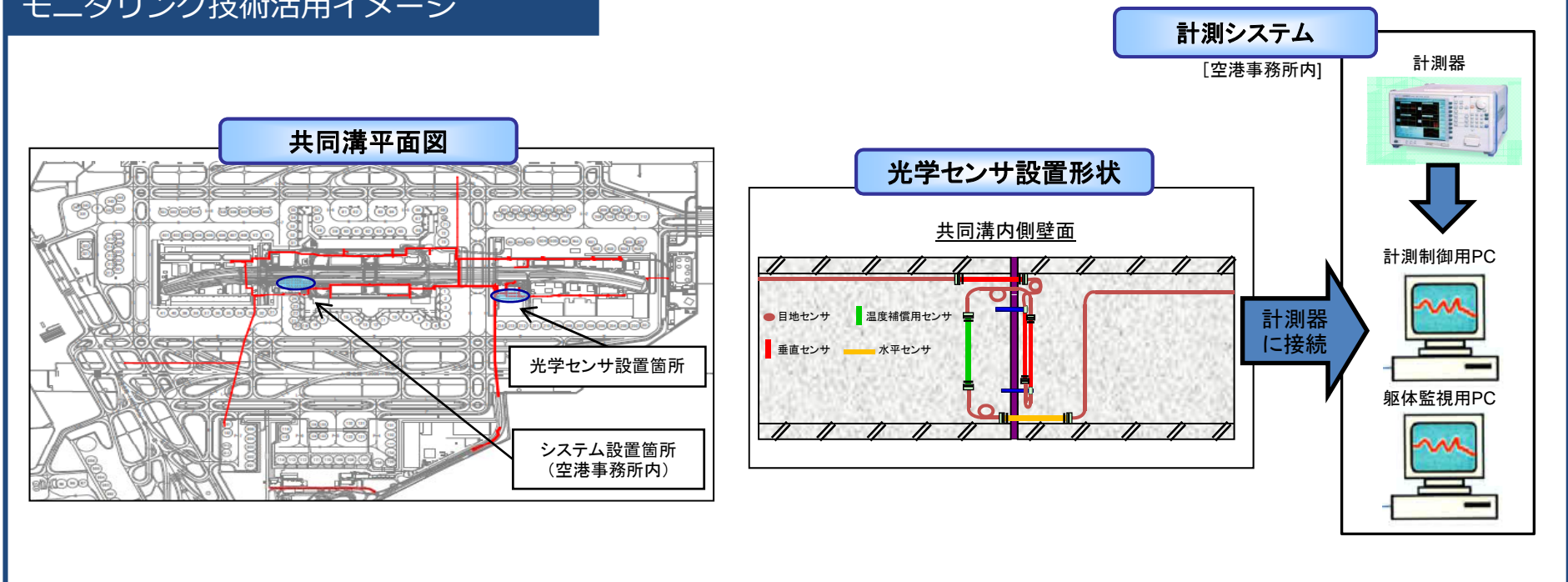
モニタリング管理基準(案)

#### 成果・残された課題

- ・亀裂変位計および水管式沈下計を設置することで、橋梁の異常を検知することが可能。
- ・モニタリングによって、劣化の進行把握および交通規制実施の判断材料となるデータを取得可能。
- ・高精度・経済的・簡単な非破壊調査技術の開発が今後の課題。

番号	1-9	構造物の材料	埋設構造物	計測手段	物理センサ	計測内容	変位
名称	公益共同溝の光ファイバによる変状監視						
適用施設	羽田空港（共同溝）			施設分類	空港（共同溝）		
背景・目的	羽田空港は埋立地であり、不同沈下による共同溝の変状が多数発生している。今後、適切な管理を行うためには、変状予測を適確に行うことが重要であり、共同溝の動向を自動計測できるようにシステムを試験的に導入した。						
概要	共同溝の内壁面に各種センサを設置して、変状をモニタリングする。計測したデータは、空港事務所内に設置した計測器、および計測制御用PCにて分析を行う。共同溝の計測環境並びに効率的計測性により、光ファイバーセンサを採用した。光学センサーから得られた変位情報は、計測システムにより計測・監視を行う。						

## モニタリング技術活用イメージ

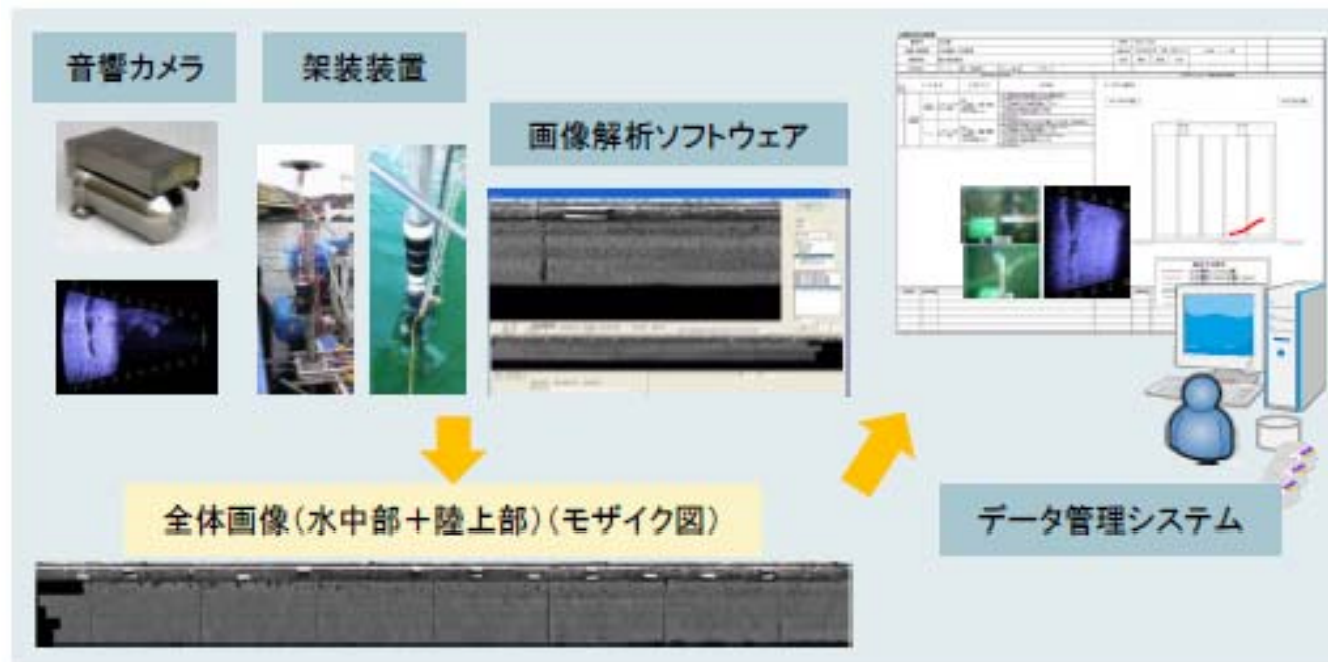


## 成果・残された課題

- 目視では確認がとれない不同沈下の動向を観測できる
- 地震発生時、変位を確認することにより、躯体異常の想定も可能

番号	1-10	構造物の材料	コンクリート	計測手段	物理センサ	計測内容	音・振動
名称	結氷港湾における水中部の劣化診断						
適用施設	港湾・漁港施設の水中構造物			施設分類	港湾（岸壁・護岸）		
背景・目的	港湾及び漁港施設における水中構造物の健全度診断は有効な点検手法が確立されておらず、潜水士による目視観察に頼っているのが現状である。特に、冬期間における結氷や流水により損傷を受けやすい港湾・漁港施設の水中構造物について、定期点検や緊急点検に対応する効率的な点検手法の開発が求められている。						
概要	濁水中でも撮影可能な音響カメラ、それを水深10mの位置まで固定可能な架装装置、得られた画像から岸壁面全体の写真を作成する画像解析ソフトウェア、及び画像から経年劣化の把握が可能なデータ管理システムからなる港湾構造物水中部劣化診断装置を開発した。						

### モニタリング技術活用イメージ



### 成果・残された課題

- 現状作業の効率化を図ることで、港湾および漁港施設の機能保全に寄与する点検計測システムを開発した。
- 港湾構造物水中部劣化診断装置は、音響カメラの低コスト化及び計測準備に時間がかかることから簡素化が必要。

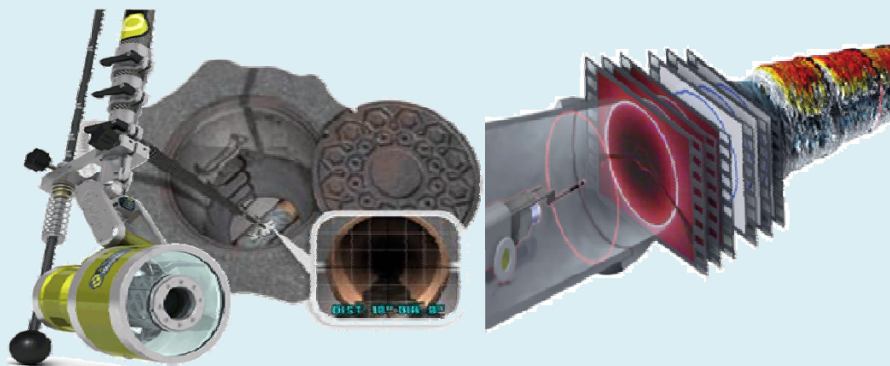
番号	1-11	構造物の材料	埋設構造物	計測手段	物理センサ、光学センサ	計測内容	変位、音・振動、その他(電気),形状
名称	広角カメラや衝撃弾性波などによる下水道管渠のモニタリング						
適用施設	八王子市、河内長野市、大阪狭山市、船橋市の下水道管路			施設分類	下水道		
背景・目的	膨大な管渠ストック（44万km）の老朽化が進行していることから、劣化状態を効率的に点検・調査し、より効果的な長寿命化対策を図る必要がある。新技術の実用化を加速することにより、施設の老朽化等による事故を未然に防ぐ。						
概要	老朽化が進む長大な下水道管渠を適切に管理するため、下水道革新的技術実証事業において、民間から公募のあったスクリーニング調査を核とした管渠マネジメントシステム技術をモデル処理区において構築・実証し、管渠のライフサイクルコストの低減と投資の最適化を図る。						

## モニタリング技術活用イメージ

### 管口カメラ点検＋展開広角カメラ・プロファイリング技術

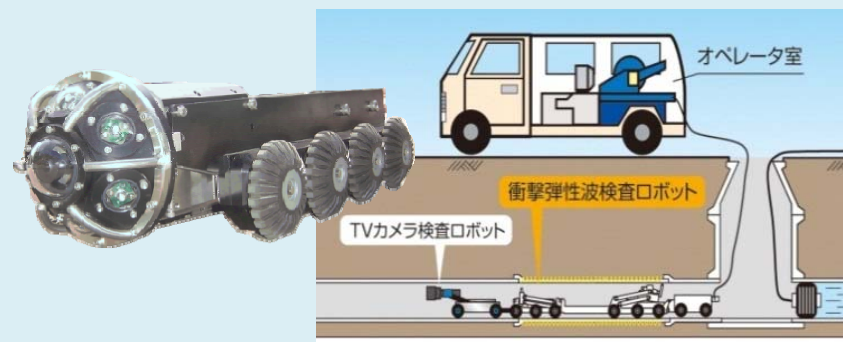
管口カメラ＋電気伝導度計

プロファイリング技術



### 広角カメラ＋衝撃弾性波法による検査技術

広角カメラ＋衝撃弾性波技術



成果・  
残された  
課題

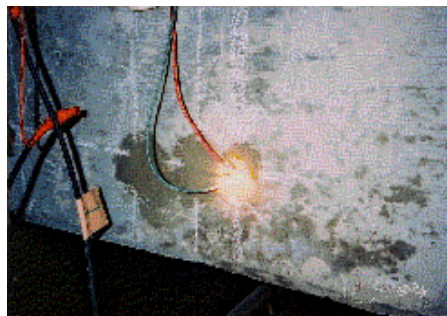
- 自治体への技術の普及展開を図るため、新技術のガイドラインを年度内に作成予定

番号	1-12	構造物の材料	コンクリート構造物	計測手段	物理センサ	計測内容	その他（電気）
名称	栈橋上部工の腐食モニタリング						
適用施設	横浜港、博多港、下関港、苅田港、小名浜港	施設分類	港湾（栈橋）				
背景・目的	コンクリート部材中の鋼材腐食状況の検知を目的として、2001年11月より横浜港、博多港、下関港、苅田港、小名浜港の栈橋上部工にてモニタリングを実施している。						
概要	建設後25年が経過したコンクリート中の鉄筋近傍にセンサーを埋設し、鉄筋の電気化学的特性値（自然電位・分極抵抗・コンクリート抵抗）をモニタリングしている。						

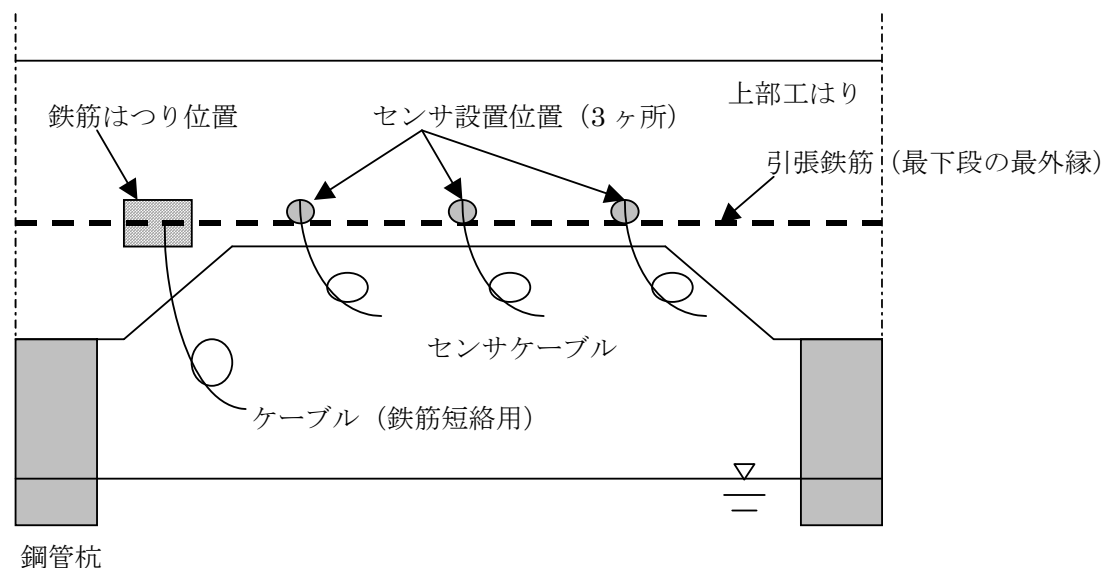
## モニタリング技術活用イメージ



腐食センサ



設置概要



## 成果・残された課題

- センサ設置時から対策実施まで腐食発生の兆候を捉えることに成功（結果を踏まえ2009年に補修工事を実施）
- データのばらつきの取り扱いが今後の課題
- センサ・ケーブル類の耐久性が今後の課題



番号	1-13	構造物の材料	コンクリート構造物	計測手段	光学センサ	計測内容	形状
名称	走行型計測車両を適用した移動体による変位観測						
適用施設	国交省や地方公共団体管理の一部トンネル		施設分類	トンネル			
背景・目的	従来の目視による道路トンネルの点検は、一般に片側通行規制で実施されるため、渋滞発生の原因となっていた。また、トンネル内の暗い中での点検では、見落としや点検員による判断の差などから、客観的な診断が困難であった。そこで、コンクリート構造物の表面状態について、交通規制を行うことなく、かつ定量的に把握するため、走行型計測車両を開発した。						
概要	車両に複数台のビデオカメラとレーザー計測装置を搭載し、走行しながらトンネル等のコンクリート構造物の表面状態を定量的に記録する。覆工壁面や断面形状の画像データおよびレーザーデータを基に、トンネル内のひび割れやうき、剥離、剥落等の損傷を把握する。						

## モニタリング技術活用イメージ

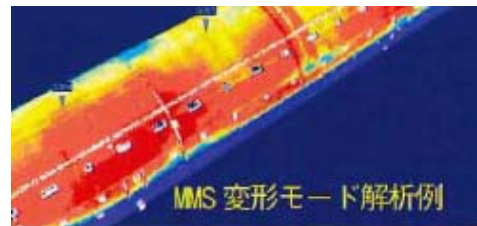
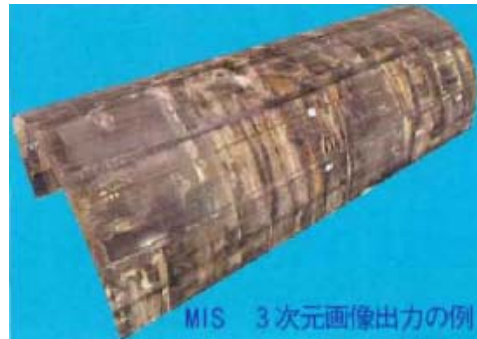
	パーツ	台数	備考
MIS 部	L E D 照 明	60 台	70W
	カ メ ラ	20 台	38 万画素
MMS 部	G P S	3 台	2 周波 1 台 1 周波 2 台
	I M U	1 台	3 軸 FOG/3 軸加速度計
	オ ド メ ト リ	1 台	右後輪
	レ ー ザ	2 台	13575 点 / 秒
	カ メ ラ	1 台	1000000 点 / 秒
車 両	いすゞ エルフ 3 トン		4WD エアサス仕様

### <構成>

項目	仕様	条件
位置精度 <sup>a)</sup>	車両自己位置	0.06m(rms)
	レーザー点 (5m)	0.10m(rms)
高  さ 精  度		0.15m(rms)
方  位  精  度		0.18" (rms)
ビ ッ チ 精  度		0.36" (rms)
ロ ー ル 精  度		0.72" (rms)
標 準 計 測 速 度	～ 50km/h	舗装道路走行時
最 高 計 測 速 度	80km/h	
段	最大 10cm	

### <仕様>

※ 公共座標との差異



### 高精度レーザ

100 万点 / 秒, 200 サイクル / 秒  
5000 点 / 周 (4mm 間隔)



## 成果・残された課題

- 高精細カメラによる連続撮影により、時速40～80km/h程度での計測が可能であるため、車線規制を行う必要がない
- すでに実務で稼働しており、平成22年度～平成24年度の期間においても、約93kmのトンネル（130以上のトンネル）を計測した実績がある
- 維持管理要領に位置付けるための明確な基準化が必要である

番号	1-14	構造物の材料	コンクリート構造物	計測手段	光学センサ	計測内容	その他（熱）
名称	画像による壁面劣化把握						
適用施設	国交省や地方公共団体が管理する一部のトンネル			施設分類	トンネル		
背景・目的	従来の調査方法（目視・打音調査）では、調査職員のスキルによって診断結果にばらつきが生じていた。また、対象となる構造物の大きさによっては、足場の組み立て・解体などの非効率的な作業が必要である。そこで、コンクリート構造物の劣化状況把握の効率化のため、画像診断技術を導入した。						
概要	高感度赤外線サーモグラフィによる「熱画像」と高解像度デジタルカメラによる「可視画像」を同時撮影し、画像処理することにより「ひび割れ」や「浮き・剥離」等を抽出する非接触型調査診断技術である。						

## モニタリング技術活用イメージ

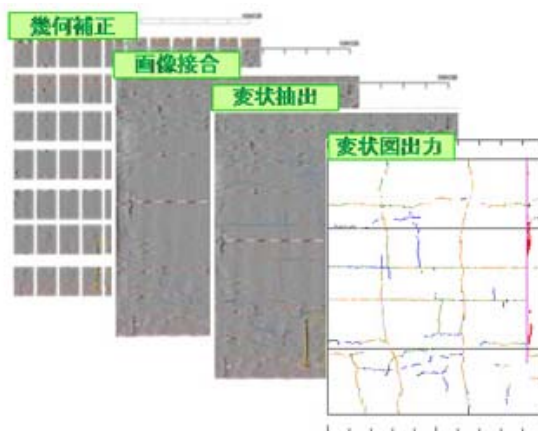


システム構成

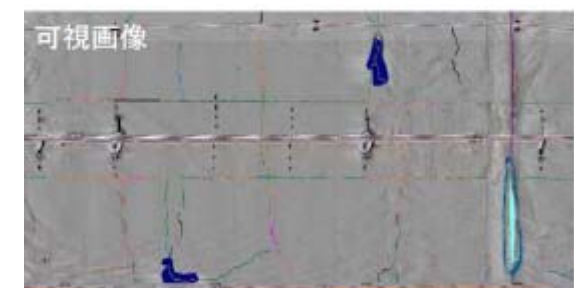
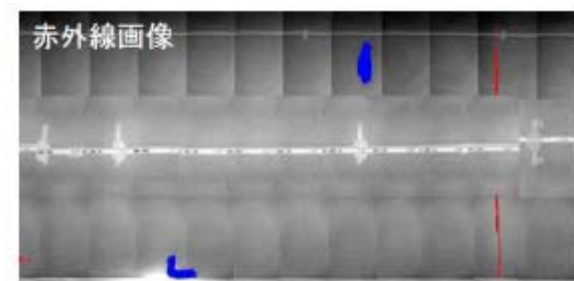


撮影機器

計測イメージ



画像解析のイメージ



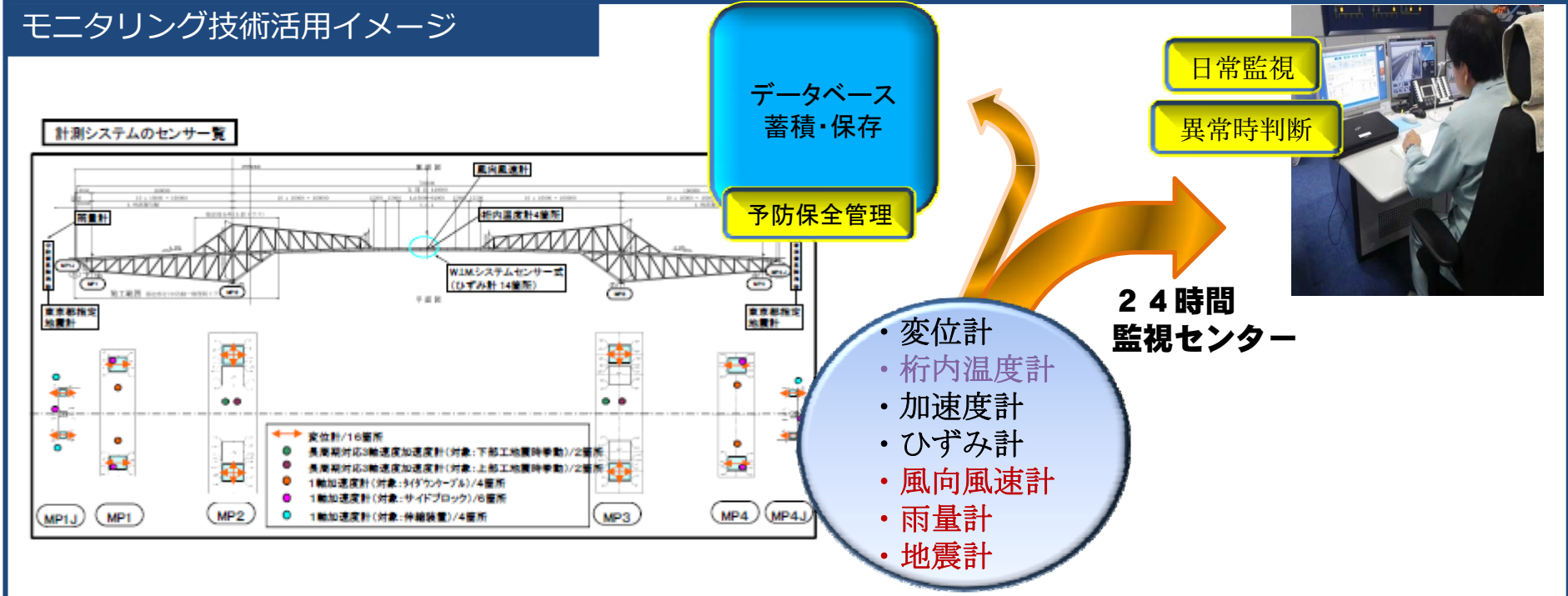
計測画像

## 成果・残された課題

- 従来の調査にあった調査員のスキルによって生じる診断結果のばらつきを防止することが可能
- 熱画像から、浮き、剥離、表層部の内部空洞、漏水等の把握が可能
- 可視画像から、ひび割れ、鉄筋露出、遊離石灰等の変状の把握が可能
- 橋梁やコンクリートダム等、他のインフラへの適用が可能
- 現在、撮影時は静止する必要がある、高速走行撮影方法への対応が課題である。

番号	2-1	構造物の材料	鋼構造物	計測手段	物理センサ	計測内容	変位
名称	東京港臨港道路の橋梁動態把握						
適用施設	東京ゲートブリッジ	施設分類	橋梁				
背景・目的	東京ゲートブリッジの主橋梁の維持管理計画のため、モニタリングを実施した。						
概要	橋梁に変位計、加速度計、ひずみ計、風向風速計、雨量計、地震計を設置し、日常監視し異常時の判断をする。また予防保全管理のため、計測データをデータベースへ蓄積・保存する。						

### モニタリング技術活用イメージ



### 成果・残された課題

・モニタリングシステムの活用を継続的に実施し、収集データからの情報を適切に判断し、目標とする「100年以上の供用」に取り組む

番号	2-2	構造物の材料	鋼構造物	計測手段	物理センサ	計測内容	変位
名称	本四連絡橋の動態把握システム						
適用施設	明石海峡大橋、大鳴門橋、瀬戸大橋、多々羅大橋、大三島橋等	施設分類	橋梁				
背景・目的	本州四国連絡橋は、日本を代表する長大橋梁群であり、建設までに設計手法が確立されていなかったため、暴風時及び地震時の橋体の挙動に、不明確な部分が多く存在していた。設計時に仮定した設計条件の妥当性検証と、長大橋梁の合理的設計への反映を目的として、供用当初より動態観測を実施している。						
概要	明石海峡大橋、大鳴門橋、瀬戸大橋、多々羅大橋、大三島橋等を対象として、地震計、加速時計、変位計を設置して挙動特性を把握した。また、明石海峡大橋は世界最大の吊橋であるという特性から、さらに下図に示すセンサを設置して観測を行った。また多々羅大橋は斜張橋ケーブルの風による振動、および振動対策の効果確認を行った。						

## モニタリング技術活用イメージ

### 明石海峡大橋の設置機器

計測機器	設置数
風向風速計	9
加速時計 および速度計	17
変位計	7
地震計	3
GPS観測機	3

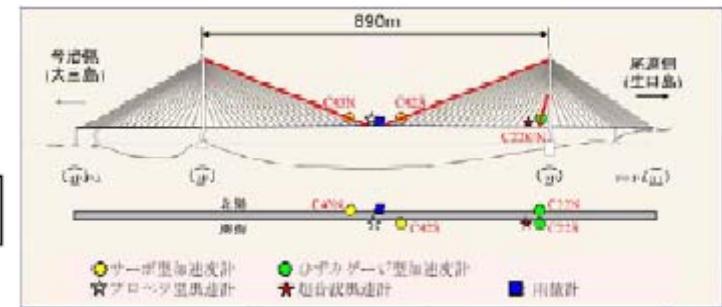
### 多々羅大橋の計測機器の種類と位置



サーボ型  
加速度計



超音波  
風速計



### 明石海峡大橋の動態観測設備



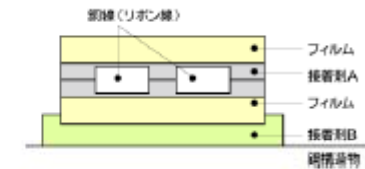
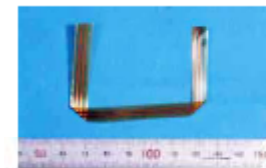
### 成果・ 残された 課題

- GPSを常設し、吊橋の挙動を長期にわたり連続計測するのは明石海峡大橋が初めてである
- 1998年の供用開始からの継続調査は、国内のモニタリング調査における先行的事例のひとつとなった

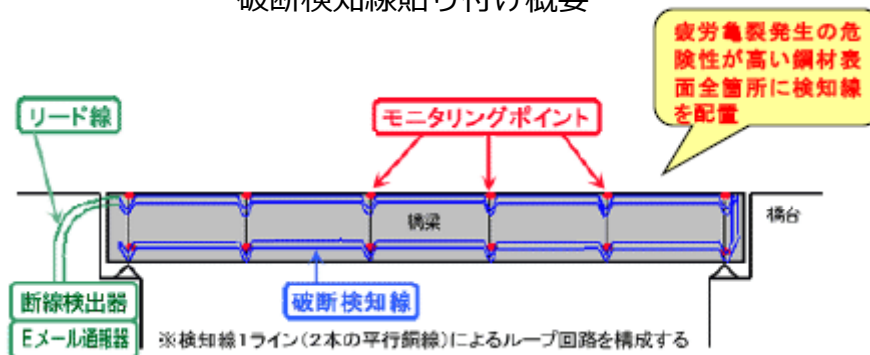
番号	2-3	構造物の材料	鋼構造物	計測手段	物理センサ	計測内容	変位
名称	破断検知線を用いた鋼橋の疲労損傷モニタリング						
適用施設	東海道新幹線の一部橋梁			施設分類	橋梁		
背景・目的	鋼構造物に発生する疲労損傷を、目視検査によらず早期かつ安価に発見可能なモニタリング手法として開発された。東海道新幹線における橋梁2橋について平成15年度よりモニタリングを行い、継続して経過観察中である。						
概要	破断検知線（2本の平行銅線で構成）を主桁の疲労想定箇所に、一筆書きの要領で貼り付けた。あわせて破断検出器を設置し、破断した際にはその情報をメールで管理者に自動通報するよう、システムを設計した。						

## モニタリング技術活用イメージ

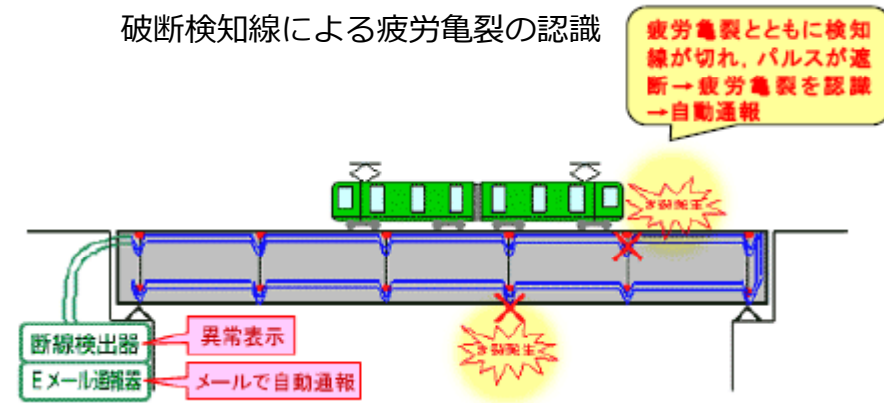
### 破断検知線



### 破断検知線貼り付け概要



### 破断検知線による疲労亀裂の認識



### 成果・残された課題

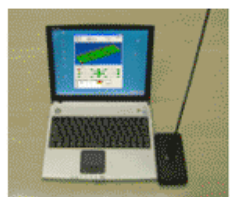
- 今回開発したモニタリング手法は、促進耐候性試験等で耐久性を確認した後、実際の橋梁にて適用している
- 断線の原因が疲労損傷か腐食かについては、導通の時系列変化により判別できる
- 本技術発表時（平成17年3月時点）で破断検知線の動作実績はない

番号	2-4	構造物の材料	鋼構造物	計測手段	物理センサ	計測内容	変位
名称	亀裂発生箇所のセンサによる状況監視						
適用施設	国道25号(名阪国道)神武川橋 (緊急復旧工事で設置したため、現在撤去)			施設分類	橋梁		
背景・目的	疲労亀裂の進展を監視するため、消費電力の少ない電池式の無線 I C タグで疲労亀裂の有無情報を発信する技術(クラックパトロールシステム)である。						
概要	疲労亀裂が想定される箇所や目視点検で発見した疲労亀裂箇所について、破断検知線と無線ICタグを設置し、遠隔監視を行う技術である。監視結果はPDA等でデータを受信し、疲労亀裂の進展を監視する。また、点検記録・履歴データをパソコンで閲覧・管理する。						

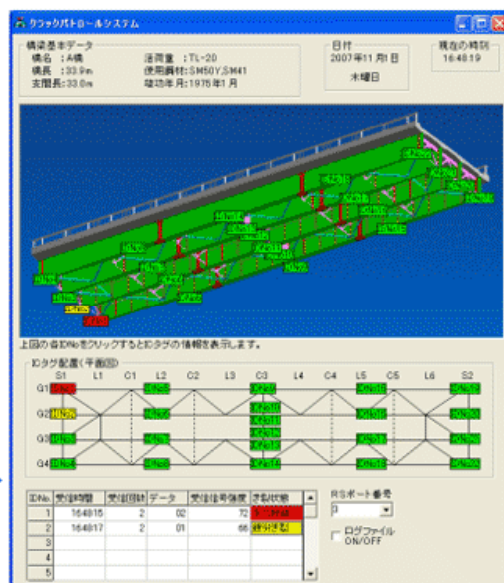
## モニタリング技術活用イメージ



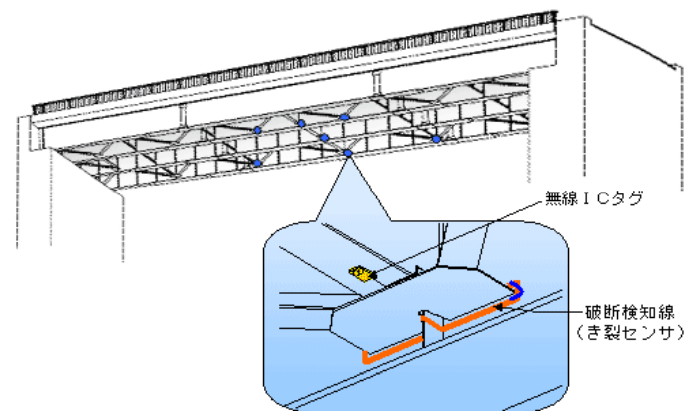
PDA (携帯情報端末)



専用アンテナとパソコン



クラックパトロールモニタ画面 (参考)



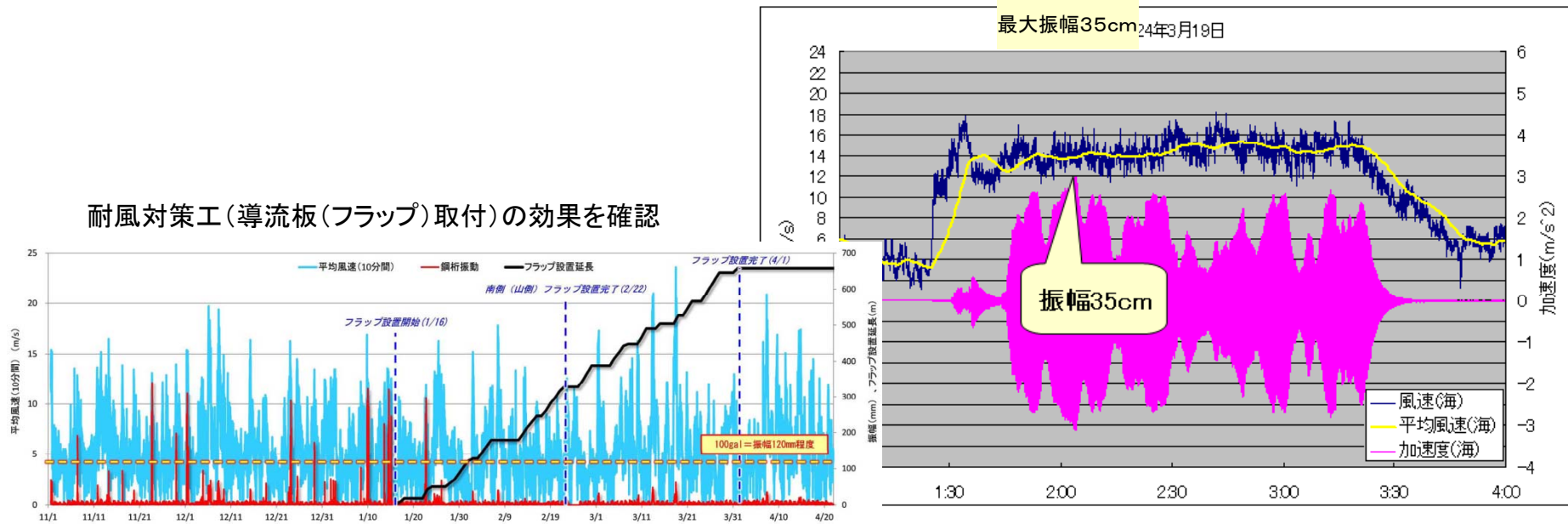
## 成果・残された課題

- 疲労亀裂の遠方監視(無線 I C タグにより 3 段階(正常・疲労亀裂・永久断線)の情報を発信)が可能
- ICタグに搭載されている L E D の点滅状態でも、3 段階の判別が可能
- 塗膜のはがれ・浮きが懸念される場合には、塗膜をケレン後に破断検知線を設置する必要がある

番号	2-5	構造物の材料	鋼構造物	計測手段	物理センサ	計測内容	音・振動
名称	新湊大橋の耐風対策工効果把握のための振動観測						
適用施設	新湊大橋	施設分類	港湾（橋梁）				
背景・目的	新湊大橋（伏木富山港（新湊地区）臨港道路東西線）の中央径間部を閉合したところ、主橋梁部の鋼桁に規則的な振動が観測されたことから、その発生原因と対策を検討するため、平成24年3月から平成26年2月までモニタリングを実施した。						
概要	主橋梁部の中央に加速度計を内蔵した振動計を設置し、鋼桁の振動を24時間記録した。記録データは職員が定期的に収集したが、データの解析は発注した業務において実施した。整備局所有のポータブル微動/強震観測キット、振動計測デジタイザー（データ蓄積用）を使用した。						

## モニタリング技術活用イメージ

### 風向・風速と主橋梁部の鋼桁に発生した振動の関係を解析

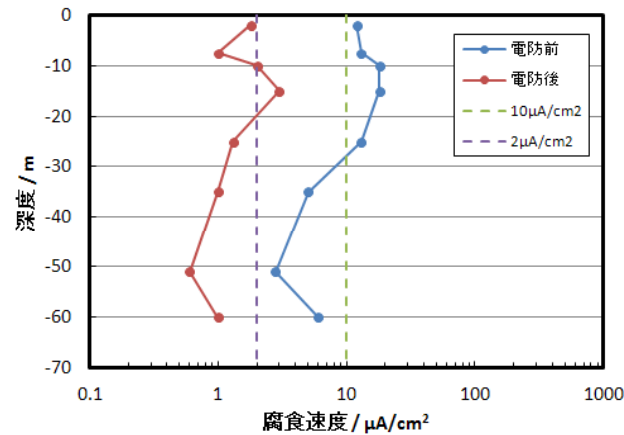


### 成果・残された課題

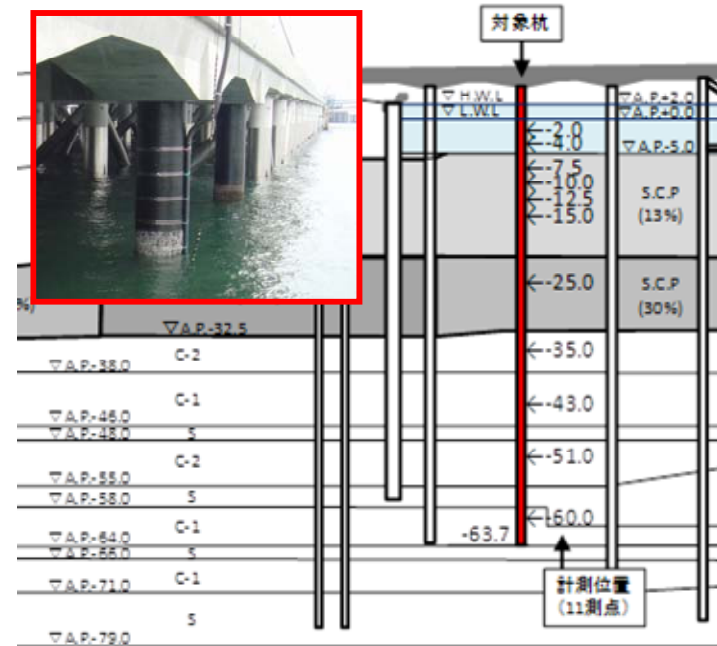
- 主橋梁部の鋼桁に発生した鉛直たわみ振動を正確に観測することができた。
- 耐風対策工（導流板（フラップ））取付の効果を正確に確認することができた。
- 解析は、専用ソフトを使用すれば直営でも実施可能であるが、データ量が多く、分析・評価にあたっては、外部の専門知識が必要であった。

番号	2-6	構造物の材料	鋼構造物	計測手段	物理センサ	計測内容	その他（電気）
名称	電気防食化した栈橋鋼管杭部の腐食状況把握						
適用施設	羽田空港（連絡誘導路の鋼管杭）			施設分類	空港（栈橋）		
背景・目的	海底土中部における電気防食の効果に関する実態把握（実態が不明確なため）のため、2010年2月より羽田空港連絡誘導路の鋼管杭部にてモニタリングを実施している。他に同様の事例として、東京港大井ふ頭ジャケット式栈橋、および横浜港南本牧ふ頭鋼矢板式セル護岸がある。						
概要	鋼管杭の表面にセンサ（面積既知の鋼材試験片、照合電極等）を設置し、海底土中部の防食状態についてモニタリングを行っている。						

### モニタリング技術活用イメージ



腐食速度の深度分布(海底土中部)



調査対象杭および計測位置

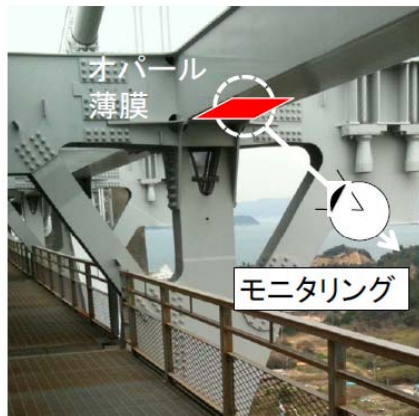
### 成果・残された課題

- 事前にセンサ等を設置することで、土中部の鋼材の腐食・防食状態を把握することに成功
- センサ・ケーブル類の耐久性が今後の課題

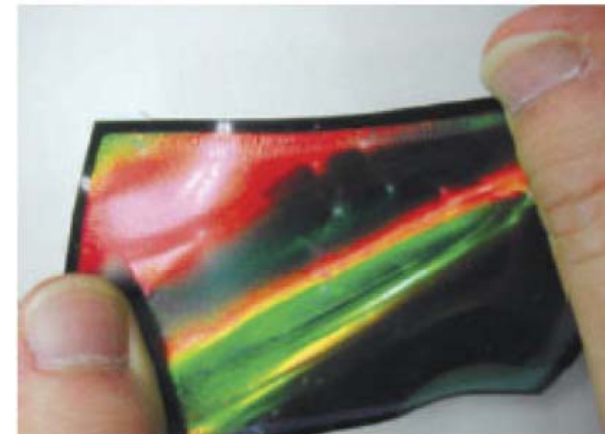
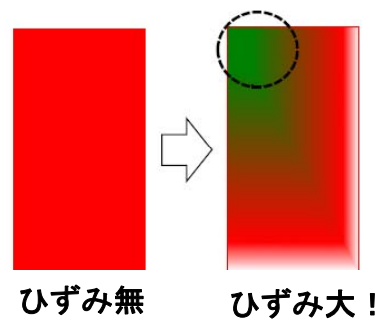


番号	2-7	構造物の材料	鋼構造物、コンクリート構造物ほか	計測手段	光学センサ	計測内容	その他 (熱・光等)
名称	ひずみ可視化シートによる構造部材劣化検知						
適用施設	-			施設分類	橋梁		
背景・目的	鉄鋼、コンクリート構造物の劣化モニタリングでは、X線、近赤外線、超音波測定を用いて間接的に破断箇所を測定するなど様々な非破壊検査方法が存在するが、安価で精度良高く広範囲の劣化分布情報を得るのは難しい。このため、新規機能材料を活用して、構造部材劣化検知（ひずみ、き裂、酸素、温度、pH）に特化した技術として応用・最適化し、実用化への基礎とすることを目的とする。						
概要	オパール塗膜の構造色が変化する新材料の検討を行い、金属の変形による歪みを色変化として可視化でき、さらに、変形量を分光器で簡便に測定できる新技术を開発する。（研究継続中）						

## モニタリング技術活用イメージ



### ひずみを色で検出



変形によって色が変化する材質

構造物の目視診断におけるオパール薄膜の適用イメージ

### 成果・残された課題

現在も研究を継続しており、今後、①ひずみ可視化シートの土木構造物への最適化、②既存技術と構造解析によるひずみ検出の検証、③構造部材への適用性の検証を行っていく。

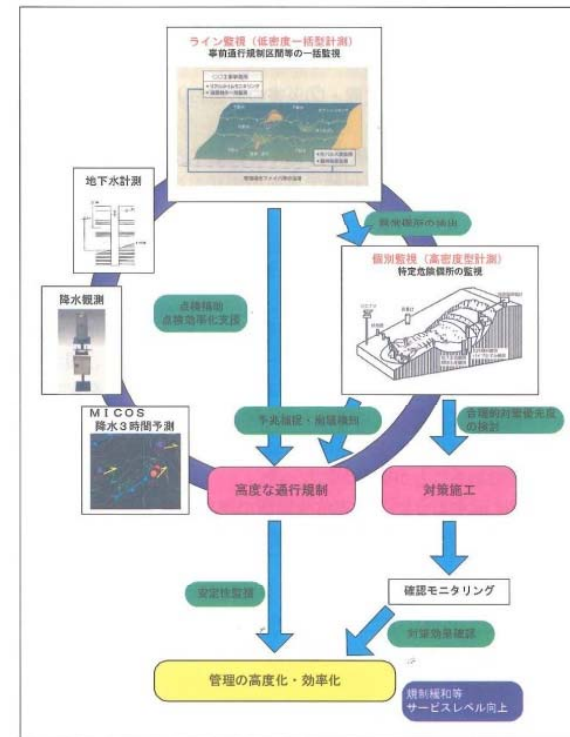
番号	3-1	構造物の材料	斜面構造物	計測手段	物理センサ	計測内容	変位
名称	光ファイバセンサを活用した道路斜面モニタリング						
適用施設	国道49号、国道52号等			施設分類	斜面		
背景・目的	日常的に監視を行う必要のある道路斜面は膨大な数にのぼり、これら斜面を効率的かつ効果的に監視する技術に対する現場のニーズは大きい。このため、光ファイバセンサを活用した道路のり面・斜面の監視・計測に関して、崩壊を効率的に検知するためのセンサの設置・施工法や計測技術等の開発、実斜面フィールド試験による検証、管理基準値等の監視計測システムの運用方法の確立などを目的とした研究を行い、道路斜面防災管理の高度化に資する。						
概要	斜面崩壊形態の予測手法及び光ファイバセンサの要求性能の検討、光ファイバセンサによる道路のり面・斜面の監視・計測技術の開発、実斜面フィールド試験による上記の検証、監視・計測システム運用方法の構築を行う。						

## モニタリング技術活用イメージ

### ○斜面管理におけるモニタリングの役割

- ① 日常点検、定期点検の補完：安定度評価
- 初期異常の発見（道路パトロールによる目視）  
長期的な変状の進行の確認
- 可能であれば対策工
- ② 災害時の人的被害の回避（対策工が困難な場合）
- 災害に至るような短期的な変状・異常の確認

時間的流れ

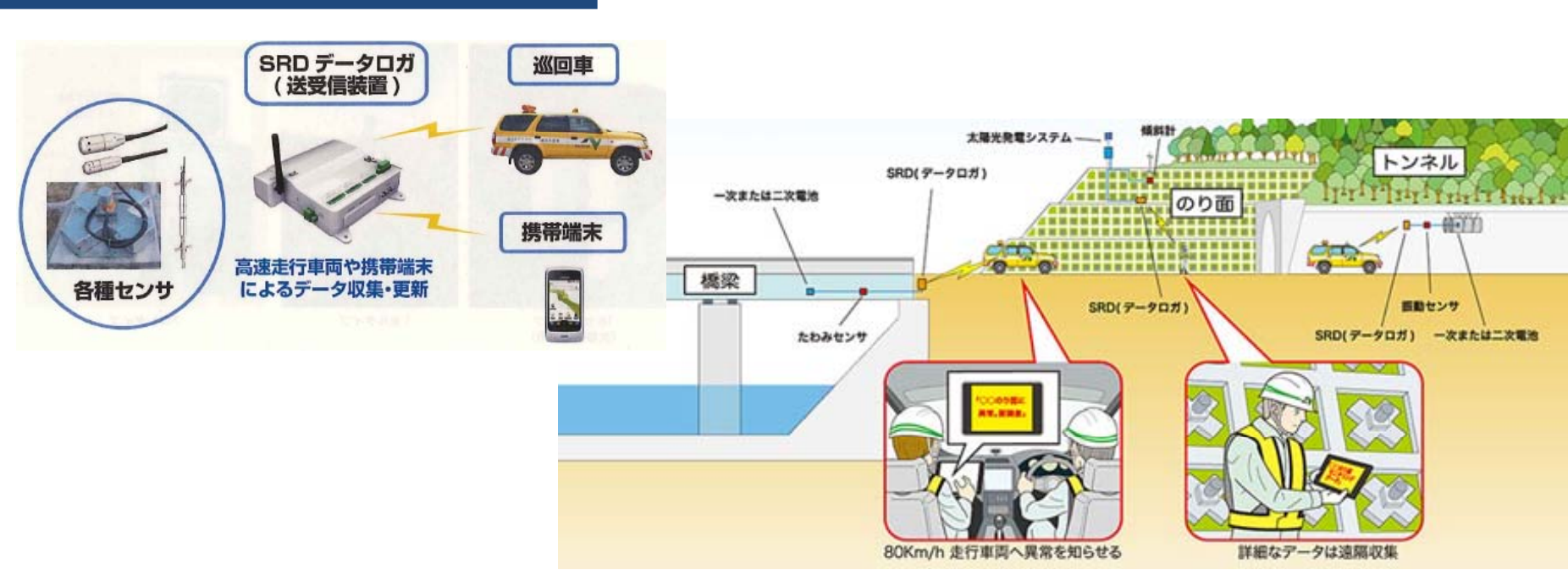


成果・残された課題

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により、効率的な斜面管理を実現（成果を「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」としてとりまとめ）。

番号	3-2	構造物の材料	斜面構造物	計測手段	物理センサ	計測内容	変位
名称	傾斜・ひずみセンサによる道路施設モニタリングシステム						
適用施設	北関東道の法面（3現場）			施設分類	斜面		
背景・目的	道路施設のヘルスマニタリングや、資産管理・トレーサビリティに資するため、道路の施設や情報にucodeを付与したICチップを取り付けた。道路施設を監視するセンサと送受信装置（SRDデータロガ）との組合せによって、そのデータを道路巡回する走行車両によっていつでも取り出せるようになるシステム。						
概要	センサと送受信装置を組み合わせ、道路の点検に必要なデータを高速走行中（80 km/h）の車両内や遠隔地から計測データを取得する。また、過去の点検記録や損傷図・写真等の情報を形態端末で閲覧することができる。センサや送受信装置にはICタグが組み込まれており、ICタグに付与されているucodeにより情報識別が可能である。						

### モニタリング技術活用イメージ



### 成果・残された課題

- センサを換えることにより、多様な分野に技術を適用することが可能である。東日本大震災後に放射線測定器を使用した放射線測定を行った適用実績がある。
- 高速走行で計測が可能のため、交通規制をかける必要がない。

番号	3-3	構造物の材料	斜面構造物	計測手段	物理センサ	計測内容	変位
名称	既設アンカーの荷重計による緊張力監視						
適用施設	国交省やNEXCOが管理する道路法面			施設分類	斜面		
背景・目的	グラウンドアンカー供用期間中の緊張力を継続的に計測し、斜面の健全性評価ならびにグラウンドアンカーの維持管理技術を向上させることを目的に導入した。						
概要	地すべり対策や斜面对策として施工されたグラウンドアンカーに対して、特殊な治具を用いてセンターホール型の荷重計を設置して緊張力を計測する技術。データ出力は、無線通信により遠隔から取得できる専用システムを構築するか、既存の自動計測システムに接続するなど現場条件に合わせて選択。						

### モニタリング技術活用イメージ



データ蓄積・送信ユニット



データ受信ユニット



計測データ取得システム



### 成果・残された課題

- 供用中の既設アンカーに後から荷重計を設置し、それを交換することが可能である。
- 誘導雷や落石等によって、荷重計が故障する可能性がある（荷重計自体の寿命は一般に5～10年程度）。
- 荷重データを用いて斜面全体の健全性を評価する段階には至っていない。

番号	3-4	構造物の材料	斜面構造物	計測手段	物理センサ	計測内容	変位
名称	GPSセンサによる法面の位置ずれ把握						
適用施設	国交省・地方公共団体・NEXCOが管理する道路法面			施設分類	斜面		
背景・目的	地すべり計測の分野において、多くのGPS計測事例が報告されているが、計測精度の向上や計測に係るコストの軽減が課題となっていた。これらの課題を解決するため、斜面計測専用GPSセンサーの開発および時系列統計手法による誤差処理を実施することで、mm単位の高精度GPS計測技術を開発した。						
概要	法面の斜面上に複数設置したGPSセンサーを、GPS衛星が計測する複数点間の位置情報から、法面等のずれを監視センターで常時観測し、危険度予測を行う。斜面の情報は気象情報と併せて監視センターから配信され、利用者はPCや携帯端末等で最新の斜面状況を確認する。						

### モニタリング技術活用イメージ



※携帯サイトイメージ

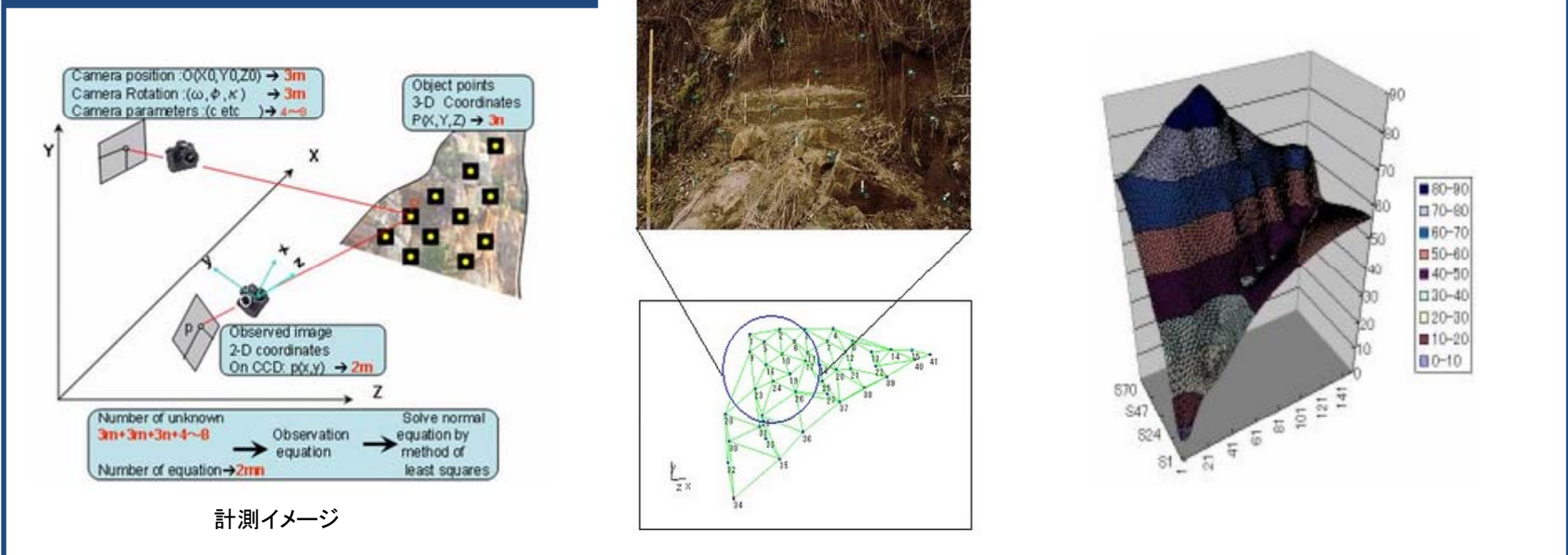


### 成果・残された課題

- 地盤計測用に開発された小型・軽量のセンサーとデータを最新の解析手法で分析する監視センターとの組合せで、高精度（最高2mm程度）の計測が可能。
- GPSセンサが雪に埋められると計測に支障があるため、積雪対策が必要。

番号	3-5	構造物の材料	斜面構造物	計測手段	光学センサ	計測内容	形状
名称	デジタル画像計測による斜面モニタリングシステム						
適用施設	和歌山県田辺市の道路法面			施設分類	斜面		
背景・目的	道路法面の劣化を防ぐためには、適切な維持管理、補修・補強を実施して、道路法面の健全度を評価することが重要である。岩盤変位などの定点計測に関して、労力や設備などの観点から、簡便な計測が実施可能な技術を適用した。						
概要	道路法面の維持管理をより効果的・安価で客観性・即時性・表現性・簡易性に優れた技術として、多数のデジタル画像を用いて高精度に計測点の座標を計測するデジタル画像計測技術を活用し、斜面の変位計測を実施した。様々な方向から対象物の写真を撮り、その画像情報から対象物の寸法形状を把握する技術である。						

### モニタリング技術活用イメージ

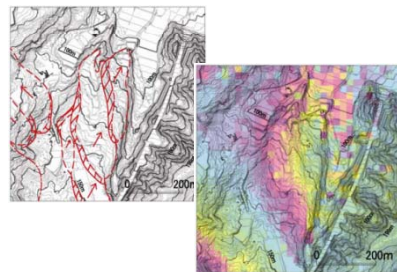
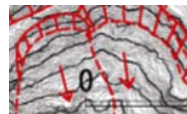
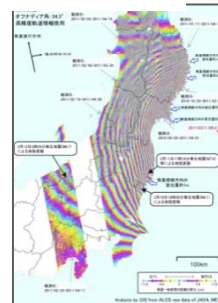
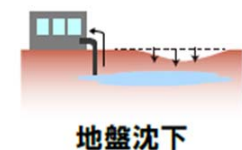


成果・残された課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>1/10万の精度での計測が可能。</li> <li>計測時に三脚等の設備設置が不要なため、常用系構造物での計測の際、交通規制を行う必要がない。</li> </ul>
-----------	---

番号	3-6	構造物の材料	土	計測手段	マイクロ波センサ	計測内容	形状
名称	干渉SAR解析による地盤変動監視						
適用施設	全国	施設分類	地盤（地盤変動、地滑り等）				
背景・目的	近年、干渉SAR時系列解析と呼ばれる手法が急速に発展し、これによる国土の地盤変動監視が検討されつつある。本手法を活用できれば、地上での機器の設置や観測を行うことなく、水準測量やGNSS測量に匹敵する計測精度で地盤変動を面的に把握でき、人工構造物の変動監視にも効果を発揮できると期待される。						
概要	本手法は多数のSAR画像を用いて、地表の散乱状態の時間変化や衛星軌道の位置変化等による干渉性の劣化に伴うノイズを、SARデータ特有の性質を利用しながら低減処理することにより、mm精度での面的な地盤変動計測を達成し、さらにその時間変化を追跡できる手法である。						

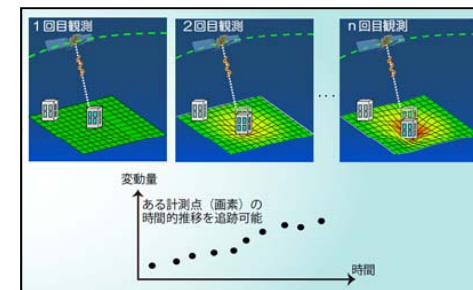
### モニタリング技術活用イメージ

#### 干渉SARによる変動監視(事業として実施中)



将来的に解析技術の発展・応用により  
より広範囲をより高精度で把握

人工構造物の変動監視に応用可能



#### 成果・ 残された 課題

- ・ 将来的な継続実施には衛星の安定的運用が必要。
- ・ 今後、解析技術の発展、応用により、より広範囲をより高精度で把握出来る可能性。
- ・ 将来的に人工構造物の変動をmmオーダーで監視することに応用できると期待される。

番号	4-1	構造物の材料	岩石・土砂	計測手段	物理センサ	計測内容	変位
名称	GPSを用いた堤体の変位計測による健全度評価						
適用施設	胆沢ダム他7ダム	施設分類	ダム				
背景・目的	フィルダムの安全管理のため、測量用標的の変位量の測量が行われているが、従来の測量は測定や結果の整理に要する時間が長く、地震等の非常時に迅速な計測ができないなどの課題があった。これらを解決する手法として、GPSによるフィルダム外部変形量計測の導入についての検討を行っている。						
概要	電源・通信装置、メモリなどの装備を通信集約機に集約することで、各センサーの小型・軽量化を実現した。ダム天端へのセンサ設置については、通常は管理用通路として使われているため、マンホール内にセンサを埋設し、FRP樹脂製マンホールを用いて計測を可能とした。						

### モニタリング技術活用イメージ



写真-1 フィルダム堤体下流側の可動標的



写真-2 外部可動標的基礎に設置したGPSセンサー



写真-3 マンホール内に設置したGPSセンサー

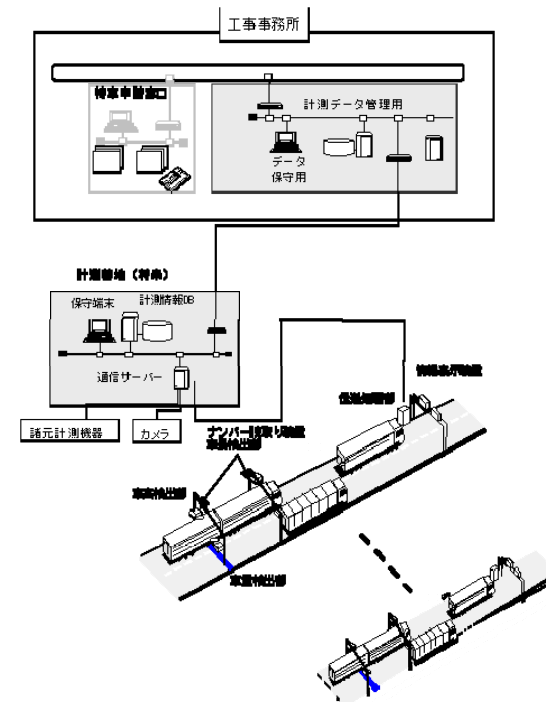
### 成果・残された課題

- 河川管理施設等構造令に規定された、変形を計測する装置として利用可能であることが確認された。
- GPS計測によるフィルダムの外部変形計測は、誤差2~3mmという従来の光波・水準測量と同等ないしはそれ以上の精度が確保できることが明らかになった
- フィルダムへのGPS計測導入に関する考え方の提供を目的に、技術資料を検討中



番号	4-2	構造物の材料	その他（アスファルト）	計測手段	物理センサ	計測内容	変位
名称	特殊車両走行重量計測システム						
適用施設	直轄国道	施設分類	道路				
背景・目的	道路構造物の保全と沿道環境の保全を目的として、通行する大型車等を把握し、車両重量を中心として計測を行うシステム。						
概要	路上に設置した車両重量自動計測装置により、通行車両の重量やナンバ等を計測。計測結果については、路側装置を介して事務所等に設置されたサーバへと伝送する。車両重量自動計測装置とカメラを組み合わせることで、車両制限令を超過した過積載の車両を特定することができる。車両情報は事務所等に設置したサーバに送信され、月間データ等に編集して分析を行うことができる。						

### モニタリング技術活用イメージ



### 成果・残された課題

- 車両ナンバーについては、全箇所を設置しネットワーク時のOD調査、通行許可車両の通行経路確認等にも対応可能としていく。

番号	4-3	構造物の材料	その他（アスファルト）	計測手段	光学センサ	計測内容	形状
名称	カメラ・センサを搭載した車両による道路現況計測システム						
適用施設	国交省や地方公共団体が管理する一部道路			施設分類	道路		
背景・目的	道路の維持管理の高度化・効率化を図るために、カメラ・センサを搭載した車両で舗装の損傷状況や道路施設の位置や形状から道路・沿道環境の状況等を把握する技術である。						
概要	車両に複数のカメラ・センサを搭載し、前方・側方映像を立体的に把握・撮影する。位置座標、路面性状（ひびわれ、わだち掘れ）、道路施設、道路映像など多彩な情報を計測する道路現況計測システムである。						

### モニタリング技術活用イメージ

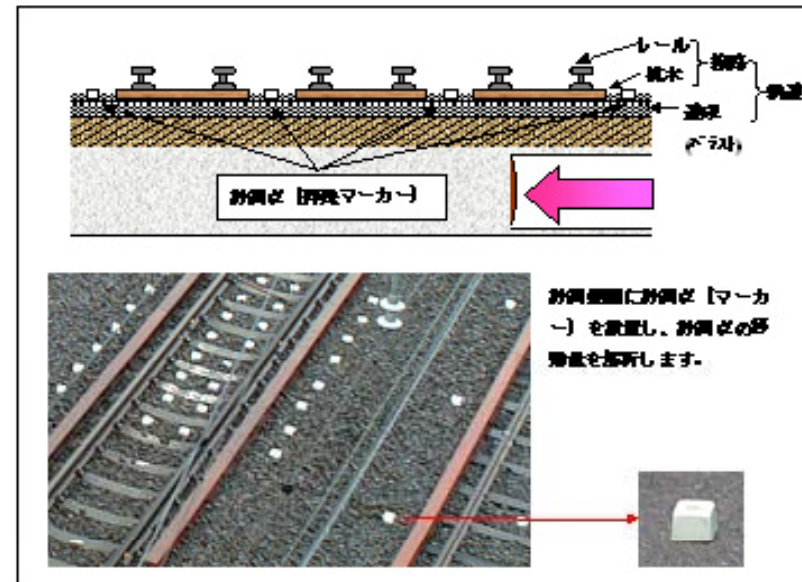
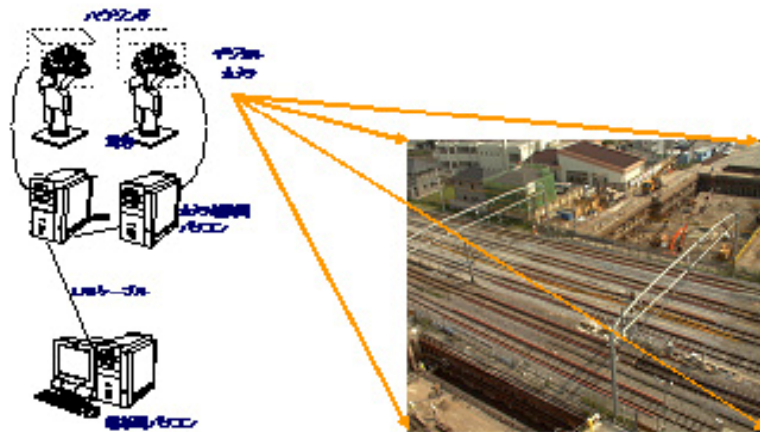


### 成果・残された課題

- 時速0～100km/hの任意の速度で走行しながら、位置情報（距離、座標）、道路映像、路面性状等の各種情報を同時に計測可能
- 路面性状（ひび割れ、わだち掘れ、平坦性・IRI）を計測することで、路面の定量評価が可能
- ひび割れは1mmのクラック認識、わだち掘れは実測値に対して±3mm以内、平坦性は実測値に対して±30%以内の精度での管理が可能
- ひび割れの自動解析技術および生活道路等を対象とした簡便な計測手法の開発が今後の課題

番号	4-4	構造物の材料	その他（鉄道）	計測手段	光学センサ	計測内容	形状
名称	鉄道道床変位自動検知システム						
適用施設	架道橋の鉄道道床			施設分類	鉄道		
背景・目的	レールに変位を生じさせる原因となる道床の変位計測について、日常の保守作業によりバラストで構成される形状が変化するため、これまで有効な手法がなく目視による点検に留まっていた。そこで、目視では発見しにくい微小な鉄道道床の変位を把握するために、鉄道道床変位自動検知システムを開発した。						
概要	鉄道道床（バラスト）に発光処理を施した計測用マーカを150個設置。予め定めた時刻に、複数の高解像度デジタルカメラによるステレオ画像で撮影し、記録する。データをLANケーブル経由で解析用パソコンに転送し、写真解析技術により変位量が管理基準内かどうか分析を行う。						

### モニタリング技術活用イメージ



### 成果・残された課題

- 道床変位の管理基準値を設定することで、システムによる自動検知・伝達（音声伝達）が可能
- 本システムの導入により、保守・監視要員を従来の半分に減らすこと可能
- 可視画像を解析する為、雪の影響を受け易く積雪のある地域（季節）での運用が困難
- 計測条件（要求精度）にあった位置にカメラを設置する必要があり、設置場所の確保が難しい場合がある
- 市販のデジタルカメラを使用しており、長期運用（数年）には適さないため、定期的なカメラの交換が必要