

社会インフラ検査技術

ー 産総研シーズ技術の紹介 ー

スクリーニング検査から詳細検査へ

産業技術総合研究所
つくばイノベーションアリーナ推進本部
上席イノベーションコーディネータ

大久保 雅隆

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（平成25年12月17日）

スクリーニング検査

日常の車両通行による橋の変形から、橋梁構造異常を自動で検知できないか？



写真：若戸大橋（北九州）

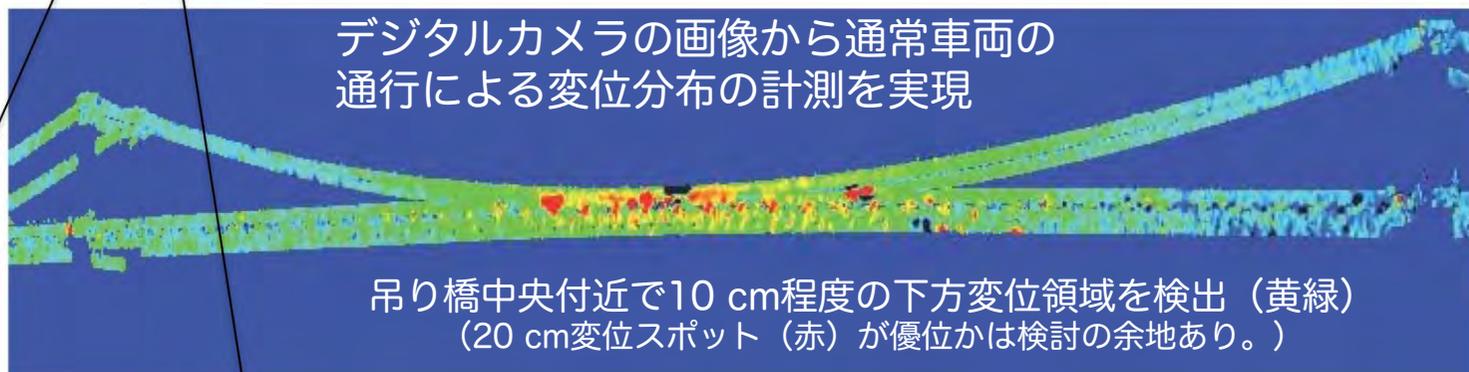


- デジタルカメラ映像のみから橋梁の変位計測を、センチメートル精度で実現
- 産総研独自のパターン認識手法で異常の自動検知を計画

- ・ 複数のセンサ（変位、振動）生データを人が監視するのでは、橋の異常は検知しにくい。
- ↓
- ・ 橋全体の変位分布計測 + 高次局所自己相関特徴抽出 + 多変量解析（車両データ、温度）



若戸大橋



-50  200 mm



【サンプリングモアレ法】
橋梁トラス周期構造の最高1/1000の変位まで計測可能（センチメートル精度）！
細かな周期模様を橋梁に描画しておくことにより、更に精度向上が可能（ μm 精度まで）

HLAC: Higher-order Local AutoCorrelation

HLAC: 静止画や動画などから特徴を瞬時に抽出する技術

- 71人の歩行動画から個人を識別する国際コンペ（テロリスト対策の一環）で、MIT等を抑えて、産総研は世界トップ性能を達成（産総研プレスリリース, 2005.5）

http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2005/pr20050524/pr20050524.html

- エレベータ内監視カメラ等ですでに実用化（暴漢の検知など）



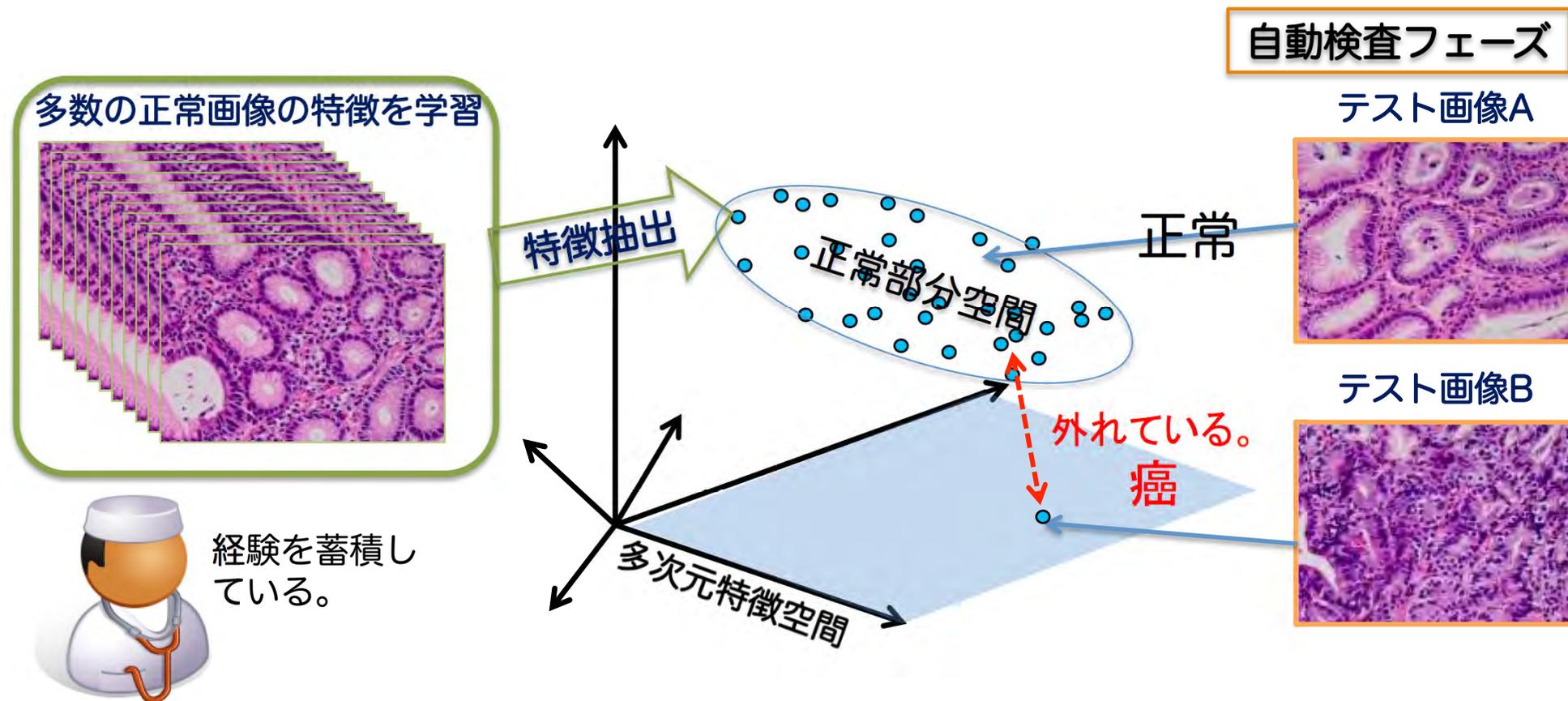
国際コンペの課題：
左の動画から、個人を識別する。

医療センター、医療機器メーカーとともに実用化を進めている。



社会インフラの病理医（橋梁異常検知への応用を実施中）

- ・ がん細胞を形態的に定義するのは難しい。
- ・ 病理医(人間)は、非常にたくさんの正常を学習して、「なにかいつもと違う」を直感的に感じ取る。
- ・ 自動検知システムでも正常を学習するアプローチが有効 → 多次元特徴空間上で癌細胞を識別



劣化が懸念されるコンクリート表面
における近赤外領域の反射光を観測
すると波長領域において：
塩分量：2266 nm
中性化：1410 nm
硫酸劣化：1750 nm
にそれぞれピークが現れる。

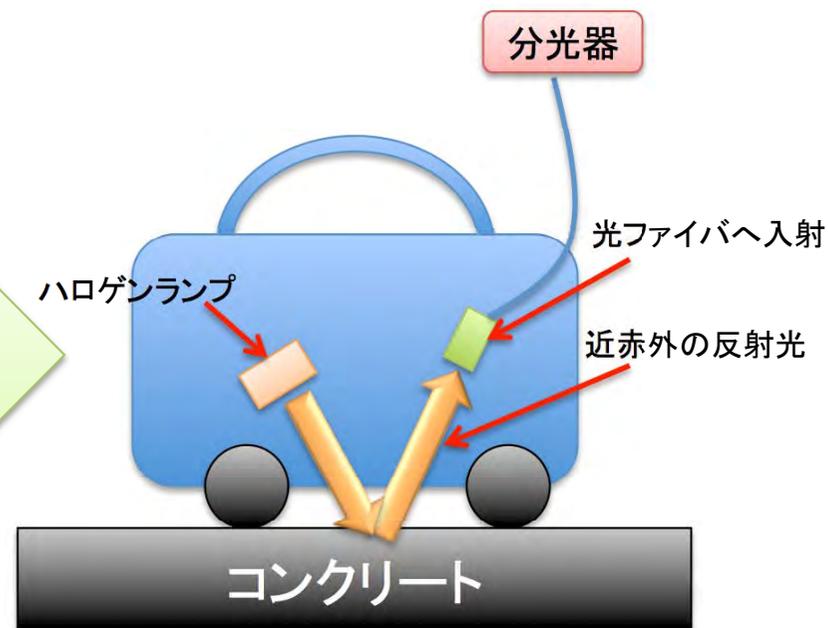
このピークの大きさから
中性化の度合いが推測可能

このピークの大きさから
塩分量が推測可能。

コンクリート劣化による近赤外スペクトルの変化の例。

出展：金田尚志、石川幸宏、魚本健人、生産研究58巻3号(2006)

この原理を用
いたセンサー



IHIで開発した近赤外分光を用いたコンクリート劣化因子測定装置。ハンディータイプであり、人が持って、コンクリート面に密着させて劣化因子を測定する。

近赤外分光で、コンクリート劣化因子の検出が可能であるが：

問題点 1：感度が低くコンクリートに密着させないと測れない。⇒ **足場が必要**

問題点 2：計測できる面積が小さい(1m×200m/日) ⇒ **時間が掛かる**

遠方から観測できる装置、より広い面積を測定できる装置が必要とされている。

現有技術



産総研オリジナル超高感度近赤外分光イメージセンサ
(展示会 Interopto2013の出展ブースの写真)

足場を組まずに遠方からコンクリート表面の劣化因子が観測可能な分光システムを開発

大きさ：370×80×70mm
通常の分光器より1000倍高感度
接触ではなく、リモート測定が可能

最終目標： 車載タイプの実現



道路管理者の点検車に車載を想定。

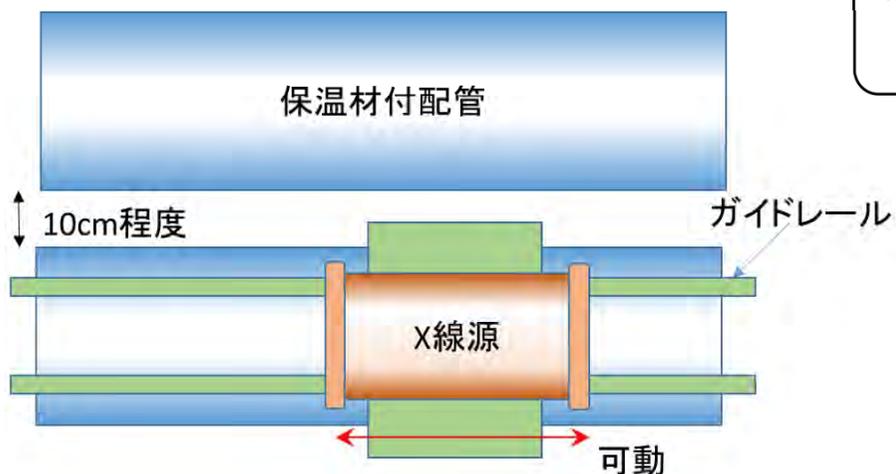
現在の製品の性能：1日1 m×200m



1時間で60kmの検査を可能に！

詳細検査

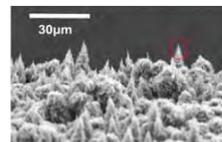
現状のX線配管検査 (配管上面図)



- 従来のX線検査装置は、サイズが大きいため保温材被覆配管の一部しか検査できない。
- 一配管と配管の間（10cm程度の間隙）にX線源を挿入できず、劣化の詳細がわからない。
- 自動計測が困難。

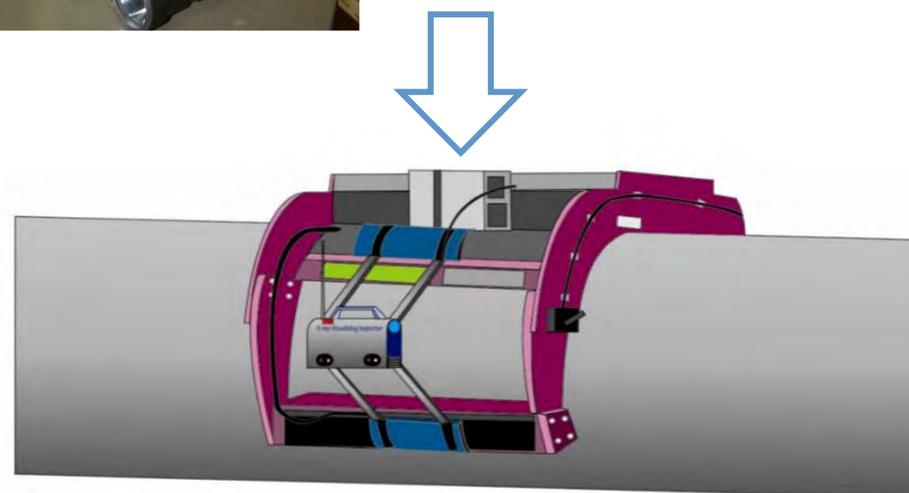
カーボンナノ構造体X線源

- 高エネルギーX線発生(100 keV以上)
- 超小型、ポータブル
- バッテリー駆動
- 長寿命



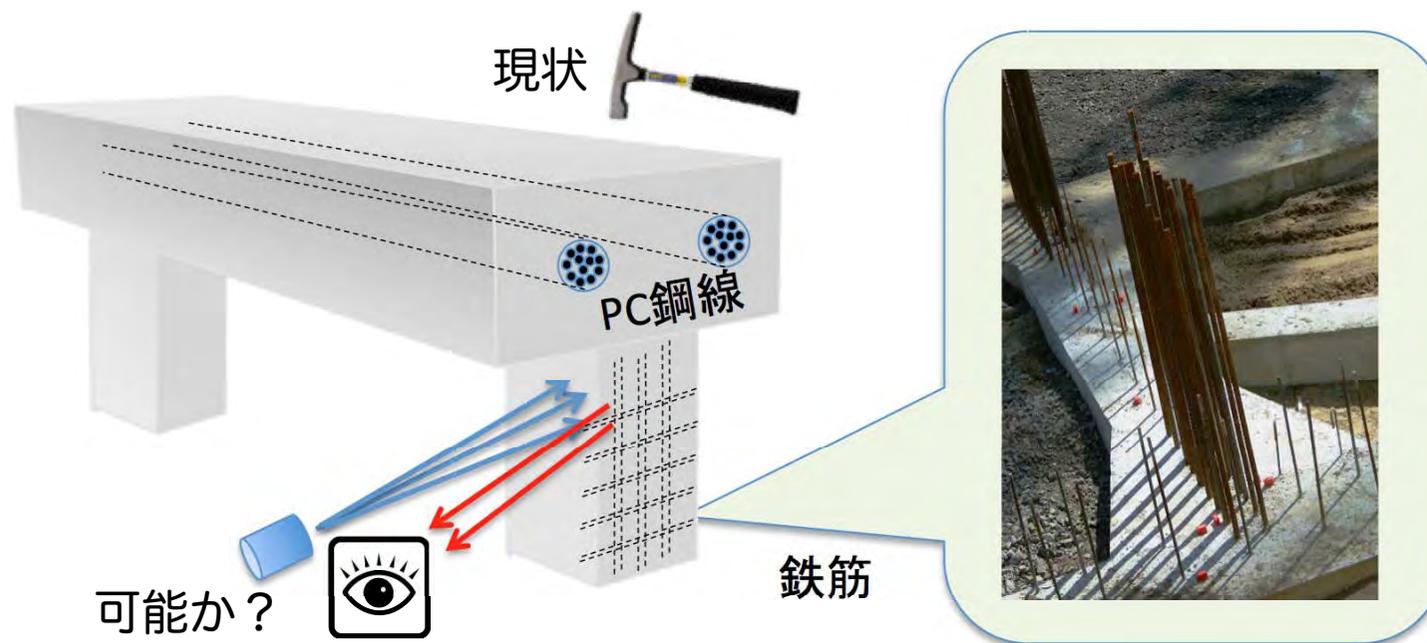
日立エンジニアリングアンドサービスが開発したプラント配管自走ロボット

[http://www.kanto.meti.go.jp/seisaku/gizyutsu/data/p26-27\(20R3012\).pdf](http://www.kanto.meti.go.jp/seisaku/gizyutsu/data/p26-27(20R3012).pdf)



自動検査ロボットのイメージ

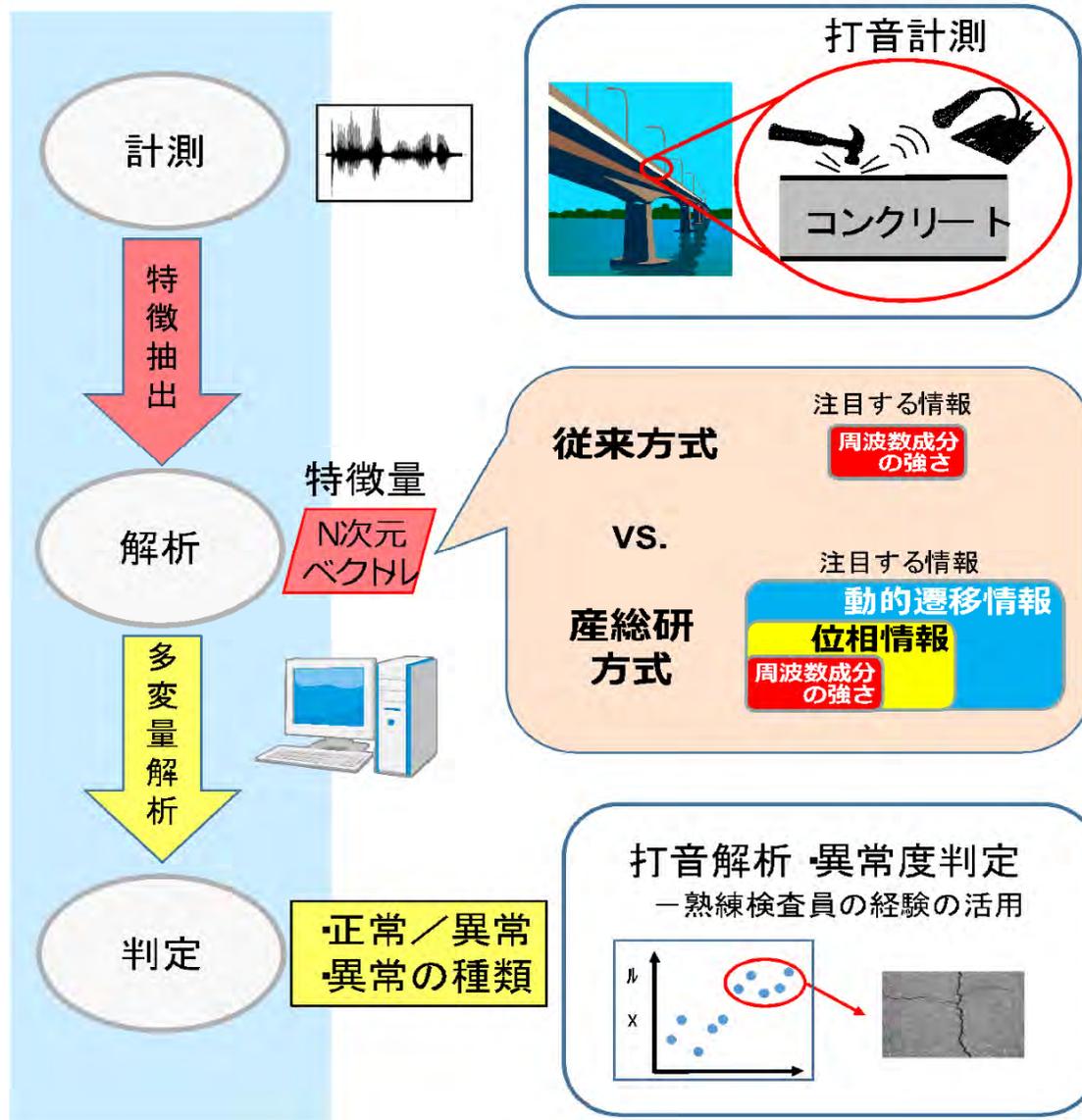
(狭い場所で、小型X線源と2次元X線センサーで被写体を挟んで横から撮影)



- 基本は打音検査で鉄筋異常のスクリーニングを行っている。
- 怪しい箇所は電磁波レーダーを使う（しかし、細い鉄筋までは十分に見えない）。
- 塩害の進行状況を把握するために、コンクリート表面10 cm程度にある鉄筋の減肉をミリメートルの精度で観察したい。
- 大型構造物ではX線源とX線センサで被写体の両側を挟めない。
→ X線を使って電磁波レーダーのように片側から撮影できないか？

コンクリート構造物への適用

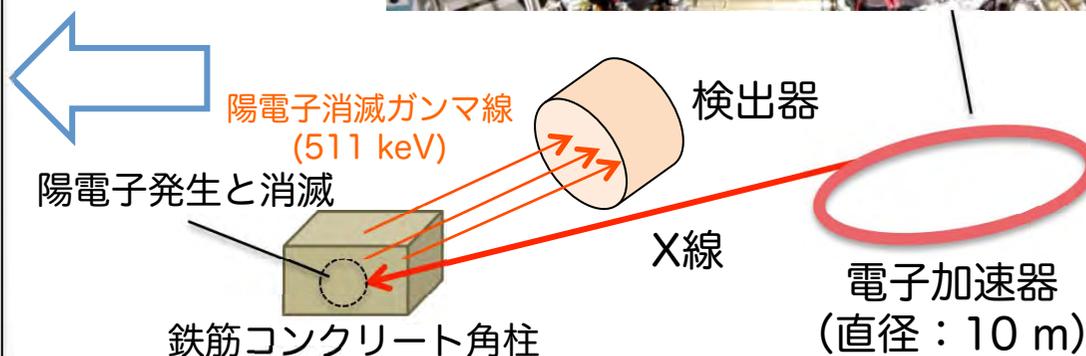
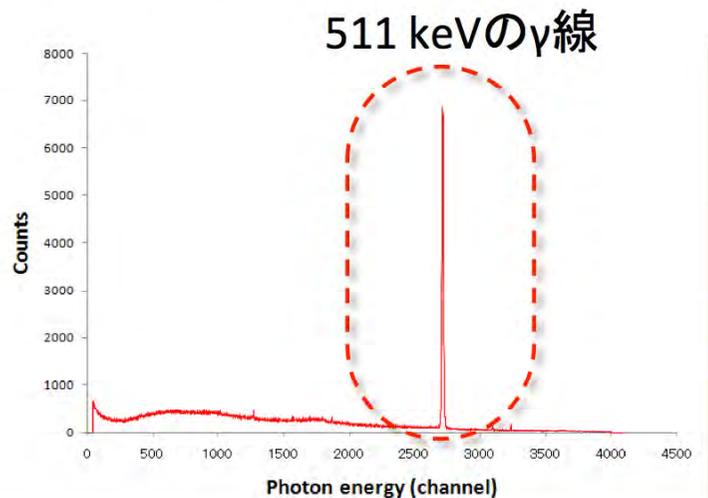
→ 首都高技術(株)との共研



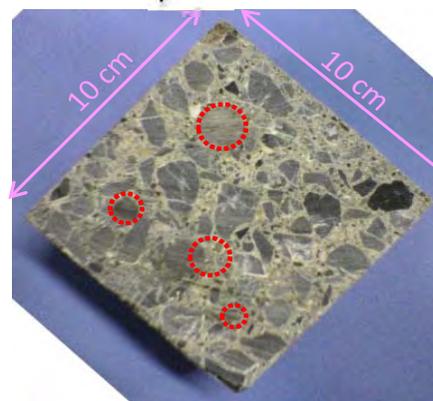
IT技術による高度な聞き分けに成功

コンクリート内部に511keV γ 線源を置いたのと同等

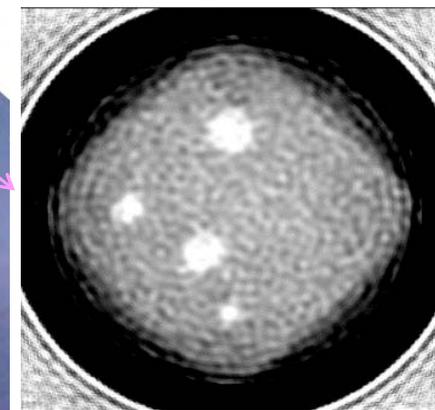
X線の吸収(光電効果): 0.1%
 コンプトン散乱: 45.4% @10 MeV
 電子・陽電子対生成: 54.5%



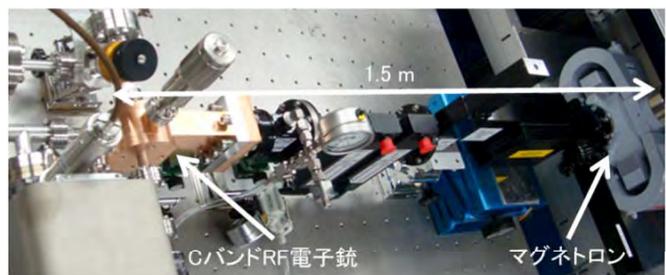
陽電子(電子の反粒子)が消滅したときのガンマ線 (後方散乱ガンマ線: 511keV) の検出で、片側から、コンクリート内部の鉄筋の可視化に成功



サンプル写真

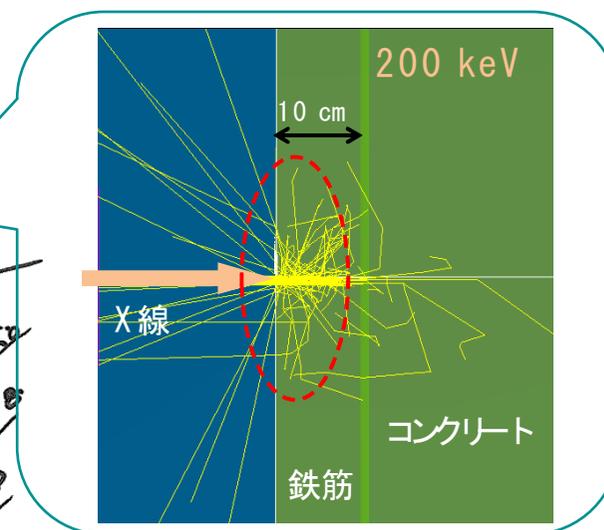
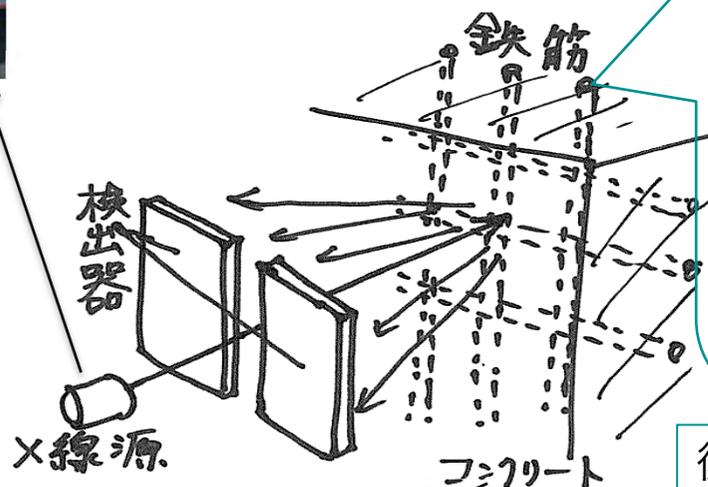
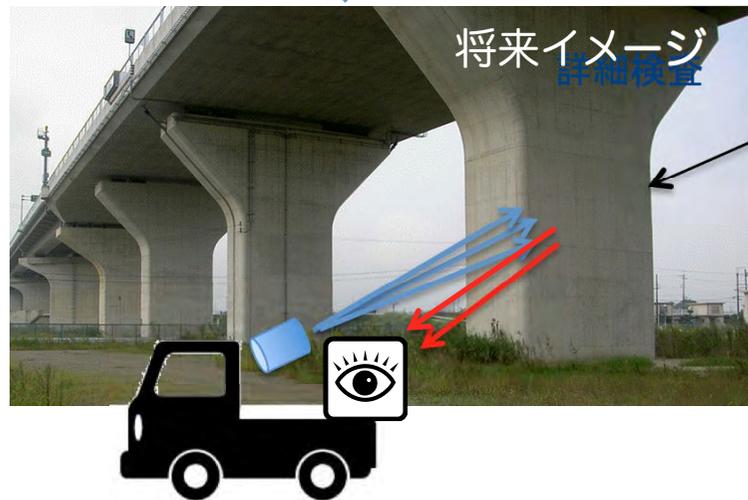
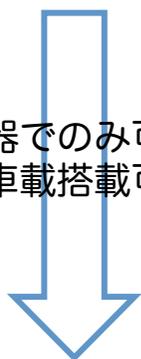


後方散乱画像



Cバンド小型電子加速器の外観
(1 MeV X線の発生が可能)

従来大型加速器でのみ可能であった
非破壊検査を車載搭載可能に小型化



後方散乱X線を用いてコンクリート内部(10 cm)の鉄筋を片側から1 mmの精度で可視化可能
(30分/1m²)

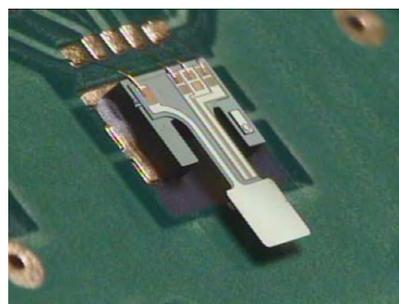
移動式検査車両で、表面から走査して、巨大コンクリート構造物内部の鉄筋を可視化

社会インフラに適用可能なセンサ技術、システム

- 圧電MEMS振動センサと高集積化LSI
 - フレキシブルなフィルム状圧力分布センサ
 - フラックスゲート高感度磁気センサ欠陥評価
 - 応力発光塗膜センサ
 - GHz電波をDC電源に変換するセンサ用リモート電源
 - レーザ誘起超音波欠陥検査
 - FPG光ファイバひずみ、振動センサ
 - 社会インフラ用センサの校正と認証
- ...



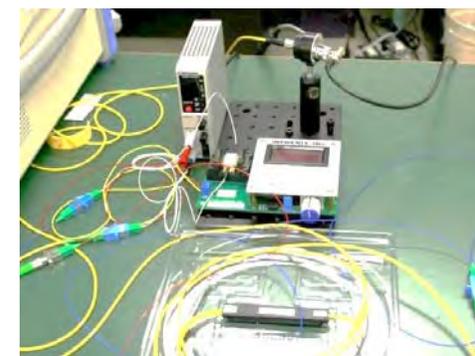
レーザー誘起超音波
欠陥検査



圧電MEMSセンサ



応力発光塗膜センサ



FPG光ファイバセンサ