

米国におけるインフラマネジメントの 高度化に関する最新動向

October, 2015
Masato Matsumoto



道路橋点検・診断に関する 日本国内の情勢



日本国内の動き

- 国交省では、2013年を「メンテナンス元年」と位置付け
- 道路法を改正し、従来の事後対応から**予防保全への転換**を打ち出している
- 全国の道路橋及び道路トンネルに対して、5年に1度、**近接目視を基本とする定期点検**を規定
- **点検要領の見直し、点検員の確保及び教育訓練、予算の手当て等**が急務



2

「インフラ長寿命化基本計画」(2013.11)

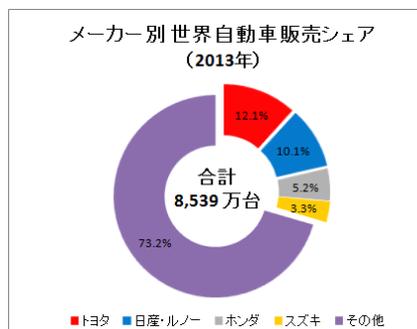
- (1)安全で強靱なインフラシステムの構築
 - 国内の**重要インフラ・老朽インフラの20%**で**センサー、ロボット、非破壊検査技術**等の活用により点検・補修を高度化(2020年頃)※
 - 新材料の実用化に目途(2020年頃)※
 - 国内の**重要インフラ・老朽インフラの全て**で**センサー、ロボット、非破壊検査技術**等を活用した高度で効率的な点検・補修を実施(2030年)※
 - 老朽化に起因する重要インフラの重大事故ゼロ(2030年)※
- (2)総合的・一体的なインフラマネジメントの実現
 - 行動計画を対象とした全ての施設について個別施設毎の**長寿命化計画**を策定(2020年頃)
 - 適切な点検・修繕等により行動計画を対象とした全ての施設の健全性を確保(2020年頃)
- (3)メンテナンス産業によるインフラビジネスの競争力強化
 - 点検・補修等の**センサー・ロボット等の世界市場の3割**を獲得(2030年)※
 - **民間開発を活性化**させ、我が国のメンテナンス技術を世界の最先端へと導くことで、世界をリードする**輸出産業**へと発展させる



※「日本再興戦略-JAPAN is BACK-」に記載されている目標値

3

世界市場の3割を占める日本製品の例



http://blog.livedoor.jp/masa_goal/archives/38807628.html



4

戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)

- インフラの維持管理・更新・マネジメント技術
 - **社会的目標**
 - 重要インフラ、老朽化インフラにおける、劣化・損傷に起因する重大事故を無くし、安心して暮らせる社会を実現
 - **技術的目標**
 - 維持管理に関わる**ニーズ**と技術開発の**シーズ**とをマッチングさせ、**新技術を現場に導入**することにより、予防保全による維持管理水準の向上、効率化を低コストで実現
 - **産業面の目標**
 - **センサ、ロボット、非破壊検査技術等の活用**により点検・補修を低コストでかつ高効率化し、国内重要インフラを高い維持管理水準を維持するという、現在の建設市場と同等の魅力ある**維持管理市場を創造**

「使いたくなるシステムをつくる、それが『イノベーション』」
(内閣府政策参与 藤野陽三氏)



(※戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)、研究開発計画案中間発表表より)

5

米国の橋梁の健全度評価

- 全国橋梁点検基準 (NBIS: National Bridge Inspection Standard) という法律で **2年に一度**の定期点検が義務付け (日本では、全国の道路橋及び道路トンネルに対して、**5年に一度**、近接目視を基本とする定期点検を規定)
- 全国橋梁台帳 (NBI: National Bridge Inventory) の統一様式に従い、緒元及び点検データを管理
- 毎年4月に州政府から連邦政府に点検結果の報告義務
- データに基づき、連邦予算を配分



12

橋梁の健全度評価

- NBI (National Bridge Inventory) Rating
橋梁のコンポーネント(「床版」、「上部構造」、「下部構造」)ごとに**全体**で評価)

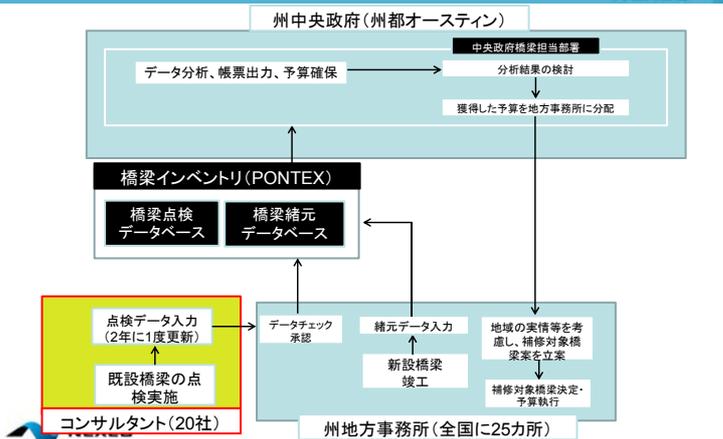
9	Good	Excellent (極めて良好)
8		Very Good (非常に良好) - 全く問題ない。
7		Good (良好) - 軽微な損傷がある。
6	Fair	Satisfactory (満足できる状態) - 構造要素に多少変化が見られる。
5		Fair (可) - 主要な構造要素はすべて健全であるが、小さな断面欠損、劣化、ひび割れ、剥離、洗掘などの欠陥が進行している。
4	Poor	Poor (欠陥のある状態) - 断面欠損、劣化、ひび割れ、剥離、洗掘などの欠陥が進行している。
3		Serious (深刻な状態) - 主要な構造部に重要な影響を与える断面欠損、劣化、剥離、洗掘などが存在する。局所的な破壊が起こっている可能性がある。鋼部材の疲労亀裂、コンクリートのせん断ひび割れが生じている可能性がある。
2		Critical (危機的な状態) - 主要な構造要素の劣化が進行している状態。鋼部材の疲労亀裂、コンクリートのせん断ひび割れが生じているか、洗掘により下部構造の支持地盤が失われている可能性がある。密な監視が行われなければ、対策が実施されるまで通行止めが必要が生じる可能性がある。
1	Critical	Imminent Failure (崩壊が差し迫った状態) - 重要な構造要素に重度の劣化あるいは断面欠損が存在しているか、構造安定性に影響を及ぼす明らかな鉛直あるいは水平方向の変位が見られる。橋梁は通行止めになるが、対策を実施すれば軽度のサービスに対しては再使用できる可能性がある。
0		Failed (崩壊した状態) - 使用中止。対策可能な状態を超えている。



「4」以下がStructurally Deficient (構造的欠陥)

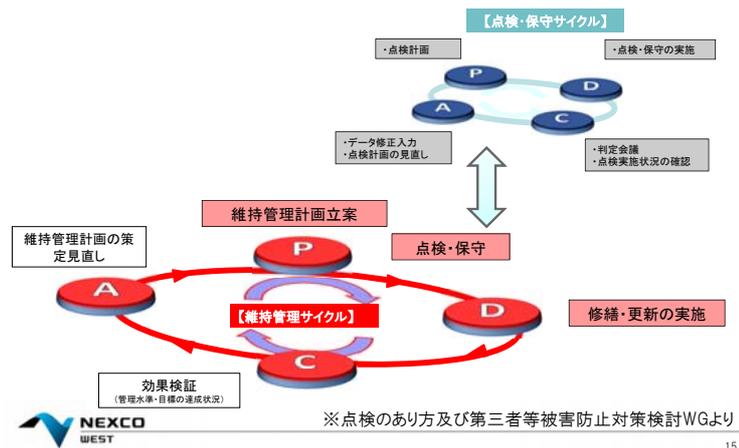
13

テキサス州における道路橋インベントリの整備と活用



14

維持管理サイクルの構築、データ管理の改善



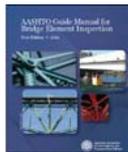
15

米国の橋梁の健全度評価

評価の種類	評価単位	段階	使用目的
NBI Rating	橋梁全体の評価	10段階	連邦から各州への予算配分
Element Level	部材ごとの評価	4段階	数量を併記し、補修計画等

4スパンの橋梁であれば、NBI Ratingでは4スパン全体を一つの値(0-9)で代表するのにに対し、部材レベル(Element Level)では損傷ごとに数量を集計して表にまとめる。

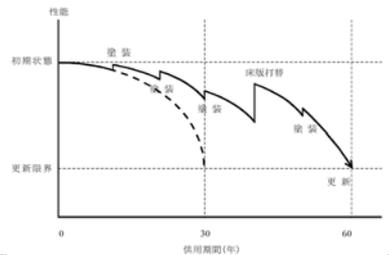
- 陸上交通法 MAP-21 (2012.7.6)
- 部材レベル点検の義務化 (2014年10月報告分より)
- 部材レベルのパフォーマンス・ターゲットの明確化
- アセットマネジメント計画の立案の義務化 (橋梁・舗装)



16

LTBP Program (長期橋梁性能プログラム)

- 全国の橋梁のうち、代表的なサンプルについて情報(詳細点検結果とモニタリングデータ)を収集し、データベース化
- 高品質で定量的な性能データを長期間にわたり(最低20年)管理
 - <目的>
 - 劣化モデルおよび予測モデルに用いる
 - 設計手法の向上、補修・補強方法の検討
 - ライフサイクルコストの分析
 - 次世代橋梁マネジメントシステムの開発



17

第2次戦略的ハイウェイ研究プログラム (SHRP2)



非破壊検査技術のW杯開催

Alternative NDT Techniques Used During the Project



非破壊検査ツールボックス (NDToolbox) で公開

- 「非破壊検査ツールボックス (NDToolbox)」の公開は、道路管理者がニーズに応じてこれらの技術を適切に組み合わせ、使用することを**支援するためのツール**
- 道路橋床版のほかに、アスファルト舗装、トンネルの健全度評価に使用できる非破壊検査技術も紹介されている

- 非破壊検査技術の利用促進につながる



橋梁

舗装

トンネル

<http://www.ndtoolbox.org/>

非破壊検査によるデータ収集の様子



Arlington Memorial Bridge

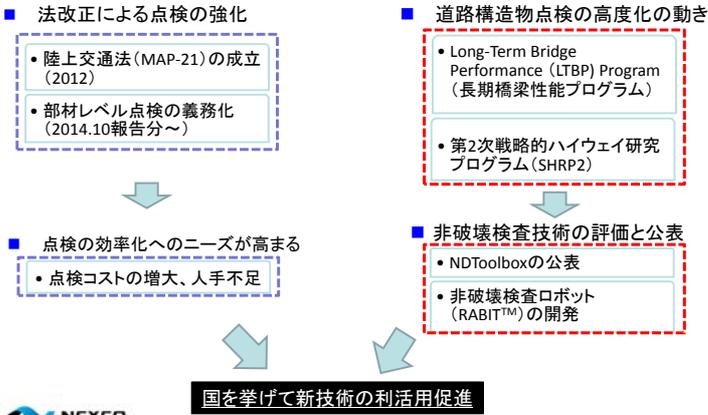


道路橋床版非破壊検査ロボット (RABIT™) の開発

- インパクトエコー、電気抵抗法、超音波法、地中レーダー法 (GPR)、高解像度画像、GPSをひとつのロボットに搭載
- RABIT™を製作・販売する会社が設立された
- 2014年末までに6台生産予定 → 手始めに北東部の州の24橋に適用を決定。今後5年間で1,000橋への適用を目指す



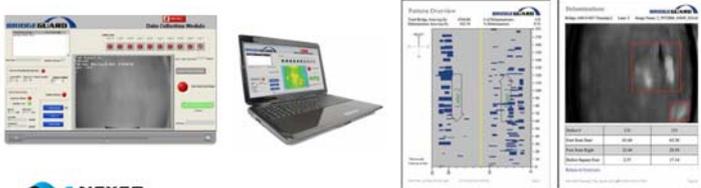
米国におけるイン技術利活用促進



設置型の非破壊検査技術



米国の赤外線点検の会社



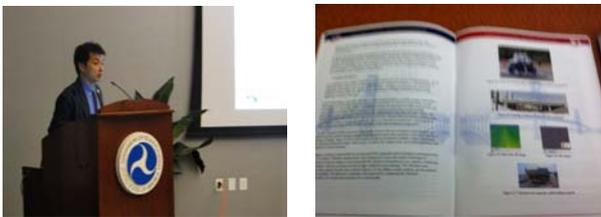
認証・基準化に向けた動き

- 非破壊検査ロボットにより検査する橋梁や箇所をスクリーニングする技術が必要
- スクリーニングに適した技術とは、接地型の技術に比べて**精度は劣るが、データ取得速度が速い**技術 (SHRP2で**赤外線技術**を特定)

NDT Technology	Deterioration Type	Accuracy	Repeatability	Speed	Size of Unit	Cost
Impact Echo (IE)	Delamination	2.8	4.0	2.3	2.1	3.0
Ultrasonic Surface Wave (USW)	Delamination	2.8	3.0	2.4	1.4	3.0
	Vertical Cracking	2.5	3.0	1.0	1.4	3.0
Ground Penetrating Radar (GPR)	Concrete Separation	3.8	4.0	2.4	1.4	3.0
	Delamination	2.1	4.0	3.9	2.2	3.0
Half-Cell Potential (HCP)	Corrosion	1.6	4.0	3.9	2.2	3.0
	Corrosion	3.0	3.0	3.8	3.4	4.0
Sulfuric Acid Fume Measurement (SFM)	Corrosion	2.4	3.0	2.4	2.6	4.0
	Corrosion	3.0	4.0	3.8	3.6	4.0
Infrared Thermography (IRT)	Delamination	2.7	2.0	4.1	4.0	4.0
Chain Drag / Hammer Sounding	Delamination	2.2	3.0	3.2	4.0	3.0

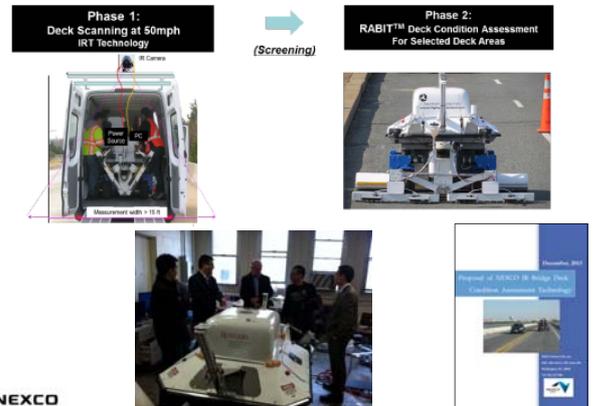


日米橋梁ワークショップ (@つくば) (2013年10月)

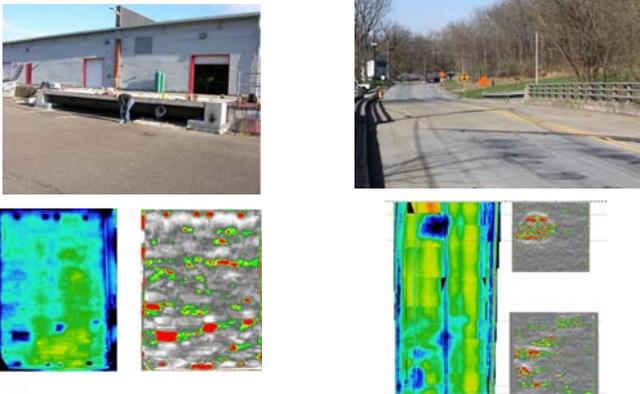


- 日米両方の道路維持管理事情に精通
- 連邦政府、RABIT™開発者と発表
- 橋梁ワークショップ30年史に掲載される

RABIT™へのプロポーザル (2013年12月)



ニュージャージー州における精度確認試験(2014年4月)



契約成立(2015年8月)



- 円安の進行(1ドル100円→120円)
- 冷却型赤外線カメラの新型モデルの発売(価格が半額以下に)
- 赤外線カメラのメーカー(FLIR社)との提携(カメラとソフトをセットに)

赤外線カメラのメーカーとのパートナーシップ

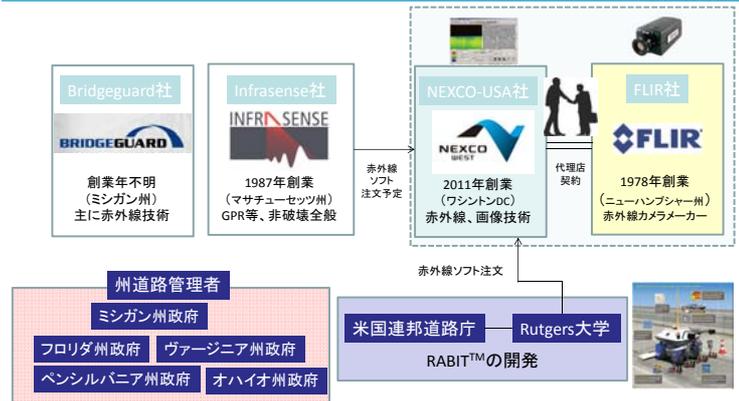
- 赤外線カメラのメーカー(FLIR社)との間で、VAR: Value Added Reseller(付加価値再販売業者)の契約を締結。
- カメラを仕入れ、ソフトウェアとのパッケージにてNEXCOブランドの商品として赤外線技術の販売。
- **全国のFLIR社の営業マン**がセミナー等でNEXCO技術を紹介。
- FLIR社のウェブサイトに、非破壊検査のページを開設。
(<http://www.flir.com/science/display/?id=71071>)
- 今後、FLIR社の映画撮影班により、**プロモーションビデオ**を制作予定。



- 営業の全米展開(人員不足の解消)
- カメラメーカーの**ブランド力**による顧客の信頼獲得



赤外線による道路橋床版調査システムの販売

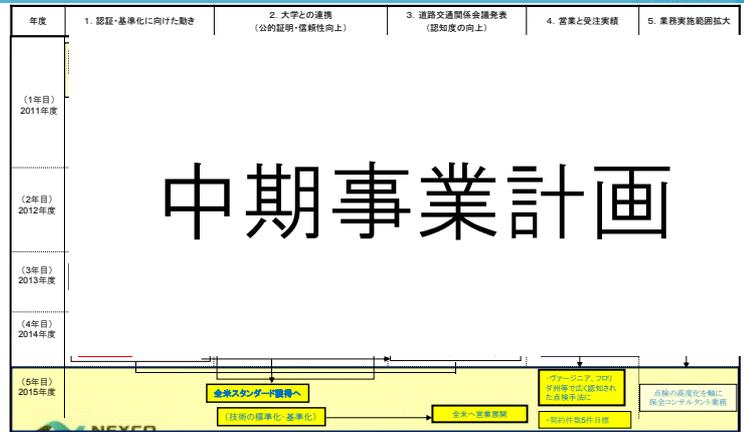


『ウォークマン』の生みの親である森田昭夫氏

- 「**複数のメーカーが参加して市場を活性化させる方が、一社独占よりもいい**ことを思い知らされたのだ。」



米国事業のロードマップ(中期事業計画)



『宅急便』の生みの親である小倉昌男氏

(クール宅急便の開発段階で、「今は、冷凍品の流通需要などないから、宅急便で冷凍を扱うのは無理」と報告を受けた小倉氏の回答)

「このデータの見方は二通りある。**需要がないから流通していないのか、需要があるのに流通させる仕組みがないのか。**私は後者だと思う。君たちは見方が違うだろう。今は冷凍したものを配送する仕組みがないから流通しただけだ。**その仕組みを作れば大きな需要が生まれるはずだ。」**

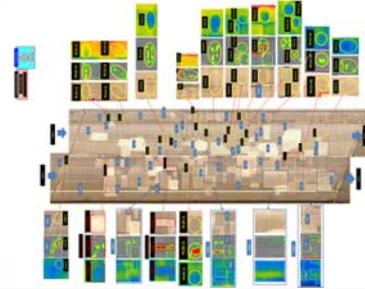
結果的には、宅急便を大きく躍進させることになる



36

ヴァージニア州における承認獲得に向けた動き

時期	アクション
2015年5月	・実機試験実施。
2015年6月23日	・実機試験の結果をVCTIRIに提示。高解像度画像と赤外線両方に対して好評価。 ・赤外線技術仕様等について相談を受ける。
2015年7月-9月	・VDOTが同一橋梁で実施する他の試験結果との比較を実施。
2015年10月	・赤外線技術の精度検証を踏まえ、ミーティング実施。



37

セントラル・フロリダ大学との共同研究



フロリダDOTの橋梁点検員による打音調査

フロリダDOT・UCFによる現場立会

38

専用車両による路面点検



- Data collected in the morning of Sunday, March 9th at 50mph
- Four lanes of the bridge deck were scanned without any lane closure

39

ボートからの側面高解像度ビデオ画像取得



- High Definition Video System was used to scan the sides of Lake Jessup Bridge during daylight tome of Tuesday, March 11th at 5 knots (5.74mph) from a pontoon boat



40

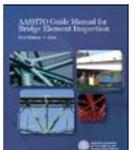
米国の橋梁の健全度評価

評価の種類	評価単位	段階	使用目的
NBI Rating	橋梁全体の評価	10段階	連邦から各州への予算配分
Element Level	部材ごとの評価	4段階	数量を併記し、補修計画等

- 陸上交通法 MAP-21 (2012.7.6)
- 部材レベル点検の義務化 (2014年10月報告分より)



- フロリダ州の橋梁点検要領改訂
- 従来の目視点検の3-4倍の労力
- 点検の効率化が必要
- NEXCOの技術を用いて部材レベル点検を効率化



41

橋梁点検要領の改訂と技術開発

- 法改正しても、予算及び人手が間に合わない(実態が付いてこない)。
- 法改正してから、必要に応じて予算を手当てし新技術を開発する
- 予算確保と新技術の活用の目的が立ってから法改正する(卵と鶏の関係)
- 現状では、床版上を路肩から目視して発見できた損傷のみを記録

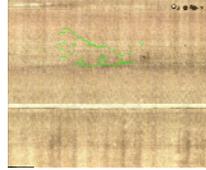
当面は、一部のサンプリング調査の結果から推量して全体の評価を行うことに対応("guesstimating")



42

橋梁点検要領の改訂と技術開発

- 高解像度画像で現状が「見えすぎる」ことで新たな問題提議



- フロリダ州において、細かいひび割れが密に入っている場合のひび割れ判定基準を作成。
- NEXCOとセントラル・フロリダ大学の研究に、州の要領改訂の議論の結果を逐次反映。
- NEXCOの技術を州全体で積極的に活用していくための「仕組み」に関する議論(頻度、目視点検との組み合わせ方、データベースシステムへの反映の仕方等)
- フロリダ州全体の橋梁点検者会議にて発表。州の標準的な点検手法へ組み込み。

維持管理に関わるニーズと技術開発のシーズとをマッチングさせ、新技術を現場に導入することにより、予防保全による維持管理水準の向上、効率化を低コストで実現



43

入札情報検索システム

Type: RFP/RFI/RFQ

Project Name: [Infrared Thermography Bridge Deck Evaluation for Nine \(9\) Bridges Carrying PA 283 in Lancaster County, Pennsylvania](#)

Agency: [SAI Consulting Engineers, Inc.](#)

Location: Lemoyne, PA 17043

Level Of Government: Other

Submission Due Date: 3/20/2015 11:00 AM Due in 10 days

Publication Date: 3/09/2015

Last Updated Date: 3/09/2015

Onvia Reference #: RFP-30552698

Specifications

Description: ADVERTISEMENT

Infrared Thermography Bridge Deck Evaluation for Nine (9) Bridges Carrying PA 283 in Lancaster County, Pennsylvania



44

ペンシルバニア州 入札結果

- Nexco West USA, Inc. \$4,900
- Infrasense, Inc. \$10,542
- Bridgeguard, Inc. \$18,917



CONTRACT AGREEMENT

THIS AGREEMENT, made this 21st day of March, 2015, between

SAI CONSULTING ENGINEERS, INC.
20 Erford Road, Suite 110
Lemoyne, PA 17043

Hereinafter called "ENGINEER," and

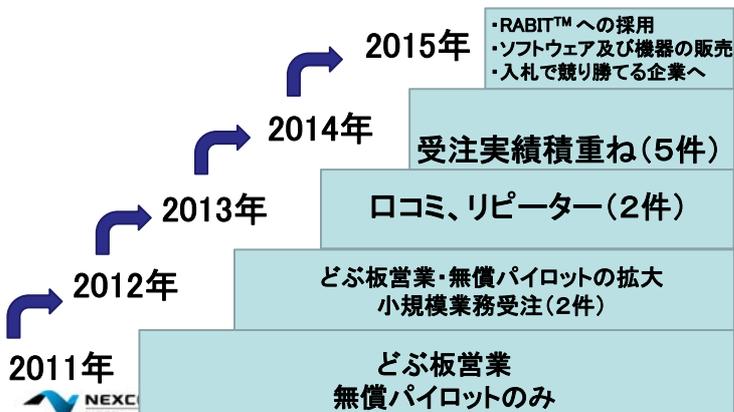
NEXCO WEST USA (Name)
8302 E. Bruce Blvd. #10 240 (Address)
Vienna, VA 22182

Hereinafter called "CONTRACTOR."



45

米国市場でのステップアップ



46

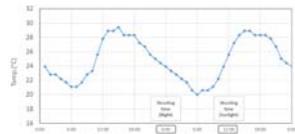
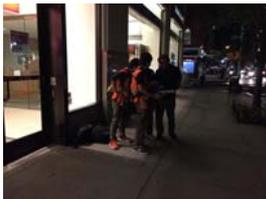
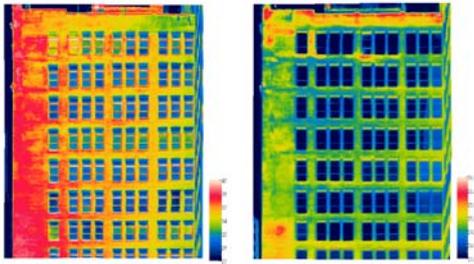
米国内での橋梁点検施工実績(2015.10更新)

No.	Bridge	Year-Month	Application	State
1	US-11 Cane Creek & City St Bridge	2012-08	Crack Detection (ACS) Infrared Thermography, Deck Top Scan (HDV)	FL
2	John T. Myers Pedestrian Bridge	2012-09	Infrared Thermography	IN
3	I-4 Bridges (10 Bridges)	2012-11	Deck Top Scan (Line Sensor & Infrared)	FL
4	I-64 Shookoe Valley Bridge	2012-11	Deck Top Scan (Line Sensor & Infrared)	VA
5	Riva Road Bridge	2012-11	Deck Top Scan (Line Sensor & Infrared)	MD
6	MD90 Bridges	2012-12	Deck Top Scan (Line Sensor & Infrared) Crack Detection (HDV), Infrared Thermography	MD
7	Bridges over I-395 (Edsall St. and Duke St.)	2013-05	Deck Top Scan (Line Sensor & Infrared)	VA
8	Theme Park Engineering Facilities	2013-06	Deck Top Scan (Line Sensor & Infrared) Crack Detection (HDV), Infrared Thermography	FL
9	Haymarket Bridge Over I-66	2013-08	Deck Top Scan (Line Sensor & Infrared)	VA
10	Theme Park Monorail Structures	2014-03	Line Camera Infrared Thermography	FL
11	Lake Jessup Bridge	2014-03	Deck Top Scan (Line Sensor & Infrared) Crack Detection (ACS), Infrared Thermography	FL
12	Warren County Bridge / Rutgers Lab Bridge	2014-04	Deck Top Scan (Infrared)	NJ
13	Brent Spence Bridge Project (8 Bridges)	2014-08	Deck Top Scan (Line Sensor & Infrared)	OH
14	NYS Flushing River Bridge Inspection Project (2 Bridges)	2014-08	Deck Top Scan (Line Sensor & Infrared)	NY
15	Haymarket Bridge Over I-66 (Camera Comparison Test)	2014-10	Deck Top Scan (Line Sensor & Infrared)	VA
16	I-95 Bridges in Baltimore	2014-10	Deck Top Scan (Line Sensor & Infrared)	MD
17	I-81 Middle River Bridge	2015-05	Deck Top Scan (Line Sensor & Infrared)	VA
18	PA 283 in Lancaster County	2015-06	Deck Top Scan (Line Sensor & Infrared)	PA
19	Bajou Dam Inspection	2015-07	Dam Inspection (ACS)	Brazil
20	NYC Building Inspection	2015-07	Building Façade (Camera, KUMONOS, IR)	NY
21	Washington Metro Bridge Inspection	2015-11(予定)	Crack Detection, KUMONOS	VA

* 黒字 = パイロット、赤字 = 契約案件

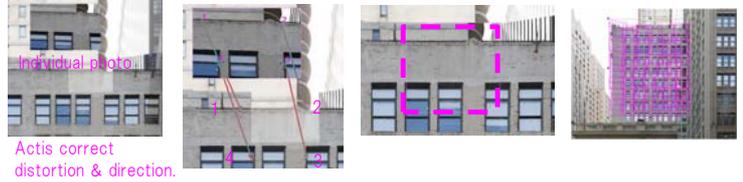
47

NYマンハッタンにおけるビルの外壁点検

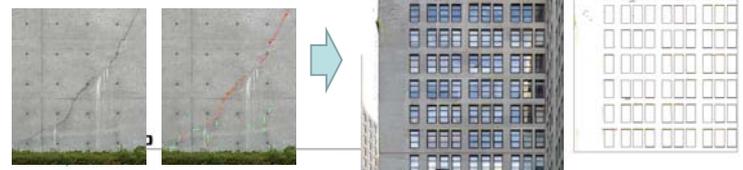


NYマンハッタンにおけるビルの外壁点検

A: Stitching Function



B: Crack Detecting Function



Damage Classifications for Lintels

Damage for lintels and surrounding areas was classified based on the following observed patterns. The degradation and loss of some upper pans contributed to further degradation of the brick directly above the lintels.

Level 1

Level 2

Level 3



ブラジル・イタイプダム点検プロジェクト

- 中国の三峡ダムに次いで**発電容量世界2位のダム**。
- 高さ196m、幅7,919m。
- 貯水池の湛水面積だけで1,400km²もあり、最大出力は1,400万kW。1台で70万kWの発電機が20台もある巨大発電所。
- 日本最大の一般水力発電所はJ-POWERの奥只見で4台合わせて56万kW。



ブラジル・イタイプダム点検プロジェクト

- イタイプダム管理公社より、ウェブサイトへ書きこみ。
- 超高精度画像を用いたコンクリート構造物診断システム (AutoCIMA) をダム点検で活用すべく、**無償デモ**を依頼。
- 無償デモをお断りし、見積書送付。
- ウェブ会議を開催し、先方が**デモの直接経費を負担**することで合意。

① 中空重力式堤体
右岸側D54ブロック



撮影風景



画像技術のダム点検における活用

- 本技術がダム構造物(広い平面が多い)の点検に有効であることが、ダムの現場でダムを管理するお客様とともに実証できた。
- イタイプダム管理公社が、システム購入を意思決定。
- **巨大ダム**は一点集中でかつ得られる収入が大きいインフラであり、密度の高い点検が必要とされかつそれが経済的に可能である。したがって市場として有望。
- 2015年5月の**国際ダム会議(南アフリカ)**で発表・展示を行いさらにマーケットを広げる。



日本から仕入れ、ブラジルへ輸出

- 国際商業会議所が策定した貿易条件の定義を**インコタームズ(Incoterms)**と呼ぶ。
- **CIF (Cost, Insurance and Freight)**: 運賃・保険料込み条件。売主は積み地の港で本船に荷物を積み込むまでの費用、海上運賃及び保険料を負担し、それ以降のリスクは買主が負担する。(Ex: CIF Iguacu Port)
- **FCA(Free Carrier)**: 運送人渡し条件。売主は指定された場所(積み地のコンテナ・ヤード等)で商品を運送人に渡すまでの一切の費用とリスクを負担し、それ以降の運賃、保険料、リスクは買主が負担する。(Ex: FCA Osaka Port)

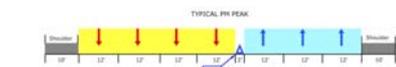
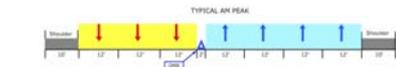


移動式防護柵(Zipper System)

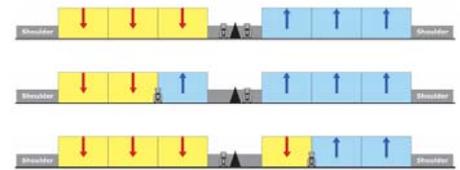
- 専用の防護柵移動用車両を用いて防護柵の設置位置を時速16km程度で移動



リバーシブル運用



リバーシブル・レーン(中央分離帯がない場合)



リバーシブル・レーン(中央分離帯がある場合)

Golden Gate Bridgeのリバーシブル運用



防護柵移動中



端部(料金所手前付近)で防護柵移動用車両が待機

Golden Gate Bridge(使用前)



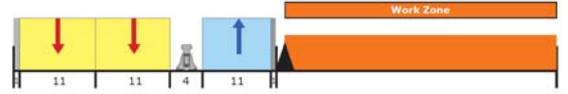
※以前は、ポストコーンで上下線を切替えており、正面衝突事故が多発していた

日本の行楽シーズンの風景

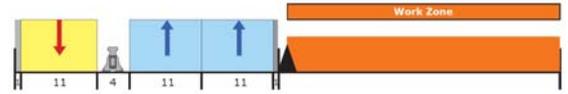


帰省ラッシュ時は上り線、連休の初日に下り線が渋滞。逆は車両がまばら

大規模改築(橋梁架け替え)工事での活用



(午前中のシフト: 上り線側=2車線、下り線側=1車線)



(夕方のシフト: 上り線側=1車線、下り線側=2車線)

車線規制範囲の時間帯による柔軟な切替え



オフ・ピーク時間帯(走行車線規制)



ピーク時間帯(路肩規制)



NEXCO-USA道場

- 夢の実現や高い目標の達成には、時として**現在の能力以上のことに挑戦**していかなければならない



インターンシップ受入=「NEXCO-USA道場」で世界に通用する技術者を育成する

我が国のメンテナンス技術を世界の最先端へと導くことで、**世界をリードする輸出産業**へと発展

- ・学生: 東大、横国大、神戸大よりインターンシップ受け入れ(3週間)。
- ・社会人: 社会人インターン2名受け入れ中(1年間)。

世界に通用する人材の育成

「資源に乏しく国土の狭い日本は、**外国との関わりがなければ生きていけない国**です。

地元や日本から離れずに一生を過ごすという生き方もあると思いますが、今後ますますグローバル化が進み、TPP交渉でヒトとモノの動きが活性化し、島国ニッポンも望まずともグローバル化の波に飲み込まれていきます。」

(「不毛地帯」のモデルになったと言われる瀬島龍三氏)

学生インターンシップ

- ・ 学生さんからよくある質問: 「インターンシップに行ったら、何を教えてもらえるんですか?」
- ・ 本人が**自ら課題を設定**し、短期間で周囲の人とコミュニケーションを取りながら**環境を整備**し、自主的に進めていただく方式。
- ・ 渡米前から資料を送り、研修初日に目標設定に関するプレゼンをし、研修最終日には成果を発表。
- ・ 優秀な学生の受け入れで、当社の**若手社員へも良い刺激**に。

チャレンジする勇気



“A smooth sea never made a skillful sailor.”

(アメリカの諺)



66

京都府庁さんの職員研修



67

ヴェネズエラ人研修生の受入れ



68

チームの「絆」



「下手な選手がいるなら、巧くなれるように助けてあげればいい。私は、試合には勝ちたいけれど、ただ強いだけのチームに入ってチャンピオンになりたいとは思わない。『一緒に戦いたい』と思える仲間がいるチームで、日本一を目指したい」

(なでしこJapan主将 宮間あや)



69

There are those who look at things the way they are, and ask why... I dream of things that never were, and ask why not?



ロバート・ケネディ

人は現状を見て、なぜこうなのかを問う。私はまだ実現していないことを夢に見て、なぜできないかを問う。

