

時空間情報技術とITS スマートツーリズム

池内克史

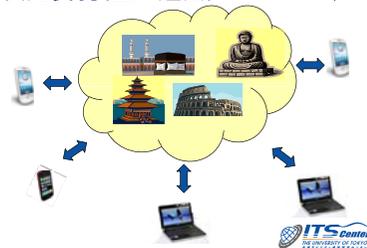


東京大学



ITS Center
THE UNIVERSITY OF TOKYO

クラウドコンピュータ上の 4次元表現(主に過去)



ITS Center
THE UNIVERSITY OF TOKYO

クラウド化

- 2D にするか 3D



ITS Center
THE UNIVERSITY OF TOKYO

2Dのケース

バーチャルポンペイ



ITS Center
THE UNIVERSITY OF TOKYO

2Dデータ収集

- バーチャルポンペイ
- 2次元動画: 全方位カメラによる遺跡内の撮影



ITS Center
THE UNIVERSITY OF TOKYO

課題1: 揺れ



● 滑らか拘束とモーフィングに基づく揺れ除去



ITS Center
THE UNIVERSITY OF TOKYO

課題2: 空間情報との融合



3Dデータをどうやって得るか

- 現存しないもの(明日香) → 図面からCAD化
- 一部現存するもの(奈良大仏) → デジタル化し変形
- 現存するもの(アンコール遺跡) → デジタル化



ITS Center
THE UNIVERSITY OF TOKYO

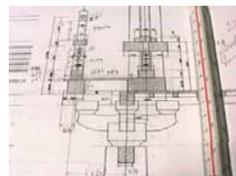
明日香の場合



ITS Center
THE UNIVERSITY OF TOKYO

出発点

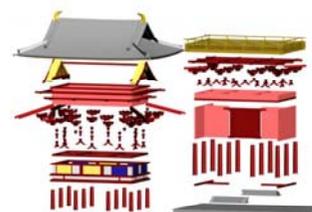
- 古代の復元図面
 - 榎原考古学研究所
 - 奈良文化財研究所



ITS Center
THE UNIVERSITY OF TOKYO

復元CGモデルの製作

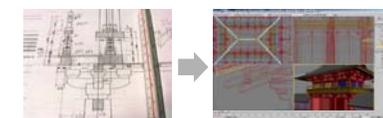
- 3dsmax(Autodesk社)を用いてモデリング



ITS Center
THE UNIVERSITY OF TOKYO

復元CGモデルの製作

- 3dsmax(Autodesk社)を用いてモデリング



復元図面

CGモデル作成



ITS Center
THE UNIVERSITY OF TOKYO

形状モデル



ITS Center
THE UNIVERSITY OF TOKYO

色・模様

- 朱雀門の写真から抽出



壁

基壇

平城宮跡復元朱雀門

瓦

連子



ITS Center
THE UNIVERSITY OF TOKYO

立体モデル



ITS Center
THE UNIVERSITY OF TOKYO

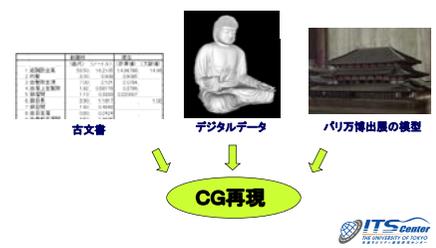


ITS Center
THE UNIVERSITY OF TOKYO

奈良大仏の場合



天平仏の復元



3次元版 バイオン寺院の場合



3Dデータ収集

- バーチャルバイオン
- 3次元データ
- レーザレンジセンサによる計測



デジタルバイオンプロジェクト

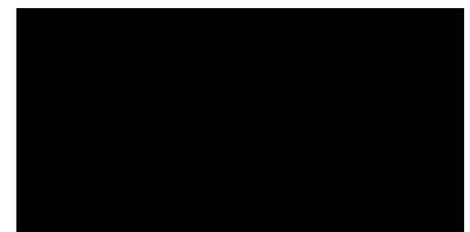
中央棟崩壊の可能性



→ 現存の間に3Dデータ化



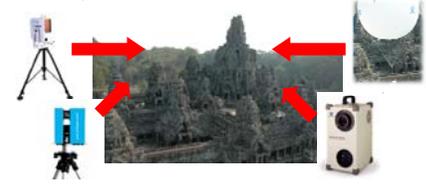
- 新しい距離センサーの開発
- 新しいソフトウェアの開発



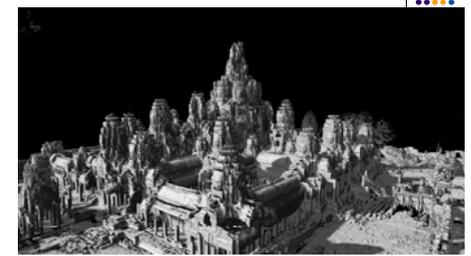
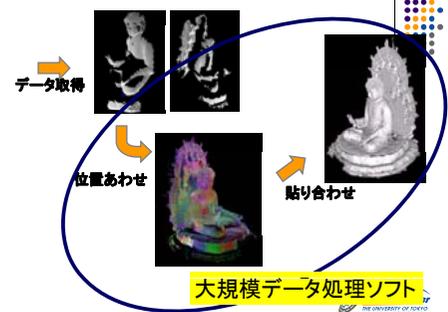
- 尊像: CYRAX (市販)
- 回廊内部: Z+F (市販)
- 回廊壁面: VIVID (市販)
- ベディメント: 鏡センサー (池内研開発)
- 談話部: 木墨りセンサー (池内研開発)
- 上空: 気球センサー (池内研開発)



課題1:異なるセンサによる計測



ヘテロセンサ融合法
センサ特性に適応的な統合手法
高精度化、高速化



2cm resolution



考古学的知見 (副産物)

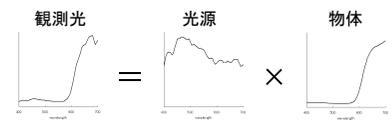
- 構造
 - 0.94 度反時計回りに回転
- 尊像
 - 173 の顔が3種類に分類可能
 - 近接顔の類似グループの存在
- 窓飾り
 - 世界で初めて映像化に成功
 - 仏教からヒンズー教への変遷の証拠



池内研+凸版+東文研+九博 王塚古墳



物体スペクトルと観測スペクトル



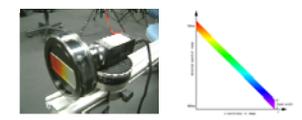
王塚彩色古墳

6世紀@福岡県桂川町
石室構造と彩色壁画
九博の常設展示コンテンツ



多波長フィルタ

- 透過光の波長が位置により線形に変化

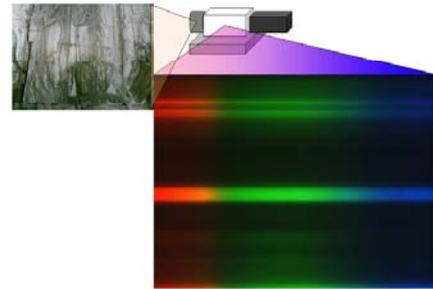


Interference filter

透過光の範囲

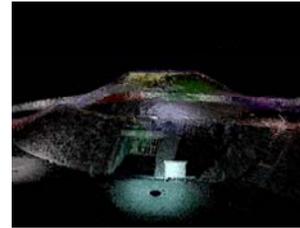


センサー回転



λ

コンテンツ素材



見えのシミュレーション

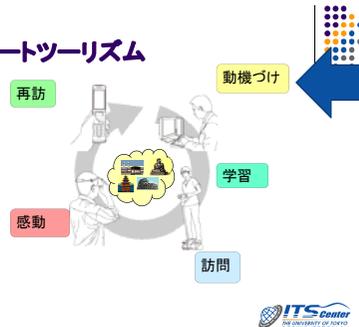


- 太陽光のもとでしか判別出来ない線
- 太陽光のもとで行われた？

スマートツーリズム



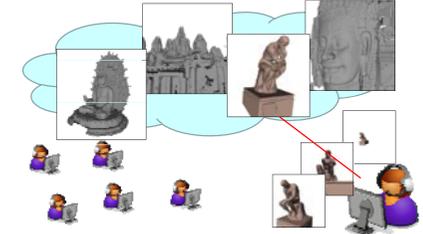
スマートツーリズム



動機付け



課題: 巨大データの転送表示



解決法: ネットワークレンダリング



アルスエレクトリカ現代美術博 (リンツ(オーストリア))

スマートツーリズム



博物館・資料館

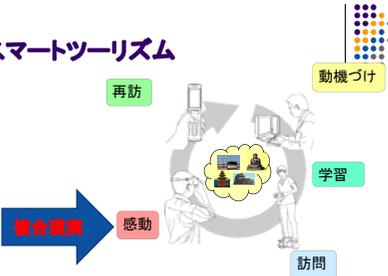
- 実物展示
 - 遺物・文書などの資料
 - レプリカの作成
- シアター
 - 映像教育コンテンツ
 - CG・VRIによる仮想復元



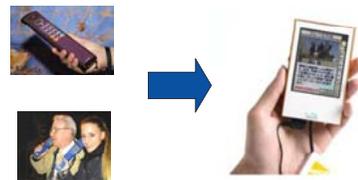
高精細VRシアター



スマートツーリズム



音声ガイドから音声映像ガイドへ



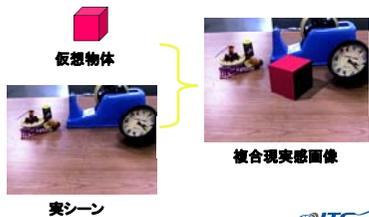
現地での展示



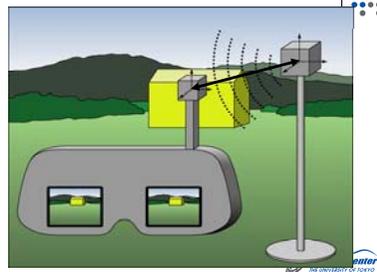
複合現実感展示の技術課題

- 位置がきちりあっている
 - 幾何学的整合性
- 色合いや影があっている
 - 光学的整合性

位置がきちりあっている — 幾何学的整合性



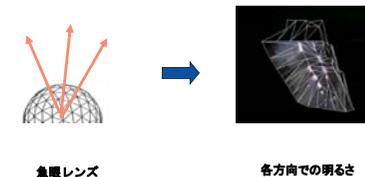
位置合わせ処理の流れ



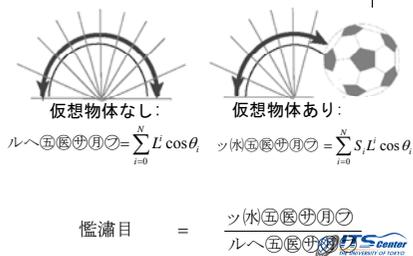
光学的整合性



周辺の明るさの測定



影の計算方法

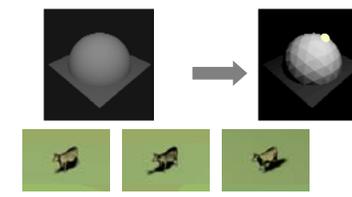
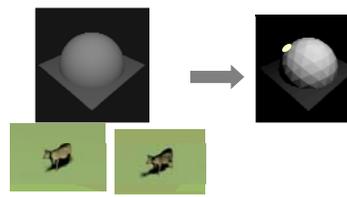
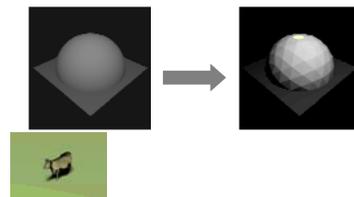
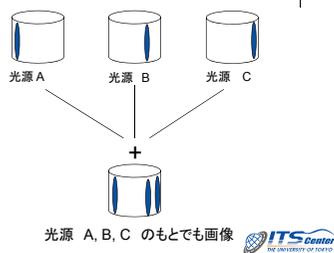


影付け結果

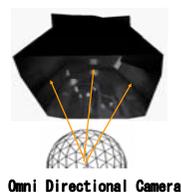


- どうやって実時間処理にするか
- どうやって視点をかえられるようにするか

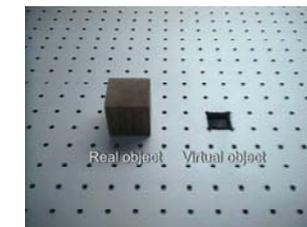
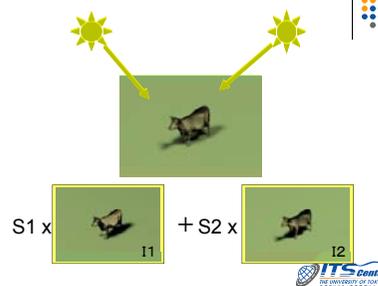
画像の足し算



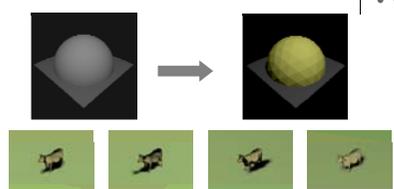
光源環境測定



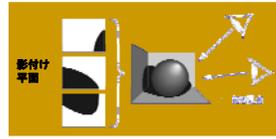
影画像の生成



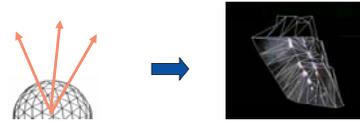
問題点
→ 画像ベース
視点が変えられない



影付け平面



周辺の明るさの測定



魚眼レンズ 各方向での明るさ



課題: オクルージョン問題



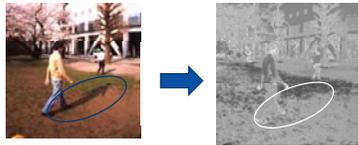
観光客のオクルージョン
-人物領域抽出
-人物距離推定



影のオクルージョン
-影領域抽出
-影の再投影

光源不変量を利用した人物抽出

- 黒体光源を仮定、光源不変量 F 値



F値分布
(影領域がなくなる)

実時間人物抽出と影再投影結果

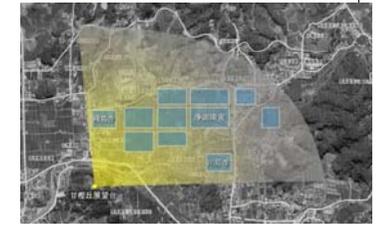
Vinh ISMAR10



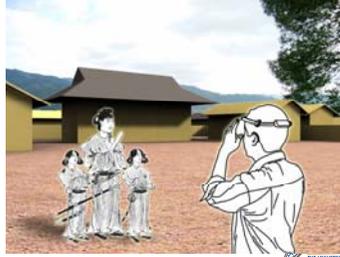
甘樫の丘



甘樫の丘からの展望



合成像



課題: 遠隔地光学整合

大石 10

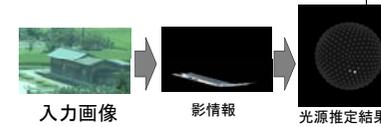
- 観測地点と重畳地点の光源環境が異なる
- 重畳地点での光源環境推定



屋外MRシステム

計測困難な地点

影からの光源推定



- 単画像からの影情報抽出
- 周辺光と太陽光の分離モデルによる光源推定

光源方程式

$$\beta(x_i) = \begin{cases} \beta(x_1) \\ \beta(x_2) \\ \beta(x_3) \\ \beta(x_N) \end{cases} = \begin{cases} a_{11}R_1 + a_{12}R_2 + a_{13}R_3 + \dots + a_{1N}R_N \\ a_{21}R_1 + a_{22}R_2 + a_{23}R_3 + \dots + a_{2N}R_N \\ a_{31}R_1 + a_{32}R_2 + a_{33}R_3 + \dots + a_{3N}R_N \\ a_{N1}R_1 + a_{N2}R_2 + a_{N3}R_3 + \dots + a_{NN}R_N \end{cases} = \begin{cases} a_{11}R_1 \\ a_{21}R_1 \\ a_{31}R_1 \\ a_{N1}R_1 \end{cases} + \sum_{m=2}^N a_{im}R_m$$

- アンビエント項の追加 → 線形従属
- Matching Pursuits法の採用

復元モデルの合成結果



明日香村イベント



高松塚



高松塚(中に入る!)



アウグストス神殿 (フォロローマーノ)



ローマ(イタリア) 2008年12月



ローマ市要人來訪



助役



ローマは雨だった！

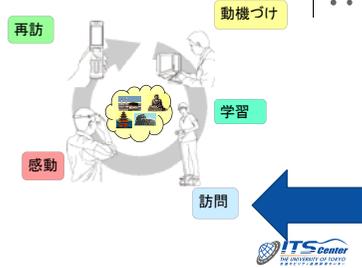


経時的展示へ

CGの特色を生かして、都の変遷を見せる



スマートツーリズム



現状の観光地訪問



- 移動時間=むだ時間
- 観光の際は、移動も楽しみの1つ

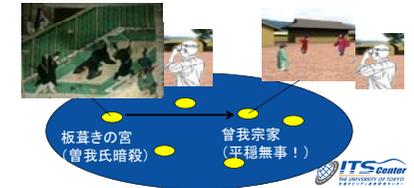


提案する移動



移動展示の可能性=共時的展示

- 移動を利用した古代空間の再現
- 「その時歴史が動いた」を現場でのぞき見



電動カート型



- 複数人で利用可能
- 雨天時も使用可能
- 電磁誘導自動走行



平城イベントでの電動カート



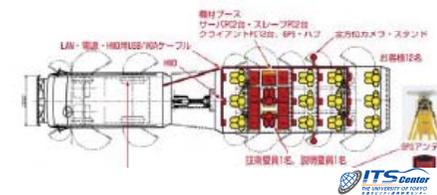
課題1: ユーザーの位置姿勢

- 位置: GPS利用 5cm以下の精度
- 姿勢: 電子コンパス+ジャイロ

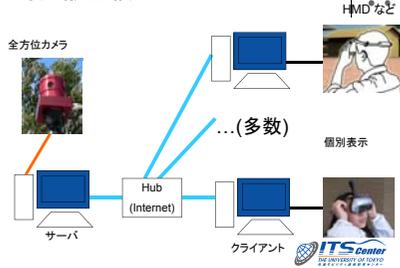


課題2: 複数人の乗客

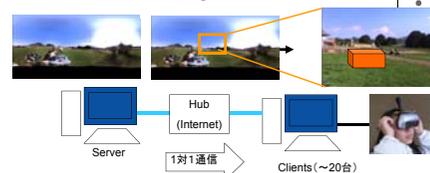
- クライアント-サーバー方式並列映像配信:
- 平城京イベントでは12人



同時分散配信



TCP-ユーザ主導システム



- サーバ: 圧縮全方位画像列を1:1配信
- クライアント: 背景画像以外は自分で処理



複数人の観賞



課題3: 移動光学的整合性

- 移動光源実時間計測影付け法の開発



周辺の明るさ測定

影付け平面実時間影法



課題4: 「こと」へ

- 人物の登場



既存アーカイブの利活用

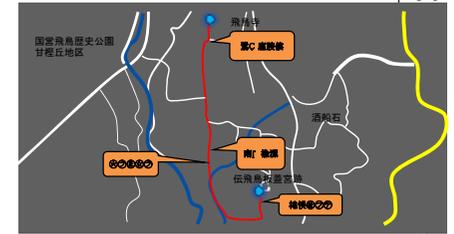


[NHKドラマ大化の改新1シーン]

立体音響



経路



壬申の乱



本年度のツアー



スマートツーリズム

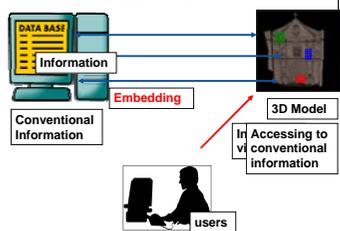


体験アップロード(再訪)

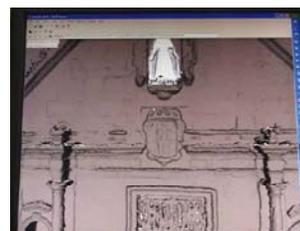


- 写真、感想などをブログ・SNSで公開・共有

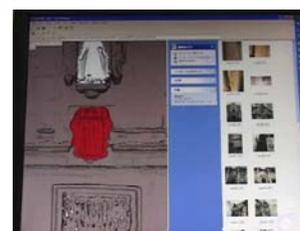
ユーザー参加型博物館



書きたい領域の選択例 (メルセデ教会(パナマ))



情報の付加



情報の検索



仮想化都市とクラウドツーリズム

- 人間主体のITSシステム
- 仮想化都市情報を通じた情報提供
 - 現在 - 安心
 - 未来 - 利便
 - 過去 - 快適
- クラウドツーリズム
 - 移動情報空間の効用: 動機、学習、移動、感動、再訪
 - クラウドコンピュータを通じた体験の共通事象化



2つの科学

- やらねばならない科学
- やりたい科学

ねば科学による震災対応

ねば科学が震災に役に立つ



道路インフラ Road: Infrastructure

- 多くの道路が損壊 Many parts of Road were damaged.
 - 地震被害(盛土の崩壊)
 - 津波被害(沿岸部道路 国道6号、国道45号の9橋被害)
- 早かった道路の復旧 Quickly Restoration
 - 「くしの歯」作戦による1週間の啓開・復旧
 - 東北道24日全通
- 冗長性の確保が不十分 Importance of Redundancy
 - 日本海沿岸自動車道、三陸自動車道があれば
- ITSプローブデータの活用 Making use of ITS probe data
 - プローブデータによる「通れる道」情報などITSが実動

東北地盤「くしの歯」作戦

- 東北道、国道4号から津波被害で大きな被害が想定される沿岸部の国道6号、45号への進出のため

- 「くしの歯型」救援15ルートを通行可能に

- 一週間で三陸沿岸地区の道路啓開・復旧

Quoted from

<http://www.thr.mlit.go.jp/Bumon/B00097/K00360/taiheiyokujishin/kushinoha/kushinoha.pdf>

道路復旧の速さ Astonishing speed of reconstruction

3月24日付の英国「デイリー・メール」紙報道には、常磐自動車道水戸IC～那珂IC間の復旧が驚くべきスピードと報道された。

Report in The Daily Mail, UK
Reconstruction between Mito IC – Naka IC, Joban Express Way, was introduced as astonishing speed.

Quoted from

<http://www.dailymail.co.uk/news/article-1369307/Japan-tsunami-earthquake-Road-repaired-SIX-days-destroyed.html>

現在の東北道 Current status of Tohoku expressway



On April 20

盛土構造(常磐自動車道、仙台東部道路) Banking (Joban Exp.Way, Sendai East Road)



防災ITS・災害ITSに関する提言

- 大震災対応の交通問題解決のため、ICUS, エネルギーセンター、海中工学研究センターなどの所内の研究センターと連携し、生産技術研究所の総合力を生かして社会貢献を行う

- ICUSの情報発信、情報収集、技術ボランティア、海外対応機能と連携、モビリティ・交通の分野、さらに、エネルギーと海中工学との連携して、提言を行う

提言の3つのフェーズ

- 被災地(東北地方を対象とした、復旧・復興)
 - 復興における町づくり(交通、エネルギー)の提案
都市の規模、地形に応じた対応
 - 東北地方の大学、研究機関の支援 (MOU)
- 首都圏における交通
 - エネルギー需要マネジメント、交通需要マネジメント
産業維持の視点
交通の料金体系による抑制、ピークカットと総量制限
- 今後の大震災対策における交通
 - 防災、交通・物流、エネルギーを統合した対策案
災害時の避難行動
被災地からの移動
帰宅難民問題
救援復興の物流、交通渋滞問題

ねば科学が震災へ

- いわば当然!

やりたい科学が震災へ?



- Twitter・Facebook による安否確認

屋外ギャラリー 被災地アーカイブ

Probe Carによる調査

- 被災状況の連続的アーカイブ
- 360° 全方位映像 + 高精度GPS
- April 18~23, 2011
 - 宮城県沿岸の大部分 (山元町・亶理町～南三陸町)
- April 26~29, 2011
 - 岩手県沿岸(宮古～陸前高田)

機材

- 被災状況の連続映像アーカイブ
 - 360° 全方位映像
 - 高精度GPS
- 被災状況の詳細な形状アーカイブ
 - 360° 全方位形状計測装置



計測用車両



調査概要 (1)

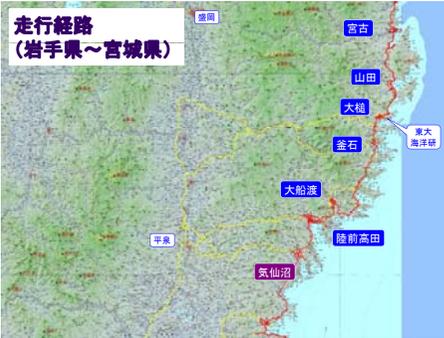
4/18 (月)	亙理町、山元町
4/19 (火)	亙理町～岩沼市～名取市～仙台市若林区・宮城野区(仙台港)～七ヶ浜町～塩竈市(塩釜港)
4/20 (水)	石巻市西部～東松島市(奥松島・宮戸島)～松島町～利府町～塩竈市(塩釜港)～七ヶ浜町～仙台市宮城野区(仙台港)
4/21 (木)	石巻市街(日和山公園、日和大橋)～石巻市北上地区
4/22 (金)	石巻市河北地区～雄勝地区～女川町～石巻市牡鹿地区(牡鹿半島)
4/23 (土)	南三陸町志津川地区【詳細】

調査概要 (2)

4/26 (火)	南三陸町～気仙沼市
4/27 (水)	気仙沼市～陸前高田市～大船渡市～釜石市～大槌町～山田町～宮古市
4/28 (木)	八戸市～階上町～洋野町種市地区～久慈市～野田村
4/29 (金)	野田村～普代村～田野畑村～宮古市田老地区～宮古市～山田町【詳細】
4/30 (土)	釜石市～大槌町【詳細】、陸前高田市【詳細】

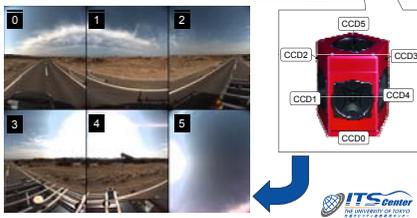


走行経路 (岩手県～宮城県)



全方位カメラ映像

PointGrey Ladybug3
真下を除く全方向の映像を記録
6CCD(768x1024pix), 16fps



2011/4/18 山元町: 陸橋だけ残った常磐線坂元駅



2011/4/18 山元町: 常磐線坂元駅



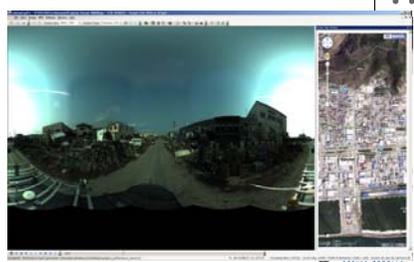
2011/4/18 山元町: 陸橋だけ残った常磐線坂元駅



2011/4/20 仙台市宮城野区蒲生



2011/4/22 石巻市魚町2丁目



2011/4/26 南三陸町志津川





宮古市田老「スーパー防潮堤」



10m x 1.4km



2011/4/29 宮古市田老:津波は防潮堤を越えた



2011/4/29 宮古市田老:海側の防潮堤は壊れた



2011/4/30 大槌町赤浜:民宿に乗った遊覧船



2011/4/30 岩手県大槌町・東大海洋研



2011/4/30 陸前高田市高田町



やりたい科学による 3次元計測



レーザセンサによる3次元計測



- 津波を受けた建物
互理町温泉施設「鳥の海」(互理町の依頼)
- 破損海岸堤防
上記「鳥の海」の海岸堤防
阿武隈川の破損堤防は東北大チームに依頼
海岸の破損堤防の様子を自主的に記録



計測場所詳細

- 互理町荒浜地区



温泉施設「鳥の海」



- 建物自体は健在だが、周囲は瓦礫の山



レーザセンサ



「鳥の海」の海側は砂浜になっていた



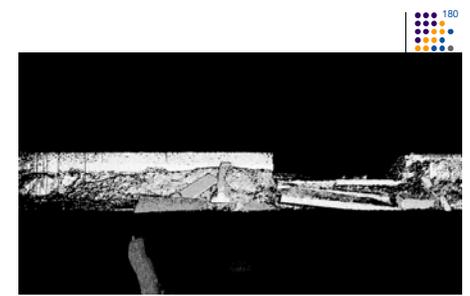
「鳥の海」の計測結果



破損堤防



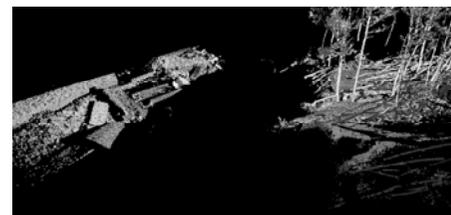
流れ込んできた海水が引いていない



堤防の計測結果



堤防の計測結果(別角度)



直後・半年後・1年後?



第1次調査

4/18 (月)	亶理町、山元町
4/19 (火)	亶理町～岩沼市～名取市～仙台市若林区・宮城野区(仙台港)～七ヶ浜町～塩竈市(塩釜港)
4/20 (水)	石巻市西部～東松島市(奥松島・宮戸島)～松島町～利府町～塩竈市(塩釜港)～七ヶ浜町～仙台市宮城野区(仙台港)
4/21 (木)	石巻市街(日和山公園、日和大橋)～石巻市北上地区
4/22 (金)	石巻市河北地区～雄勝地区～女川町～石巻市牡鹿地区(牡鹿半島)
4/23 (土)	南三陸町志津川地区【詳細】

第1次調査(続き)

4/26 (火)	南三陸町～気仙沼市
4/27 (水)	気仙沼市～陸前高田市～大船渡市～釜石市～大槌町～山田町～宮古市
4/28 (木)	八戸市～階上町～洋野町種市地区～久慈市～野田村
4/29 (金)	野田村～普代村～田野畑村～宮古市田老地区～宮古市～山田町【詳細】
4/30 (土)	釜石市～大槌町【詳細】、陸前高田市【詳細】

半年後の第2次調査(実は9・11)

2011/9/11	亶理町、山元町
2011/9/12	岩沼市、名取市、仙台市、塩釜市
2011/9/13	松島、石巻市
2011/9/14	石巻市、南三陸町
2011/9/15	気仙沼市、陸前高田市、大船渡市、釜石市
2011/9/16	大槌町、山田町、宮古市
2011/9/17	田野畑村、譜代村、野田村、久慈市、洋野町、階上町
2011/9/18	八戸市

一年後の第3次調査(3. 11～)

2012/3/11	亶理町、山元町
2012/3/12	岩沼市、名取市、仙台市、塩釜市
2012/3/13	松島、石巻市
2012/3/14	石巻市、南三陸町
2012/3/15	気仙沼市、陸前高田市、大船渡市、釜石市
2012/3/16	大槌町、山田町、宮古市
2012/3/17	田野畑村、譜代村、野田村、久慈市、洋野町、階上町
2012/3/18	八戸市



2011 04

2011 09



2012 04

釜石



2011 04

2011 09



2012 03

陸前高田



2011 04

2011 09

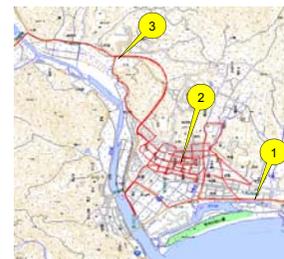


2012 03

亶理・山元



岩手県陸前高田市



1:沿岸部



2011年4月↑ 2011年9月→

水没したまま
手つかず



2: 中心市街



2011年4月↑ 2011年9月→

がれきはなくなった
活動もなくなった

(印象)



3: 内陸部(竹駒町)



2011年4月↑ 2011年9月→

活動が市街地から
移ってきた



南三陸町志津川



被災前 (Google)



2011年4月



2011年9月

気仙沼市港町



被災前 (Google)



2011年4月



2011年9月

山元町 (常盤山元自動車学校)



被災前 (Google)



2011年4月



2011年9月

石巻市魚町



被災前 (Google)



2011年4月



2011年9月

記録の利活用

記録の利活用 (1)

- 現況確認, 復興計画
 - 道路の通行状況(その場に行かなくても分かる)
 - 建物や防潮林の倒壊状況
 - がれき積み上げ量調査
 - :
- 東大3.11net, 自治体等と協議



表示インターフェース

- 地図からの逆引き
- 新旧比較



仙台近郊はStreetViewもある



記録の利活用 (2) 風化防止, 防災教育

- 昔
 - 語り部さん, 写真, 石碑
- 今
 - Web上の動画, 報道映像
- 次世代
 - 仮想臨場体験



VR, MR技術
の活用



仮想臨場体験



動画像 + ヘッドマウントディスプレイによる没入感提示
CG重ね合わせ, 津波シミュレーション(計画)



2011/6/2~4 駒場リサーチキャンパス公開



2011/12/19 大スクリーン上映会



アーカイブ画像の今後

- 被災地体験アーカイブ
- 復興計画への組み入れ



対比

震災対応

- ネバナラ科学技術で十分なのか？
- モチタイ科学技術の役割は？



ネバナラ科学技術のひ弱な面 (特に日本)

- JOCの青い火の後の原子炉事故ロボット
- 極限作業ロボット国プロも20年前にあった
- 喉元すぎれば、、、
- 震災なんて、1000年に一度、、、
- 大和民族は忘れっぽい？



喉元過ぎればをどうふせぐか？

- 国民の記憶を風化させない
- フィジカルモニュメント 
- モチタイ科学技術によるデジタルモニュメント 



2011/12/19 スクリーンコンテンツ



喉元過ぎればをどうふせぐか

- モチタイ科学技術による運用コスト



- Twitter・Facebook による安否確認



使いたいで運用

- Twitter・Facebook
- トヨタクラブ・ホンダクラブ
- コンテンツ・ゲーム
- ただし、底流として常に非常時を考えて設計



開発分野

- コストを意識する開発分野
 - 日本の企業が得意
 - 若干閉塞感もただようことがある
- コストを無視する開発分野
 - 「なんぼでもええから世界一をつくれ！」
 - ベンチマークシステム群
 - 工業技術のレベルを引っ張る



コストを無視する開発分野

- 軍事研究(米国の大学)
 - 国家という掛け替えのないものを護る
 - 東京大学はやらない！(東大の内規)
- 掛け替えなきものための開発分野
 - 人命
 - 宇宙船地球号
 - 民族のアイデンティティーたる文化



コストを無視する開発分野

- 軍事研究(米国の大学)
 - 国家という掛け替えのないものを護る
 - 東京大学はやらない！(東大の内規)
 - 米国の後進いはやらない！(池内のポリシー)
- 掛け替えなきものための開発分野
 - 人命
 - 宇宙船地球号
- 民族のアイデンティティーたる文化



各国の文化力への戦略

- 米国：ハリウッドを通じた美しい米国の生活
- フランス：



対比

- 米国
 - 国家というかけがえのない物を護る技術開発
 - ある意味、死の商人
- 日本
 - 文化というかけがえのない物を護る技術開発
 - 文化大国
 - なお且つ新しい工業技術
 - クールネスの追求



文化科学技術の ネバナラへの応用



ハイブリッド設計法の確立

- ネバナラヌはなかなか理解されにくい
- ネバナラヌは運用がむづかしい
- モチタイ応用による日常運用:
軍事以外で、
運用費用をだすにはこれしかない!
- モチタイ科学技術を如何に転用するか



まとめ

- ネバナラヌ科学技術とモチタイ科学技術?
- 最先端技術は、実は同一?
- モチタイ科学技術の
「治に居て乱を忘れず」設計



国の中から

- ねば科学
- たい科学
- 両者の共存

