

画像分野における 産学連携オープンイノベーション

地域を主体とした産学連携の可能性について

東北大学 情報科学研究科

青木 孝文

aoki@ecei.tohoku.ac.jp

講演内容

- 画像分野における地域連携
- 画像マッチング技術「**位相限定相関法**」
- 工業用マシンビジョンへの応用
- バイオメトリクス認証への応用
- 3次元計測への応用
- 医用画像解析への応用
- 画像の編集・合成への応用
- プロジェクタ・カメラへの応用
- まとめ

画像技術は3種類に分けられる 画像ソリューションのための武器となる3領域

画像認識 (パターン認識) PR

画像・音声などの雑多な情報を含むデータから、意味ある対象を選別・抽出する問題を取り扱う。例えば、画像から文字を認識してテキストに変換する問題など。対象をクラスに分類する識別問題に帰着できる。

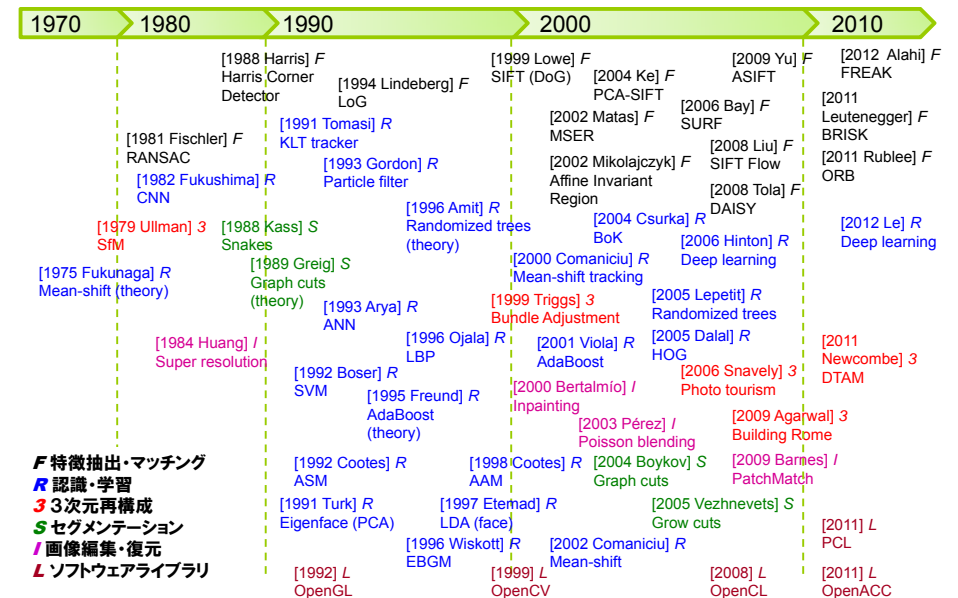
コンピュータビジョン CV

カメラで撮影した画像から、被写体や環境がどうなっているのかを明らかにする問題を取り扱う。画像の解析・理解、3次元シーンの復元、距離画像の解析、物体の検出・追跡・認識、色解析、カメラ校正などを扱う。

画像処理 IP

情報工学的に画像を処理して、別の画像に変換したり、画像から何らかの情報を取り出すために行われる処理全般を指す。画像変換の方法は、「2値化」、「エッジ検出」などをはじめとして極めて多様である。

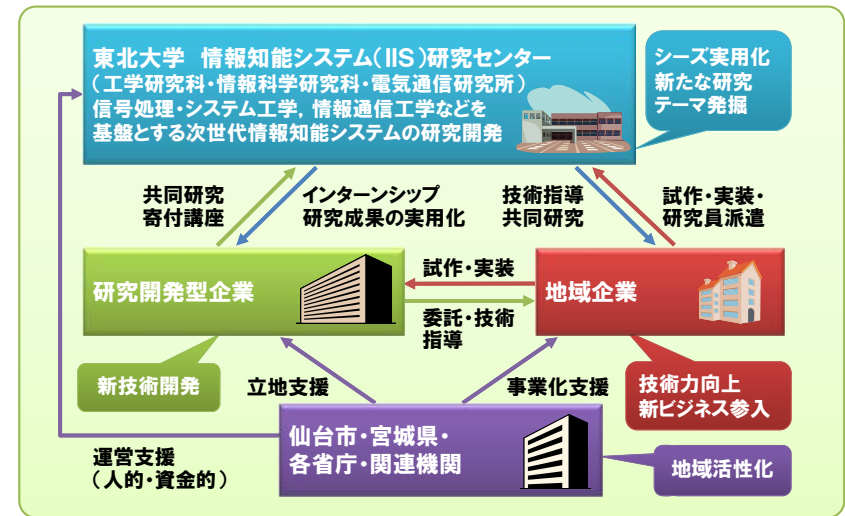
画像研究における重要論文(主観による)



画像処理から画像ソリューションへ

- 初期(1980~1990年代)に確立された**理論**をベースにして、近年、**基本アルゴリズム**が次々と開発され、各種応用におけるブレイクスルーが達成されている。
- 「**一般物体認識**」や「**多視点画像からの3次元復元**」など、従来、うまく解くことができなかった問題に対しても、かなり実用的な解法が得られつつある。
- 多くの実用的な問題が基本アルゴリズムの連携によって解かれるようになり(**画像ソリューションの時代へ**)、従来型のアドホックな自社独自方式のようなアプローチが時代遅れになりつつある。
- 地域企業にとって、画像ソリューションのノウハウやスキルを身に付けることが障壁になる(→**大学と連携**)。

情報知能システム(IIS)研究センター 仙台市 地域企業との連携による研究開発加速・人材育成



マシンビジョンと地域連携

- マシンビジョンとは、産業(特に製造業)でのコンピュータビジョンの応用を意味する。人の目の代わりに画像を認識し、位置決めや種別、計測、検査を行う。
- 製造業では電子部品や半導体、自動車、食品、医薬品などの検査工程で、専用カメラと画像処理ソフトウェア・ハードウェアで構成されるシステムが、人間の検査者の代わりに製品検査を行う。
- 交通監視システムやITSの一部としてはたらく車載カメラ、セキュリティ用途の監視カメラ、見守りカメラ等のアプリケーションもマシンビジョンに含まれる。
- 東北地域では、東北経済産業局・ICRの支援をうけた**マシンビジョン研究会**を起点として活動が活発化。

最近の地域連携事例 1/2

| | | | |
|-----|-------------------------------|--|--|
| 完了 | 平成21年度戦略的基盤技術高度化支援事業 | 「アルゴリズム」からの、組込みシステム向け「試作/製品用ソフトウェア」の実装に関する研究開発 | トライボッドワークス株式会社、東社シーテック株式会社、ハイスリープロジェクト株式会社 |
| 完了 | 平成21年度ものづくり中小企業製品開発支援補助金 | 光計測技術を利用した高速・高精度寸法測定装置の開発 | 株式会社ティーワイテクノ |
| 完了 | 平成21~23年度新連携支援事業 | 新開発ソフトカプセル自動外観検査装置の製造及び販売 | 株式会社ティーワイテクノ |
| 完了 | 平成22年度戦略的基盤技術高度化支援事業 | 熱画像センサとステレオビジョンによる高度なホットメルト検査システムの開発 | 東社シーテック株式会社 |
| 完了 | 平成22年度戦略的基盤技術高度化支援事業 | 外観検査用産業用ロボットを高度化する画像処理組込みソフトウェアの開発と事業化 | ハイスリープロジェクト株式会社、引地精工株式会社 |
| 完了 | 平成22年度研究成果最速展開支援プログラム(A-STEP) | 高速・高精度3D画像センシングに基づくダイナミック投影システムの開発 | 日本電気株式会社 仙台高等専門学校 東北芸術工科大学 |
| 継続中 | 平成23年度戦略的基盤技術高度化支援事業 | 液晶表示用ガラス欠陥検査装置を高度化する画像処理組み込みソフトウェアの開発と事業化 | 株式会社エキサイト |

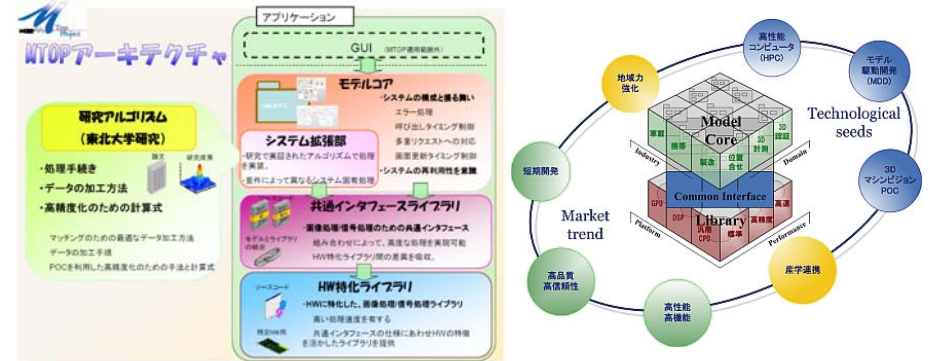
最近の地域連携事例 2/2

| | | | |
|-----|----------------------------------|---|--------------------------------------|
| 継続中 | 平成23年度戦略的基盤技術高度化支援事業 | 形状デザインを高効率化するカメラベースの軽量小型形状計測システムの開発とその事業化 | ケイテック株式会社、東杜シーテック株式会社 |
| 継続中 | 平成24年度戦略的基盤技術高度化支援事業 | 画像処理による鮮魚用小骨検査システムの開発 | 株式会社システムスクエア、有限会社桜井機械工業 |
| 継続中 | 平成24年度戦略的基盤技術高度化支援事業 | 蓄電池充放電管理用の高精度直流電流センサの研究開発 | 東北電子工業株式会社、匠ソリューションズ株式会社、株式会社フェローテック |
| 継続中 | 平成24年度JST復興促進プログラムマッチング促進(タイプII) | 動的に変化する物体表面を計測するためのスクリーン面マーカークラスタ形成技術の確立 | 小糸樹脂株式会社、株式会社エキサイト |
| 継続中 | 平成25年度イノベーション拠点立地推進事業 | 20nm半導体量産に必須となる欠陥検査装置の自動化ソフトウェアの実用化 | 株式会社NGR |
| 継続中 | 平成24年度ものづくり中小企業・小規模事業者試作開発等支援補助金 | 画像処理組込みソフトを用いた汎用表面欠陥検査装置の開発 | バイスリープロジェクト株式会社 |
| 継続中 | 平成24年度ものづくり中小企業・小規模事業者試作開発等支援補助金 | 飲料水メーカー向け「後付け可能かつ低コスト」はホットメルト検査装置の試作開発 | 東杜シーテック株式会社 |

9

「アルゴリズム」からの組込みシステム向け「試作/製品用ソフトウェア」の実装に関する研究開発 トライポッドワークス・バイスリープロジェクト・東杜シーテック

研究成果 → MTOP(Model TO Product)プロジェクト



大学の研究アルゴリズムをライブラリ化。さらにアーキテクチャモデルを部品化(=モデルコア)することにより、高度でかつ扱いやすい高精度なマシンビジョン向けソフトウェア資産を開発

本成果は、マシンビジョン向けソフトウェア資産として地域のMTOP開発パートナー企業にライセンス供与され開発に利用されています。

10

The screenshot shows a newspaper page with the headline 'KDDI研 スマホカメラ 手のひら認証' (KDDI Research: Smartphone Camera Palm Vein Authentication). The article discusses a new security method using palm vein patterns for smartphone unlocking. Other articles visible include '抗菌やはっ水...' (Antibacterial/Water-repellent...) and '生地に電子線照射手法 クラボウ、表裏に別機能' (Electron beam irradiation for fabric: Clavow, different functions on front and back).

KDDI研究所との共同研究(2012年10月1日)

11

・光計測技術を利用した高速・高精度寸法測定装置の開発 ・新開発ソフトカプセル自動外観検査装置の製造及び販売 ティールテクノ

The screenshot shows a newspaper article titled '自動化へ進む装置開発' (Development of equipment moving towards automation). It reports on the development of a high-speed, high-precision measurement device using optical measurement technology. The article mentions the involvement of Teer Techno and other companies.



http://ty-techno.jp/ より抜粋

12

熱画像センサとステレオビジョンによる 高度なホットメルト検査システムの開発

東杜シーテック

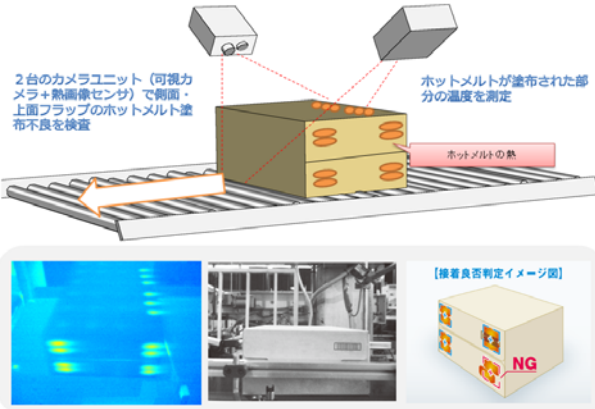
塗布面積・位置計測によるホットメルト接着不良の検査

【従来】
 ○熱画像センサが高価
 ○低価格な熱画像センサは解像度が低く、その情報だけでは検査できない

【研究開発のポイント】
 ○低価格な熱画像センサに可視カメラを組合せることで解像度の不足をカバーし、検査を実現する

【成果】
 ○飲料用ダンボール箱のホットメルト塗布検査に成功

【利用イメージ】
 ○ダンボール箱詰全般のホットメルト塗布検査への活用

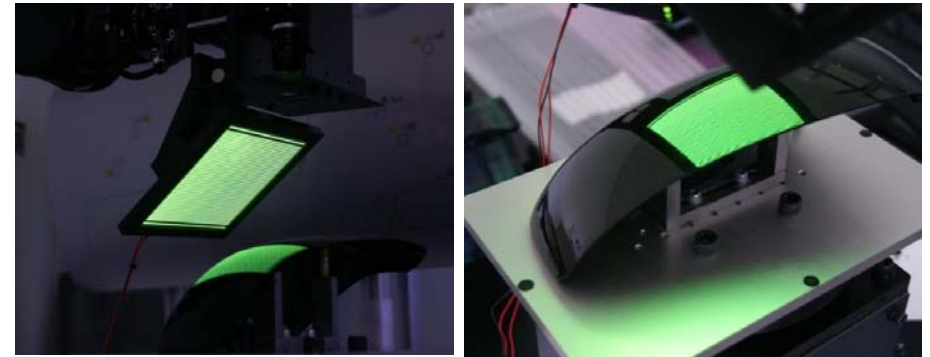


13

外観検査用産業用ロボットを高度化する画像処理 組込みソフトウェアの開発と事業化

バイスリープロジェクト・引地精工

鏡面体(例 自動車ボディ)上の緩やかな凹凸欠陥をカメラで捉えることは困難
 縞模様入りスリット光源を用い、鏡面体に写り込んだ欠陥部分の局所的変化をカメラで捉え、鏡面体上の緩やかな凹凸の欠陥検出を可能とする



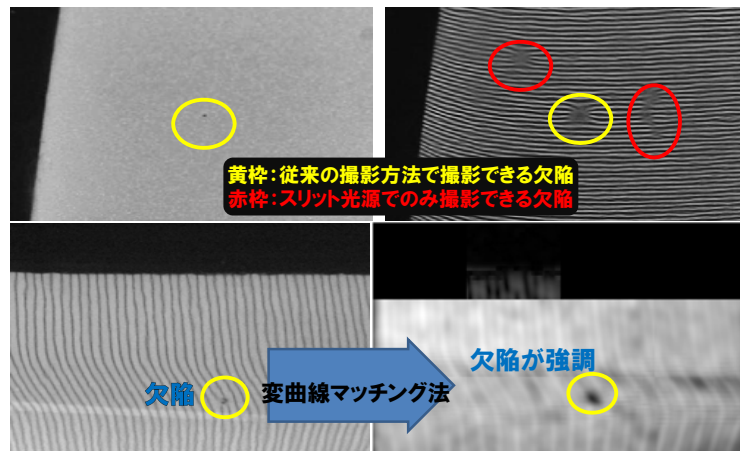
スリットパターン生成光源

14

外観検査用産業用ロボットを高度化する画像処理 組込みソフトウェアの開発と事業化

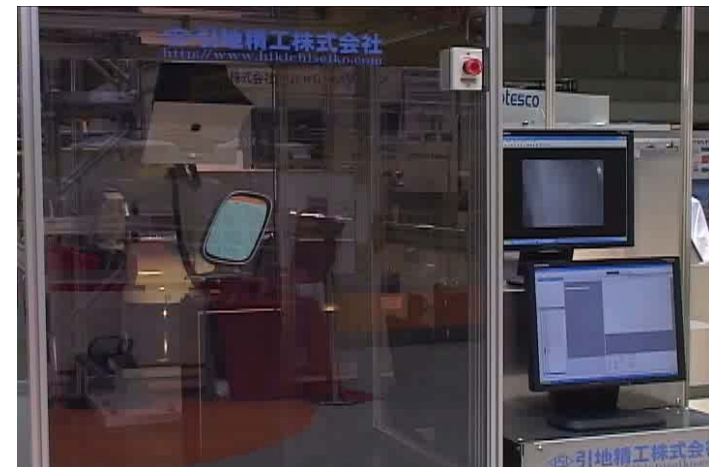
バイスリープロジェクト・引地精工

自動車ボディのような鏡面体上の緩やかな凹凸欠陥の検査



15

曲面・鏡面外観検査ロボット 引地精工株式会社



16

高速・高精度3D画像センシングに基づく ダイナミックプロジェクションシステムの開発

日本電気・仙台高専・東北芸術工科大

公開実験: せんだいメディアテーク「FULL FLAT」

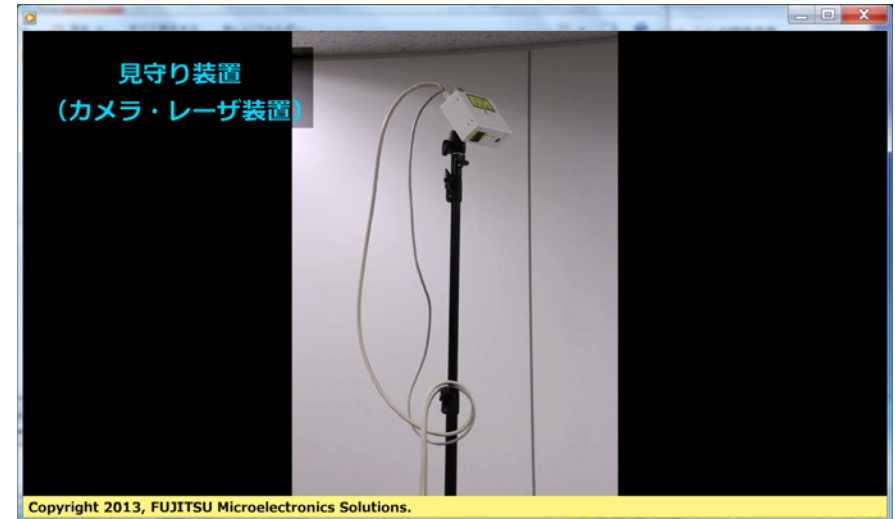
- ✓ 3次元曲面を持つスクリーンを作成。そこに映像を投影し、映像の歪みがいかに補正されているかを体験
- ✓ 画像補正のON・OFFをレーザーポインタで操作し、歪み補正の実用性、有効性を検証



(約2分30秒)

ベッド患者見守りシステム

富士通マイクロソリューションズ



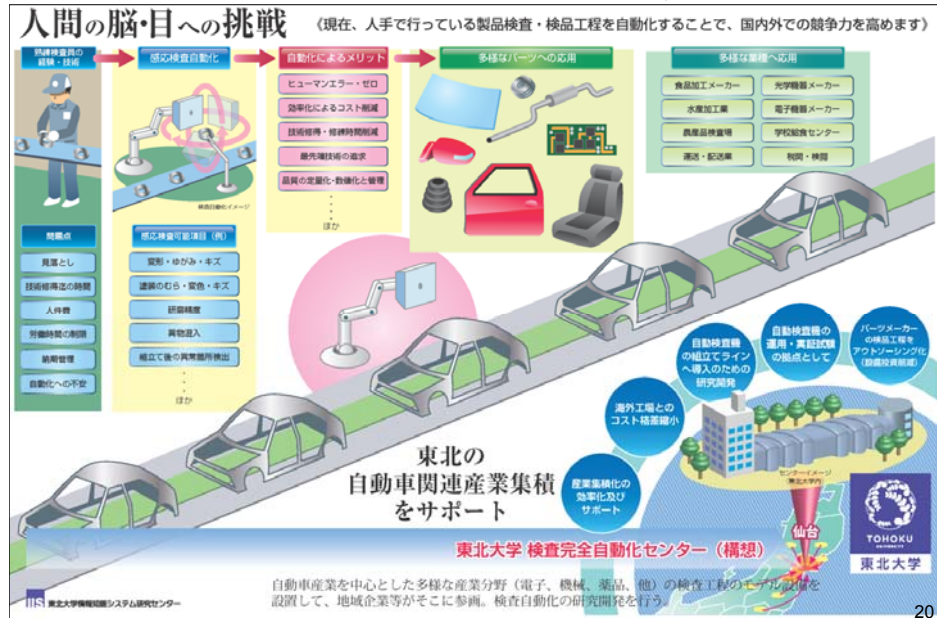
自動車エンジンの3D熱画像マッピング

宮城県産業技術総合センター



VVT-i トヨタカローラ1.5L(実習用エンジン)

目視官能検査の自動化研究センター



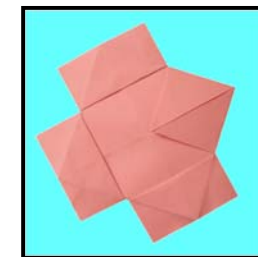
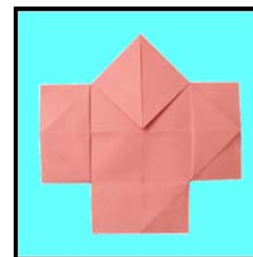
超高精度画像マッチング技術

位相限定相関法

Phase-Only Correlation (POC)

画像マッチングとは？

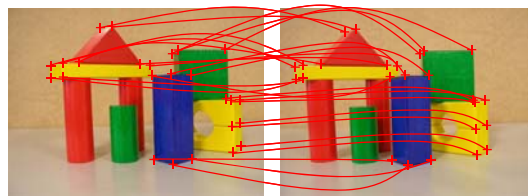
- 画像技術全般(IP, PR, CV)の基本操作
- 画像を自動的に合わせる
 - ぴったり対応する点を見つける
 - ➡ 画像の対応付け
 - 画像がどれだけ似ているかを調べる
 - ➡ 類似度の算出



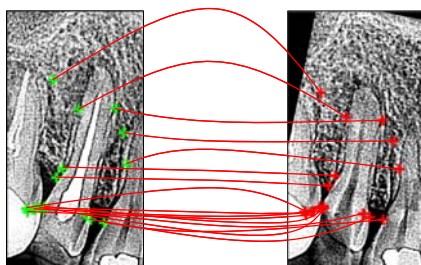
さまざまな画像の対応付け

左カメラ 右カメラ

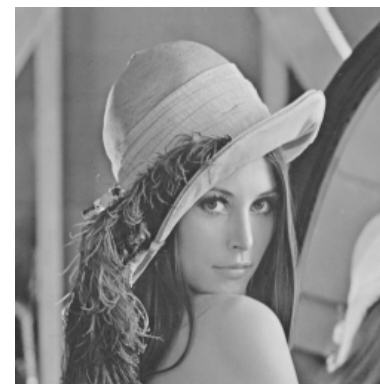
ステレオ対応付け



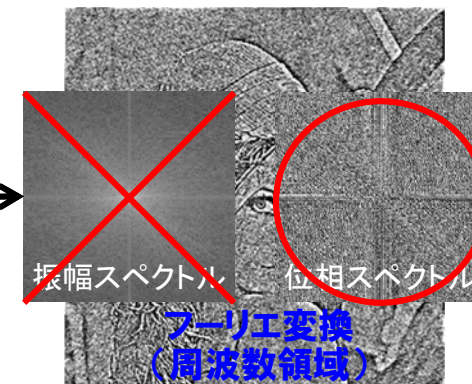
X線画像対応付け



画像の位相とはなにか？



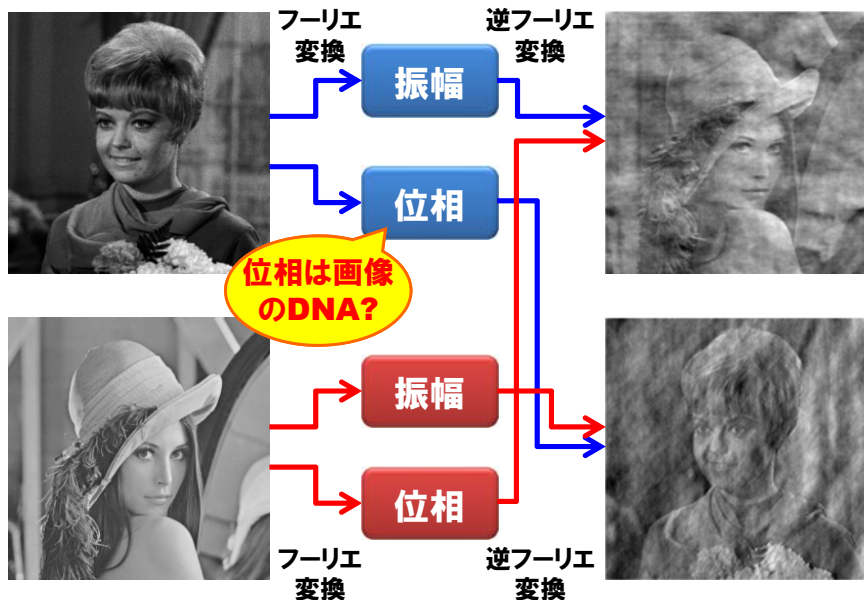
原画像



フーリエ変換
(周波数領域)

位相のみから
合成された画像

画像の位相とはなにか？



位相限定相関法(POC)の技術体系

サブピクセル 画像対応付け

平行移動量推定
誤差 ~1/100ピクセル

回転角度推定
誤差 ~1/100度

倍率推定
誤差 ~0.01%

@256x256画像

局所領域の対応付け
誤差 ~1/20ピクセル

@16x16ブロック画像

ロバスト 画像照合・認識

きわめて多様なモダリティについて、世界最高水準の性能を達成するバイオメトリクス認証のための汎用的な特徴記述子である局所位相特徴量*とその基本照合アルゴリズム

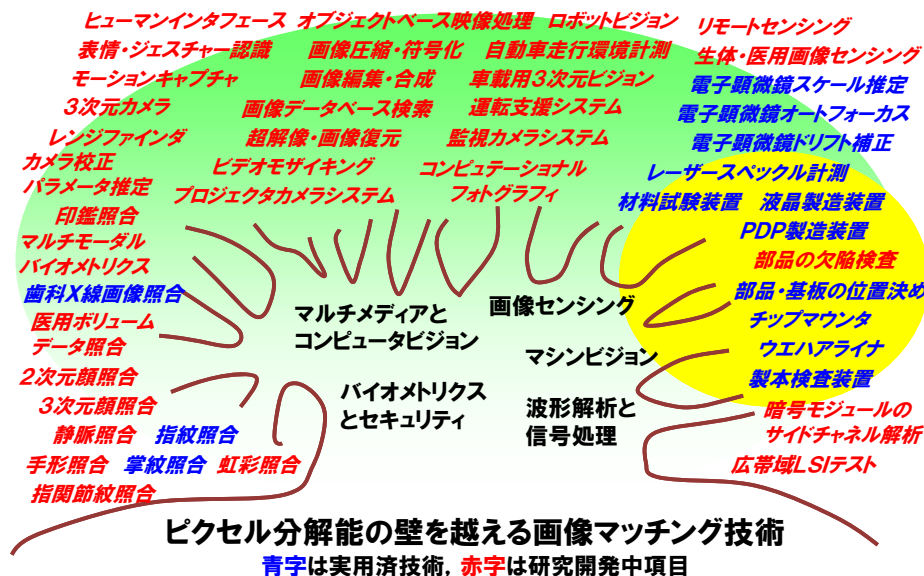
*多重解像度画像の局所的な位相を量子化して得られる特徴量

【工業市場向けマシンビジョンへの応用】

超高速マシンビジョン

産業機械に組み込む 視覚システム

位相限定相関法の応用展開 2013.4現在



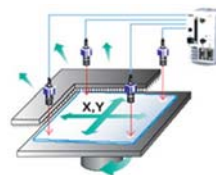
工業市場向け超高速画像認識装置



29

各種の応用展開

ディスプレイパネル
の位置合わせ



半導体製造装置向け
画像センサ



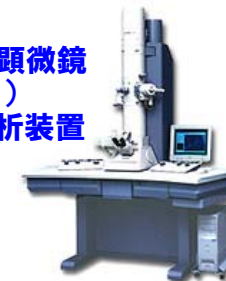
画像による製本検査



レーザースペックル計測



透過型電子顕微鏡
(TEM)
向け画像解析装置



30

製本検査装置への応用



31

レーザースペックルによる非接触 伸び・ひずみ測定装置への応用



映像提供：(株)東洋精機製作所

32

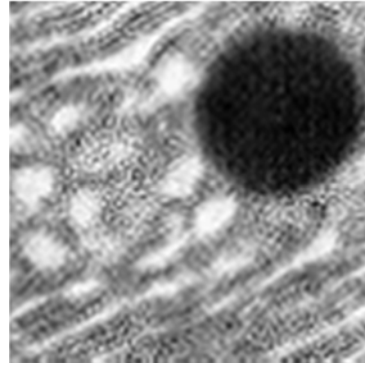
Transmission Electron Microscope (TEM)

位相限定相関法により世界で初めて
TEMのオートフォーカスを実現



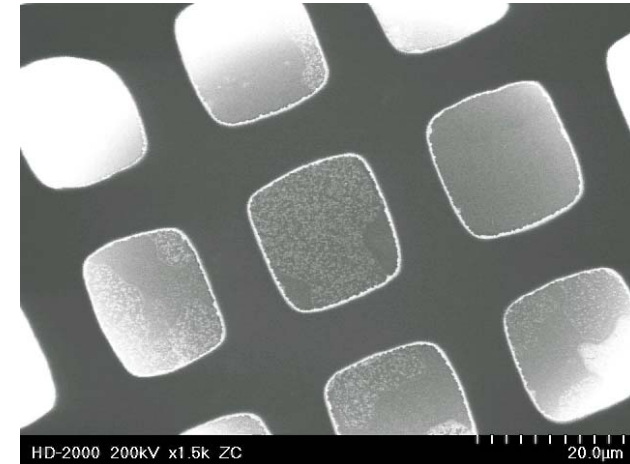
H-7600

Hitachi High-Technologies Corporation



電子顕微鏡画像の高精度倍率推定

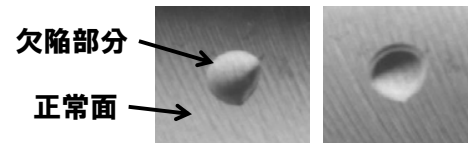
全体(50段階)で1333倍に拡大



全体の倍率推定誤差 <1%

金属部品の欠陥検査

自動車製造ラインで、目視で検査を行っている項目



欠陥部分

正常面

正常面と欠陥部分では見る角度によって
反射の仕方が異なる

反射配光分布を利用して、欠陥を識別する



正常

光

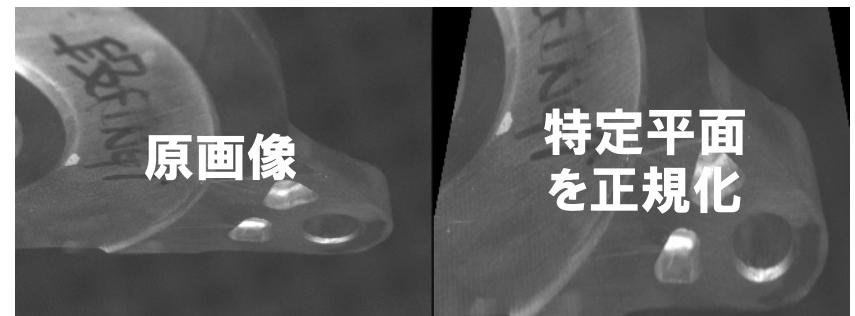
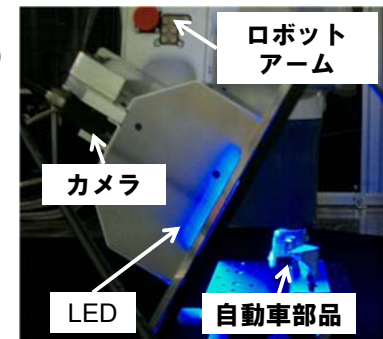
反射光

欠陥

多視点部品検査のための ロボットカメラヘッド

検出すべき欠陥の種類
(自動車部品)

- 鑄巣および段付



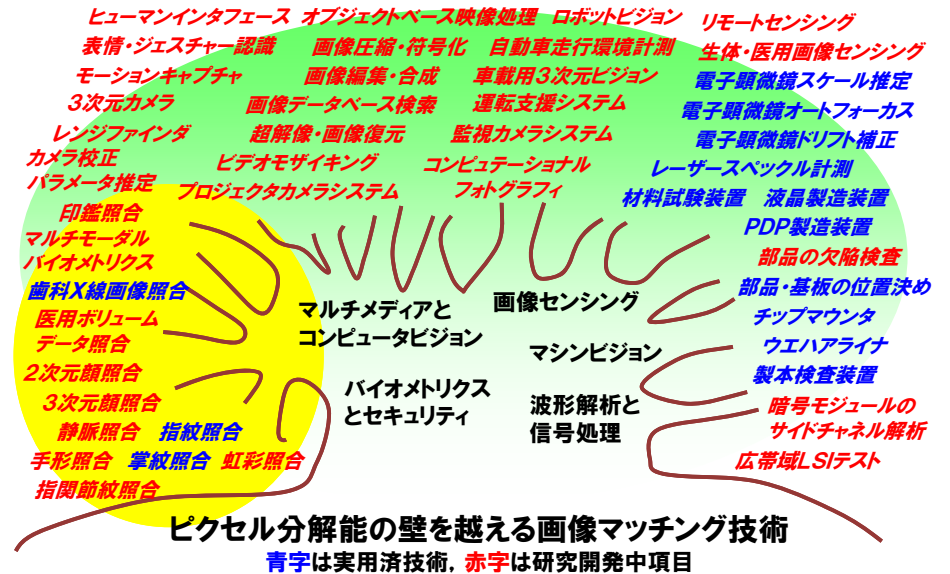
原画像

特定平面
を正規化

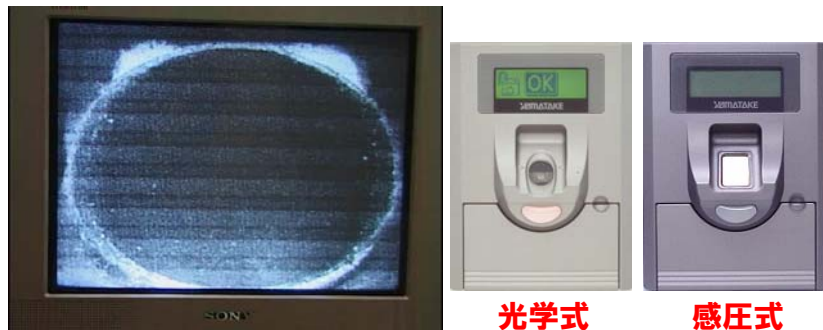
どれだけ似ているか？

位相で類似度を測る

位相限定相関法の応用展開 2013.4現在

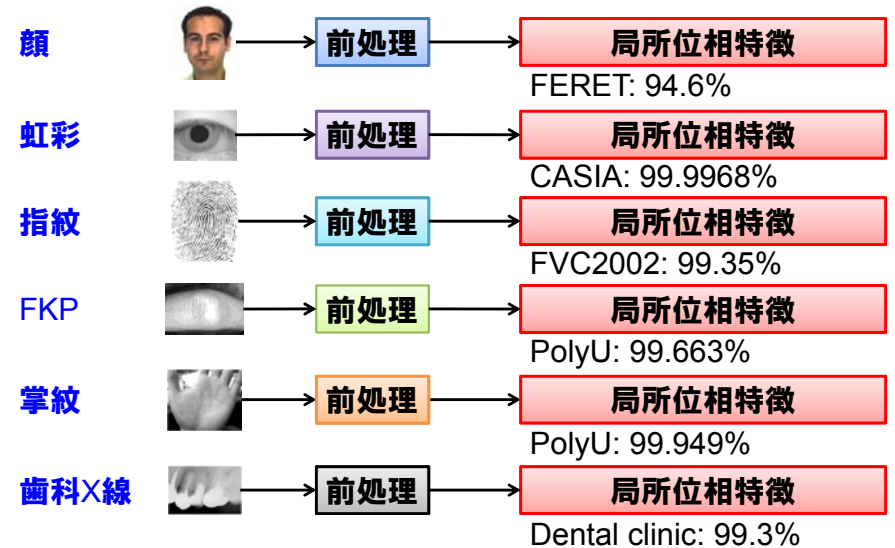


位相限定相関法に基づく指紋照合

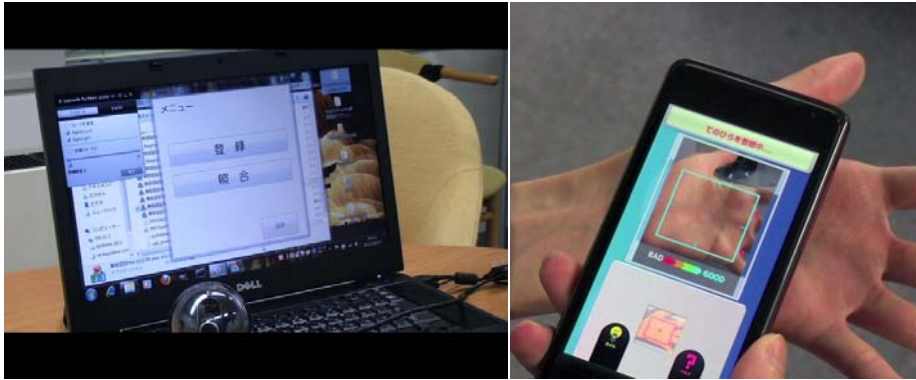


- 指紋の特徴点に基づくこれまでの照合方式と比較して、指紋のかすれや劣化にきわめて強い方式
- 指紋センサの解像度が低くても照合性能が高い

統合的なバイOMETRICS認証技術へ



位相限定相関法に基づく手のひら照合 (PCおよびAndroidスマートフォン向け)



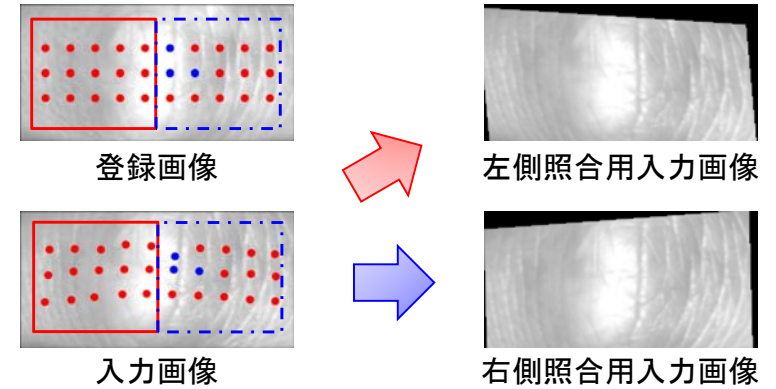
PC向けアプリケーション

スマートフォン向け
アプリケーション

41

指関節紋(FKP)認証

- 登録画像の左半分に配置した基準点とその対応点, 右半分の配置した基準点とその対応点から, それぞれ変換パラメータを推定
- 照合スコア算出は掌紋認証と同様

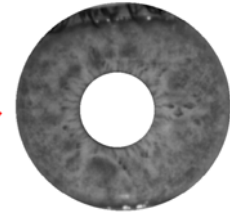
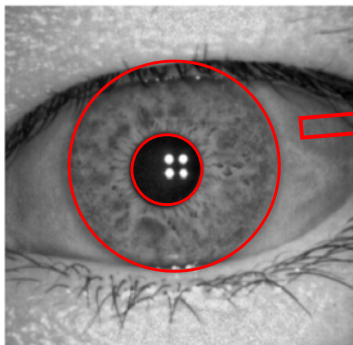


42

位相限定相関法に基づく虹彩照合

世界最高水準の認証性能

虹彩のパターン



- きわめて認識精度が高い
- 非接触での認識が可能
- 偽造が困難
- 虹彩パターンは生涯ほとんど変化しない

認識率 99.9968%
(CASIAデータベース)

43

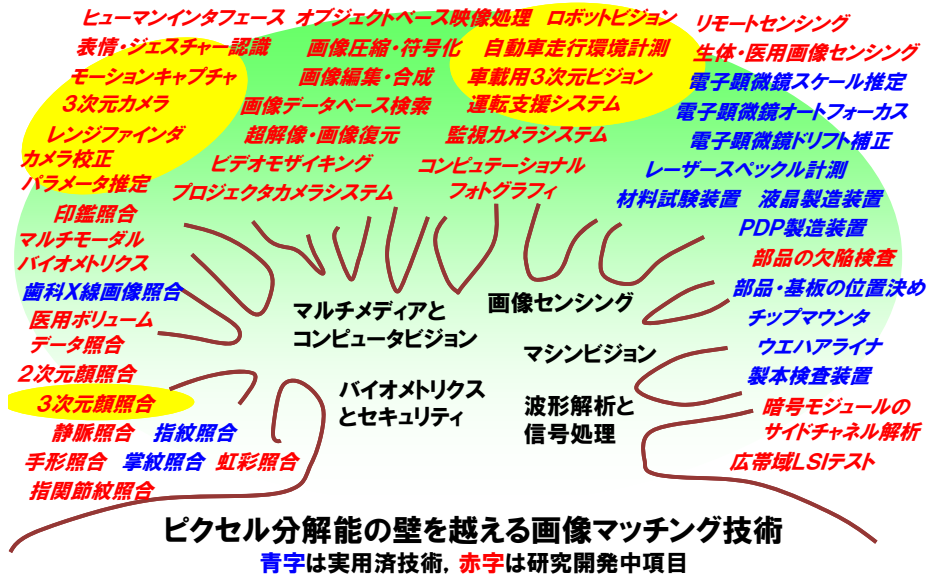
【多視点3D復元への応用】

3Dカメラと立体認識

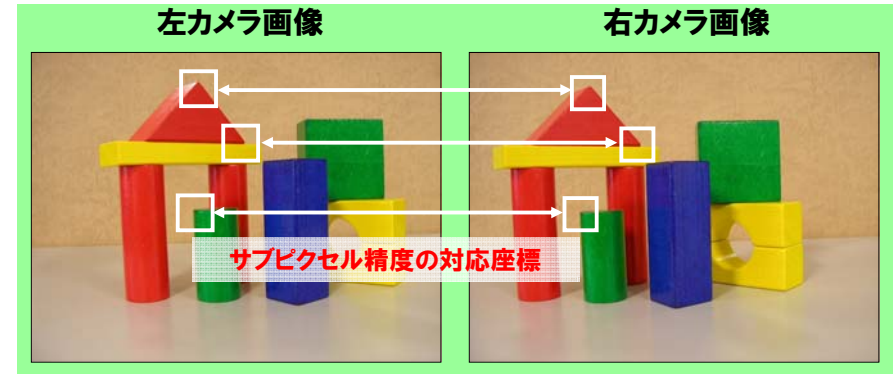
コンピュータビジョン
とは何か？

44

位相限定相関法の応用展開 2013.4現在

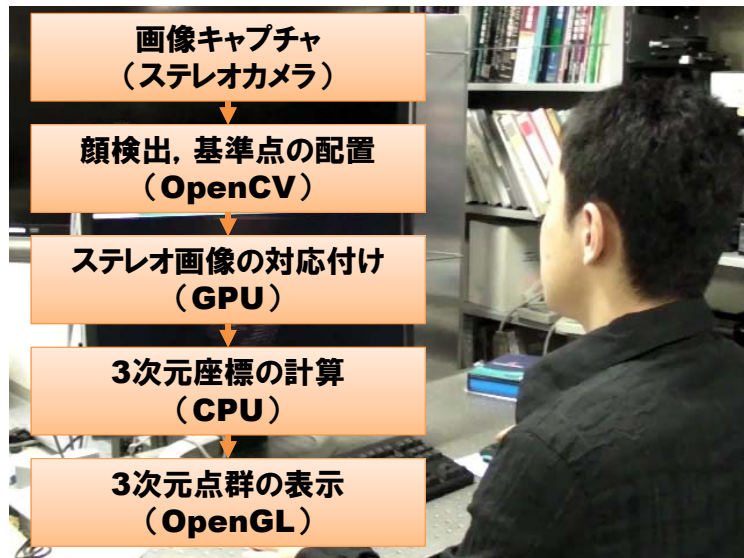


ステレオビジョンにおける対応づけ

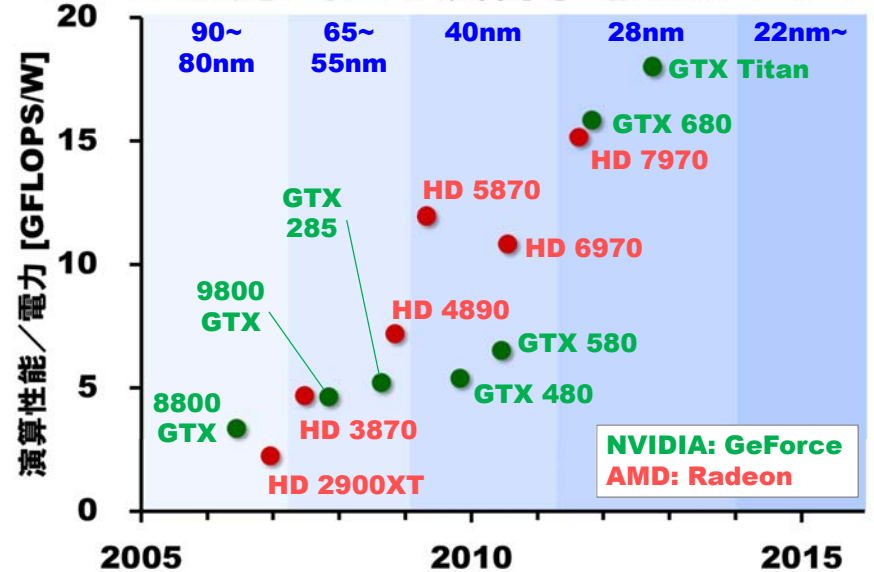


- きわめて精密な画像マッチングが必要
- 対応点座標のサブピクセル分解能が、3次元計測の性能を決定

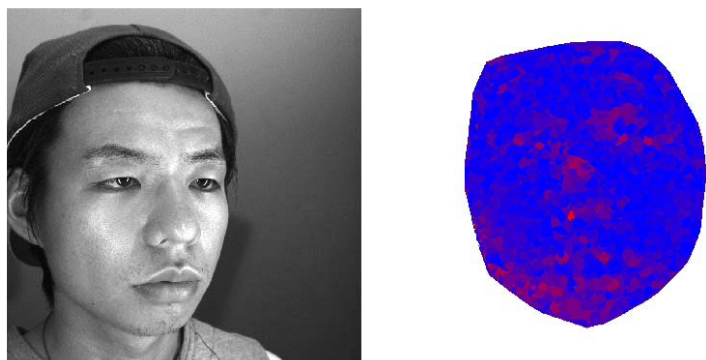
GPUステレオビジョン



GPU電力当たり演算性能のトレンド



平常時の顔との差を可視化 表情インターフェースへ向けて



青:差が小さい, 赤:差が大きい

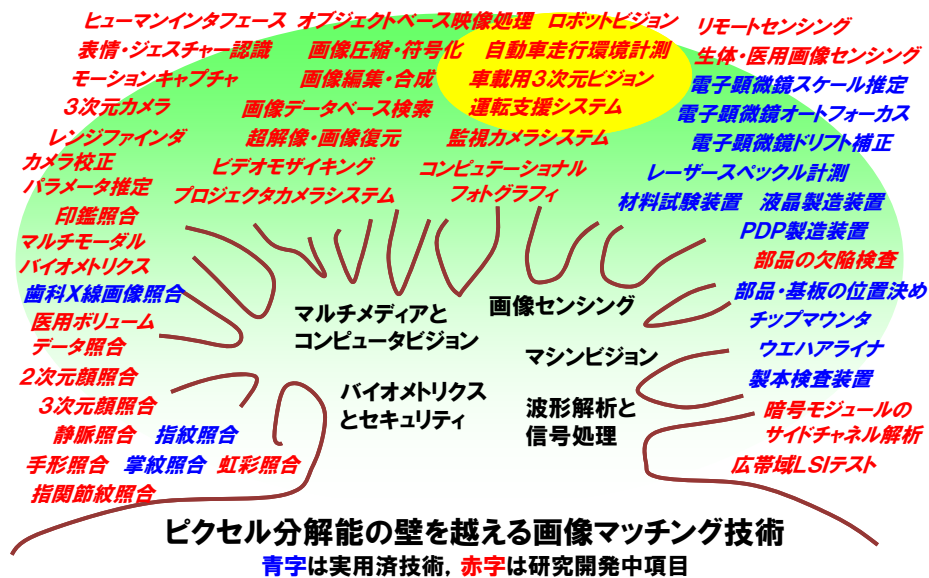
3次元聴覚ディスプレイ向け高精度頭部姿勢推定 東北大学 電気通信研究所 鈴木陽一教授のグループと共同研究



通常のデジカメを用いた 2視点画像からの3次元復元



位相限定相関法の応用展開 2013.4現在



運転支援システムのための 高精度3Dビジョン



1次元位相限定
相関法による対
応点探索



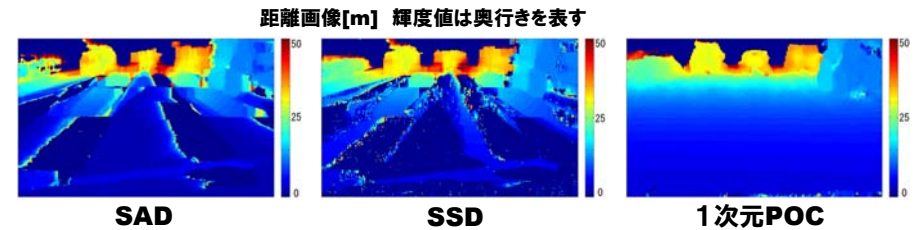
左カメラ画像

右カメラ画像

走行環境の3次元計測



システム構成
 カメラ: 1280x960 ピクセル, モノクロ
 使用言語: C++
 Intel Core2 Duo P8600 @ 2.4 GHz
 Memory: 2.5GB
画像ブロックサイズ
 1次元POC: 64 pixels, 32 lines
 SAD, SSD: 64x32 pixels



障害物検出結果

- シーン1~3: 近距離に先行車両が存在
- シーン4~5: 遠距離に先行車両が存在
- シーン6: 自車線には先行車両が存在しない

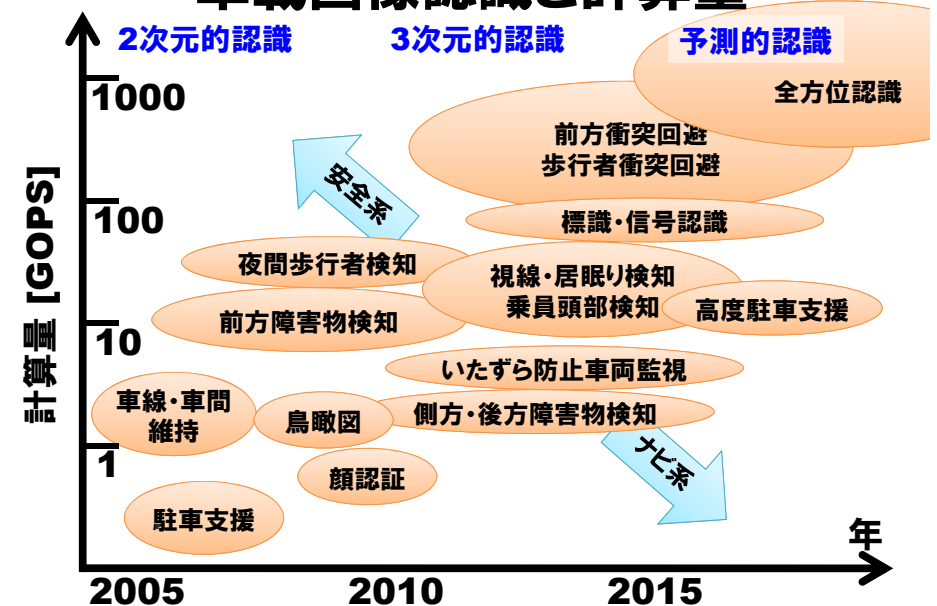


V-disparity法

直接検出法

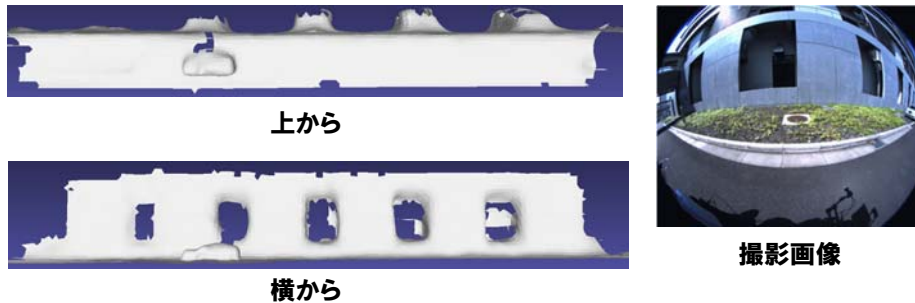
赤枠: 車両候補, 橙枠: 幅補正前の車両候補の検出枠, 黄枠: 障害物, 青: 路面

車載画像認識と計算量



主観のプロット(参考: 電子情報通信学会「知識ベース」, 2010年)

191フレームの魚眼カメラ動画像から 約100mの走行環境を3次元復元した結果

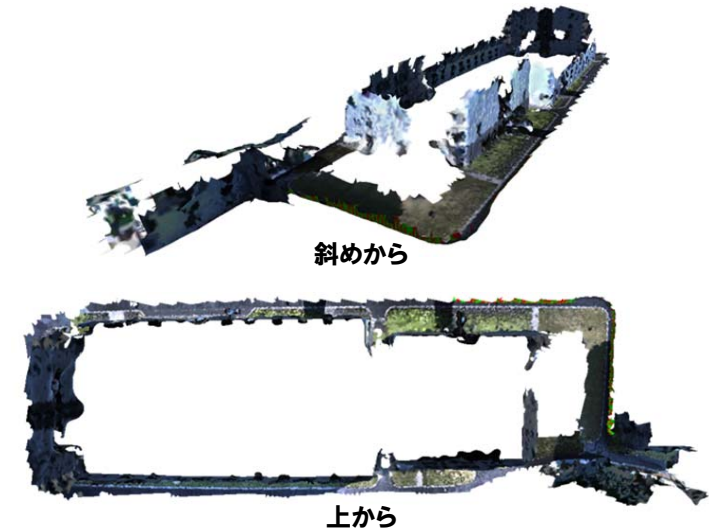


| 特徴点追跡手法 | 復元点数 | 誤差のRMS [m] |
|-------------|--------|------------|
| KLT Tracker | 2,863 | 0.0931 |
| POC | 16,035 | 0.0799 |

※最大誤差0.2m

57

1,758フレームの魚眼カメラ動画像から 約900mの走行環境を3次元復元した結果



58

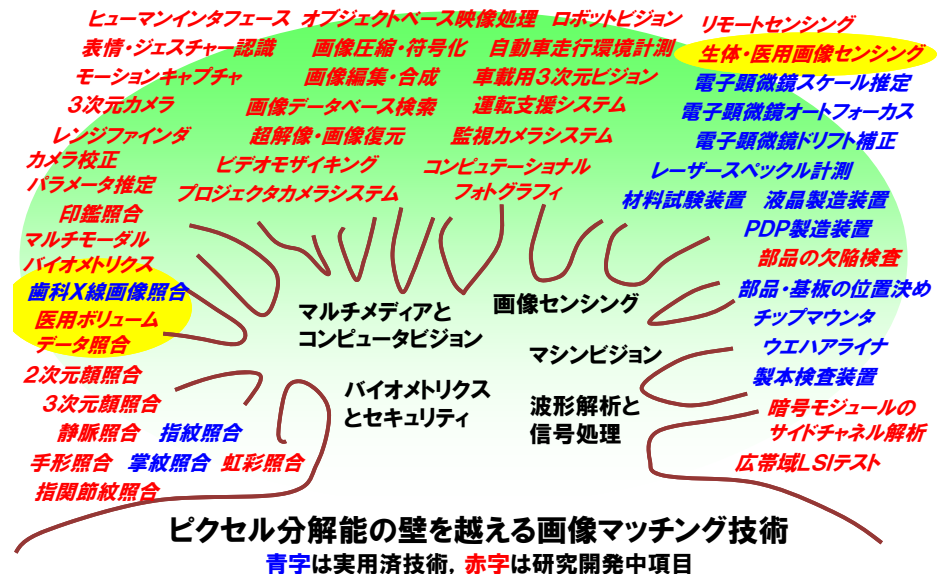
【医用画像解析と法医学的個人識別への応用】

画像からボリュームへ

多様な医療データと 写真をフュージョン

59

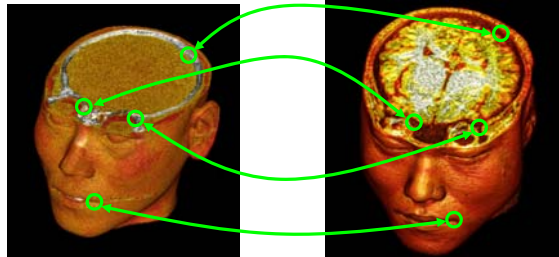
位相限定相関法の応用展開 2013.4現在



60

ボリュームデータの高精度対応付け

- 従来のような計算量の多い最適化手法は用いずに、ボリュームデータの直接的な対応付けを行う
- 3次元位相限定相関法は、従来技術に対して：
100倍 高速
10倍 高精度



61

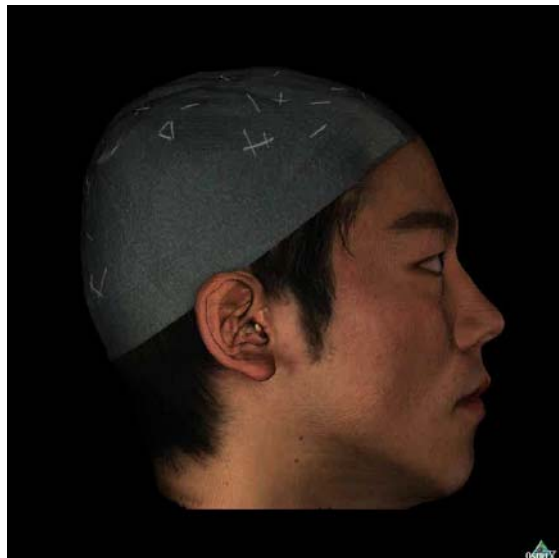
CT+MRI+実写の融合



Implemented
in OsiriX

62

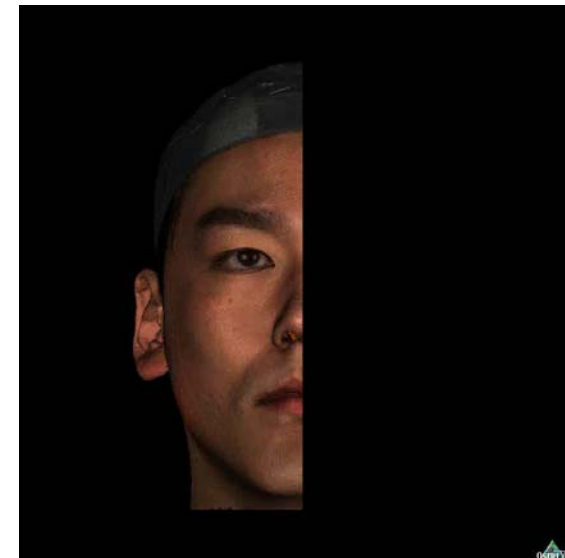
CT+MRI+実写の融合



Implemented
in OsiriX

63

CT+MRI+実写の融合



Implemented
in OsiriX

64

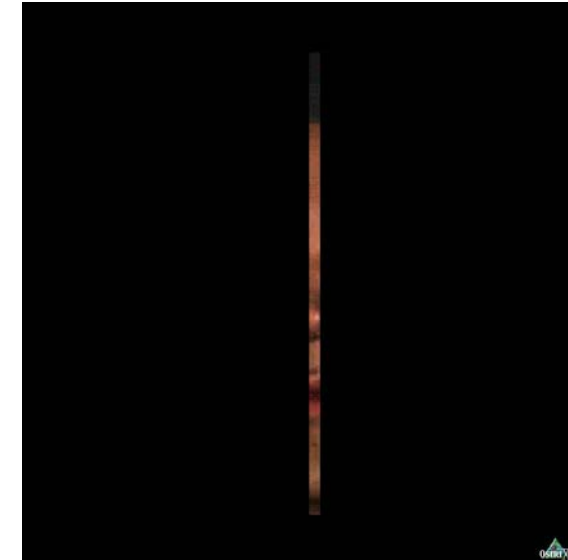
CT+MRI+実写の融合



Implemented
in OsiriX

65

CT+MRI+実写の融合



Implemented
in OsiriX

66

医療データを活用した 法医学的個人識別への応用



67

歯科X線画像による遺体の個人識別

- 災害・事故時には歯科情報を用いた身元確認が一般的。大規模災害時には作業の迅速化が求められる。
- 歯のX線画像の自動照合によって、専門家による身元確認作業を支援する情報システムを開発したい。

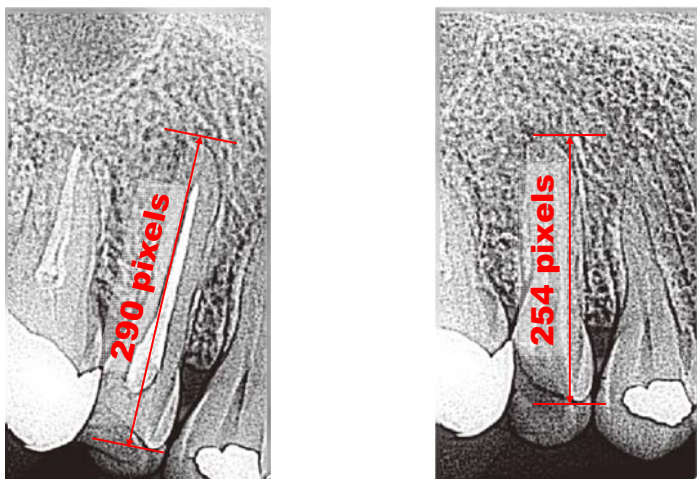


北米放射線学会
(RSNA)
プレスカンファレンス
報道

共同研究者(敬称略) 神奈川歯科大学
小菅栄子, 川股亮太, 櫻井 孝, 鹿島 勇

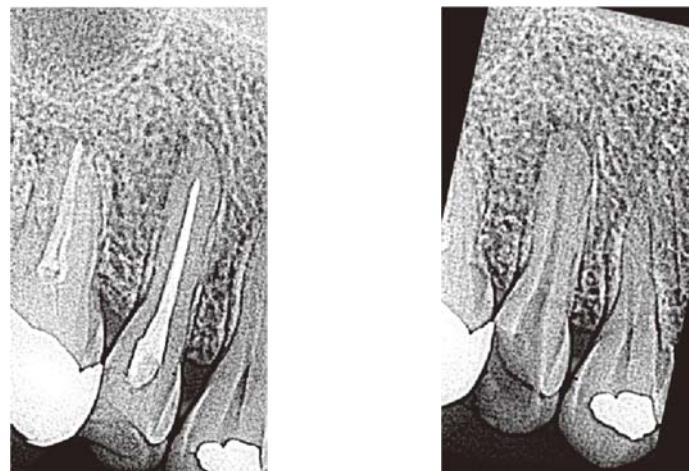
68

コントラスト強調



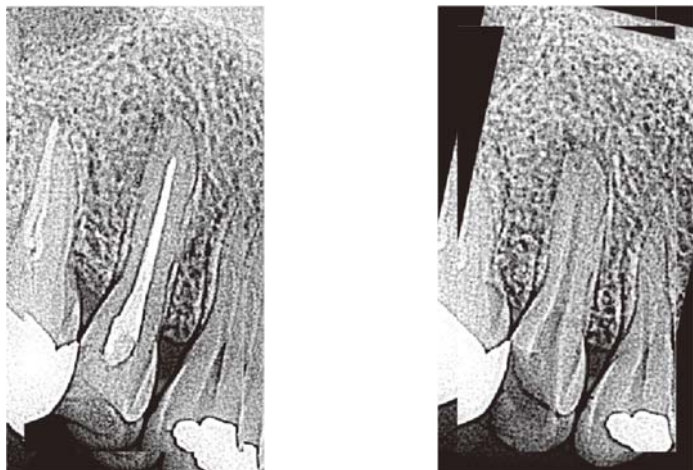
69

概略位置合わせ(回転補正)



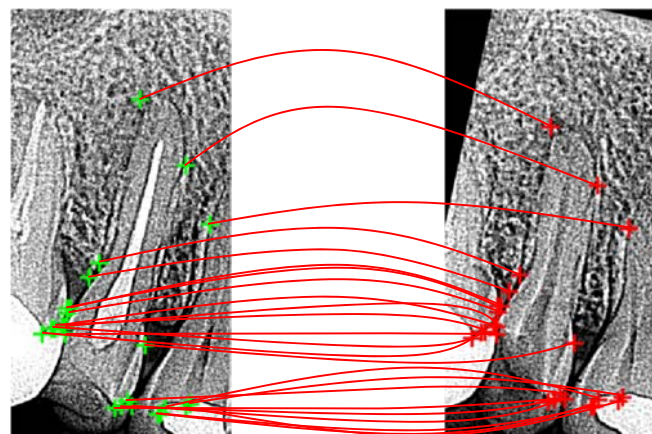
70

概略位置合わせ(平行移動補正)



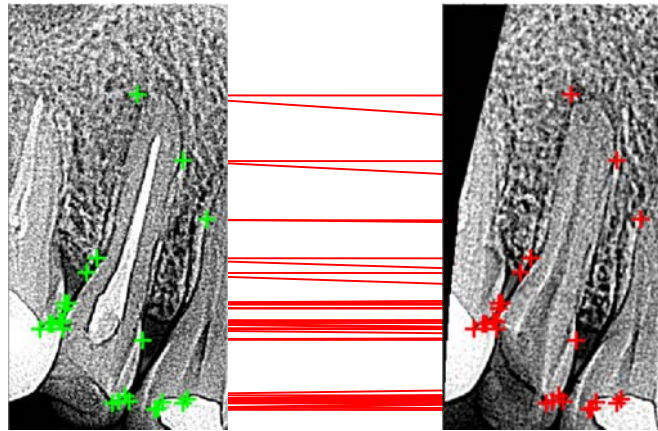
71

対応点探索



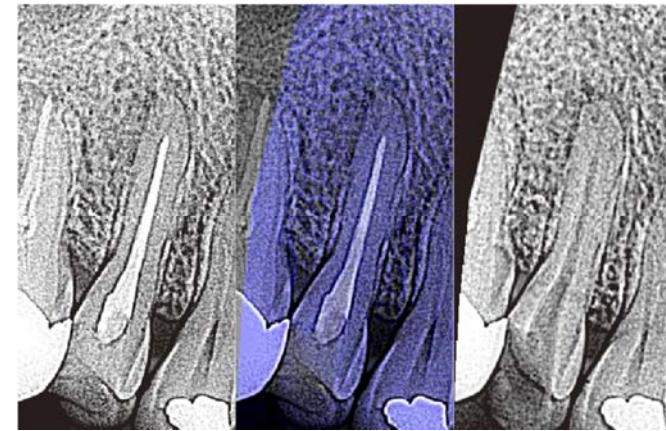
72

ひずみ補正



73

照合スコア算出(帯域制限位相限定相関関数)



74

照合実験

(1対250枚照合) × 250回 合計62,500回照合



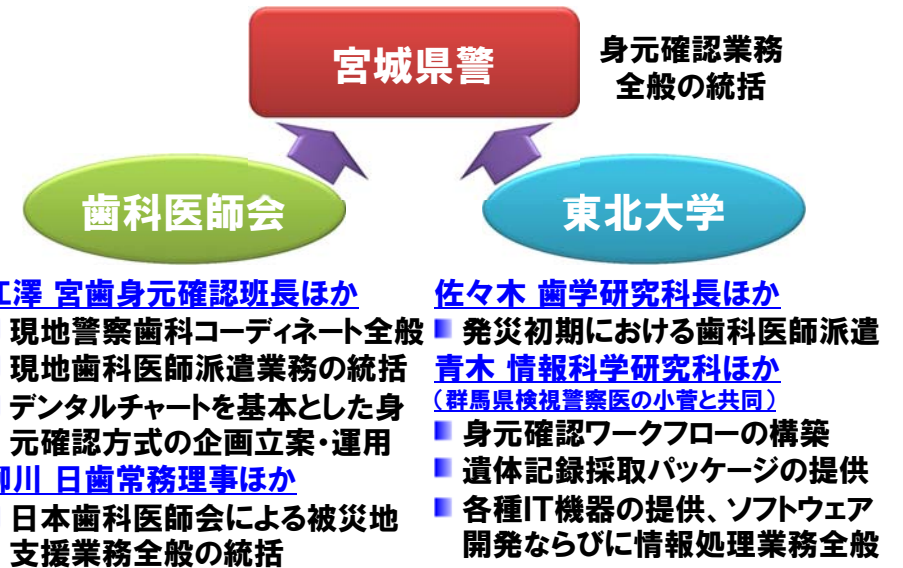
データベース
250枚

実際には治療
前後の画像を
用いて実験

| | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0.1163 | 0.1312 | 0.1755 | 0.1786 | 0.1290 | 0.1812 |
| 0.1337 | 0.1529 | 0.1337 | 0.1567 | 0.1535 | 0.1882 |
| 0.1399 | 0.1667 | 0.1744 | 0.2209 | 0.1407 | 0.1671 |
| 0.1791 | 0.1807 | 0.1724 | 0.1355 | 0.1365 | 0.1752 |
| 0.2097 | 0.1429 | 0.1011 | 0.4203 | 0.1481 | 0.1662 |
| 0.1529 | 0.1501 | 0.1188 | 0.1454 | 0.1747 | 0.1501 |
| 0.1999 | 0.1632 | 0.1734 | 0.1697 | 0.1672 | 0.1927 |
| 0.1501 | 0.2010 | 0.1192 | 0.1142 | 0.1524 | ... |

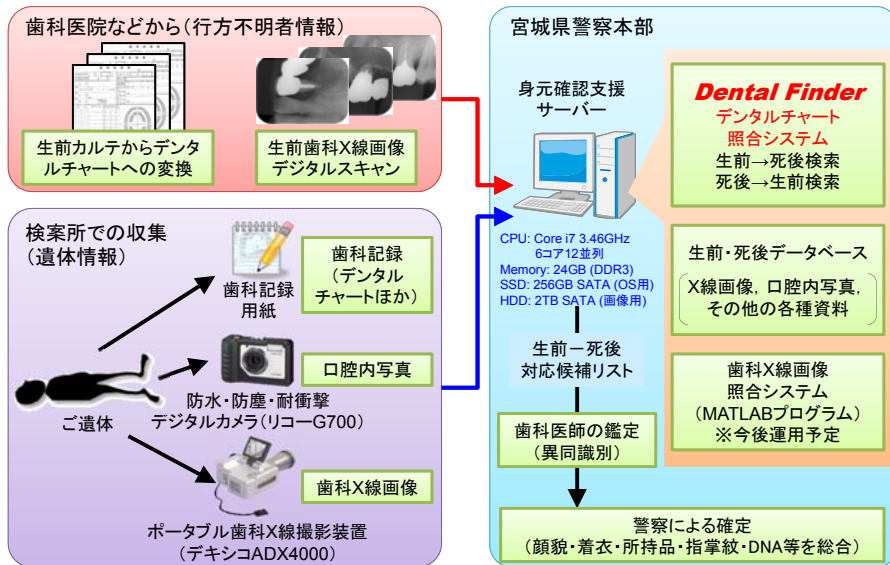
75

東日本大震災における身元確認体制



76

宮城県における大震災身元確認ワークフロー



青木研究室構築2012.8.28版

歯科情報照合・検索ソフトウェア Dental Finderの開発と運用



詳細な活動報告は下記のページをご参照ください
<http://www.aoki.ecei.tohoku.ac.jp/dvi/>

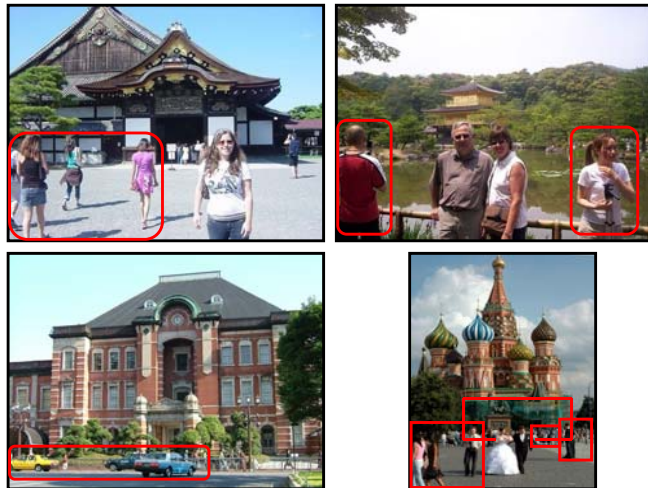
【画像の編集と合成への応用】

計算によって 写真を創る デジカメ革命

位相限定相関法の応用展開 2013.4現在

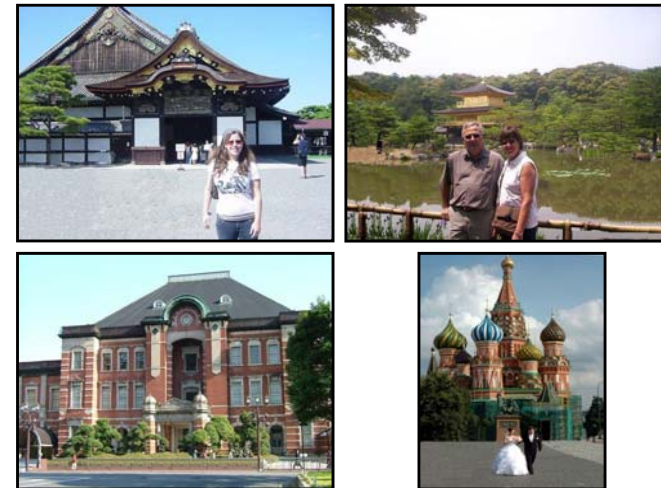


Web収集画像を用いた画像補正



81

Web収集画像を用いた画像補正



82

超高精細・高忠実色再現イメージング のための2ショット6バンド撮影システム (NTTコミュニケーション科学基礎研究所と共同)



- 6バンド撮影($R_1R_2-G_1G_2-B_1B_2$)のための光学フィルタ
- フィルタが「あり」, 「なし」の2ショットを撮影し, 6バンドの画像を計算によって求める
- 画素ごとに分光反射率を推定し, 広色域・高忠実色再現を実現する

83

陶磁の路(NTT土田氏ら)

- 長崎県波佐見町「やきもの公園」のセラミックロード「陶磁の路」(2m×50mの大きさの陶壁画)。
- 6バンド撮影を行った288枚の画像を位相限定相関法でレジストレーションし, 色再現した(20億画素)。
- [陶磁の路デモ](#)



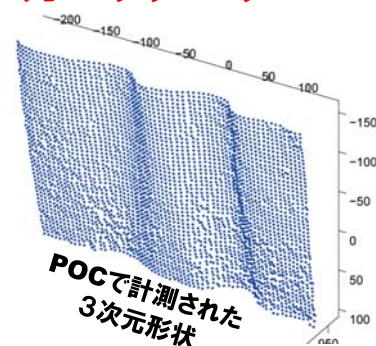
84

プロジェクタとカメラ 略してProCams

位相限定相関法の応用展開 2013.4現在

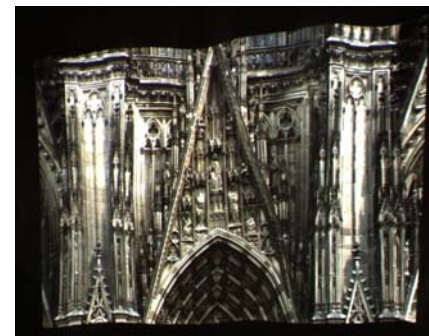


3次元情報に基づく幾何補正 ステレオプロジェクタカメラシステム



- ユーザ視点を、カメラの位置と独立に、自由に設定することが可能
- あらかじめプロジェクタの校正(内部・外部パラメータ推定)が不要
- 幾何補正に限らず、物体形状に即した投影も可能(ARへ適用)
- 動物体への投影に応用可能(POC-on-GPUリアルタイム処理)

3次元情報に基づく幾何補正 ステレオプロジェクタカメラシステム



補正前



補正後

短焦点プロジェクタのための幾何補正

- 投影面の形状によって画像が歪みやすく、投影面が通常のスクリーンの場合でも非線形な幾何歪みが生じてしまう



3次元計測により高精度な幾何補正を実現

画像分野における産学連携 オープンイノベーションの展開

- 画像マッチングは一見して単純な処理だが、奥が深い
 - 位相限定相関法は基本アルゴリズム(IP, PR, CVで有用)
- 一般に、多くの実用的な画像処理の問題が、基本アルゴリズムの連携によって解かれるようになり、従来型のアドホックなアプローチが時代遅れになりつつある。
 - 「画像処理」から「画像ソリューションへ」
- 応用によって解くべき問題は多様。迅速な研究開発のためには、画像数学を理解する技術者の育成が鍵。
- 東北大学では、大手企業との共同研究を実施する際に、地域企業を呼び込んで連合チームを結成し、人材育成を兼ねながら研究開発を行うしくみを準備。

マシンビジョン研究会へのお誘い



情報知能システム(IIS)研究センター 仙台市

地域企業との連携による研究開発加速・人材育成

