
コンピュータには 世界がどのように見えているか

ピクセル分解能の壁を越える
画像マッチング技術

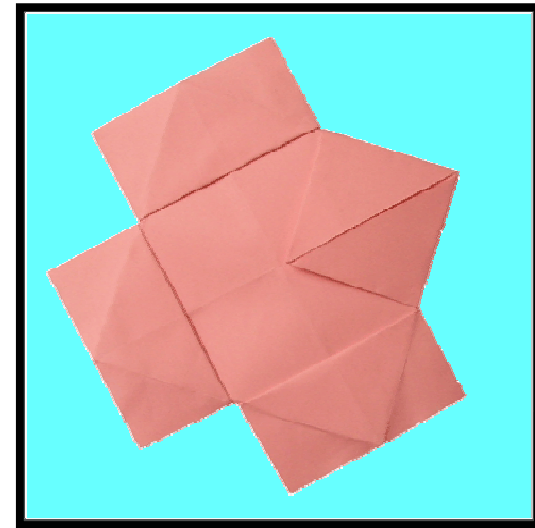
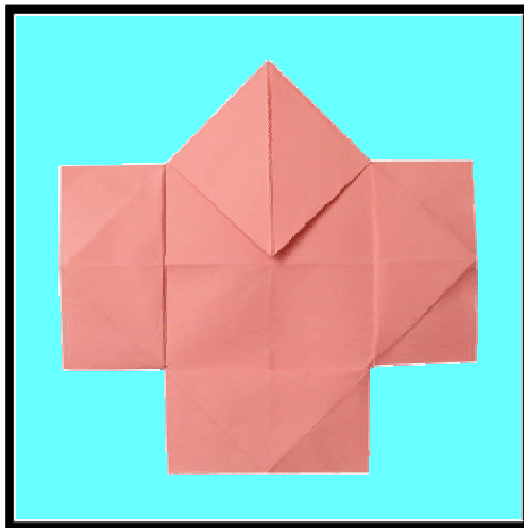
東北大学
大学院情報科学研究科
青木 孝文

コンピュータビジョン

- コンピュータで実現される視覚のこと
(カメラが眼でコンピュータが脳)
- 人間の視覚と同等の機能をコンピュータに持たせ、画像によって外界を計測・認識・理解させることが目的
- 視覚は、人間にとって最も重要な情報チャンネル (人間の脳の大きな部分を視覚野が占める)

画像マッチングとは？

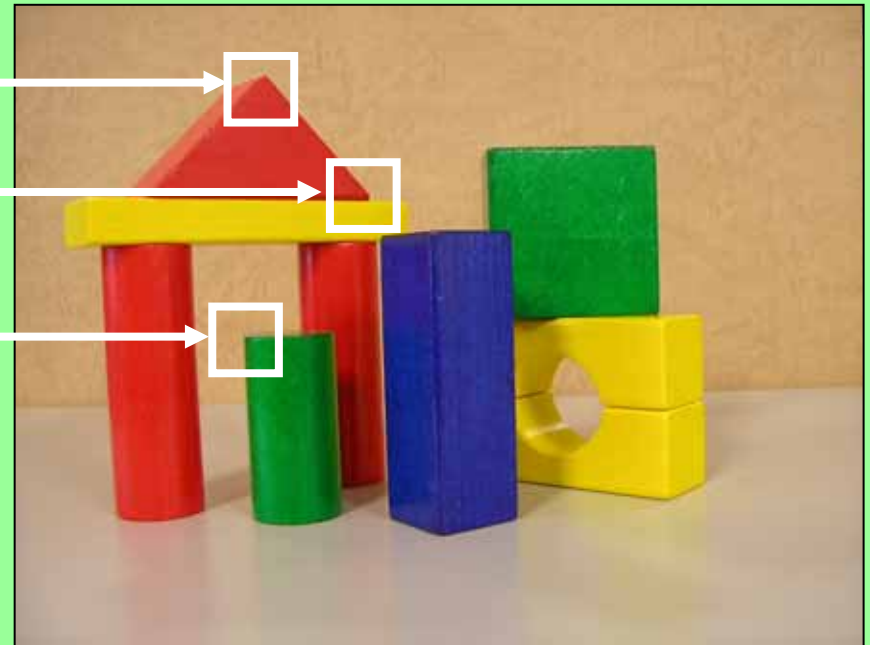
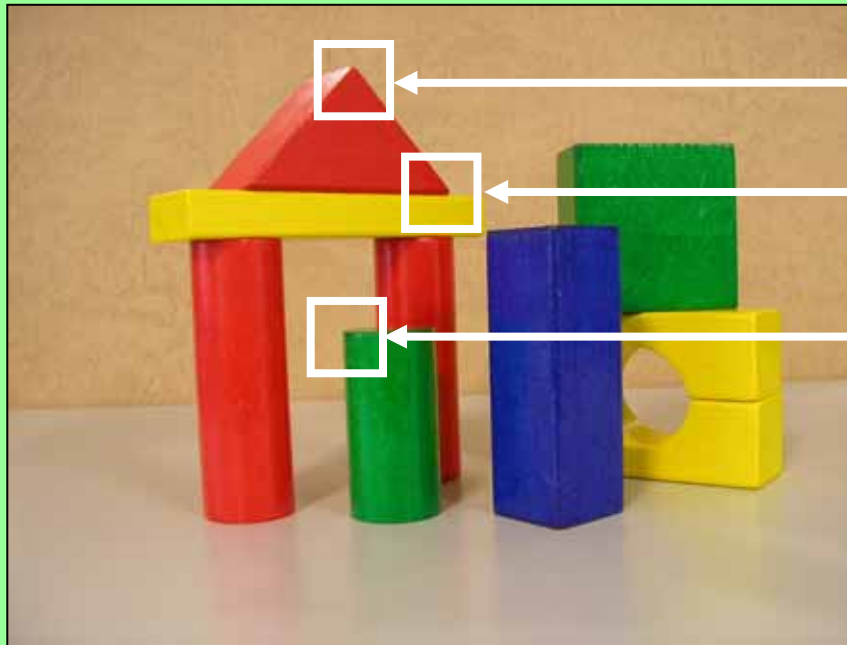
- コンピュータビジョンの基本処理
- 2つの画像の間の「対応づけ」を計算
 - ・ 対応するピクセル (画素) を見つける.
 - ・ 画像がどれだけ似ているかを調べる.



両眼立体視における対応づけの問題 (ステレオビジョン)

左カメラ画像

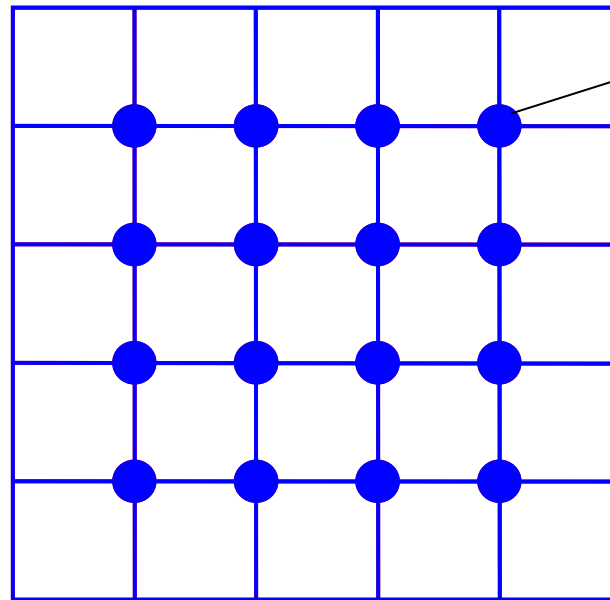
右カメラ画像



- きわめて精密な画像マッチングが必要
- 人間には簡単なこと (無意識で計算していること) がコンピュータには難しい

サブピクセル画像マッチング

わずかに位置ずれした2枚の画像が与えられたとき、この位置ずれの量を**サブピクセル** (例えば、0.01ピクセルなど) の分解能で求めることができるか？



ピクセル
(画素)

位相限定相関法

- 対応づけ精度を追及した画像マッチング技術
- 画像を「波」に分解し、波の位置 (位相) の情報を用いてサブピクセル分解能を実現

平行移動量の高精度検出

誤差 $< 1/100$ ピクセル (100x100画像のとき)

回転角度の高精度検出

誤差 $\sim 1/100$ 度 (250x250画像のとき)

拡大・縮小率の高精度検出

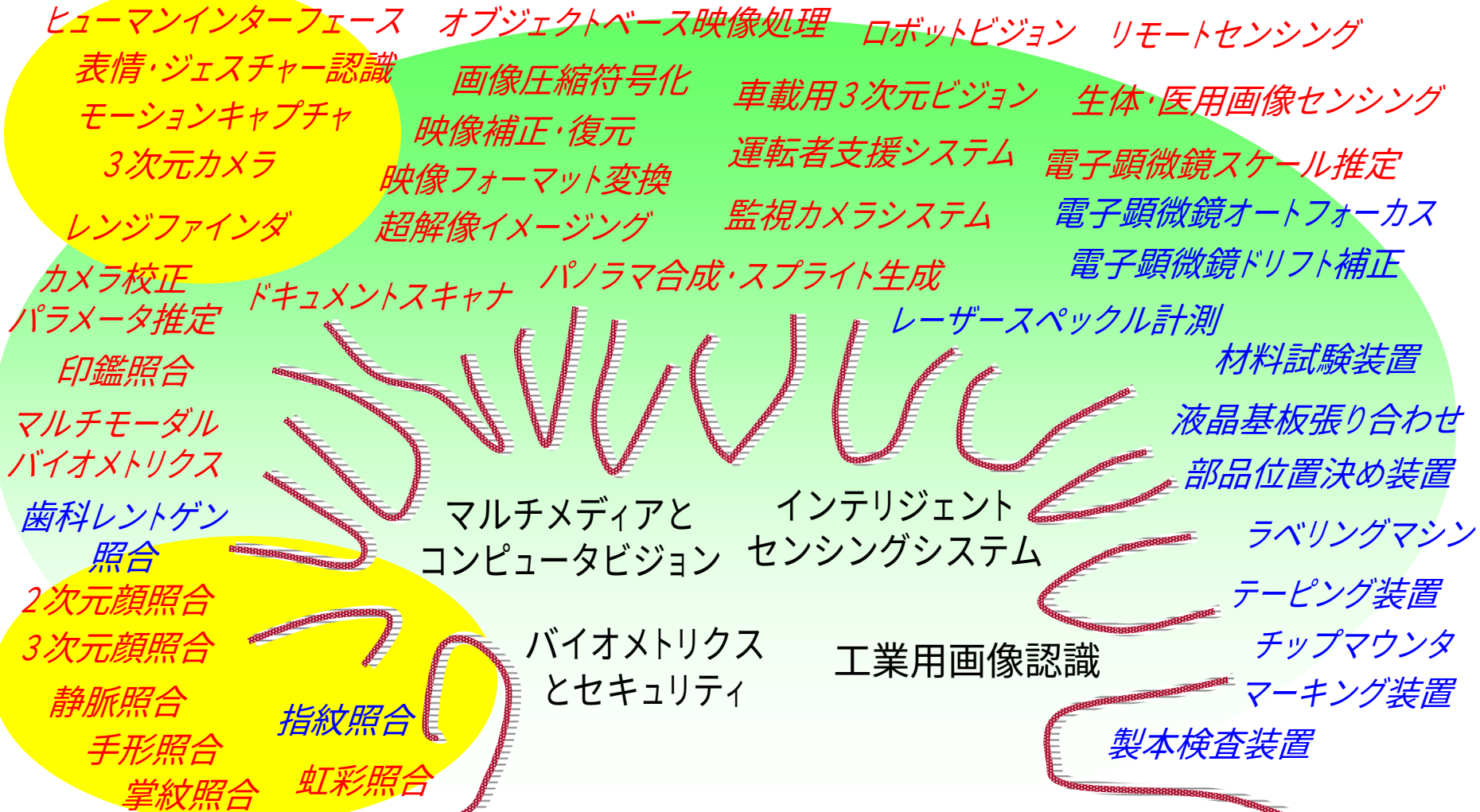
誤差 $\sim 1/10000 = 0.01\%$ (250x250画像のとき)

きわめて広範囲の応用に適用可能

画像を選ばない (「画像エンジニアの駆け込み寺」)

位相限定相関法の応用展開

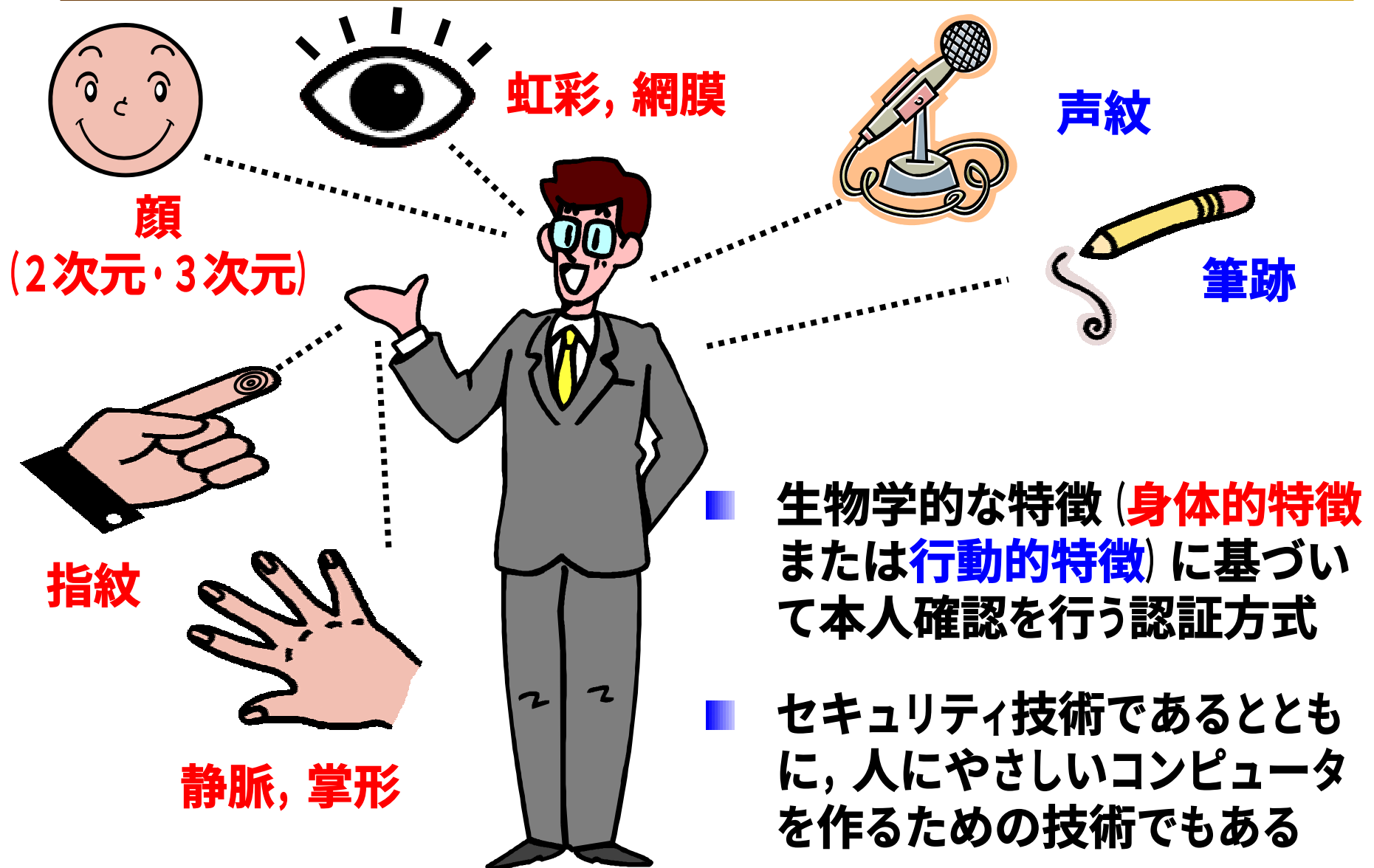
2005.7.1現在



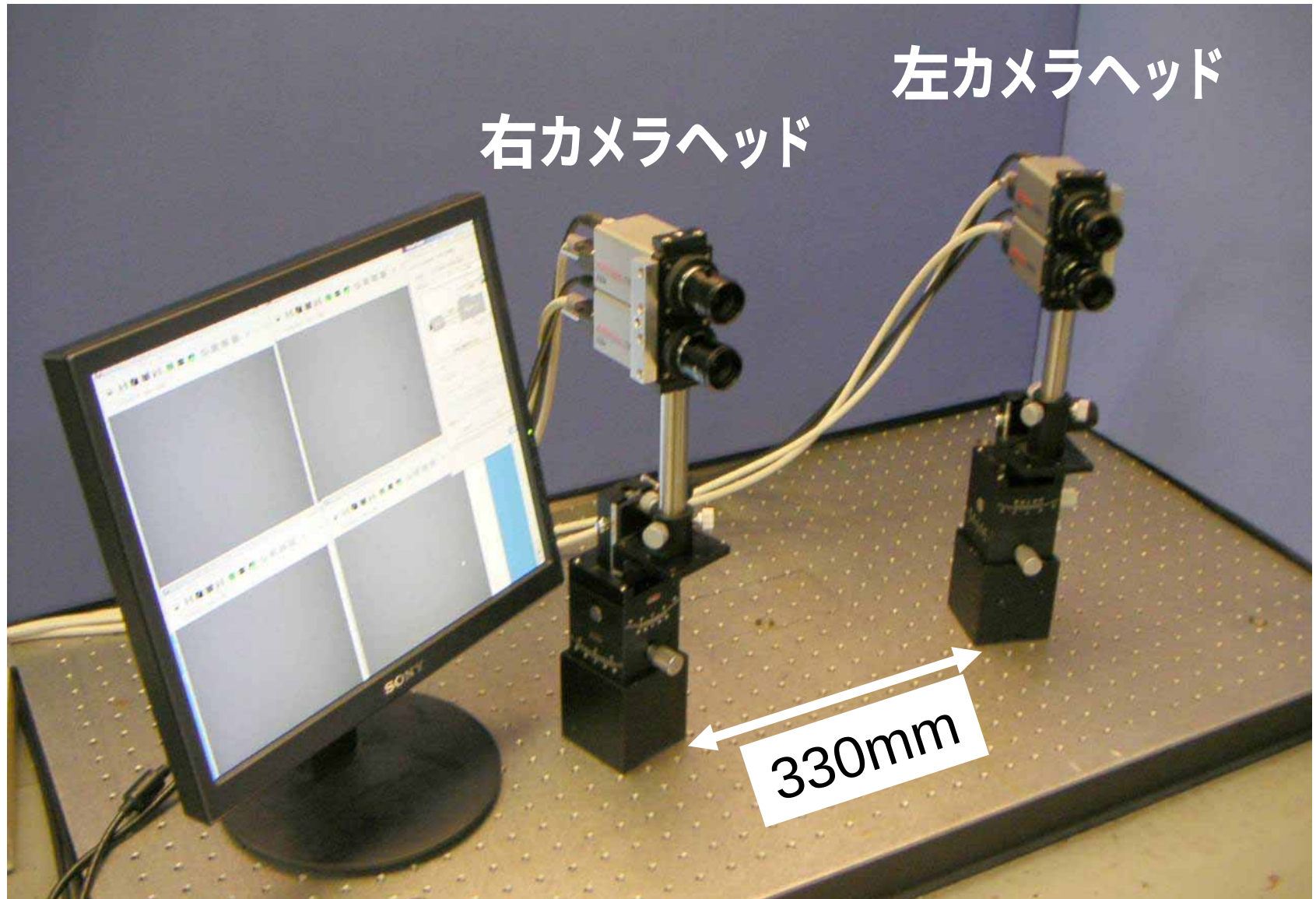
ピクセル分解能の壁を越える画像マッチング技術

青字は実用化技術, 赤字は研究開発項目

バイオメトリクス認証



4眼ステレオビジョンシステム

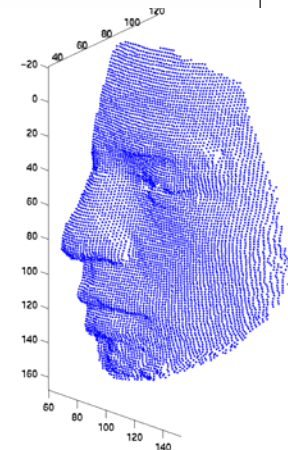
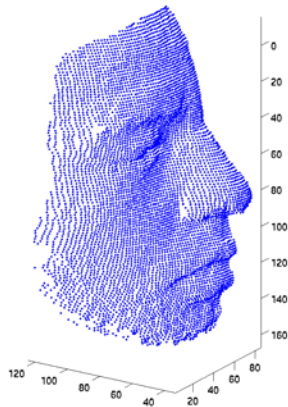
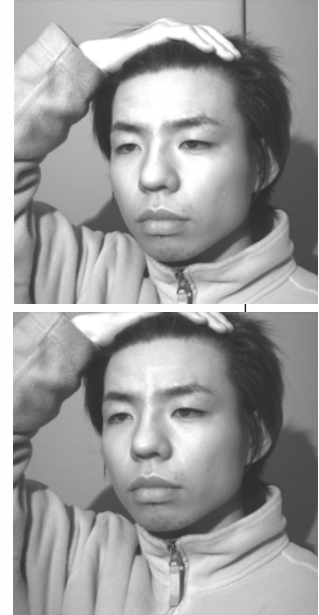


人間の顔の3次元計測 (受動型)

左カメラヘッド

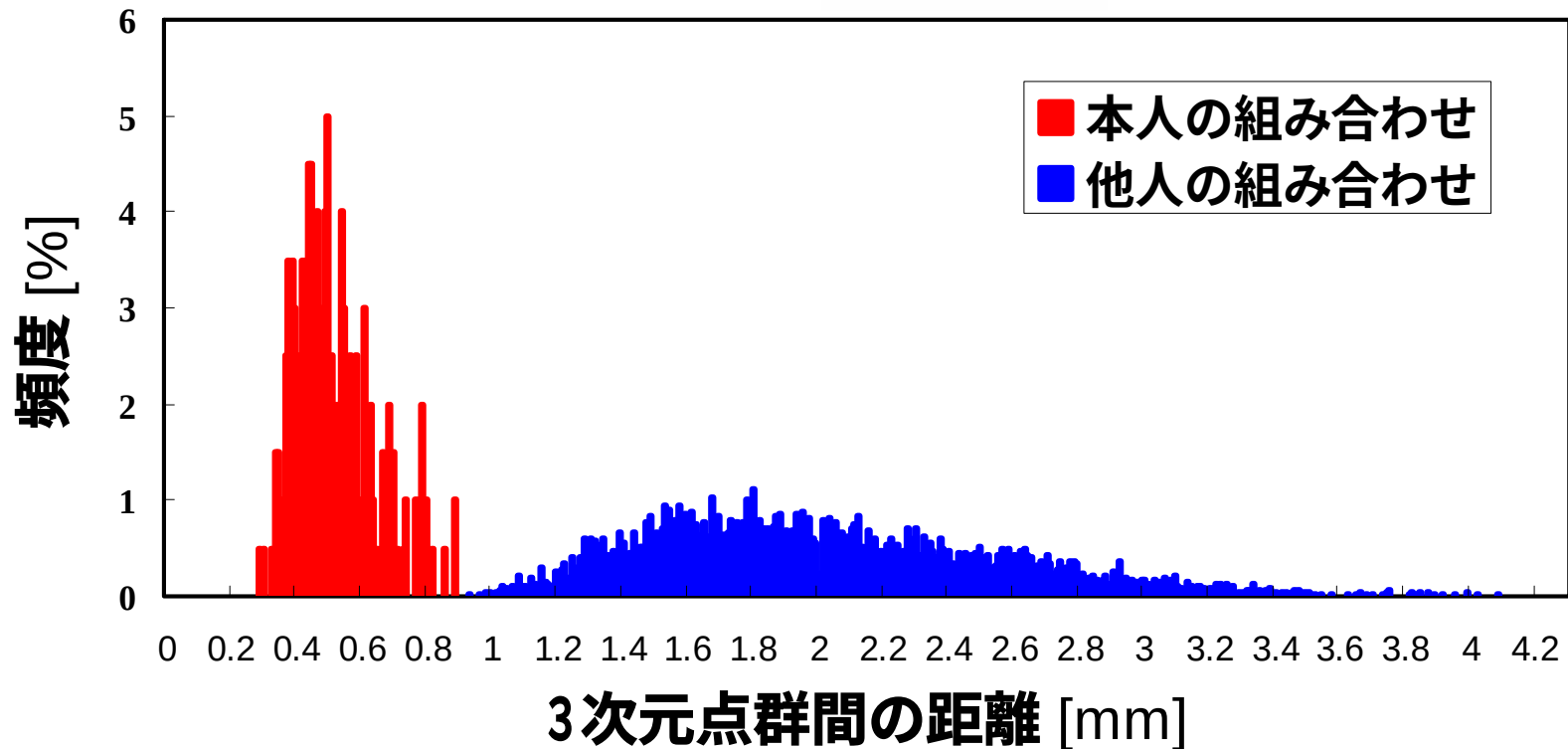
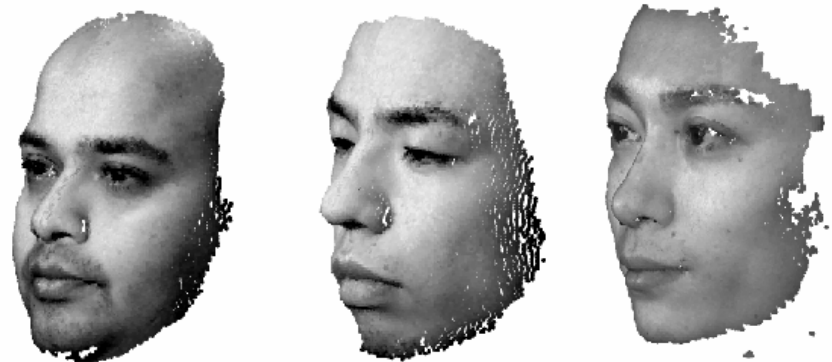


右カメラヘッド

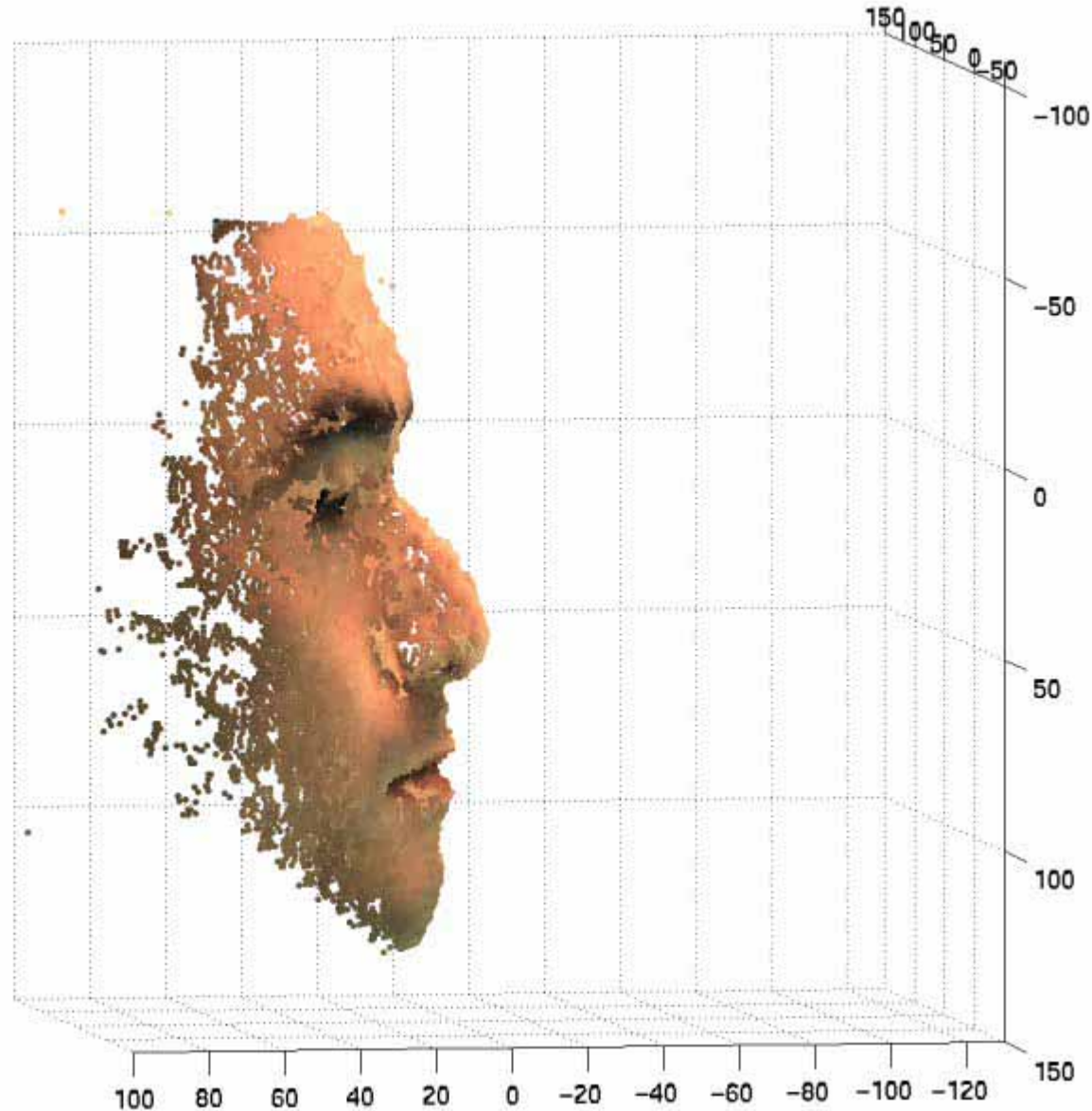


顔の3次元形状による個人認証

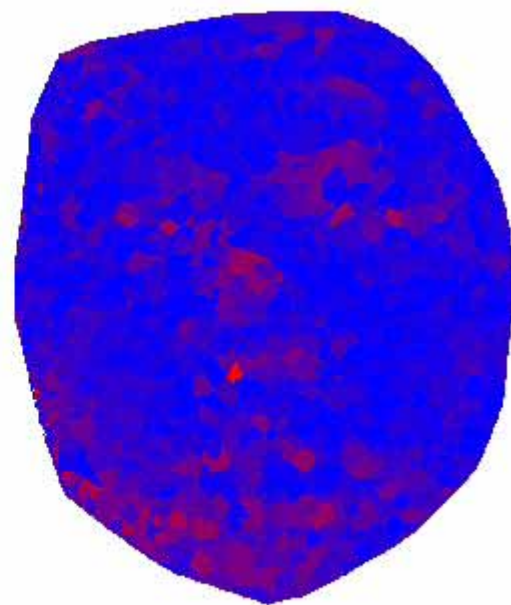
- ・ 被験者: 20 人
- ・ 1 人につき 5 回撮影
- ・ データ数: 100 (20 人 $\times$ 5)
- ・ 3 次元点数: 4000~5000点



リアルタイム3次元計測へ向けて



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

位相限定相関法に基づく指紋照合

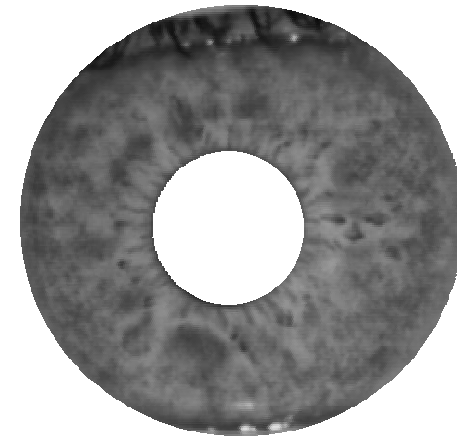
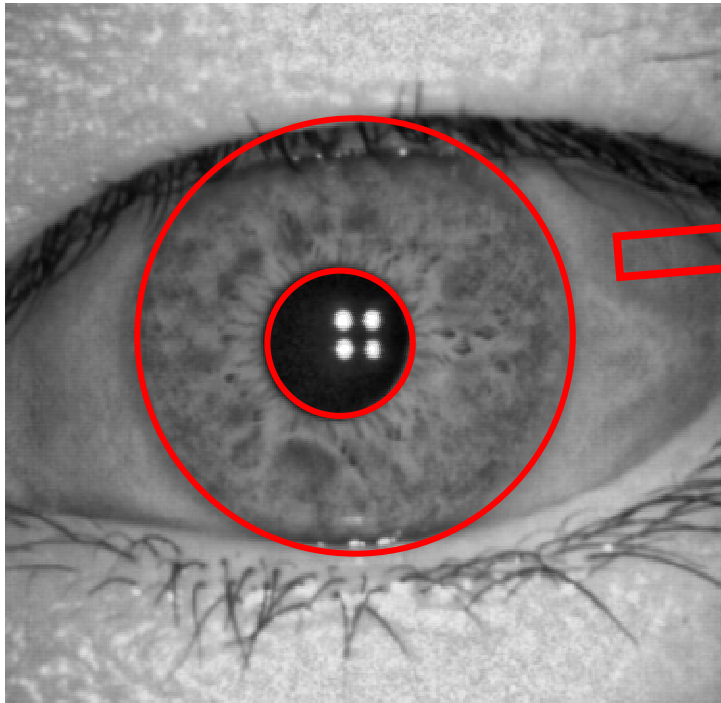


- 指紋の特徴点に基づくこれまでの照合方式と比較して、指紋のかすれや劣化にきわめて強い方式
- 手荒れのひどい方や乾燥肌の方も利用可能

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 (ICIP2005発表予定)

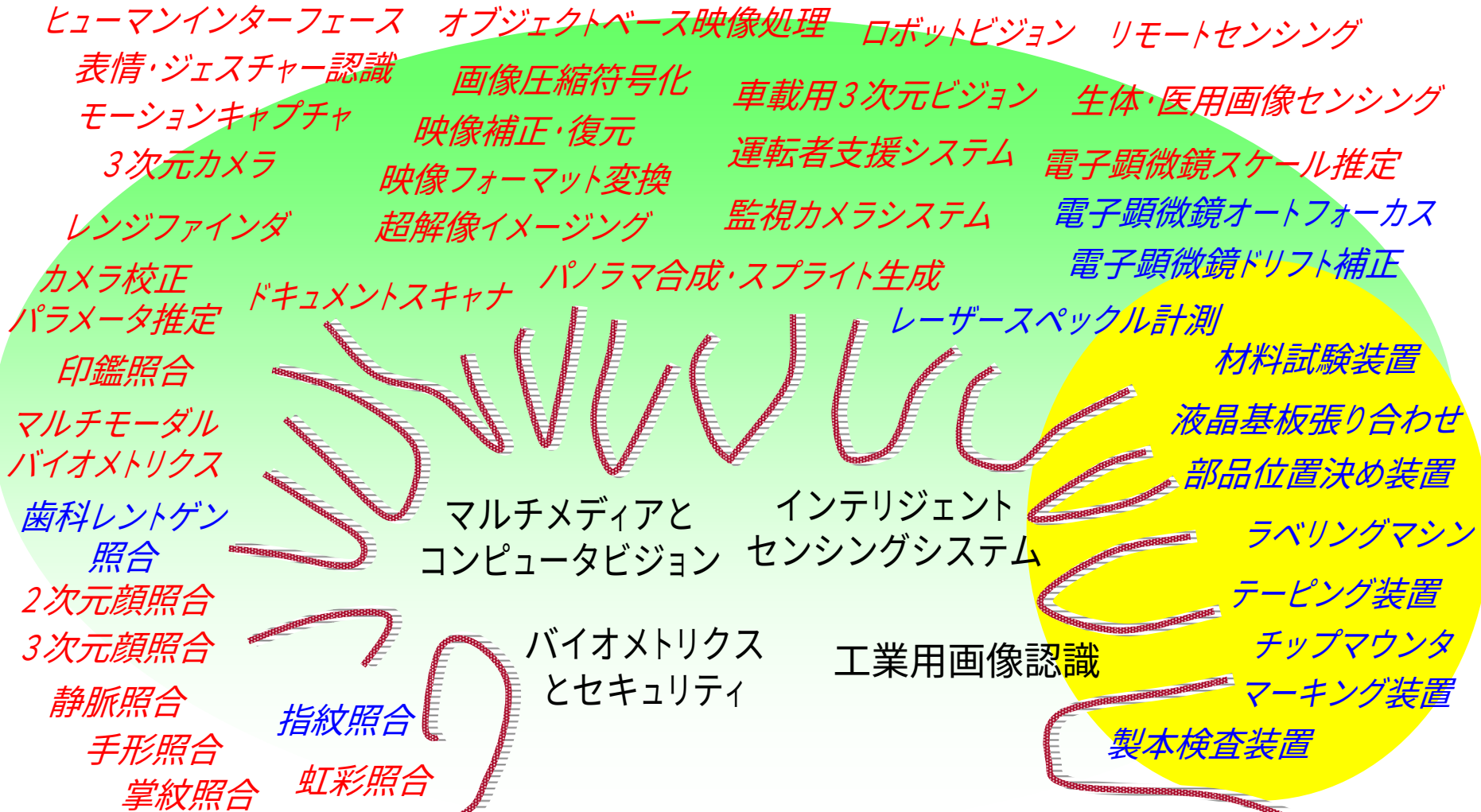
虹彩のパターン



- 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

位相限定相関法の応用展開

2005.7.1現在



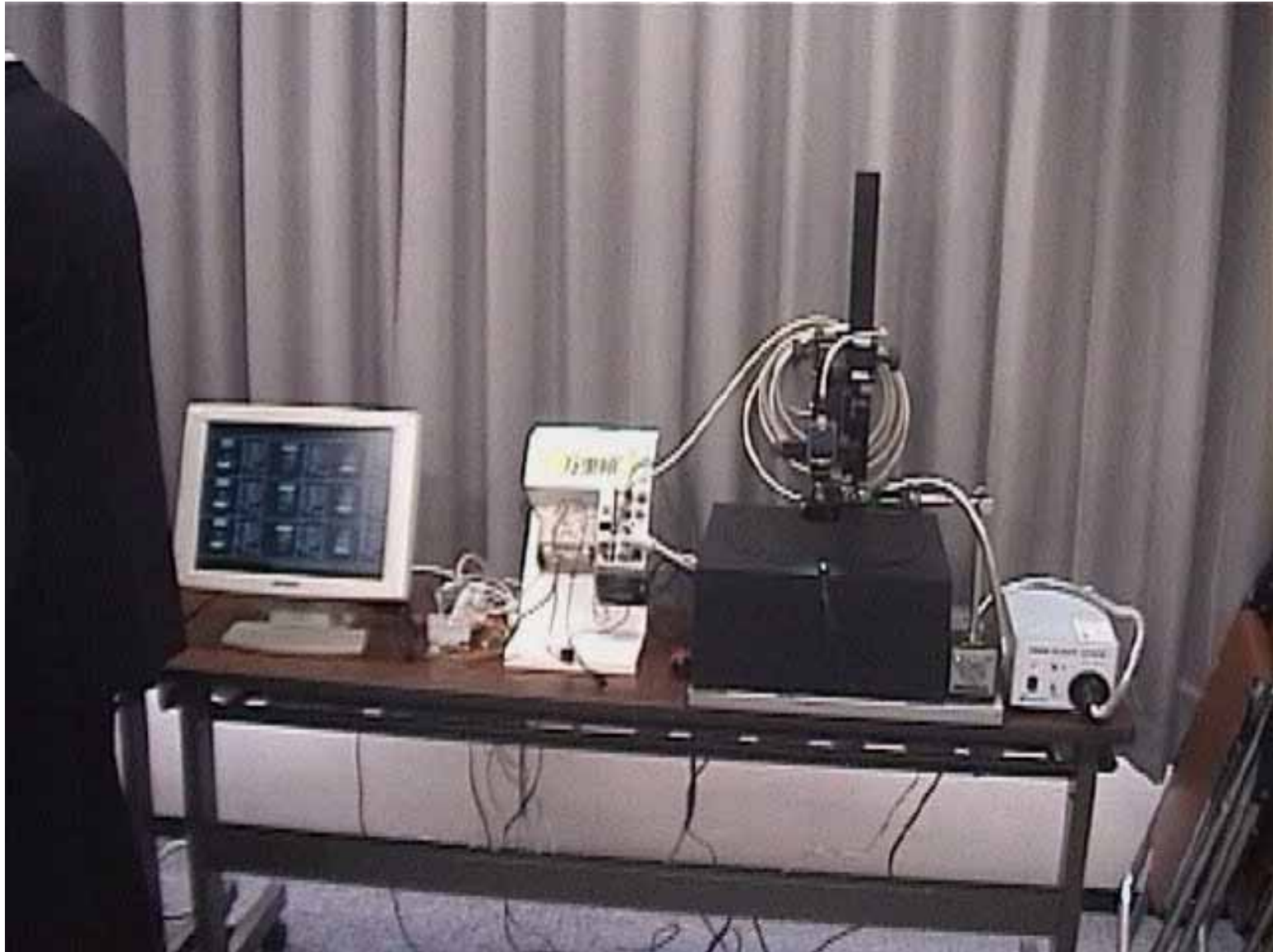
ピクセル分解能の壁を越える画像マッチング技術

青字は実用化技術, 赤字は研究開発項目

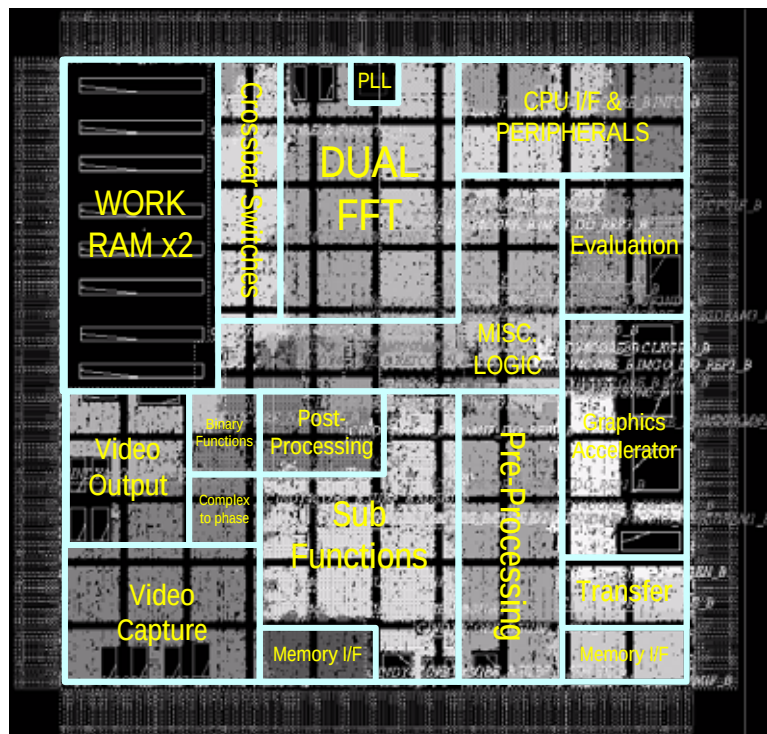
工業市場向け超高速画像認識装置



超高速部品認識デモンストレーション



“Cinderella IV” System LSI

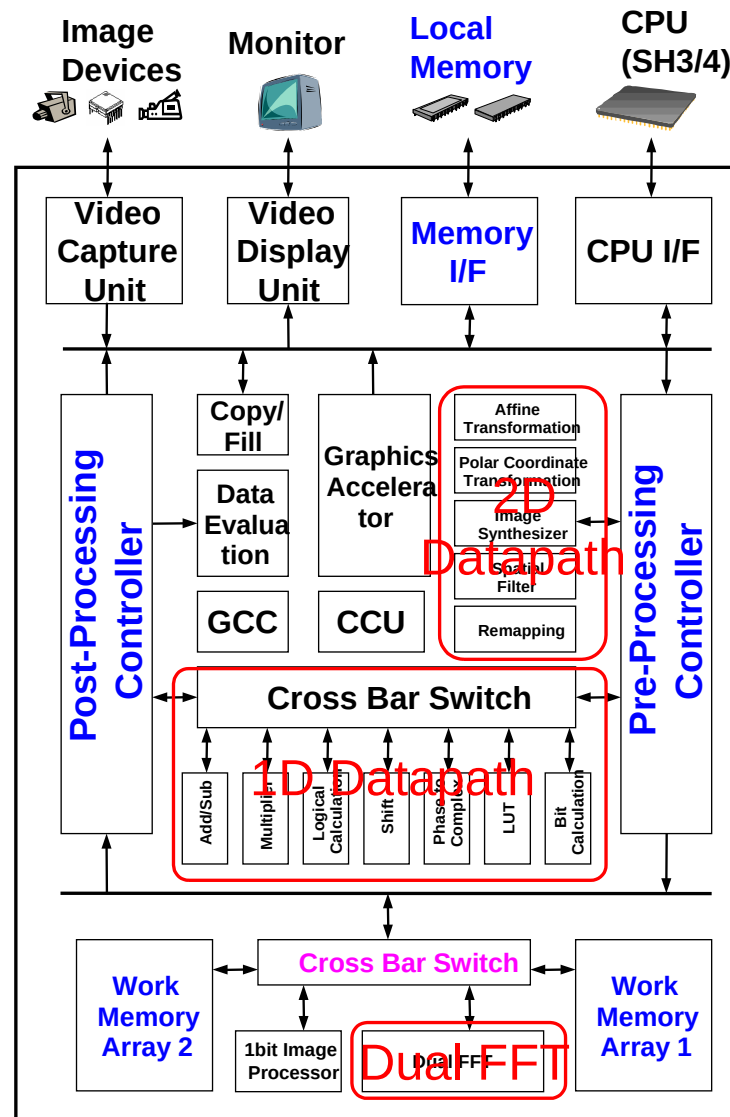


0.25um CMOS Embedded Gate Array
with On-Chip PLL, ROM and RAM

1,550,000 Basic Cells (4 transistors)

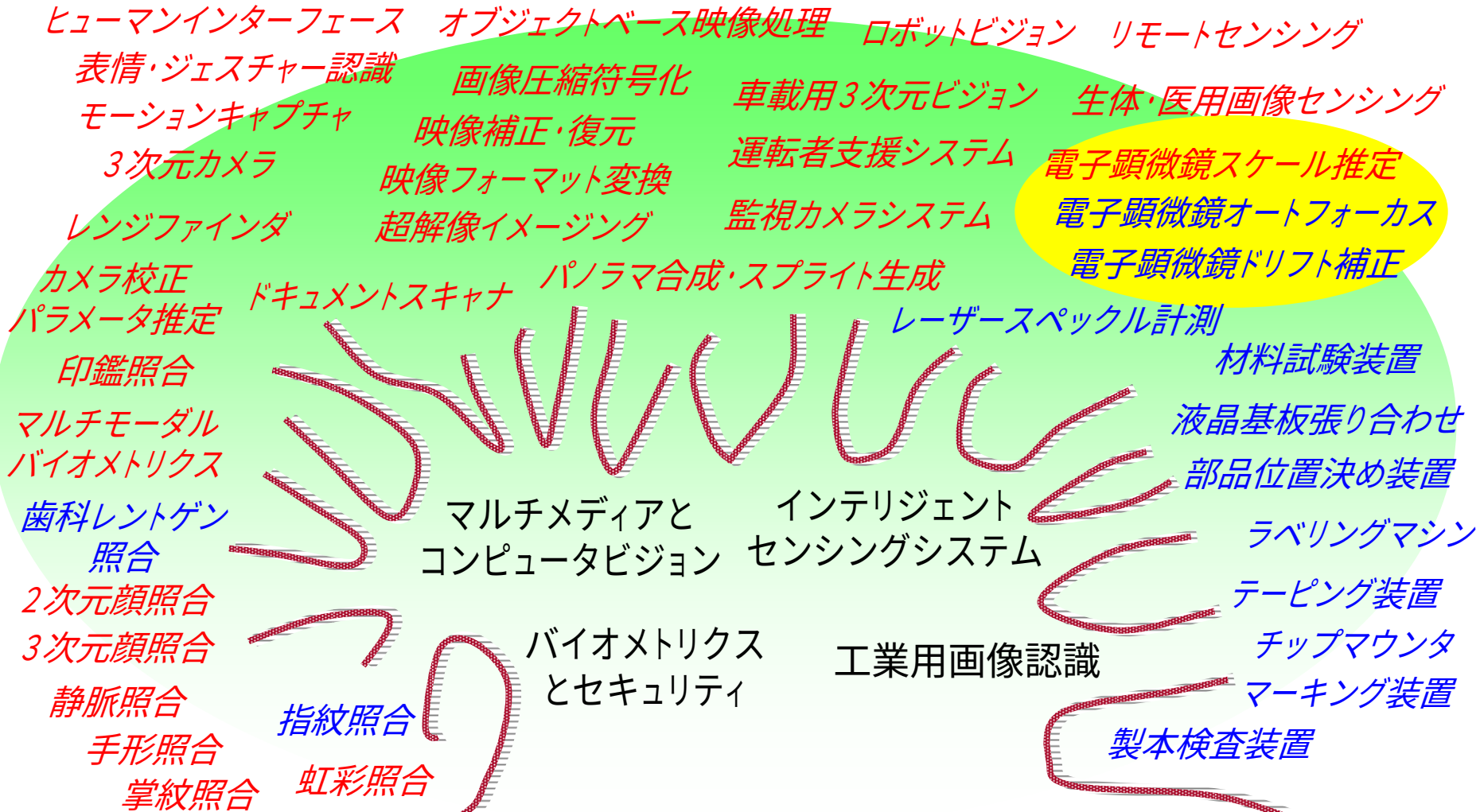
Size: 9.2mm x 9.2mm

Frequency: 100MHz (Worst case)



位相限定相関法の応用展開

2005.7.1現在



ピクセル分解能の壁を越える画像マッチング技術

青字は実用化技術, 赤字は研究開発項目

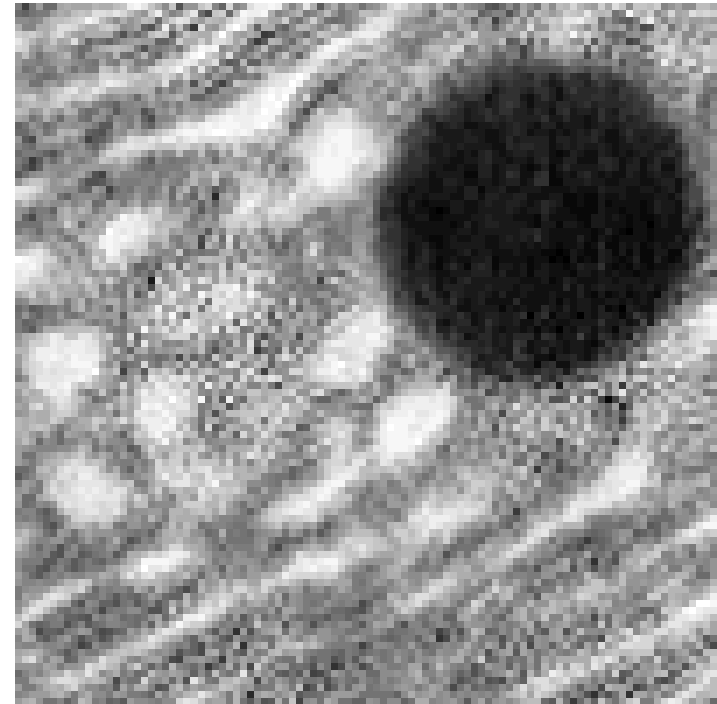
Transmission Electron Microscope (TEM)

The autofocus system used in this TEM operates in less than a second using image matching based on POC.



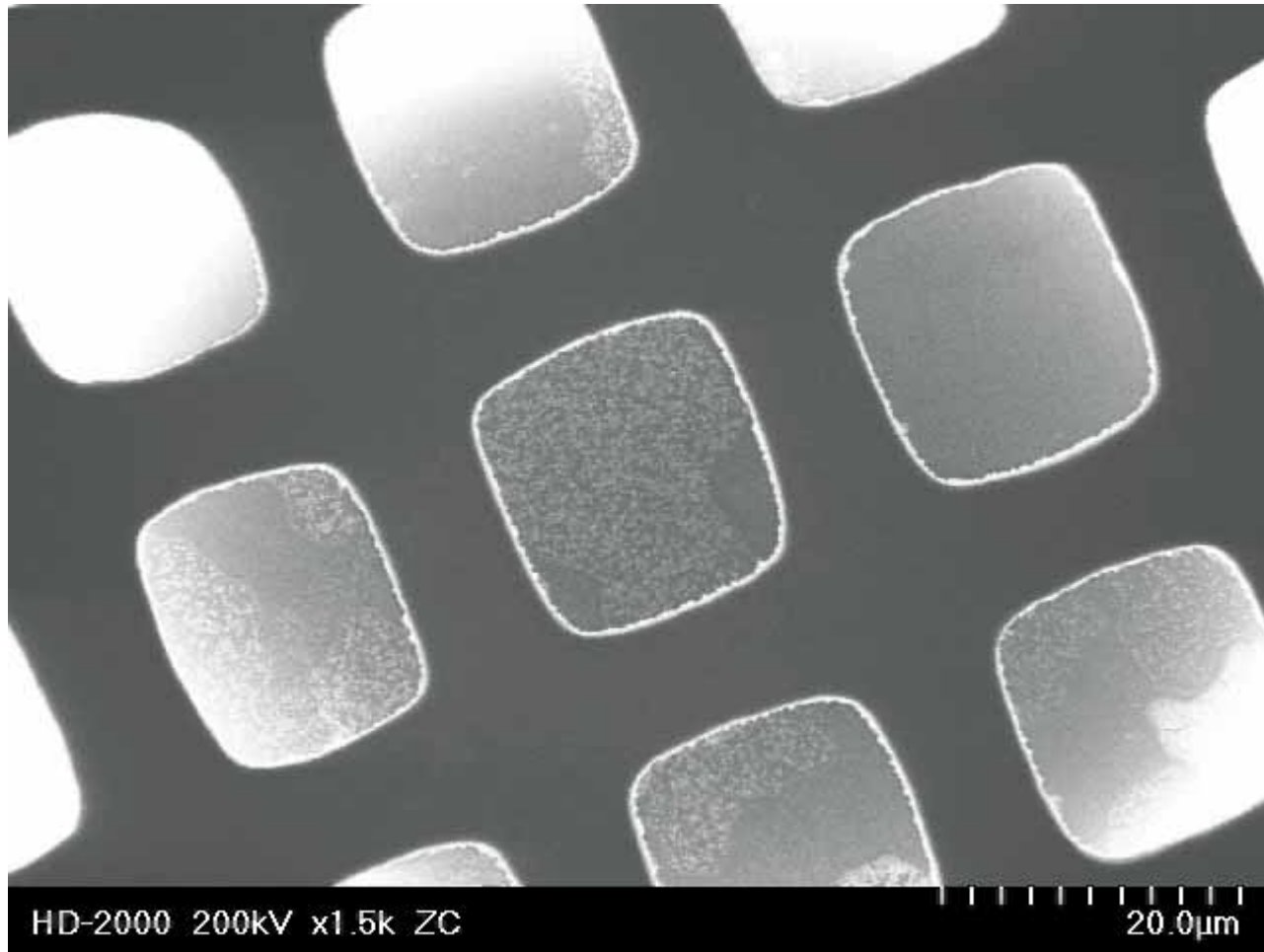
H-7600

Hitachi High-Technologies Corporation



電子顕微鏡画像の高精度倍率推定

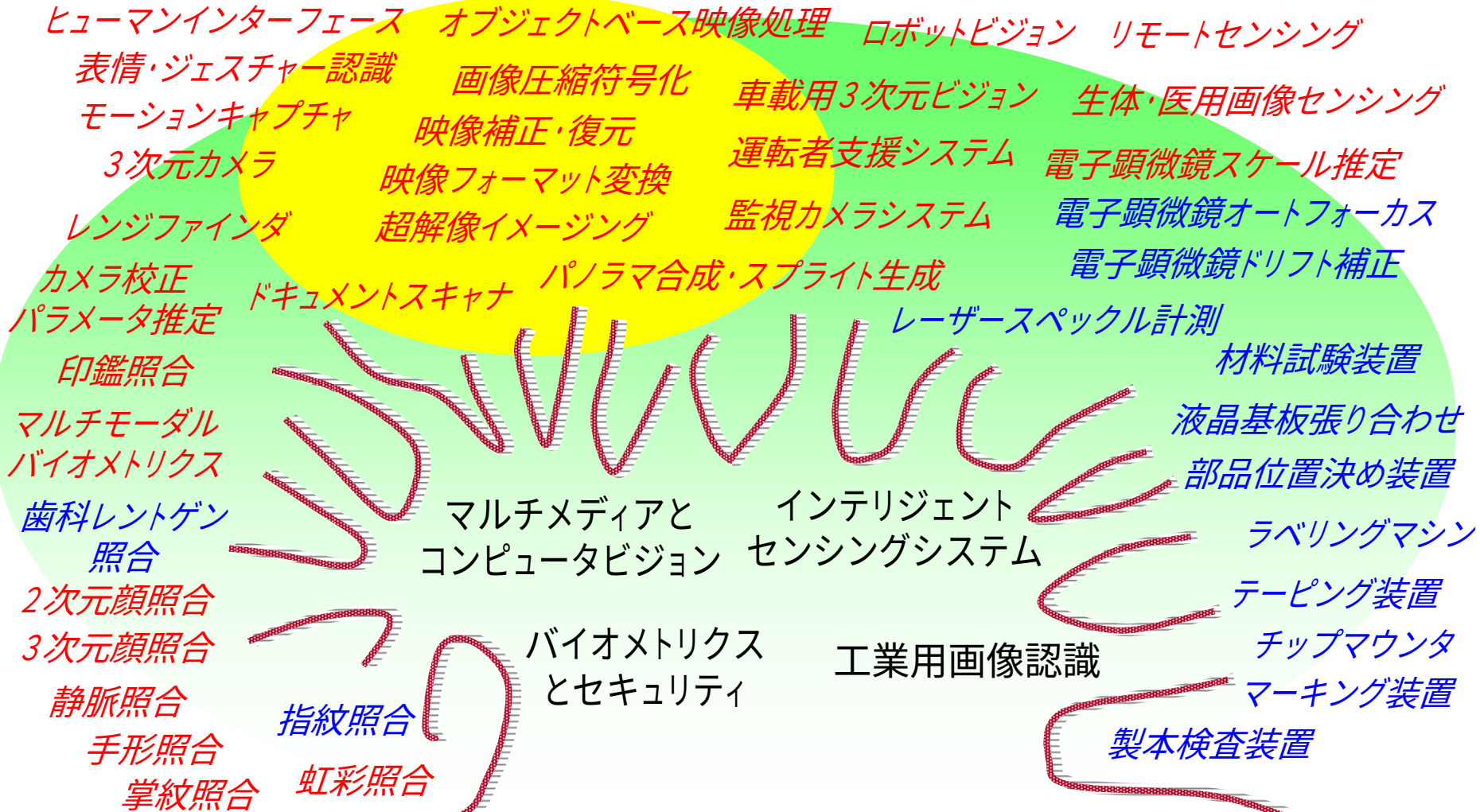
全体 (50段階) で1333倍に拡大



全体の倍率推定誤差 ~1%

位相限定相関法の応用展開

2005.7.1現在



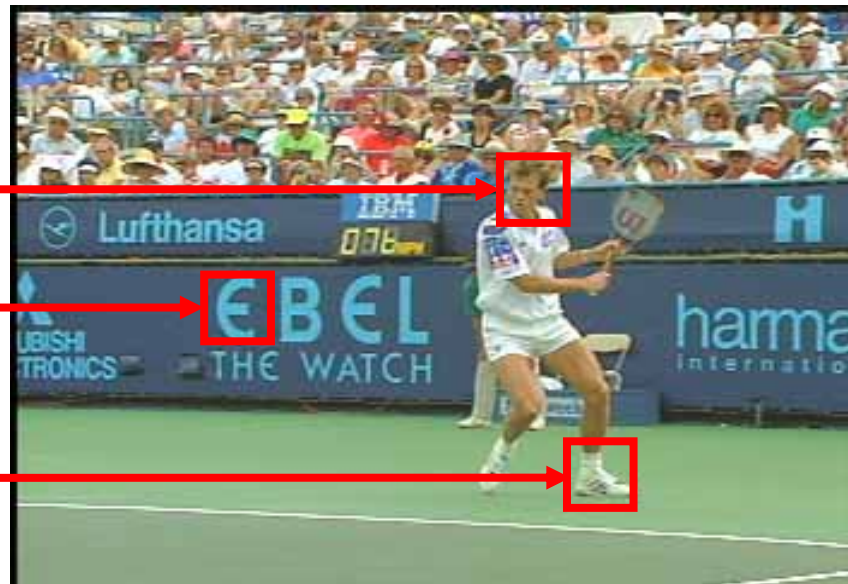
ピクセル分解能の壁を越える画像マッチング技術

青字は実用化技術, 赤字は研究開発項目

動画像における対応づけの問題 (動き推定)

現在のフレーム

次のフレーム



- きわめて精密な画像マッチングが必要
- 人間には簡単なこと (無意識で計算していること) がコンピュータには難しい

テスト画像 *Stefan*



背景スプライト (静止画) の生成

Background Sprite Generation



背景のみの合成映像

Synthesized Background-Only Sequence



原画像

合成画像

オブジェクトのみの合成映像

Synthesized Object-Only Sequence



原画像

合成画像

広角映像の合成

Synthesized Wide-Angle Sequence



合成されたプレイヤーの連写映像

Synthesized Continuous Shots of the Player



心・ことば・脳・電子情報

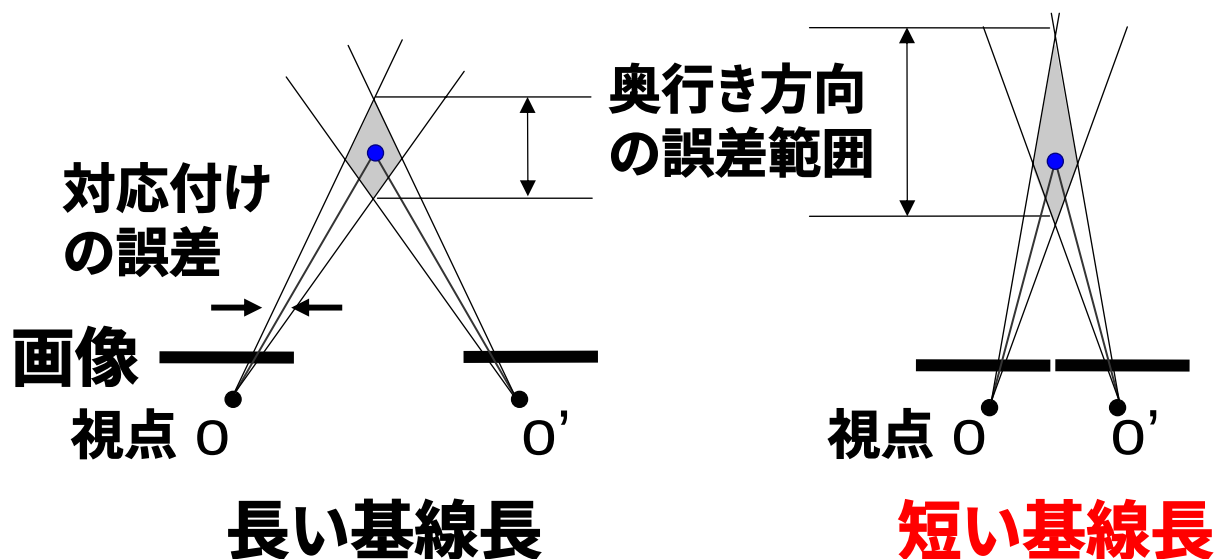
- 脳の延長としてのコンピュータ技術 (**知能情報技術**) の本格的な産業応用はこれから。
- 人間が無意識に実行している行為そのものに深遠な「**知**」のしくみが隠れている。
- 知能情報技術の応用分野では、ビジネスの現場と先端研究の距離が近く、技術革新が急速でかつ分野横断的に波及する。
- 「**現場主義**」の学風 ― 地に足の着いた知能情報技術の確立をめざす。

ここで終了

なぜサブピクセル画像マッチングか？

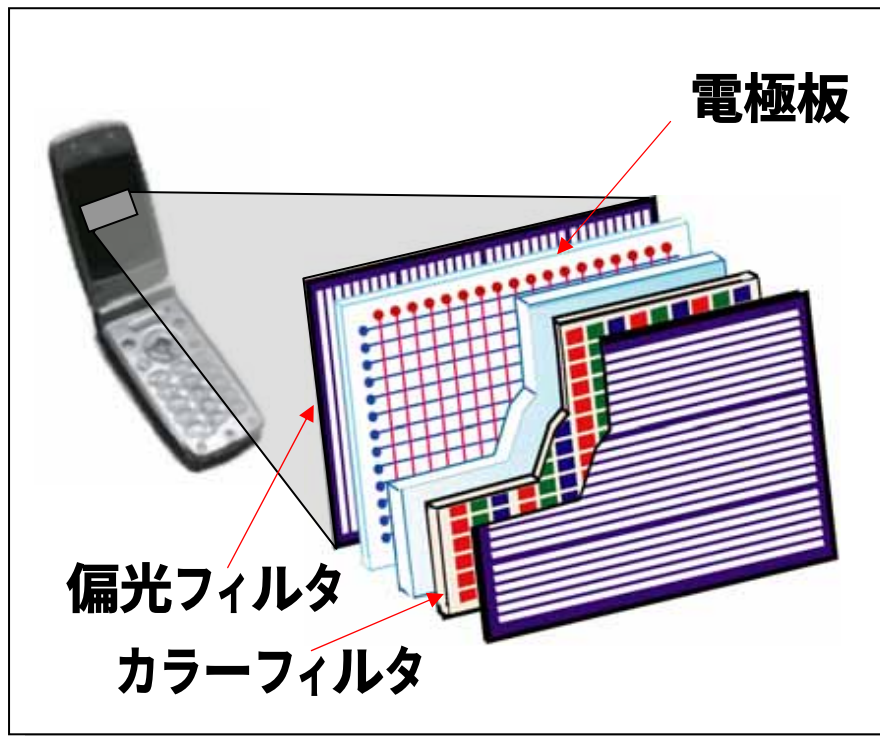
基線長を短くすると、

- 画像中のいたるところで、対応づけを自動的に計算できる。
- しかし、3次元空間での計測精度が著しく劣化するので実用的ではない。

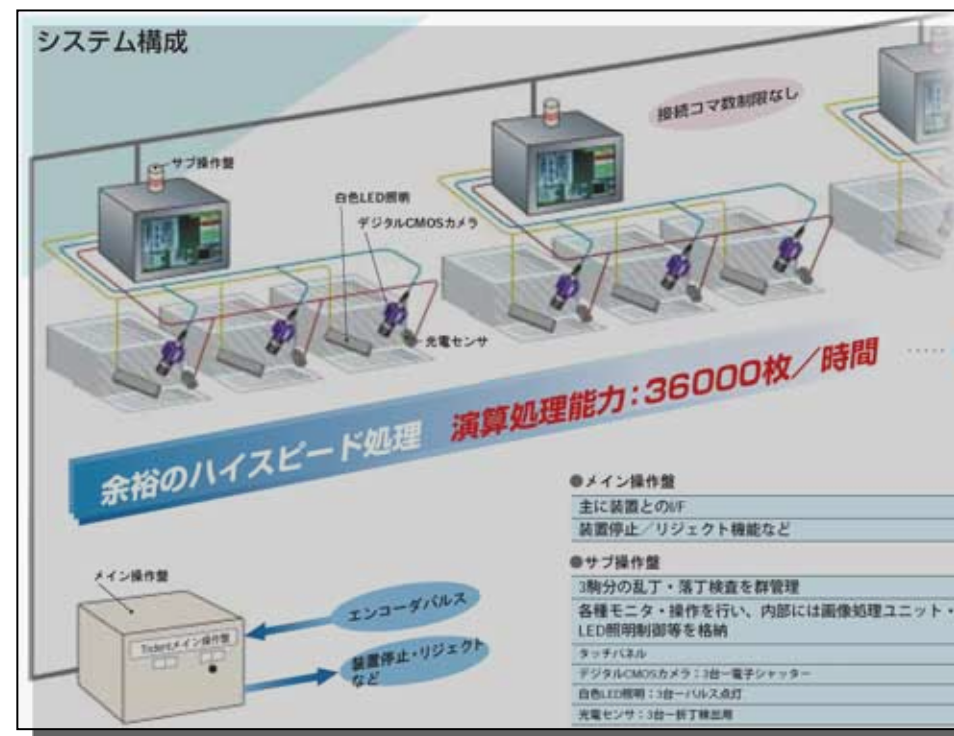


各種の応用展開

液晶基板の 位置合わせ

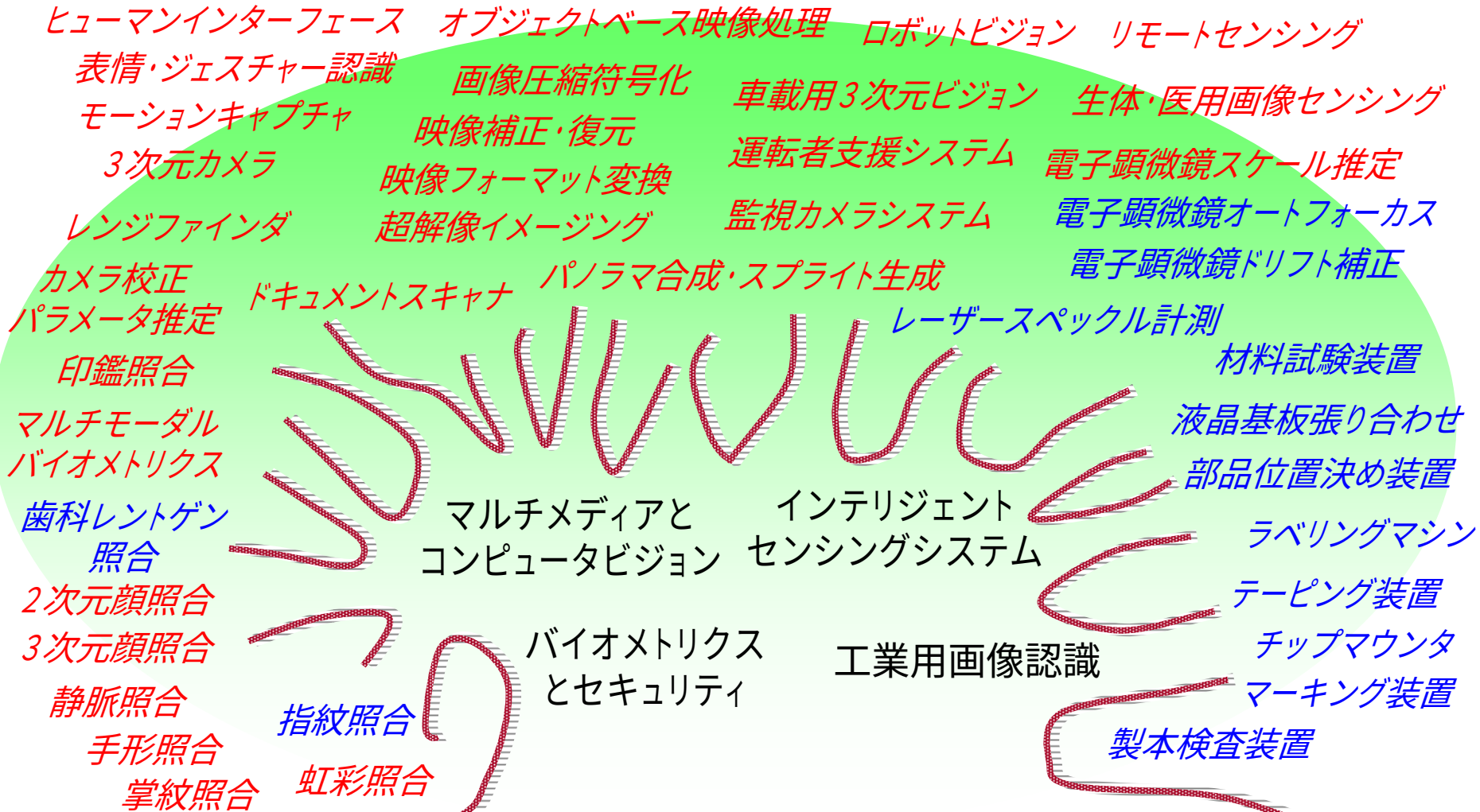


製本検査装置 (Trident)



位相限定相関法の応用展開

2005.7.1現在



ピクセル分解能の壁を越える画像マッチング技術

青字は実用化技術, 赤字は研究開発項目