

情報科学研究科 計算機構論分野

青木・伊藤 研究室

電気情報系2号館5階502号室(いつでも見学どうぞ)

電話 022-795-7169, メール ito@aoki.ecei.tohoku.ac.jp (伊藤准教授)



- 画像認識、コンピュータビジョン
- 多次元ビッグデータ解析
- ロボット、ドローン、航空機へ展開
- 3Dヒューマンインタフェースへ展開
- メディカルサイエンス領域へ展開
- 合成生物学のためのデータ科学の開拓
- H2H、H2M、M2Mネットワークが拓く情報処理パラダイムの探求 (H=「人」、M=「マシン」)
- ビッグデータ解析のための高性能計算アクセラレータ
- IoT情報基盤のセキュリティを守る生体認証および人工物認証

研究テーマの例

※研究テーマは、以下に限らず、比較的自由に設定しています。

1. 人工知能と高性能コンピューティング

近年、人工知能の応用分野では、高度な最適化や機械学習が多用されます。その高速化のために、GPUや専用アクセラレータを活用する新たなアルゴリズムの研究開発が不可欠となっています。

2. 多視点画像の幾何学と3次元コンピュータビジョン

複数の異なる視点の映像から被写体の3次元形状を復元する問題は、たいへん奥深く面白い問題です。ドローン映像、スポーツ映像、Webデータなどを活用した新たな研究領域が開拓されつつあります。

3. 機械学習に基づく画像ビッグデータ解析と画像合成

深層学習などを用いて、膨大なメディアデータから内容を表すメタデータを抽出することができます。数十万人規模の人物画像からその特徴をリストアップして、特定人物を検索する応用などがあります。

4. バイオメトリクス認証と生体情報保護（攻撃と防御）

インドでは11億人を超える生体認証基盤が構築されつつあり、世界のバイオメトリクス研究は新たな次元に突入しています。セキュリティの最終関門である生体情報への「攻撃と防御」を探求します。

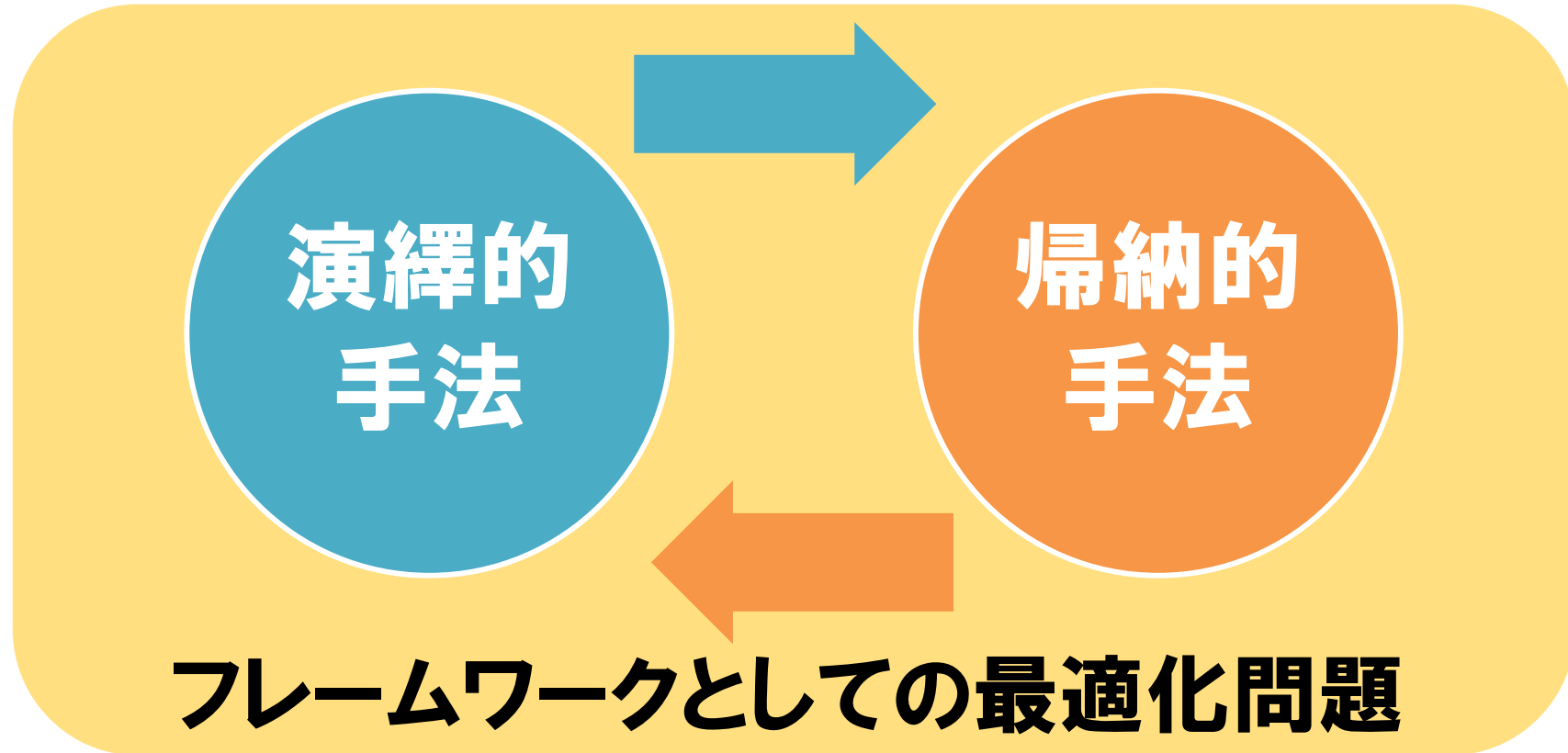
5. 衛星・航空プラットフォームによる時空間センシング

航空機や衛星、UAVに搭載したレーダによって地表データを精密に把握する新原理をNICTとともに開拓しています。可視光で外界をとらえる人間の視覚との対比が面白く、今後の発展が期待されます。

6. 合成生物学のための新たなデータサイエンスの開拓

膨大な核酸配列の中から、対象物にだけ結合する配列（アプタマー）を探し出す効率よい進化工学的探索手法をデータ科学を駆使して確立し、バイオ医薬品や分子センシング素子の設計に展開します。

画像系AIの方法論



高性能ICT基盤(ハードウェア)
Real-Time & Remoteの価値*

*遠藤信博氏(NEC)との議論による

多視点画像の幾何学

と

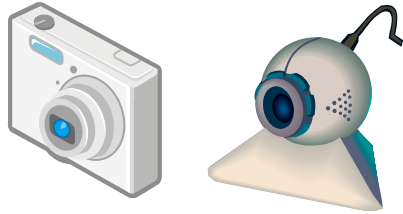
3次元コンピュータビジョン

逆問題としてのコンピュータビジョン

逆問題

数学的に記述できるが
解くのが難しい

ロボット、AR、
3Dモデリングほ
か、多様な応用



3次元
コンピュータビジョン

2次元画像



3次元モデル



3次元コンピュータ
グラフィックス

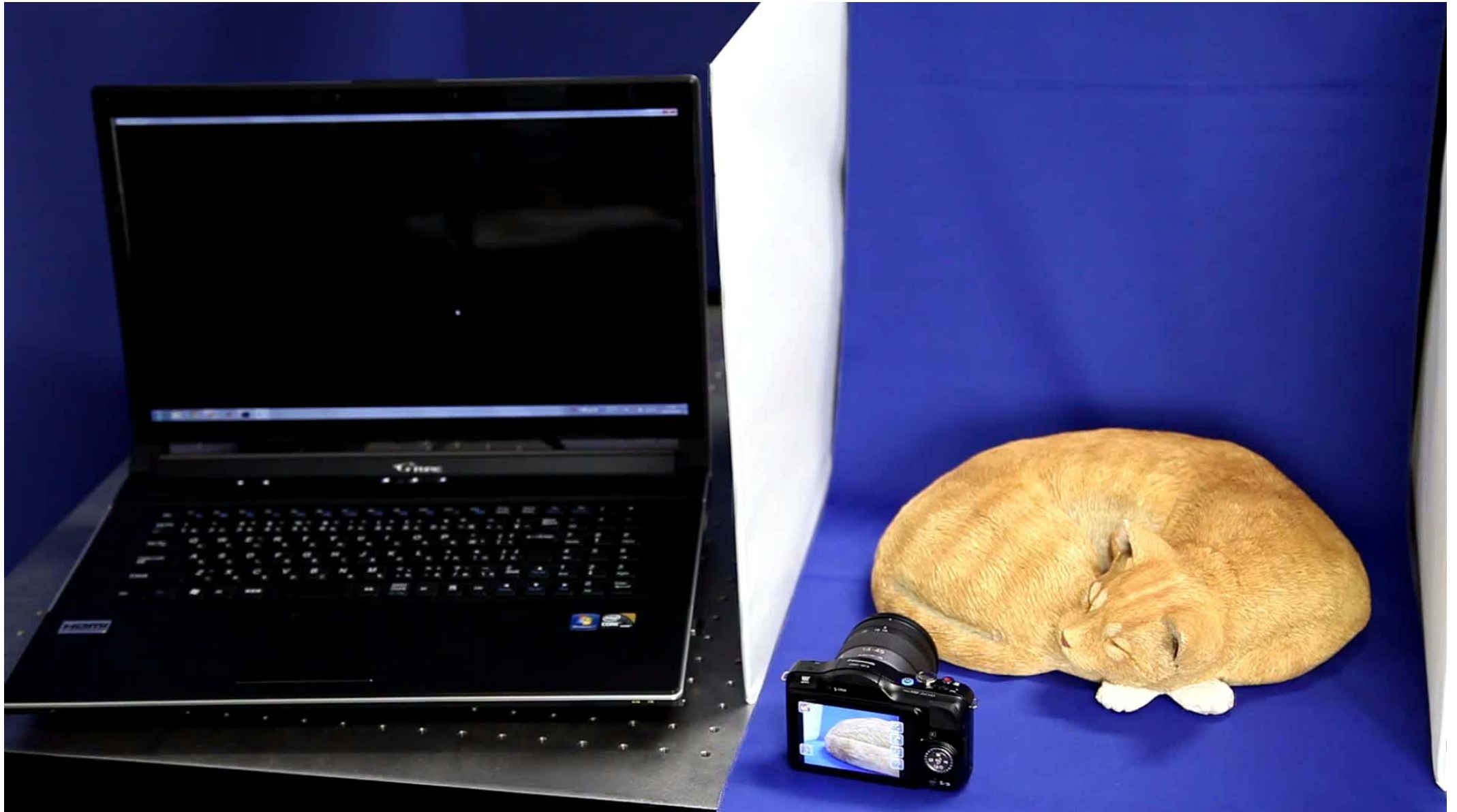
ゲーム、映画、
アニメ、デザイン
などで実用化

順問題
解くのが容易



画像だけから3次元世界を復元できるのか!?

近い将来、インターネットの画像で世界中の3Dモデルを作れるはず



文化財などなんでも3次元モデル化

カメラによる撮影(202回)から3次元再構成
凸版印刷株式会社との共同研究

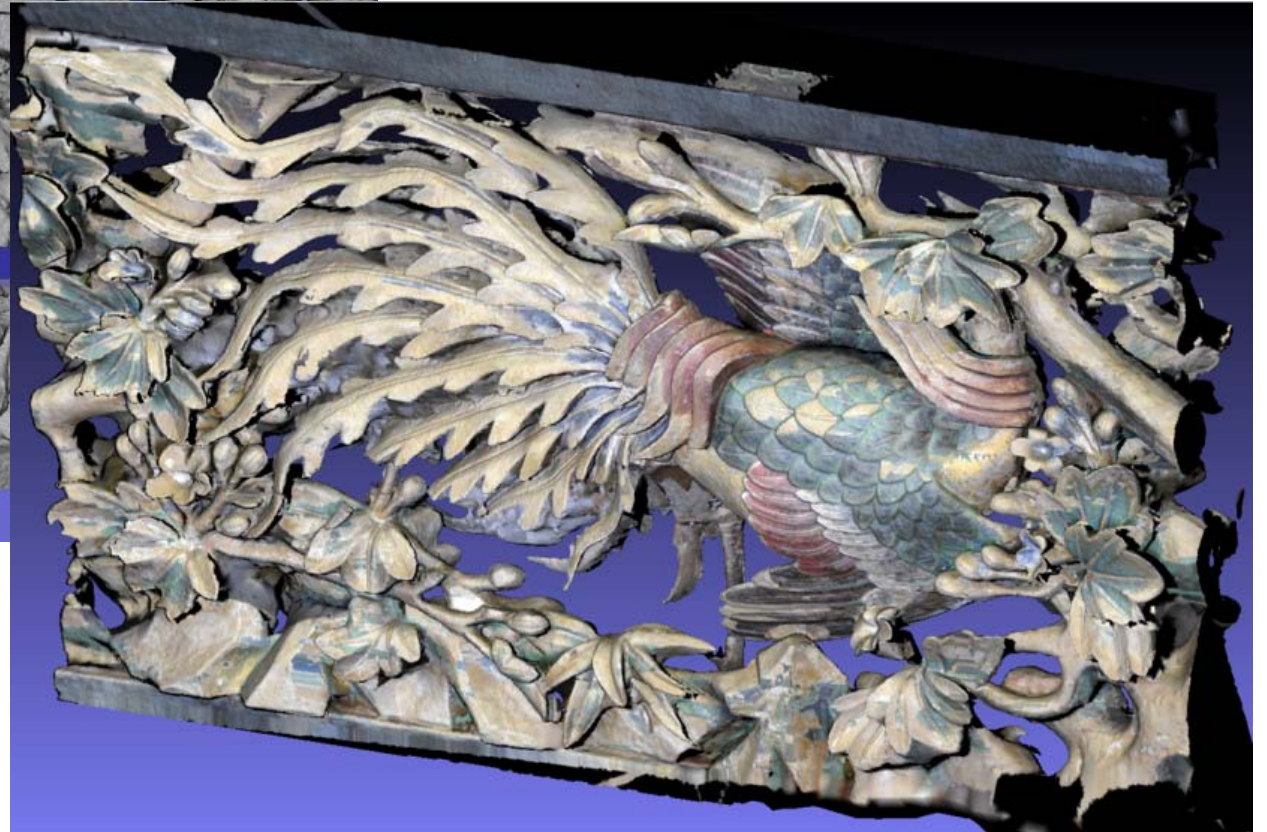
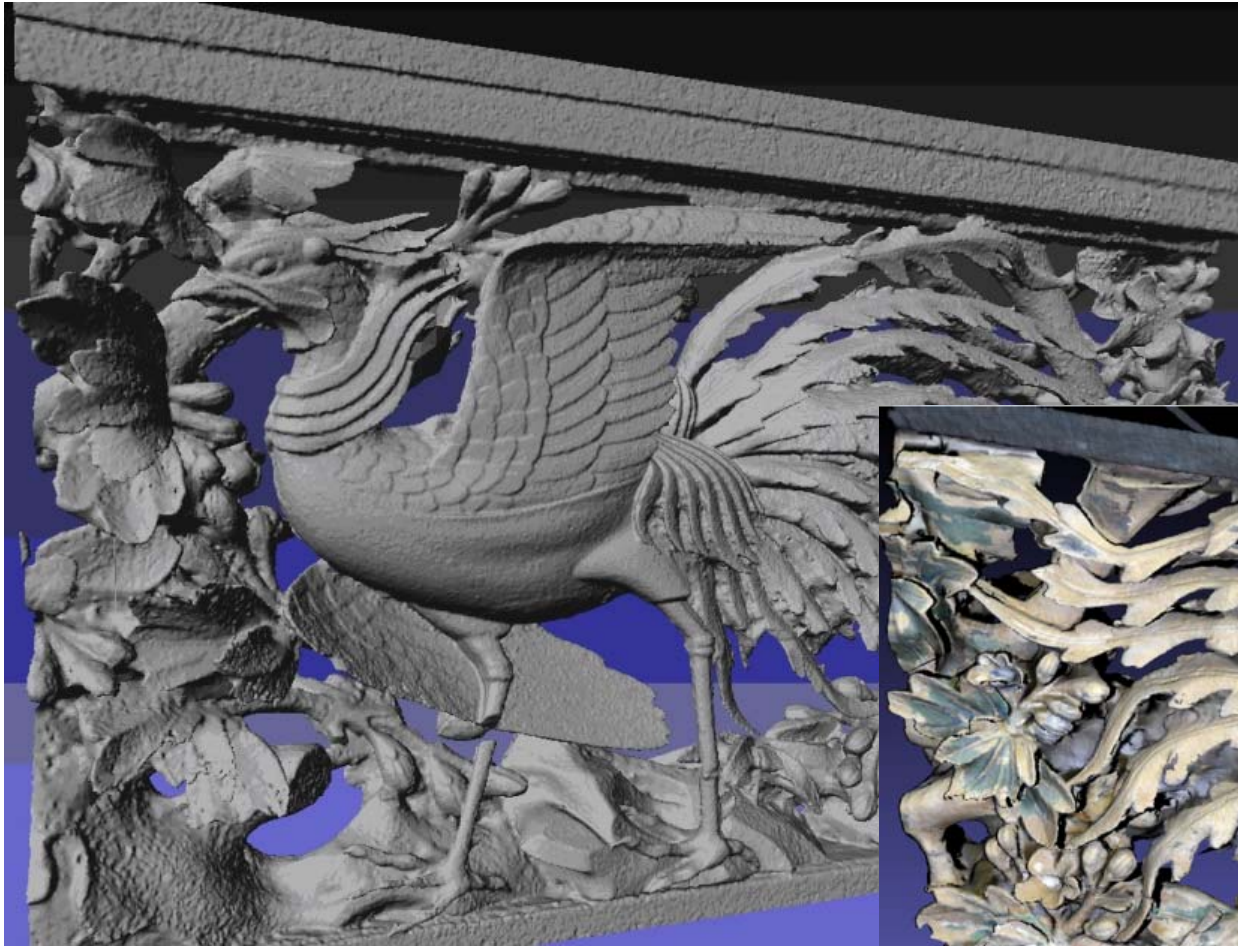


3次元復元・統合結果



多視点画像からの3次元復元

凸版印刷株式会社との共同研究



80枚の画像から生成された瑞巖寺の欄間木彫の形状モデル

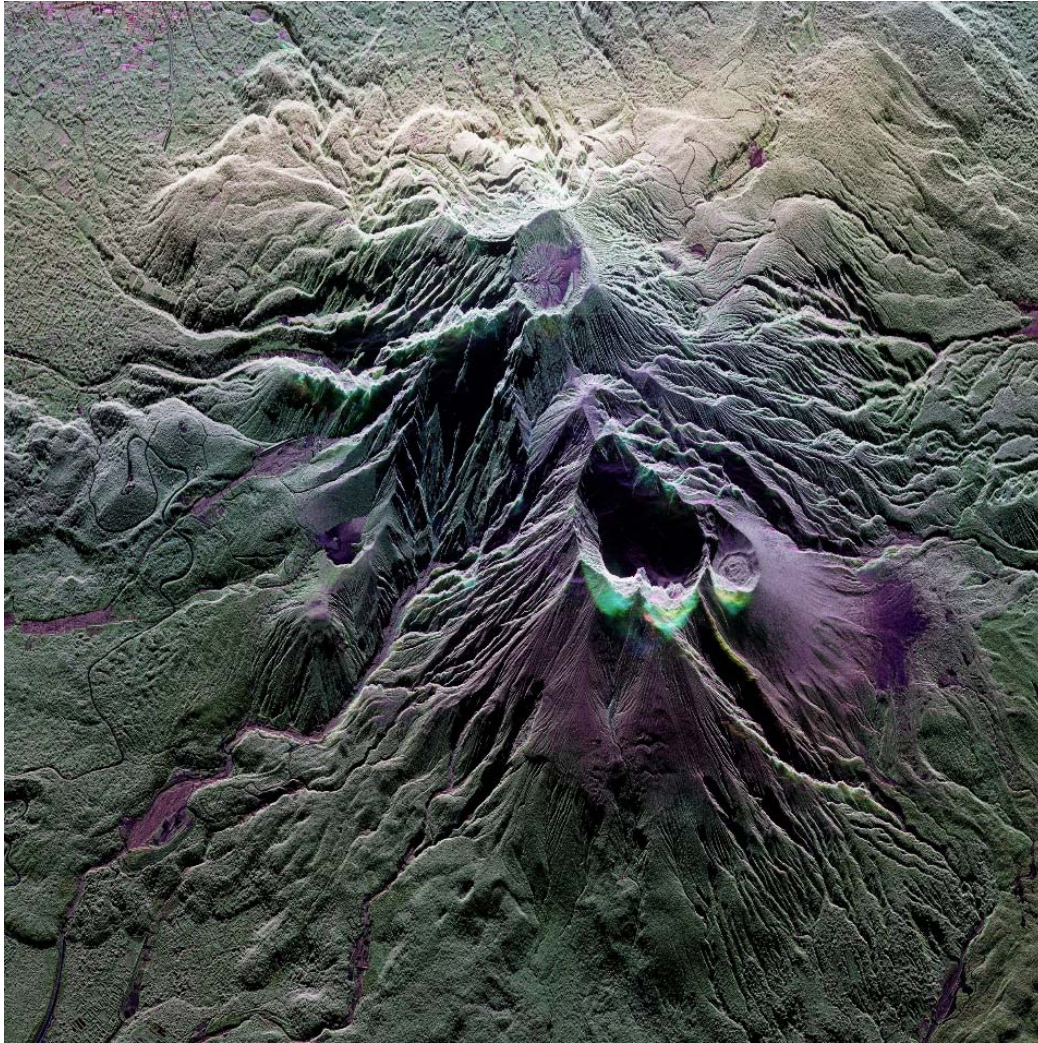
空飛ぶコンピュータビジョン

電磁波による能動的な視覚 NICTとの共同研究

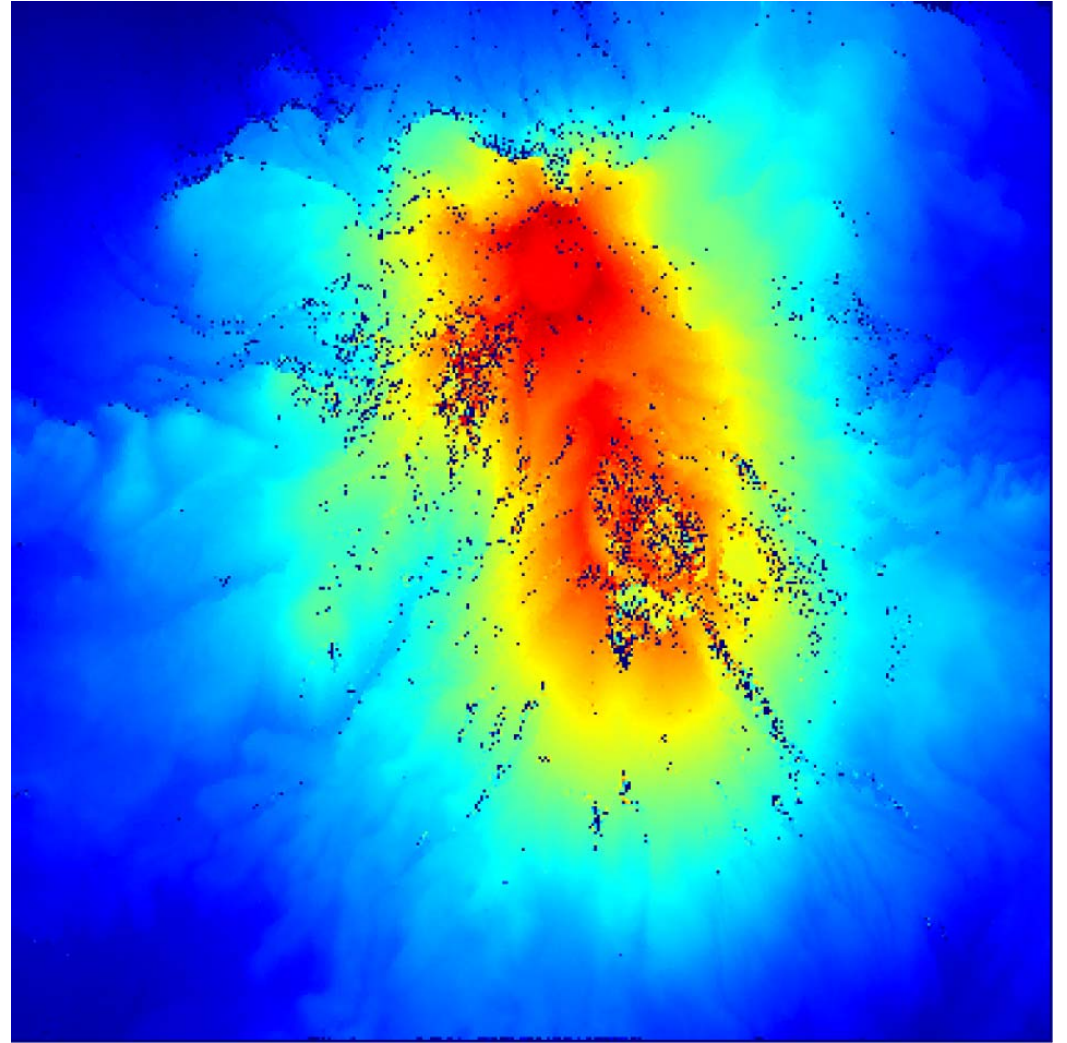
- 人工衛星や航空機にアンテナを搭載し、移動しながら電磁波を照射・受信することで、地表面を3D画像化
 - 合成開口レーダ(SAR)による能動的な視覚
 - 夜間も計測可能、かつ、雲を突き抜けて透視が可能
 - 地形計測，土壤水分計測，資源探査などへの応用



鹿児島県桜島の3次元復元



SAR画像

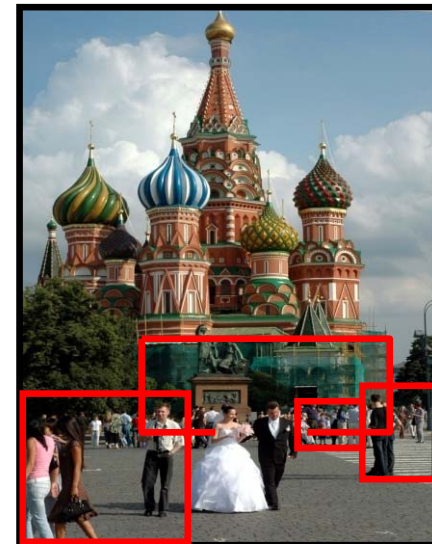
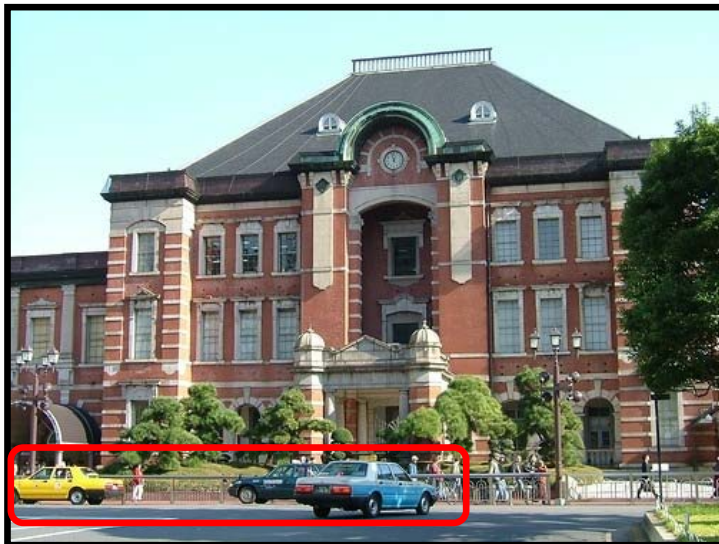


標高マップ

Web検索データを用いた画像合成

画像ビッグデータの時代へ

パナソニック株式会社との共同研究



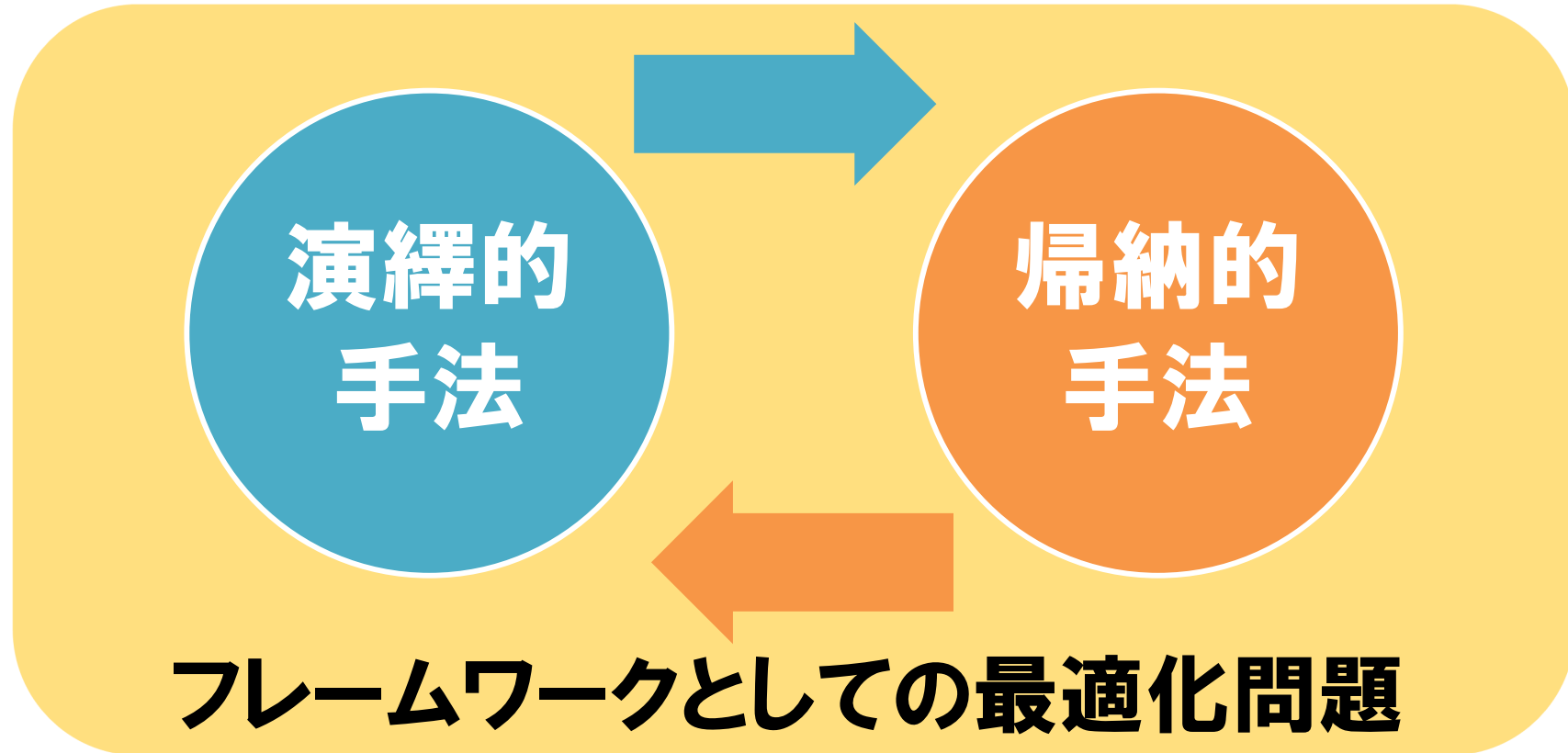
Web検索データを用いた画像合成

画像ビッグデータの時代へ

パナソニック株式会社との共同研究



画像系AIの方法論

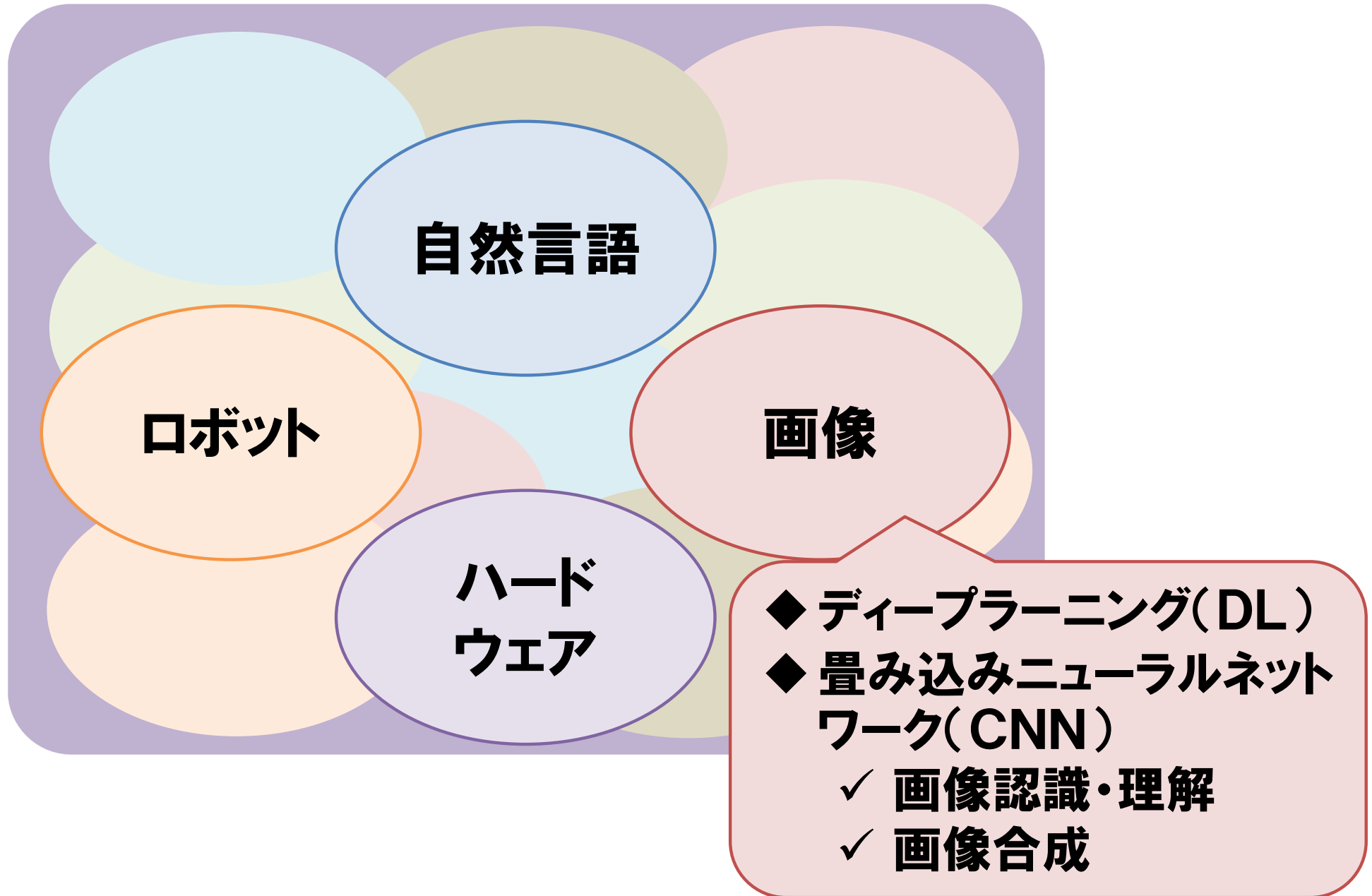


高性能ICT基盤(ハードウェア)
Real-Time & Remoteの価値*

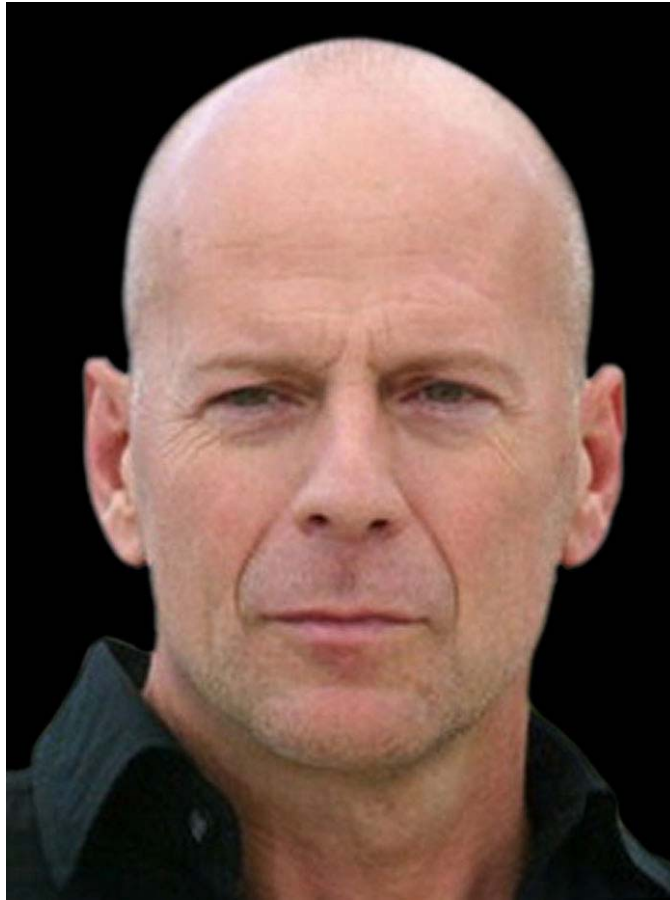
*遠藤信博氏(NEC)との議論による

機械学習に基づく 画像ビッグデータ解析

AIにおける画像の研究(最近のトピックス)



顔の特徴(属性)の推定の問題

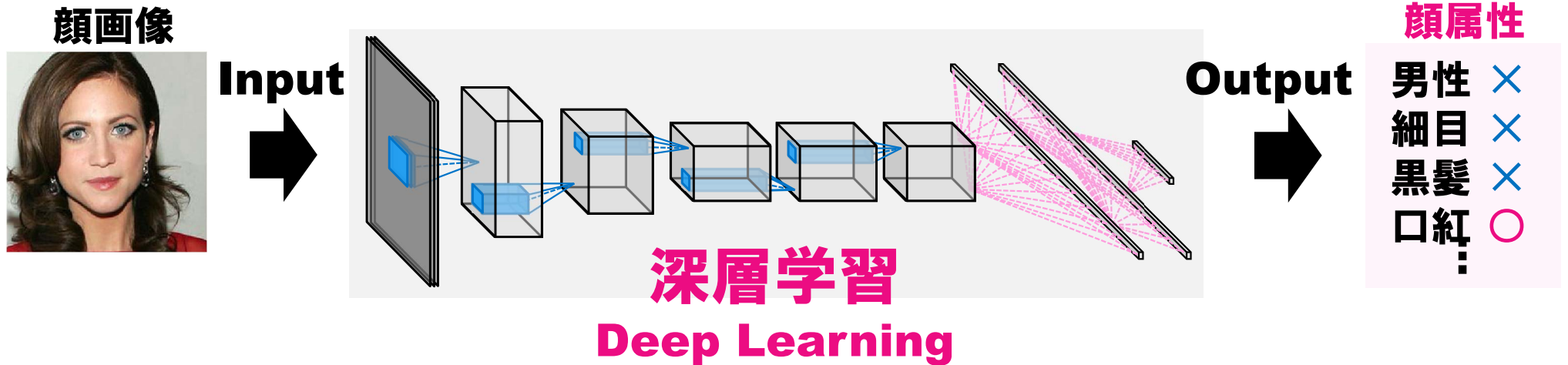


どんな顔属性が含まれているのでしょうか？

性別, 若さ, 髪型, 装飾品, ... etc.

顔属性推定の問題

顔の40種類の特徴を言い当てるAI



膨大な学習データを準備



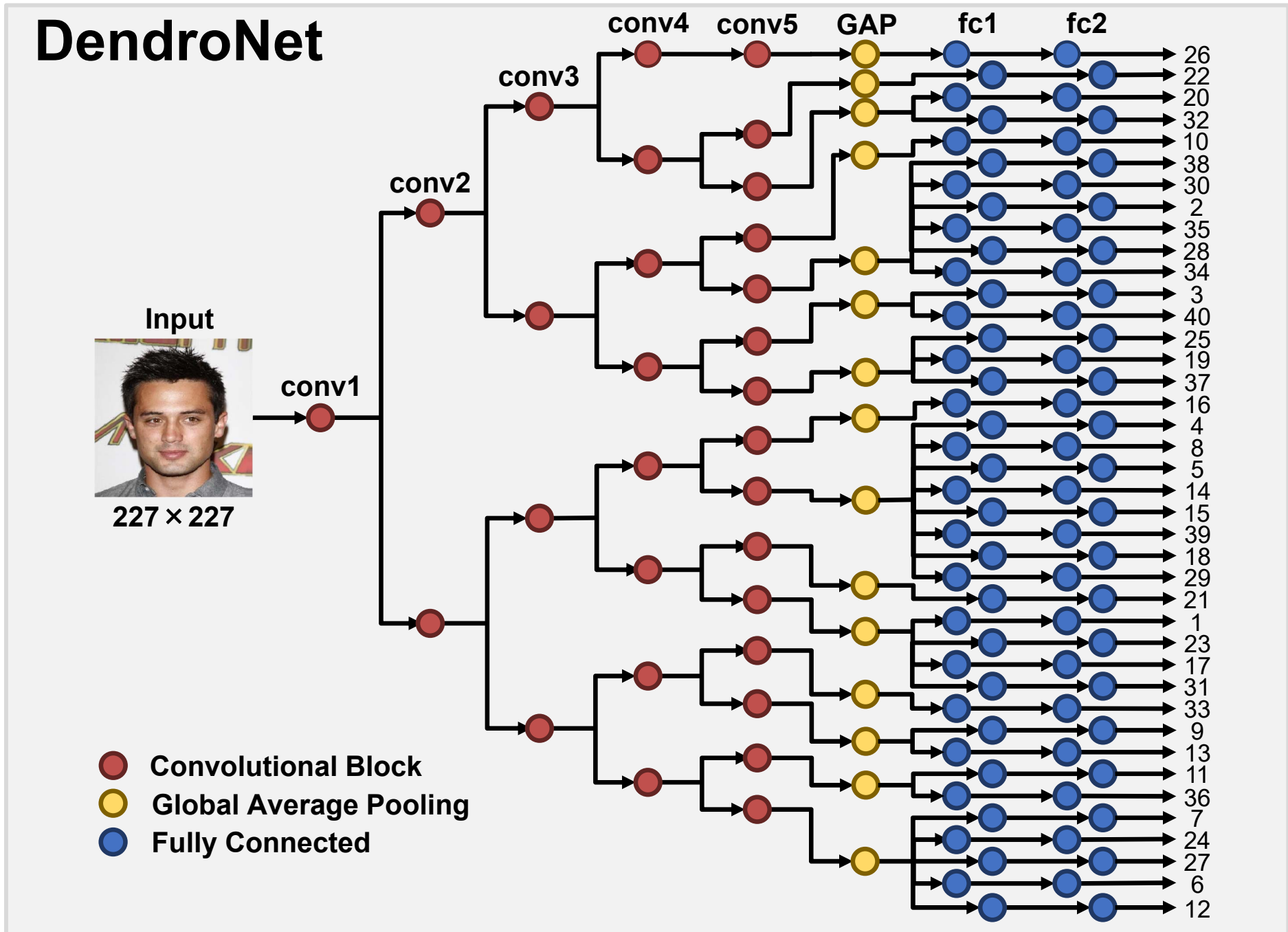
202,599枚(10,177人)の顔画像に対して
人手で40種類の特徴を付加して学習データとした

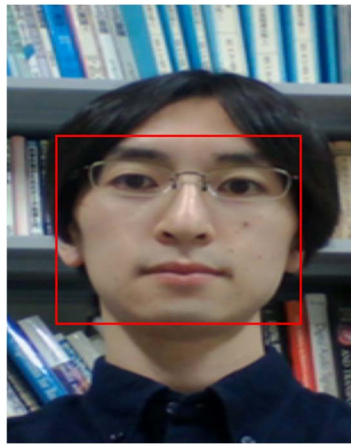
Large-scale CelebFaces Attributes (CelebA) Datasetに含まれる顔属性一覧

1	5 o'clock shadow	無精ひげ	21	Male	男性
2	Arched Eyebrows	三日月眉	22	Mouth Slightly Open	僅かに開いた口
3	Attractive	魅力的	23	Mustache	口ひげ
4	Bags Under Eyes	目の下のたるみ	24	Narrow Eyes	細目
5	Bald	禿げた	25	No Beard	あごひげがない
6	Bangs	前髪	26	Oval Face	卵形の顔
7	Big Lips	大きな唇	27	Pale Skin	白い肌
8	Big Nose	大きな鼻	28	Pointy Nose	高い鼻
9	Black Hair	黒髪	29	Receding Hairline	後退した生え際
10	Blond Hair	金髪	30	Rosy Cheeks	薔薇色のほお
11	Blurry	ぼやけた	31	Sideburns	もみあげ
12	Brown Hair	茶髪	32	Smiling	笑顔
13	Bushy Eyebrows	げじげじ眉	33	Straight Hair	ストレートヘア
14	Chubby	太った	34	Wavy Hair	ウェーブヘア
15	Double Chin	二重あご	35	Wearing Earrings	イヤリングをつけた
16	Eyeglasses	眼鏡	36	Wearing Hat	帽子を被った
17	Goatee	やぎひげ	37	Wearing Lipstick	口紅を塗った
18	Gray Hair	白髪	38	Wearing Necklace	ネックレスをつけた
19	Heavy Makeup	厚化粧	39	Wearing Necktie	ネクタイをつけた
20	High Cheekbones	高いほお骨	40	Young	若い

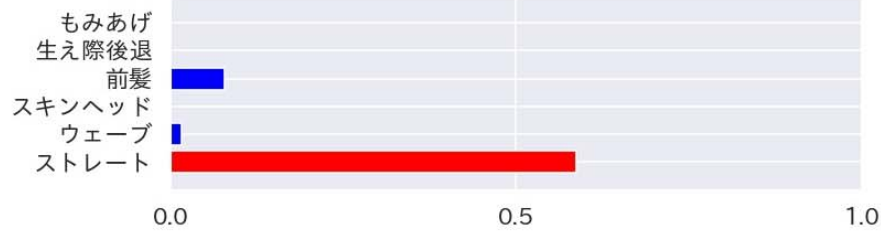
効率の高いCNNの自動生成法を提案

CNN(畳み込みニューラルネットワーク) = ディープラーニングの機構

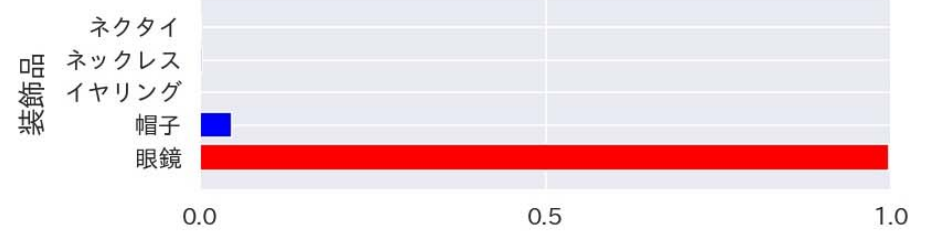




髪形



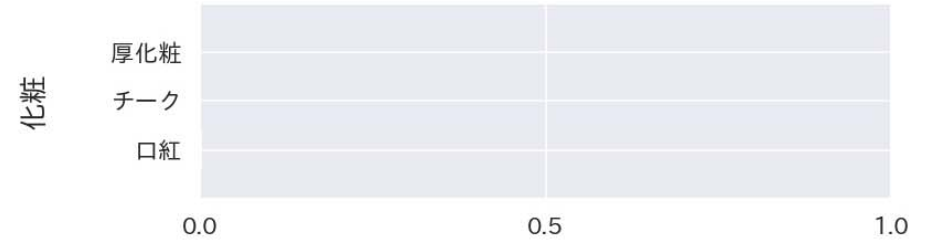
品飾品



髪色



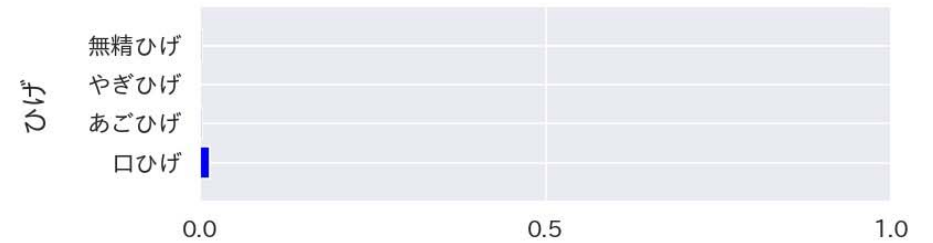
化粧



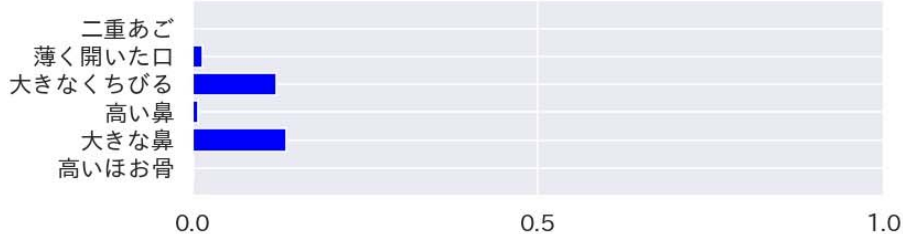
目・まゆ



ひげ



その他のパーツ

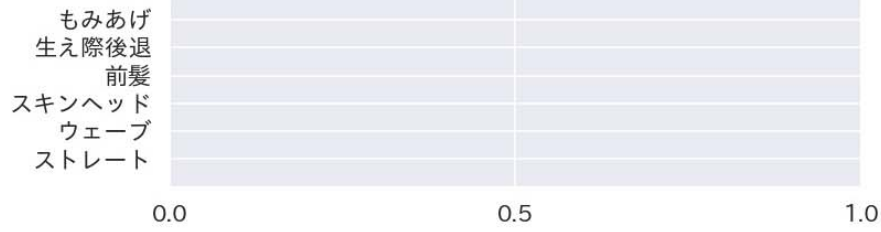


その他





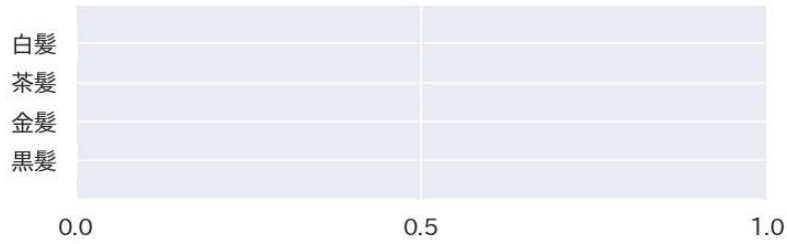
髪形



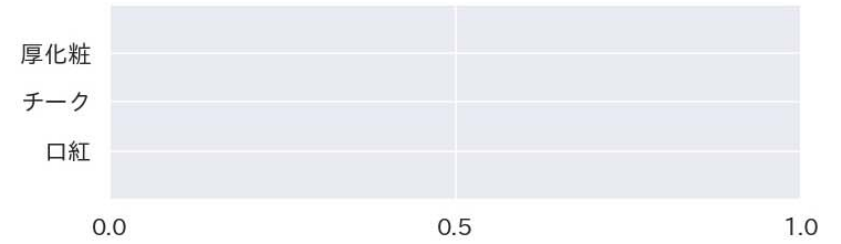
品飾品



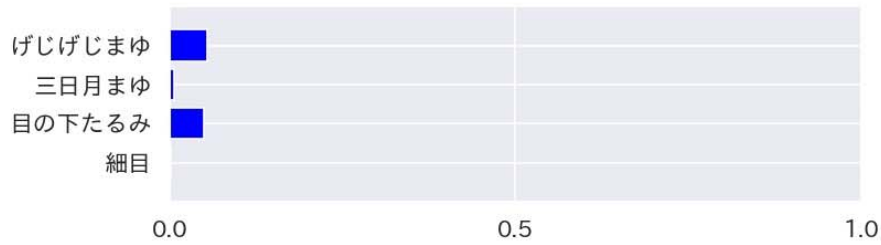
髪色



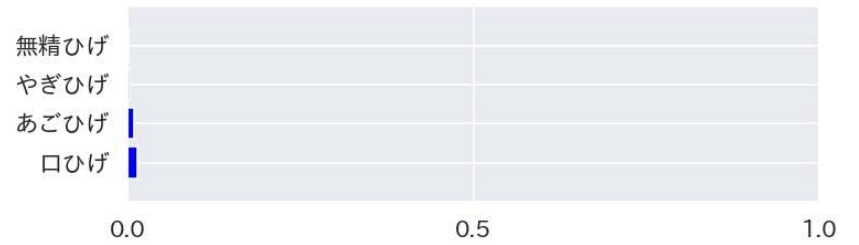
化粧



目・まゆ



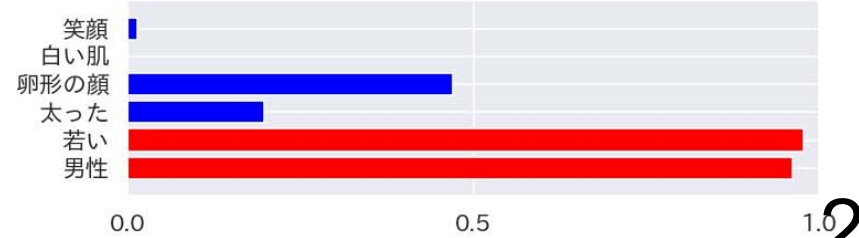
ひげ



その他のパーツ

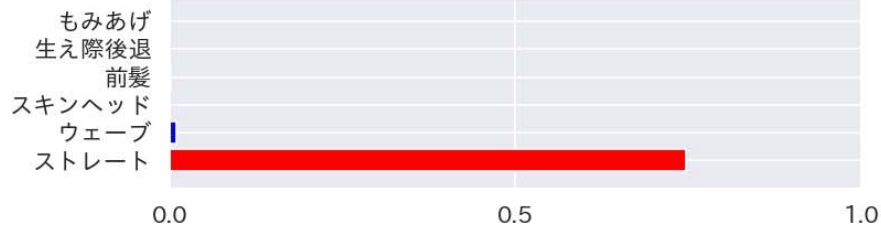


その他

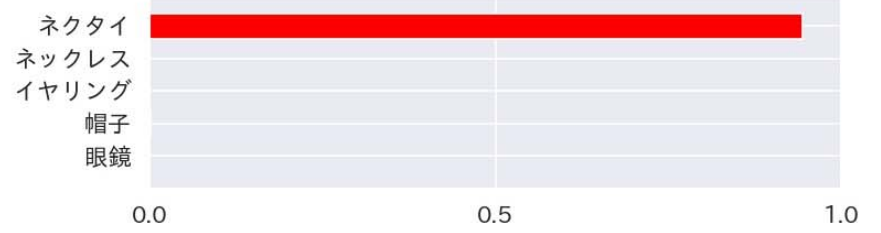




髪形



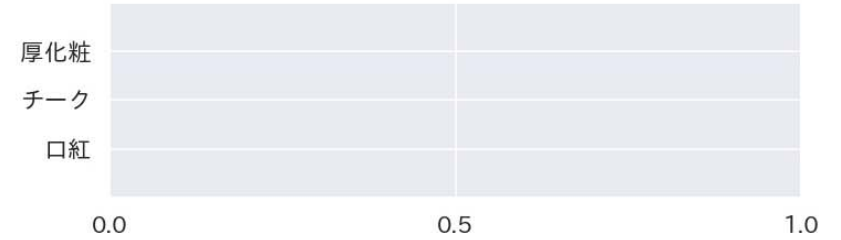
品
装飾品



髪色



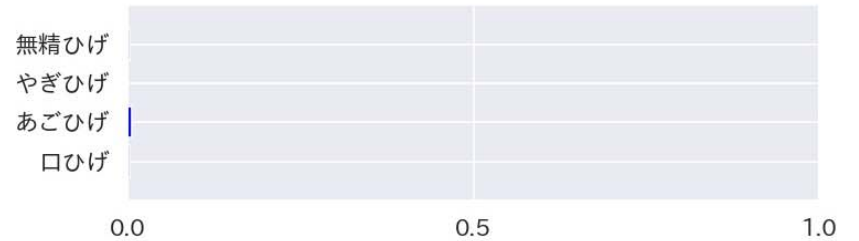
化粧



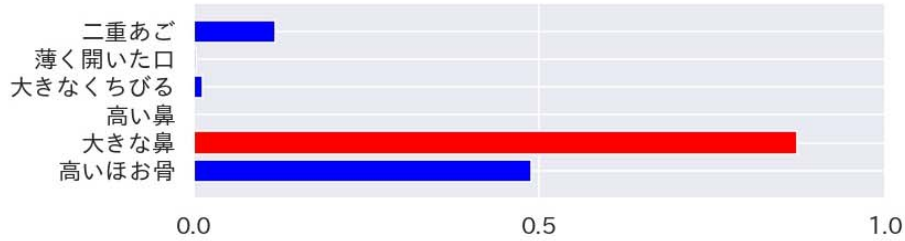
目・まゆ



ひげ



その他のパーツ

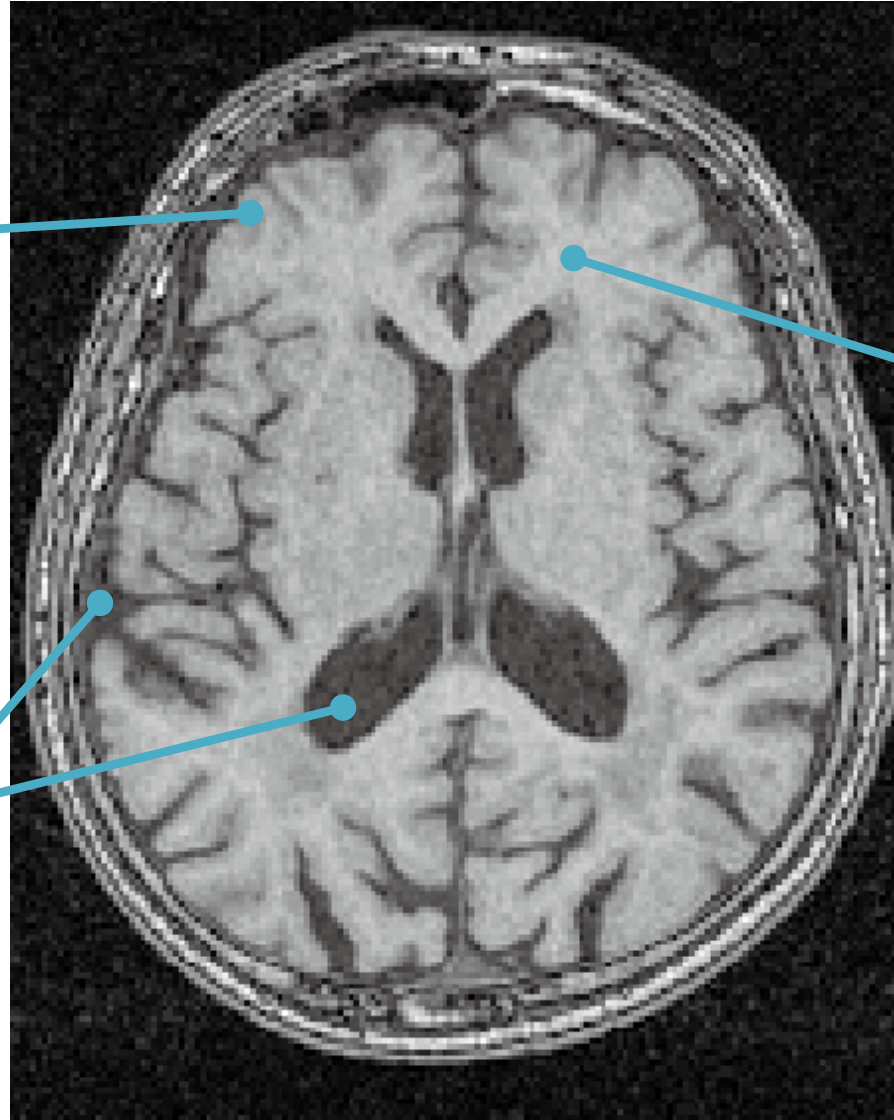


その他



画像による脳の自動診断

(東北大学加齢医学研究所との共同研究)



灰白質

GM

(Grey matter)

神経細胞

白質

WM

(White matter)

神経線維

脳脊髄液

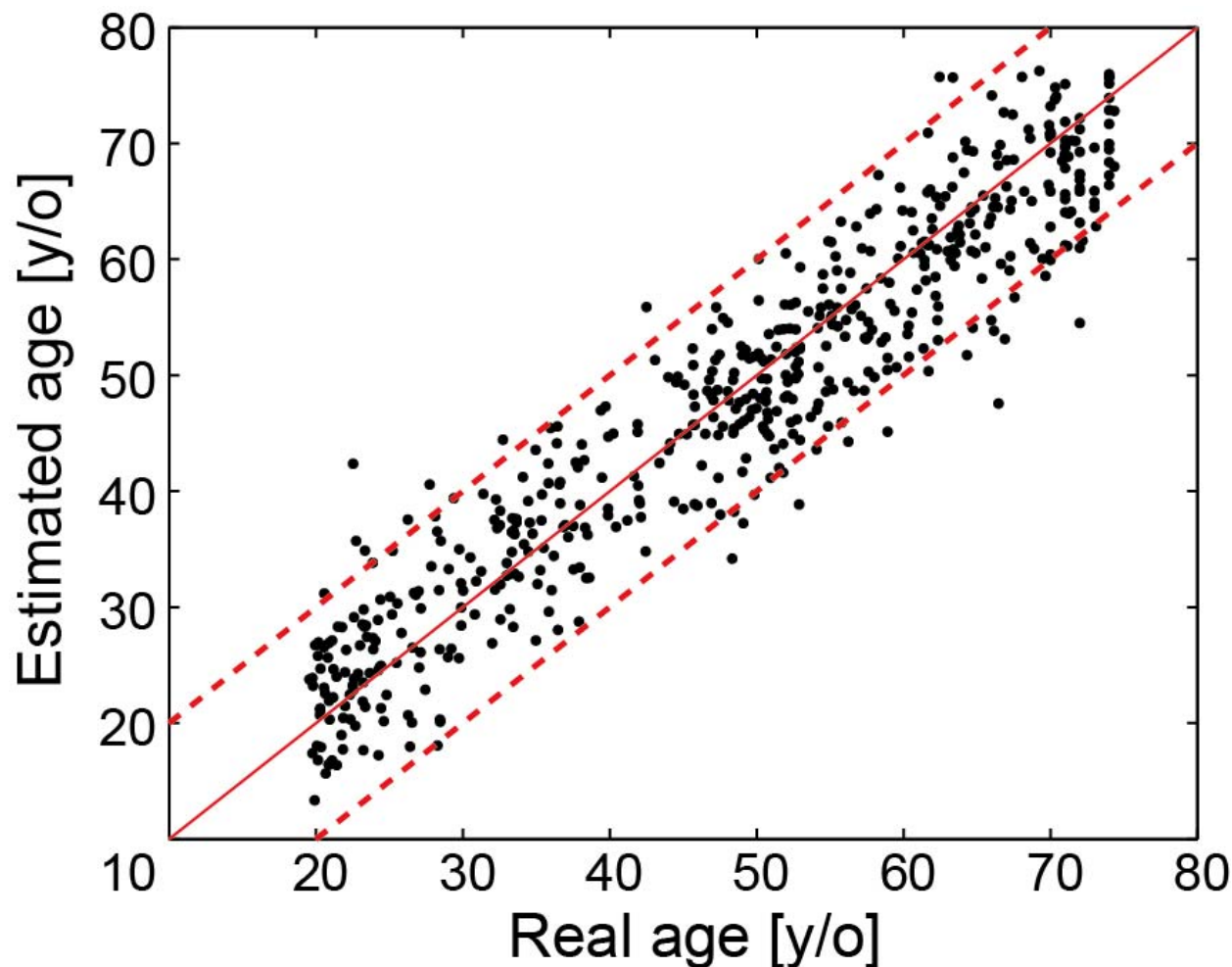
CSF

(Cerebrospinal fluid)

**脳室, クモ膜下
腔を満たす液**

実年齢と推定年齢の分布

- **0.5TのMRI装置で撮像された1,146件(男性552人, 女性594人, 20~75歳)のT1強調画像**
- **学習データとテストデータとして550件ずつをランダムに選択し, 提案手法を用いて年齢推定を行う**



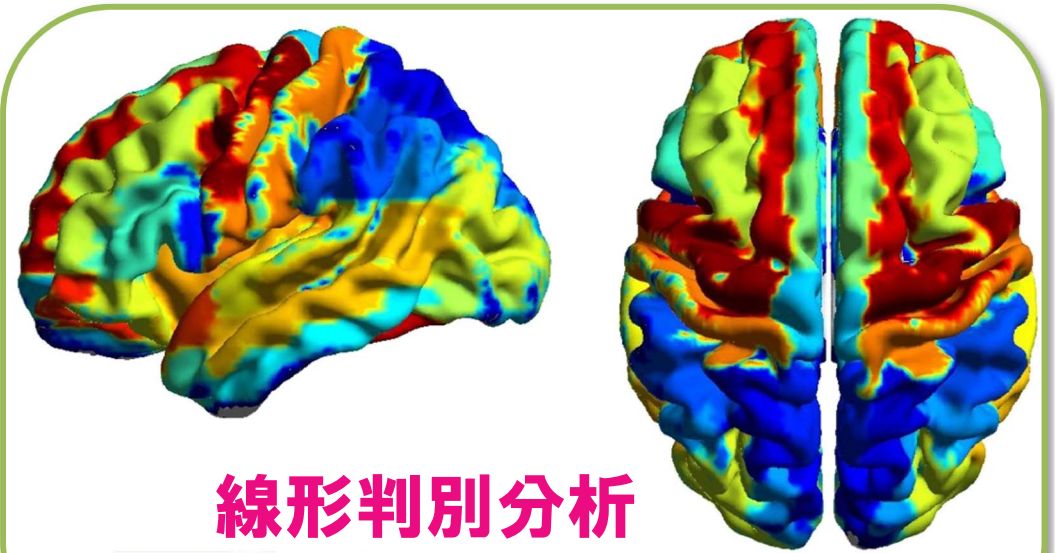
- **実年齢に対して強い相関を示す**
- **平均絶対誤差は約4.5歳であった**
- **アトラス分解能を1024領域に上げると3.6歳に向上**

※ 破線は, 実年齢
±10歳を示す

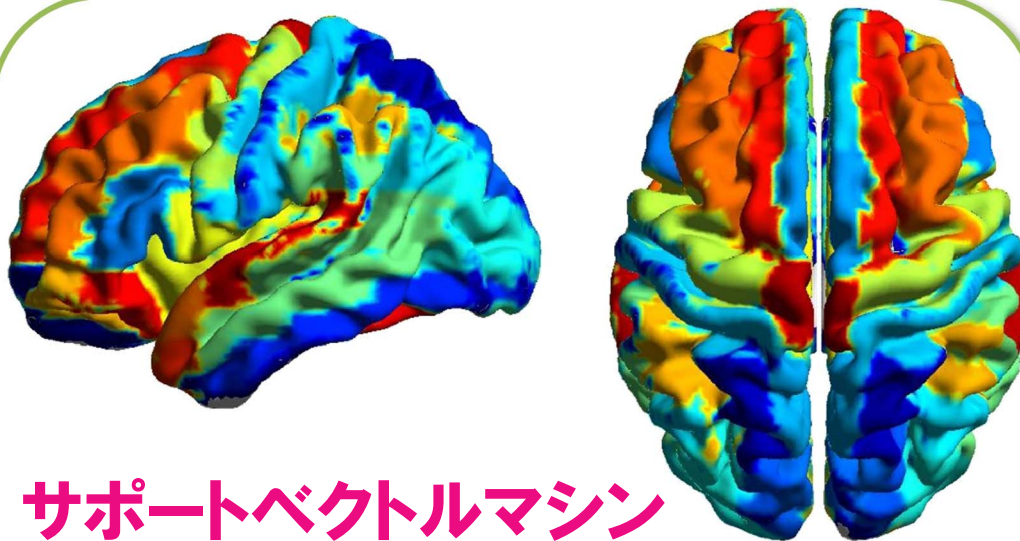
機械学習による脳画像ビッグデータ解析

- 脳画像からの年齢推定問題
 - 加齢医学研究所との共同研究
- 機械学習による年齢推定への貢献度の順位で色づけ
 - BrainNet Viewer を使用

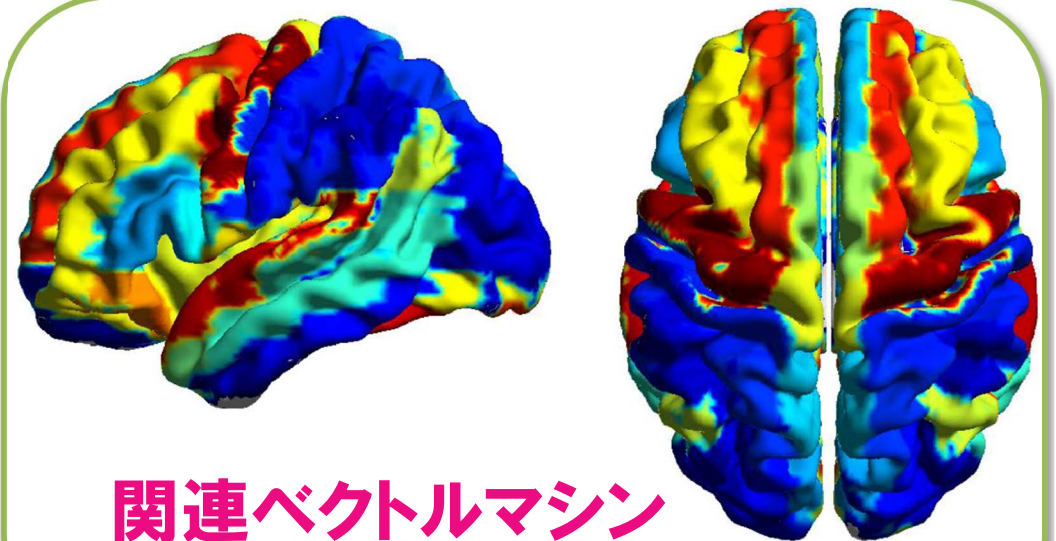
小 変化 大

線形判別分析
LDA



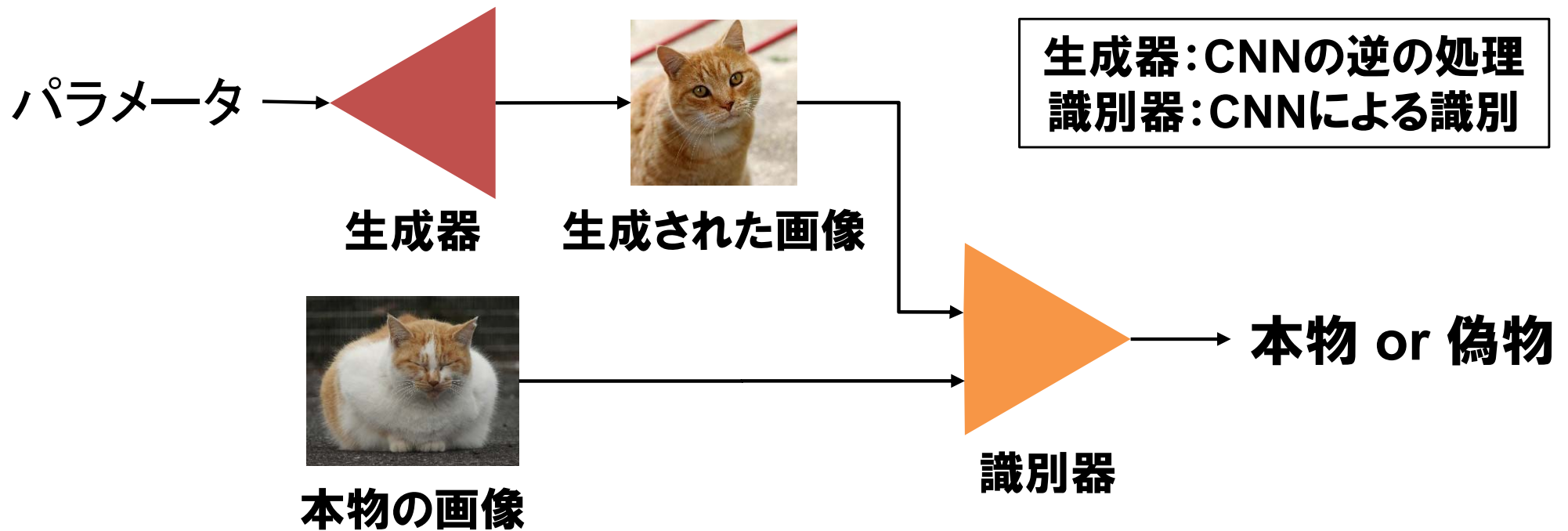
サポートベクトルマシン
SVM



関連ベクトルマシン
RVM

**複数のAIを競わせて
自動学習するしくみ
(AIのより進んだトピックス)**

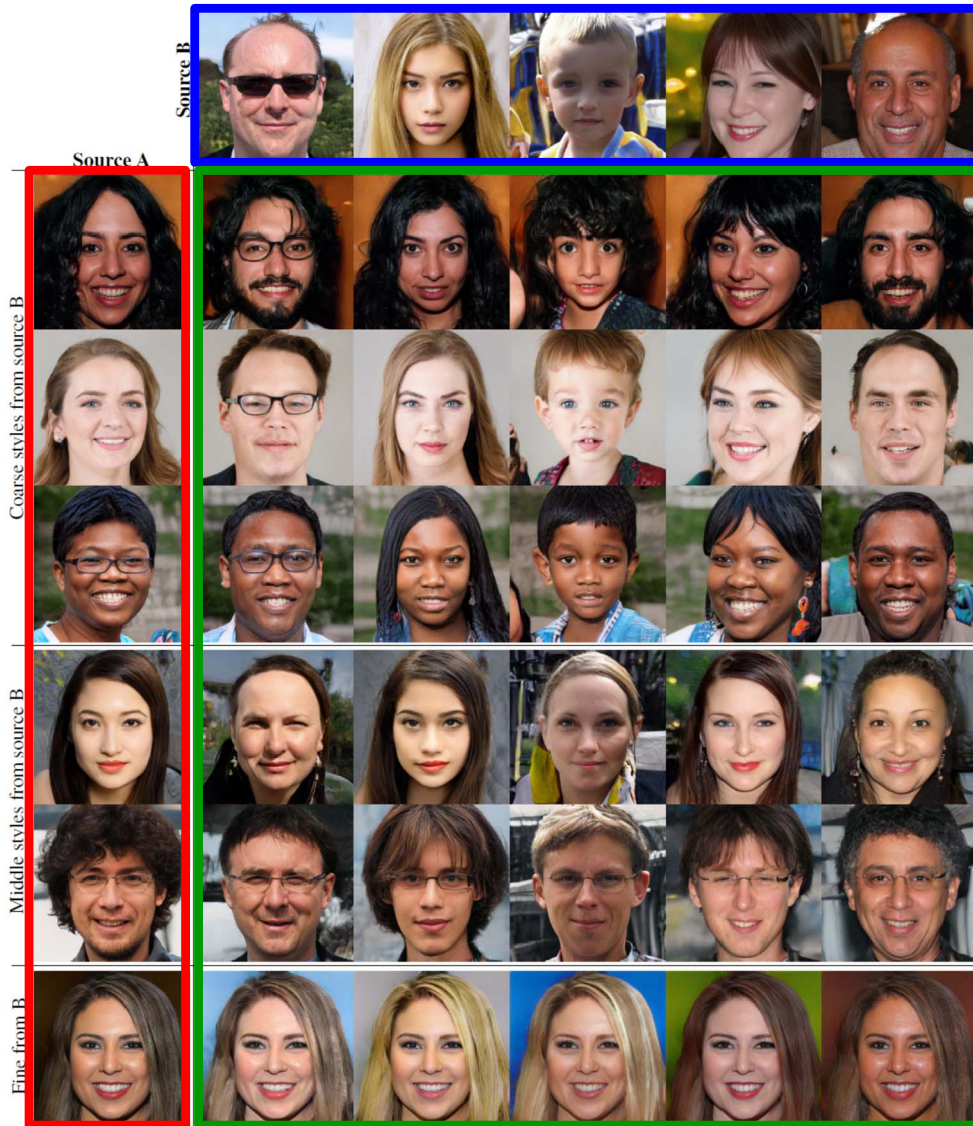
画像生成における深層学習のインパクト



敵対的生成ネットワーク(Generative Adversarial Network: GAN)

- ・ 識別器をだますような生成器に、本物を正しく見分けるような識別器に学習させる(生成器と識別器を戦わせる)
- ・ 高性能な画像生成器を得るため、あるいは、識別器の高性能化(学習の効率化)のために利用されている

世界における最先端の画像合成手法



- **赤枠**の顔画像を**青枠**の顔画像に近づくように新しい顔画像(**緑枠**)を生成している
- 本物の顔画像と合成された顔画像を見分けられるかを判定するwebページが開設されている



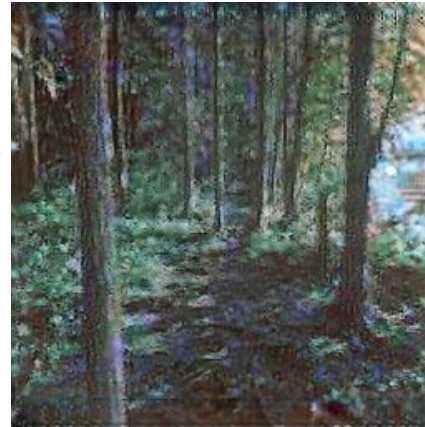
<http://www.whichfaceisreal.com/>

T. Karras et al., "A style-based generator architecture for generative adversarial networks," CVPR2019.

CycleGAN^[1]

画像ドメイン間の変換を行うディープラーニング

写真 ⇔ モネ(絵画)



ウマ ⇔ シマウマ



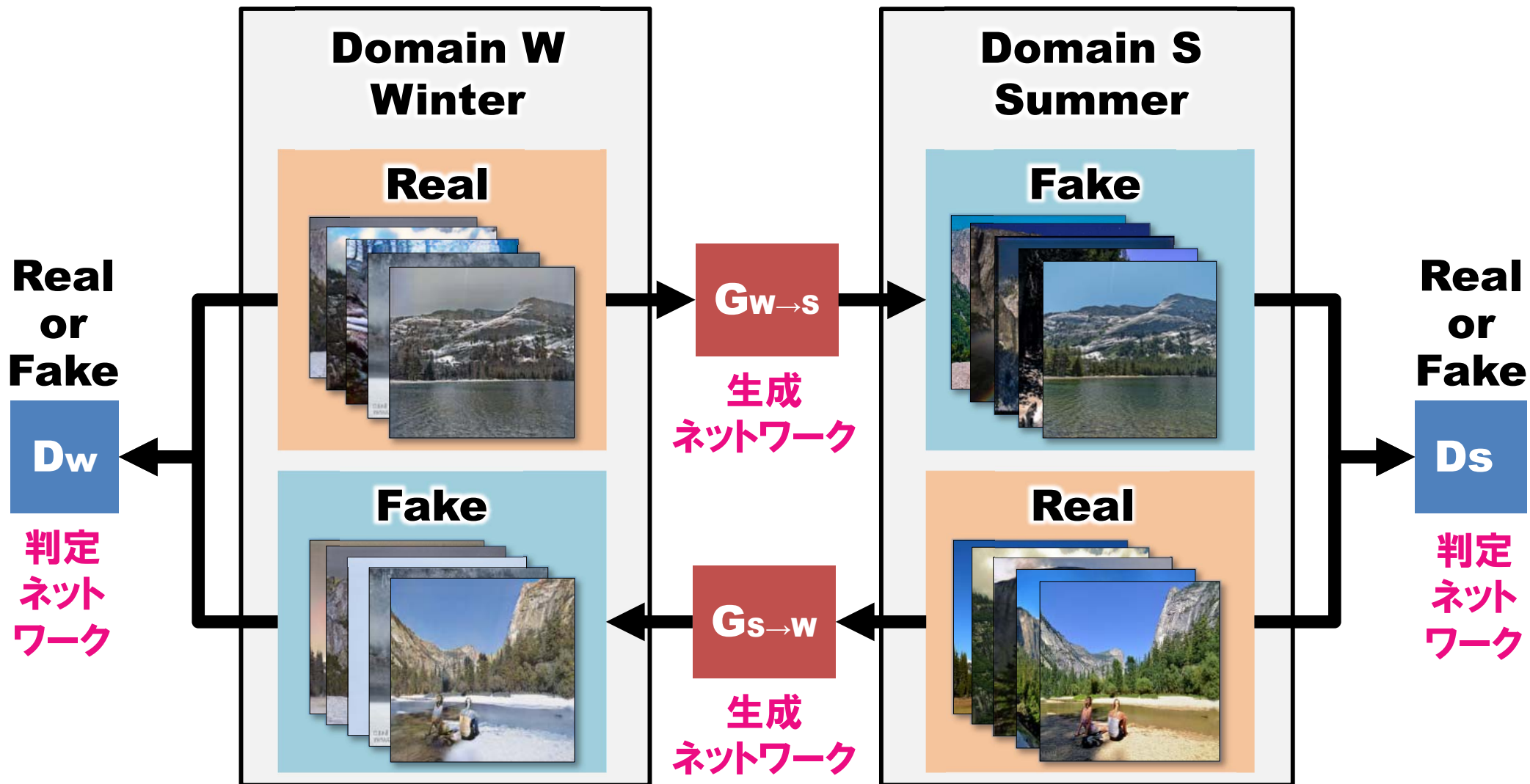
夏 ⇔ 冬



[1] J.-Y. Zhu, T. Park, P. Isola and A.A. Efros, "Unpaired image-to-image translation using cycle-consistent adversarial networks," Proc. Int'l Conf. Computer Vision, pp. 2223--2232, Oct. 2017.

CycleGANのフレームワーク

あたかも対戦ゲームのように互いに競わせながら、
4つのネットワークの学習を同時に行う



[1] J.-Y. Zhu, T. Park, P. Isola and A.A. Efros, "Unpaired image-to-image translation using cycle-consistent adversarial networks," Proc. Int'l Conf. Computer Vision, pp. 2223--2232, Oct. 2017.

生成ネットワークによる変換例

人間

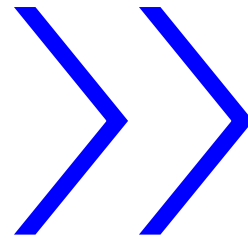


元画像

シマウマ



変換画像



バイオメトリクス認証

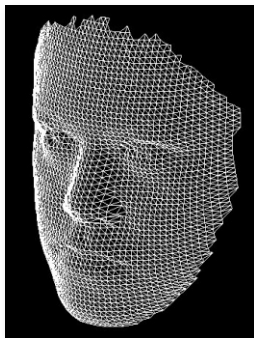
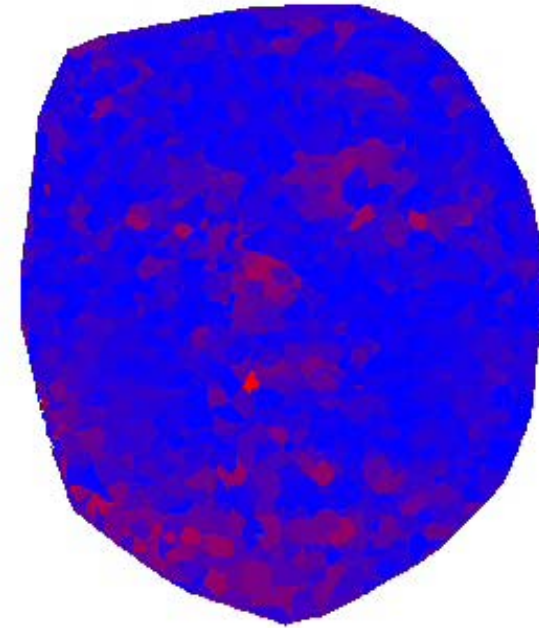
と

生体情報保護

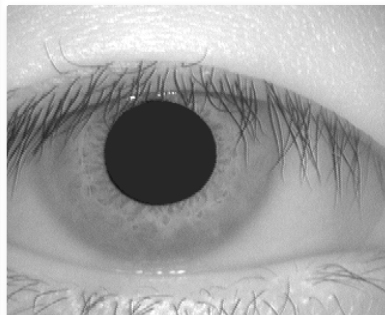
(攻撃と防御)

バイOMETRICS認証と生体情報保護

大学院生が多様な種類で世界最高水準の識別性能を達成



顔



目



指紋



手のひら

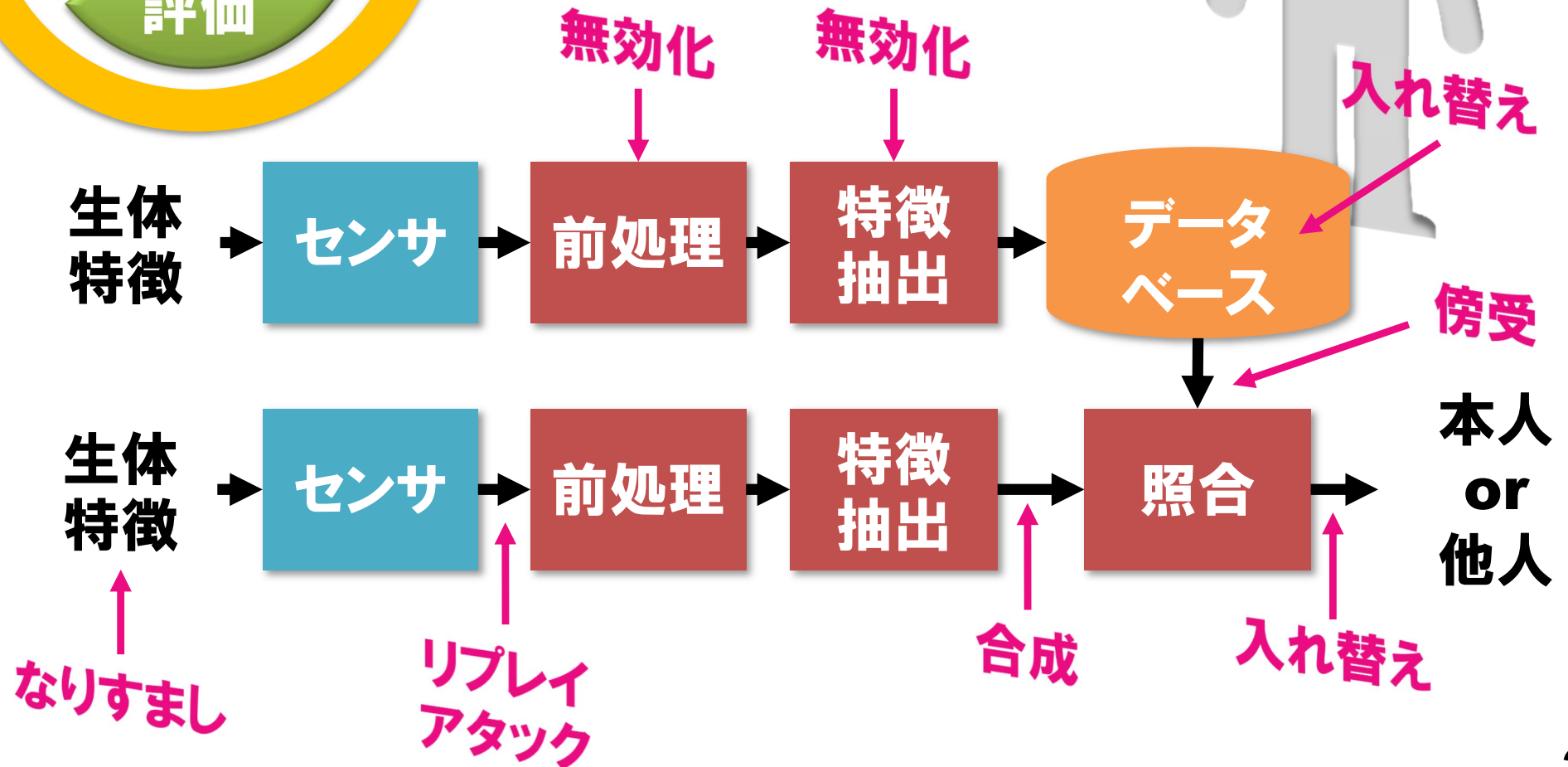


静脈

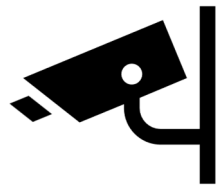


歯

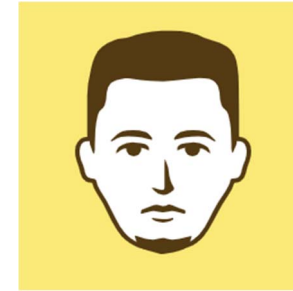
バイOMETRICS認証と生体情報保護 (攻撃と防御)



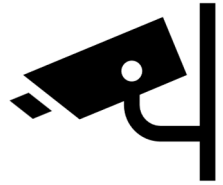
認証可能アバターによる新しいバイオメトリクス認証



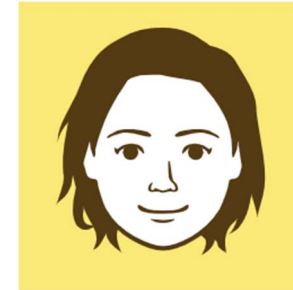
変換



Aさん



変換



Bさん



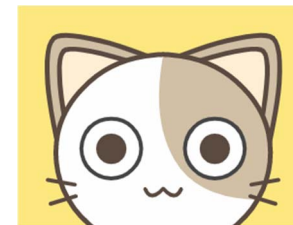
変換



Cさん



変換



ネコ

実世界

個人性

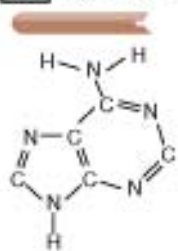
デジタル世界で流通する
認証可能アバターの提案

合成生物学のための 新たなデータサイエンスの 開拓

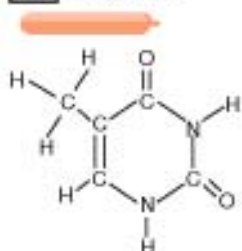
合成生物学のための 新たなデータサイエンスの開拓

DNA

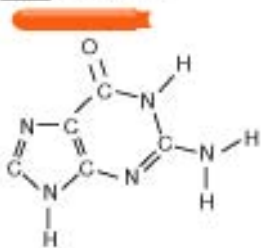
A Adenine



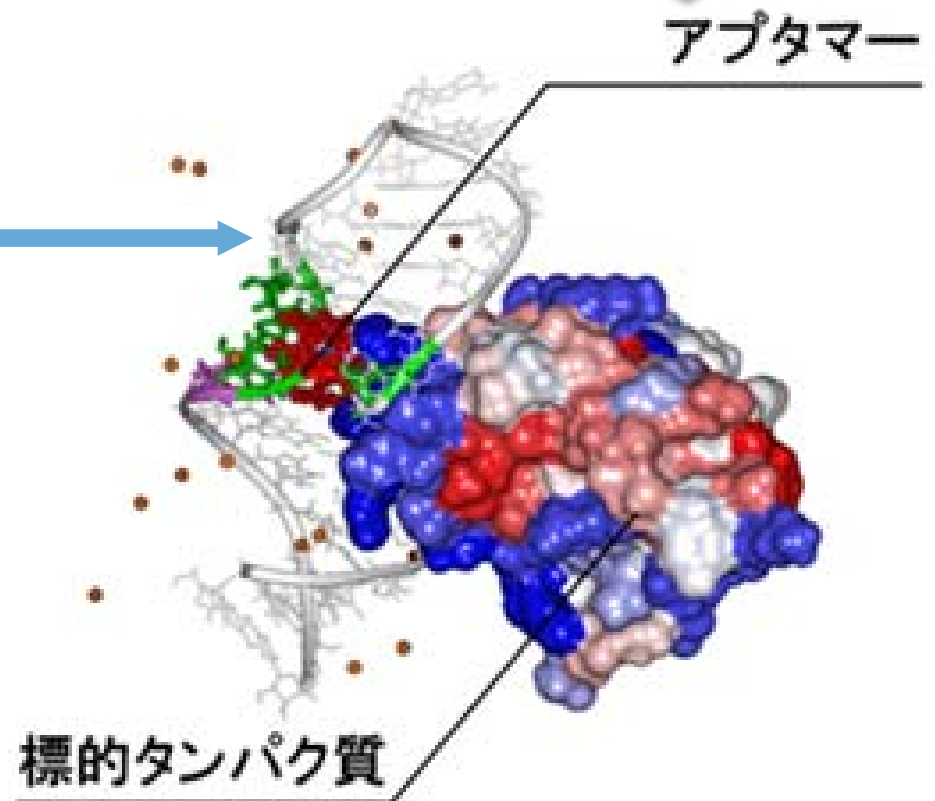
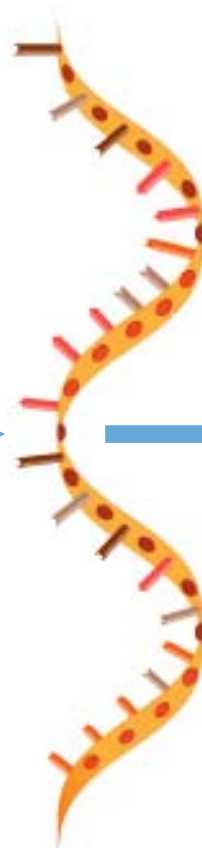
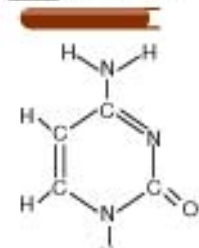
T Thymine



G Guanine



C Cytosine



アプタマーとは？

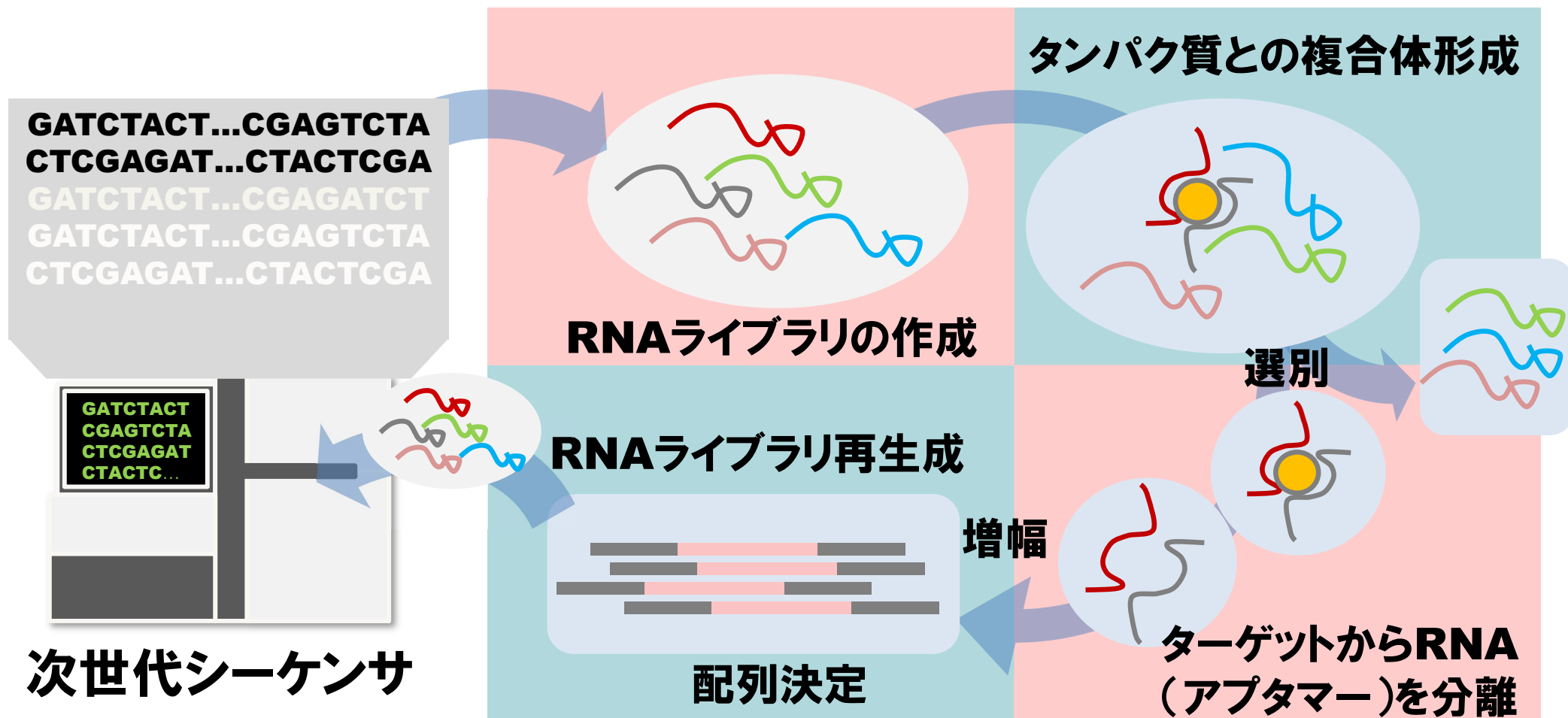
特定分子だけに強く結合する
核酸分子(DNA、RNA)

アプタマー

標的タンパク質

AIはデータの種類によらず応用可能

アプタマー・SELEX法への適用例



次世代シーケンサで読み取った1,000万配列を解析し、フードセーフティ、ヘルスケア、セキュリティのためのバイオセンサ試薬を開発する

4年生（前期）の研修テーマの例

- サブピクセル画像対応付けに基づく高精度ステレオビジョンシステム
- 畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を用いた画像ビックデータ分析
- 敵対的生成ネットワーク(GAN)を用いたデータの学習と生成
- 画像・文章特徴量に基づく人工対話システム

東北大学 大学院情報科学研究科 計算機構論分野 青木・伊藤研究室

いつでも見学にどうぞ！

場所： 電気情報系2号館5階502号室

電話： 022-795-7169(伊藤准教授へ)

電子メール：

ito@aoki.ecei.tohoku.ac.jp

ホームページ：

<http://www.aoki.ecei.tohoku.ac.jp/index-j.html>



カメラの移動撮影による
3次元復元



人体の
3次元計測



プロジェクタ
カメラシステム



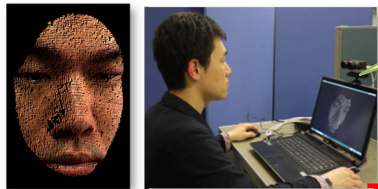
ロボットビ
ジョン



自動運転のための
3次元視覚



航空・宇宙リモートセンシング



人間の行動分析



ヒューマンインタフェース

表情・ジェスチャー認識

モーションキャプチャ

3次元カメラ

レンジファインダ

カメラ校正

パラメータ推定

印鑑照合

マルチモーダル
バイオメトリクス

歯科X線画像照合

医用ボリューム

データ照合

2次元顔認証

3次元顔認証

静脈認証

手形認証

指関節紋認証

指紋照合

虹彩認証

オブジェクトベース映像処理

画像符号化

画像編集・合成

画像データベース検索

超解像・画像復元

ビデオモザイク

プロジェクトカメラシステム

マルチメディアと

コンピュータビジョン

バイオメトリクス

とセキュリティ

生体・医用画像センシング

ロボットビジョン

車載用3次元ビジョン

運転者支援システム

監視カメラシステム

コンピューショナル

フォトグラフィ

画像センシング

マシンビジョン

波形解析と

信号処理

リモートセンシング

電子顕微鏡スケール推定

電子顕微鏡オートフォーカス

電子顕微鏡ドリフト補正

レーザースペckル計測

材料試験装置

液晶製造装置

PDP製造装置

部品の欠陥検査

部品・基板の位置決め

チップマウンタ

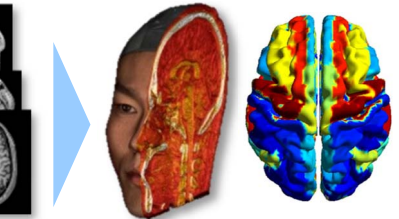
ウエハアライナ

製本検査装置

広帯域LSIテスト

暗号モジュールの

サイドチャネル解析



生命科学・医療分野にお
けるコンピュータビジョン
および機械学習の応用



科学計測装置向け
画像解析



超高速画像認識



人工知能LSI

位相情報に基づく
超高精度データ照合

機械学習に基づく
大規模データ分析

青は実用済技術
赤は研究開発中

実世界の多次元ビッグデータのセンシング・処理・認識・理解