

# 事業展開を見据えた最先端研究

～デンソーITラボの事例～

第58回人工知能セミナー

「コンピュータビジョン分野における企業の最先端研究とトップ国際会議発表の価値」

研究開発グループ 関川 雄介

2022/09/21

# COMPANY

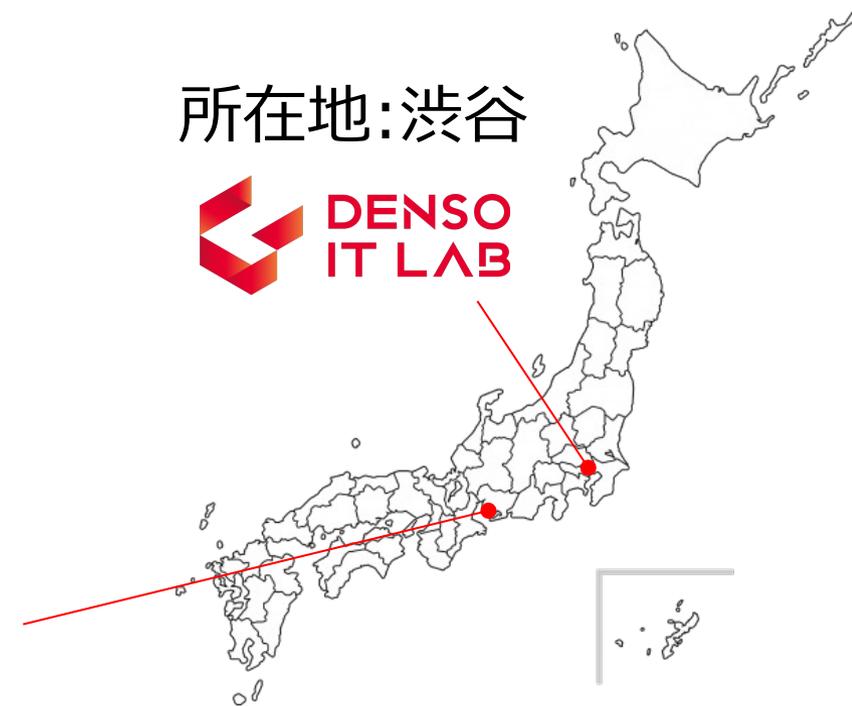
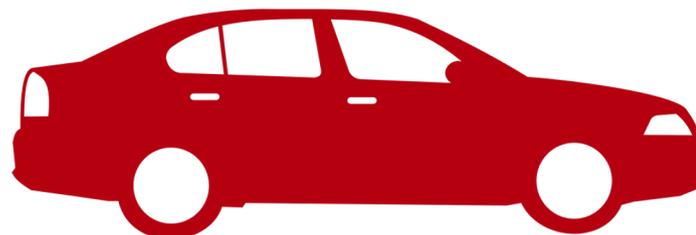
企業情報

渋谷クロスタワー28F



社名 株式会社デンソーアイティラボラトリ  
設立 2000年8月1日  
人数 34名

所在地:渋谷



デンソー本社：愛知県刈谷市（自動車部品）



IT企業が集中する渋谷で新製品・新技術の研究開発を通して未来を引き寄せる研究者集団  
デンソーを通じて、研究成果で社会に貢献

## 目指す姿

学术界での研究発展の兆し

研究  
ビジョン

実用化のための  
“最先端”研究

共創

最先端技術による  
“実用”の革新

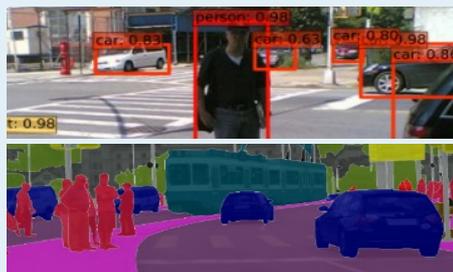
モビリティ  
の発展

デンソーに蓄積された実用化知見

# 「世界一の技術」をリードする研究のために

## 画像認識

AD・ADASに向け  
画像を使って  
高精度・リアルタイムに  
周辺環境を認識



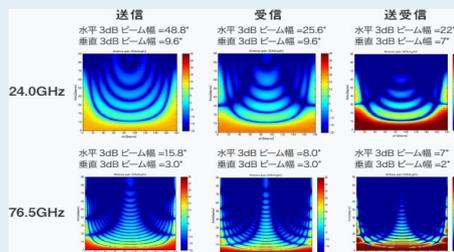
## HMI

ドライバーの反応を  
くみ取った上で、  
適切に情報提示



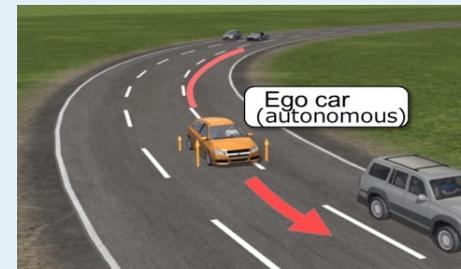
## 信号処理

周辺状況を監視し  
車両の状況を  
適切に判断



## 制御

車両の状況を適切に  
判断し、車両を制御



# PEOPLE & CULTURE

ひと・文化



鈴木 哲平  
2018年 入社  
深層学習を用いた  
画像認識全般



住吉 信一  
2016年 入社  
3次元計測



関川 雄介  
2012年 入社  
ニューラルネットワーク  
イベントカメラ など



八嶋 晋吾  
2020年 入社  
画像認識 / 機械学習



石川 康太  
2012年 入社  
機械学習 / 数値最適化



吉田 悠一  
2007年 入社  
画像認識全般  
iOSプログラマ (2tch)



佐藤 育郎  
2008年 入社  
画像認識 / 機械学習  
東京工業大学と兼務



安倍 満  
2007年 入社  
画像認識 / 局所特徴量  
 / 高速化

# PEOPLE & CULTURE

- 2004年3月 東京理科大学 基礎工学部 電子応用工学科 卒業
- 2004年4月 経済産業省 特許庁 入庁
  - 移動体通信の特許審査
- 2008年4月 (株)オリンパスイメージング入社
  - カメラファームウェア開発 / 商品企画
- 2011年6月 (株)デンソーアイティラボラトリ入社
- 2013年8月-2014年5月 MITメディアラボ客員研究員
- 2020年4月 慶應義塾大学 理工学研究科 後期博士課程 終了
- 2021年4月- 東京工業大学非常勤講師



鈴木 哲平  
2018年 入社  
深層学習を用いた  
画像認識全般



住吉 信一  
2016年 入社  
3次元計測



山川 雄介  
2012年 入社  
ニューラルネットワーク  
イベントカメラ など



八嶋 晋吾  
2020年 入社  
画像認識 / 機械学習



石川 康太  
2012年 入社  
機械学習 / 数値最適化



吉田 悠一  
2007年 入社  
画像認識全般  
iOSプログラマ (2tch)



佐藤 育郎  
2008年 入社  
画像認識 / 機械学習  
東京工業大学と兼務



安倍 満  
2007年 入社  
画像認識 / 局所特徴量  
 / 高速化



**フラットな組織**  
**海外研修制度**  
**博士号取得の奨励**  
**対外連携**  
**Tech Salon**

**セルフマネージメント（ティール組織）**  
2年程度（MIT Media Lab, UC Berkeley, Stanford, etc.）  
報奨金制度あり  
共同研究／共同研究講座（東京工業大学）  
毎週木曜日 お酒を飲みながら議論の場



**フラットな組織**  
**海外研修制度**  
**博士号取得の奨励**  
**対外連携**  
**Tech Salon**

**セルフマネージメント（ティール組織）**  
**2年程度** (MIT Media Lab, UC Berkeley, Stanford, etc.)  
**報奨金制度あり**  
**共同研究／共同研究講座（東京工業大学）**  
**毎週木曜日 お酒を飲みながら議論の場**



フラットな組織  
海外研修制度  
博士号取得の奨励  
対外連携  
Tech Salon

セルフマネージメント（ティール組織）  
2年程度（MIT Media Lab, UC Berkeley, Stanford, etc.）  
報奨金制度あり  
共同研究／共同研究講座（東京工業大学）  
毎週木曜日 お酒を飲みながら議論の場



**フラットな組織**  
**海外研修制度**  
**博士号取得の奨励**  
**対外連携**  
**Tech Salon**

**セルフマネージメント（ティール組織）**  
2年程度（MIT Media Lab, UC Berkeley, Stanford, etc.）  
報奨金制度あり  
**共同研究／共同研究講座（東京工業大学）**  
毎週木曜日 お酒を飲みながら議論の場



フラットな組織  
海外研修制度  
博士号取得の奨励  
対外連携  
Tech Salon

セルフマネージメント（ティール組織）  
2年程度（MIT Media Lab, UC Berkeley, Stanford, etc.）  
報奨金制度あり  
共同研究／共同研究講座（東京工業大学）  
毎週末曜日 お酒を飲みながら議論の場

コロナで休止中・・・

# PEOPLE & CULTURE

ひと・文化

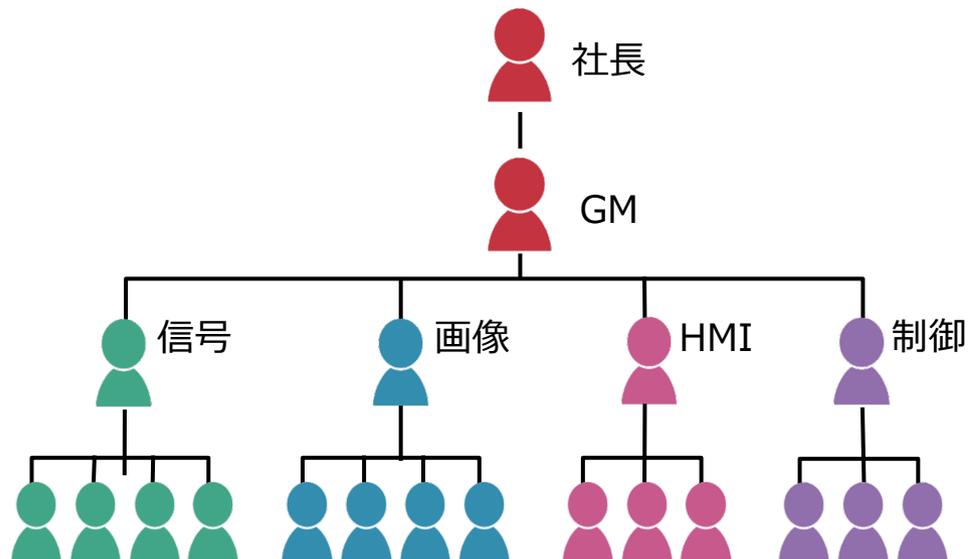


# 事業展開を見据えた最先端研究 ～最先端研究を駆動する組織構成～

# 組織：数年前のITラボ

## 社員の特徴

- ・多様な各分野の専門家
- ・自分の技術で社会に貢献したい
- ・高い専門性をさらに向上させたい



## 組織の課題

- ・深い承認階層  
4階層もある
- ・組織（マネージャ）固定化  
世代交代困難、マネージの機会がない  
希望者不在（意識、経験、技術）
- ・組織の壁  
興味が無い、遠慮しがち

- ・小組織のわりに意思決定が遅い
- ・柔軟性のない組織（変化に対応できない）
- ・研究テーマの小粒化

“スピード”  
“現場の活力”  
を高めたい！

# 組織:新たな組織体制 (ティール組織)

## “スピード”

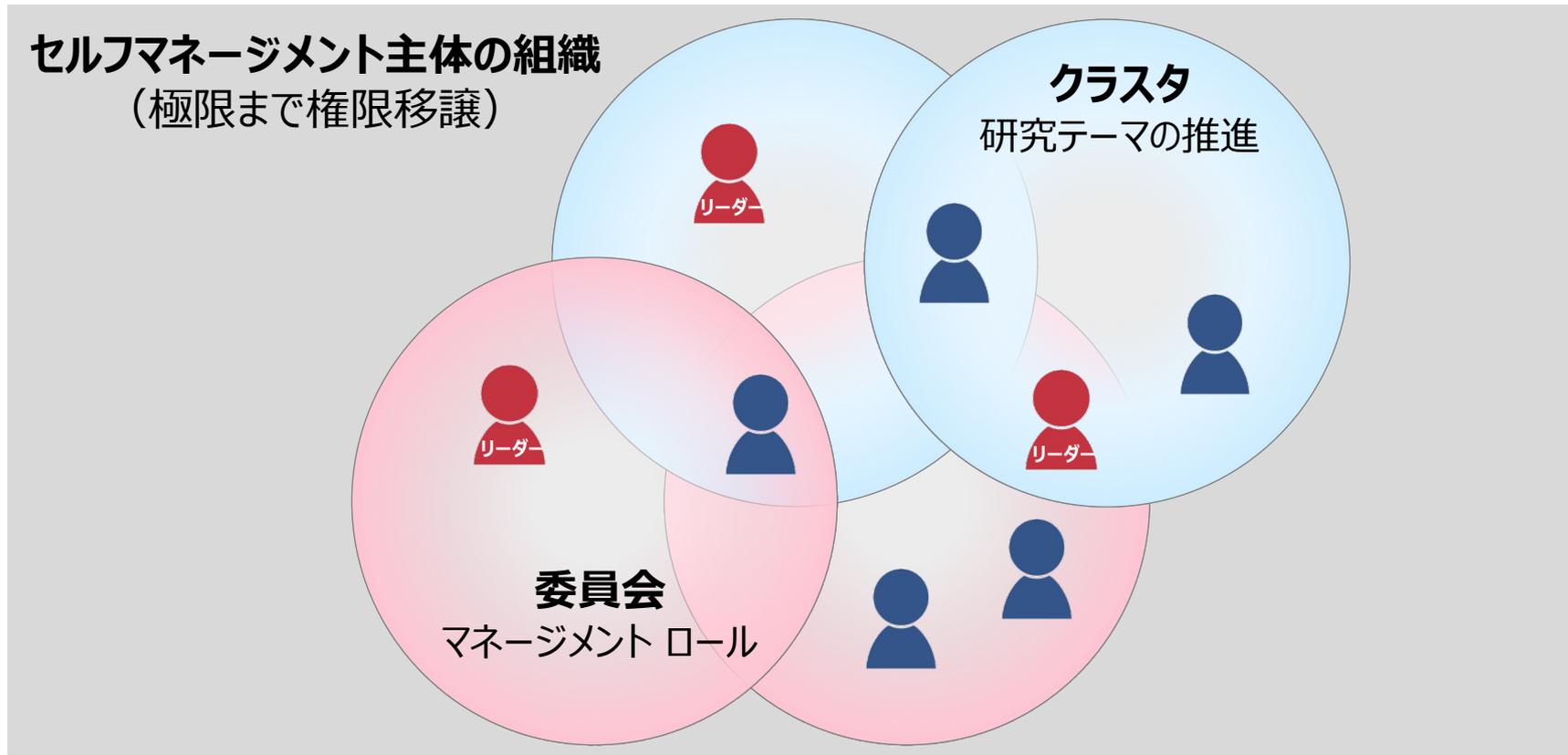
### 脱階層化

ミドルマネージメントを廃止し  
セルフマネージメントへ

## “現場の活力”

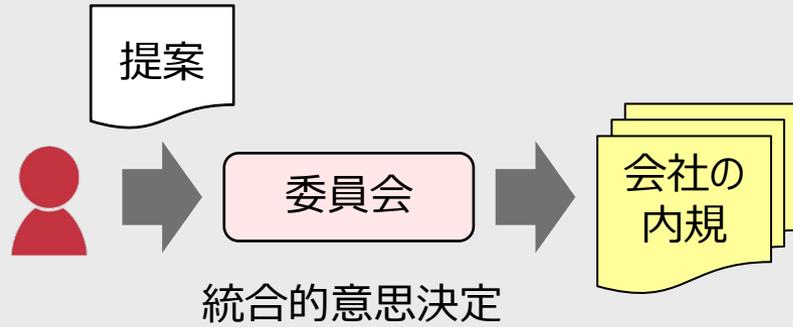
### クラスタ化

個々の能力を引き出し  
チームで活かす

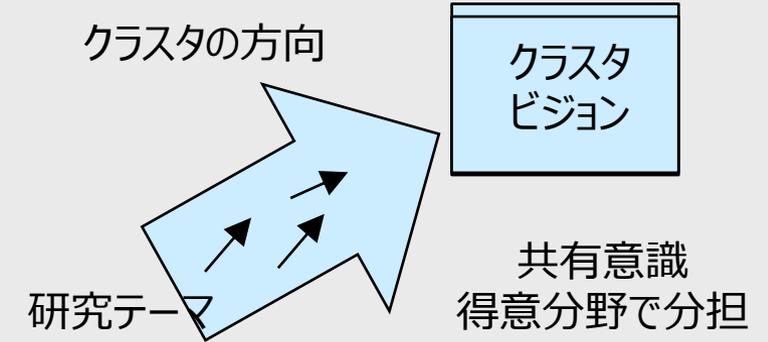


# 組織: ティール組織の特徴

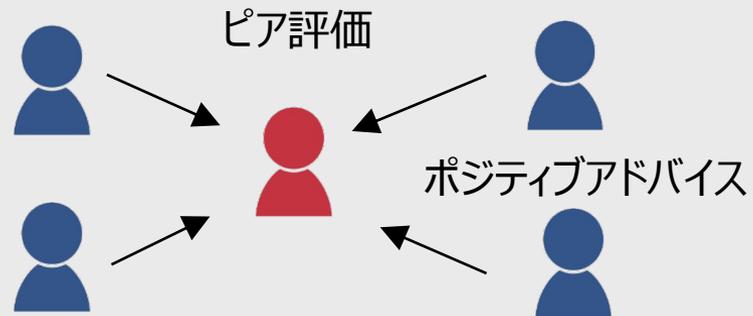
## だれでも会社を変革



## クラスタでの研究シナジー



## 心理的安全性を基盤にした評価



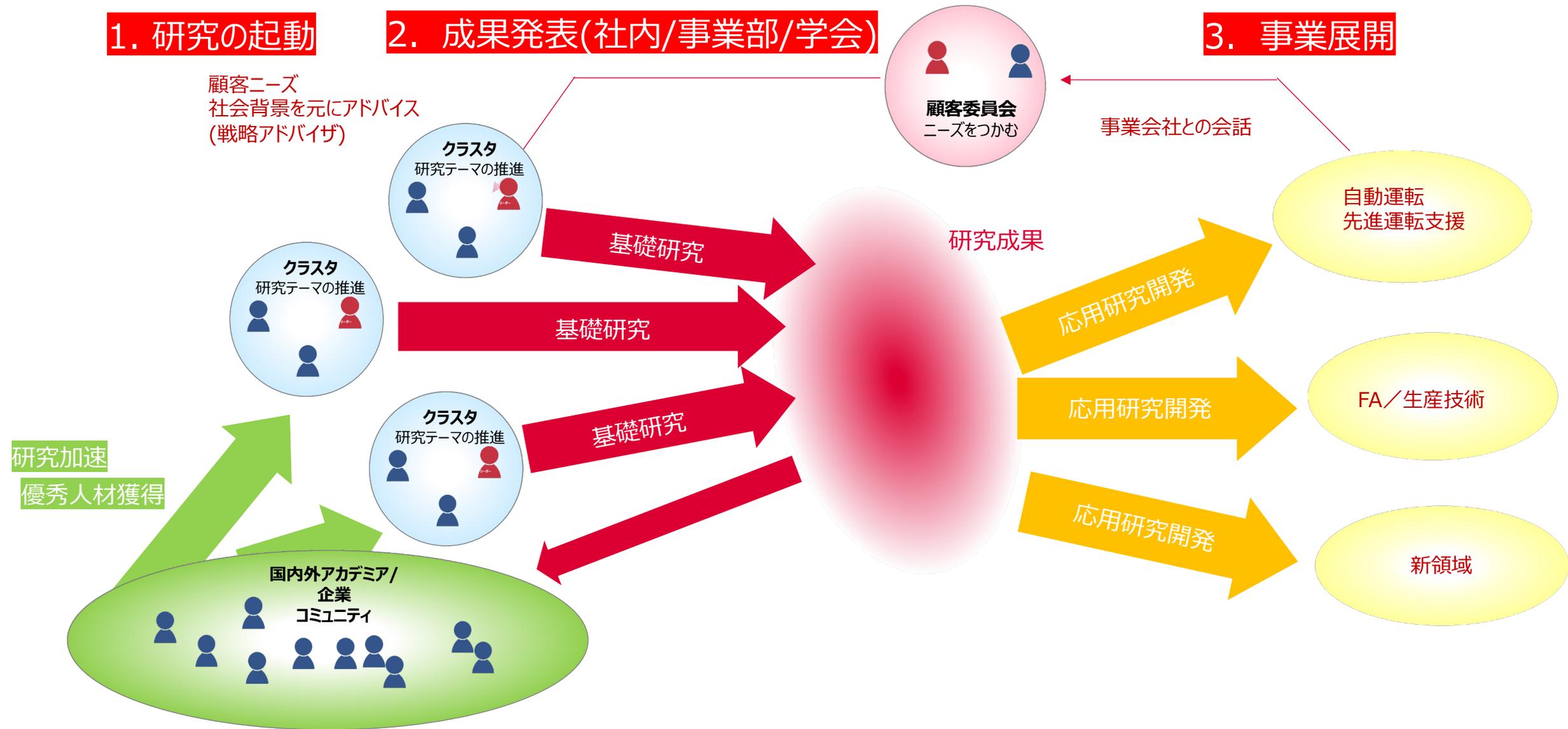
## 常に進化

- 社内連携による研究シナジー  
クラスタにおける研究活動
- 社外連携によるシナジー  
大学連携における研究活動



# 実応用を見据えた研究テーマ設定 ～コンピュータビジョンテーマの事例～

# 実応用を見据えた研究テーマ設定



# 国内学会での活動

直近では、MIRU2022多数の研究を発表

- **最優秀論文賞（MIRU長尾賞）**を受賞

DNNを汎化させる学習方法を提案。  
独創性・理論・効果とも高いレベルにあり、  
412件の発表論文の中で最優秀との評価を受けた。

- **フロンティア賞**を受賞

NeRFを使ったイベントカメラ自己位置推定法を提案。  
手法の独創性が評価をうけた

- **ポスター発表賞**を受賞

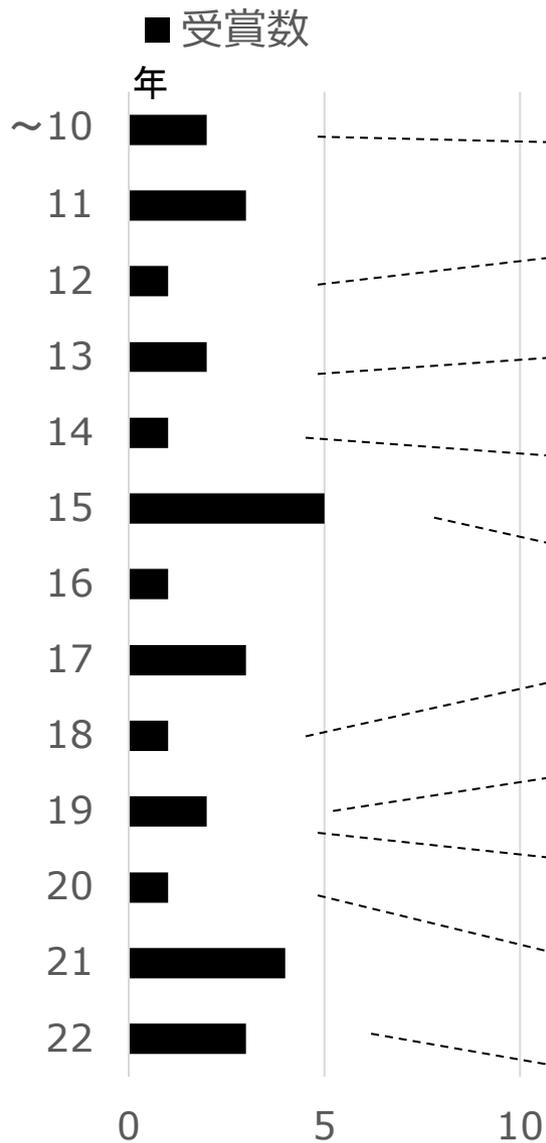
脳における学習を模した新たなDNNの学習方法を提案。

- **突出した発表件数**

ITラボが主著・共著論文：計17本（研究者8人）



# 学会からの受賞歴（国内・国外）



## 主な受賞

|   |                 |                               |                  |
|---|-----------------|-------------------------------|------------------|
| Compact High-Resolution Millimeter-Wave Radar for Front-Obstacle Detection  | 山野 <sup>他</sup> | SAE International 2008        | Colwell賞         |
| 低スペックCPUのための高速かつ省メモリな局所特徴量  | 安倍 <sup>他</sup> | 画像センシングシンポジウム SSII2012        | 最優秀学術賞           |
| Sparse Isotropic Hashing  | 佐藤 <sup>他</sup> | 第16回画像の認識・理解シンポジウム MIRU2013   | MIRU長尾賞          |
| 車載カメラによる線分情報と地図を用いた自車位置推定   | 原 <sup>他</sup>  | 画像センシングシンポジウム SSII2014        | 最優秀学術賞           |
| Fast and Accurate Object Detection based on Binary Co-occurrence Features   | 安倍 <sup>他</sup> | 第18回画像の認識・理解シンポジウム MIRU2015   | MIRU長尾賞          |
| Multi-channel Non-negative Matrix Factorization Initialized with Full-rank and Rank-1 Spatial Correlation Matrix for Speech Recognition | 太刀岡             | IEEE ISPACS 2018              | Best Paper Award |
| 白線形状と軌跡の推定に基づくロバストな自己位置推定   | 原 <sup>他</sup>  | 第69回自動車技術会                    | 論文賞              |
| 可変次数無限隠れマルコフモデル   | 内海 <sup>他</sup> | 電子情報通信学会<br>情報論理的学習理論と機械学習研究会 | 研究会賞             |
| 音声認識のためのプライバシー保護音響モデル学習法  | 太刀岡             | 情報処理学会                        | 山下研究賞            |
| 深層モデルの汎化改善のための事後学習方法  | 佐藤 <sup>他</sup> | 第25回画像の認識・理解シンポジウム MIRU2022   | MIRU長尾賞          |

# 対象分野と研究トピック

## • 主な対象分野

自動運転  
先進運転支援

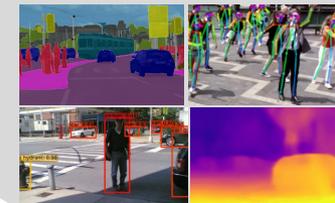
FA/生産技術

新領域  
(CN/CE etc)

## • 主な研究トピック(画像系)

- 高性能機械学習モデル
  - 汎用特徴学習
  - モデルアンサンブル
  - データ拡張
- モデル圧縮
  - 画像特徴抽出
  - NN圧縮
- 差分信号処理
  - “超”高速画像認識
  - 差分DNN
- 3D幾何
  - 光沢物体計測
  - SLAM/自己位置推定
- Etc.
  - 異常検知

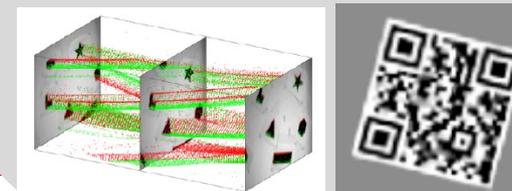
タスクに依存しない  
特徴量の学習



高速省メモリな  
局所特徴設計



イベントカメラによる  
ブラーレスQR認識

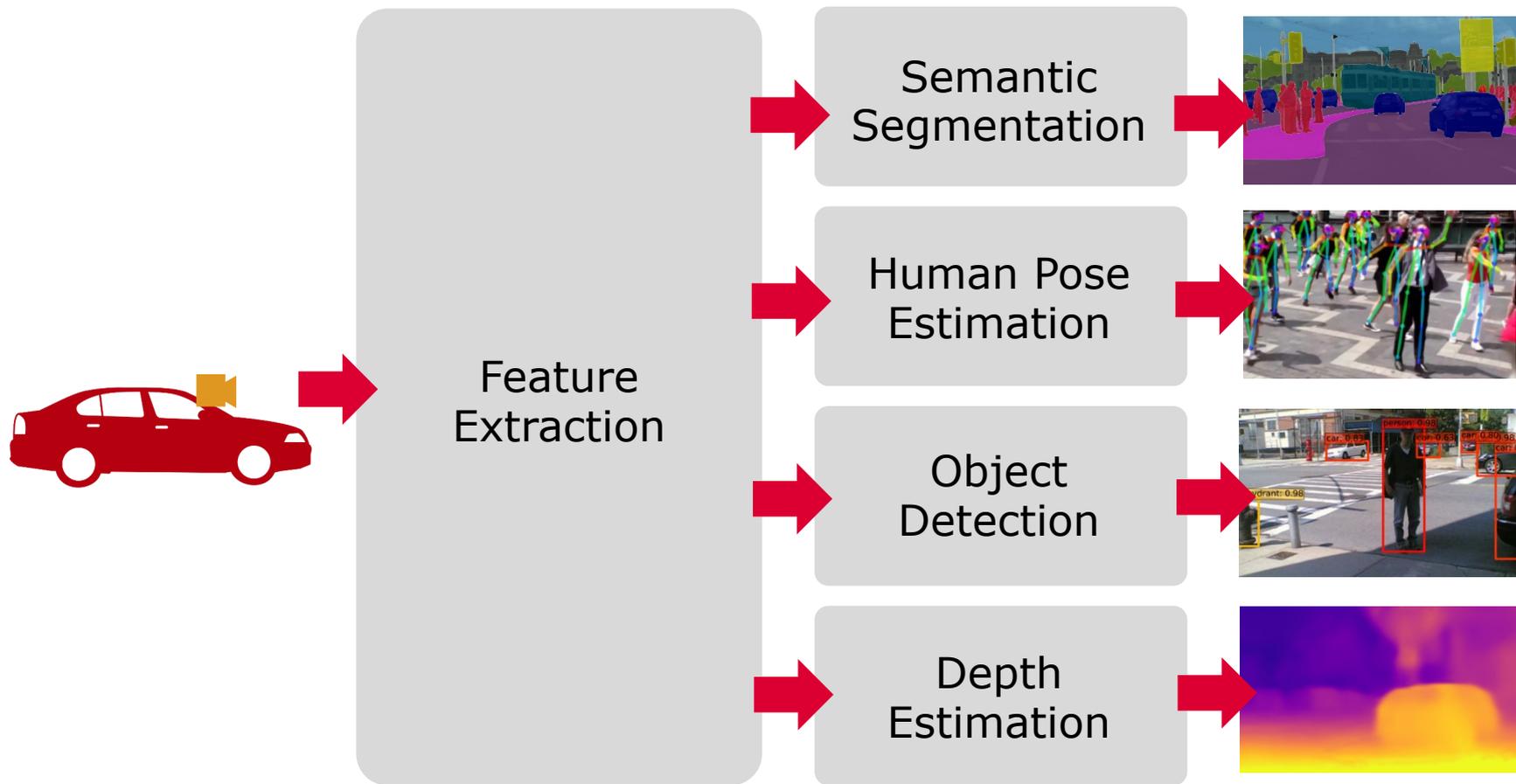


# タスクに依存しない特徴量の学習 (汎用特徴学習)

- 自動運転／先進運転支援の“マルチタスク化”
- ものづくりにおける“分担”を実現したい



佐藤 育郎  
2008年入社  
画像認識  
機械学習  
理論物理

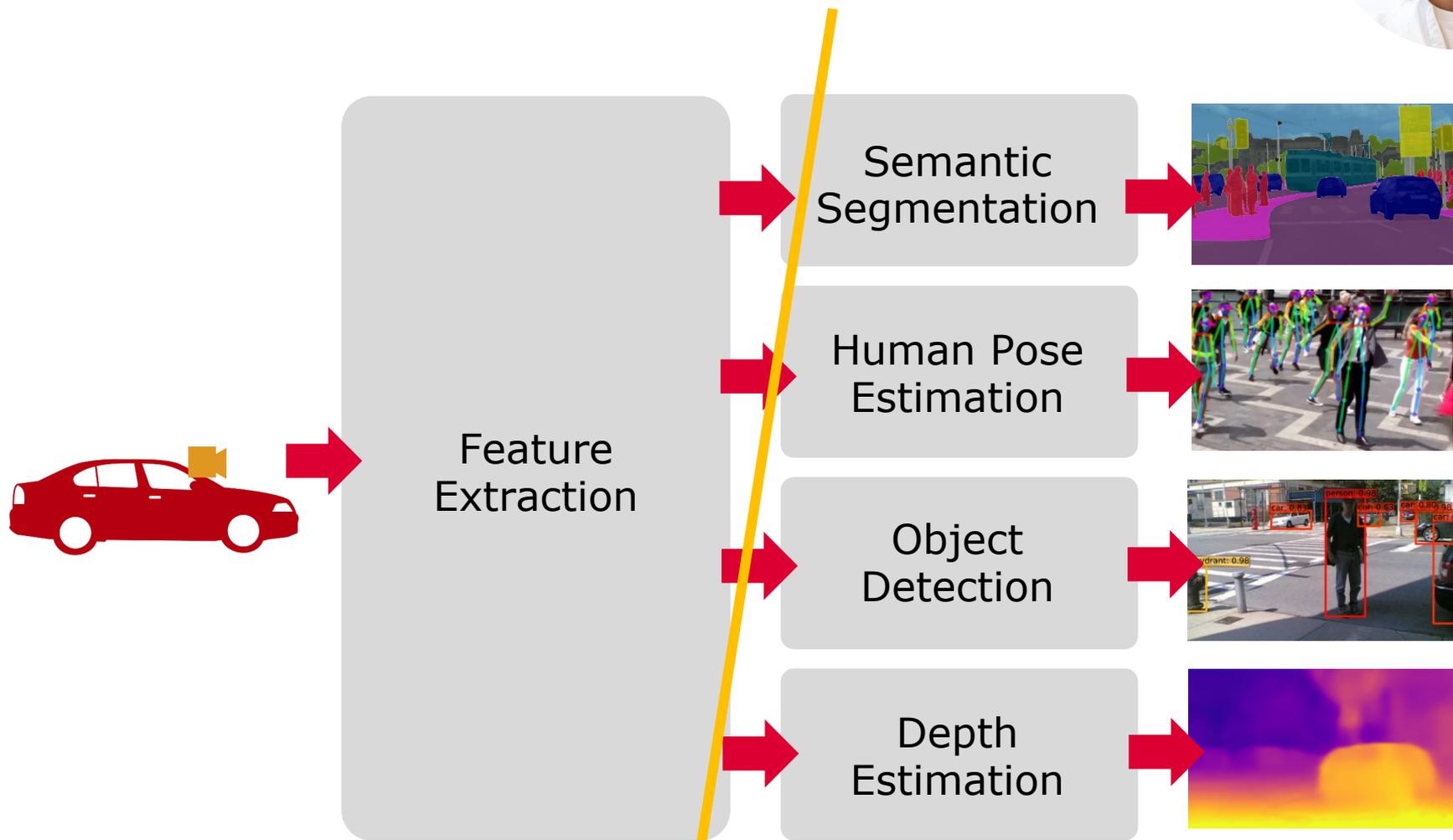


# タスクに依存しない特徴量の学習 (汎用特徴学習)

- 自動運転／先進運転支援の“マルチタスク化”
- ものづくりにおける“分担”を実現したい



佐藤 育郎  
2008年入社  
画像認識  
機械学習  
理論物理



# タスクに依存しない特徴量の学習

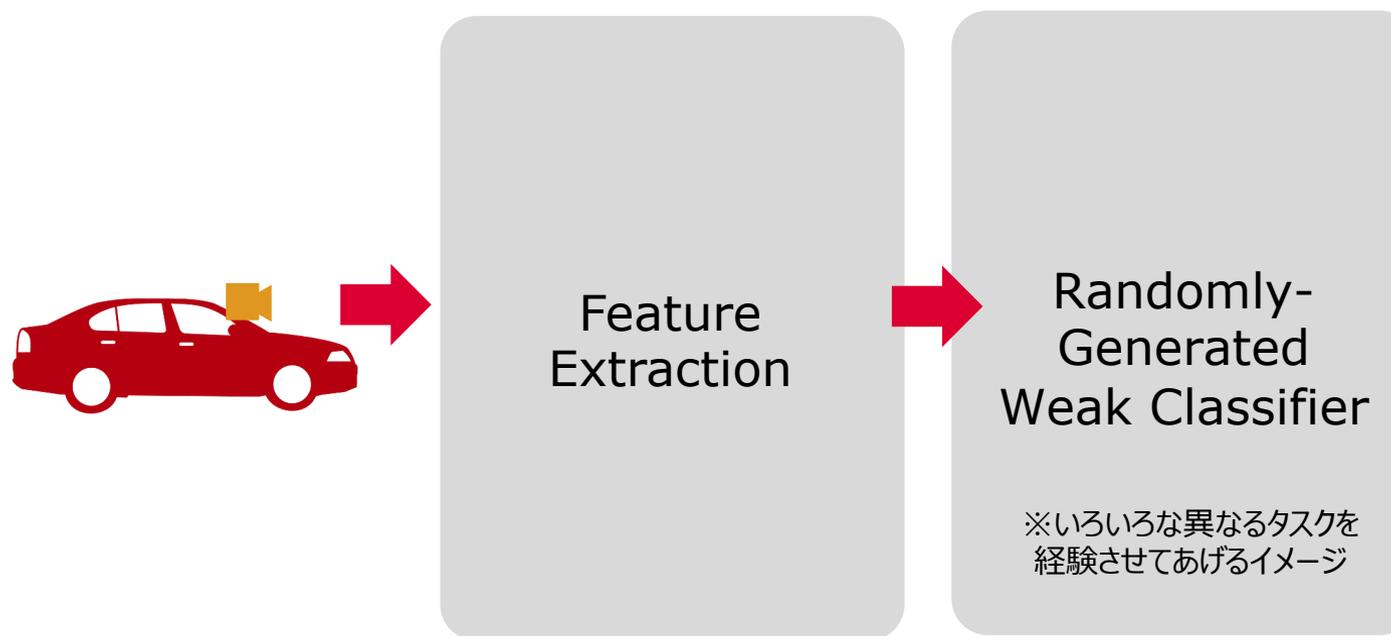
- 自動運転／先進運転支援の“マルチタスク化”
- ものづくりにおける“分担”を実現したい



佐藤 育郎  
2008年入社  
画像認識  
機械学習  
理論物理

識別器の「匿名化」により、特徴抽出と識別器の癒着を取り除く学習方法FOCAを提案。

FOCA: Feature-extractor Optimization through Classifier Anonymization



*Ikuro Sato, Kohta Ishikawa, Guoqing Liu, and Masayuki Tanaka, Breaking Inter-Layer Co-Adaptation by Classifier Anonymization, ICML2019*

# タスクに依存しない特徴量の学習

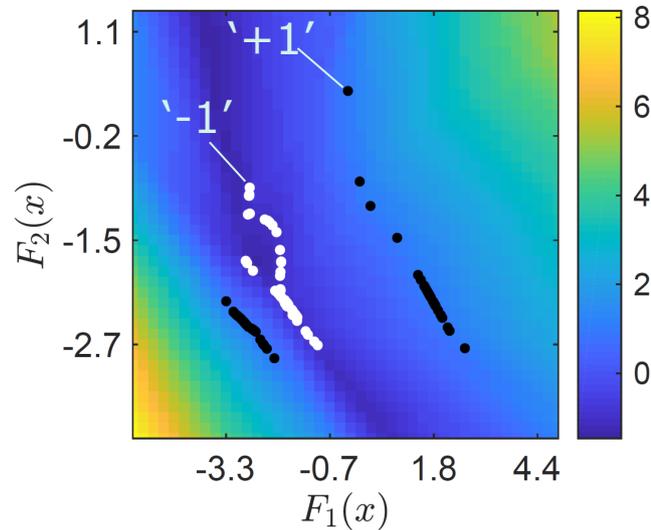
- 自動運転／先進運転支援の“マルチタスク化”
- ものづくりにおける“分担”を実現したい



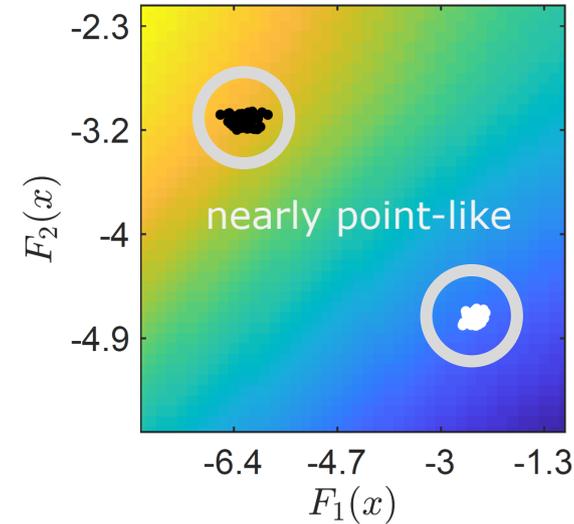
佐藤 育郎  
2008年入社  
画像認識  
機械学習  
理論物理

## ★FOCA: 識別器の「匿名化」により、特徴抽出と識別器の癒着を取り除く学習方法

FOCA: Feature-extractor Optimization through Classifier Anonymization



(a) 従来手法  
各クラスの特徴量が複雑に分布



(b) 提案手法 (FOCA)  
各クラスの特徴量がシンプルな分布に従う

Sato+, *Breaking Inter-Layer Co-Adaptation by Classifier Anonymization*, **ICML2019**

# タスクに依存しない特徴量の学習

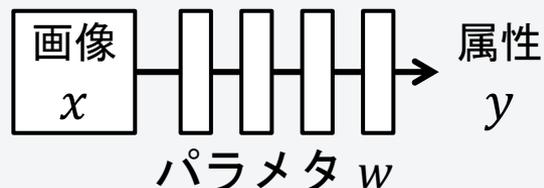
- 自動運転／先進運転支援の“マルチタスク化”
- ものづくりにおける“分担”を実現したい



佐藤 育郎  
2008年入社  
画像認識  
機械学習  
理論物理

★ FOCAを改良 フラットネスをデータ駆動で調整することで汎化性能を向上

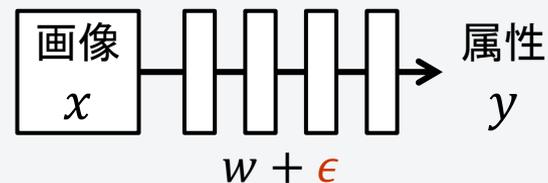
## 通常の学習の仕方



$f_w(x) = y$  となるように  
 $w$ を調整

未知データの認識を  
誤りやすい

## 提案



ランダムな $\epsilon$ に対して  
 $f_{w+\epsilon}(x) = y$  となるように  
 $w$ を調整

未知データに対して頑健

Sato+, PoF: Post-Training of Feature Extractor for Improving Generalization, ICML2022

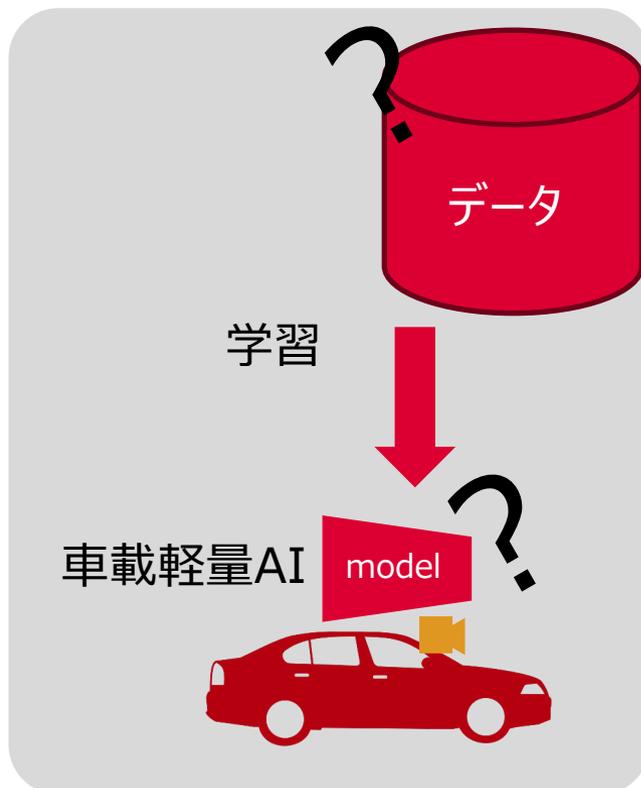
# 不具合分析を可能にする高性能モデルの獲得 (モデルアンサンブル)

- 自動運転／先進運転支援AI 不具合発生
- 要因の分析を実現したい



八嶋晋吾  
2020年入社  
画像認識／機械学習

課題：不具合発生時に原因がモデルにあるのか、データにあるのか分析が困難



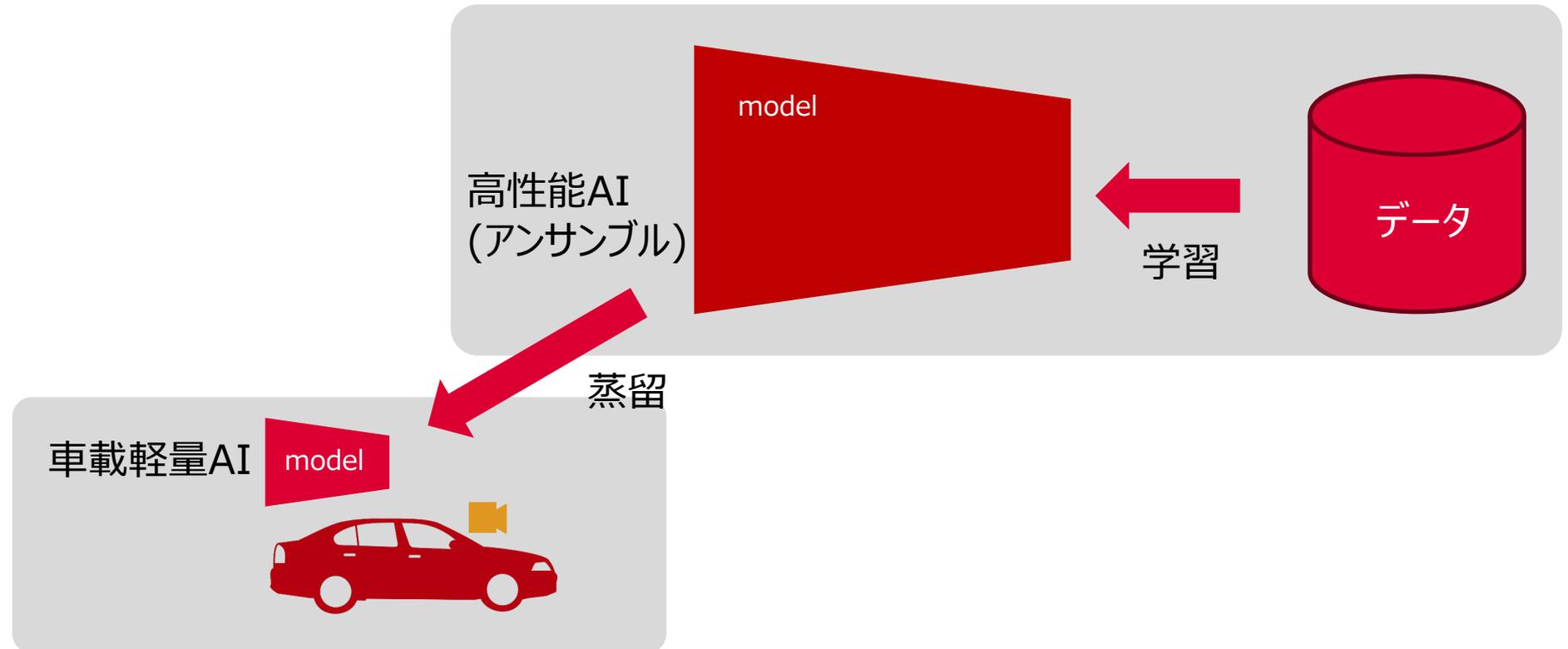
# 不具合分析を可能にする高性能モデルの獲得 (モデルアンサンブル)

- 自動運転／先進運転支援AI 不具合発生
- 要因の分析を実現したい



八嶋晋吾  
2020年 入社  
画像認識／機械学習

- ★アンサンブルにより獲得した高性能モデルを蒸留
- 不具合発生時 原因がデータ起因か、車載軽量AI起因か切り分け可能

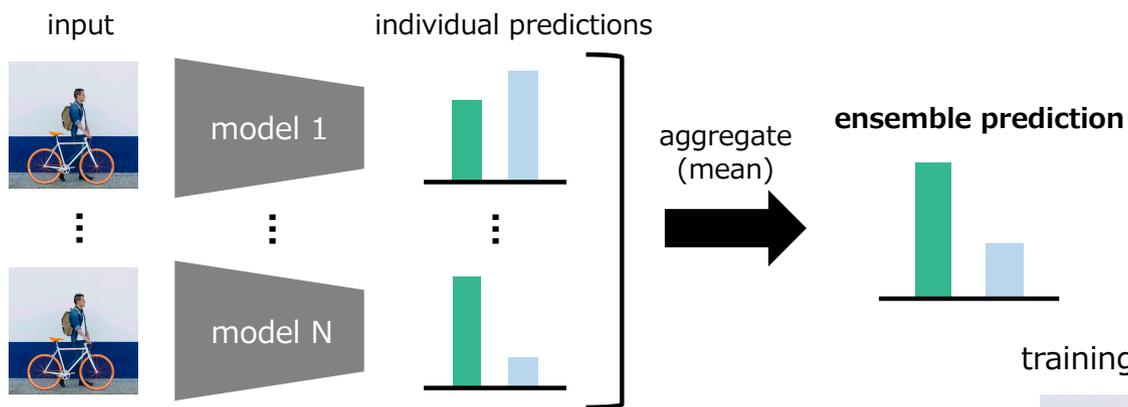


# 不具合分析を可能にする高性能モデルの獲得 (モデルアンサンブル)

- 自動運転／先進運転支援AI 不具合発生
- 要因の分析を実現したい

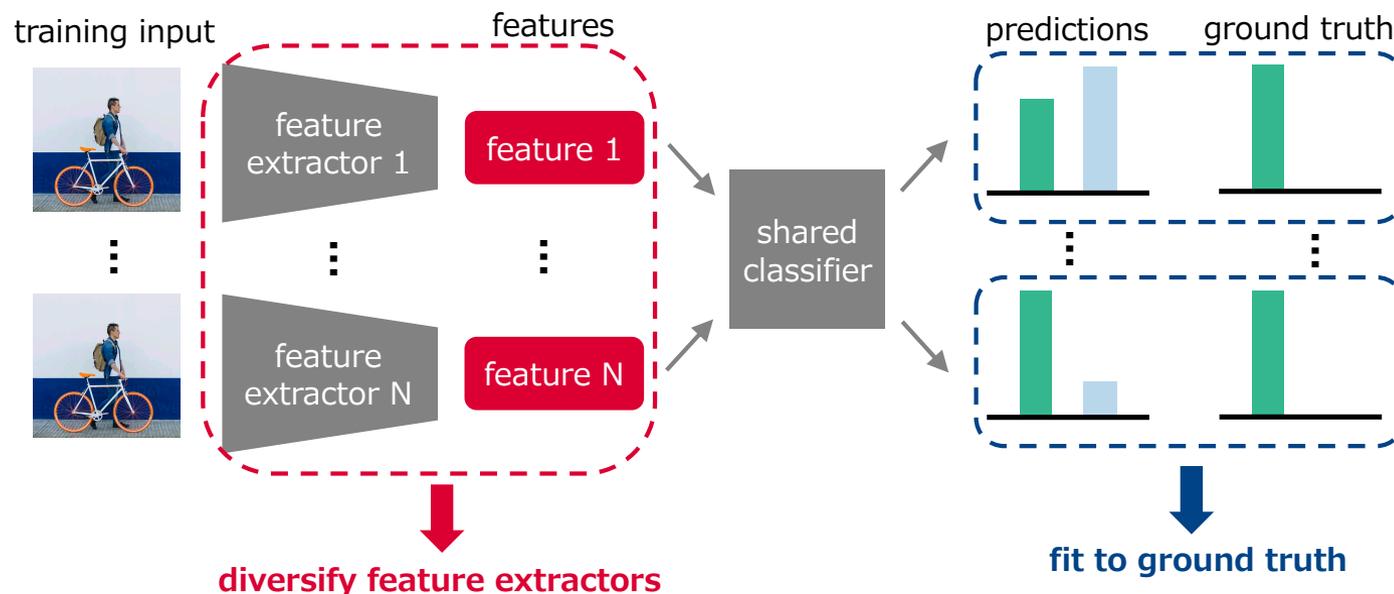


八嶋晋吾  
2020年入社  
画像認識／機械学習



既存のアンサンブル手法: 性能が不十分

★抽出される特徴の多様性を促進することで性能UP



Yashima+, Feature Space Particle Inference for Neural Network Ensembles, **ICML2022**

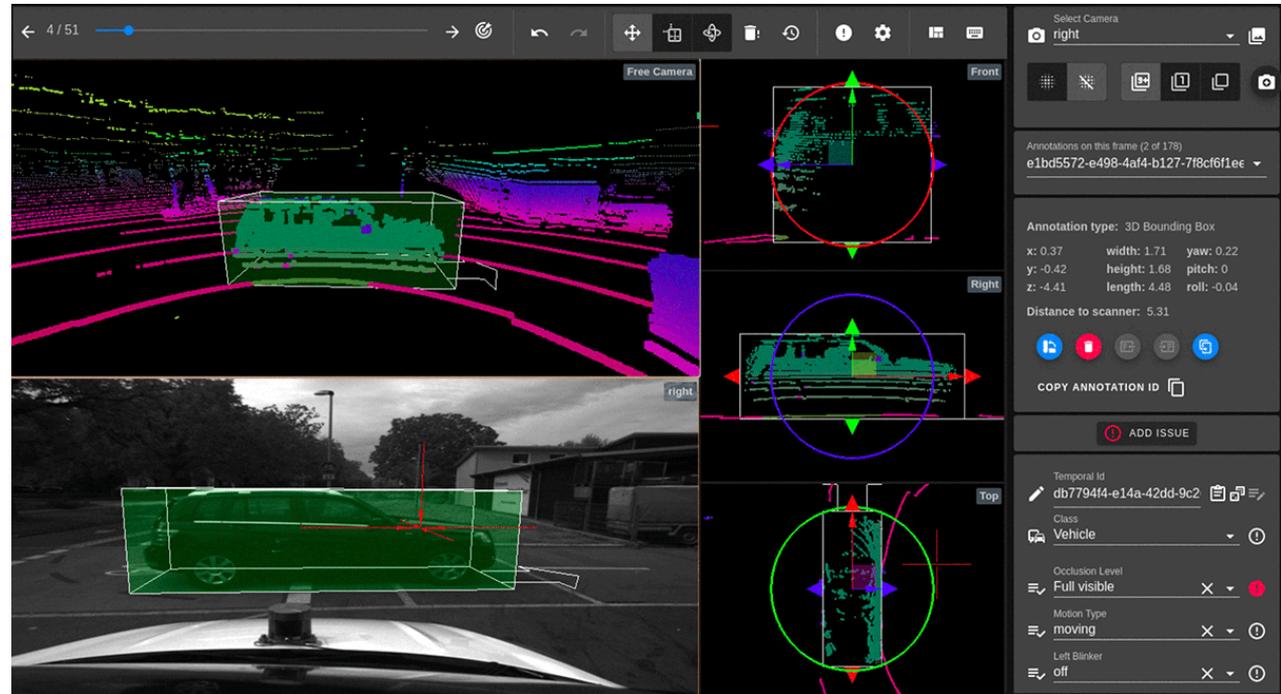
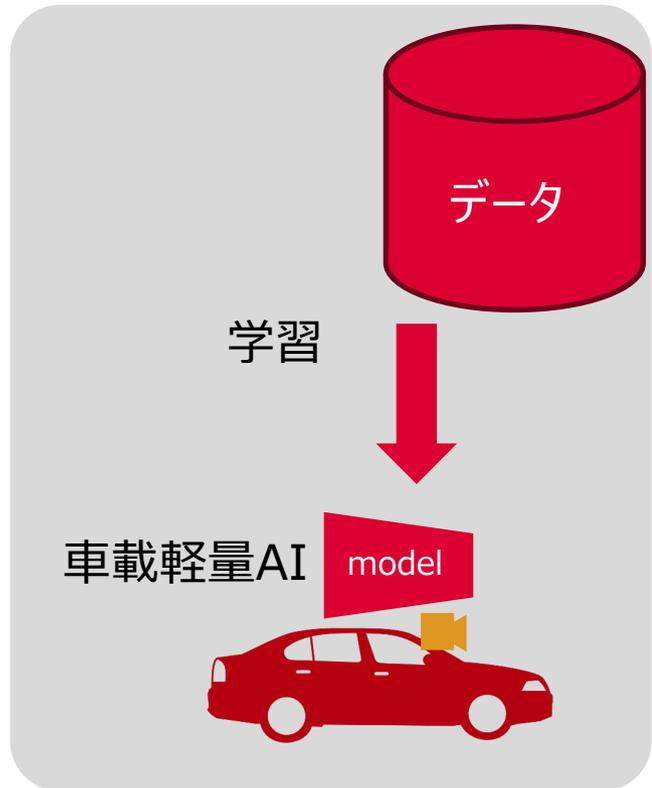
# 少量のラベルデータで高性能AIを実現する学習法 (データ拡張)

- 自動運転／先進運転支援AI データラベリングに多大なコスト
- 少ないラベルで高性能なAIを実現したい



鈴木 哲平  
2018年入社  
深層学習を用いた  
画像認識全般

## 課題:学習データのラベリングコスト大



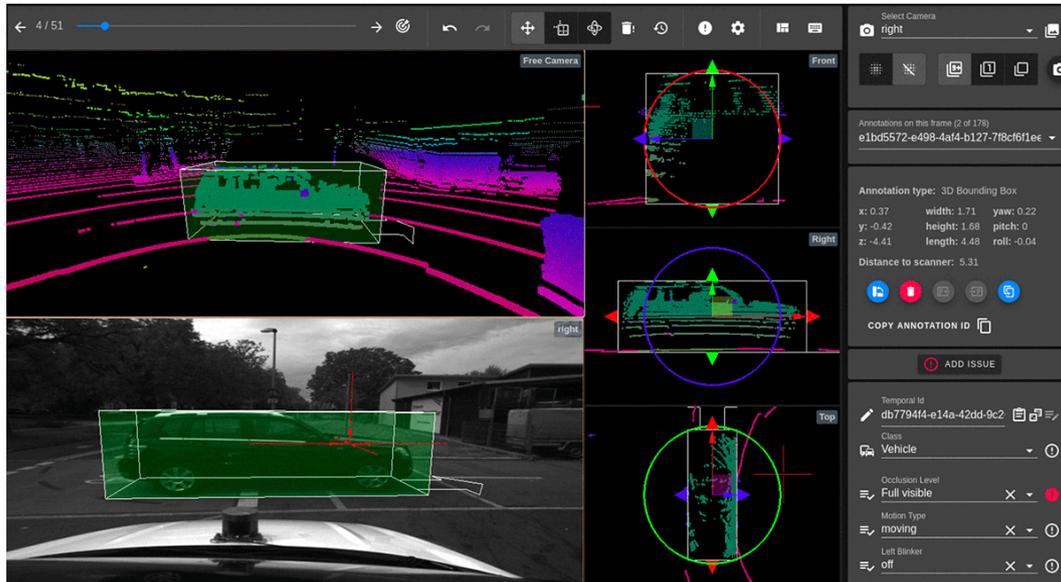
# 少量のラベルデータで高性能AIを実現する学習法 (データ拡張)

- 自動運転／先進運転支援AI データラベリングに多大なコスト
- 少ないラベルで高性能なAIを実現したい



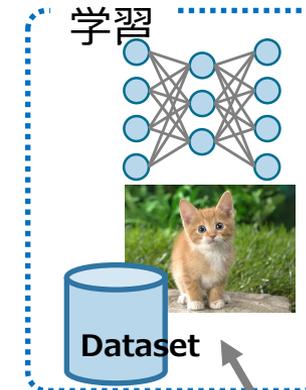
鈴木 哲平  
2018年入社  
深層学習を用いた  
画像認識全般

データを「拡張」することで少ないラベルデータを有効利用したい  
「敵対的」なデータ拡張では、性能向上が期待できない



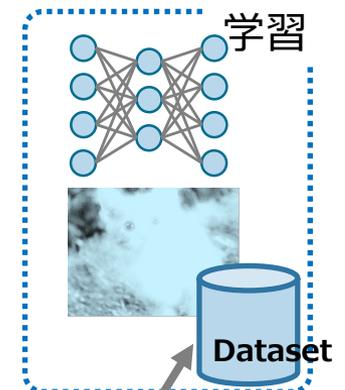
希少なラベルデータ

テスト精度 +2%



左右反転

テスト精度 -4%



強すぎる変換

# 少量のラベルデータで高性能AIを実現する学習法 (データ拡張)

- 自動運転／先進運転支援AI データラベリングに多大なコスト
- 少ないラベルで高性能なAIを実現したい



鈴木 哲平  
2018年入社  
深層学習を用いた  
画像認識全般

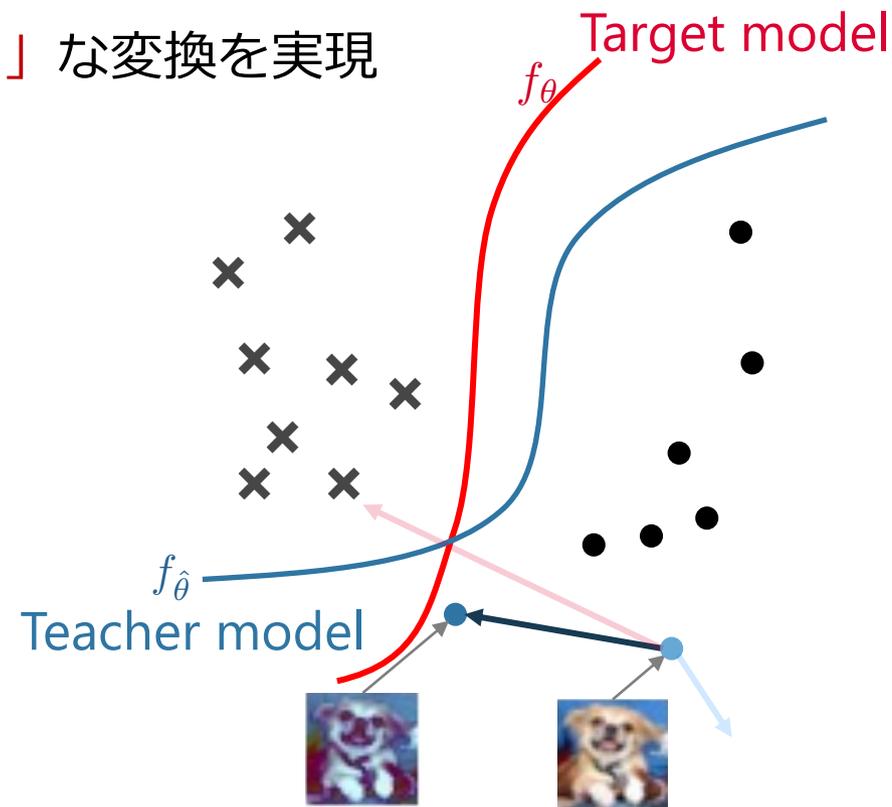
★ 敵対的データ拡張に教師モデルを導入することで「妥当」な変換を実現

target model loss    teacher model loss

$$\max_{\phi} \min_{\theta} \mathbb{E}_{x \sim \mathcal{X}} [ \underbrace{L(f_{\theta}(a_{\phi}(x)))}_{\text{target model loss}} - \underbrace{L(f_{\hat{\theta}}(a_{\phi}(x)))}_{\text{teacher model loss}} ]$$

ターゲットモデルにとっては**敵対的**

教師モデルにとっては**認識可能**



Suzuki+, TeachAugment: Data Augmentation Optimization Using Teacher Knowledge, CVPR2022

# 光沢物体を正確に計測 (材質によらない計測)

- 工場自動化(ピッキング/検査)の実現に3次元計測は必須の技術
- 光沢物体も計測したい



住吉 信二  
2016年入社  
3次元計測



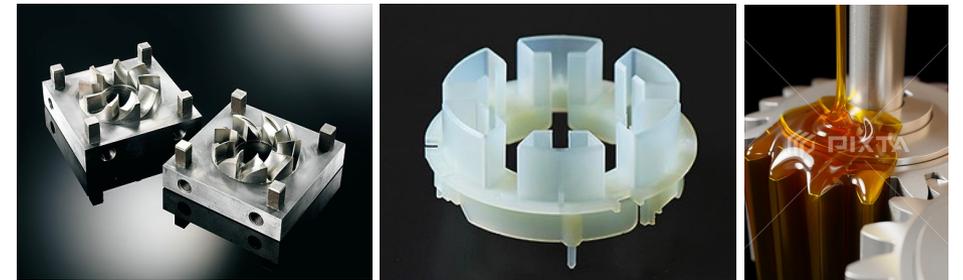
課題:既存法では透明・光沢物体の計測は困難

既存法で計測可



表面が粗い金属、木材

既存法で計測不可



金属

半透明樹脂

金属+液体

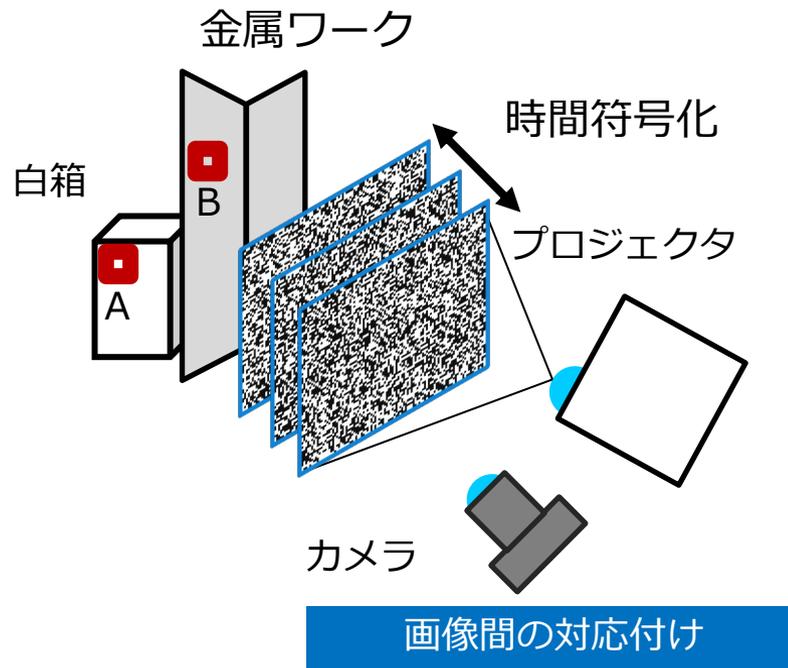
# 光沢物体を正確に計測 (材質によらない計測)

- 工場自動化(ピッキング/検査)の実現に3次元計測は必須の技術
- 光沢物体も計測したい



住吉 信二  
2016年入社  
3次元計測

★高周波なランダムパターンを使うことで、  
鏡面反射の情報を分離できる計測を実現



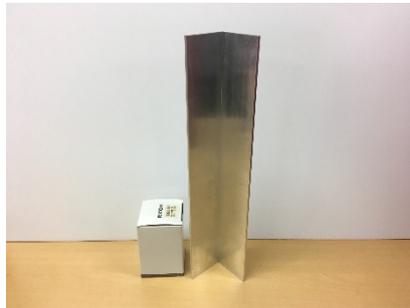
Sumiyoshi+, "ランダムパターンを用いた鏡面相互反射の影響を抑制可能な高速アクティブ3次元計測法", *IPSJ2021* (特選論文)

# 光沢物体を正確に計測 (材質によらない計測)

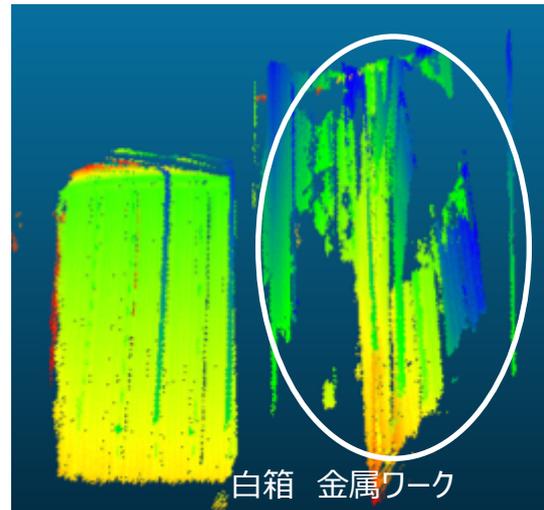


住吉 信二  
2016年 入社  
3次元計測

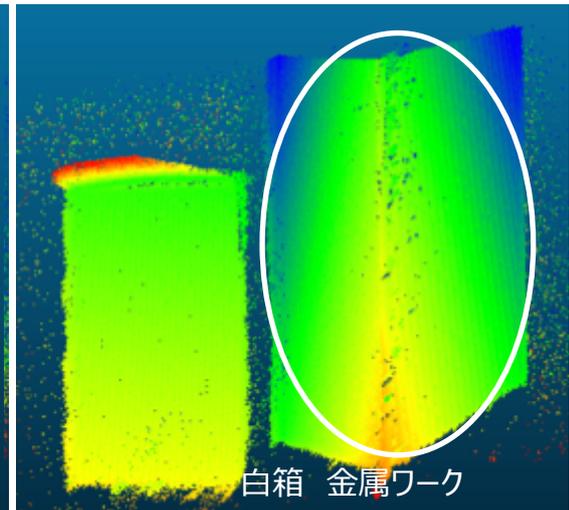
光沢・透明物体



距離  
近  遠



既存法  
距離が計測できない



提案法  
距離が計測できる！

# 高速省メモリな局所特徴設計 (画像特徴抽出)

- 局所特徴抽出: 先進運転支援 FAなど様々な分野でのベース技術として期待
- 高速速度・省メモリな特徴抽出を実現したい



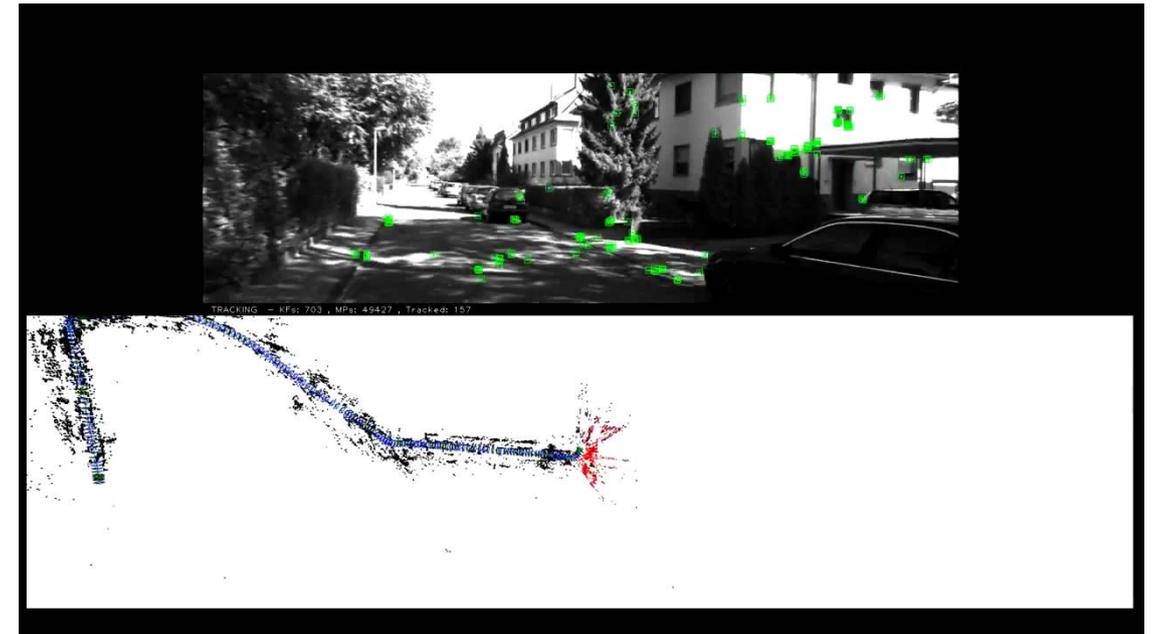
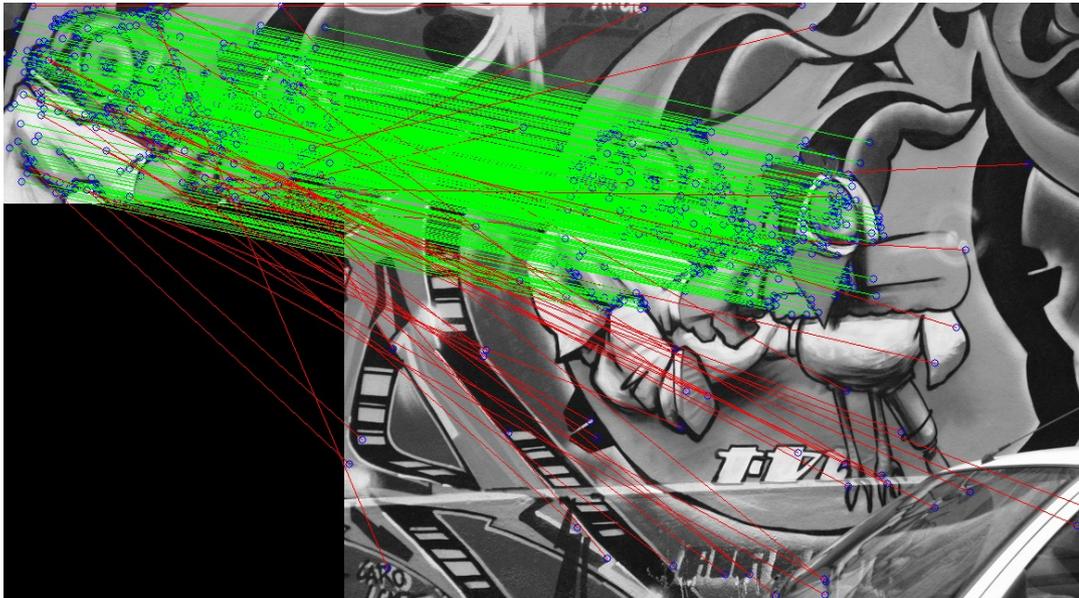
吉田 悠一  
2007年 入社  
画像認識全般  
iOSプログラマ (2tch)



安倍 満  
2007年 入社  
画像認識全般/  
局所特徴量/高速化

## 様々な応用

- 大規模画像検索
- SLAM



# 高速省メモリな局所特徴設計 (画像特徴抽出)

- 局所特徴抽出: 先進運転支援 FAなど様々な分野でのベース技術として期待
- 高速速度・省メモリな特徴抽出を実現したい



吉田 悠一  
2007年入社  
画像認識全般  
iOSプログラマ (2tch)



安倍 満  
2007年入社  
画像認識全般/  
局所特徴量/高速化

## CARD: Compact And Real-time Descriptors

Mitsuru Ambai and Yuichi Yoshida  
Denso IT Laboratory, Inc.  
{manbai, yyoshida}@d-itlab.co.jp

### Abstract

We propose Compact And Real-time Descriptors (CARD) which can be computed very rapidly and be expressed by short binary codes. An efficient algorithm based on lookup tables is presented for extracting histograms of oriented gradients, which results in approximately 16 times faster computation time per descriptor than that of SIFT. Our lookup-table-based approach can handle arbitrary layouts of bins, such as the grid binning of SIFT and the log-polar binning of GLOH, thus yielding sufficient discrimination power. In addition, we introduce learning-based sparse hashing to convert the extracted descriptors to short binary codes. This conversion is achieved very rapidly by multiplying a very sparse integer weight matrix by the descriptors and aggregating signs of their multiplications. The weight matrix is optimized in a training phase so as to make Hamming distances between encoded training pairs reflect visual dissimilarities between them. Experimental results demonstrate that CARD outperforms previous methods in

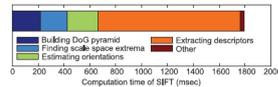
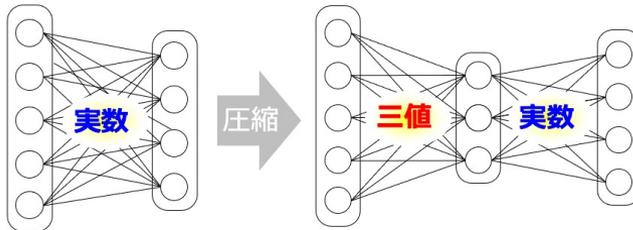


Figure 1. Estimating orientations and extracting descriptors from each patch account for 75% of the SIFT computation time. We used an Intel Core 2 Duo 2.66GHz processor in this experiment.

is separately indicated in the Fig. 1. Seventy-five percent of the SIFT computation time is used for estimating orientations and extracting descriptors from each patch around the keypoints. Moreover, conventional descriptors consume a large amount of memory because of their high dimensionality. To reduce the memory usage, they are usually stored in a byte array (e.g., an unsigned char array in C language) instead of a single precision array. However, each descriptor still consumes many bits (e.g., 1024 bits are used for a 128-dimensional descriptor of SIFT).

ICCV2011, 高速/メモリ消費量の少ない局所特徴量の提案



## 教師あり学習に基づいた局所特徴量の高速なバイナリコード変換

安倍 満† 佐藤 育郎†

†株式会社デンソーアイティラボラトリー  
E-mail: {manbai, isato}@d-itlab.co.jp

あらまし 本論文では、教師あり学習に基づいた局所特徴量の高速なバイナリコード変換手法を提案する。提案手法の要点は、次の二点である。第一に、教師データとして与えた真の対応点におけるバイナリコード間のハミング距離が小さく、かつバイナリコードが持つ情報量が最大となるような変換行列を求めることで、特徴記述能力を大幅に改善した。第二に、コスト関数にL<sub>1</sub>正則化項を導入し、変換行列を疎とすることで、バイナリコード化にかかる計算時間を大幅に短縮した。定式化したコスト関数は非線形かつ微分不可能であるが、これが一般化固有値問題の固有値とした逐次二次計画法で解けることを示した。実験により、提案手法は変換速度が高速でありながら、従来手法よりも高い特徴記述能力を持つことがわかった。

キーワード バイナリコード, 局所特徴量, 教師あり学習, 疎行列

### 1. はじめに

局所特徴量は、画像間の対応点を求めるための手法であり、三次元復元[13]、画像検索[12]など様々な用途に用いられている。そのアルゴリズムは画像上の特徴的な位置を見つけるキーポイント抽出と、キーポイント周辺のテクスチャを特徴量に変換する特徴量記述の2段階の処理から成り、代表的な手法として Scale Invariant Feature Transform (SIFT)[10]、Speeded-up Robust Features (SURF)[3]などが提案されている。これらの手法は画像の回転・スケール変化、照明条件変化、オクルージョンに対してロバストであり、その応用範囲が広いことから、コンピュータビジョンの研究者に圧倒的に受け入れられている。

### 1.1 関連研究

局所特徴量をバイナリコードで記述する手法は、次の2つに大別できる。(a)キーポイント周辺のパッチの輝度分布から接法)とリコード (a)直接セルのベクトルを並とするとするementary ant Scale and Rota

### PAPER

## Image Retrieval Framework Based on Dual Representation Descriptor

Yuichi YOSHIDA<sup>†\*</sup>, Member and Tsuyoshi TOYOFUKU<sup>†</sup>, Nonmember

**SUMMARY** Descriptor aggregation techniques such as the Fisher vector and vector of locally aggregated descriptors (VLAD) are used in most image retrieval frameworks. It takes some time to extract local descriptors, and the geometric verification requires storage if a real-valued descriptor such as SIFT is used. Moreover, if we apply binary descriptors to such a framework, the performance of image retrieval is not better than if we use a real-valued descriptor. Our approach tackles these issues by using a dual representation descriptor that has advantages of being both a real-valued and a binary descriptor. The real value of the dual representation descriptor is aggregated into a VLAD in order to achieve high accuracy in the image retrieval. The binary one is used to find correspondences in the geometric verification stage in order to reduce the amount of storage needed. We evaluated the accuracy of our framework including the geometric verification on three datasets (ukbench and Stanford mobile visual search). The results indicate that our framework is as accurate as the framework that uses SIFT. In addition, the experiments show that the image retrieval speed and storage requirements of our framework are as efficient as those of a framework that uses ORB.

**key words:** image retrieval, local descriptor

that have bits at each keypoint [3]–[5]. Aggregation vectors with binary descriptors are not as robust as aggregation vectors with real-valued descriptors such as SIFT [6]. Thus, this approach sacrifices accuracy of image retrieval.

We propose a framework based on a dual representation descriptor that extracts real-valued and binary descriptors simultaneously and quickly. CARD can extract dual representations in semi-real time by probing the real-valued descriptors before binarizing them. The existing frameworks do not use two descriptors that are extracted simultaneously for different purposes. Our framework is as robust as typical frameworks that use SIFT [1], [7], [8], and it can reduce both the time needed to extract local descriptors and storage size as well as an approach that uses binary descriptors [6].

Our contributions are as follows. First, we propose a fast and compact image retrieval framework based on a dual representation descriptor. Second, we implemented the framework with the CARD descriptor [1]. Third, we con-

IEICE2017, 特徴量の二重表現による高精度&大規模画像検索

★特徴を3論理演算化し省メモリ/高速化を実現



# 高速省メモリな局所特徴設計 (画像特徴抽出)



吉田 悠一  
2007年入社  
画像認識全般  
iOSプログラム  
(2tch)



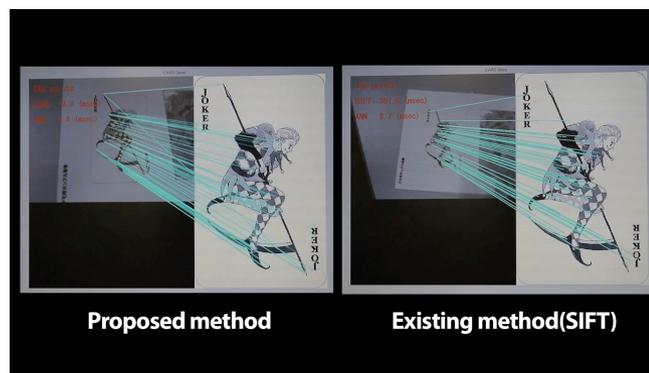
安倍 満  
2007年入社  
画像認識全般/  
局所特徴量/高  
速化

研究テーマのかなりの部分が実用化

- 2010-2013 特徴設計の基礎研究の足場固め, CARD特徴量など
- 2012 JTBパブリッシング「るるぶ」アプリで, リリース
- 2014 要素技術をデンソーグループ企業へ提供, (電王手さん)
- 2013-17 大規模な画像検索が必要と感じ, 研究開発を強化
- 20xx 車載画像認識/生産技術分野での協業に発展

⇒案件によって、メモリ/速度/精度の要件が全く異なるため、それぞれに合わせた特徴設計が必須であった。

古典的な特徴設計も、未だ色褪せない大事な技術  
近代的な特徴設計 (深層学習) との使い分けの見極めが大事



# 変化だけ処理することで省電力を実現する差分信号処理 (差分DNN)

- 自動運転の実現に必要な高度なAI & センサの発展
- 普及/高度化には演算量の低減が必要



関川 雄介  
2012年 入社  
ニューラルネットワーク  
イベントカメラ など

カメラの進化: 高速/高解像化 X AIの進化: 高精度化

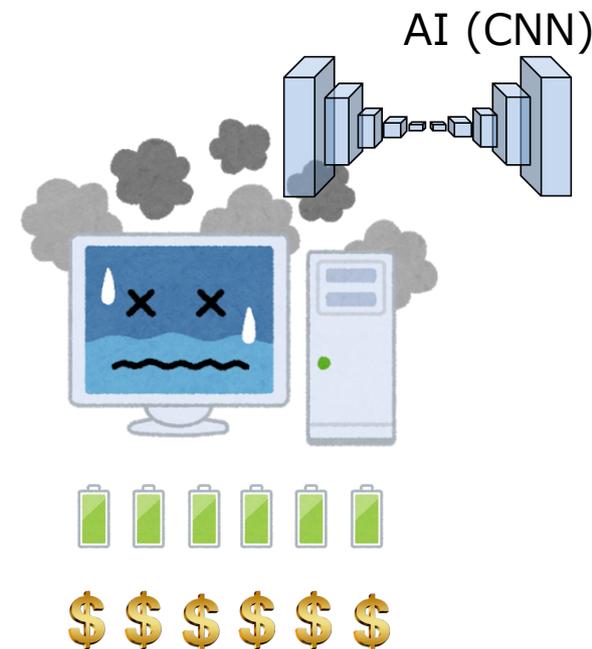
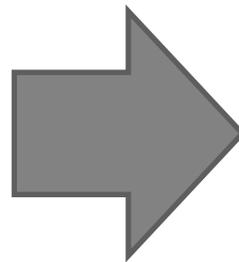
😊 高速/高度認識に期待

😓 演算量大 → 大量のデータのリアルタイム処理困難



高速/高解像度カメラ

大量データ  
(4K@1,000Hz)



# 変化だけ処理することで省電力を実現する差分信号処理 (差分DNN)

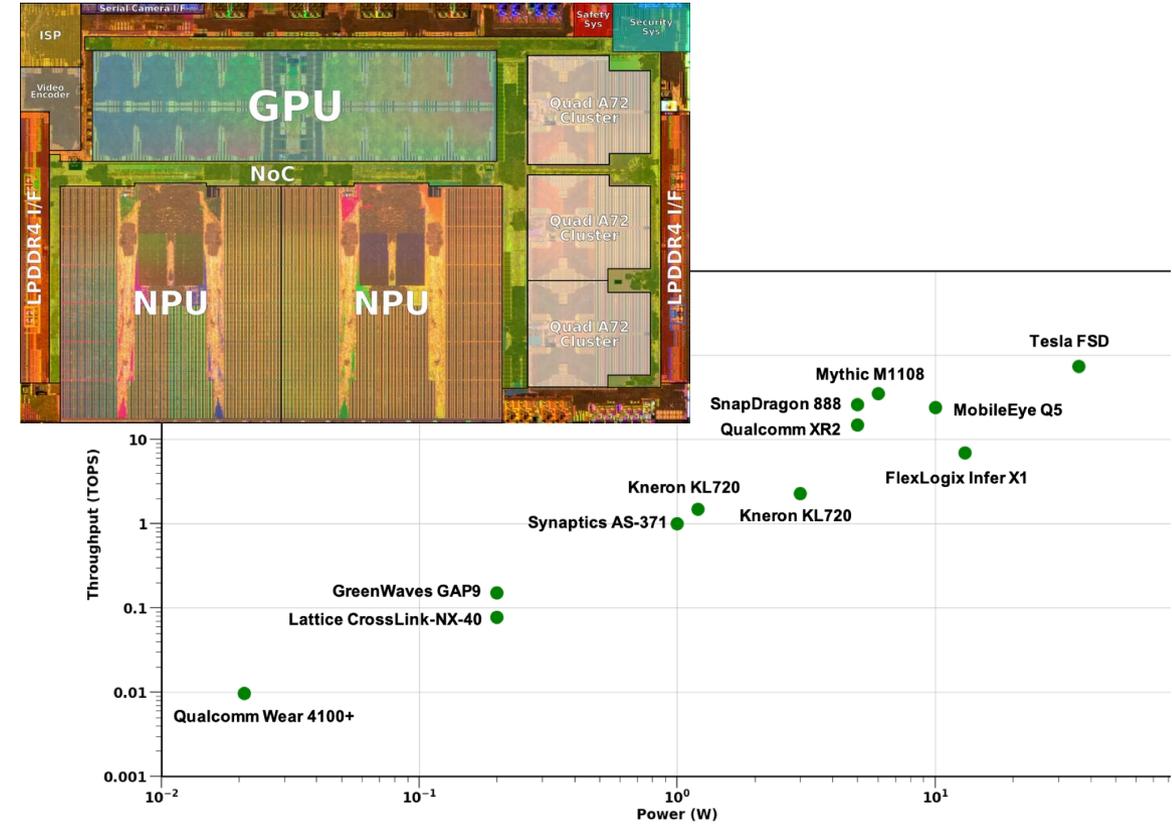
- 自動運転の実現に必要な高度なAI & センサの発展
- 普及/高度化には演算量の低減が必要



関川 雄介  
2012年入社  
ニューラルネットワーク  
イベントカメラ など



CPVPR Workshop on Autonomous Driving (Tesla)



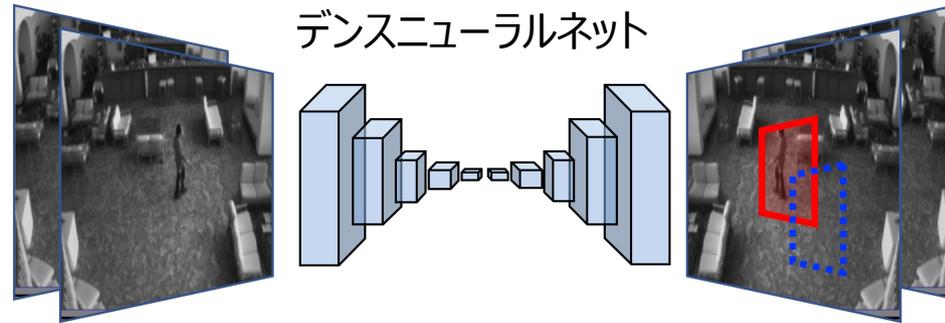
[https://en.wikichip.org/wiki/tesla\\_\(car\\_company\)/fsd\\_chip](https://en.wikichip.org/wiki/tesla_(car_company)/fsd_chip)

# 変化だけ処理することで省電力を実現する差分信号処理 (差分DNN)

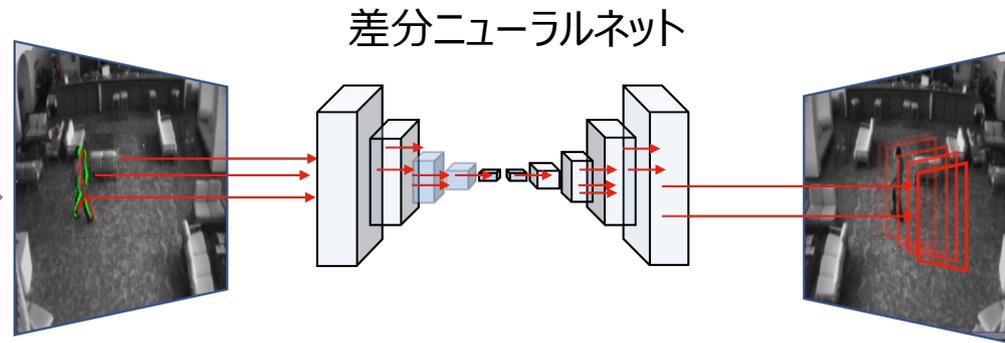
- 自動運転の実現に必要な高度なAI & センサの発展
- 普及/高度化には演算量の低減が必要



関川 雄介  
2012年 入社  
ニューラルネットワーク  
イベントカメラ など



😓 変化のないピクセルも毎フレーム処理  
→エッジ端末で高レート/高解像度処理困難



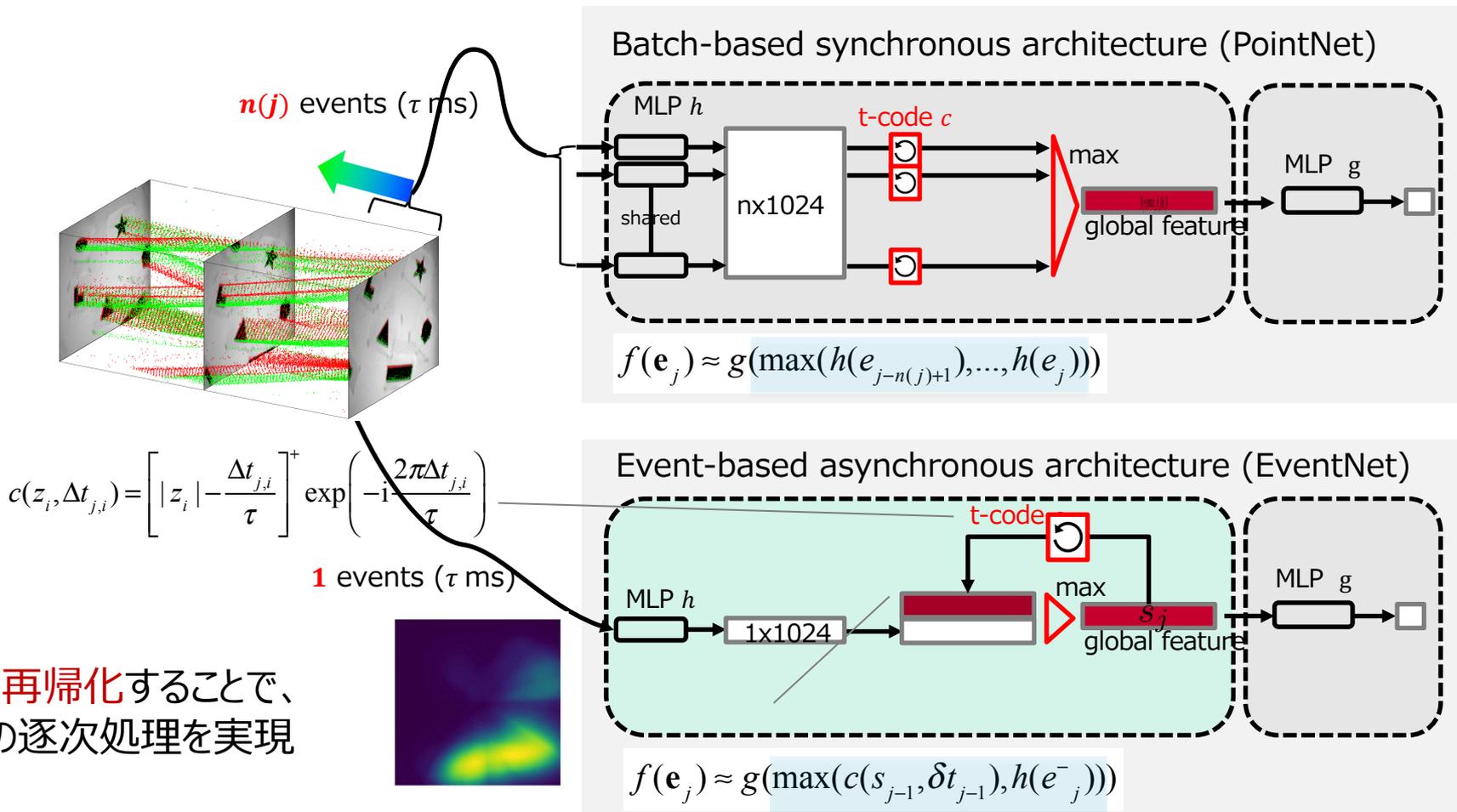
😊 変化したピクセルだけ処理  
→エッジ端末でも高レート/高解像度処理可能

# 変化だけ処理することで省電力を実現する差分信号処理 (差分DNN)

- 自動運転の実現に必要な高度なAI & センサの発展
- 普及/高度化には演算量の低減が必要



関川 雄介  
2012年入社  
ニューラルネットワーク  
イベントカメラ など



★ 集合演算を再帰化することで、差分情報の逐次処理を実現

Sekikawa+, EventNet: Asynchronous recursive event processing, CVPR2019

# 変化だけ処理することで省電力を実現する差分信号処理 (差分DNN)

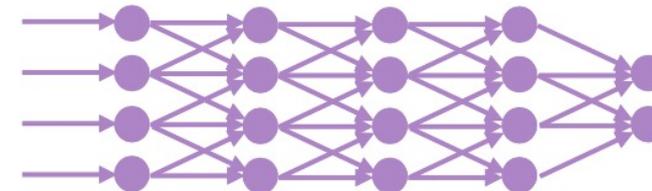
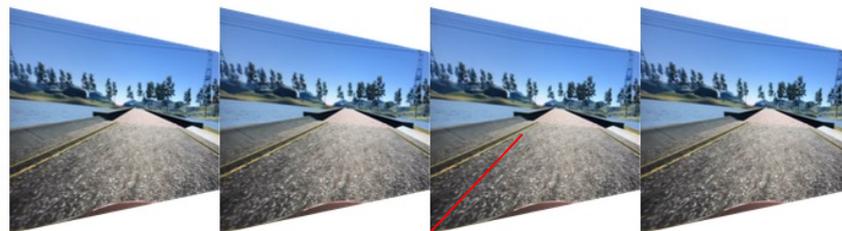
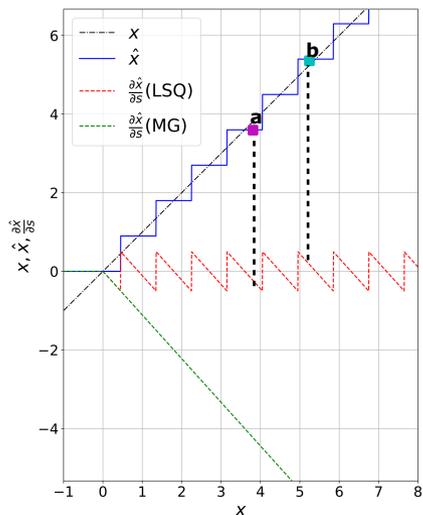
- 自動運転の実現に必要な高度なAI & センサの発展
- 普及/高度化には演算量の低減

★ 量子化の工夫により  
E2E学習を実現

Macro-grad (MG)

$$\frac{\partial \hat{x}}{\partial s} = -\frac{\xi(x)}{s}$$

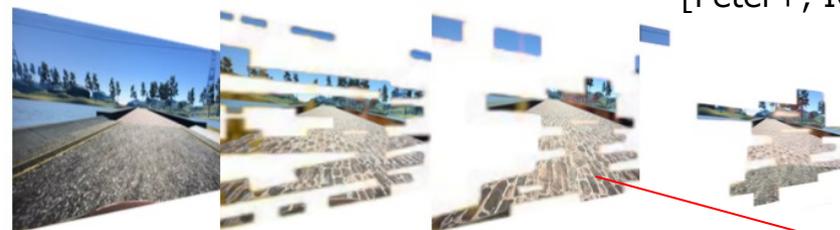
$\xi$ : monotonically increasing function



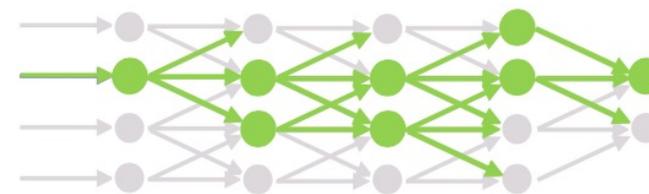
全部処理

$$X_t^{(l)} = w^{(l)} * I_t^{(l)}$$

$$I_t^{(l+1)} = \sigma(X_t^{(l)} + b^{(l)})$$



[Peter+, ICLR2017]



差分だけ処理

$$X_t^{(l)} = w^{(l)} * I_{t-1}^{(l)} + w^{(l)} * (I_t^{(l)} - I_{t-1}^{(l)}) = X_{t-1}^{(l)} + w^{(l)} * \Delta I_t^{(l)}$$

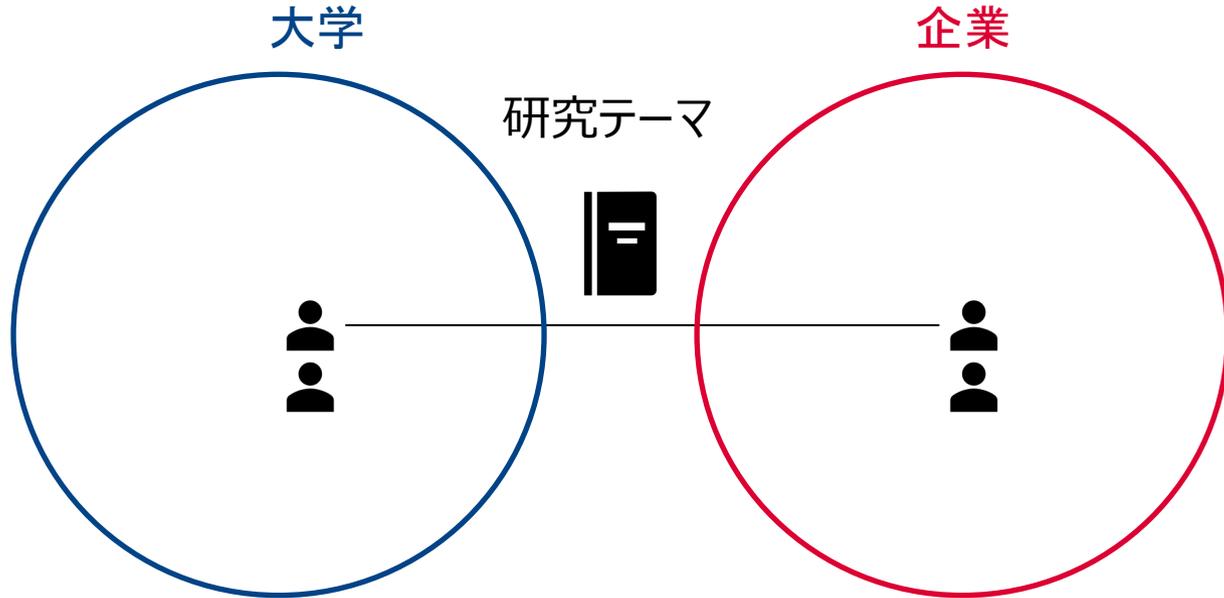
$$\Delta I_t^{(l+1)} = \sigma(X_t^{(l)}) - \sigma(X_{t-1}^{(l)})$$

Sekikawa+, Learning to Sparsify Differences of Synaptic Signal for Efficient Event Processing, BMVC2021 (Oral)

# 大学連携 ～共創型の共同研究で事業への高ヒットを狙う～

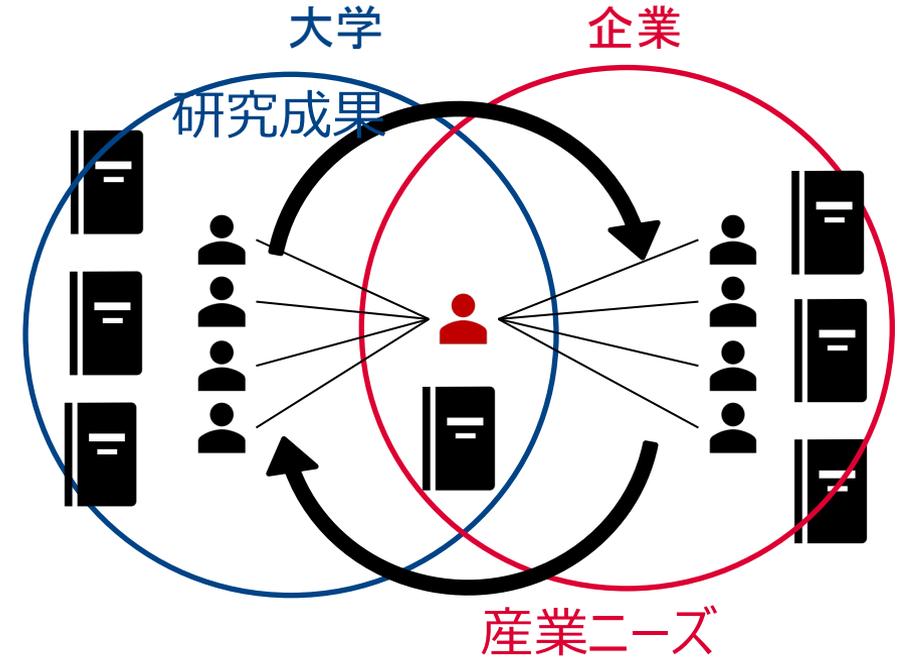
# 共創型大学連携による研究シナジーでAI研究を加速

## 従来型の共同研究



- ・遅い研究スピード：  
企業で吟味し大学と合意して開始
- ・低いヒット率：点でのテーマ設定

## 共創型の共同研究

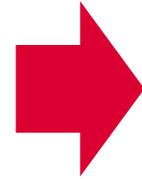


- ・速い研究スピード：  
発想したらすぐテーマ化
- ・高いヒット率：面でのテーマ設定

# 共創型の共同研究

- 共創型のテーマ起動を目指した共同研究

- 慶應義塾大学 齊藤研究室 / 青木研究室 / 大門研究室
- 中部大学 藤吉研究室
- 東京大学 苗村研究室
- 兵庫県立大学 日浦研究室
- 統計数理研究所 持橋先生
- 御茶ノ水女子大学 小林先生
- etc.



多数の研究発表

<https://www.d-itlab.co.jp/research/monograph/>

- DENSO IT LAB 認識・学習アルゴリズム共同研究講座 (2020-)

# イベントカメラによるブラーレスQR認識 (“超”高速画像認識)

- 高速な物を認識したい (QRコードはデンソーウェーブの登録商標)

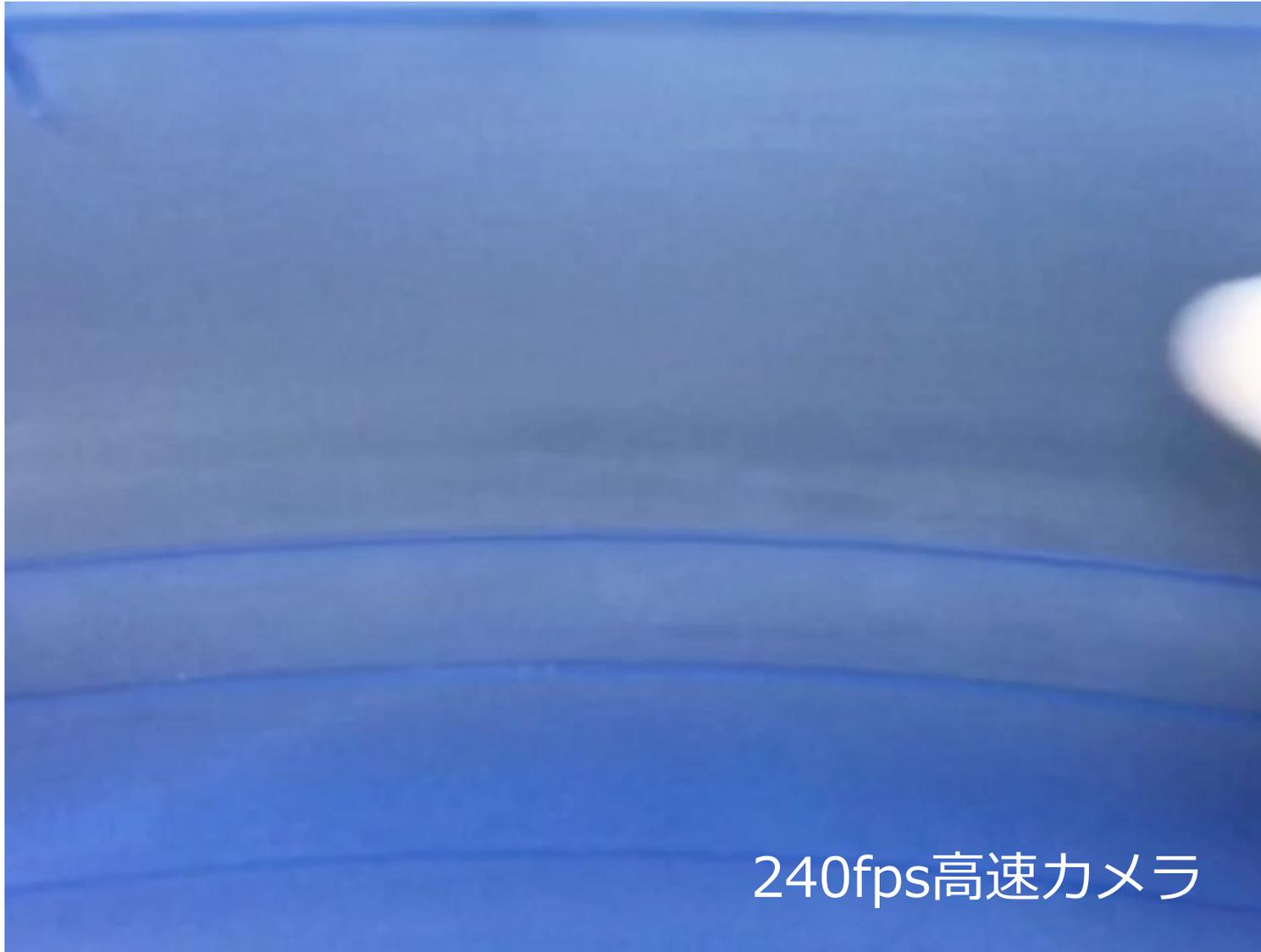


関川 雄介  
2012年 入社  
ニューラルネットワーク  
イベントカメラ など

# イベントカメラによるブラーレスQR認識 (“超”高速画像認識)



関川 雄介  
2012年 入社  
ニューラルネットワーク  
イベントカメラ など

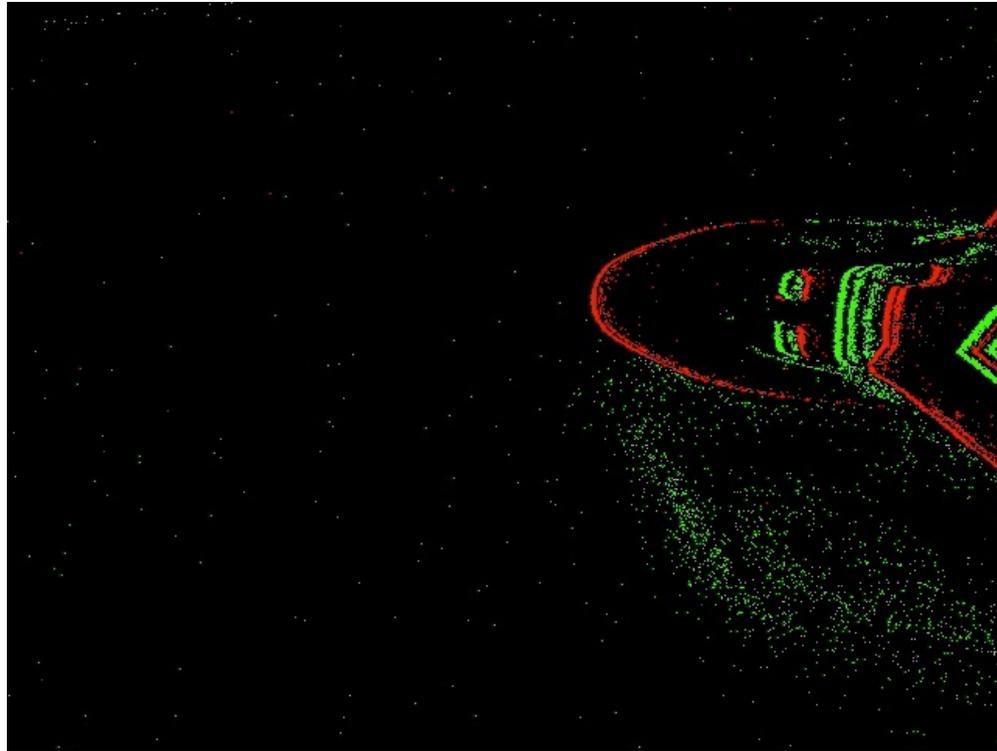


240fps高速カメラ

# イベントカメラによるブラーレスQR認識 (“超”高速画像認識)



関川 雄介  
2012年 入社  
ニューラルネットワーク  
イベントカメラ など



★差分から輝度を直接推定することで  
ブラーレスな画像を復元



| センサ                          | ダイナミックレンジ(dB) | 時間分解能                  |
|------------------------------|---------------|------------------------|
| Human eye                    | 30-40         | 200-300                |
| High-end Camera (Nikon D850) | 44.6          | 120                    |
| <b>Event Camera</b>          | <b>120</b>    | <b>1,000,000 (非同期)</b> |

Nagata+, “高速QRコード認識技術”, SSII2019

# 共創型の共同研究

- 共創型のテーマ起動を目指した共同研究

- 慶應義塾大学 齊藤研究室 / 青木研究室 / 大門研究室
- 中部大学 藤吉研究室
- 東京大学 苗村研究室
- 兵庫県立大学 日浦研究室
- 統計数理研究所 持橋先生
- 御茶ノ水女子大学 小林先生
- etc.



多数の研究発表

<https://www.d-itlab.co.jp/research/monograph/>

- DENSO IT LAB 認識・学習アルゴリズム共同研究講座 (2020-)

# 東工大 『DENSO IT LAB 認識・学習アルゴリズム共同研究講座』

## 期間

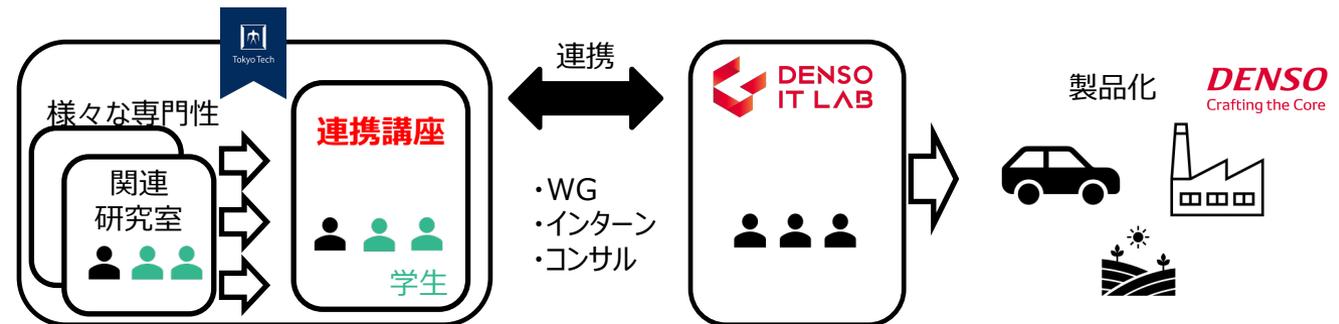
- 2020年4月から5年間

## 目的

- 人間の視覚的認識を代替できる高精度な認識手法の確立

## 方針

- 大規模な産学連携
- 産業応用を見据えた基礎的研究
- 学生の育成



# 東工大 『DENSO IT LAB 認識・学習アルゴリズム共同研究講座』



Recognition and Learning  
Algorithm Laboratory

東工大所属の9 教員 学生 ポスドク × ITLAB研究者  
大規模な共同研究体制

画像・学習・高性能計算の専門家が集結！



学生を交え活発な議論を展開！

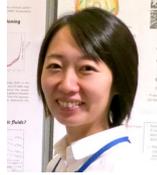


# 東工大 『DENSO IT LAB 認識・学習アルゴリズム共同研究講座』

- 大規模な連携
- 基礎(数理科学)～応用(認識技術)をカバーする教が参画

川上玲 准教授

- 画像認識
- 三次元復元
- マルチメディア情報処理



## データからの知識獲得

ロボティクス  
グラフ信号処理  
映像・画像・音声信号処理  
パターン認識

IOT  
データマイニング  
3D点群処理  
機械学習



佐藤育郎 特任准教授/ITラボ

- 画像認識
- 自動運転
- 大規模深層学習

田中正行 准教授

- 画像処理
- 画像復元
- 超解像
- 画像暗号化
- 機械学習



篠田浩一 教授

- マルチメディア情報処理
- 大規模機械学習

金崎朝子 准教授

- 3Dデータ認識
- ロボティクス
- 画像認識



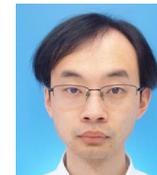
小野峻佑 准教授

- 最適化理論
- 近接勾配法
- 凸最適化



横田理央 准教授

- 大規模深層学習
- 階層的lowランク近似



野村哲弘 助教

- 大規模並列計算
- スパコン設計



井上中順 助教

- 動画検索
- few-shot学習
- マルチメディア情報処理
- 大規模機械学習

東京工業大学 研究・産学連携本部  
Tokyo Institute of Technology Office of Research and Innovation

企業・地方自治体の方へ 教職員の方へ 学生・卒業生の方へ

EN JP

アクセス 問い合わせ

研究・産学連携本部とは 産学連携 起業・ベンチャー 研究資金 研究活動支援

TOP > 産学連携 > 大掛かりな研究の連携 > 共同研究講座

## 産学連携

- 個々の教員・企業で行う研究の連携
- 大掛かりな研究の連携
  - > 共同研究講座
  - > 協働研究拠点

### 共同研究講座

大学内に設置する研究組織

企業等から共同研究費として資金を提供していただき、大学内に設置する研究組織です。研究組織として置かれる点が大きな特徴になり、従来の共同研究と違い安定した研究基盤が構築され、新規な研究展開が期待されます。研究の実施は、企業の研究者と、本学の専任教員及び共同研究費で雇用する特任教員が主として行います。東工大が雇用する2名の特任教員（有期雇用）は、当該企業が指名することができます。

研究の実施は、企業の研究者と、本学の専任教員及び共同研究費で雇用する**特任教員**が主として行います。

出展：<https://www.ori.titech.ac.jp/sangaku/l-research-contract/collaborative-r-programs/>



機械学習の  
トップ学会

- **International Conference on Machine Learning (ICML) 2022**

“PoF: Post-Training of Feature Extractor for Improving Generalization”

I. Sato, Y. Ryota, M. Tanaka, N. Inoue, R. Kawakami

MIRU長尾賞と同じ内容

画像認識の  
トップ学会

- **European Conference on Computer Vision (ECCV) 2022**

“Implicit Neural Representations for Variable Length Human Motion Generation”

P. Cervantes, Y. Sekikawa, I. Sato, K. Shinoda

陰的表現と呼ばれる新たな構造による人体運動の生成

# 国際/国内 学会発表の意義

# 実応用を見据えた研究テーマ設定

## 1. 研究の起動

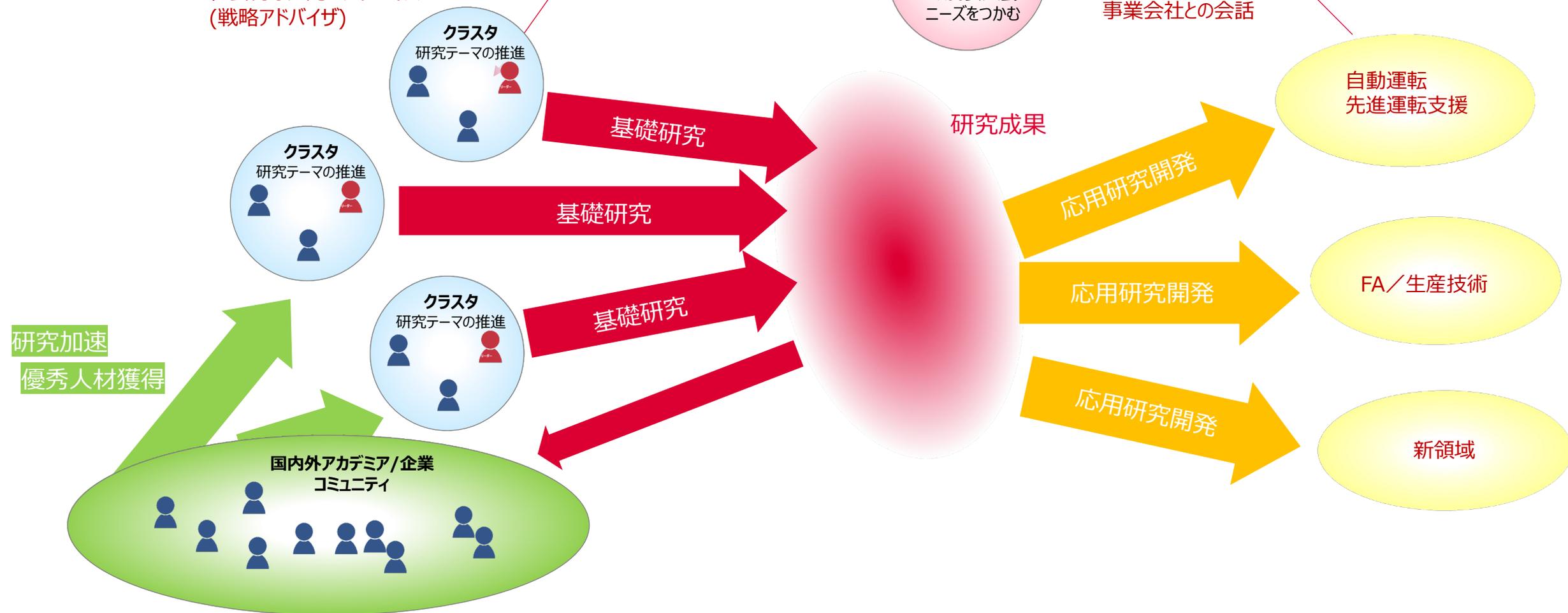
顧客ニーズ  
社会背景を元にアドバイス  
(戦略アドバイザー)

## 2. 成果発表(社内/事業部/学会)



## 3. 事業展開

事業会社との会話



# おわりに

- Denso IT Labにおける研究のプロセスについて、  
特に“コンピュータビジョン”に関連するテーマについてご紹介しました
- 学会活動の目的：研究加速 & 優秀人材確保

社員募集(随時)! (応募は弊社ホームページか

**RECRUIT**

ラボで働く

- 個人の裁量が大きく研究テーマの自由度が高い!
- 個人の生活に合わせた働きができる!
- 社内外の研究者と協力して研究を加速!
- 制度をアップデートしてより良い研究環境を整備!

わたしたちと自由な発想で  
まだ見ぬ世界のワクワクを  
創造しよう!

事業展開を見据え  
© DENSO IT LABORATORY