

# レザバーコンピューティングベースの エッジ指向型画像認識

九州工業大学 ニューロモルフィック  
AIハードウェア研究センター 助教  
田中 悠一郎

新技術説明会 2022年12月15日

- 現行の人工知能（AI）技術は深層学習が中心である
  - ✓ 画像認識\* や囲碁\*\* の分野ではAIの性能がヒトを超える例もある

画像認識

画像生成

音声認識

強化学習

AIによる画像生成の例

A big cat stands in front of  
the Statue of Liberty.



- 深層学習の成功は取り巻く環境によるもの大きい
  - ✓ ビッグデータ：大量のデータから必要な特徴を自動的に取り出す
  - ✓ 計算機能力の向上：Graphics Processing Unit（GPU）による高速化

\* He et al. CVPR, 2016.

\*\* Silver et al., Nature, 2016.

## 現行のAI

大量の学習データ

膨大な計算リソース

大量の電力

## エッジAIの要件

限られた学習データ

限られた計算リソース

限られた電力

## 低学習コストAIが必要



ホームロボット  
家族の情報を処理

GPU搭載PC  
1時間で電池切れ

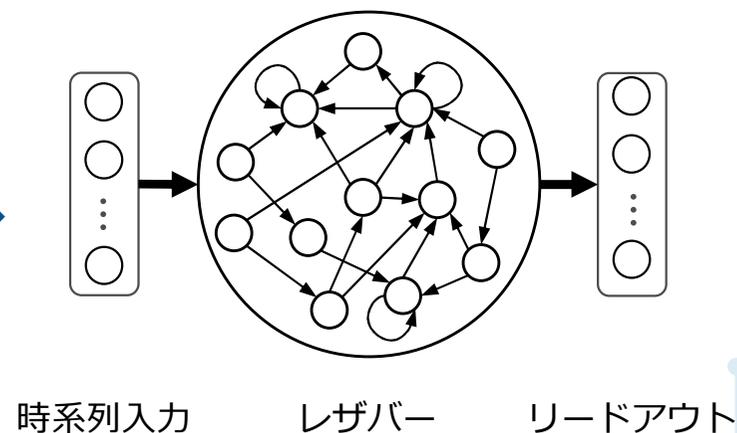
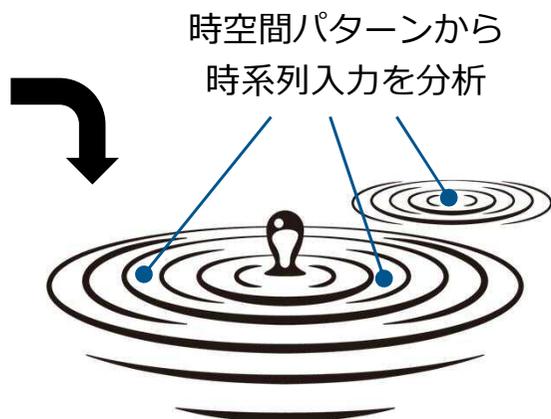
低学習コストAIなら…

- ✓ 処理をエッジで完結できるので  
プライバシーを保護できる
  - ✓ 省電力に実装できるので  
ロボットの駆動時間を長くできる
- **低炭素社会の実現に貢献**

# レザバーコンピューティング

## ● レザバーとは

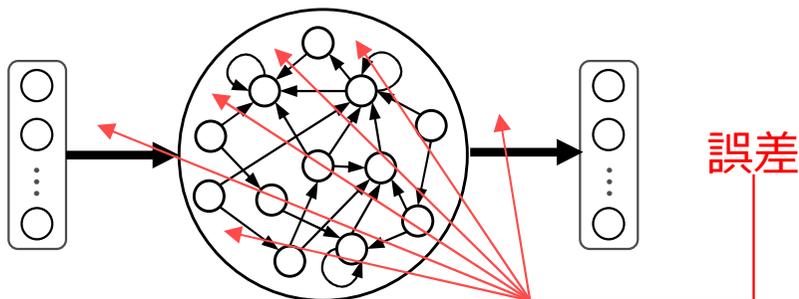
レザバー（貯水池）は  
それまでに投入された  
石の影響を残しながら  
複雑なパターンを生成



## ● レザバーコンピューティングの特徴

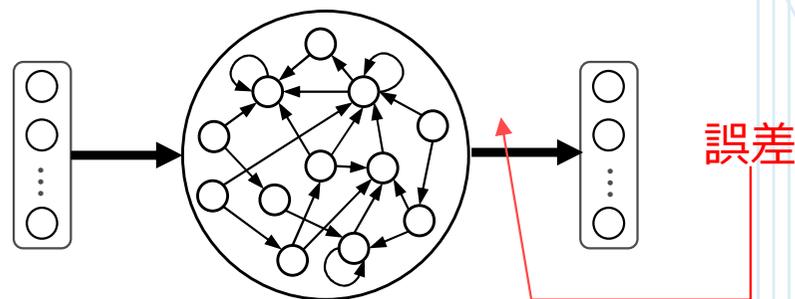
### 通常のニューラルネットワーク

学習により全ての結合荷重を更新  
= 学習コストが高い



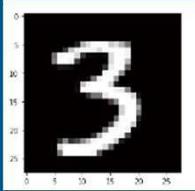
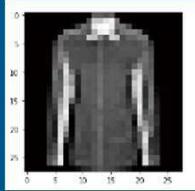
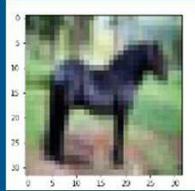
### レザバーコンピューティング

学習により一部の結合荷重を更新  
= 学習コストが低い

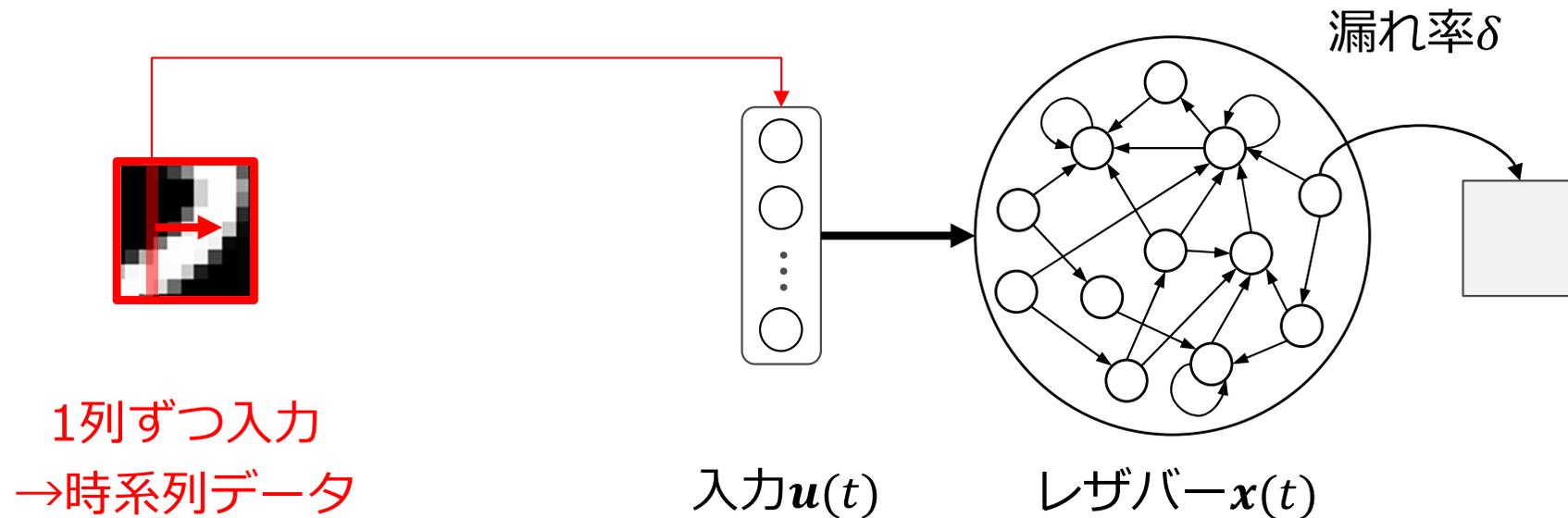


# 先行技術：レザバーと画像認識

- MNISTデータセットに対しては正解率99%を達成
- Fashion-MNIST・CIFAR-10データセットは改善の余地あり  
→ **自然画像で性能が出る手法を模索**

		MNIST 	Fashion-MNIST 	CIFAR-10 
Schaetti (2016)	ESN	99.07%	-	-
Tong (2018)	CNN+ESN	99.25%	-	-
米村 (2020)	CNN+ESN	98.71%	86.27%	-
An (2020)	Deep-DFR, SGD	99.03%	-	60.57%
Velichko (2020)	LogNNet	96.30%	-	-

- レザバーの特性に着目

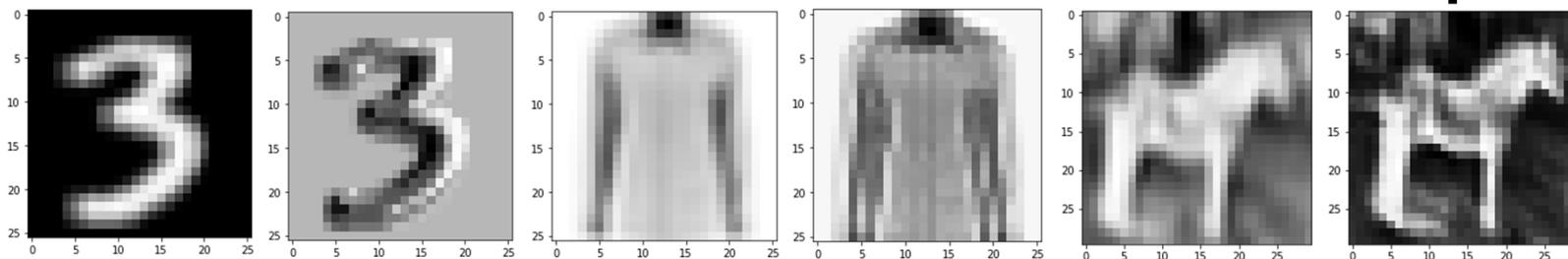
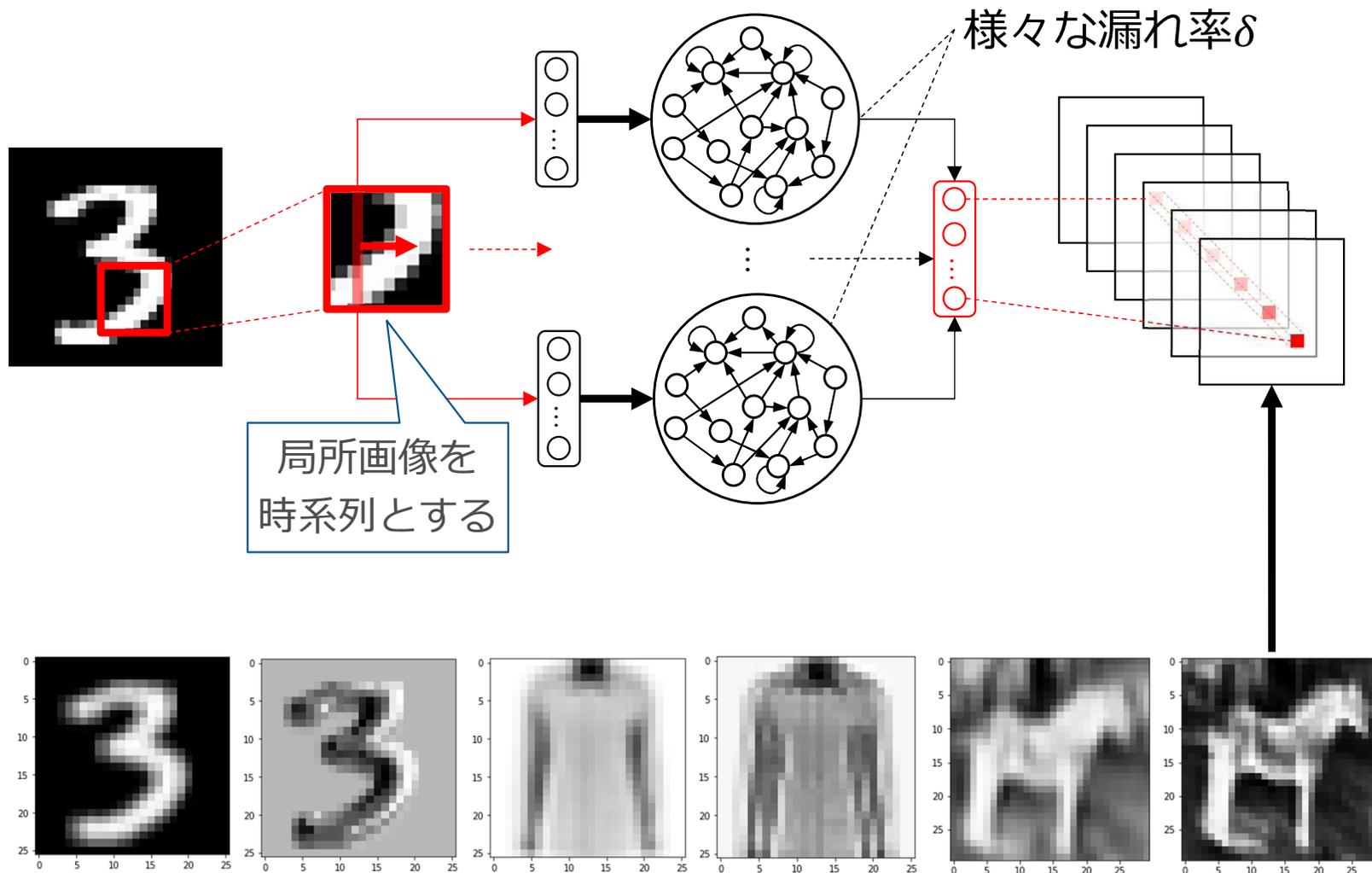


$$x(t + 1) = (1 - \delta)x(t) + \delta f(W_{in}u(t) + W_{rec}x(t))$$

$\delta$ 小 → レザバーの状態の更新が遅い = 画像の細かな特徴に鈍感

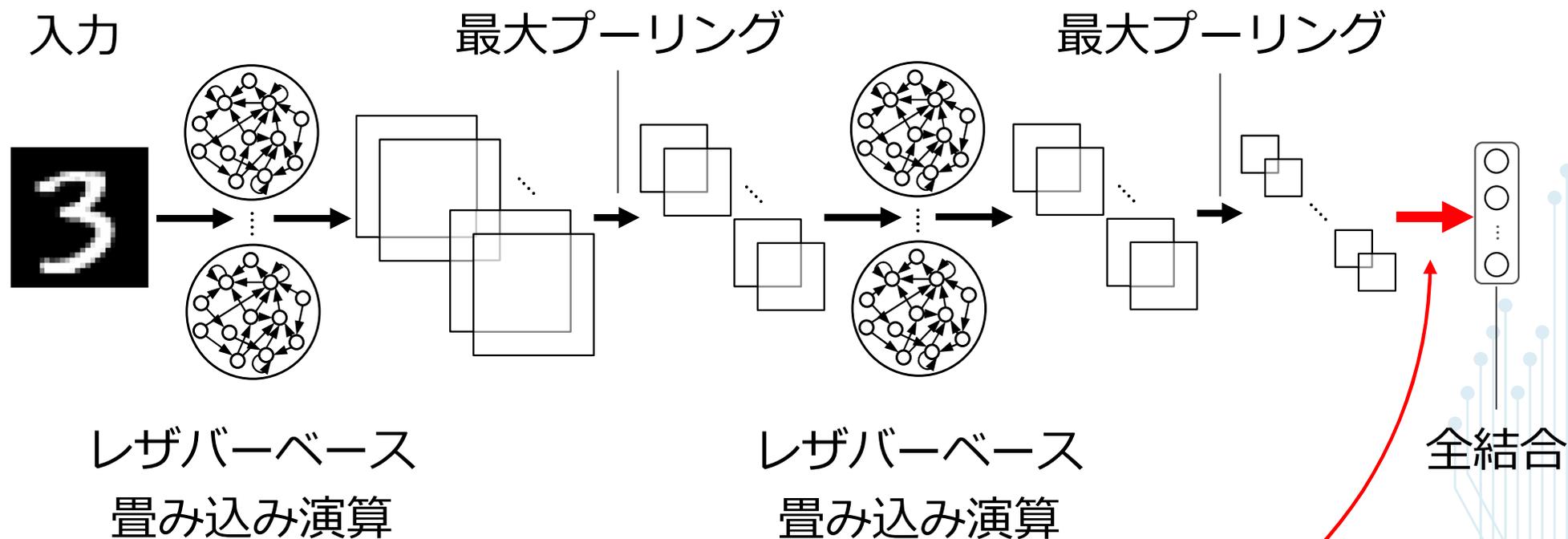
$\delta$ 大 → レザバーの状態の更新が速い = 画像の細かな特徴に敏感

## ● レザバーベース畳み込み演算



様々な空間周波数の特徴を抽出可能

## ● レザバースベース畳み込み演算のネットワーク構成例



この部分だけ更新

→学習にかかる計算コストが低い=エッジ指向型

- MNISTでは先行技術に及ばず
- Fashion-MNIST・CIFAR-10では先行技術を上回る

	MNIST	Fashion-MNIST	CIFAR10
Schaetti (2016)	99.07%	-	-
Tong (2018)	99.25%	-	-
米村 (2020)	98.71%	86.27%	-
An (2020)	99.03%	-	60.57%
Velichko (2020)	96.30%	-	-
<b>本技術</b>	<b>98.31%</b>	<b>91.04%</b>	<b>64.49%</b>

多様な空間周波数をもつ自然画像に対して効果を発揮した

- **エッジで学習が必要**な画像認識システム
  - ✓ **個人情報・機密情報**を含むデータをクラウドに送信したくない
  - ✓ スタンドアロンで動作するコンピュータで処理を完結させたい
- 画像を取り扱う時系列処理タスク・強化学習などの前処理
  - ✓ 画像の特徴抽出は認識タスク以外にも有効
  - ✓ レザバースベース積み込みによる前処理+レザバースという構成も可
- **低消費電力**な画像認識システム
  - ✓ GPUなどを用いずに**低排熱**な実装をしたい
  - ✓ **バッテリー**で動作するロボットへ実装したい

- 誤差逆伝播法による最適化手法に精度面で劣る
  - ✓ 計算コストとのトレードオフ
  - ✓ Direct Feedback Alignmentの適用による改善？
- 画像認識タスク以外の検証
  - ✓ 時系列処理・強化学習のための前処理は未検証
- 高速化・省電力化のためのハードウェア化を検討中
  - ✓ ソフトウェア実装よりも電力あたりの演算効率上がる
  - ✓ 物理現象を直接計算に活用する
    - 物理レザバーコンピューティングを本技術に適用可能？

- 本発明は少量学習データ・低計算コストで  
画像認識タスクを実現するAI技術です
- 自動車やロボットなどの組み込みシステム上で  
学習が必要な画像認識AIへの応用が効果的と考えられます
- 本シーズをベースに共同研究資金・寄付金の提供や  
新しいエッジAIの開発を望みます

- 発明の名称：  
情報処理装置、情報処理方法、及びプログラム
- 発明者：田中 悠一郎， 田向 権
- 出願人：国立大学法人 九州工業大学
- 出願番号：特願2021-202492

国立大学法人 九州工業大学  
産学イノベーションセンター  
知的財産部門 コーディネーター

荻原 康幸 (オギハラ ヤスユキ)  
小柳 嗣雄 (コヤナギ ツグオ)

TEL : 093-884-3499

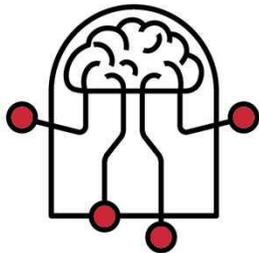
FAX : 093-881-3531

e-mail : [chizai@jimu.kyutech.ac.jp](mailto:chizai@jimu.kyutech.ac.jp)

# Thank you!

ご清聴ありがとうございました。

<http://www.brain.kyutech.ac.jp/~neuro/>



## Neumorph Center

Research Center for Neuromorphic AI Hardware, Kyushu Institute of Technology