



材料・デバイス・システム協調研究の超脳ニューロモルフィック

研究開発代表者：木村 睦（龍谷大学 大学院 先端理工学研究科 教授）

主たる共同研究者：中島 康彦（奈良先端科学技術大学院大学）

グランドチャレンジへの挑戦・研究開発課題での達成目標：

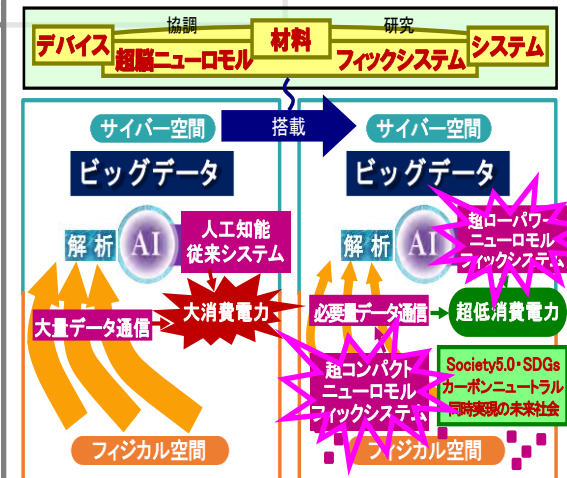
材料・デバイス・システムの協調研究で

極低消費電力・小型・高速の超脳ニューロモルフィックシステムを実現

ビッグデータ解析・大量データ通信の電力消費を劇的に削減

カーボンニュートラルの核心へ

本研究開発によって創出を
目指す未来



研究概要：最も先進的と考える候補↓・様々な他も取込

→ QKV Attention

- ・メモリスキャパシタ＝アナログメモrista＋キャパシタ＋ショットキーの動的挙動
 - ・拡張スパイク計算原理＝多様なスパイクパラメータを同時利用・確率的
 - ・超低リークTFT＝アナログ値のキャッシュ→ Scaled Dot-Product Attention
 - ↓ 再利用可能・不要データの不揮発・揮発デバイスへ効率的・集積化に最適な割当
- 『ニューロモルフィックトランスフォーマ』

■基盤研究[小規模集積化]・試作・実機検証

・素子 10^5 ：高速 $<10\text{ms}$ ：パワー $<100\text{pJ}/\text{token}$

[大規模集積化]・システムシミュレーション

・素子 10^{14} ：高速 $<10\text{ms}$ ：パワー $<100\text{mJ}/\text{token}$

■移行研究・試作・実機検証・社会実装・IoT検証

◆新規性・独自性 協調研究 → シンプル・高集積

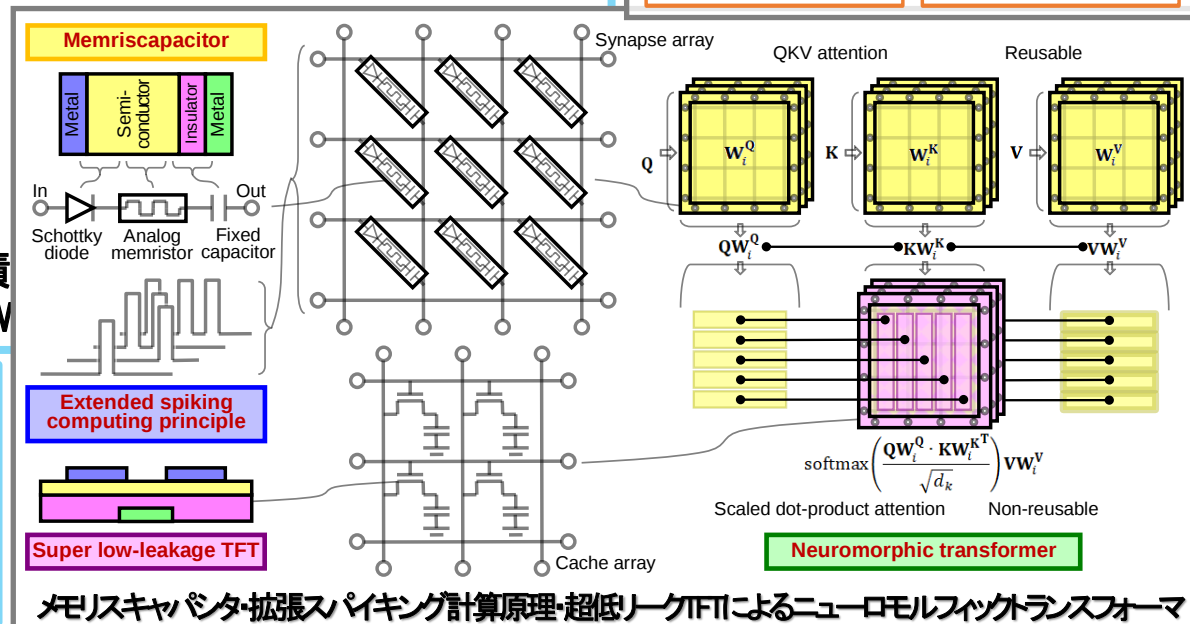
リソース $O(n^2) \rightarrow O(1)$ 効率 $180\text{nm } 264 \rightarrow 1540\text{TOPS}/\text{W}$

想定する社会的インパクト：

- ・AI電力消費 $\Rightarrow \frac{1}{100}$ 世界 現在 $\rightarrow$ 2050
- ・データ通信 電力 $25\text{PWh} \rightarrow 800 \Rightarrow 29$

将来の消費電力の課題は完全に氷解

Society 5.0・SDGs・炭素中立の同時実現





Ultra-Brain Neuromorphic by Material-Device-System Co-Research

Principal Investigator: Mutsumi Kimura

(Professor, Electronics, Information and Communication Engineering, Ryukoku University)

Co-PI: Yasuhiko Nakashima (Nara Institute of Science and Technology (NAIST))

Grand Challenge and Goal:

Material-Device-System Co-Research can realize Ultra-Brain Neuromorphic Systems with Super-Low Power Consumption, Compact, and High Speed.

Dramatic Reduction of Power Consumption for Big Data Analysis and Data Communication is Core of Carbon Neutral

Created future by this research

Summary: Advanced candidate ↓ • Incorporation of others → QKV attention

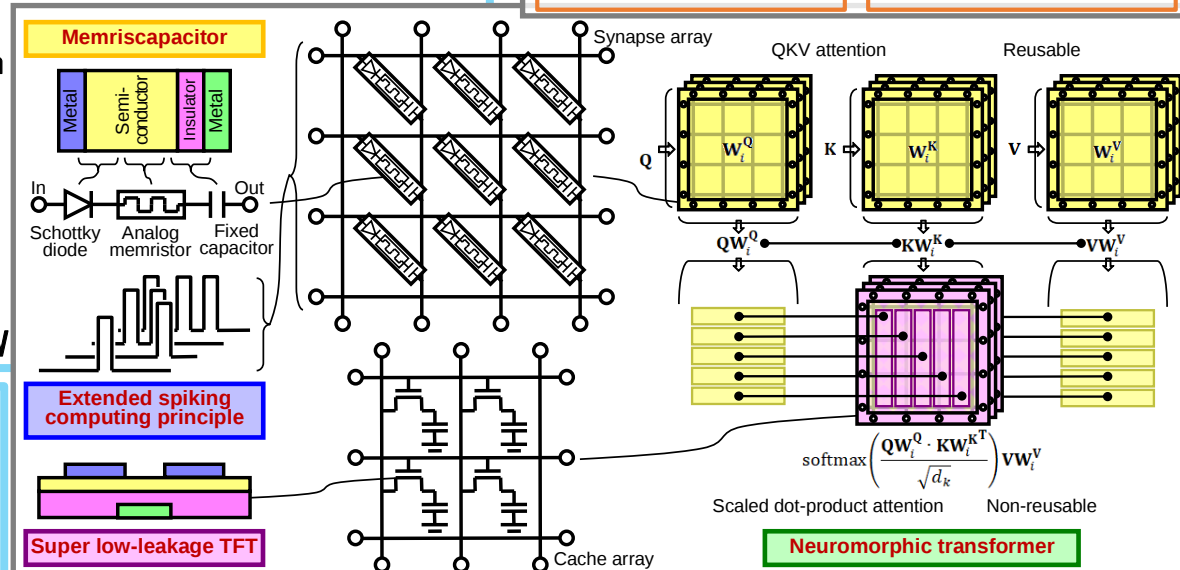
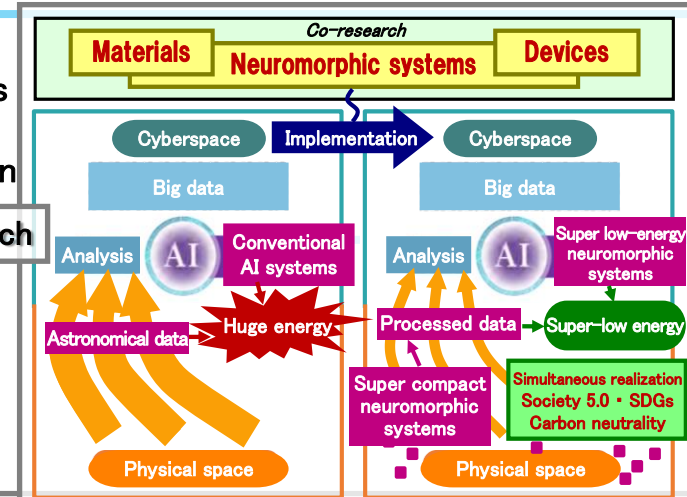
- Memristor = Analog memristor + Capacitor + Schottky ⇒ Dynamic behavior
- Extended spiking principle = Simultaneous use of various parameters • Stochastic
- Super low-leakage TFT = Analog cache → Scaled dot-product attention
- ↓ Best assign of reusable or unnecessary data to effective integration of non and volatile devices

『 Neuromorphic Transformer 』

- Basic research [SSI] • Prototype • Actual verification
 - Device = 10^5 : Speed < 10ms : Power < 100pJ/token
- [LSI] • System simulation
 - Device = 10^{14} : Speed < 10ms : Power < 100mJ/token
- Transfer research • Prototype • Actual verification
 - Social implementation • IoT verification
- ◆ Novelty • Originality Co-research → Simple • LSI
 - Resource $O(n^2) \rightarrow O(1)$ Efficiency 180nm264 → 1540 TOPS/W

Social Impact:

- AI power consumption ⇒ $\frac{1}{100}$ World Today → 2050
 - Data communication ⇒ 100 power 25PWh → 800 ⇒ 29
- Complete solution to future problem of power consumption
Society 5.0 & SDGs & Carbon neutral



Neuromorphic transformer by memristors, spiking principle, and super low-leakage TFTs