

# 未来のコンピューターを実現するフォトニクス

---

東京工業大学 未来産業技術研究所 教授

中川 茂, Ph.D.

# CMOSコンピューターはスケーリングを続けるが、 2005年以降は消費電力の制限のもとでスケーリング

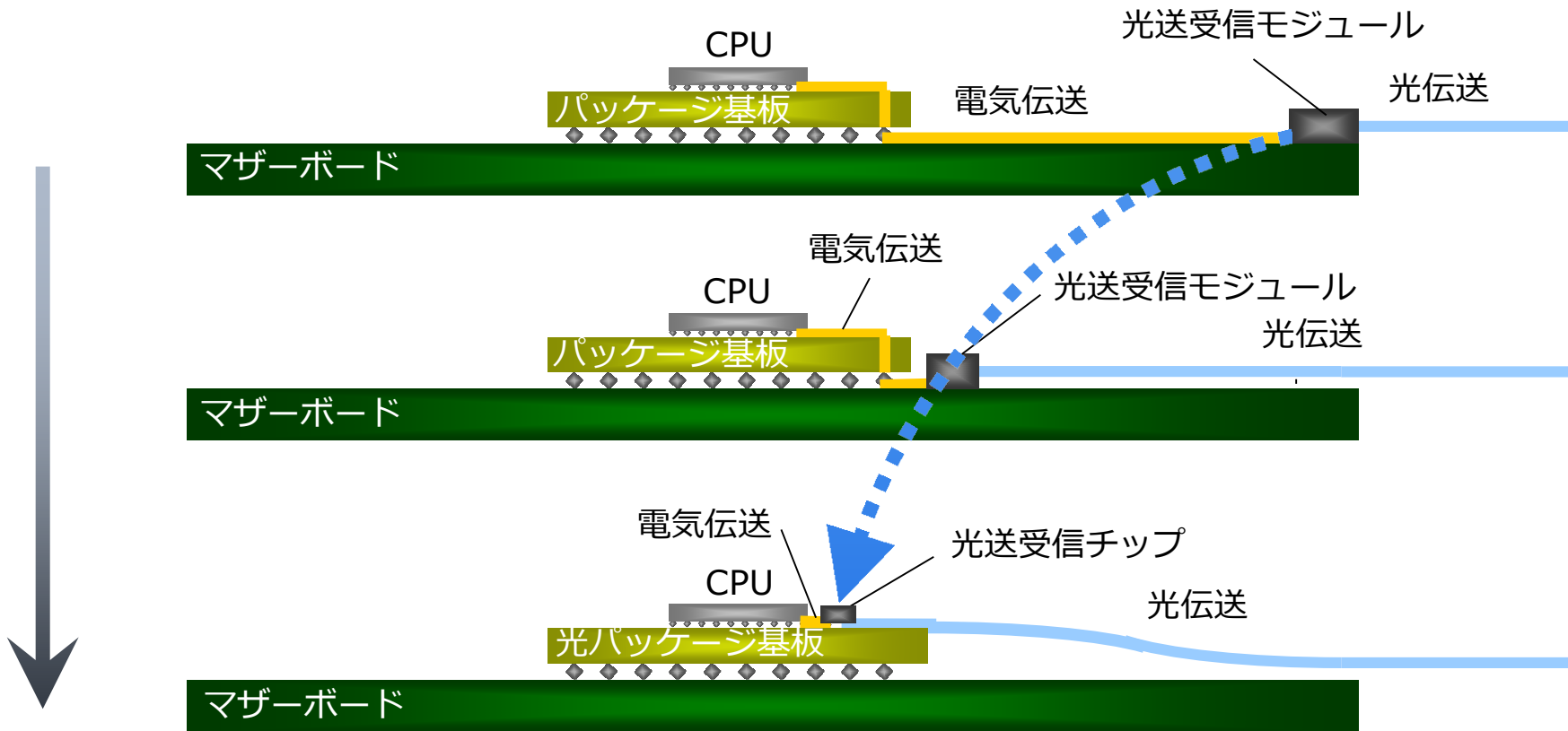


<http://www.top500.org>

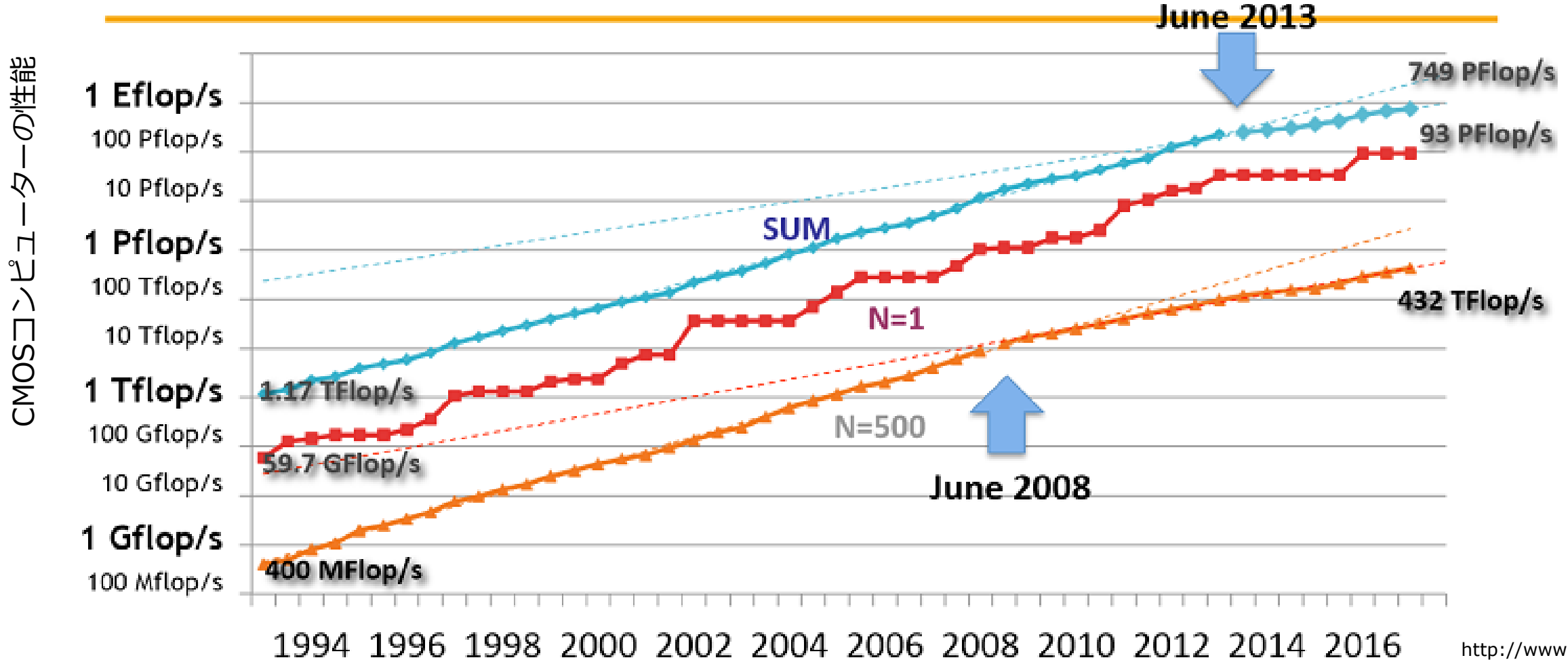
- エネルギー効率の良いチップを多数集積して性能向上
- データ伝送帯域は性能とともにスケールしなければならない

# CMOSコンピューターのスケーリングには光データ伝送が必須 - CPUとの集積化へ

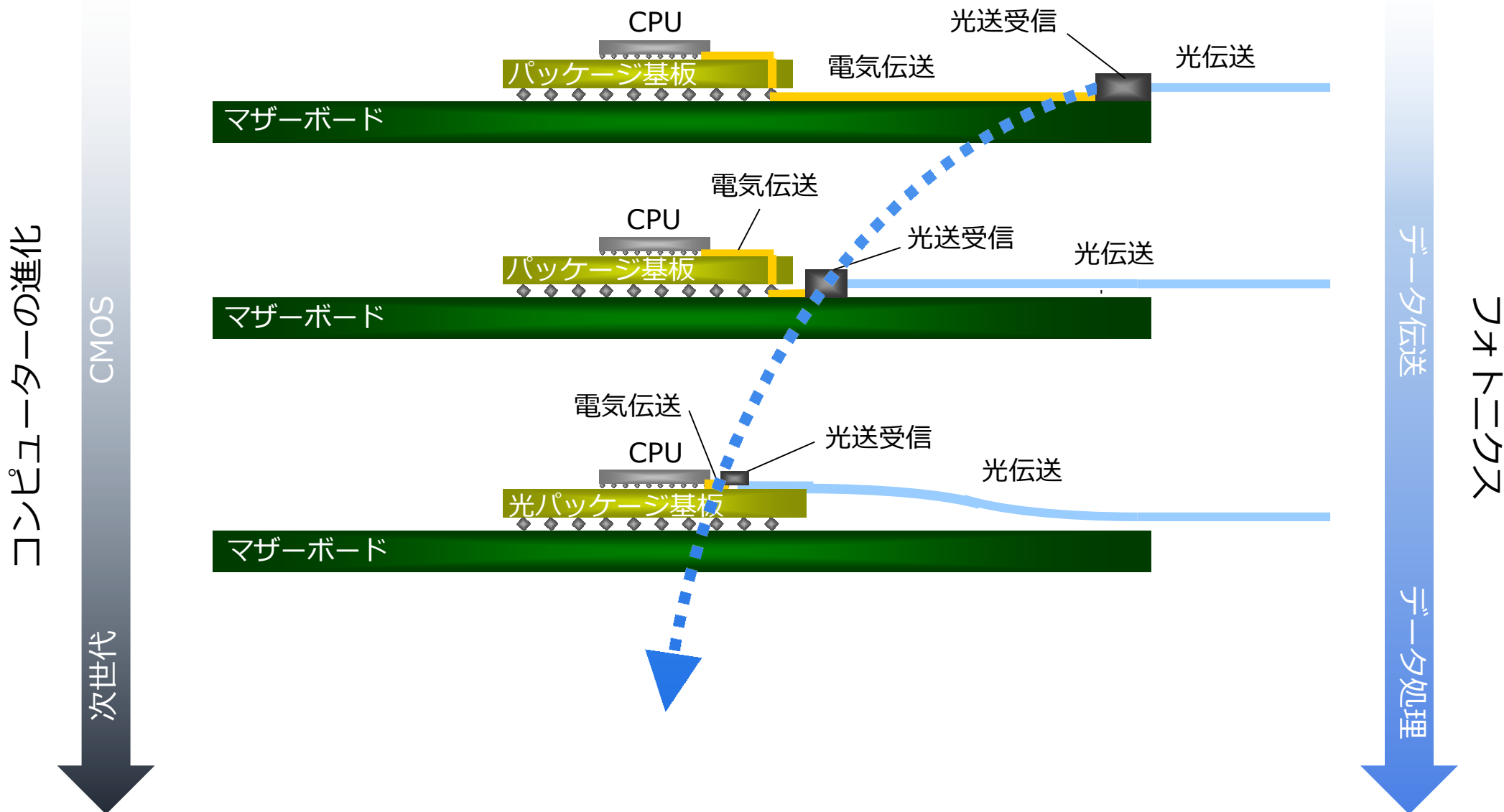
CMOSコンピューターの進化



# CMOSコンピューターはスケールリングを続けるが、 少しずつ性能向上のペースが減速しつつある



# スケーリングするコンピュータを実現するフォトニクス - データ伝送だけでなく、データ処理も



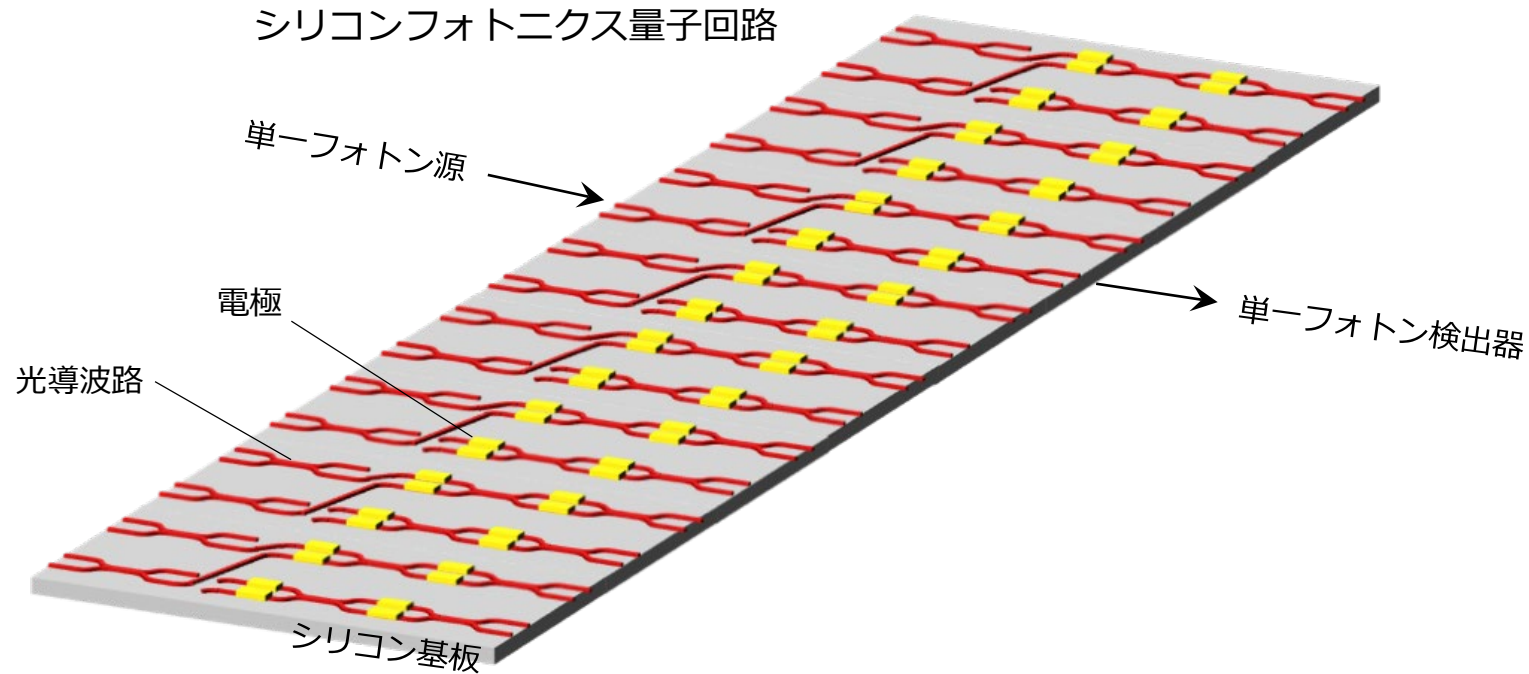
フォトニック量子コンピューター

フォトニック・リザーバーコンピューティング

フォトニック量子コンピューター

フォトニック・リザーバーコンピューティング

量子コンピューターの実用化には100万以上の量子ビットが必要



シリコンフォトニクスで量子回路を実現

- 室温動作
- 半導体製造技術による量子回路のスケーリング

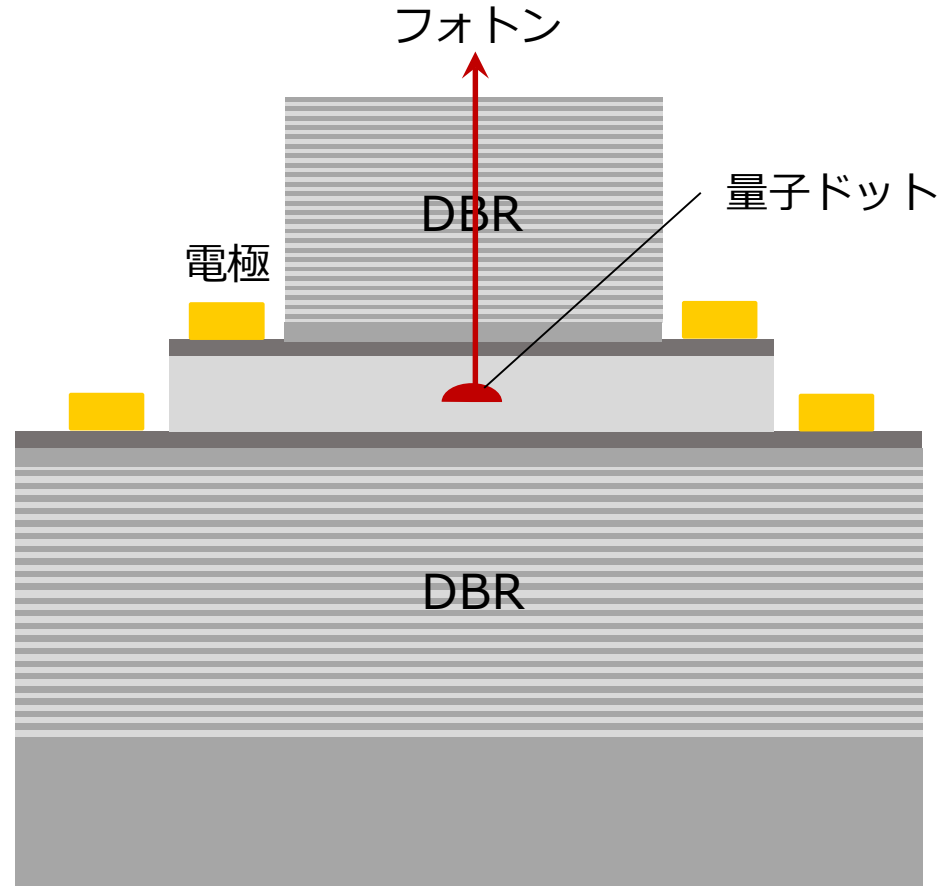


電流駆動でオンデマンドに単一フォトン発生

通信波長帯のフォトン発生

同一(識別不能)のフォトンを高効率で発生

- 自然放出による光子発生が主流、オンデマンドではなくアーキテクチャーに制約
- 光励起によるオンデマンド発生が報告されているが、励起光源との集積が必要で、遅い応答速度が性能を律速
- 電流駆動によるオンデマンド発生も報告されているが、電流注入するための従来構造では発生効率および光子の同一(識別不能)性が低い



- 電子・ホールを効率よく注入する構造
- フォトンを効率よく発生し、外へ取り出すための導波構造
- 同一波長のフォトンが発生するための共振器構造

- 化合物半導体を加工するファウンドリーとの協業が不可欠
- 化合物半導体チップのパッケージングも、外部ファウンドリーとの協業が必要

- 発明の名称 : 単一光子源装置
- 出願番号 : 2023-074485
- 出願人 : 東京工業大学
- 発明者 : 中川 茂

フォトニック量子コンピューター

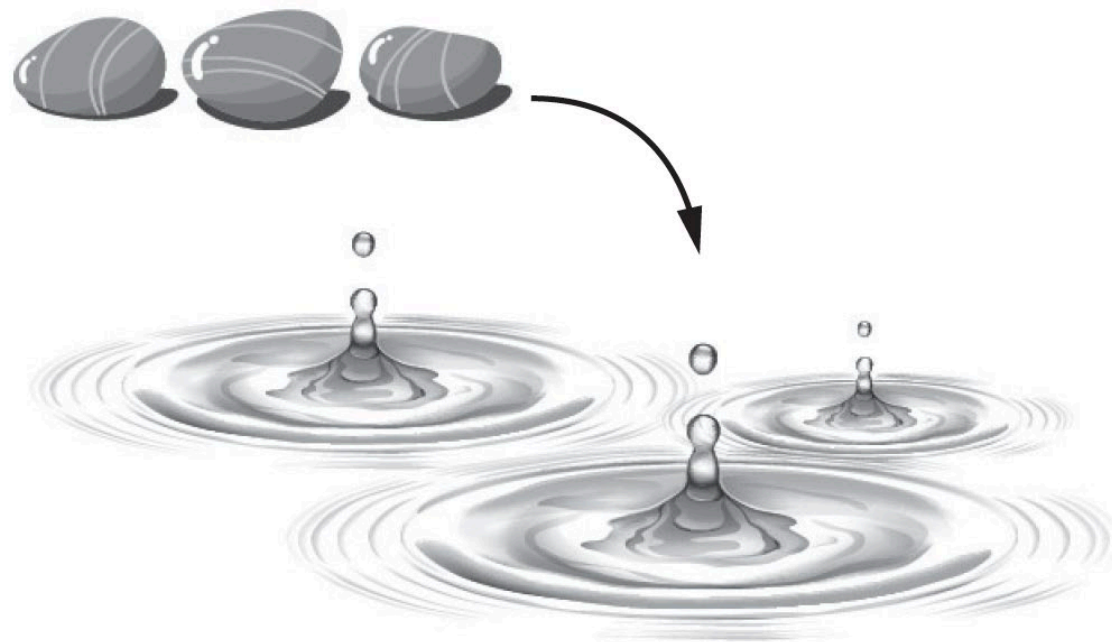
フォトニック・リザーバーコンピューティング

ビデオやセンサーデータのパターンの時間変化を分析することで、起こりうる可能性の高い将来のリスクや価値を予測

- 自動運転
  - ヘルスケア
  - 金融
  - セキュリティ
  - ロボット、工場
  - 気候、環境
- など

# リザーバーコンピューティング： 動的パターンを認識する脳型コンピューター

CMOSの代わりに非線形の物理系(リザーバー)で動的パターン認識を実現

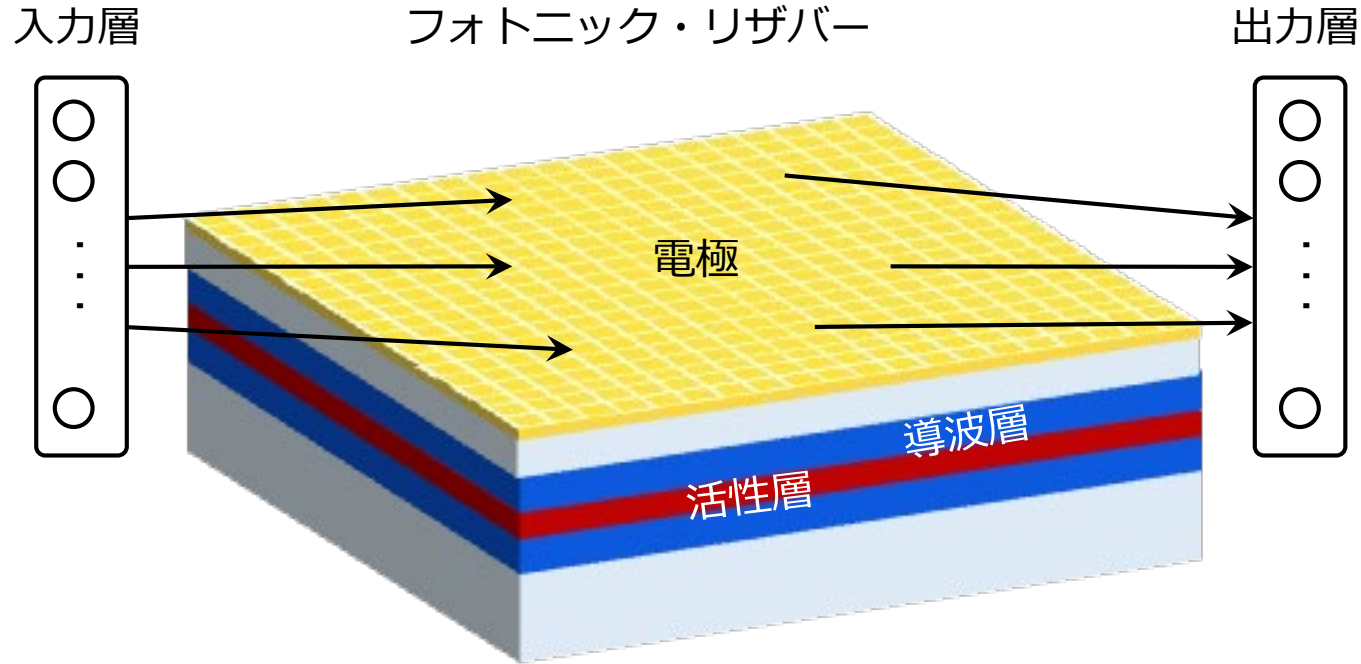


リザーバー

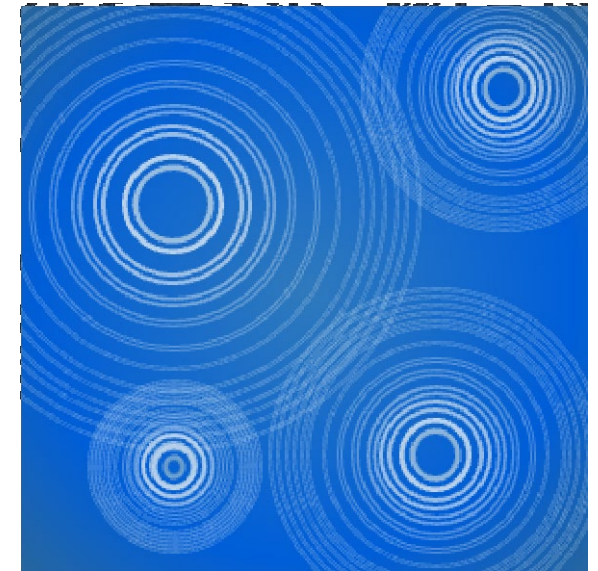
Courtesy: Gouhei Tanaka



- フォトニクスによる研究が多いが、遅延フィードバックを利用するため、高次元性や動的パターンの速度に制限
- スピンによるリザーバーも報告されているが、遅い応答速度が性能を制限



導波層内の光伝播



- 連続媒質の導波層でスケーリング可能性を実現する構造
- 多数の出力による多次元性、活性層による非線形性で機能、規模をスケーリングする構造

- 化合物半導体を加工するファウンドリーとの協業が不可欠
- 化合物半導体チップのパッケージングも、外部ファウンドリーとの協業が必要
- 動的パターン認識のソフトウェアの開発での共同研究も重要

- 発明の名称 : 光デバイス
- 出願番号 : 2023-030261
- 出願人 : 東京工業大学
- 発明者 : 中川 茂、雨宮智宏

東京工業大学

研究・産学連携本部 知的財産部門

TEL 03-5734-2445

FAX 03-5734-2482

e-mail [sangaku@sangaku.titech.ac.jp](mailto:sangaku@sangaku.titech.ac.jp)

Thank You