

# 単層カーボンナノチューブ 光アイソレーターの研究開発

東京理科大学 研究推進機構 総合研究院

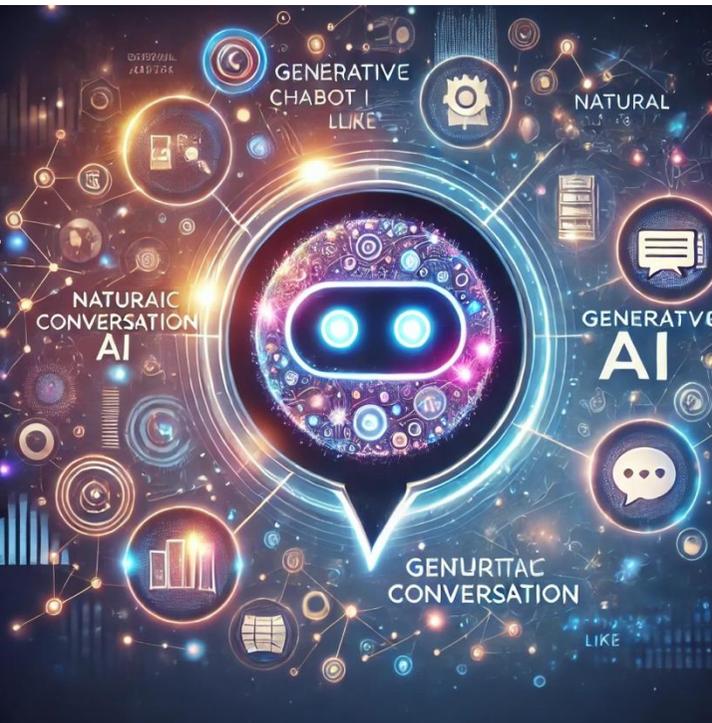
講師 入田 賢

2024年11月7日

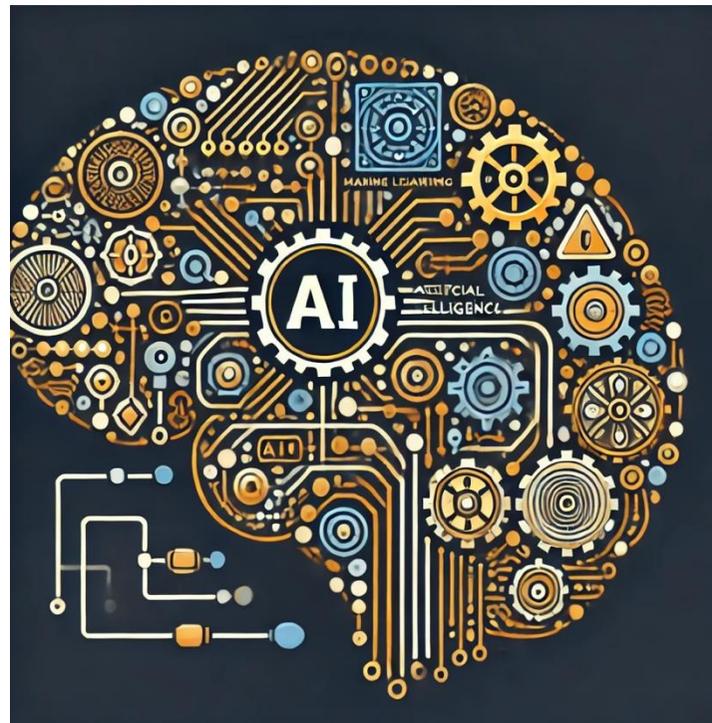
# 現在の技術革新とその役割

## 技術革新の潮流

### ChatGPTなどの生成AI



### AI(人工知能)



### メタバース



# 現在の技術革新とその役割

## 技術革新の潮流

- **ChatGPTなどの生成AI:**

人間との自然な対話、コンテンツ生成、データ分析、研究支援など、多様な分野で革新を促進している。

- **AI(人工知能):**

データ分析、自然言語処理、画像認識など、多岐にわたる応用が進み、特に産業の自動化や高度な意思決定支援に不可欠な存在となっている。

- **メタバース**

仮想現実(VR)、拡張現実(AR)、仮想空間でのソーシャルプラットフォーム

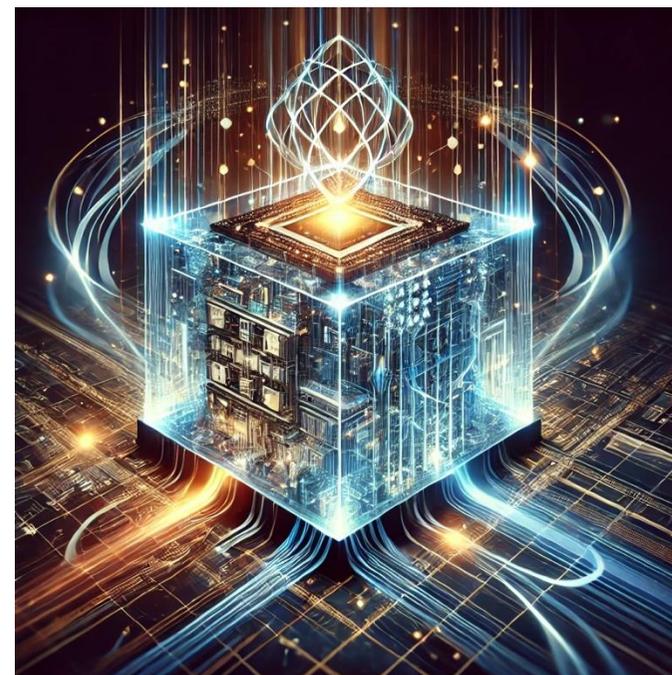
これらの技術の裏には、**高スペックのコンピューターが必要!**

# コンピューター内のデータ伝送方法

- コンピューター内部では、**CPU**、メモリ、ストレージなどの各コンポーネントがデータをやり取りしており、これらのデータ伝送には様々な技術が使用されている。

量子コンピュータなど

- 伝送技術は大きく分けて2つの方式がある：
  - 電線(銅線)を使ったデータ伝送
  - 光通信を使ったデータ伝送



# 電線通信（銅線通信）の役割

## 1. 電線（銅線）を使ったデータ伝送

- コンピューター内部の多くの部品は、伝統的に銅線や配線を通じてデータをやり取りしている。

## 2. 特徴

- **速度と距離の限界**: 電線は短距離でのデータ伝送には適しているが、長距離になると信号が減衰しやすい。
- **電磁干渉(EMI)**: 電線は周囲の電磁波に影響されやすく、通信の品質が劣化する可能性がある。

## 3. 例

- CPUとメモリのやり取りは、主に電線を介して行われる。
- PCIeスロットを使用した内部デバイス間のデータ転送。

# 光通信の役割

## 1. 光通信を使ったデータ伝送

- 近年、コンピュータ内部でも**光通信技術**が一部採用され、光を利用した通信は、従来の電線通信に比べていくつかの優れた点がある。

## 2. 特徴

- **高速・大容量**: 光通信は電線通信よりもはるかに高速
- **低遅延**: 光信号は信号の減衰が少なく、長距離でも高品質伝送
- **電磁干渉がない**: 光は電磁波の影響を受けないため、安定した通信

## 3. 例

- **光ファイバー接続**: 高性能サーバーやデータセンターでは、コンピュータ内部での光通信技術が利用され始めている。
- **インターコネクト技術**: コンピュータ内部のチップ間通信や超高速データ転送に光通信が使用されるケースが増加。

# 光通信と電線通信の比較

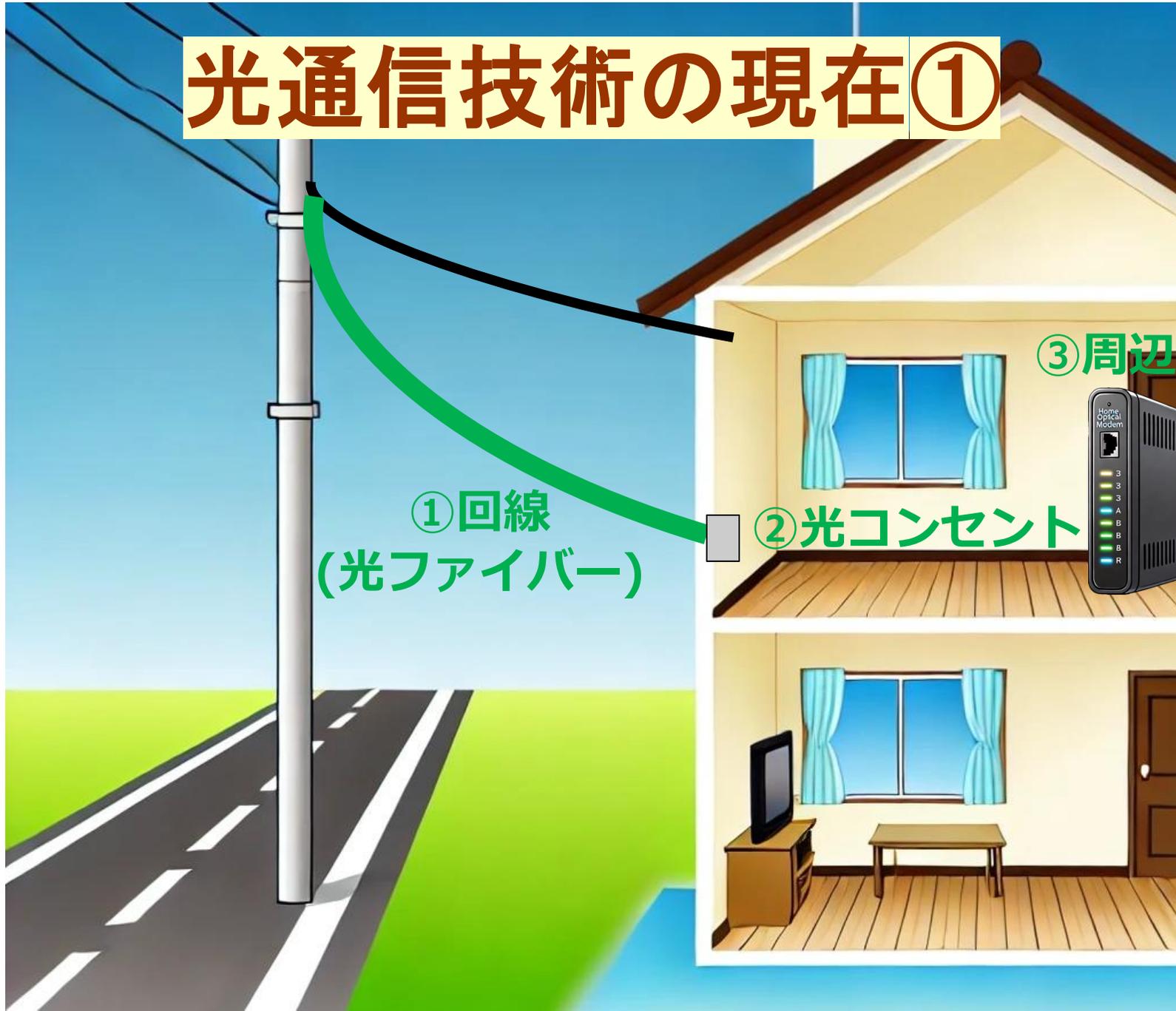
## 1. データ伝送方法の比較

- 電線通信：
  - 主に短距離で使用され、コンピュータ内部の接続では広く使用されている。
  - コストが安く、既存の技術で広く普及しているが、伝送速度には限界がある。
- 光通信：
  - 高速かつ大容量のデータを、長距離でも効率的に伝送可能。
  - コストは高いが、未来のコンピュータ通信インフラとして期待されている。

## 2. どちらが最適か？

- 電線通信は、現状コンピュータ内部で広く利用されているが、今後のデータ量増加に対応するためには**光通信技術**が必要とされる。

# 光通信技術の現在①



①回線  
(光ファイバー)

②光コンセント

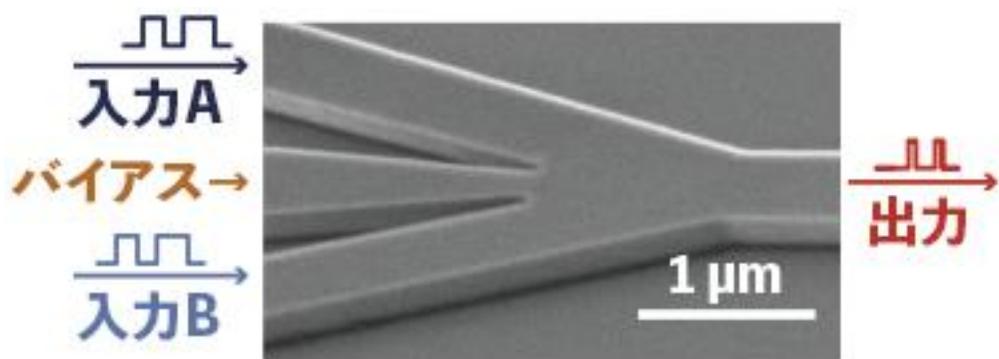
③周辺機器



## 光通信技術の現在②

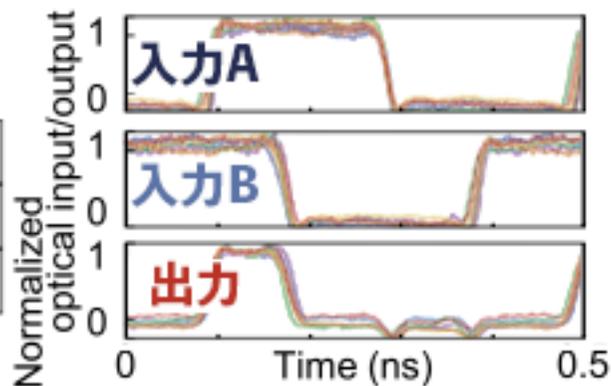
Siで作られた微細光導波路で、光の干渉だけで動作する光論理ゲート( $\Psi$ ゲート)が実現している

[S. Kita et al., Commun. Phys. 3, 33, (2020)].



真理値表

入力A	0	1	1	0
入力B	1	1	0	0
出力	0	1	0	0

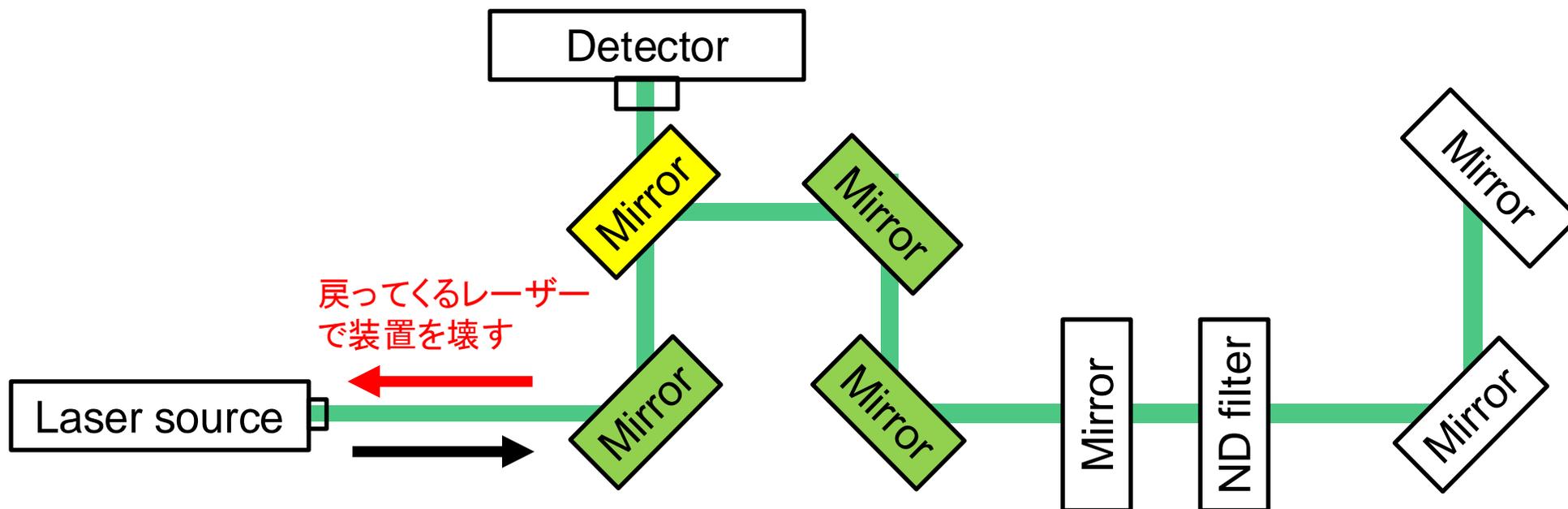


論理演算(AND, XNOR, NOR など)が超低遅延かつ波長無依存で実施できる。

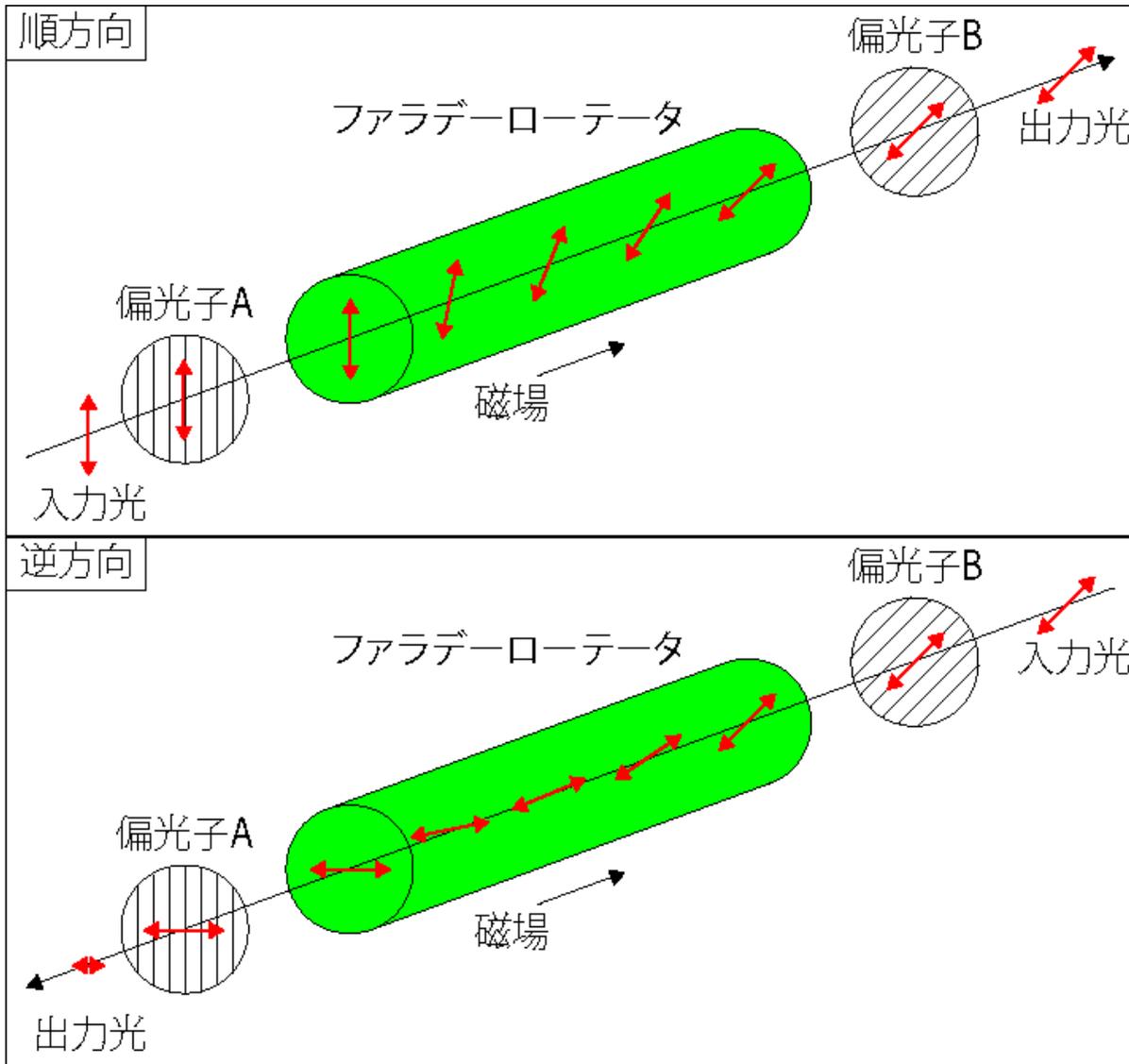
## 光通信技術の現在③

電線通信には、ダイオードがあるが、  
光通信には、**ダイオードに代わるものがない**

【Note】 ダイオード： 一方向にしか電流を流さない素子



# 従来技術 (ファラデーアイソレータ)



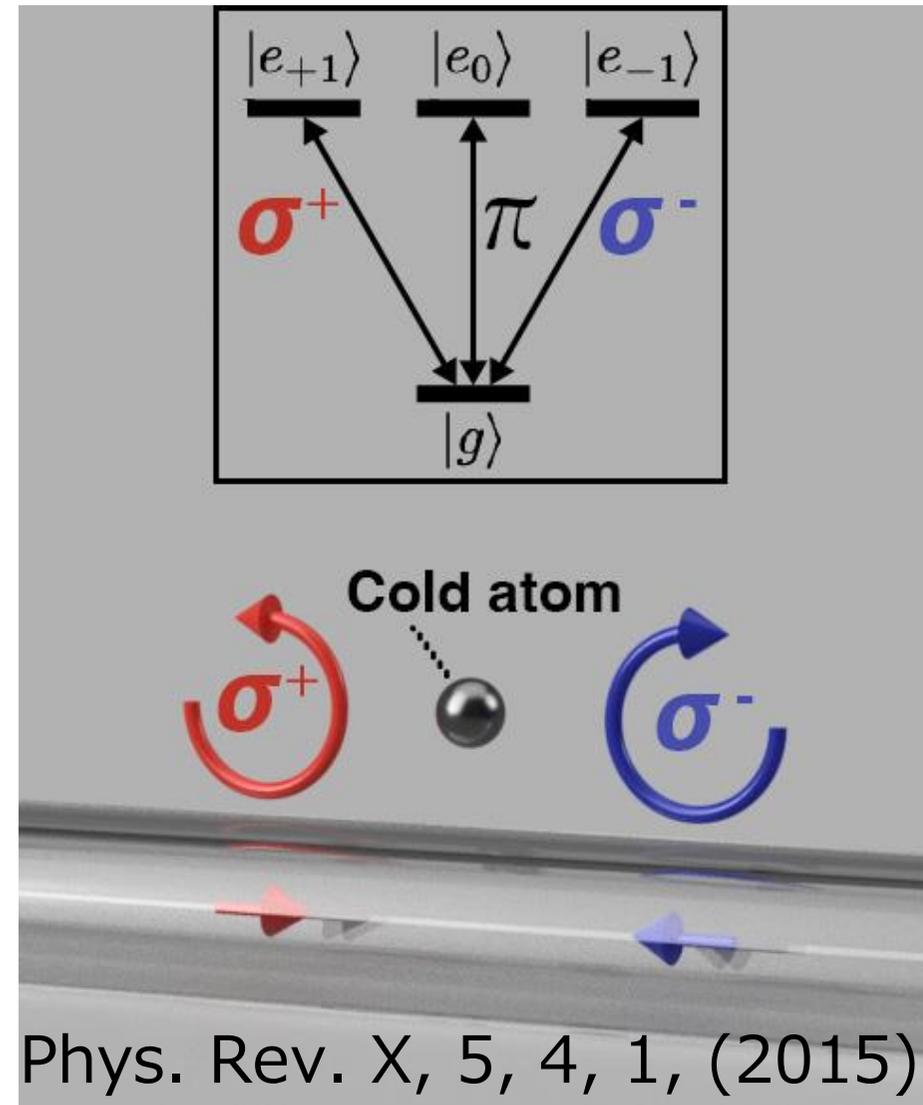
IO-3-633-LP

Shown in the Saddle (SM1RC) Mounted on an Optical Table Using a BA1 Base with an SD1 1/4"-20 to 8-32 Counterbore Adapter

**THORLABS**

# 従来技術(冷却原子光アイソレーター)

- 光ナノファイバー(ONF)表面の光は円偏光している
- ONFに通す光の方向によって、左円偏光 $\sigma^+$  or 右円偏光 $\sigma^-$
- ONF上に付着した冷却原子で光アイソレーターが実現可能



[C. Sayrin et al., Phys. Rev. X, 5, 4, 1, (2015)]

# 従来技術とその問題点

## 1. ファラデーアイソレータ

- 偏光子2枚、ファラデーローテータ(磁場)が必要  
→ 小型化の限界がある

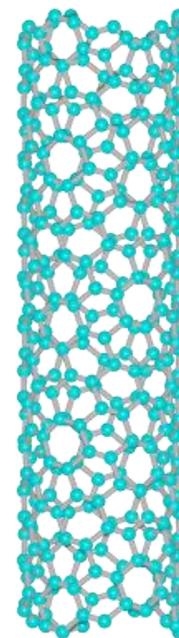
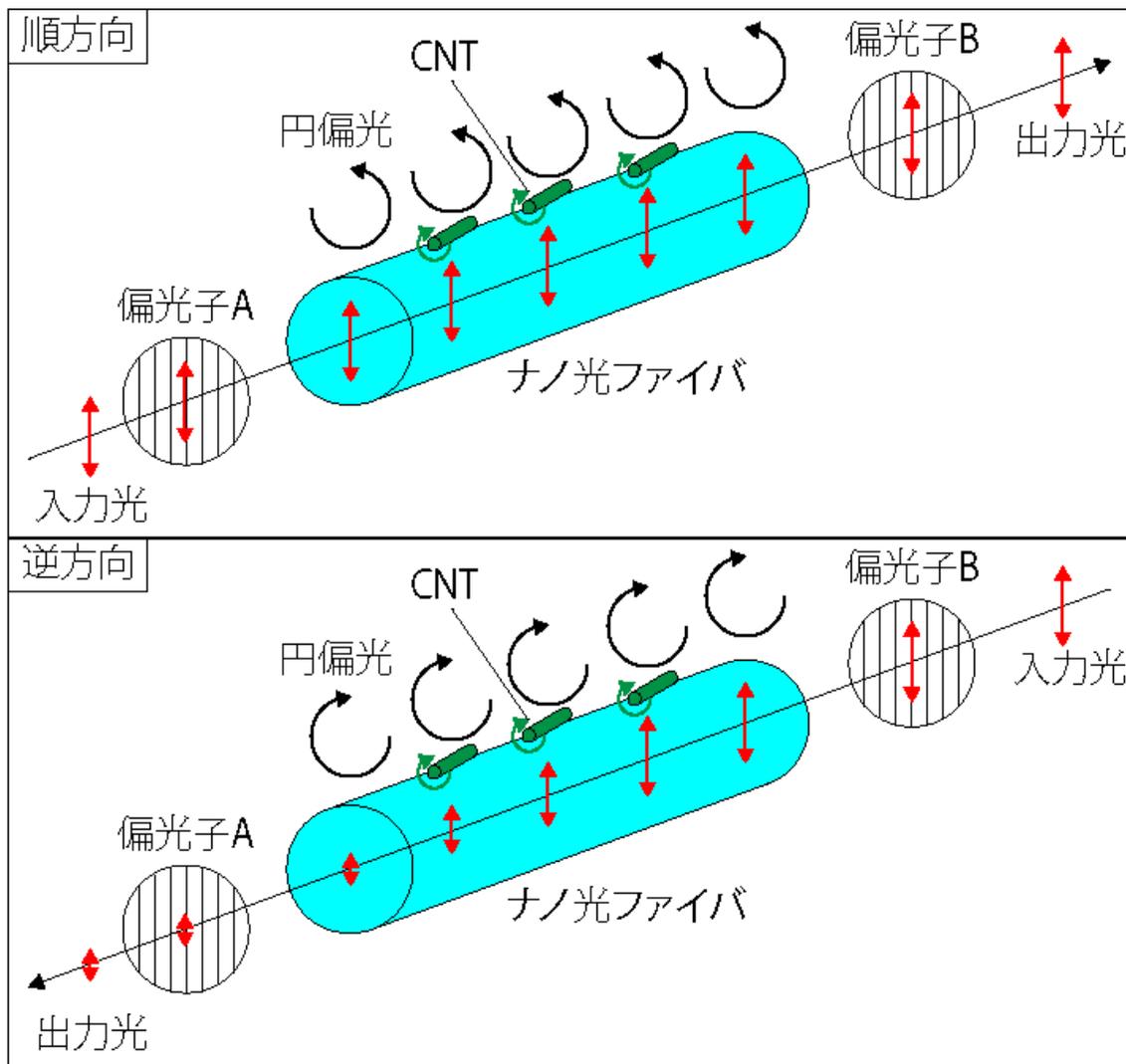
## 2. 冷却原子光アイソレーター

- 装置の小型化を実現
- しかし、冷却装置が必要  
→ 全体としての小型化ができない

## 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 光伝送路、光アイソレーター、  
フォトリソグラフィデバイス、及び光伝送路の製造方法
- 出願番号 : 特願2023-112654
- 出願人 : 東京理科大学
- 発明者 : 入田賢, 本間芳和,  
マークサッドグローブ

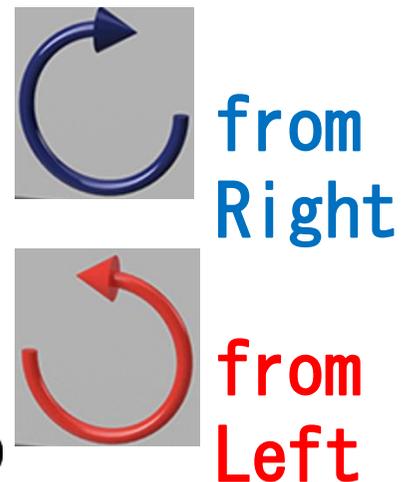
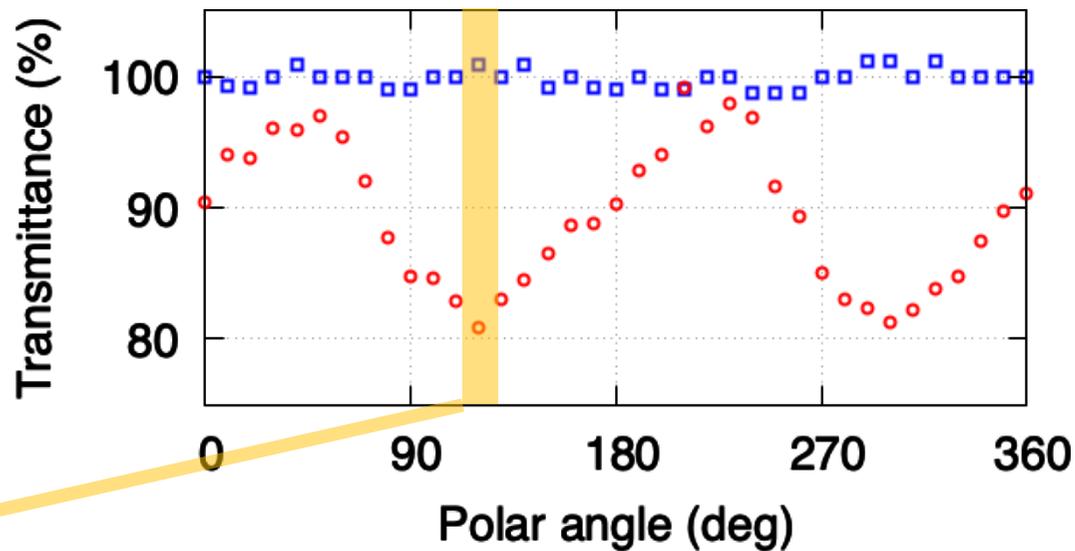
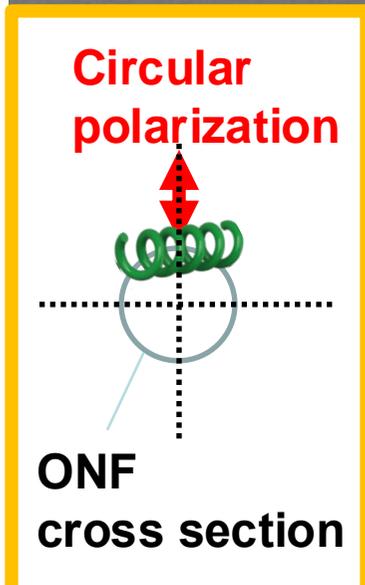
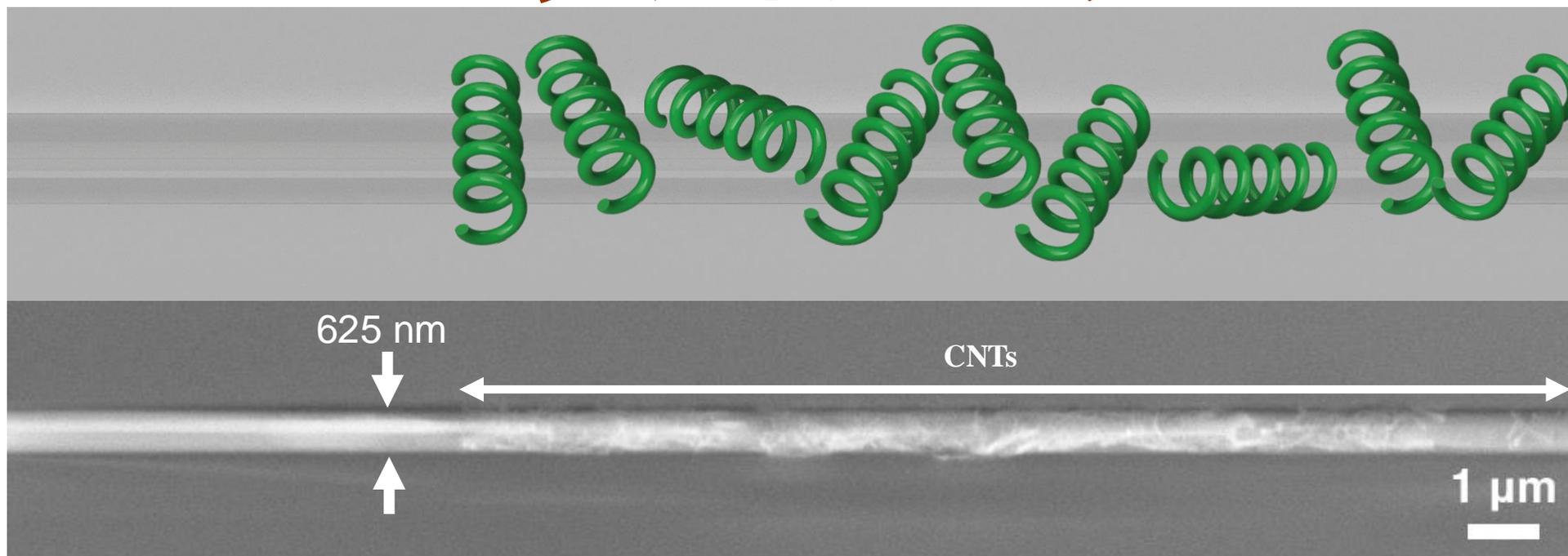
# 単層カーボンナノチューブ 光アイソレーター



カーボンナノチューブ(CNT)

【Note】 炭素原子により  
構成されるナノ材料

# CNT光アイソレーター



# 新技術の特徴・従来技術との比較

- **室温で動作:**
  - 冷却装置が不要で、エネルギー効率が高く、コスト削減が可能
- **小型化:**
  - ファラデー効果や冷却原子を利用する従来技術に比べて、大幅な小型化を実現
- **多用途応用可能:**
  - 光通信システムだけでなく、医療機器やセンサー技術、量子コンピューティングなどの異分野でも応用可能

# 想定される用途

- **光通信システム:**
  - 高速かつ信頼性の高い通信を実現し、データセンターやネットワークインフラの性能向上に寄与
- **医療機器:**
  - 高精度な光制御が必要な医療用レーザーや診断装置に応用し、非侵襲的な治療や検査を可能に
- **量子コンピューティング:**
  - シリコンフォトニクス技術との組み合わせにより、次世代の高性能量子コンピュータの構築に貢献

# 実用化に向けた課題

## 現在の状況

- CNT光アイソレーターの動作確認済

## 課題1：透過率の差を大きくする

**目標：**透過とアイソレーションの性能をさらに向上させるため、透過率の差を大きくすることが必要。

**解決策：**光ナノファイバー表面のCNT付着量の増加

## 課題2：様々な光の波長に対応する

**目標：**特定の波長だけでなく、様々な光の波長に対応できる汎用性を持たせることが求められる。

**解決策：**CNT以外の材料での調査

# 企業への期待

## 1. 技術協力と共同開発

- 製品化に向けた技術協力
- 研究開発の加速

## 2. パッケージングと製品化

- 製品のパッケージング支援
- 市場投入に向けた支援

# 企業への貢献、PRポイント

## 1. 技術革新のリーダーシップ

- 次世代技術への貢献
- 社会的意義の強調

## 2. 環境に優しい技術の推進

- エネルギー効率の向上
- 持続可能な製品開発

## 3. 企業のイノベーション力のアピール

- 革新技術への投資
- 新市場開拓の機会

## 4. パートナーシップの拡大

- グローバルな市場展開
- 産学連携による信頼性向上

### 結論

企業は、CNT光アイソレータ一を通じて技術革新と市場拡大に貢献するだけでなく、持続可能な社会への貢献もアピールできる。

これにより、企業のブランド力強化や新たなビジネスチャンスを生み出すことができる。

# お問い合わせ先

東京理科大学  
産学連携機構

TEL 03-5228-7440

e-mail [shinsei\\_kenkyu@admin.tus.ac.jp](mailto:shinsei_kenkyu@admin.tus.ac.jp)