

# 超低消費電力型光エレクトロニクス実装システム技術開発プロジェクト

## 「システム化技術」

～光電子融合サーバボード実装技術の開発～

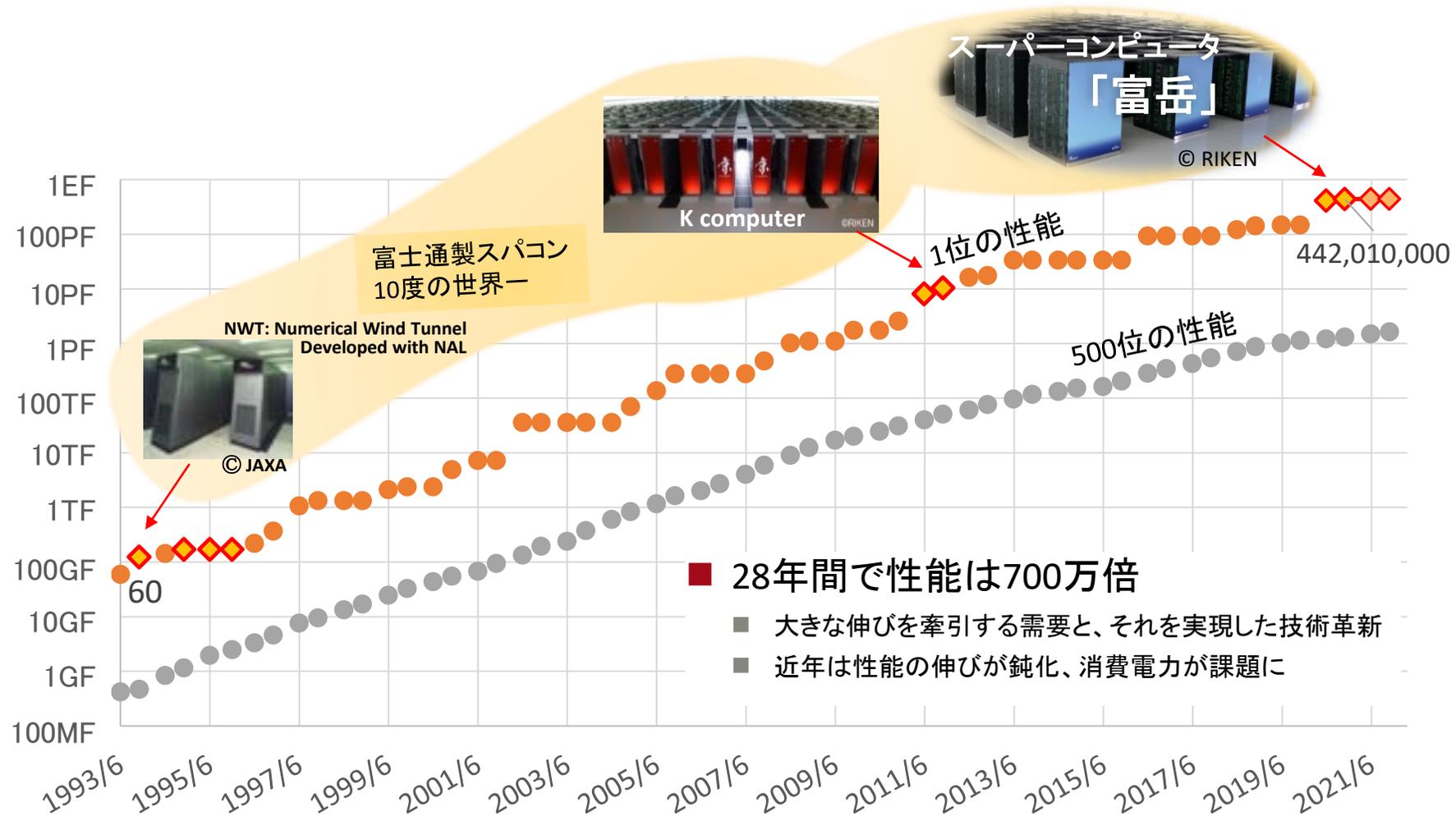
2022年 2月10日

技術研究組合光電子融合基盤技術研究所

田中 有

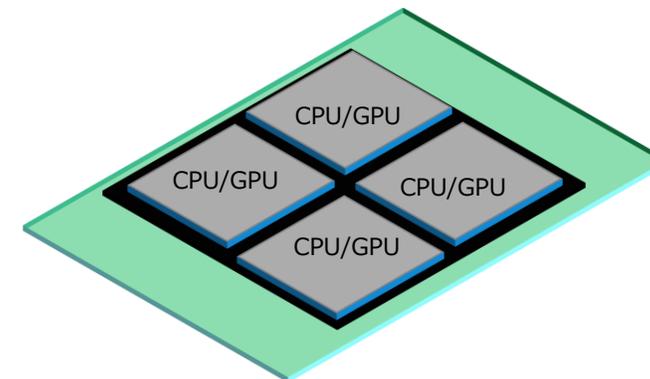


# スーパーコンピュータ 28年の性能推移



<https://www.top500.org/>

- チップレット、マルチチップ化
  - 半導体プロセスが微細化してもコストが下がらない
  - プロセッサと複数のチップレット（小さいダイ）で構成し、歩留まり改善
  - ヘテロジニアス・インテグレーション技術



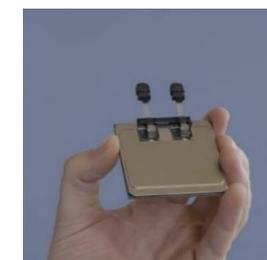
マルチチップ構成

- 高密度実装による省電力、大容量化

- 光モジュールのパッケージへの統合
  - 光をCPU近傍に設置し、省電力で大容量化を図る
  - 100Gbps/レーンに向けてCo-Packaged Optics(CPO), Near Packaged Optics(NPO)の開発/標準化が進む



<https://ranovus.com/odin-cpo-2-0-architecture/>

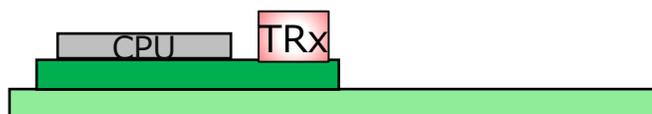


<https://ayarlabs.com/teraphy/>

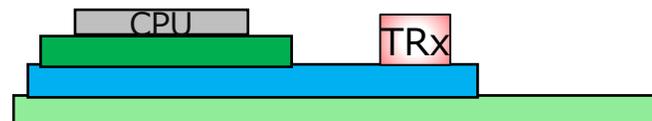


<https://newsroom.intel.com/news/intel-demonstrates-industry-first-co-packaged-optics-ethernet-switch/#gs.nbp8hw>

Co-packaged optics



Near-packaged optics



- 既存の有機基板を用いたインターポーザの課題

- CPU/システム高性能化で実装部品の大型化が進み、反りが増大しマルチチップ実装が困難
- 大きい誘電正接、表面粗さによる伝送損失が大きく、高速伝送が困難

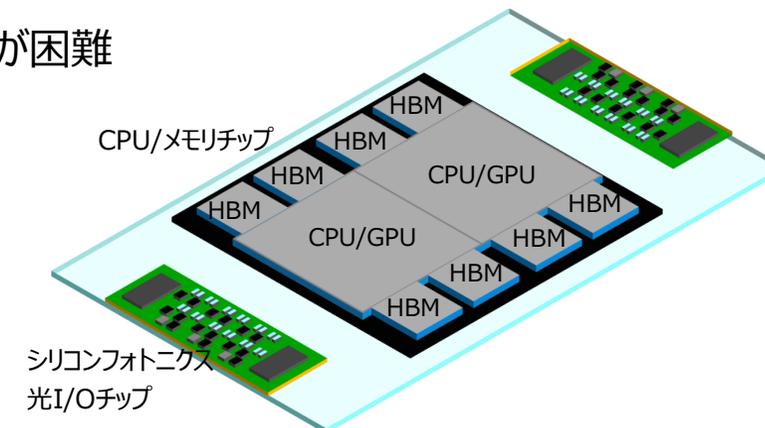
- ガラス基板による課題の解決

- 熱膨張率が低く、寸法安定性が高い  
→ 反りが小さく安定した実装プロセス  
CPU近傍へチップを多数搭載した高密度マルチチップ実装
- 小さい誘電率と誘電正接 → 非常に小さい誘電損失による高速伝送が可能

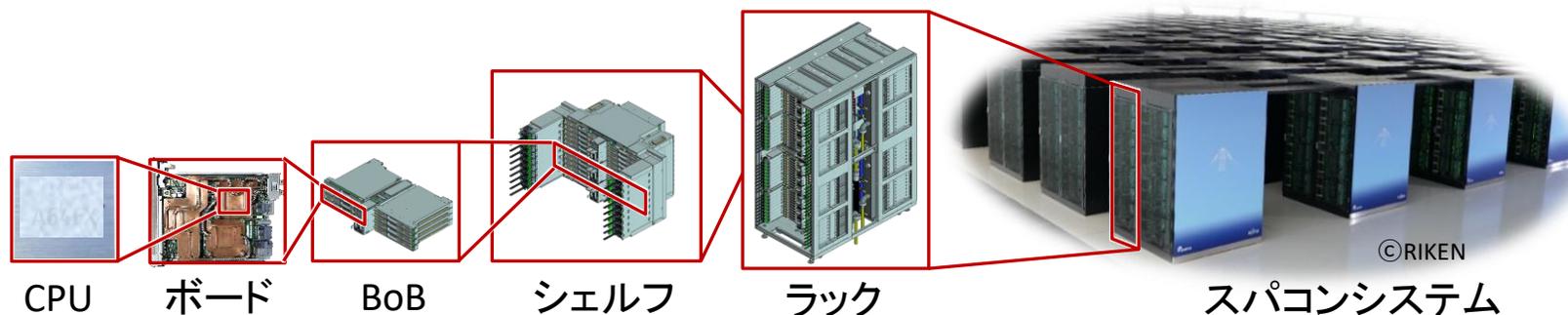
- 本プロジェクトの目的

ガラス基板光電子集積インターポーザを搭載した光電子融合サーバボードを試作、サーバ試作システムへ実装して高速動作実証を行う

光電子集積インターポーザ



**マルチチップ・高速伝送が可能に**



CPU

ボード

BoB

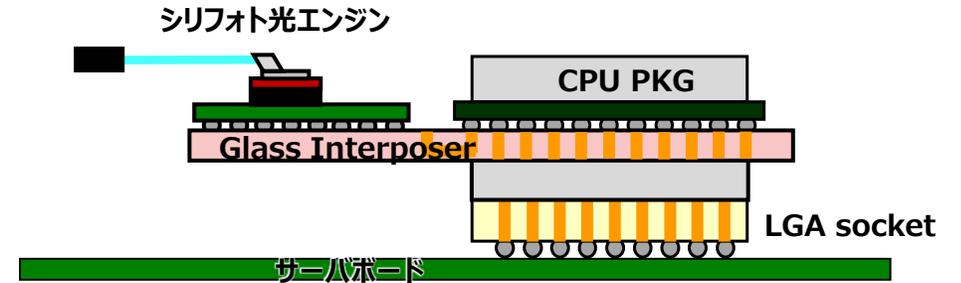
シェルフ

ラック

スパコンシステム

- ガラス基板上に高速光素子、富士採用CPUをマルチチップ実装

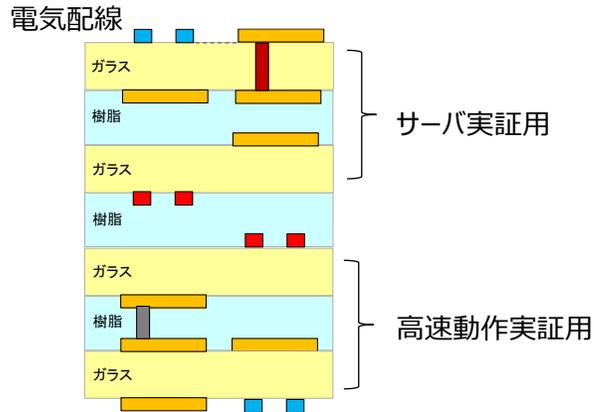
- シリフト光エンジン(光IOコア)を変換基板を介して高密度に実装
- ガラス基板はLGAソケットによりサーバボードに接続



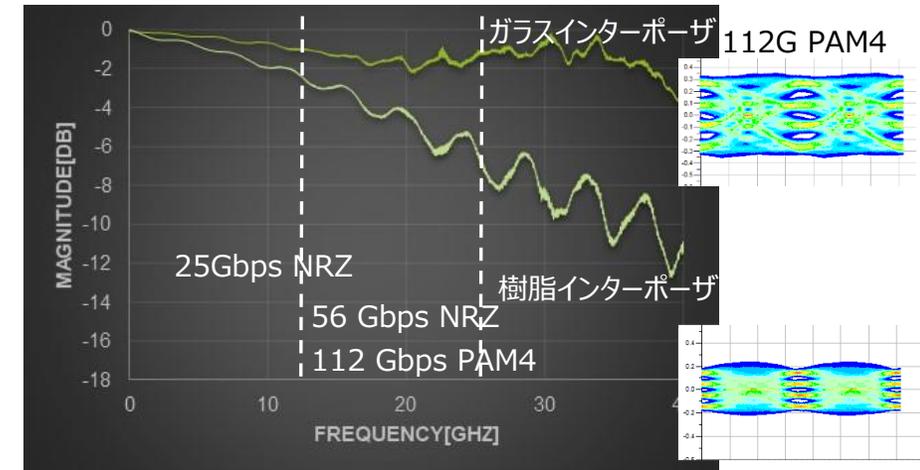
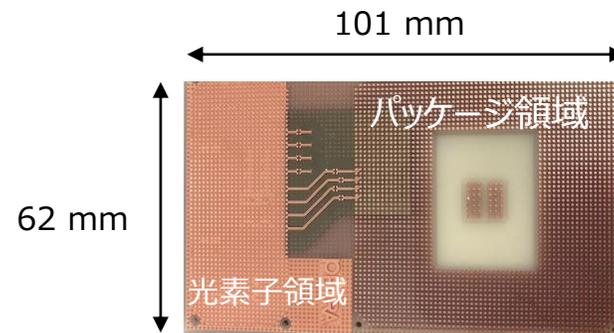
- ガラス基板光電子集積インターポーザの開発

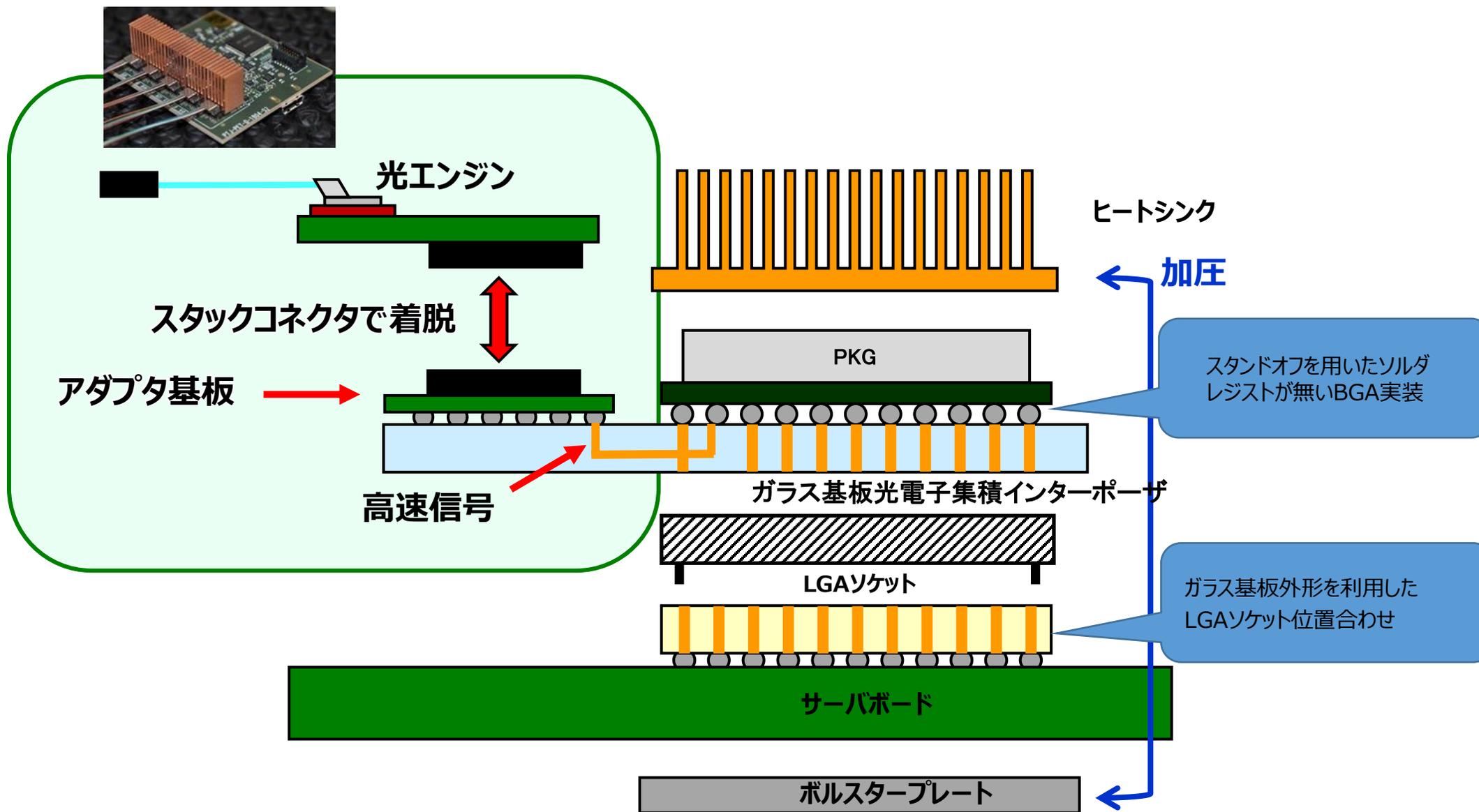
- ガラス4層構成：
  - 上2層が既存サーバボード動作(25Gbps/レーン x 4 チャンネル) 実証用、下2層が112Gbps/レーン高速動作実証用
- 試作上の課題解決：ガラスへの銅めっき密着改善、ガラスとガラスの層間接続、ビア用の穴をあけるためのエッチング加工技術改良
- 周波数特性評価：樹脂と比較して超高速伝送(112Gbps/レーン) が可能なことを確認

ガラス基板インターポーザ断面模式図



ガラス基板インターポーザ上面





- 高密度光電子変換ボード

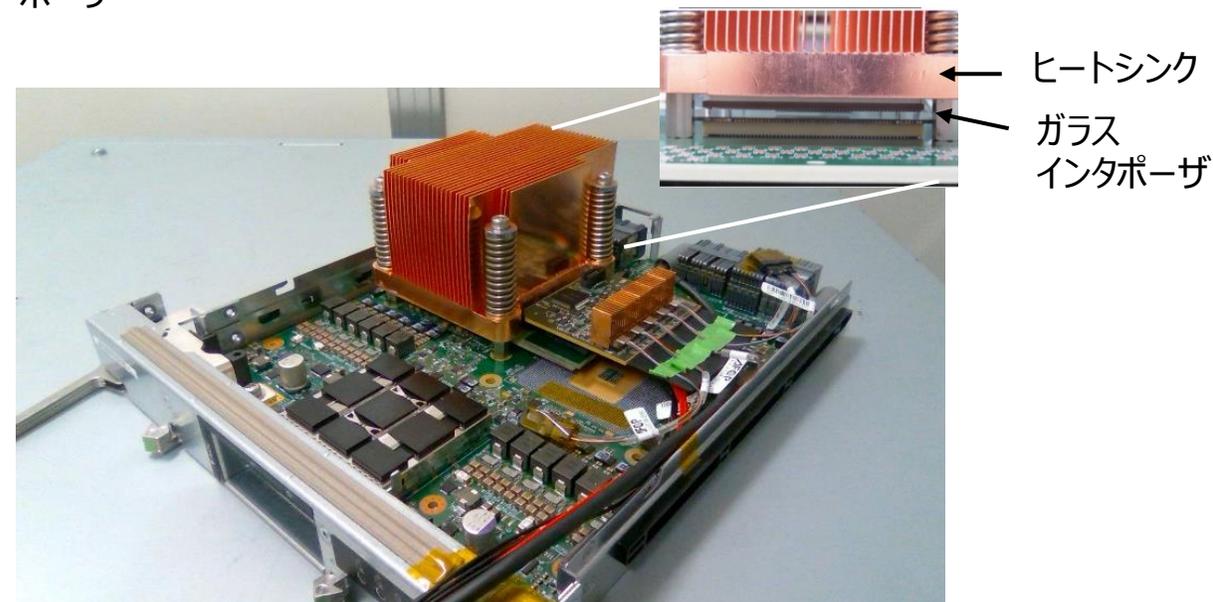
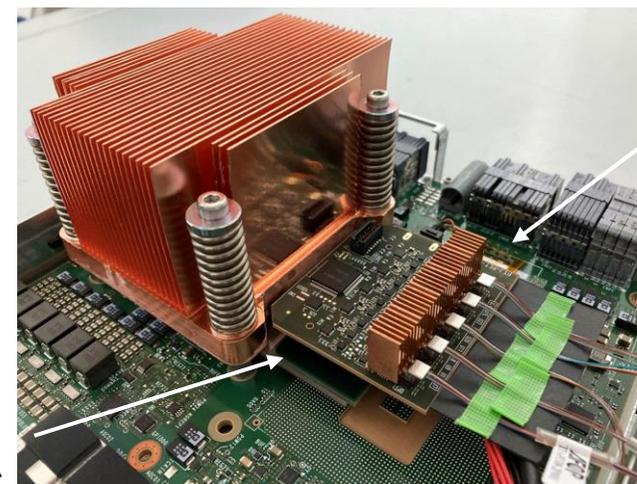
- 高密度シリコンフォトニクス技術  
光IOコア(100Gbps=25Gbps x 4 チャンネル)を5台搭載
- 200Gbps/cm<sup>2</sup>の高密度で実装

- 光電子集積インターポーザ

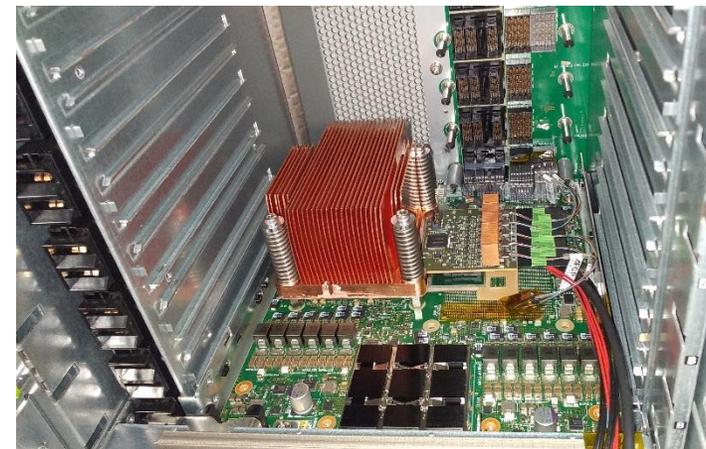
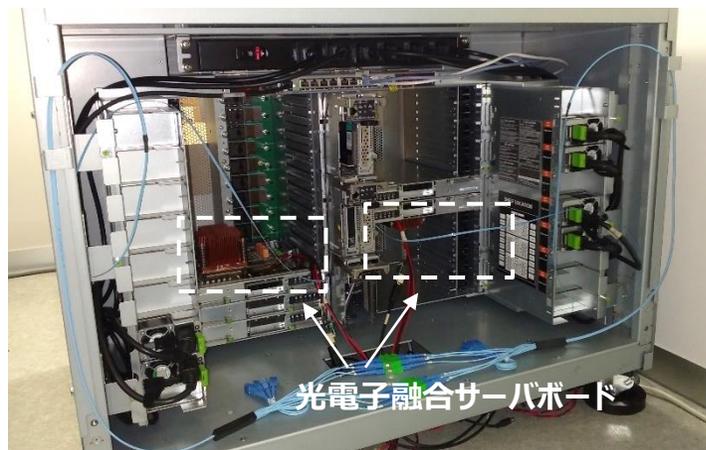
- 富岳採用CPUと光IOコアを集積光インタポーザ上に近接搭載
- CPUパッケージサイズ : 60 mm x 60 mm
- CPUと光IOコア間距離 : ~ 2 cm → NPO技術の実現

- 光電子融合サーバボードの試作

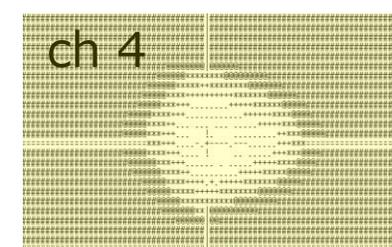
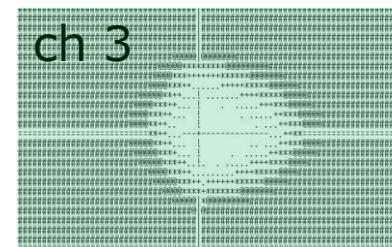
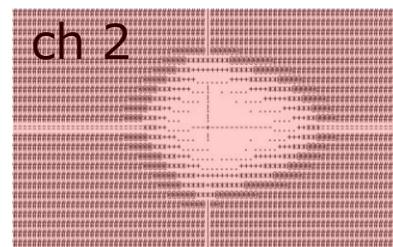
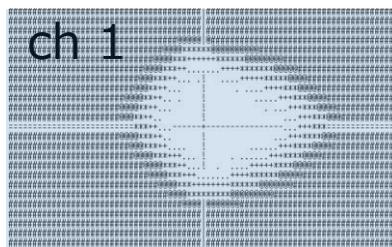
- 多ピン・大型LGAソケットを介して光電子集積インターポーザをサーバボードに実装
- サイズ : 20 cm x 30 cm



- 光電子融合サーバボードをサーバ試作システムのシェルフへ実装



- 二つの光電子融合サーバボードによる対向伝送
  - 富岳採用CPUからの25G電気信号を光信号に変換し、対向疎通を実現
  - 100Gbps (25Gbps x 4 ch) 動作を確認



光電子融合サーバの既存システム実装技術の確立

- 温度無依存WDM合分波技術による64波スケーラビリティを実証

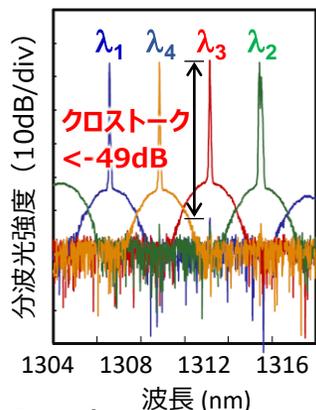
## 4波分波器

モニタ受光器と制御ICによる  
自動制御型WDM合分波  
チップの開発

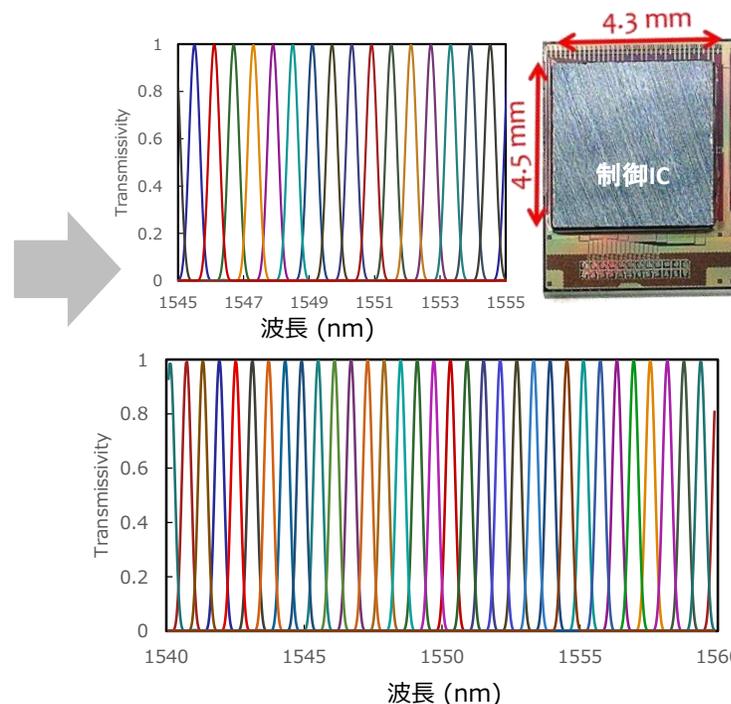


シリフォトWDMチップ(5mm x 7mm)

~50dBの超低クロストークを実現

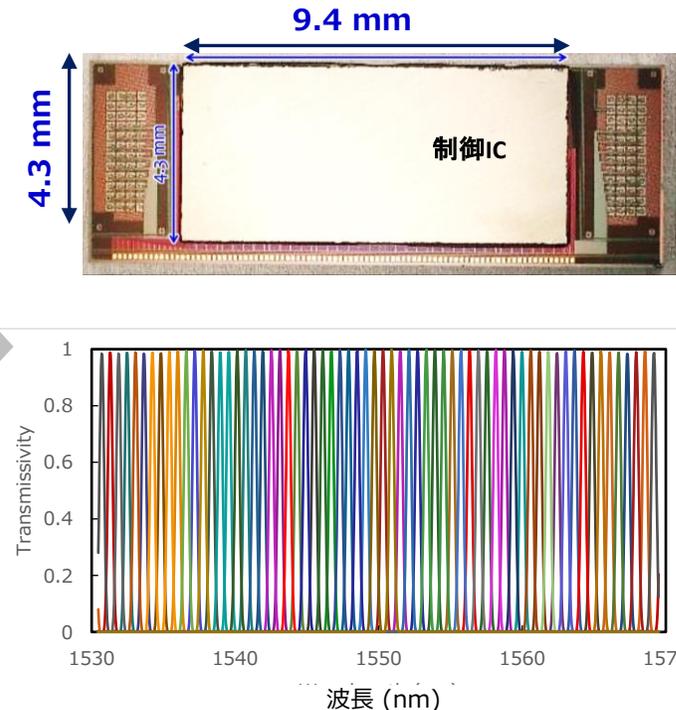


## 16/32波長分波器



T. Akiyama et. al Optics Express (2021)  
動作確認済 OFC2022のPD投稿予定

## 64波分波器



112Gbps×16波WDMチップをガラス基板光電子集積インターポーザ上にマルチチップ実装 ⇒ 10Tbps伝送が実現

- CPU/システム化の高性能化によるモジュール大型化は必須のトレンドであり  
既存の有機基板では高密度実装・高速伝送に課題
- ガラス基板光電子集積インターポージャを用いた高密度実装・高速伝送を可能とする  
光電子融合サーバボードの試作
- ガラス基板の112Gbps高速特性を確認
- サーバ試作システムに2つの光電子融合サーバボードを実装し100Gbps（25Gbps x 4ch）伝送を確認
- WDMスケーラビリティ技術を融合することで10Tbps光電子融合サーバボードの実現が可能

PETRA