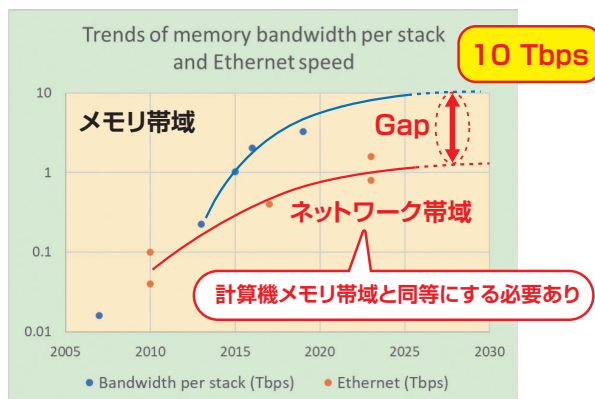
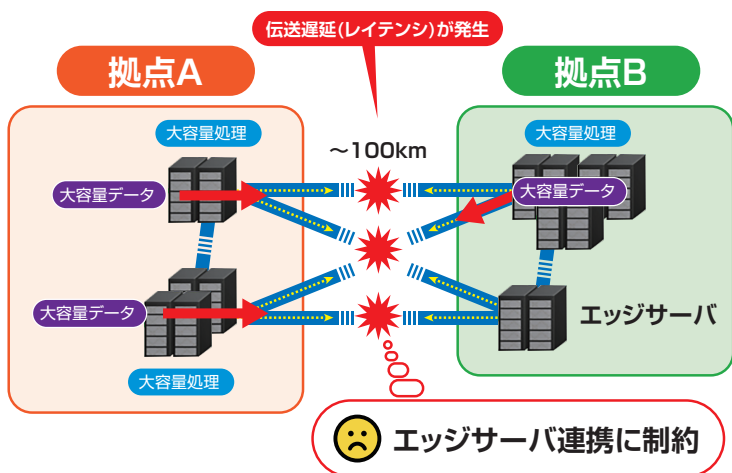


# 異種材料集積光エレクトロニクスを用いた高効率・高速処理分散コンピューティングシステム技術

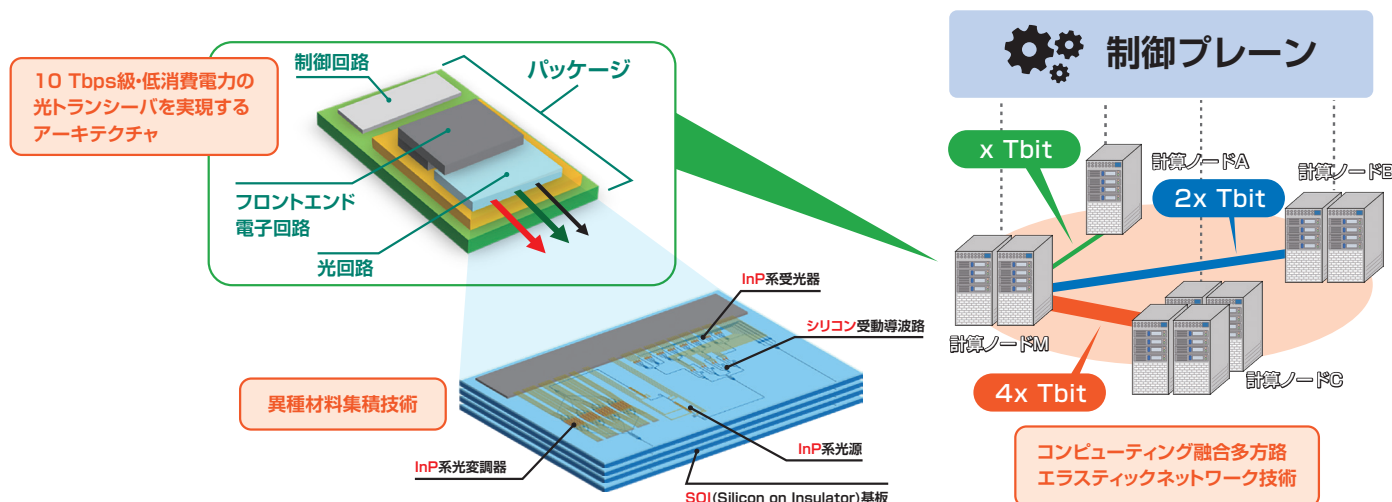
## 現状ネットワークでの分散処理の課題



- エッジサーバ間のデータ同期において制約あり(通信速度・レイテンシの制約)
  - ① 10 Tbps級の通信速度で、② 低消費電力(<10 pJ/bit)のデータ転送が必要
  - ③ エッジサーバ間のレイテンシを管理してデータ同期を実現するモデルウェアが必要
- サーバ性能の違いによる非効率化が発生
  - ④ 接続したサーバの処理速度に合わせて、データ転送する帯域を可変での割り当てが必要

## 提案する次世代分散コンピューティングシステム

- 課題①、②の解決手段
  - 複数の半導体材料の利点を活かせる異種材料接合を利用した光集積回路を実現する異種材料集積技術
  - 10 Tbps級・低消費電力(<10 pJ/bit)の光トランシーバを実現するためのアーキテクチャ
- 課題③、④の解決手段
  - 複数拠点で共有する分散データベースにおいて高速・高信頼のデータ同期を実現し、接続サーバの能力を最大限活かすためのコンピューティング融合多方路エラスティックネットワーク技術



この研究開発は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務(JPNP16007)として実施しています

# 異種材料集積技術- 1

## 異種材料集積デバイスの利点と目的

10 Tbpsの超高速動作と低消費電力を両立する光集積回路の実現に向けて、III-V族半導体とシリコン半導体それぞれの利点を活かし、**適材適所に配置することで、単一材料光デバイスの特性限界を打破する**

### 異種材料集積の優位点

項目	III-V族半導体	シリコン	異種材料集積
動作速度	○	×	○
駆動電圧	○	×	◎
受光感度	○	△	○
光損失	△	○	○
小型化	△	○	○
集積率	△	○	◎
大面積化(コスト)	×	○	○

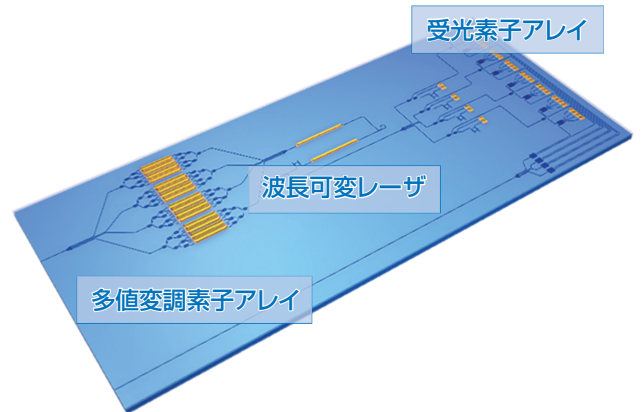
高速化・低消費電力化はIII-V族半導体が得意

III-Vの高速性を活用し、シリコンによる小型化・調音面積縮小により低消費電力化

小型・大規模集積はシリコンが得意

レーザー光源、増幅器の集積が可能

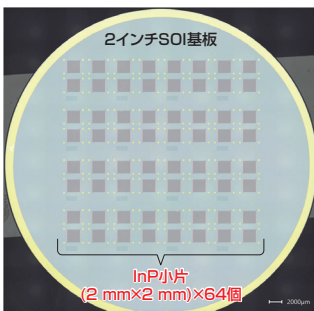
### III-V/シリコン異種材料集積光回路



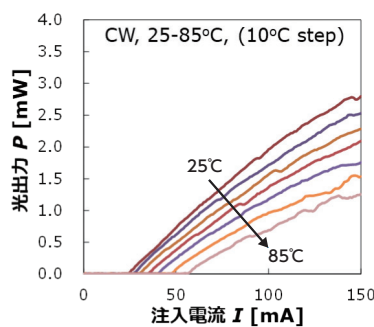
異種材料集積光デバイス開発のための**プロセスラインを構築し**、10 Tbps級・低消費電力光伝送システムの構築に不可欠な大規模光集積回路の実現を目指す

## 多機能集積に向けたIII-V族半導体(InP)小片/Si基板接合技術

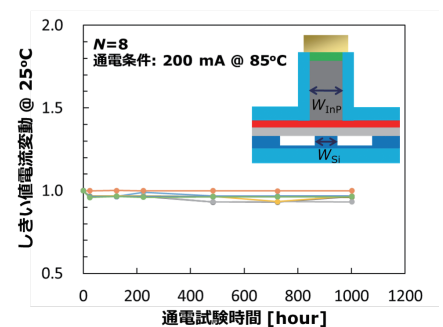
### 小片接合後ウェハ全体写真



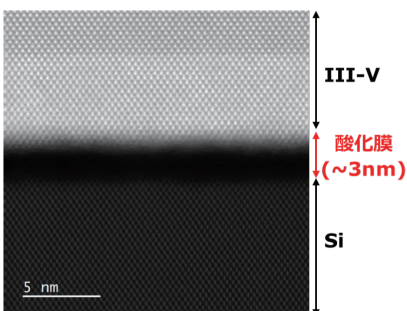
### 小片接合適用レーザーのI-L特性



### 通電試験後のしきい値電流変動



### 接合界面STEM像



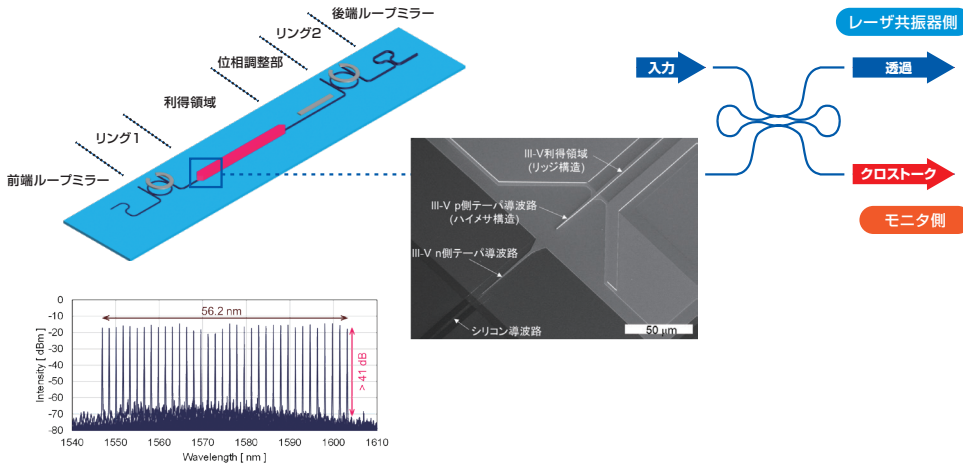
- オゾン照射による親水化処理を用いることにより、接合面への**ダメージが少ない(特性劣化を抑制)小片接合**を実現
- InP小片/Si接合レーザーの**連続動作(室温~85°C)**を達成
- 信頼性試験において、**1,000時間以上の安定動作(しきい値電流変動率±10%以内)**を確認

この研究開発は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務(JPNP16007)として実施しています

# 異種材料集積技術-2

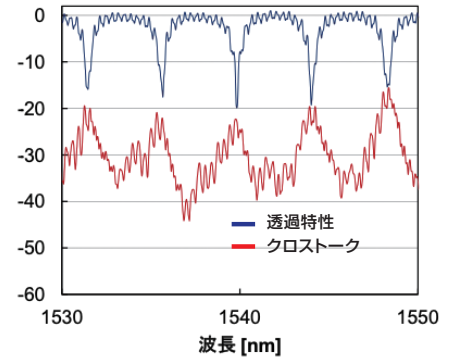
## 低消費電力波長可変レーザ開発

### III-V族/Si異種材料集積波長可変レーザ



- III-V族/Si光結合部に波長依存性の小さいテーパ導波路を有する二段リッジ構造を導入  
広波長域動作(56 nm)と全波長域で単一モード動作を実現
- スペクトル線幅: 187 kHz (@100 MHz)

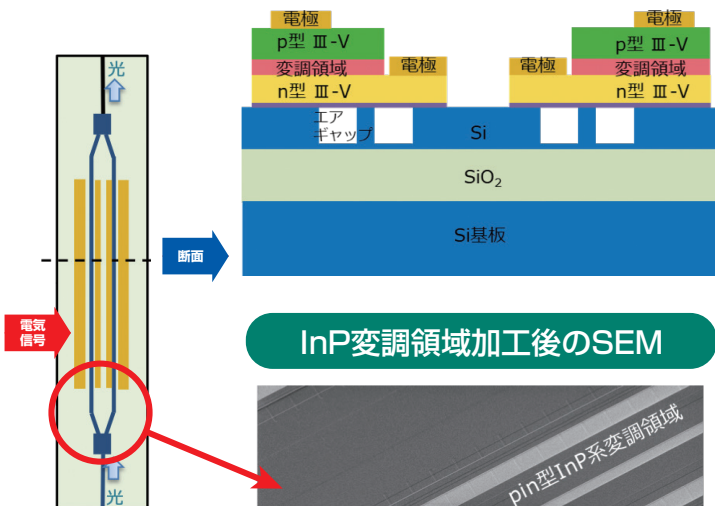
### モニタ集積波長フィルタ



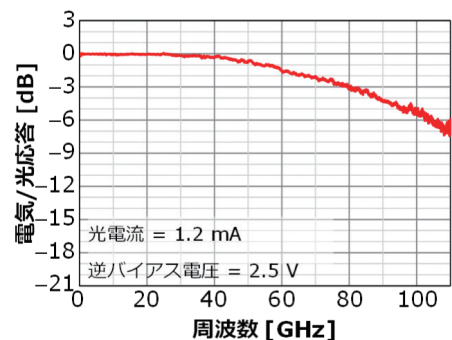
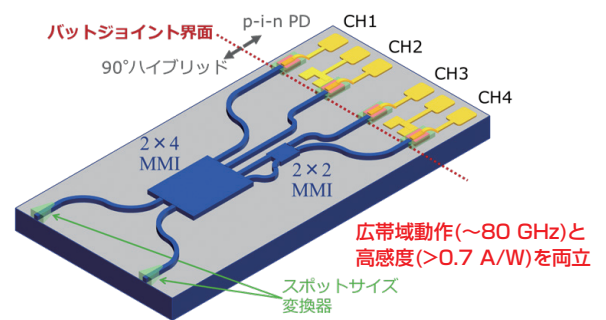
モニタ側とレーザ共振器側で独立して共振スペクトルを観察可能な波長フィルタを実現

## 広帯域・高効率変調器/受光器開発

### III-V族半導体/Si導波路変調器構造



### InP系光ミキサー集積受光器



この研究開発は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務(JPNP16007)として実施しています

# 10 Tbps級低消費電力光トランシーバ技術-1

## 10 Tbps級・低消費電力光トランシーバのアーキテクチャ

コヒーレント光トランシーバの大容量・低消費電力化に貢献する新しいアーキテクチャを実現するため2つの技術を研究開発しています

### ① 送受信光フロントエンド技術

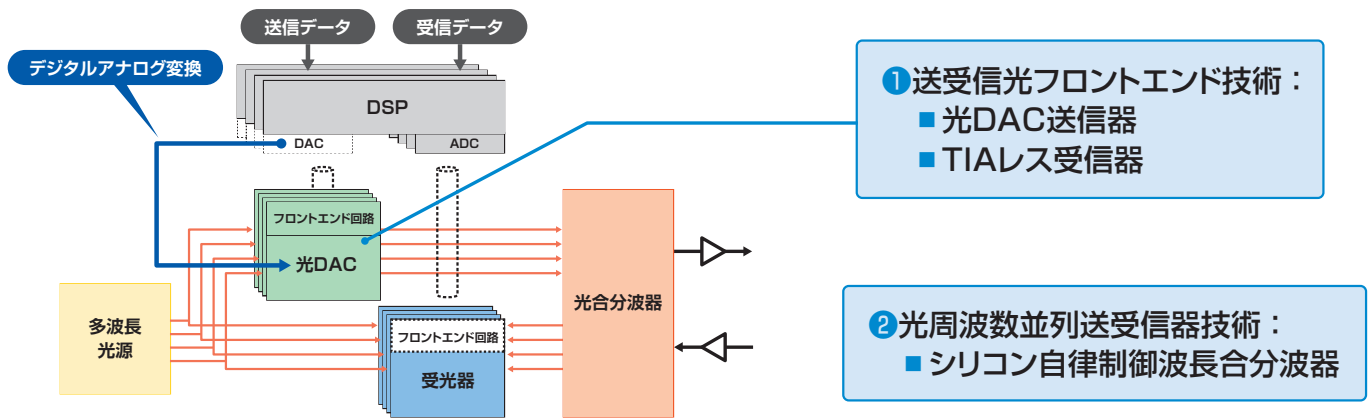
電子回路機能 (DSP, DAC, ADC) の一部を光回路にオフロード

→ 電子回路の電力負荷を低減して低消費電力化

### ② 光周波数並列送受信器技術

大容量光信号を多数の光サブキャリアに分割して並列処理

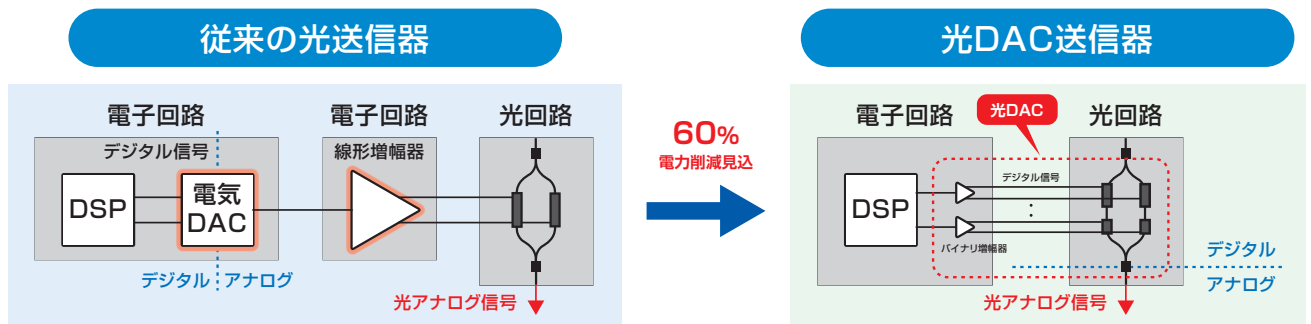
→ 回路高速化のみに頼らず大容量化、DSPの一部機能を削減して低消費電力化



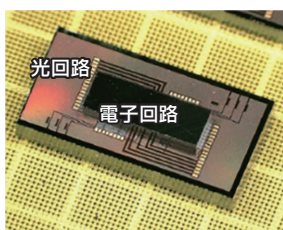
## 光DAC送信器

これまで電子回路で実施していたデジタル→アナログ変換 (DAC) を光回路内で実現

→ 電気DAC、線形増幅器が不要となり低消費電力化

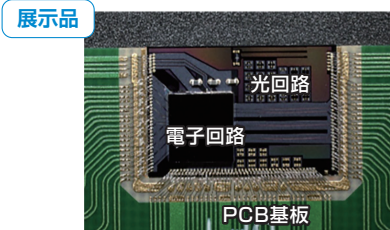


1次サンプル 2bit 32Gbaud



32Gbaud 16QAM コンスタレーション	
電力効率 [pJ/bit]	2.0 (従来比 約1/10)

2次サンプル 5bit 64Gbaud



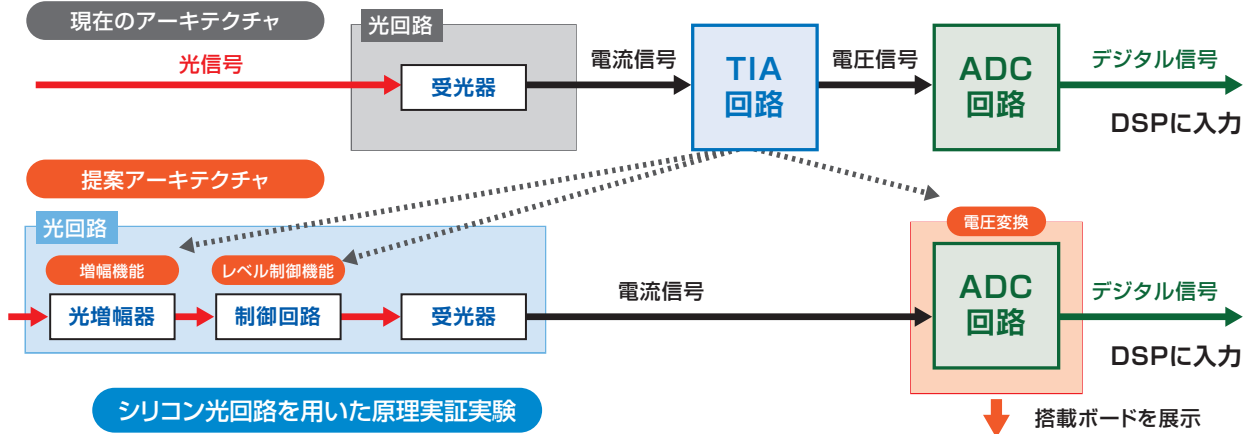
この研究開発は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託業務 (JPNP16007) として実施しています

# 10 Tbps級低消費電力光トランシーバ技術-2

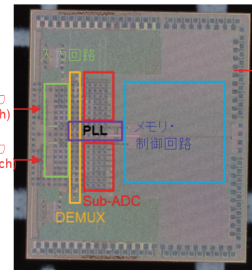
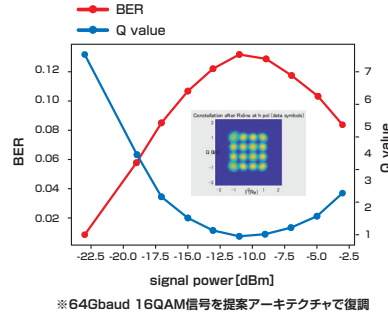
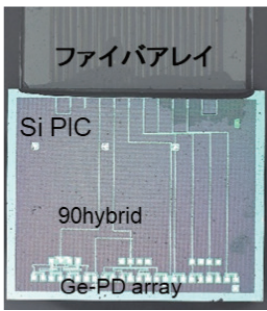
## TIAレス受信器

これまで電子回路で実施していた信号増幅、レベル制御を光回路内で実現

→トランスインピーダンス増幅回路(TIA)が不要となり低消費電力化



### シリコン光回路を用いた原理実証実験



電流入力ADC回路試作チップ

搭載ボードを展示

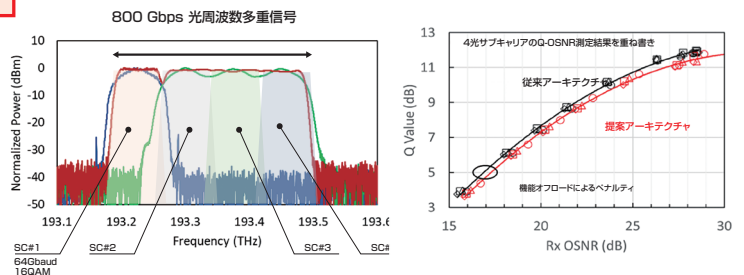
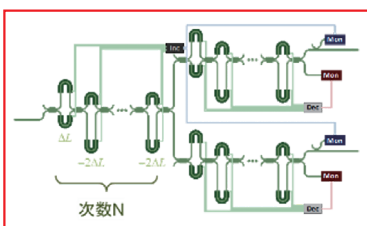
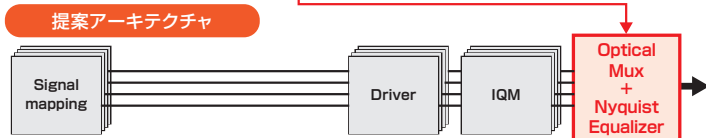
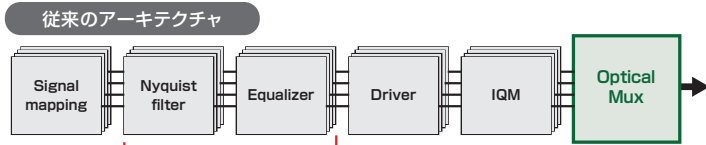
## シリコン自律制御波長合分波器

高性能な光合分波器を光回路に集積してコヒーレント光トランシーバの並列集積化を実現

→回路高速化のみに頼らずトランシーバを大容量化

DSPの一部機能を光合分波器にオフロードして低消費電力化

### 模擬システムを用いた原理実証実験

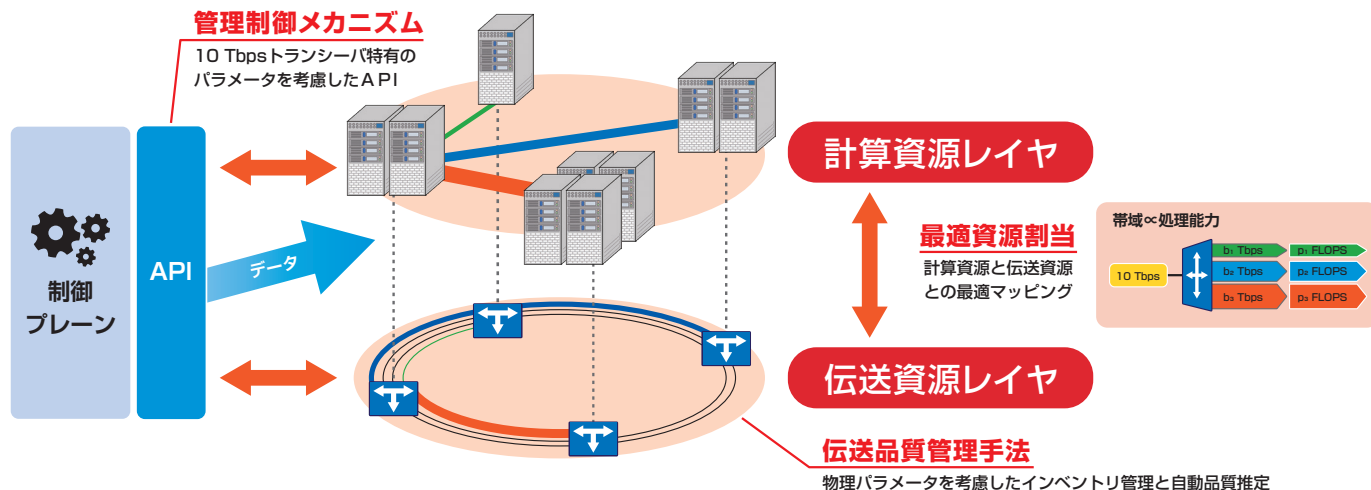


この研究開発は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託業務 (JPNP16007) として実施しています

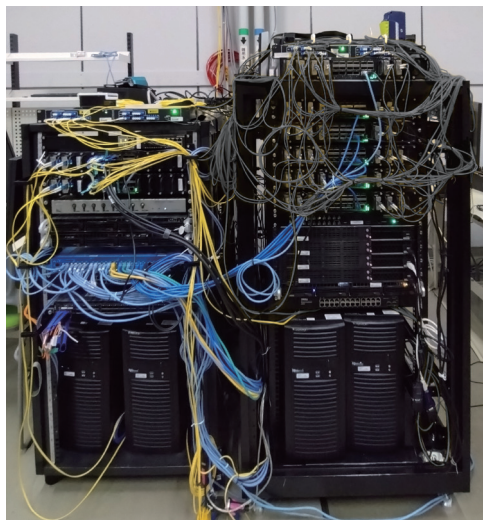
# コンピューティング融合多方路エラスティックネットワークアーキテクチャ技術-1

## 研究概要・目標

- 計算資源とデータ転送とを考慮した伝送資源最適割当手法の研究開発
- 適応的な光パスの設定及び解除に必要となる伝送品質管理手法の研究開発
- 計算資源と伝送資源とを統合的に扱う管理制御メカニズムの研究開発
- 最終目標: 10Tbps級光トランシーバの低消費電力性とエラスティック性を活用した最適資源割当により、分散コンピューティングにおけるデータ転送効率4倍以上を目指します  
資源割当手法・伝送品質管理手法・管理制御メカニズムの連携動作を実現します



## 実験環境

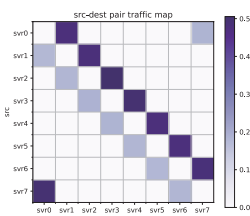


- ホワイトボックスパケットトランスポンダとサーバーNICとを直結し、最小化したデータセンタ間通信遅延を模擬
- 最大8.6Tbpsの伝送容量をテスト可能
- 2x100GbEのNICを備える8台のサーバーを用いて分散コンピューティングベンチマークを稼働

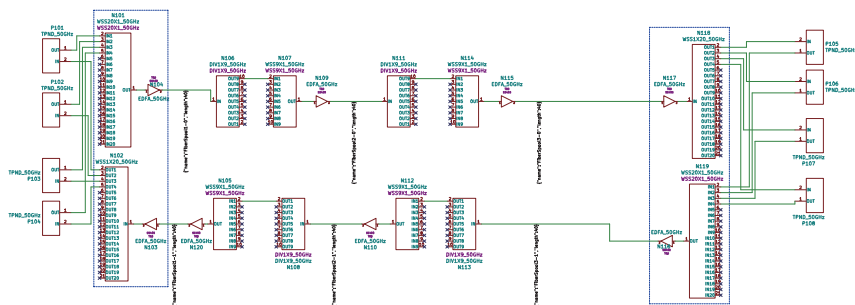
## 研究開発進捗

- 実験環境においてMPI用ベンチマークを稼働
- 最適資源割当におけるネットワークシナリオ検討のためサーバー間通信トラフィックパターンを計測(右図)
- サーバー設定(NIC、OS、BIOS、ドライバ、Library等)トランスポンダ装置設定(トラフィック制御等)の組合せによるベンチマークパフォーマンスやCPU使用率の違いなど、**コンピューティングとネットワークを融合**する際に考慮が必要となる様々な条件を詳細評価
- Functional Block-based Disaggregation(FBD) モデルを拡張し、各光コンポーネントの損失や利得などの物理パラメータ情報をトポロジ情報に組込
- オープンソースのGNPyをベースに信号品質自動推定

計測通信パターン:BT, ClassD



物理パラメータを考慮するFBDモデル



この研究開発は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務(JPNP16007)として実施しています

# コンピューティング融合多方路エラスティック ネットワークアーキテクチャ技術-2

## 世界初 ロングランザクシオン可能なRDBMS “劔”

### ● 国産RDB “劔” (Tsurugi)とは

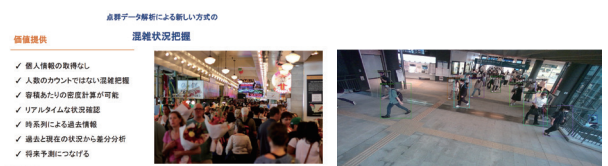
- OSS RDBMS
- RDBでもっとも強力な一貫性を担保(serializable)
- コンテンションが低い場合は楽観処理を行い、KVS相当の高いパフォーマンスを出す
- Write-heavyなバッチ処理に極めて強く、オンライン処理との併存が可能 → 「夜間バッチ処理」が不要!
- フロントRDBとしてPostgresが提供 → 導入コスト削減
- プロトタイプアプリと一緒に提供されるため、プラグマティックなRDBになっている

## “劔” (Tsurugi)の実証実験

### ● “劔” (Tsurugi)はこんなところでも役立っています

#### 1. IoTデータのリアルタイムDB

- LiDARの収集データを活用し混雑状況を把握
- 収集するデータの逐次処理を実現(リアルタイム処理)



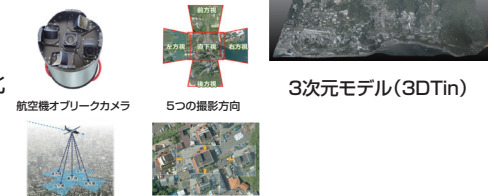
人数カウント

#### 2. e-Scienceへの適用

- 最新かつ大量なデータを用いた複雑なクエリワークロードを利用したスキーマ推薦と大規模データ分析
- 現在のPostgreSQLクラスターでは遅い(遅すぎる)クエリの高速化
- 大量のデータを用いた探索的データ分析
- 巨大テーブルを用いての時間軸方向の探索的データ分析

#### 3. 災害発生後の初動・応急対策段階での活用

- 航空機オプリークカメラからの画像データから3DTin生成時間短縮
- 初動段階から応急段階における広域な情報およびプラットフォームの提供を迅速化
- オプリークカメラ画像による3DTin生成時間短縮
- 自動オブジェクト抽出による付加情報抽出



3次元モデル(3DTin)

#### 4. 生産性向上への適用

- 二種類の業務系バッチ処理アプリケーションを準備し、以前であれば、夜間バッチ処理になっていたものを、日中の任意の時間に実行し、かつオンライン処理を止めないようにしました
- BoM 食品製造業のバッチ処理
- 請求処理計算 テレコム系 CDR・パケットの集計・料金計算バッチ

## “劔” (Tsurugi)の今後

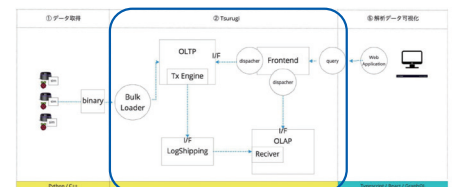
### ● 分散環境に対応した高速データベースを目指します

- 複数の数の RSA(Rack Scale Architecture)でシステムを構成
  - 単一 DC 内で、複数の RSA を跨いだ分散処理
  - 100km 範囲内の DC 間の複数 RSA を利用した分散処理

- ノード間replicationを行うミドルウェアを前提として、LiDARを利用したプロトアプリケーションを実装

現在、公共系のデータをLiDARで扱い、人流解析を行うアプリケーションが実際にリリースされています  
この入力処理は、試験的にTsurugiで行っているが、これを分散処理へ拡大していくことを計画しています

将来的に、遠距離にも関わらず低遅延での「公共施設・場所」の人流などの状況を、  
天候等の自然状況に依存せずに把握することができ、近い将来の自動運転等の社会インフラになることを目標とします



複数の LiDAR 端末からアップロードされた点群データを、マイクロバッチでMaster OLTPで処理し、その結果を OLAP に replication します。  
replication 先のサイトではその replica を利用することができます。

“劔” (Tsurugi)に関するご質問、お問い合わせ  
株式会社ノーチラス・テクノロジーズのコーポレートサイトより  
承っています。



“劔” (Tsurugi)に関する詳細・解説  
株式会社ノーチラス・テクノロジーズの公式YouTubeにて、  
神林飛志による解説動画を公開しています。ぜひご覧ください。



この研究開発は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務(JPNP16007)として実施しています