

# 通信性能の飛躍的向上を活用した ポストムーア時代の新しいアーキ テクチャ

東京大学情報基盤センター  
工藤知宏

## 共同研究者

- 東京大学情報基盤センター
    - 全体アーキテクチャ：工藤知宏
  - 産業技術総合研究所電子光技術研究部門
    - 光ネットワーク：並木周、石井紀代、来見田淳也、須田悟史
  - 産業技術総合研究所情報技術研究部門
    - ソフトウェアアーキテクチャ：高野了成
  - 国立情報学研究所
    - オンチップネットワーク、インタコネクションネットワーク：鯉渕道紘、藤原一毅
-

# 概要

- ポストムーアへのアプローチ
  - More-than-Moore
- 従来システムにとらわれずゼロから考え直した新しいアーキテクチャが必要
- フローセントリックコンピューティング
  - 光通信技術による通信性能向上を生かす新しいアーキテクチャ
  - データセンター(DC)/スーパーコンピュータ(SC)全体を一つのOSによって一括管理
  - データプレーンとコントロールプレーンの分離

# アプローチ

- 広域網で使われる光通信技術をデータセンターに導入し、ムーアの法則の壁を破る
    - 広域網ではDWDMにより数十Tbps/fiberの通信が実用化されている
    - この技術をデータセンターに適用すれば100~1000倍の通信帯域の向上が可能になる
    - 通信と計算のバランスが劇的に変化する
  - サイズ・コスト・消費電力
    - シリコンフォトニクス技術が鍵
    - CMOS LSIと同じ技術で光回路を構築
-

# 波長バンク方式によるWDMインターコネク

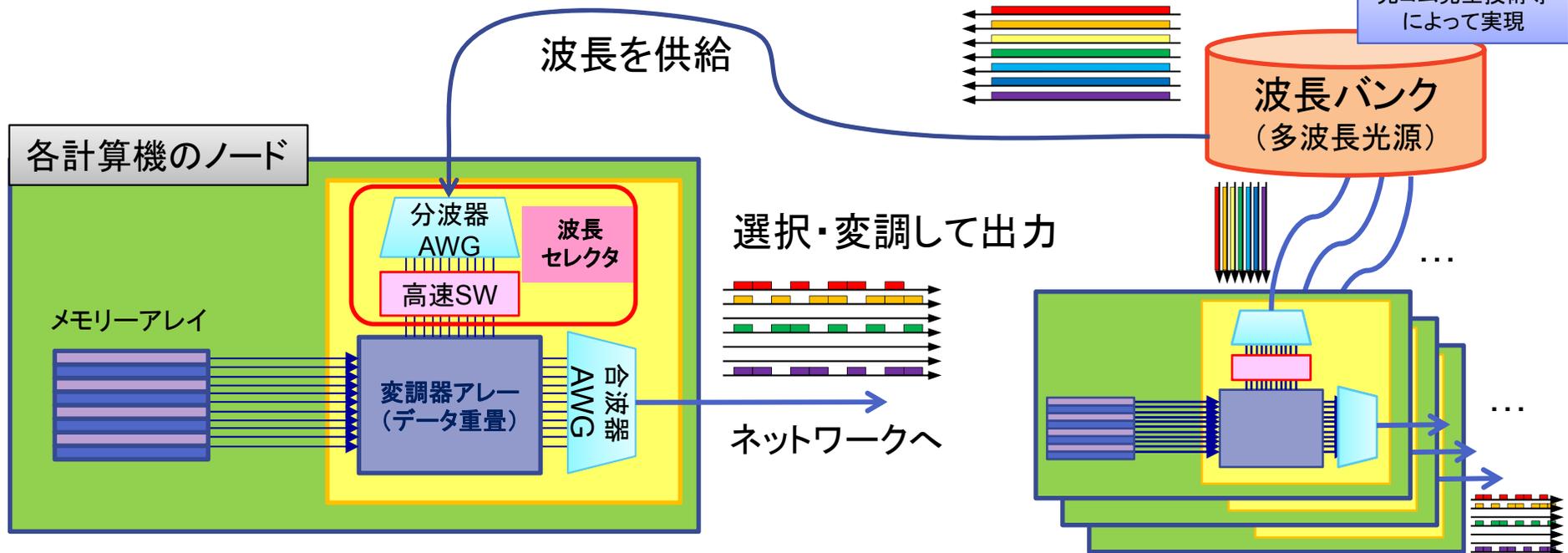
- 波長バンク方式とは:

- ✓ 多波長光源(波長バンク)を一か所に設置し、各光インターコネクへ分配
- ✓ 各光インターコネクでは、適切な波長を選択し、データを重畳(変調)

- 高性能・低コスト化・ダウンサイズを同時に実現

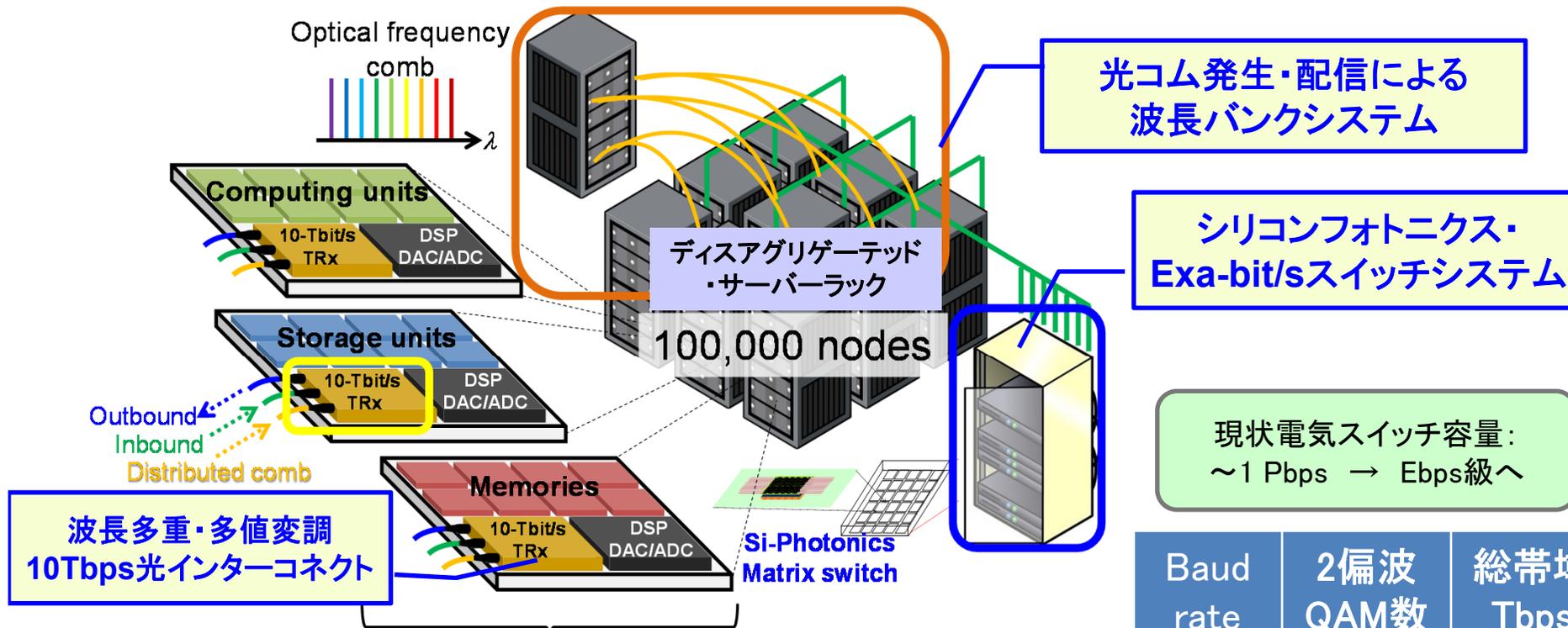
- ✓ 各光インタコネクに光源が不要
- ✓ 高価な波長可変光源を、安価な「波長セレクタ」で置換
- ✓ シリコンフォトニクス技術のみで実現可能(異種半導体が不要)

波長バンクは  
光コム発生技術等  
によって実現



目標値: 50Gbps x 100ch = 5Tbps/fiber

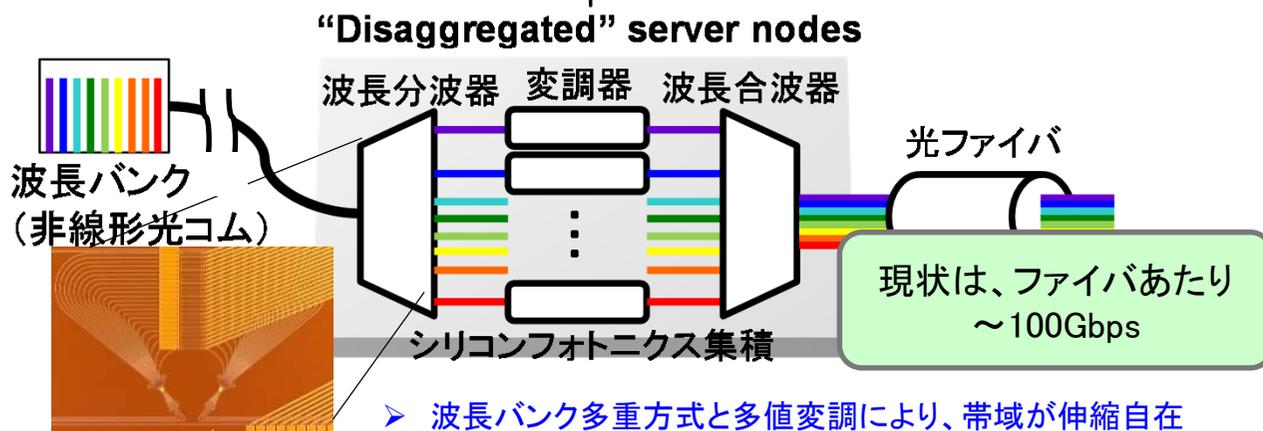
# エクサビット光ネットワーク技術開発



現状電気スイッチ容量:  
~1 Pbps → Ebps級へ

Baud rate	2偏波 QAM数	総帯域 Tbps
20 G	64	7.68
20 G	256	10.24
32 G	64	12.29
<b>56 G</b>	<b>16</b>	<b>14</b>

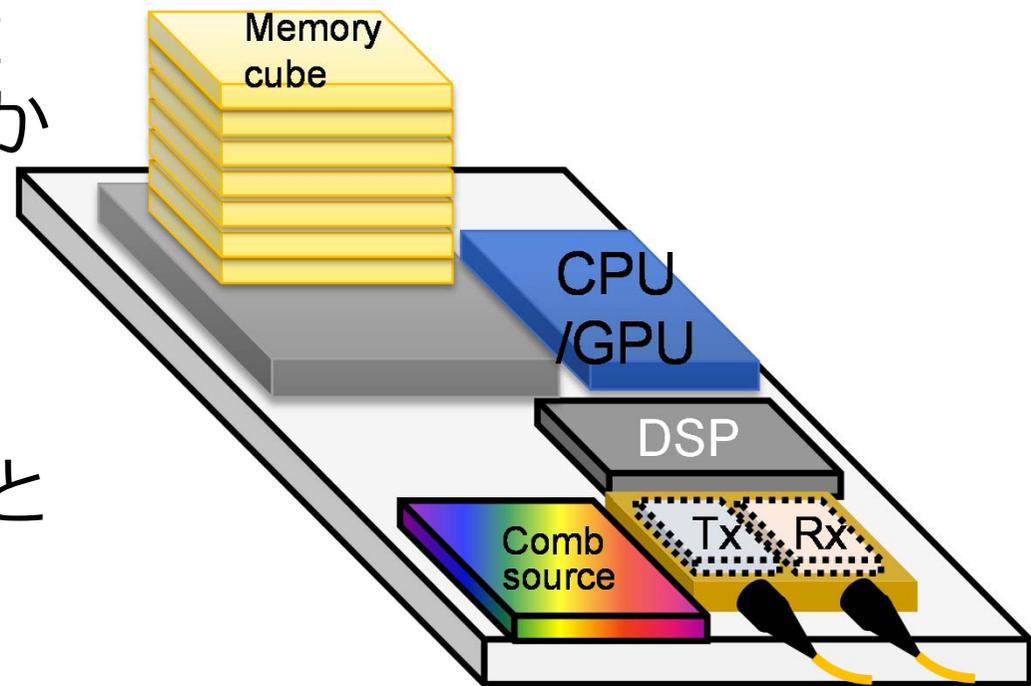
※波長数:32に対する



➤ 波長バンク多重方式と多値変調により、帯域が伸縮自在

## 広帯域光通信を使いこなすには

- 現在の計算機システムは、I/Oが遅いことを前提に作られている
  - CPUなどの処理装置とI/Oをどうつなぐかを根本的に考え直す必要がある。
- チップ内の処理装置とI/Oをどうつなぐか
  - オンチップネットワーク・インタポーザ
- I/O性能を考慮したI/OアーキテクチャとOSの構築



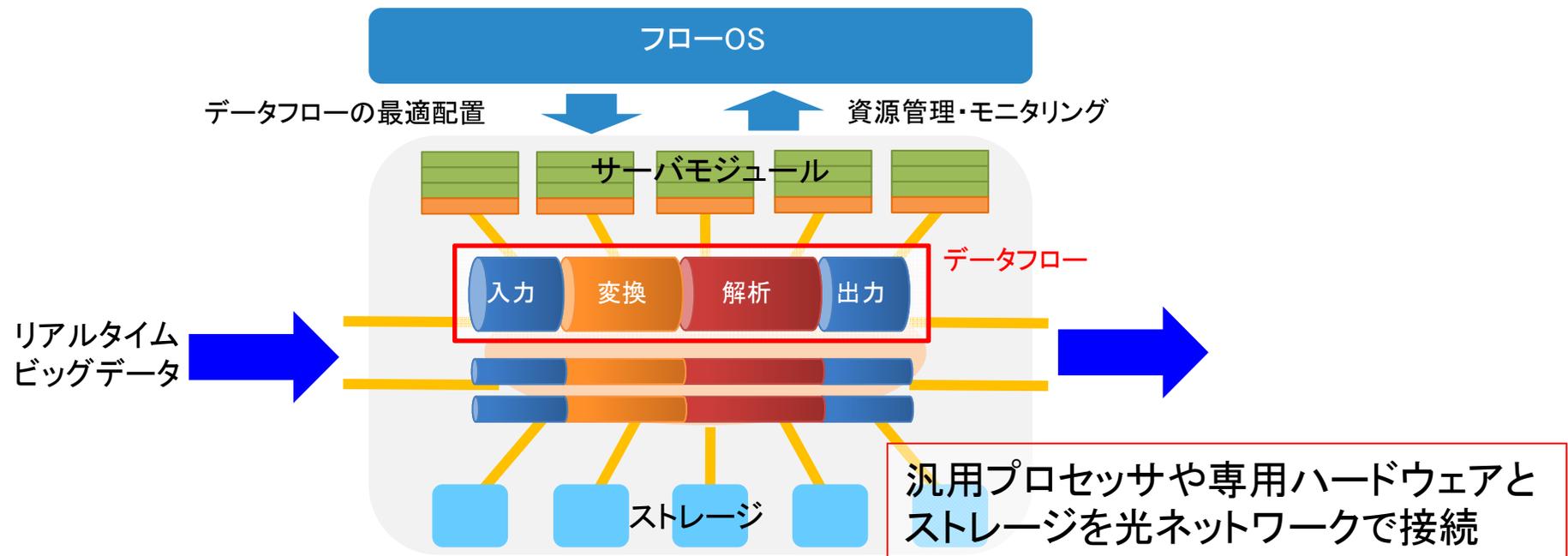
# フローセントリックコンピューティング

- スクラッチから設計するデータプロセッシング基盤
  - 無駄を省いて高効率化
    - データ転送とデータ処理を密に結合
    - データフローとコントロールフローを分離
    - ジョブに対して、占有できるハードウェアをプロビジョニング
  - 柔軟な「クラウド型」データ処理基盤
    - CPU/GPU/FPGAなどの計算装置と、様々な記憶装置をDisaggregateして、高速ネットワークで接続
    - 性能が保証された“Slice”をオンデマンドに提供
    - 占有ハードウェアをアプリケーションに提供
      - 「共有」のためのオーバヘッドを排除

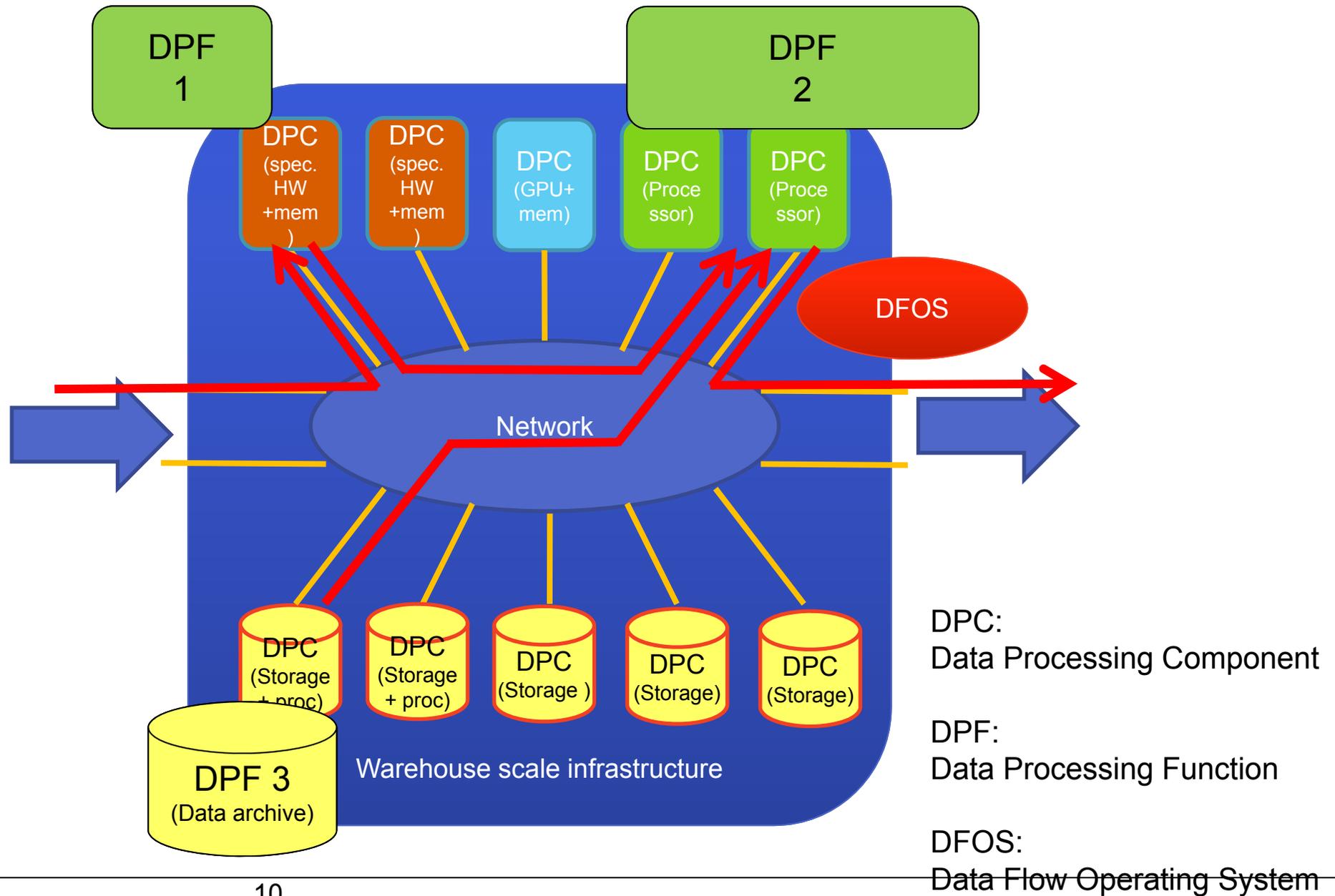
# フローセントリック・ コンピューティング

①DC/SC全体を一つのOSで一括制御

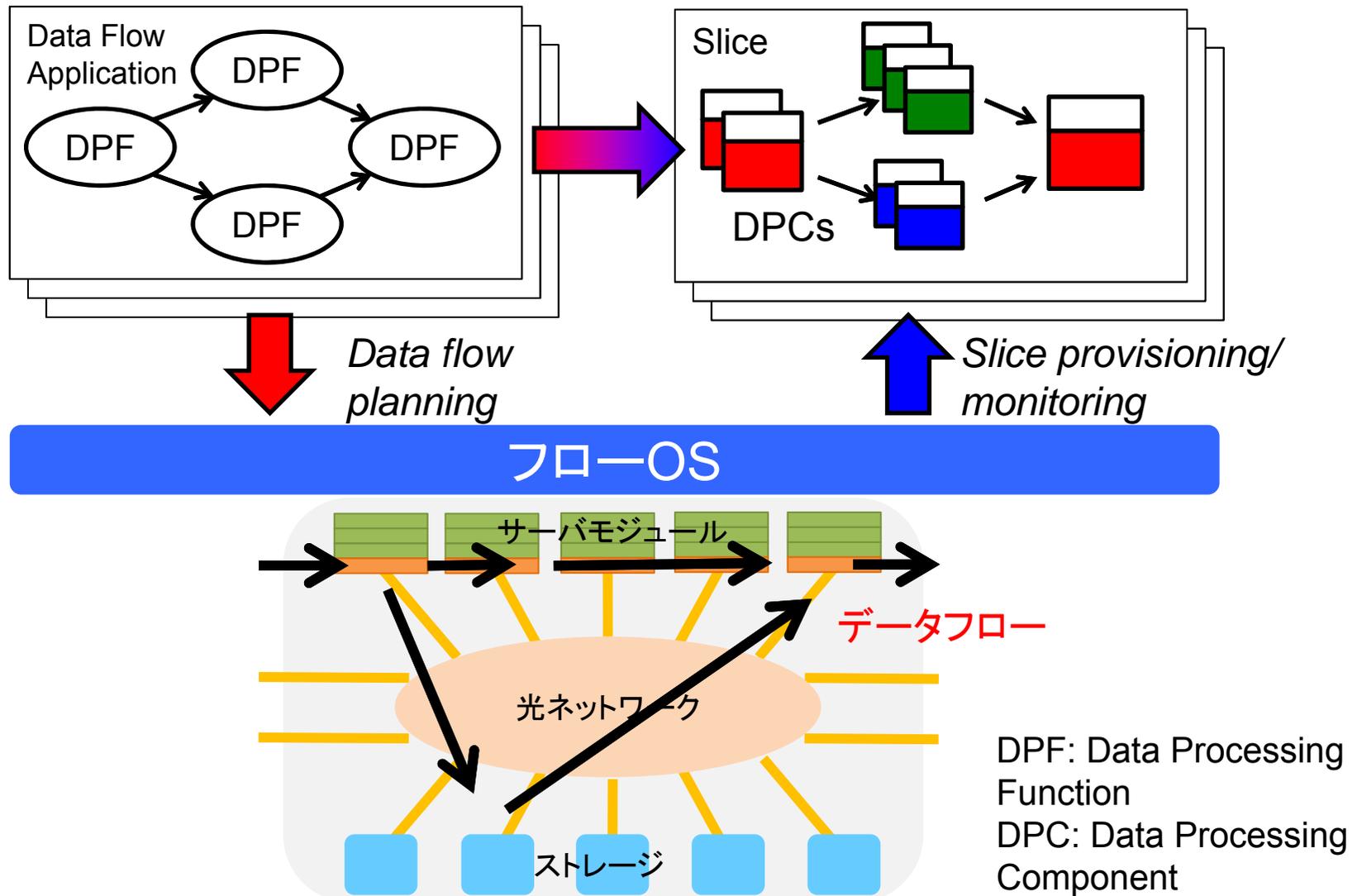
②データの流を優先したアーキテクチャにより、実時間データ処理を性能保証



# フローセントセントリックアーキテクチャ

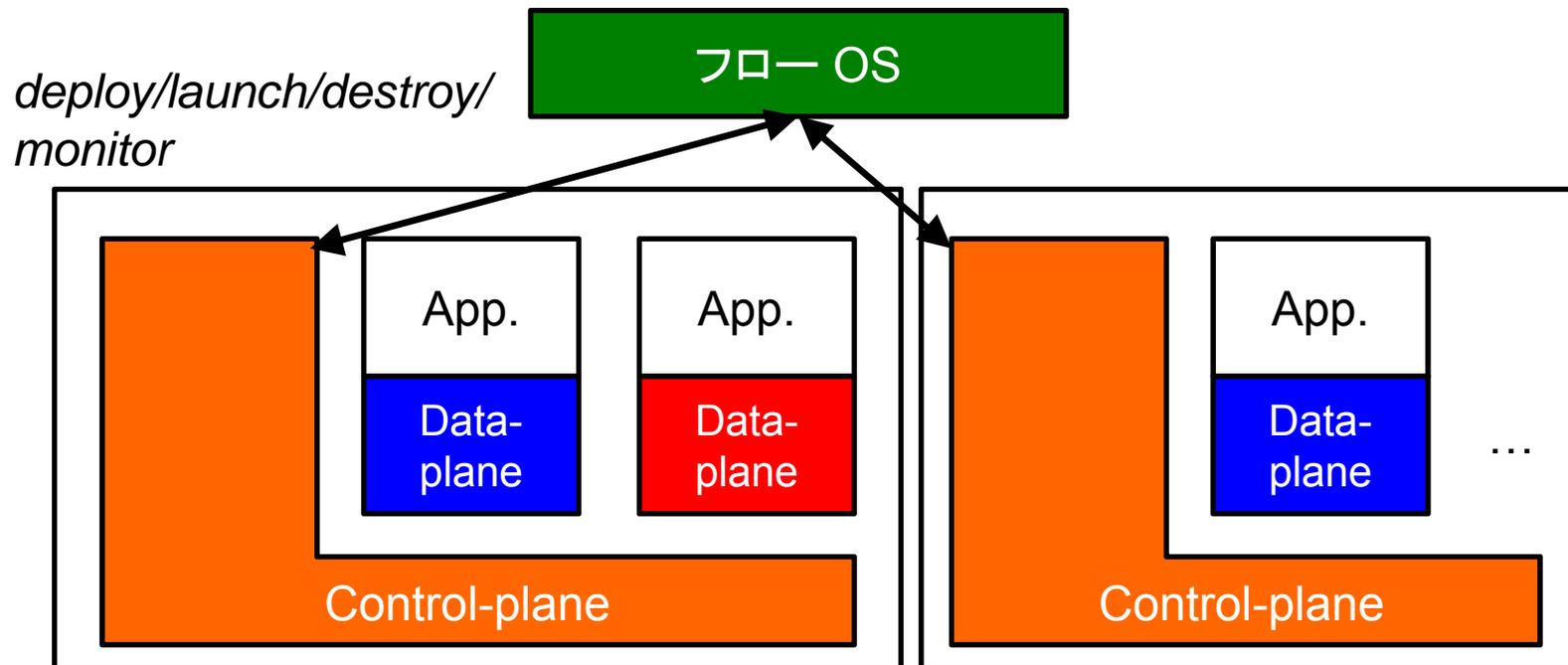


# データフローに基づいたデータ処理系



# フローOS

- DC/SC全体を一つのOSによって一括管理
  - 省電力や性能保証を考慮した全体最適化
- データプレーンとコントロールプレーンの分離
  - データプレーン：アプリに特化したライブラリ型OS
  - コントロールプレーン：資源管理、ユーザ管理に必要な機能性



## まとめ

- ポストムーアへのアプローチ
- 従来システムにとらわれずゼロから考え直した新しいアーキテクチャが必要
- 汎用の高性能計算装置の実現は困難
  - 様々な計算装置を適材適所で組み合わせることが重要
  - 量子・ニューロなども計算装置の一つととらえる
- 通信性能の向上により、ポストムーアの壁を破る  
フローセントリックコンピューティングの提案
  - DC/SC全体を一つのOSによって一括管理
  - データプレーンとコントロールプレーンの分離
  - リアルタイム処理には性能保証データ処理系

## 参考

- 産総研 STAR事業 高電力効率大規模データ処理イニシアチブ

<https://unit.aist.go.jp/raipl/star/impulse/impulse.html>

