



2025年度高度通信・放送研究開発委託研究
課題242

結合モードを用いた空間多重伝送のための多重数フレキシブルなソフトウェアによる並列信号処理技術の研究開発

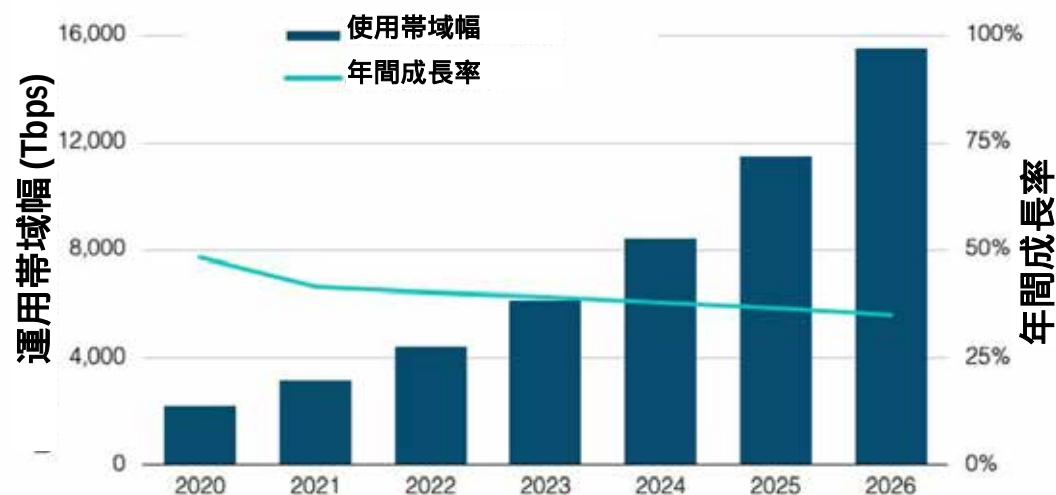
2025年8月19日

光ファイバ伝送への容量要求増大と空間多重技術の必要性

国際通信のトラフィックはCAGR 35%で成長

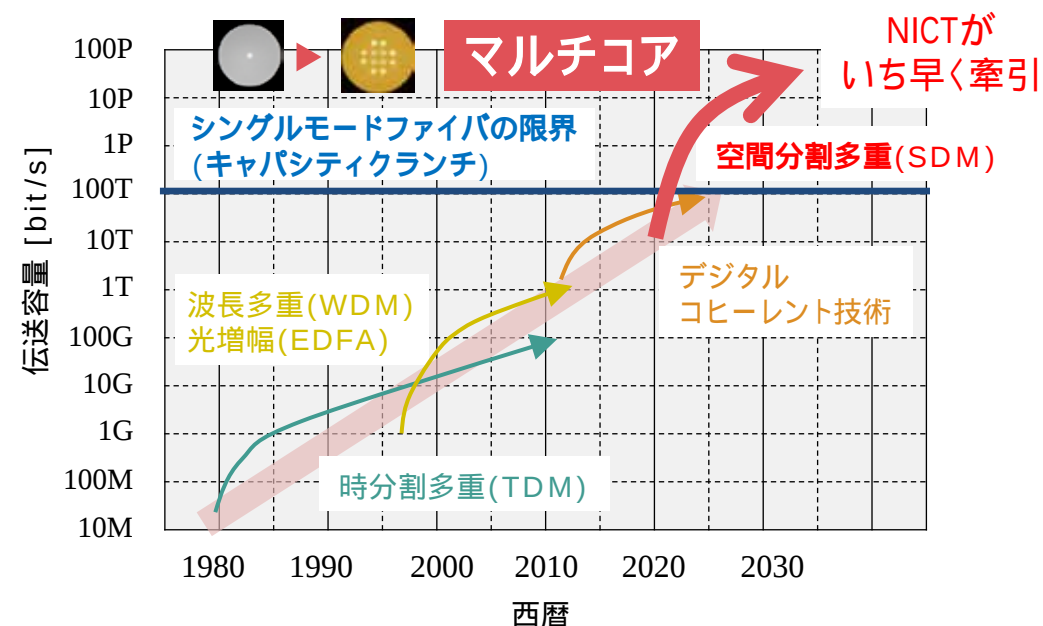
伝送容量拡大のためマルチコアファイバ伝送などの新たな空間多重技術が必要

世界での運用帯域幅 (2020-2026)

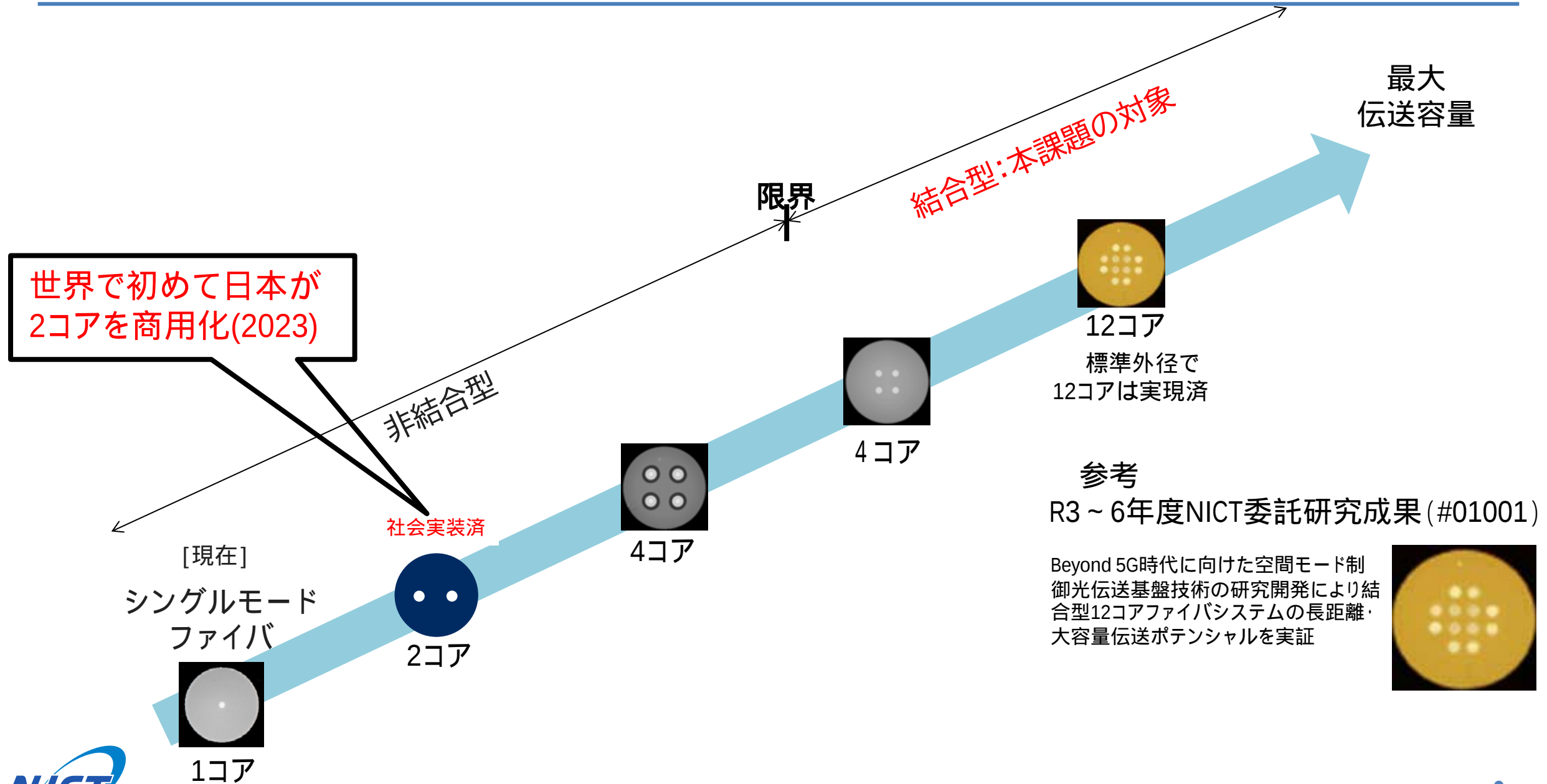


出展: TeleGeography

1ファイバ当たりの伝送容量の推移



標準外径マルチコアファイバにおける伝送容量増加戦略



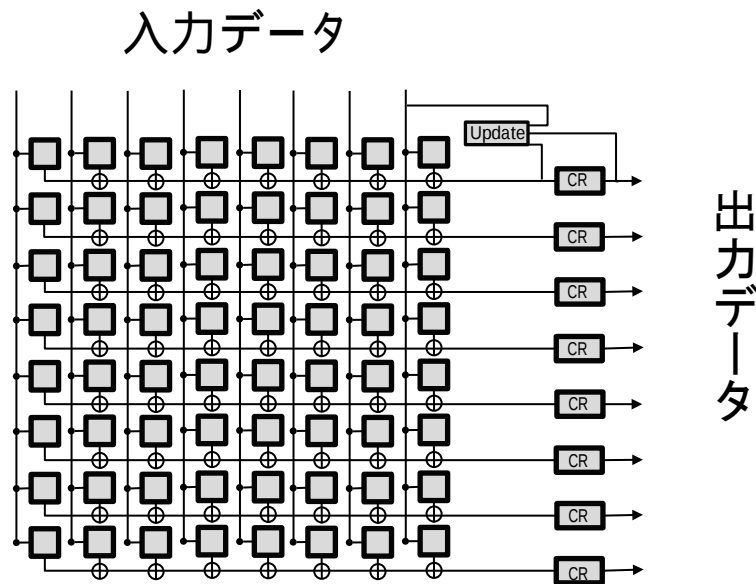
結合モードを利用した伝送システムを実現するために解決すべき課題

結合モード伝送システムではチャネル数の2乗に比例したMIMO処理が必要

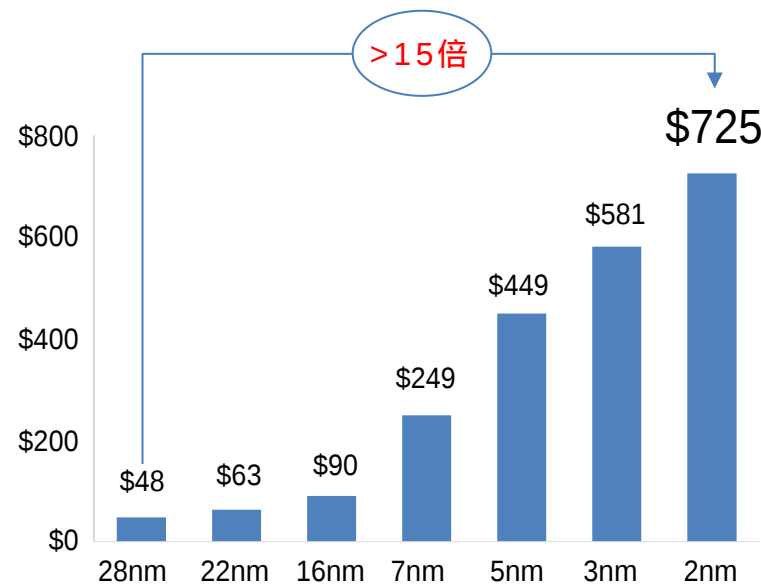
結合モード伝送システム信号処理用ASICの開発コストはきわめて高い

海底システムではASIC開発投資と潜在的導入件数を比較して投資回収が困難

MIMO信号処理はコア数の2乗に
比例して回路規模が増加



微細化が進むにつれ
ASICの開発コストは増大



Source IBS July 2022

微細化で開発コスト増

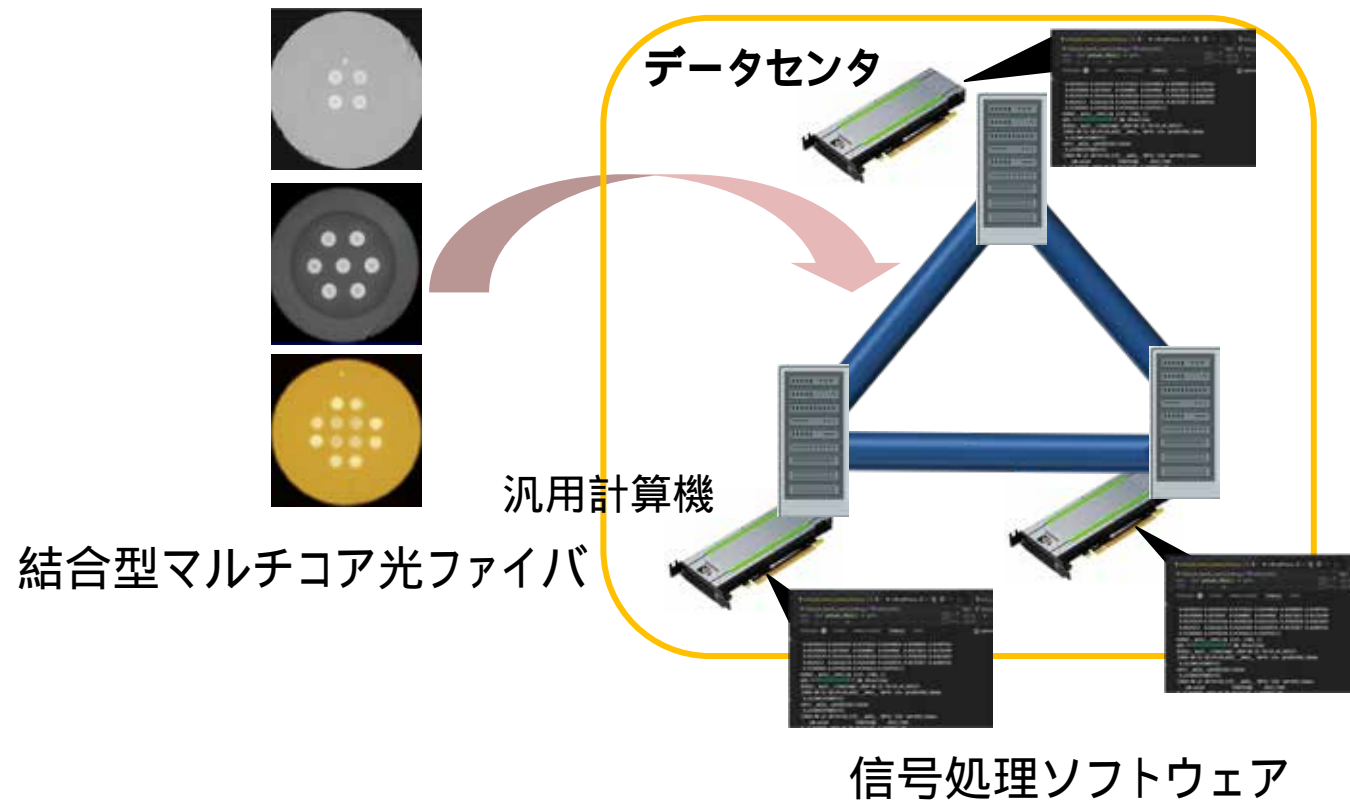
海底光ケーブルは国際通信の99%を
占めるが総数は約450本程度に過ぎない→ASICへの莫大な投資回収は困難



出展: TeleGeography

課題解決の方策

汎用計算機をもちいたSMF向けデジタル信号処理技術をベースとし、結合型マルチコアのコア数に柔軟なソフトウェアによる並列信号処理を研究



■ 利点

1. ソフトウェア処理により、コア数増加に柔軟に対応
2. 進展が著しいAI処理用計算リソースの有効活用

研究開発項目とアウトプット目標

研究開発期間：2025年度～2027年度末各年度：総額100百万円（上限）、採択件数：1件

研究開発項目1 汎用/AIサーバを活用した柔軟な送受信信号処理技術の研究開発

汎用/AIサーバの計算リソースと親和性の高いMIMO信号処理・空間チャネル活用技術確立する。GPGPUに代表されるAIサーバだけでなく無線信号処理用サーバなども実用化されており、それらを総合的に検討した上で、構成およびそれに適した信号処理技術を研究開発する。なお、少なくとも空間多重数4までスケール可能なソフトウェア実装による計算機構成を考慮する。

研究開発項目2 空間/周波数冗長を利用した超並列信号処理技術の研究開発

空間チャネルの結合性とサブキャリア化による空間/周波数冗長性に対し、汎用計算機が有する超並列処理機能を適用することで各DSP機能の効率化による信号処理回路規模削減化を行い、結合チャネルに対するMIMO信号処理を含む各信号処理ブロックの信号処理制御ループが外れることなく安定して動作する技術の確立を目指す。

研究開発項目とアウトプット目標

研究開発期間：2025年度～2027年度末各年度：総額100百万円（上限）、採択件数：1件

研究開発項目1 汎用/AIサーバを活用した柔軟な送受信信号処理技術の研究開発

2025年度：結合モードを用いた空間多重フレキシブルなMIMO信号処理技術の設計指針の確立、ならびに、少なくとも空間多重数4までスケール可能なソフトウェア実装による計算機構成を提案し、シンボルレートに対するスケール性を明確化すること。

2027年度：少なくとも空間多重数4までスケール可能かつ伝送距離6000kmまで対応可能なMIMO信号処理ソフトウェア実装技術を確立すること。また本信号処理技術に対応するプロトタイプを構築し、MIMO信号処理の空間多重数におけるスケーラビリティを実証し、汎用計算機を用いてこれまでに報告されている単一コア単一モードファイバでの1Gbaud信号処理と比較して10倍以上のスループットを達成すること。

研究開発項目2 空間/周波数冗長を利用した超並列信号処理技術の研究開発

2025年度：効率的な並列信号処理方式を実装可能な汎用サーバ処理適用信号処理ブロックの選定を行うこと。

2027年度：選定した信号処理ブロックに対して各空間多重数用信号処理回路の単純実装時の回路規模を1として基準として、空間多重数をNとしたときに1/N以上の信号処理回路規模削減化を達成可能な並列信号処理方式の提案、選定を行い研究開発項目1のソフトウェア実装プロトタイプへの統合化のための供与を完遂すること。

本委託研究課題提案にあたってのNICT研究シーズ事例

GPGPUを用いたリアルタイム、変調フォーマット切り替えにて10000km伝送実証

Demonstrations of Real-Time DSP

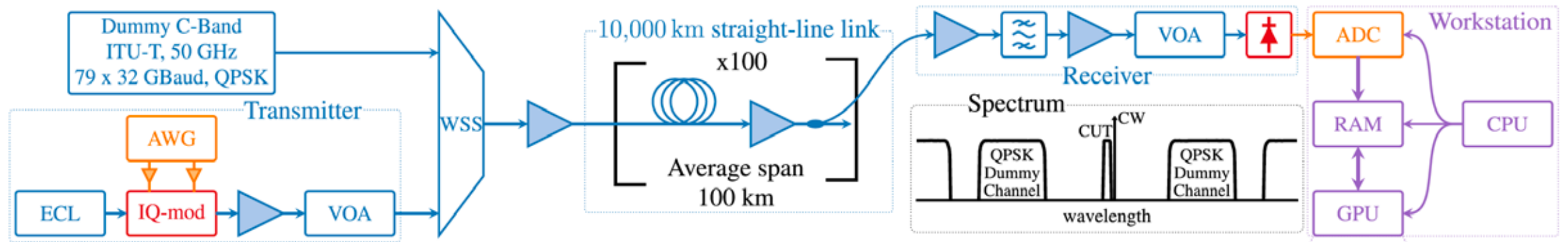
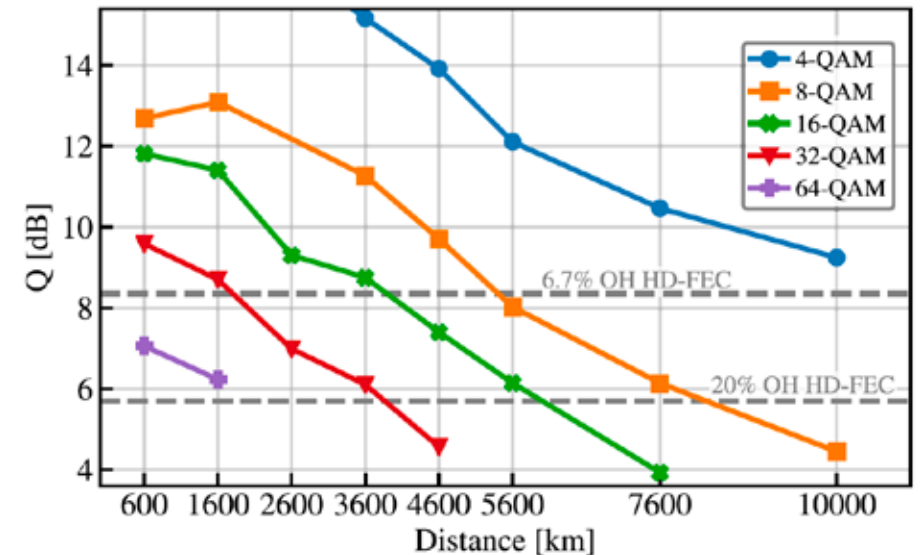
- HD-FEC Decoding, 20km, 10Gbps [1]
- Coherent detection, 20km, 5GBaud single-polarization QPSK [2]
- Direct detection, 90km 2GBaud
PAM2~16 and Coherent KK 1GBaud QPSK~64QAM [3]
- Kramers-Kronig, **10000km**, 1GBaud **QPSK~64QAM**, Geometric Shaping [4]

[1] T. Suzuki et al., J. Lightwave Technol., 37(6), 2019.

[2] S. Kim et al., ECOC 2021, Tu4F.6

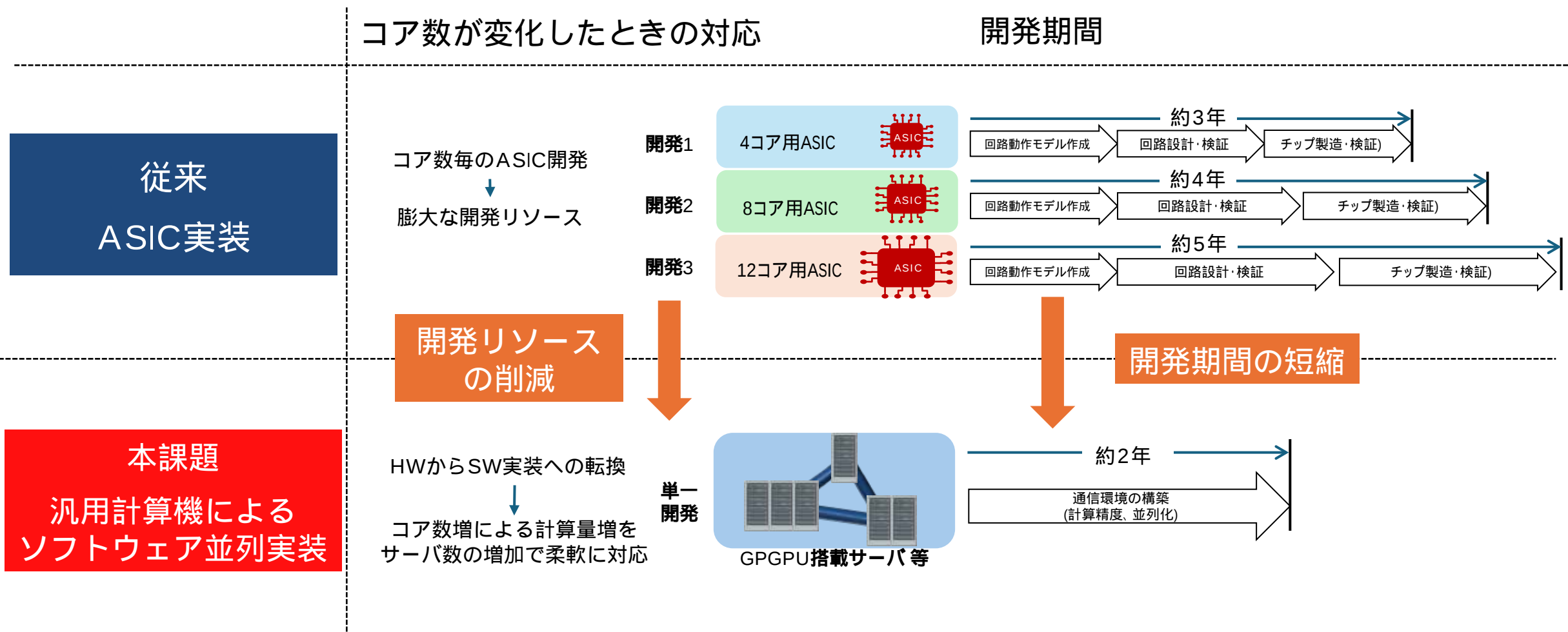
[3] S. Heide et al., J. Lightwave Technol., 39(8), 2021.

[4] S. Heide et al., Photon. Technol. Lett., 33(24), 2021

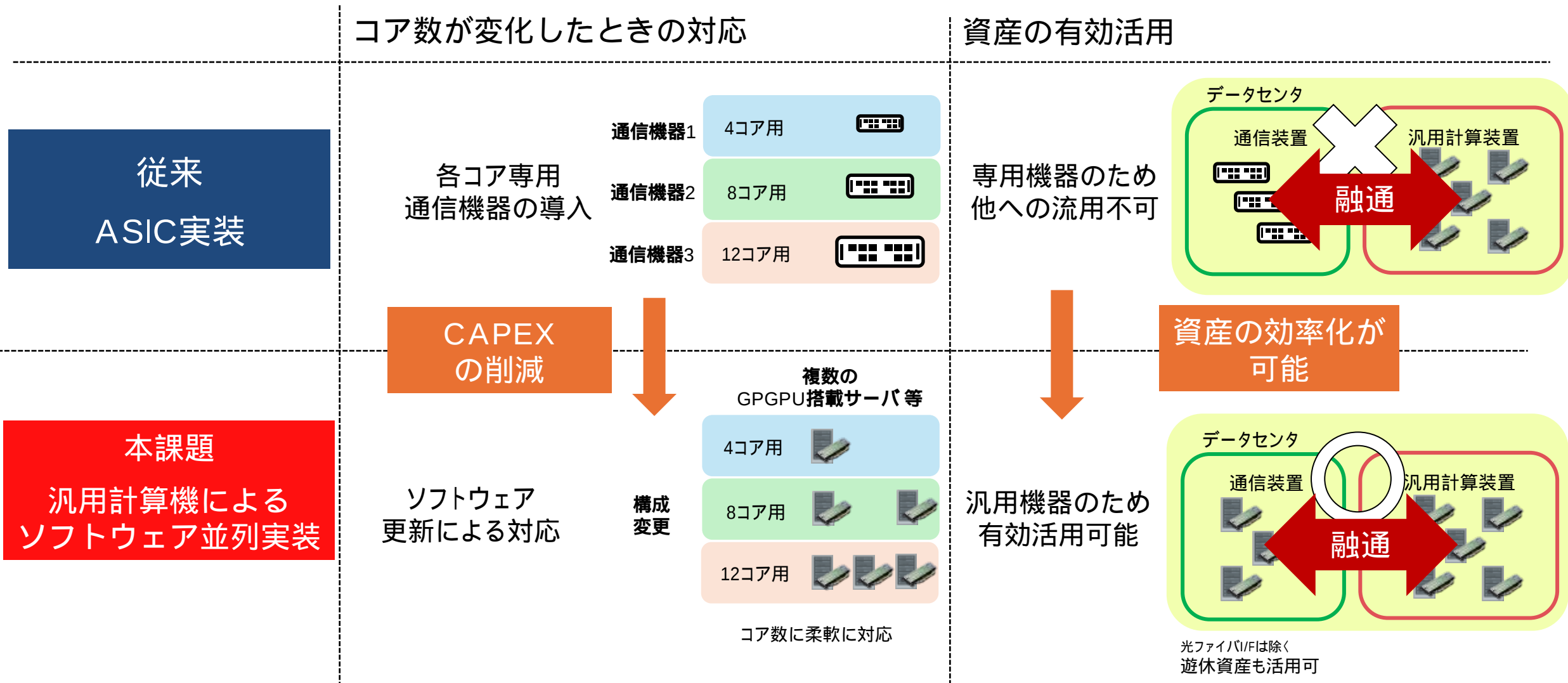


CPUを介さずにADC-GPU直結

従来技術と提案技術の比較 (通信機器ベンダのメリット)



従来技術と提案技術の比較 (通信機器導入会社のメリット)



社会実装に向けたロードマップ目標

