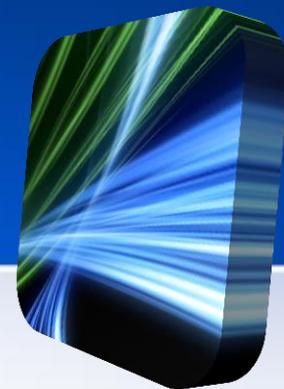


光通信インフラの飛躍的な高度化技術

淡路祥成

光ネットワーク研究所
フォトリックネットワークシステム研究室
研究マネージャー

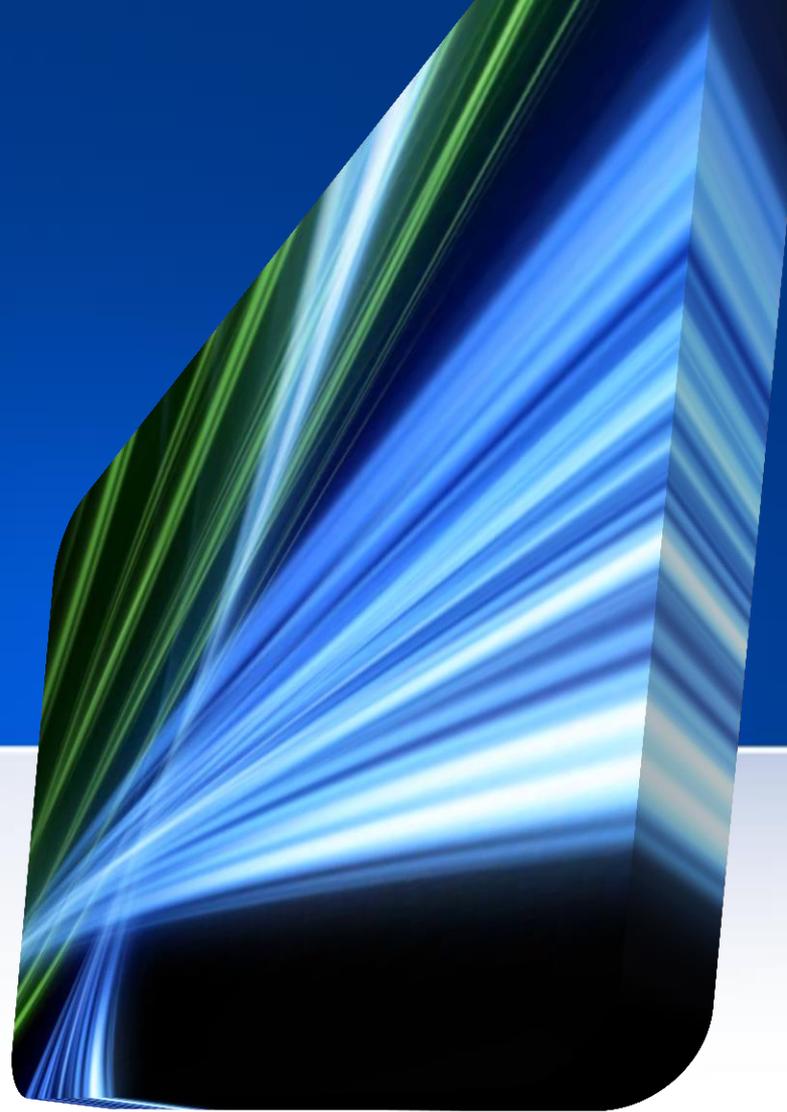
アウトライン



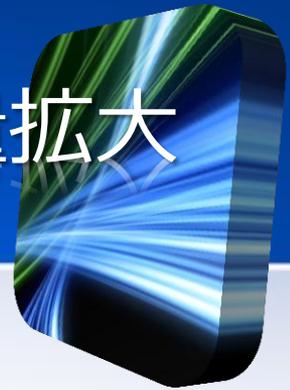
- 背景～現在の光通信インフラの限界
- NICT光ネットワーク研究所の取組み
- まとめ

背景

現在の光通信インフラの 限界



次世代ブロードバンドサービスの多様化と容量拡大

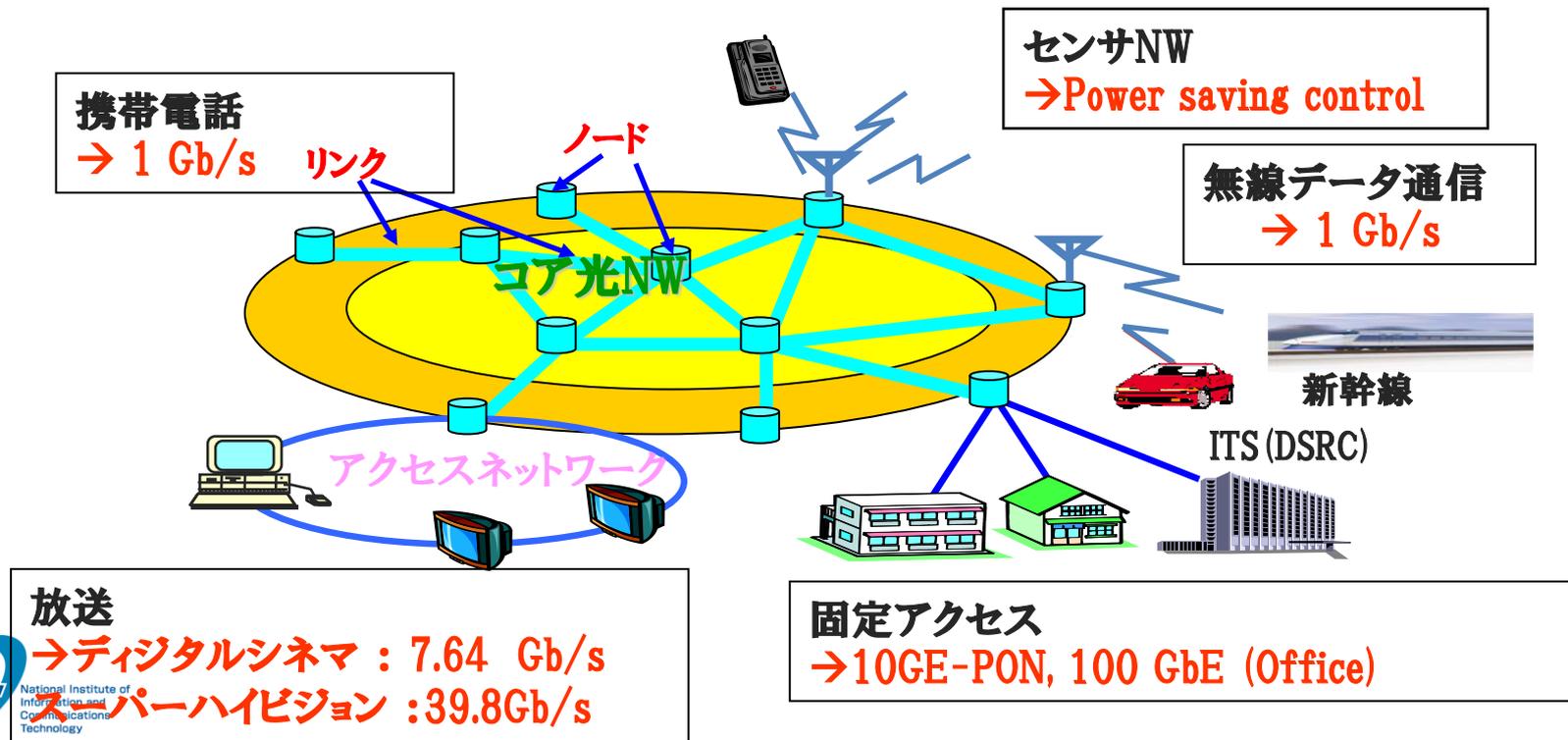


過去20年、光通信網は順調に発展

- 基幹中継網 (1987年 1.6 Gbps → 2007年 1.6 Tbps)

今後20年 (～2030年) も益々その役割は大

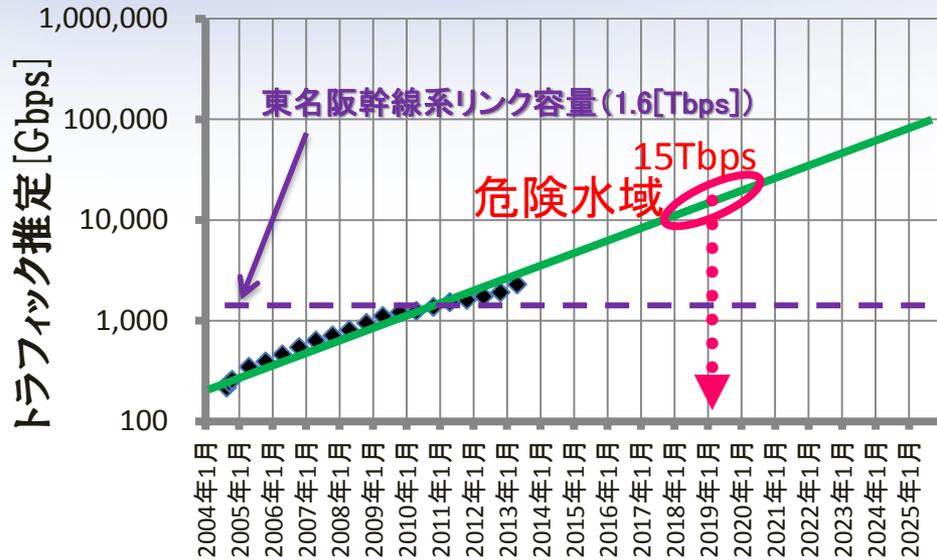
- 20年後の情報量は、3,000倍 (年率1.5倍) ～10,000倍 (光ムーアの法則) を想定？
- テラビットアプリケーション (超臨場感 (五感) 通信、ユビキタスセンサーNW、リアルタイムデータベース検索) の登場



容量危機来る



総務省「我が国のインターネットにおけるトラフィックの集計・試算
(2013年8月)」ダウンロード・トラフィック量(ピーク値、◆)からの推測



試算の例：
 伝送容量あたり光パワー：50mW/Tbps
 ファイバーフェーズ発生閾値：1.5W
 リンク中継間隔：100km (EDFA)、600km (ラマン増幅)
 平均負荷率：50%

試算結果：
 約15Tbpsのリンクトラフィック時に、**送出端でファイバーフェーズ危険領域の50%のパワーに達する！**
 分布ラマン増幅の場合、Tbps用の励起パワーが既に数100mWに達している！

従来のサービス

レガシーコアNW

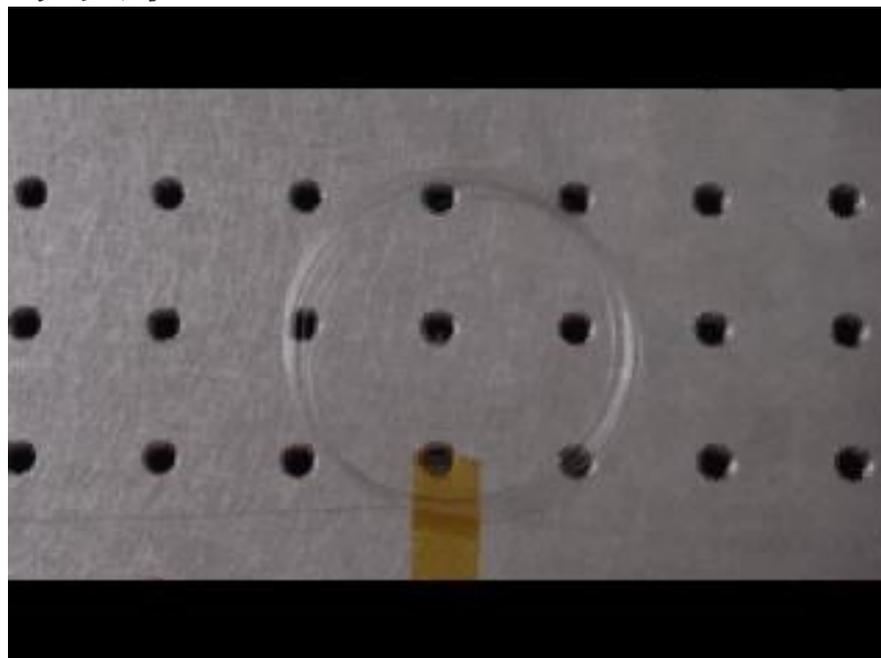
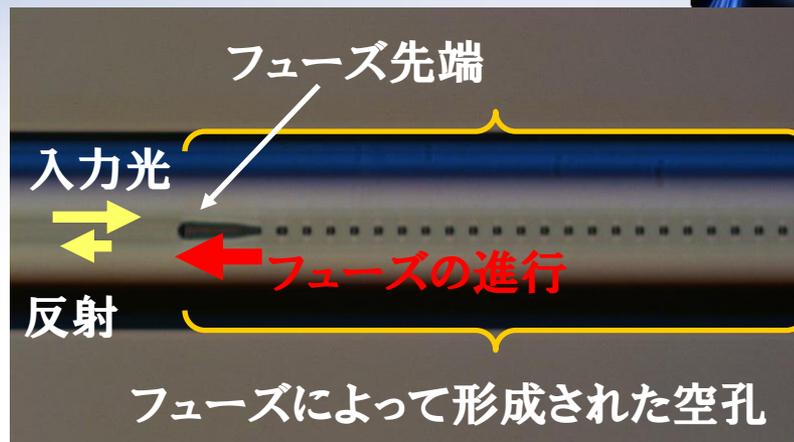
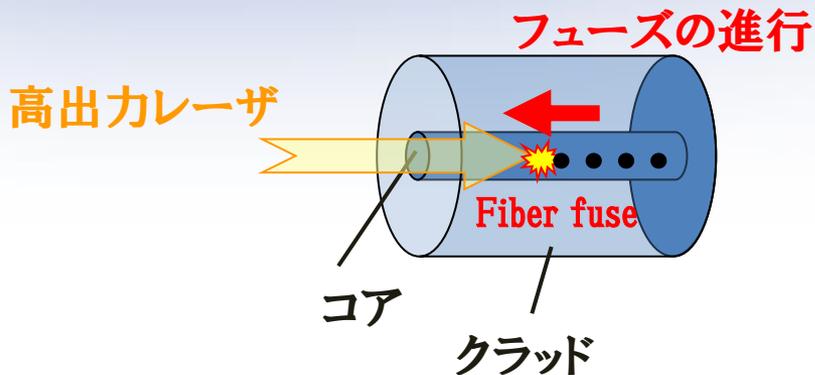
光増幅器帯域限界

光ファイバ挿入パワー限界

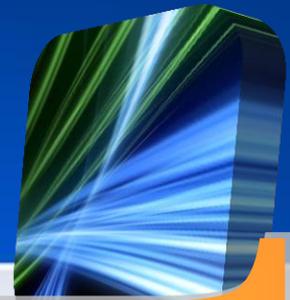
リッチコンテンツ

レガシーコアNW

ファイバフューズ (光ファイバ挿入パワー限界)



EXATイニシアチブ



- EXAT*: EXtremely Advanced Transmission
- 光通信インフラの飛躍的な高度化に関する研究
 - NICTは平成20年1月に第一期研究会を設置・開始
 - 飛躍的な高度化とは、現在の技術を4桁～5桁超えるリンク伝送容量・ノード処理容量の高度化をめざす

Multi-level
Modulation

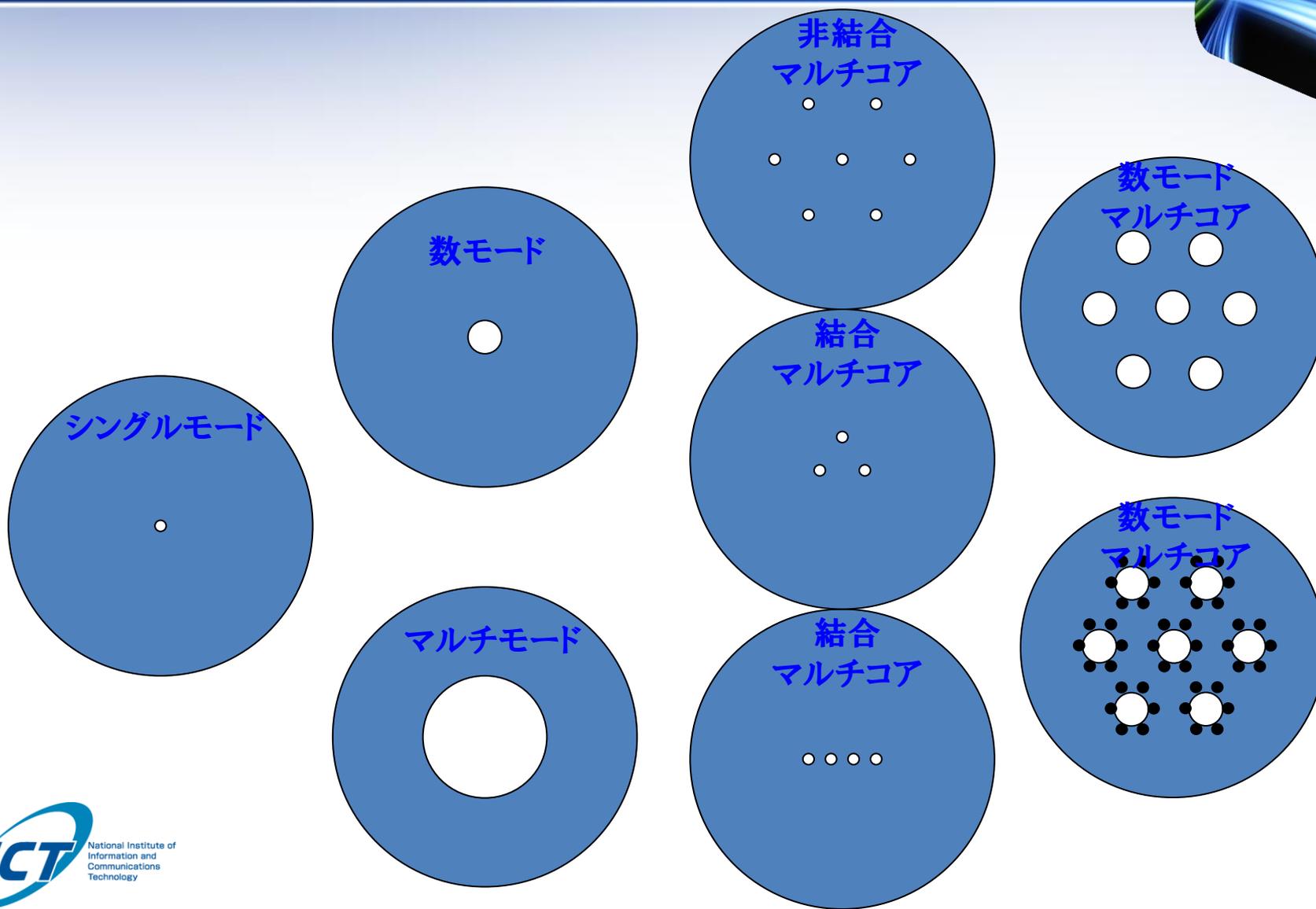
Multi-core fiber

Multi-mode
Controlling

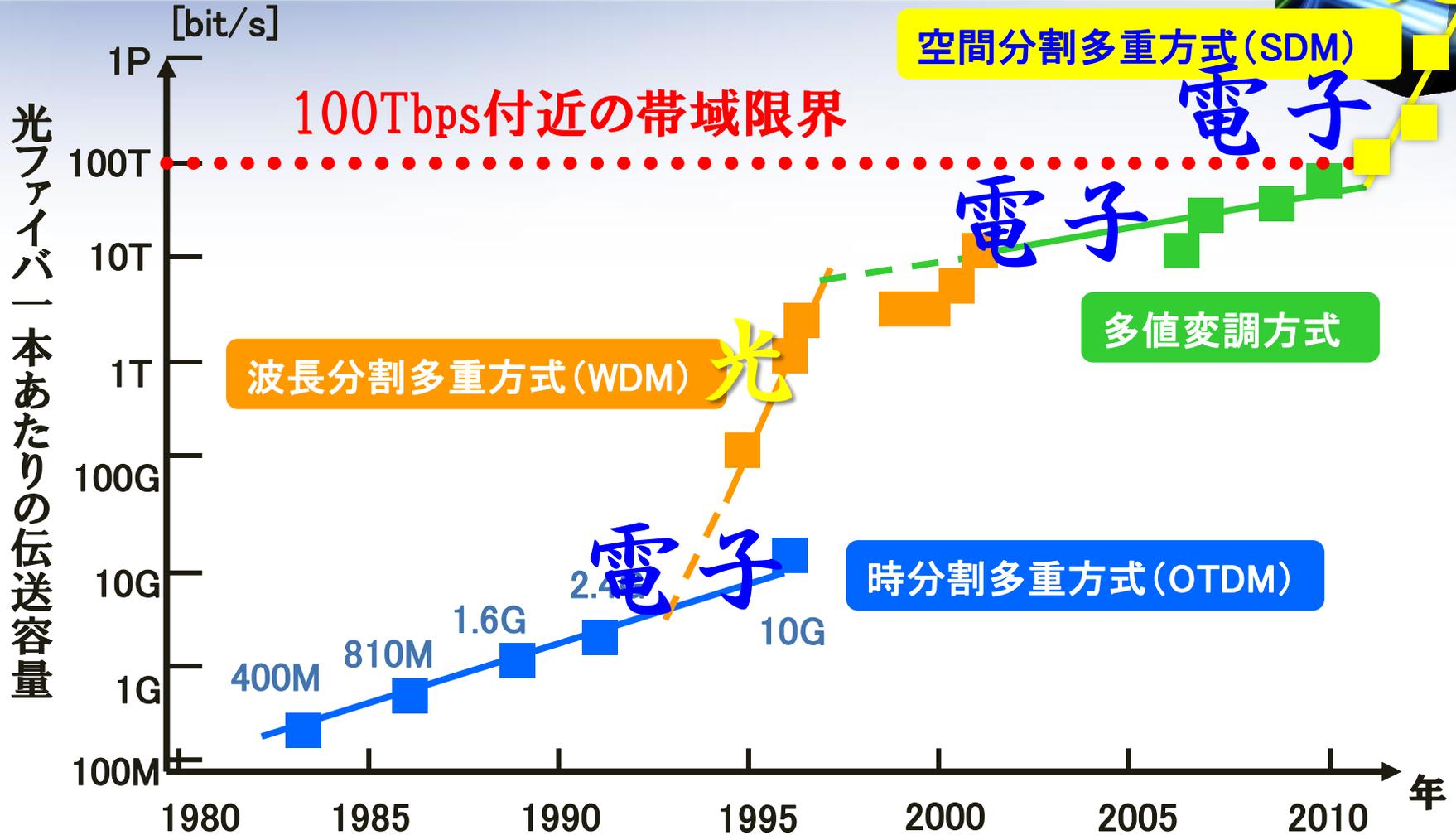
30年前に実用化された
SSMFの限界を打破

Triple “Multi-” Techs
3M技術

空間分割多重伝送方式類型



空間分割多重の台頭とDriving force



NICT委託研究の体制



NICTはEXATイニシアチブに基づき、2つの委託研究を実施。
今年度新たに、革新的光ファイバの実用化に向けたプロジェクトが開始

革新的光ファイバ技術の
研究開発 (2010~2012)
革新的ファイバの探索

革新的光通信インフラの研究開発
(2011~2015)
次の20年間に向けた1000倍の容量拡大

i-FREE

Innovative optical Fiber Research for Exa-bit Era

i-ACTION

Innovative technologies of
Amplification, Connection, TransmissiON for SDM

SUMITOMO ELECTRIC

Fujikura

Hitachi Metals, Ltd.

FURUKAWA ELECTRIC

マルチコア
ファイバ

マルチコア増幅



豊田工業大学
TOYOTA TECHNOLOGICAL INSTITUTE

MITSUBISHI CABLE INDUSTRIES, LTD.

RIEC
Research Institute of Electrical Communication

マルチコア
ファイバ

マルチコア接続

NTT

導波路デザイン
評価

OSAKA PREFECTURE UNIVERSITY

HOKKAIDO UNIVERSITY

YNU YOKOHAMA National University

SHIMANE University

TOHOKU GAKUIN UNIVERSITY

Chitose Institute of Science and Technology

OSAKA PREFECTURE UNIVERSITY

Fujikura

SUMITOMO ELECTRIC

HOKKAIDO UNIVERSITY

Chiba Institute of Technology

NTT

OPTOQUEST CO., LTD.

NICT
National Institute of Information and Communications Technology

SDM伝送

KDDI
KDDI R&D LABS

NEC

KYUSHU UNIVERSITY

YNU YOKOHAMA National University



SDM研究の進展



2008 2010 2011 2012 2013 2014 2015

NICT委託研究(革新的光ファイバ技術)

10コア
MCF

生産性、標準化、商用化

NICT委託研究(革新的光通信インフラ)

12コア
1.01 Pb/s
7コア
EDFA

1 E b/s·km
NTT, KDDI
同時達成

光ネットワーク研究所

先端的研究開発

7コア
109 Tb/s

軌道角運
動量伝送

19コア
305 Tb/s

19コア
自己ホモサイン

19コア
一括増幅

ブリストル大との共同研究

マルチコア
スイッチング

SDN Over
SDM



新しい光通信インフラへのモチベーション



容量危機

主要因

◆光パワー限界

- ファイバフェーズ
- 非線形光学効果

◆光増幅器帯域限界

- ◆供給電力限界
 - 海底ケーブル

NICT委託研究の推進

市場機会
ROI

光通信インフラ

NW機器

サイバースペース
リッチコンテンツサービス
データ利活用サービス

2010

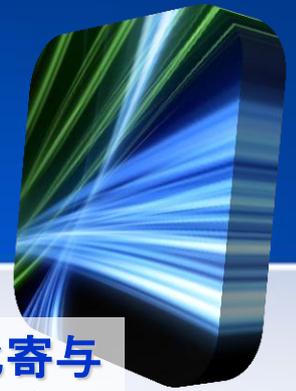
2025

2030

フェーズ 年

次世代の光通信インフラには国際協調が必須であり、その先の国際市場形成も期待される。

光通信インフラ刷新による将来像



標準化寄与
特許戦略
国際競争力

国家戦略
国プロジェクト



標準化寄与
特許戦略
国際競争力

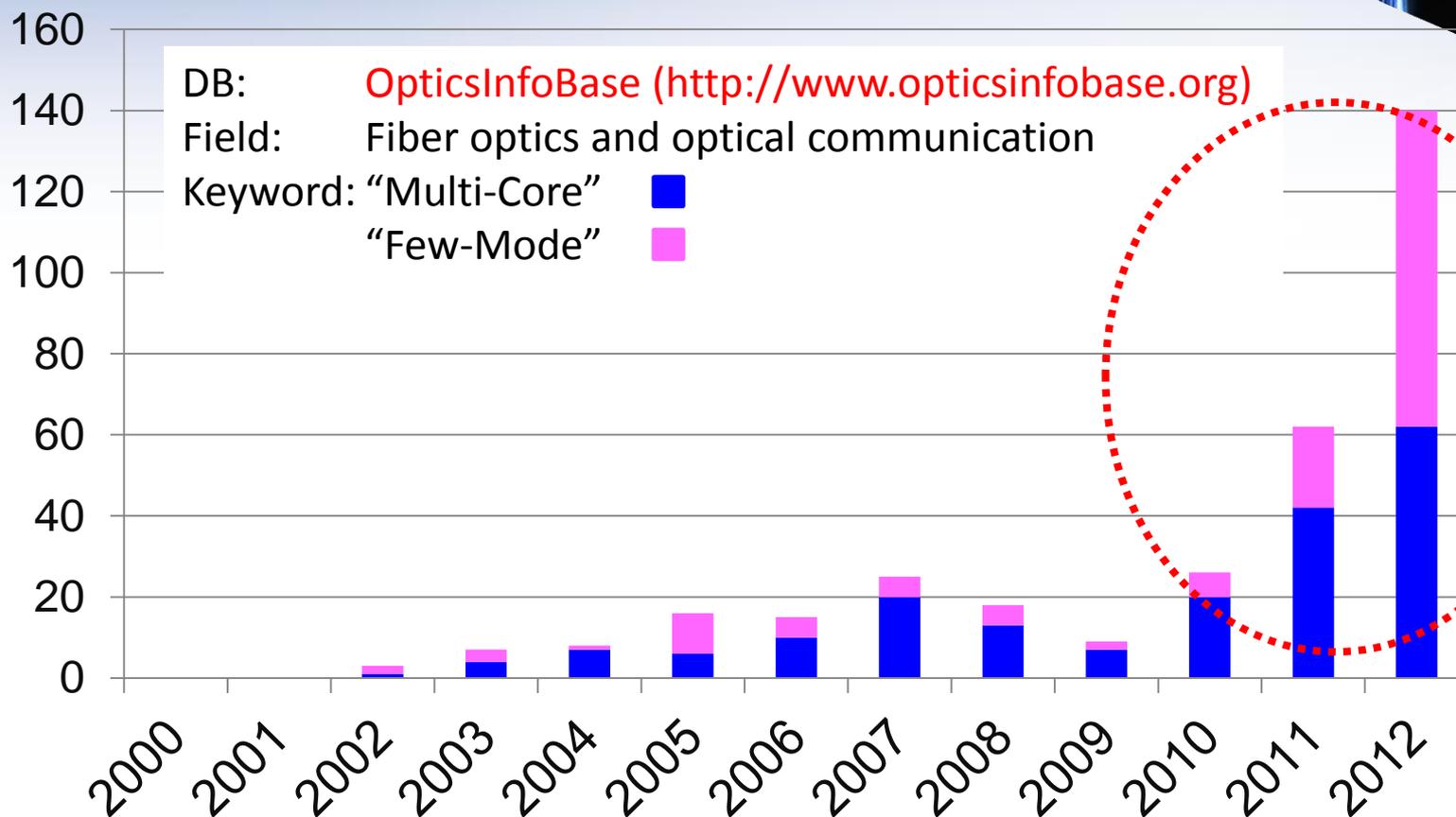
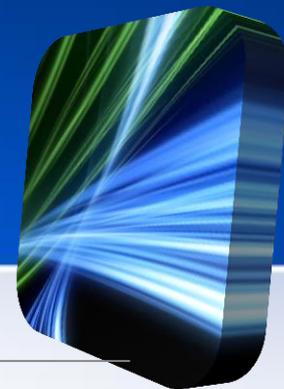


世界に先駆けた国内
ファイバ基幹網の高度化

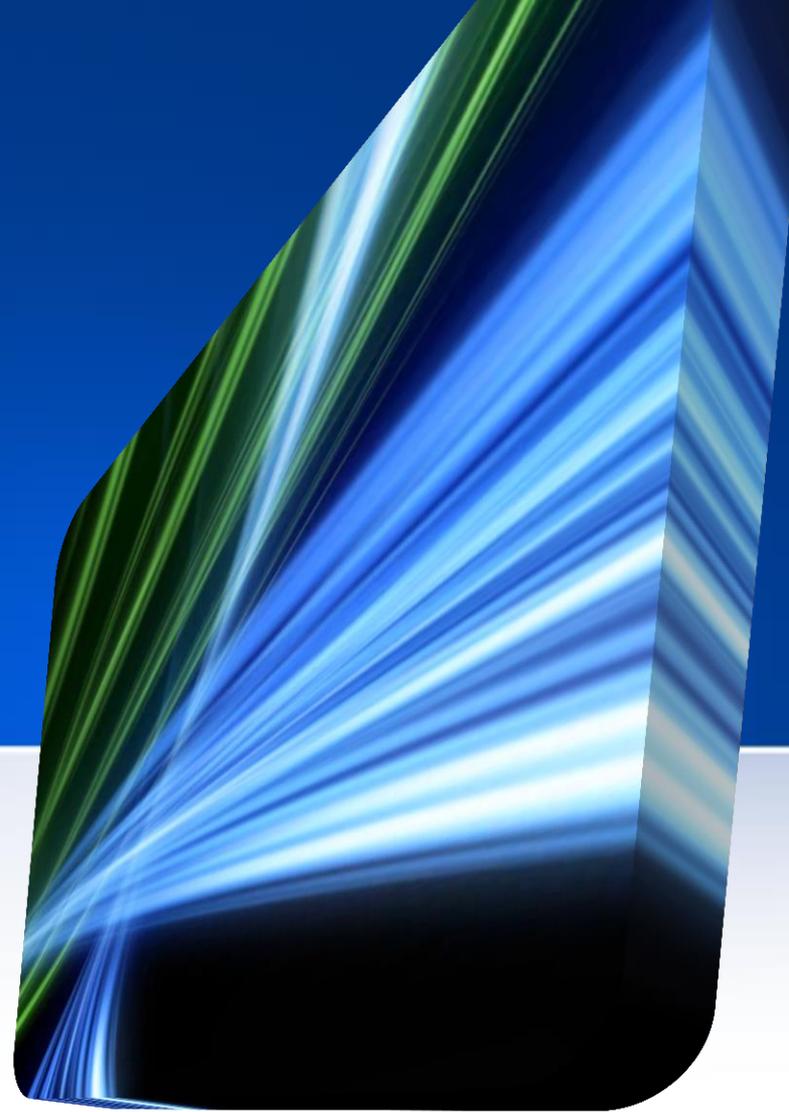
潤沢なトラヒック容量供給
リッチコンテンツサービス

国際海底ケーブルの高度化
情報通信安全保障

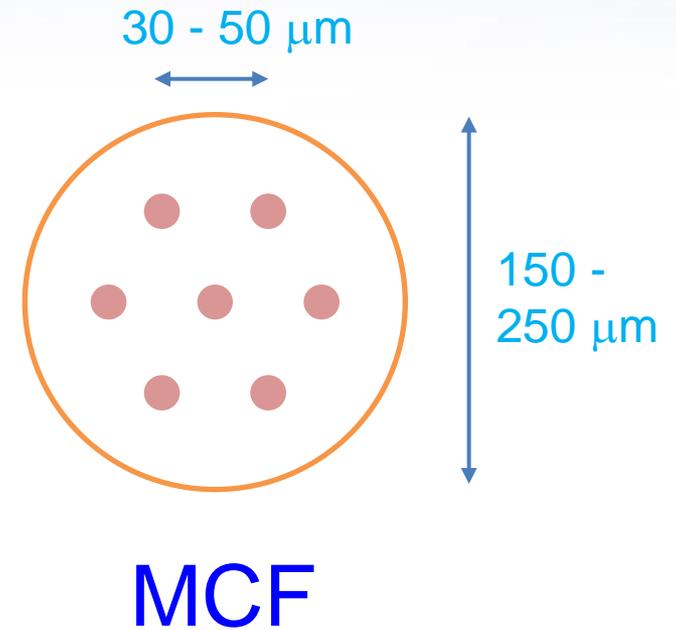
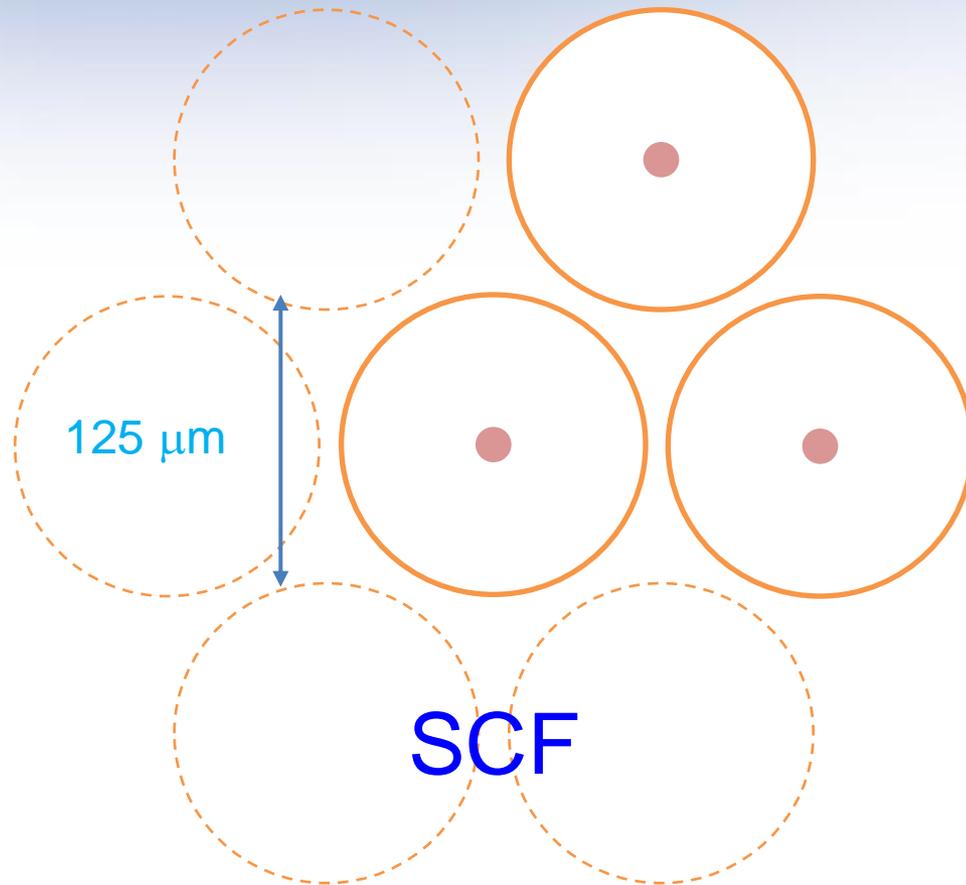
SDM関連論文数の推移



NICT光ネットワーク研究所の 取組み

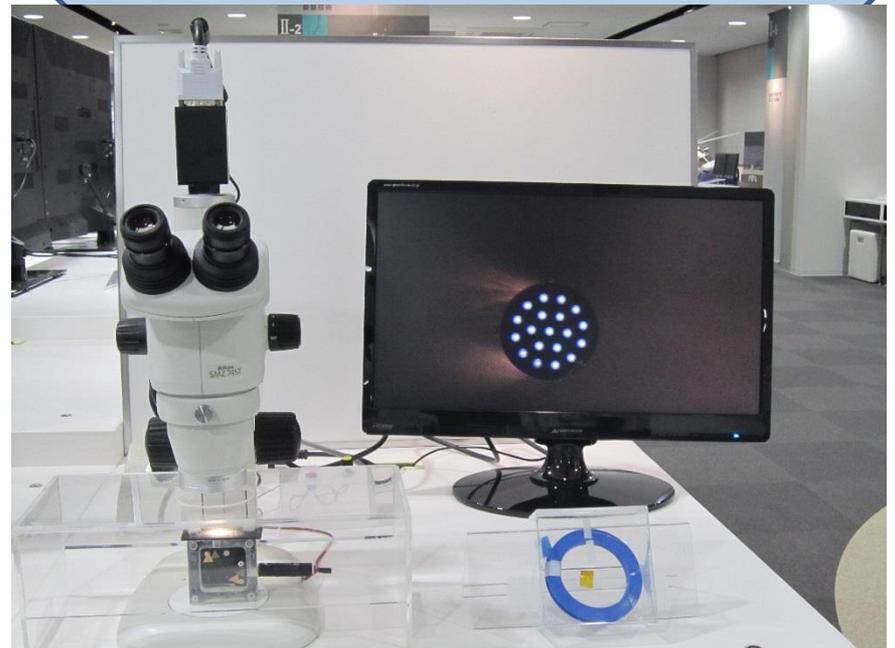


マルチコア結合装置の課題

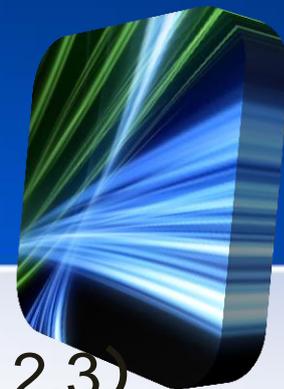


19コアファイバ展示

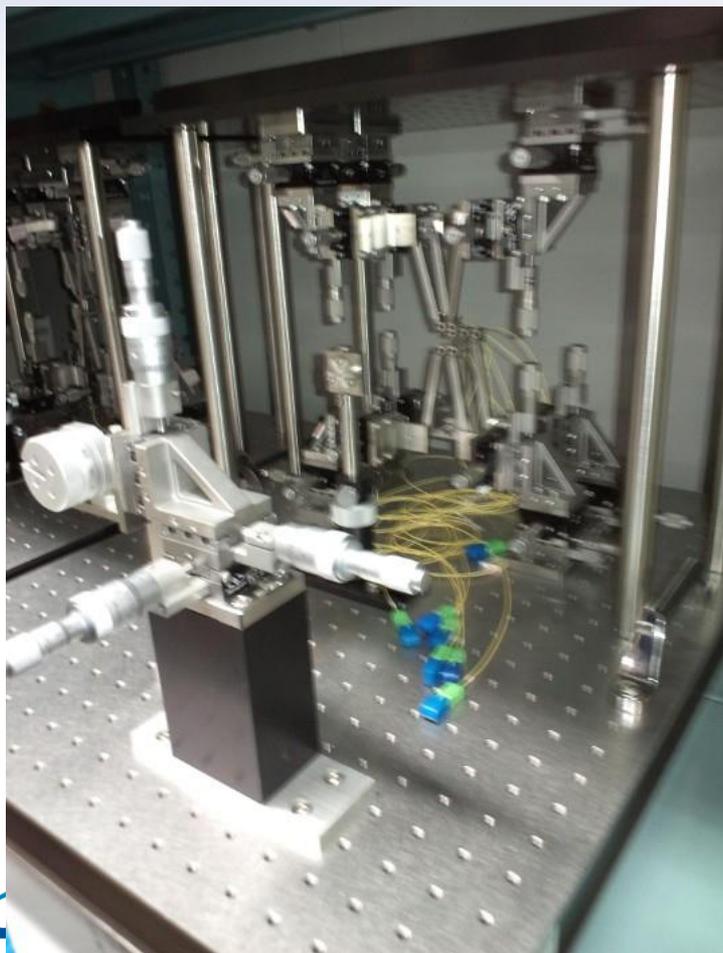
展示室は本館1Fにあります



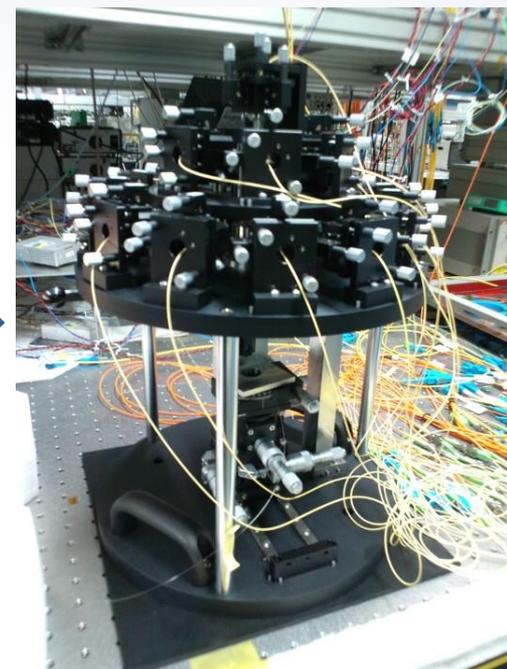
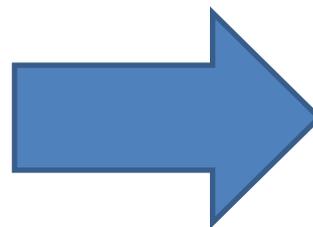
結合装置の小型化



7-ch 試作機 (2011.3)

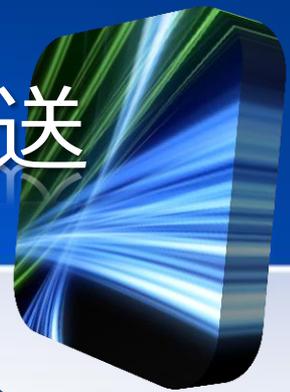


19-ch 試作機 (2012.3)



SDM チャンネル数 → 270 %
体積 → 25 %
体積 / チャンネル数 → 9 %

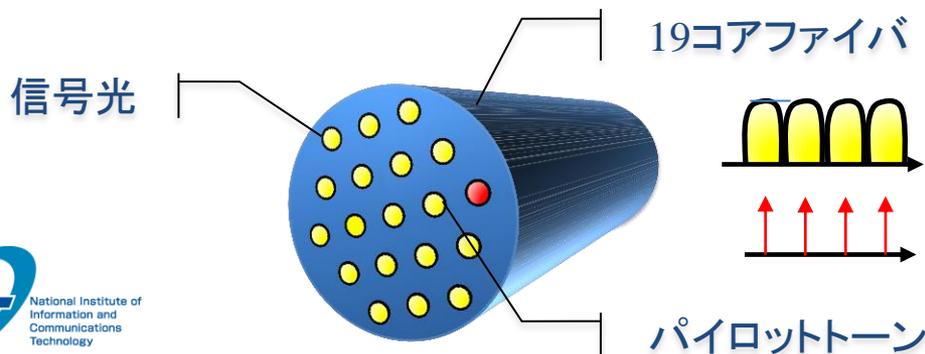
マルチコアファイバによる自己ホモダイン伝送



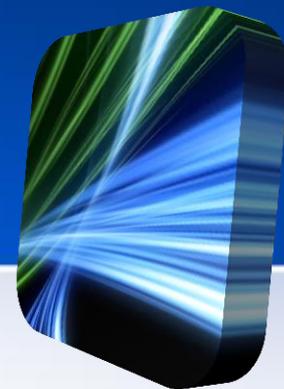
- マルチコアファイバの一つのコアを使って、光のパイロットトーンを信号と同時に送信すると、受信機で自己ホモダイン検波が可能になる。
- 偏波多重を用いた方式と同様、パイロットトーンは信号光と同様の環境変化を受けるため、同等の光路長を維持する。
- 自己ホモダイン検波と19コアファイバを組み合わせると・・・

- ☺ • レーザ線幅広がり強い伝送
- デジタル信号処理の負荷軽減

- ☹ • 通常の伝送方式に比べ、周波数利用効率が5.3%減る
- 受信ペナルティ若干増



まとめ



- 光ファイバ通信の最先端の課題は容量危機
 - 光通信インフラの高度化によって解決を図る
 - 空間分割多重は光学技術と電子技術の融合領域
- マルチコアファイバ関連技術が世界を牽引
 - 国際的に関心が高まっている
 - 論文数も急増
- NICTでは要素技術・システム技術など、ハイリスクな領域に率先してチャレンジ
 - 19コア一括励起EDFA
 - 19コア自己ホモダイナミック伝送
 - マルチコアスイッチングネットワーク (SDN over SDM)