

Beyond 5G

– Part 1 –

NICTが産学官連携の中核となって社会実装を実現した事例

国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT)

未来ICT研究所

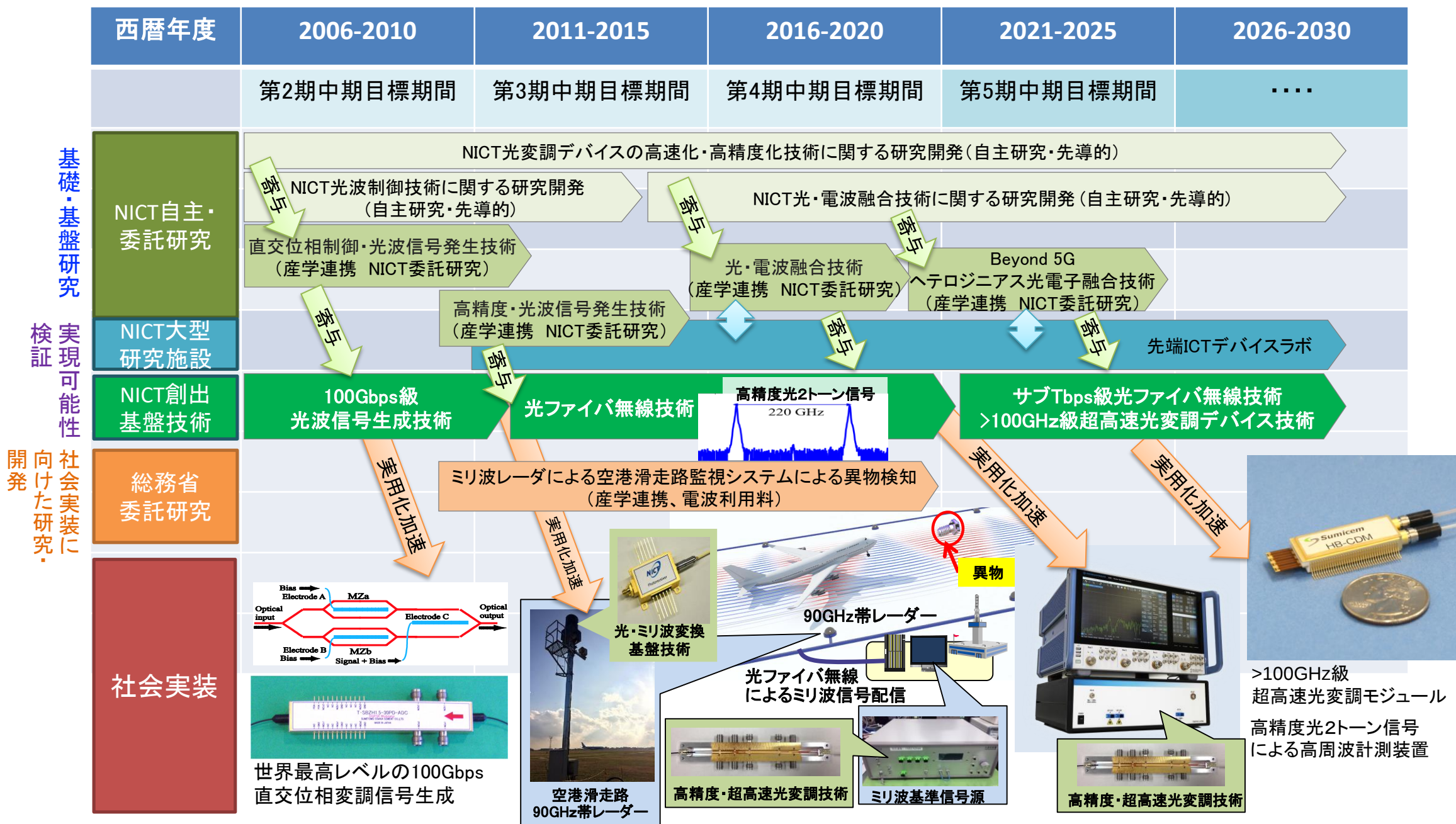
研究所長 和田 尚也

* 基礎研究, 実証研究, 実装研究とオールジャパンで取り組み, 社会実装を実現した例

- ・研究成果の実用化事例(1) デジタルコヒーレント信号送信技術: 高精度・超高速光変調器とその応用
- ・研究成果の実用化事例(2) デジタルコヒーレント信号処理技術: デジタルコヒーレントDSP
- ・研究成果の実用化事例(3) 超大容量マルチコア光ファイバ技術: 標準外径マルチコアファイバ

* 現在推進中の研究と, 社会実装に向けた方向性

- ・現中長期研究期間で推進中の研究開発例
- ・今後の方向性について



研究の各フェーズにおいて、国内の研究開発力を結集し、オールジャパンで推進

基礎・基盤研究

- ・NICT自主研究
- ・大学や研究機関との共同研究

・東京大学
・早稲田大学
・東京都立大学
・三重大学
・兵庫県立大学
・横浜国立大学 等

実現可能性検証研究・開発

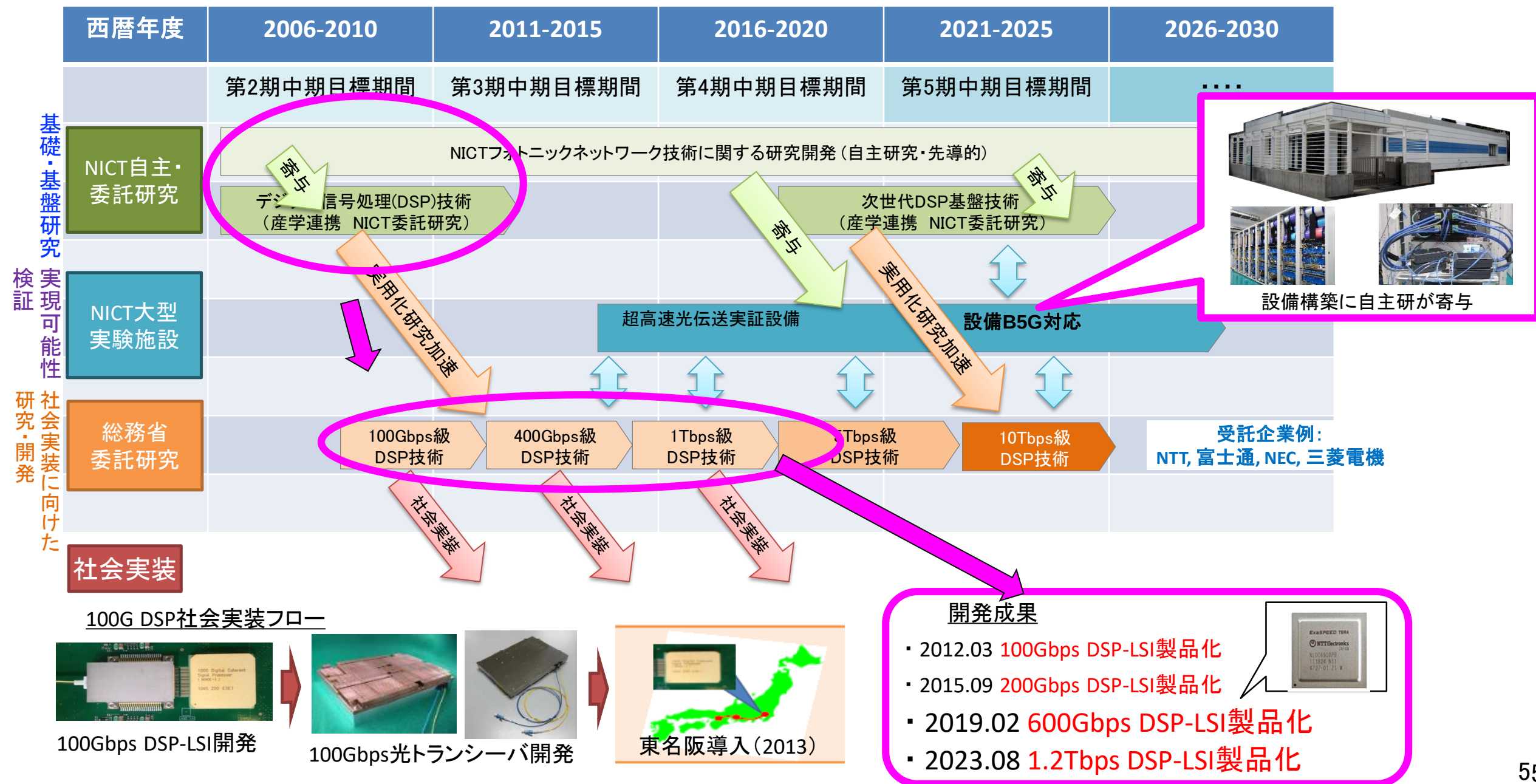
- ・企業との共同研究・開発
- ・テストベッド実証
- ・NICT委託研究

・住友大阪セメント
・トリマティス
・シンクランド
・オプトハブ
・村田製作所
・早稲田大学
・三重大学
・兵庫県立大学
・チュラロンコン大学 等

社会実装に向けた研究・開発 ・国プロ研究

・日立国際電気
・電子航法研究所
・鉄道総合技術研究所
・早稲田大学
・住友大阪セメント
・KDDI総合研究所
・成田国際空港株式会社(協力機関)
・日本空港ビルディング株式会社(協力機関)
・マレーシアエアポートホールディング(協力機関) 等

社会実装



研究の各フェーズにおいて、国内の研究開発力を結集し、オールジャパンで推進

社会実装

基礎・基盤研究

- ・NICT自主研究
- ・大学や研究機関との共同研究

・大学や研究機関
と連携
・オフラインでの
PCによる評価

実現可能性検証研究・開発

- ・企業との共同研究・開発
- ・テストベッド実証
- ・NICT委託研究

・NTT
・三菱電機
・富士通
・NEC
・NTTコミュニケーションズ
・NTTエレクトロニクス
・富士通オプティカルコン
ポーネンツ
・NTTエレクトロニクスクロス
テクノロジー

等, 8社

社会実装に向けた研究・開発

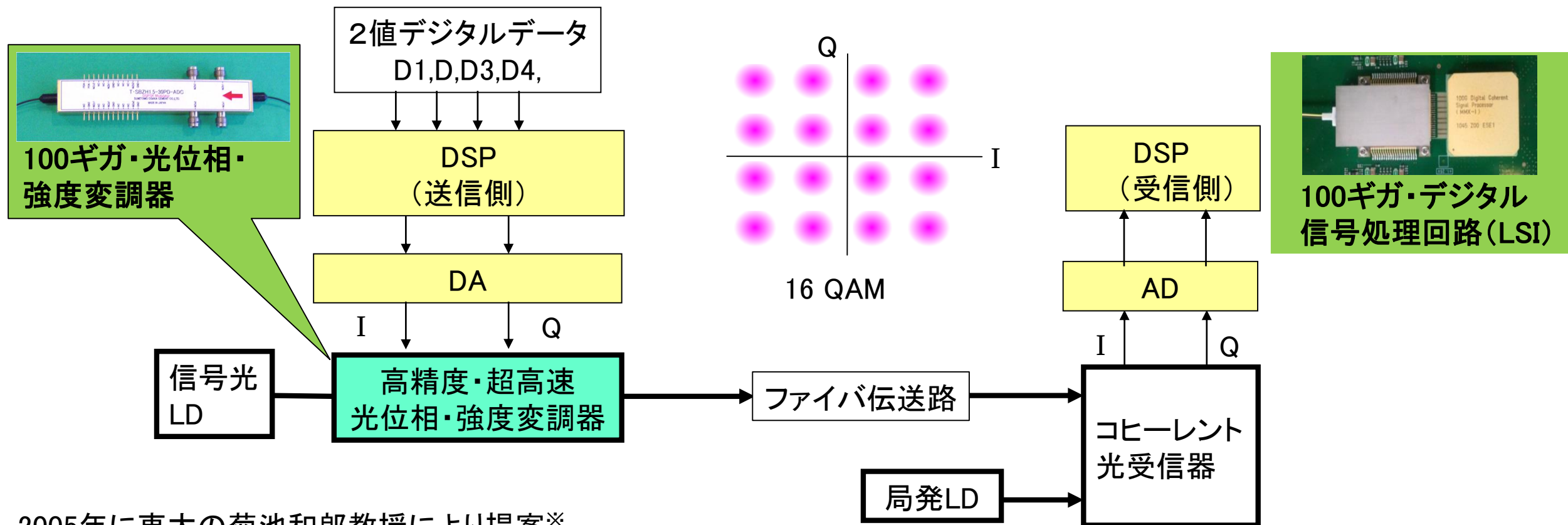
- ・国プロ研究
- ・助成事業による開発

・NTT
・三菱電機
・富士通
・NEC
・NTTエレクトロニクス

等, 5社

・初年度はNICTも参画

デジタルコヒーレント技術で多値光通信を実現



2005年に東大の菊池和郎教授により提案※

- ・ 局発LD (Laser Diode) への光波制御不要。
- ・ DSP (デジタル信号処理回路) により、位相同期 (波形を止める)、波形歪み補償 (EQ)、偏波多重分離、誤り訂正、復調などを行う。
- ・ 高速高分解能AD/DA (アナログ/デジタル変換) とDSP機能を組み込んだLSI開発が実用化には必須→NICT委託研究でアルゴリズム開発開始。

※“High Spectral Density Optical Communication Technologies”, Springer, pp.11-49, 2010.

NICT産官連携研究成果
の一部
⇒ 総務省直轄委託研究
⇒ 商用化

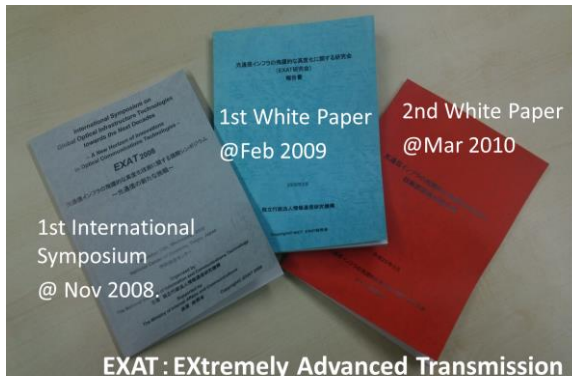
現在、毎秒
1テラビット超へ
高速化

NICTが主導して、空間多重方式に関するコンソーシアム(EXAT 研究会)を設立

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の呼びかけにより、平成20年1月に第一期研究会を世界に先駆けて設置・開始
- 平成22年からは電子情報通信学会の研究会
- 産学官連携での研究戦略策定、技術検討・議論の場



EXAT研究会の報告書

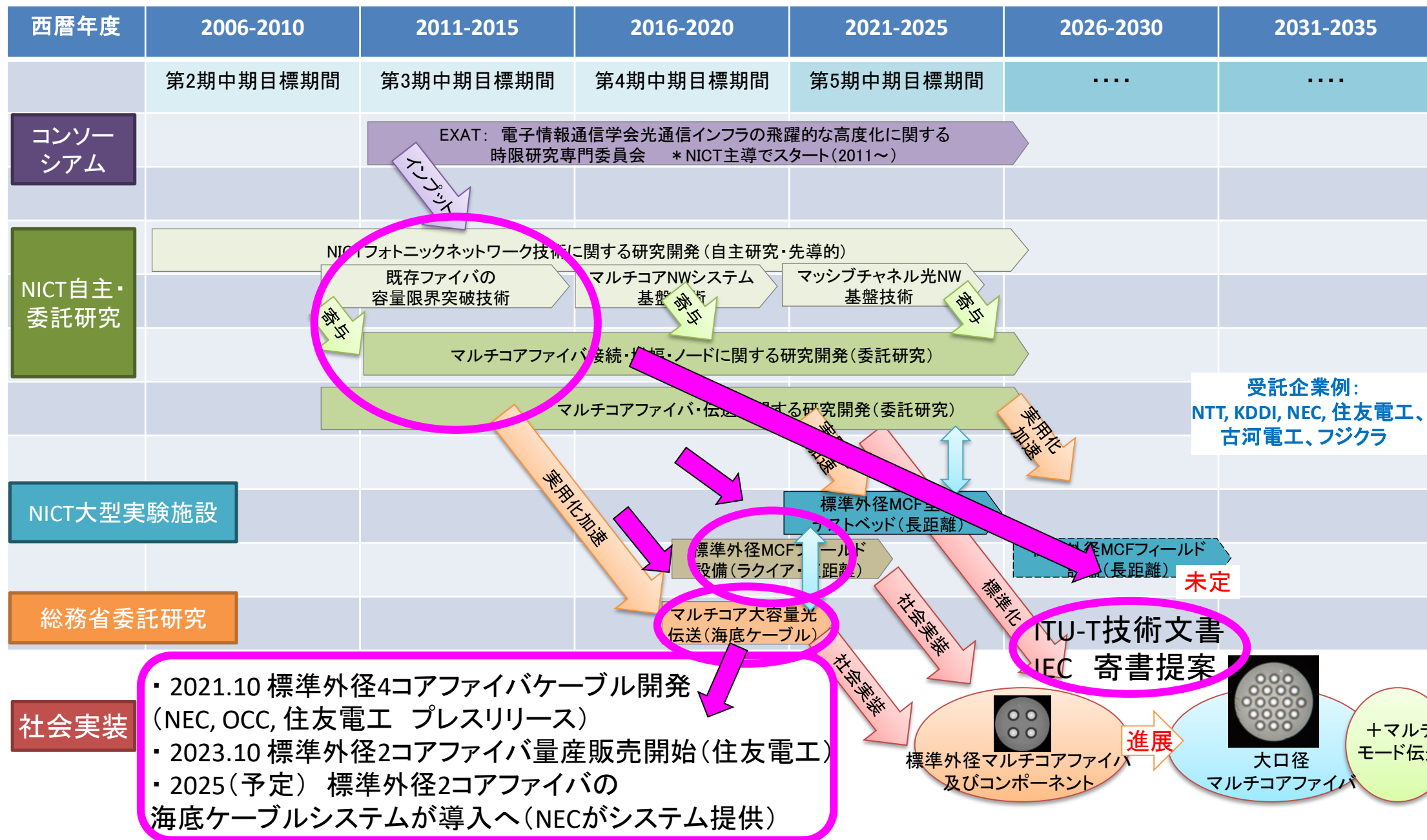


産学官連携
で目標設定

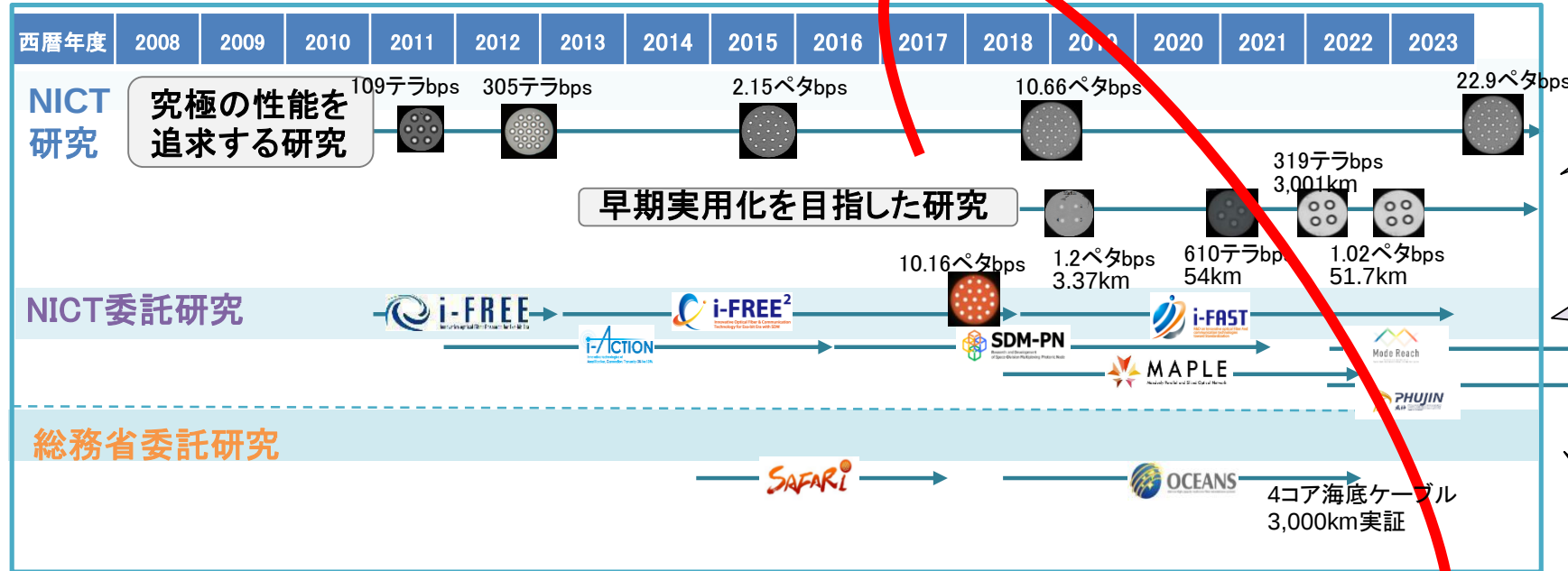
基礎・基盤研究

検証 実現可能性

社会実装に向けた
研究・開発



オールジャパンでのマルチコアファイバ研究が2コアファイバの商用導入に結実



基礎・基盤研究

- ・東北大学
- ・北海道大学
- ・横浜国立大学

等

実現可能性検証研究・開発

- ・NTT
- ・KDDI
- ・住友電工
- ・古河電工
- ・フジクラ
- ・NEC
- ・東北大
- ・北大
- ・横浜国大
- ・大阪公大
- ・名大
- ・千葉工大等

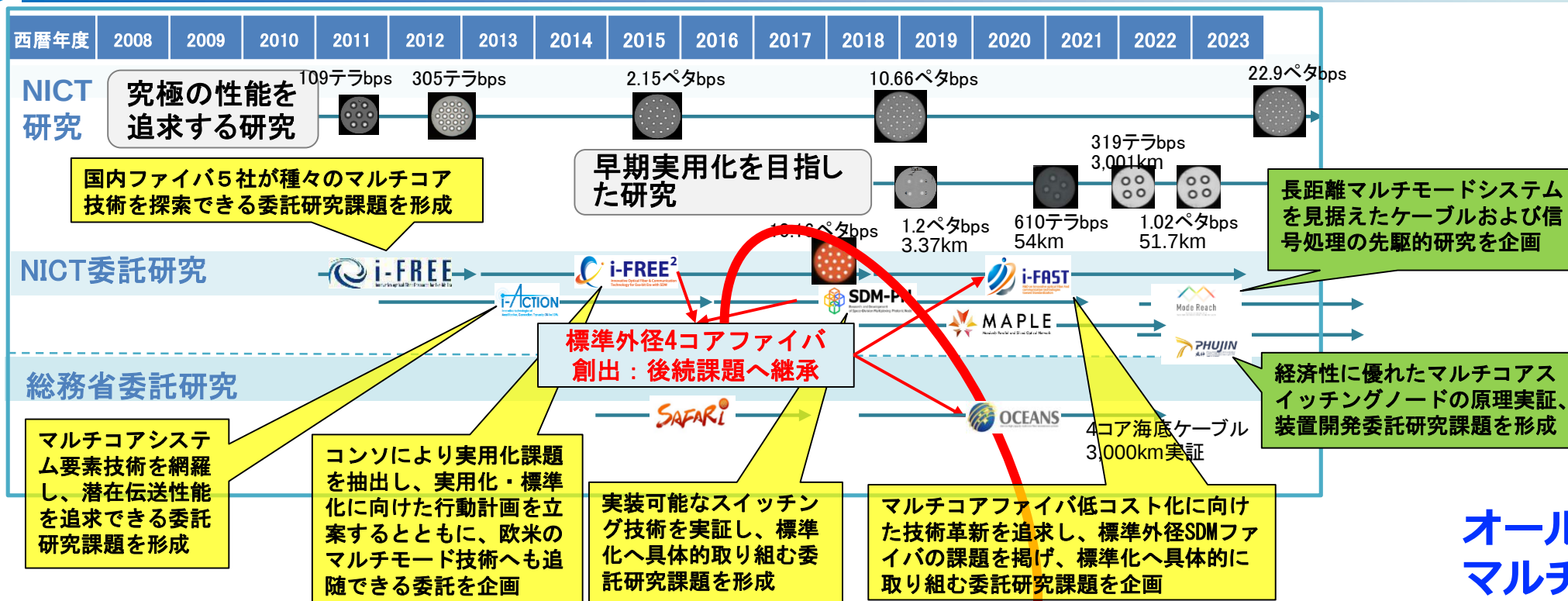
社会実装に向けた研究・開発

- ・KDDI
- ・住友電工
- ・古河電工
- ・NEC
- ・オプトクエスト
- ・東北大等

標準外径マルチコアファイバーを用いた伝送システムの原理実証

2コアファイバ実用化事業化検証を経て極低損失量産化

実用化事業化検証を経て2025年Google TPU導入へ



オールジャパンでのマルチコアファイバ研究が商用導入に結実

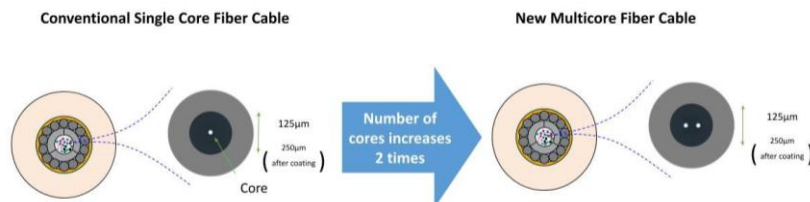
実用化事業化検証を経て2025年Google TPU導入へ

Boosting Subsea Cables with Multi-Core Fiber Technology (Google Cloud) Sep 13, 2023
<https://cloud.google.com/blog/products/infrastructure/delivering-multi-core-fiber-technology-in-subsea-cables?hl=en>
 Enter multi-core fiber (MCF) technology, an evolution of today's single-core optical fibers. Google and NEC are collaborating to adopt it on the [Taiwan-Philippines-U.S.](#) cable — a new system in collaboration with regional carriers Chunghwa Telecom, Innove (a subsidiary of Globe Group) and AT&T to connect Taiwan, the Philippines, Guam, and California. This is a first for the submarine cable industry.

実用化事業化検証を経て極低損失2コアファイバ量産化

22 SEPTEMBER 2023

世界初 極低損失マルチコア光ファイバの量産化に成功



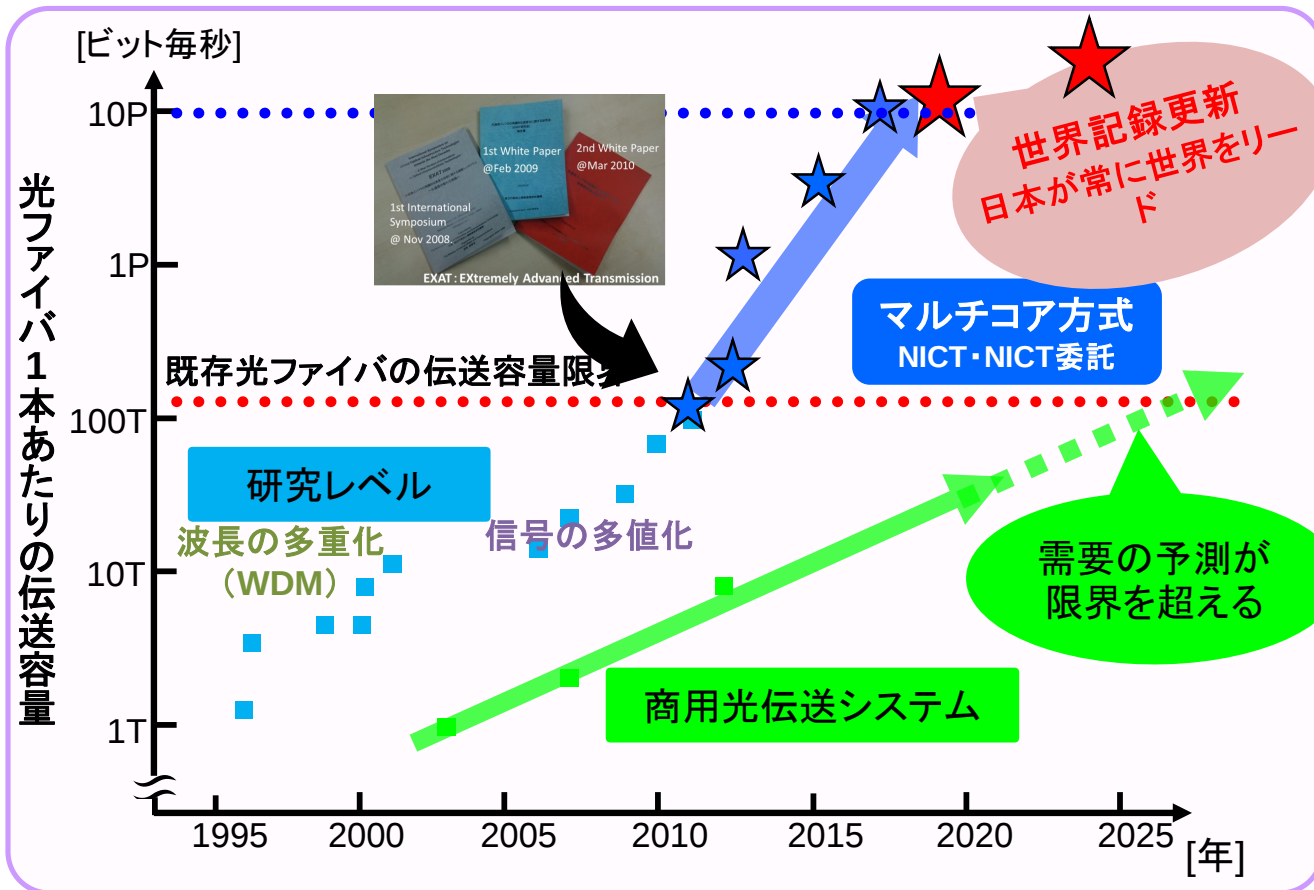
住友電気工業株式会社（本社：大阪市中央区、社長：井上 治、以下 当社）は、極低損失マルチコア光ファイバ「2C Z-PLUS Fiber® ULL」の量産化に世界で初めて成功、2023年10月に販売開始します。

<https://sumitomelectric.com/jp/press/2023/09/prs115>



コア数を増やしたマルチコアファイバで限界を打破

2011年 毎秒109テラビット(世界初の100Tb/s超え@7コア)
 2019年 毎秒10.66ペタビット(商用の約1000倍)伝送成功
 2023年 毎秒22.9ペタビット



光ファイバ型	38コア 3モード	4コア	今回の成果 38コア 3モード
発表時期	2020年3月	2022年5月	2023年10月
ファイバ断面			
光経路の数	114	4	114
総伝送容量 (ペタビット/秒)	10.66	1.02	22.9
伝送距離(km)	13	51.7	13
周波数帯域(THz) 使用波長帯	9.2 C, L	20 S, C, L	18.8 S, C, L
変調方式 (QAM)	64 / 256	256	256

2023年10月 報道発表
 ECOC 2023 ポストデッドライン

* 現中長期研究期間で推進中の研究開発例

・超高周波ICTデバイス

Beyond 5G等での活用が期待される ミリ波・テラヘルツ波向け半導体デバイスの研究

・酸化ガリウム(Ga_2O_3)デバイス

新規材料半導体エレクトロニクス分野の研究

・有機EOポリマー光変調器

有機EOポリマー材料による超高速、超低消費電力、低環境負荷型光通信デバイスの研究

・深紫外LED

水銀ランプ代替として世界最高出力を誇る 深紫外LEDの研究

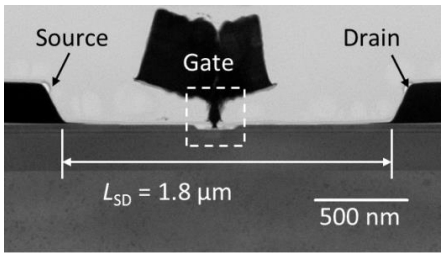
・光・電波融合アクセス基盤技術の研究開発

マッシュ集積オールバンドICTハードウェアの研究

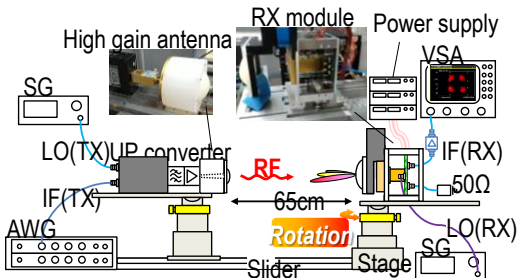
* 今後の方向性について

超高周波ICTデバイス

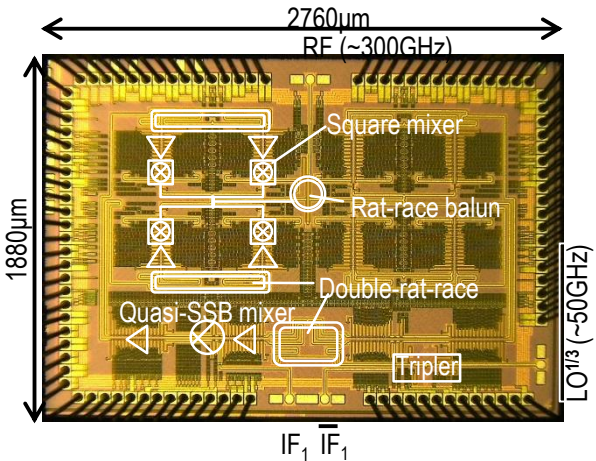
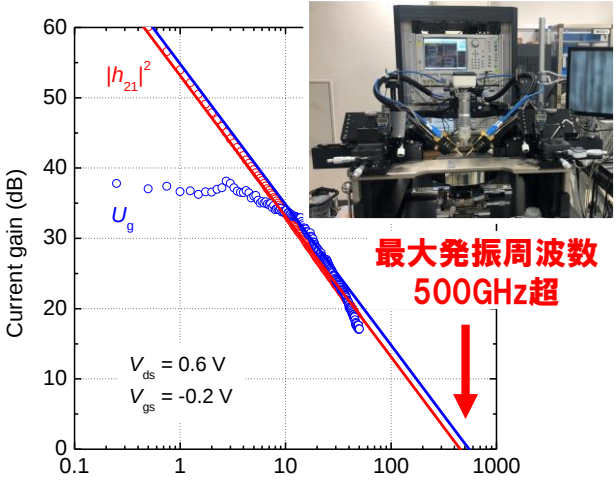
Beyond 5G等での活用が期待される ミリ波・テラヘルツ波向け半導体デバイス



超高周波(ミリ波・テラヘルツ波)向け
インジウム・リントランジスタ
上:トランジスタ断面写真
右上:高周波計測装置
右:高周波特性



	259.2 GHz (IEEE 802.15.3d Ch57)		
Modulation	QPSK		
Symbol rate	12.96 Gbaud		
Data rate	25.92 Gb/s		
Beam angle	-14°	0°	+14°
Constellation			
Band power	-16.9 dBm	-12.4 dBm	-16.4 dBm
EVM	28.08%rms	19.33%rms	25.11%rms
BER	1.85e-04	1.15e-07	3.41e-05



上:300GHz無線通信用シリコンCMOS集積回路の例
左:角度14度のビームステアリングと25Gb/s超の伝送を
同時に実現

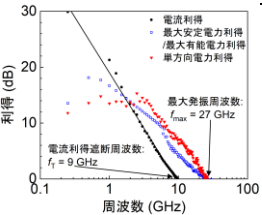
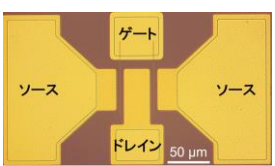
酸化ガリウム(Ga₂O₃)デバイス

新規材料半導体エレクトロニクス分野の研究

Ga₂O₃の特徴

- ワイドバンドギャップ (4.5 eV)
- 高い絶縁破壊電界 (>7 MV/cm)
- 低コスト、大型、高品質ウェハー

半導体デバイス未踏の極限環境で無線通信/
情報処理デバイス導入を目指したデバイス開発



SiC, GaNに勝るとも劣らぬ
ポテンシャル

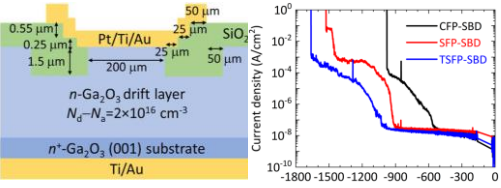
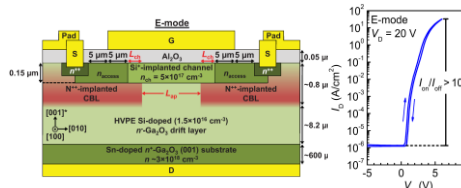
- 低損失パワーデバイス
- 高温・高放射線環境への耐性
- 市場規模予測 385 億円 (2035 年)

高周波 Ga₂O₃ MOSFET



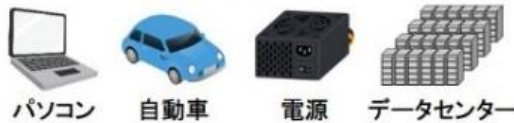
現在主流のシリコンデバイスより長期間安定に動作可能!!

省エネ社会の実現に向けた
先駆的 Ga₂O₃ パワーデバイス開発



ノーマリーオフ 縦型 Ga₂O₃ トランジスタ

高耐圧 トレンチ フィールドプレート
Ga₂O₃ ショットキーダイオード



多様な電力変換機器において大きな省エネ
効果の実現(電力変換損失 50~70%減!!)

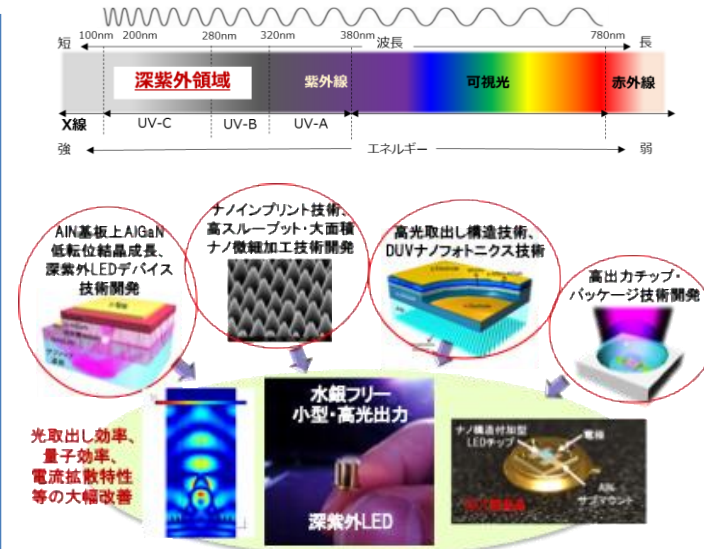
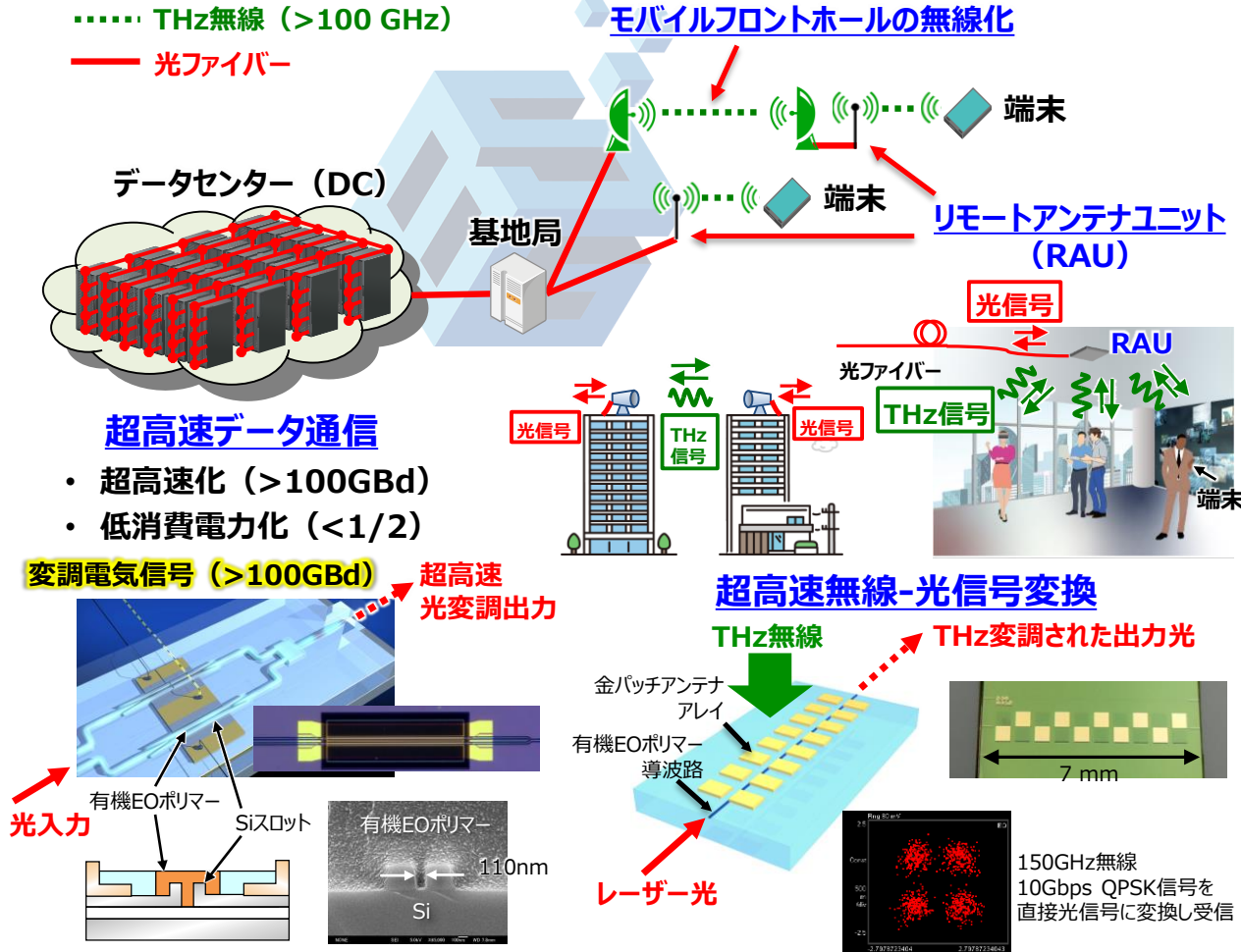
実用化、産業化

有機EOポリマー光変調器

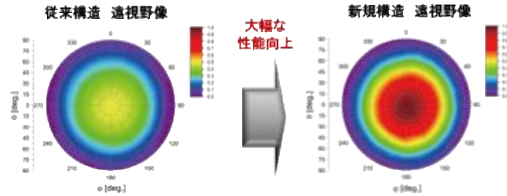
深紫外LED

有機EOポリマー材料による超高速、超低消費電力、低環境負荷型光通信デバイス

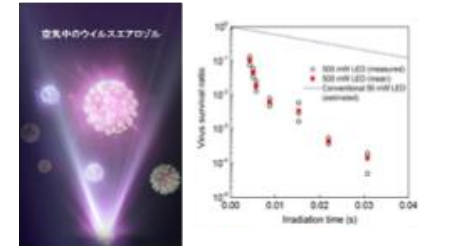
水銀ランプ代替として世界最高出力を誇る 深紫外LED



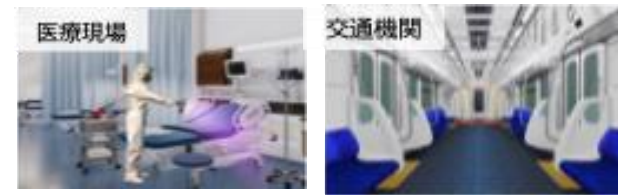
世界最高出力(500mW超/チップ @265nm)の深紫外LEDを実現



深紫外LEDを用いて新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)エアロゾルに対する高速不活性化を世界初で実証



わずか0.03秒照射で99.9%以上のエアロゾルウイルスを不活性化



ワット級265nm深紫外LEDハンディ照射モジュールの開発に成功
世界で初めて、光の配光角を制御できる深紫外LEDの開発に成功

科学技術振興機構 (JST)
研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP)
「Si/有機ポリマハイブリッド超高速変調器の実用化技術開発」-住友電気工業/NICT

総務省 (MIC)
電波資源拡大のための研究開発
「無線・光相互変換による超高速周波数帯大容量通信技術に関する研究開発」-日立国際電気/徳島大学/NICT/岐阜大学/早稲田大学

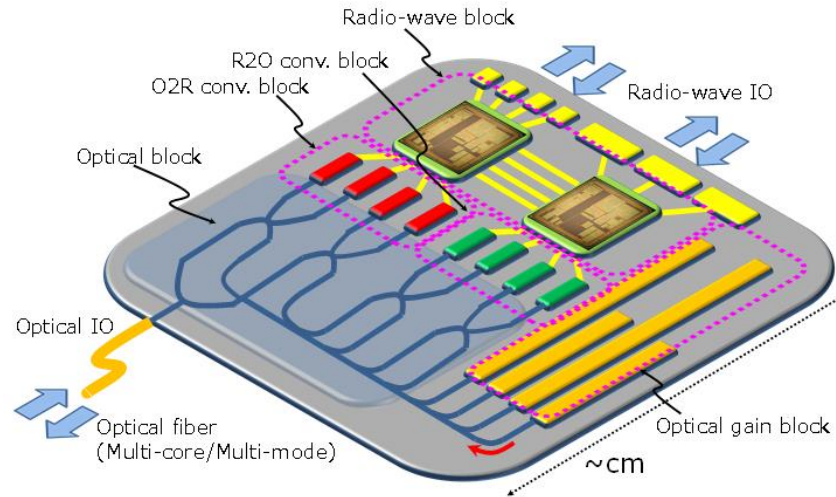
◆ 環境省所管・総務省連携：革新的な省CO2型感染症対策技術等の実用化加速のための実証事業
「脱炭素社会に貢献する265nm帯高強度深紫外LED開発とウイルス不活性化・CO2排出削減効果実証」
(R3年9月~R7年3月)

光・電波融合アクセス基盤技術の研究開発

マッシブ集積オールバンドICTハードウェア

技術的成果

- ✓ 10000パーツ/cc級の超小型マッシブ機能集積化デバイス技術
- ✓ パラレル化による広帯域波形制御・相互変換・波形回復等のウェーブ・アグリゲーション技術
- ✓ 接続口バスタ性の高いハードウェア技術

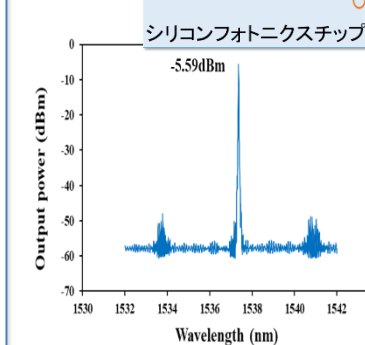
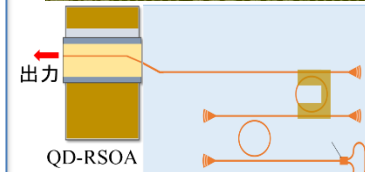
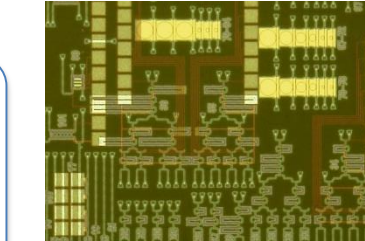


マッシブ集積
ハードウェア
(イメージ)

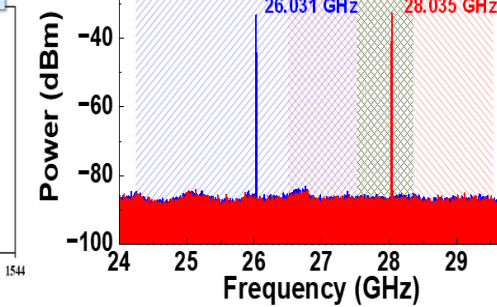
技術の展開

- ✓ 光源や変調器等の膨大な物理資源プールにより、リソースの適応的な拡張・補完・提供が可能な柔軟なネットワーク構成に資する。
- ✓ 光波や電波等の電磁波信号をオールバンドとして自由にネットワーク上で活用できる。
- ✓ 今後、さらなる空間多重化(積層化)、高周波数化、異種材料融合・機能集積

超高集積光デバイスと量子ドット光源技術



狭線幅 (〜20kHz)
波長可変レーザ



光電変換によりワンチップで
5G NRのミリ波を生成

実装密度
14,000/パーツ/cm²

利用

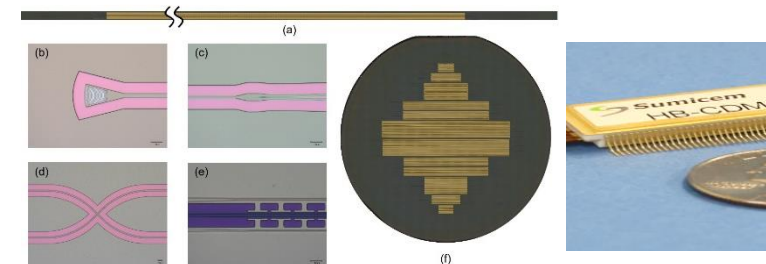
- ・光→ミリ波変換実現
- ・狭線幅波長可変レーザ

技術移転による、
量子ドットウェハ、
光ゲインチップ
の製品化

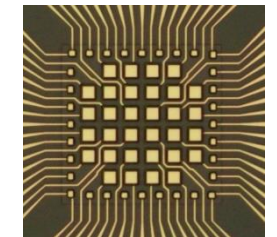


企業へ技術移転

超高速光変調器技術、超高速光検出器技術、光検出器アレイ技術



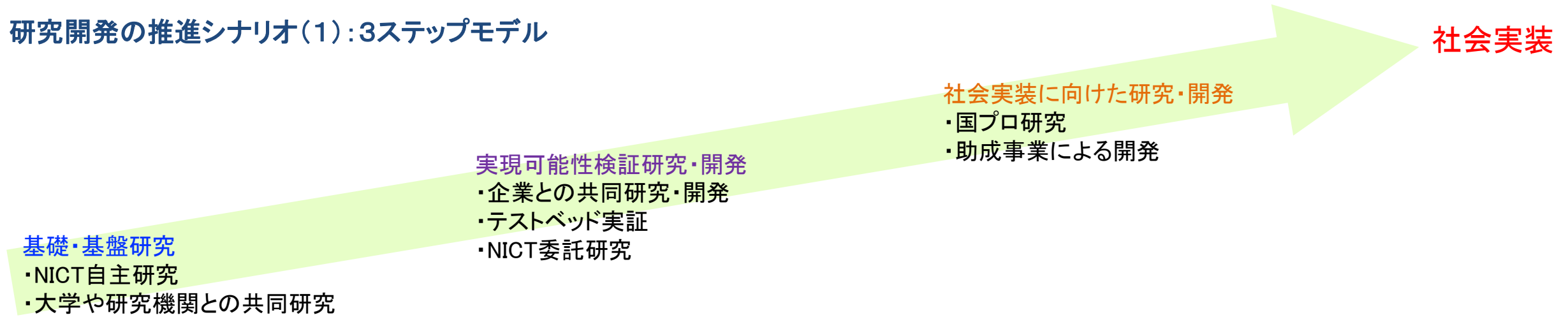
超高速光変調器 (DC〜220GHzで動作)



光検出器アレイ
(各素子40Gbps動作)

2つの研究開発モデルを駆使し、国内の研究開発活動をリード

研究開発の推進シナリオ(1): 3ステップモデル



研究開発の推進シナリオ(2): ノンリニアモデル

