



EXATロードマップ活動と SDM光ファイバの標準化動向

日本電信電話株式会社 アクセスサービスシステム研究所 **なかしま かずひで**
中島 和秀



1. はじめに

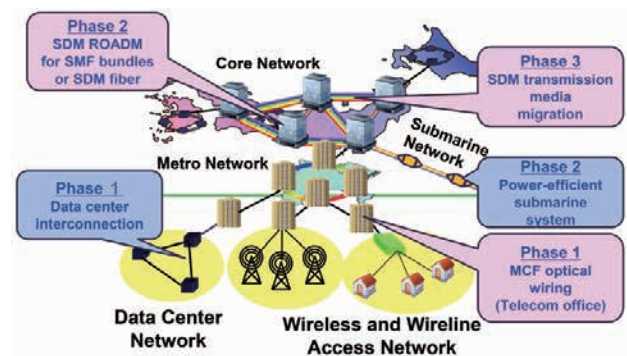
光通信インフラの飛躍的な高度化に関する特別研究専門委員会（EXAT特別研専）では、マルチコア（Multi-core）、マルチモード（Multi-mode）並びに多値変調（Multi-level modulation）の“3M”技術の重要性を世界に先駆け提唱し、“3M”技術による将来の光通信インフラの革新に向けた道標として、2017年にEXATロードマップ初版を、2020年に第2版を発行している^[1]。本稿では、EXATロードマップと現在の空間分割多重（SDM：Space division multiplexing）技術動向との相関について振り返るとともに、SDM光ファイバに関する国際標準化の動向について概説する。

2. EXATロードマップ

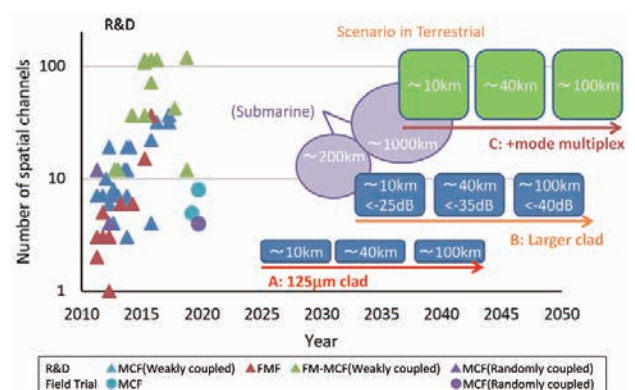
EXATロードマップの目的は、第1に“3M”技術に関連する研究者の仲間づくりを促進すること、第2に技術ロードマップを共有し効率的な実用展開を実現することにある。2010年以来、“3M”技術を包含するSDM技術の研究は世界的に活性化しており^[2]、EXATロードマップの第1の目的は十分に達成されたと言える。ここで、2017年～2020年にEXATロードマップが想定したSDM技術の展開シナリオと現在の動向との相関について検証してみる。図1にEXATロードマップで想定された、SDM技術の3つの導入フェーズを示す。第1フェーズではデータセンタ間や通信局舎内の光配線領域で、第2フェーズでは海底システム及び陸上基幹ネットワークでSDM技術の適用が進み、第3フェーズでは多様な領域でSDM光ファイバへの移行が進むとされている。図2はEXATロードマップにおける、SDM光ファイバの展開シナリオを示す。図2によれば、標準クラッド径の維持、拡大クラッド径の活用、空間モードの活用の順に空間多重度の拡張が進み、2020年代後半から標準クラッド径SDM光ファイバの短距離区間における実用展開が、2030年初頭から海底システムへの展開が進むと予想されている。

2024年4月時点で商用導入されたSDM光ファイバは存在しないが、2023年9月にGoogleから新たな海底システムの一部でマルチコア光ファイバ（MCF：Multi-core fiber）を適用する計画が発表された^[3]。また、住友電気工業株式会社からは2コア構造MCFのプロダクト化がリリースされた^[4]。

ここで、Googleの計画では標準クラッド径を維持した2コア構造MCFの適用が検討されており、図2の空間多重度の拡張イメージと合致している。一方、図1及び図2ではSDM技術の短距離区間からの展開を想定しているのに対し、現状では第2段階として考慮されていた海底システムへの展開が先行している。これは、現在使用されている海底光ケーブルの光ファイバ収容空間は僅か数mmの直径しかなく、既に収容心線数の増大による容量拡張が限界を迎えつつあるため、海底システムでは“空間”による制約が顕在化していることに起因すると考えられる。ここで重要なのは、今後、SDM技術の適用領域を陸上システムにも広げ、海底SDMシステムの導入を更に加速するために、どのような実現技術が必要となるかである。EXATロードマップにはこれに対する方向性も示唆されている。第1フェーズで想定された短距離アプリケーションでは、膨大な心線数もしくは



■ 図1. SDM技術の導入で想定される3つのフェーズ^[1]



■ 図2. SDM光ファイバのロードマップ^[1]

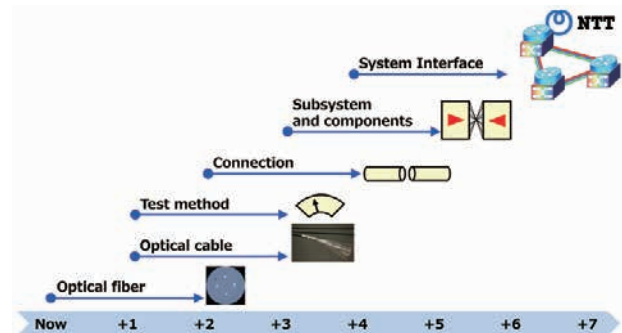
は空間チャネル数を効率的に運用するための多心光ファイバの一括接続が不可欠となる。また、海底SDMシステムの普及には、既存の単一コア光増幅器の並列使用に比べ、より効率の高いSDM光増幅器の実現が求められる。したがって、既存のEXATロードマップを参照し近い将来の実現技術を明確化することで、SDM技術の実用展開を更に加速することができると考えられる。

3. SDM光ファイバの標準化動向

今日の光ファイバケーブル及び光接続技術の国際標準は、ITU-T (International Telecommunication Union, Telecommunication Standardization Sector) 及びIEC (International Electrotechnical Committee) の協調活動の下に制改訂されている。既に、IECではMCF光コネクタに関する議論が進められており、試験法及び光学互換の標準文書が制定されている^[5, 6]。一方、SDM光ファイバに関しては、2022年にITU-TがSDM光ファイバケーブルの技術動向と標準化に向けた課題を取りまとめた新規技術レポートを発行し^[7]、SDM光ファイバの候補として図3に示す6種類の光ファイバを定義した。次いで、2023年11月の会合で、日本からの提案に基づき、図3に示す各種SDM光ファイバの提供領域と適用時期を明確化した上で、新規SDM光ファイバ勧告の制定について議論することが合意された。このため、今後SDM光ファイバについても標準化に向けた議論が進展することが期待されるが、ここで留意したいのは、SDM伝送システムとして広く利用される状態を実現するには、関連技術標準を含むSDMエコシステムの構築が不可欠となる点である。

図4にSDMエコシステムの実現に向けたロードマップのイメージを示す。物理層の技術標準に限定しても、SDMエコシステムの構築では、光ファイバに加え、光ケーブル、試験法、接続技術、サブシステムと光部品並びにシステムイ

ンタフェースなどの標準を規定する必要がある。仮に、個々の標準制定に最低2年の議論期間を必要とし、関連技術分野の並列検討を想定したとしても、すべての標準を確立するには6年程度の期間が必要になる。したがって、2030年代初頭における陸上SDM伝送システムの普及を目標とする場合、2025年ごろからSDM光ファイバ標準の制定に着手し、ITU-TとIECの緊密な連携による計画的な標準化を推進する必要があることが分かる。



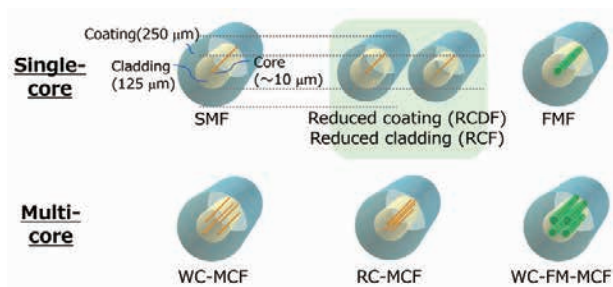
■図4. SDMエコシステムの実現に向けた標準化ロードマップのイメージ

4. おわりに

EXATロードマップと現在のSDM技術状況との関係並びにSDM技術に関する国際標準化の動向について概説した。標準クラッド径MCFの実用展開が期待される中、2030年代初頭におけるSDM伝送システムの多様な領域への実用展開・普及を見据えたSDMエコシステムの実現に向け、計画的な国際標準化活動が推進されることが望まれる。

参考文献

- [1] “EXATロードマップ,” 技術資料-EXAT (ieice.org).
- [2] W. Klaus et al., in Proceedings of the IEEE, vol. 110, no. 11, pp. 1619-1654, Nov. 2022.
- [3] “Boosting Subsea Cables with Multi-Core Fiber Technology,” (2023). <https://cloud.google.com/blog/products/infrastructure/delivering-multi-core-fiber-technology-in-subsea-cables?hl=en>
- [4] “世界初 極低損失マルチコア光ファイバの量産化に成功,” (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 | 住友電工 (sumitomoelectric.com)
- [5] IEC 61300-3-4, (2023).
- [6] IEC PAS 63503-3-30, (2023).
- [7] ITU-T Technical Report GSTR-SDM, (2022).



■図3. ITU-T技術レポートで定義された6種類のSDM光ファイバ^[7]