

令和2年度 追跡評価書

研究機関 : 日本電信電話(株)、沖電気工業(株)、(株)日立製作所

: 超高速・低消費電力 光ネットワーク技術の研究開発

研究開発課題 課題 I アクセスネットワーク(加入者・局舎ネットワーク)

高速大容量化・低消費電力化技術

研究開発期間 : 平成 24 ~ 26 年度

代表研究責任者 : 木村 俊二(日本電信電話(株))、坂本健一((株)日立製作所)

■ 総合評価

(総論)

研究開発成果の国際標準化を積極的に推進し、普及に向けたフォーラム活動、特許取得、製品化等に継続的に取り組むとともに、主要国際会議での発表を通じた技術トレンドの形成にも努める等、成果の発展・活用が十分に進められている。有意義な研究開発である一方、市場の立ち上がりが遅れている領域においては、今後も適切なタイミングで成果を活用していくことが重要である。

(コメント:課題 I (a))

- 研究開発は当初目標を達成し、国際標準化で研究成果に関する提案が採択され、周知広報活動も十分行われていることから、本研究開発は有意義かつ有益なものであったと考えられる。
- 研究開発成果の国際標準獲得に向けた取組や成果の普及に向けたフォーラム活動を継続し、主要国際会議での発表を通じて技術トレンド形成に努めるとともに、モバイル通信分野との異分野融合研究を推進し、キャリアとメーカーの連携による技術開発力の強化を図る等、研究開発の発展状況や活用状況は十分であったと評価できる。

- 本プロジェクトの成果は 5G 以降のスマートセルにおけるモバイルフロントホールの実現等において有用な技術である一方で、マーケットの立ち上がりが予想よりも遅れているため、今後適切なタイミングで成果を活用していくことが重要。
- まだ市場が立ち上がっていないものの、研究成果の発展状況や活用状況は十分であり、我が国にとって有益なものであったといえる。

(コメント:課題 I (b))

- 研究開発は当初目標を達成し、技術を活用した製品の市場展開が計画され、研究開発成果の周知も十分に行われていることから、本研究開発は有意義かつ有益なものであったと判断される。
- 研究成果の発展状況や活用状況は十分で、製品化を行い相当の売上を達成。我が国にとって有益なものであったといえる。
- 短距離伝送への光多値技術の導入に関して、先行技術開発の着手、国際標準への貢献・主導等の観点から意義深いプロジェクトであった。
- 半導体光変調器技術開発の成果を活用した製品出荷開始によって相当の売上が発生しており、400G イーサ製品については事業化を予定している。また、IEEE 初の PAM4 伝送導入に貢献し、論文発表、特許取得、国際標準獲得等を通じた成果の周知活動を継続する等、本研究開発は我が国にとって有益なものであったと評価できる。

(コメント:課題 I (c))

- 本研究開発の技術成果について国際標準化活動を積極的に推進して完了に導いており、本研究開発は有意義であったと判断される。
- 研究開発は有意義なものであったといえる。
- 特許登録に向けた活動を推進し、出願特許全ての権利化を完了しており、開発した物理層リンク多重分離技術は IEEE 802.3bs の標準化完了後のサーバ市場に与えるインパクトが大きく、また、データセンター内ネットワークへの導入効果も期待できることから、本研究開発は我が国にとって有益なものであったと評価できる。
- 従来テレコム向けを主眼に置いていた IEEE や OIF がデータセンター向け規格に着手する時期と一致しており、適切な時期に先行的に開発に着手できた点において有意義であった。

(コメント:課題 I (d))

- マルチコアファイバ接続技術開発の成果を装置間・装置内光インターコネクション向け小型光送受信器の開発に展開するとともに、高密度実装が可能な光インターコネクション向け小型光送受信器の実現を目指して、新たにマルチモードマルチコアファイバ導入に向けた要素技術開発を進めており、マルチコアファイバ用光コネクタの基本技術を活用した他社による製品化の取組を含め、本研究開発は有意義なものであったと評価できる。
- プロジェクト終了時点で製品化可能なレベルを達成していたが、マルチコアファイバの市場立ち上がりが遅れており、今後、適切なタイミングで成果を活用していくことが重要。
- 研究開発は全体的に有意義であったが、市場の動向予測が難しい技術分野であったため、開発技術の波及効果が当初予想よりも大きくないという印象は否めない。
- 市場の立ち上がりがまだ不明であり、研究成果の発展状況や活用状況は十分とはいえないものの、当時の情勢に鑑みると、本研究開発は行うべきであったと考える。

(1) 成果から生み出された経済的・社会的な効果

(総論)

研究開発成果について、ITU-T をはじめとする国際標準化活動や普及に向けたフォーラム活動等が積極的に実施されており、極めて高く評価できる。また、多くの特許取得に加えて、成果を活用した製品化・商用化が進むとともに、他社への技術支援による事業化も幅広く予定されている等、成果の社会展開に向けた取組が着実に進んでいる。

(コメント:課題 I (a))

- 研究成果が ITU-T の G.989 シリーズ及び G.9802 に採択され、更に G.989 シリーズに積極的に関与することで標準化を完了したことは、国際標準化活動の観点から極めて高く評価できる。
- 標準化活動に積極的に取り組み、G.989 の完了、NG-PON2 の推進を行っている。
- 研究開発成果の国際標準獲得に向けた取組を継続し、標準化を完了に導くとともに、NG-PON2 の普及に向けたフォーラム活動を推進し、主要国際会議発表を通じて技術トレンド形成に努める等、我が国の国際競争力の強化に貢献している。
- モバイル市場への展開として、5G システムへの PON システム適用に関して積極的な活動を行った。
- モバイル市場への展開を目指して 5G 推進フォーラムや ITU-T の FG IMT-2020 への提案活動を実施するとともに、モバイル装置との連携に向けた装置インタフェースの仕様を検討しており、モバイル市場も巻き込んだ大きな展開が期待できる。
- プロジェクト実施中から引き続き ITU-T での国際標準化においてアソシエートレポートやエディタとして標準化に大きく貢献したほか、NG-PON2 フォーラムにおいてもボードメンバーとして活動を推進した。
- プロジェクト終了後に 9 件の特許を取得している。

(コメント:課題 I (b))

- 研究開発期間中に製品出荷が行われ、相当の売り上げを達成している。また、本開発成果を国内他社に技術支援し、400G イーサ製品事業化を予定している。
- 特許登録を推進し、12 件が権利化完了済み、そのうち 5 件が海外特許。また、IEEE 400GbE の標準化活動を推進し、標準化を完了させている。
- プロジェクト実施期間中に依頼した特許 12 件(うち海外 5)の権利化を完了。
- 400GbE の標準化を完了させた。
- 半導体光変調器技術をグループ会社に技術開示し、製品出荷を開始するとともに、国内他社に 1 波長 100G 多値伝送方式の技術支援を実施し、400G イーサ製品の事業化を予定しており、特許取得や国際標準獲得等の実績を含めて、成果の社会展開に向けた取組が適切になされている。

- 本プロジェクトで開発した半導体光変調器技術をグループ会社に開示して製品を出荷開始し、相当の売上が得られている。
- 半導体光変調器の製品出荷を開始し、相当の売上高を達成した。

(コメント:課題 I (c))

- 国内 4 件、国外 4 件の特許を出願し、8 件全ての権利化を完了している。また、課題 I(b)とともに OIF 及び IEEE への標準化の提案を行なっている。
- プロジェクト期間中に出願した特許 8 件全ての権利化を完了。
- 課題 I(b)と共同で、OIF、IEEE への提案を実施。
- データセンター内ネットワーク向け光アクティブケーブル製品へ技術適用を実施した。
- 特許登録に向けた活動を推進し、出願特許全ての権利化を完了するとともに、開発した物理層リンク多重分離技術をデータセンター内ネットワーク向け光アクティブケーブル製品に適用する等、成果の社会展開に向けた取組を着実に進めている。

(コメント:課題 I (d))

- マルチコアファイバ用光コネクタの基本技術を他社に技術供与し、他社は独自技術を加えて製品化を準備中であり、また、マルチコアファイバ光接続技術開発の成果を装置間・装置内光インターコネクション向け小型光送受信器の開発に活用する等、成果の社会展開に向けた取組が適切になされている。
- マルチコアファイバにおける光経路切り替え技術、マルチコアファイバ接続技術に関して、製品化可能なレベルのものを実現。
- 成果を用いて光インターコネクション向けマルチコアファイバ搭載小型光送受信器の開発を進めるとともに、マルチコアファイバ接続デバイスの伝送装置・IT プラットフォームへの適用を検討している。
- 光コネクタについては製品レベルの性能のものが得られ、他社に技術供与した。
- プロジェクト終了後 6 件の特許を登録。

(2) 成果から生み出された科学的・技術的な効果

(総論)

各課題で得られた研究開発成果を活用し、様々な関連機器の開発が進められるとともに、更なる性能向上を目指した技術開発にも波及しており、新たな科学的・技術的な研究開発を誘引していると評価できる。また、国際標準化にも積極的に貢献することで、新たな技術の成長を誘起することにもつながっている。

(コメント:課題 I (a))

- 本研究開発により、柔軟性を目指した OFDM 方式や WDM/TDM 方式の高速化、波長可変トランシーバ技術、光波集積回路技術、更には 5G モバイル連携を目指した光アクセス・スライス技術の開発が誘引されている。

- OFDM を利用した柔軟性の高い光ネットワーク、WDM/TDM-PON 向け光デバイス、光アクセスのスライス技術等の研究を誘引した。
- 光アクセスシステムの更なる柔軟性の向上を目指した OFDM 方式によるエラスティック光アグリゲーションネットワーク技術開発、また、モバイルフロントホールへの WDM/TDM-PON 適用技術開発に取り組むとともに、波長可変トランシーバの小型化・高速化を目指したシリコンフォトニクス技術による光集積化の研究を実施する等、新たな科学技術開発を誘引していると評価できる。
- 本研究開発に誘引され、WDM/TDM-PON に適用する経済的な波長可変トランシーバ技術、また、同トランシーバを実現するための光波集積回路技術の研究開発が進展している。

(コメント:課題 I (b))

- 中短距離光インタフェースへの 1 波長多値伝送の適用に向けた研究開発を推進し、特に短距離向けに検討した 1 波長 100GPAM4 伝送については IEEE 初の PAM4 伝送の導入に貢献しており、新たな技術の成長を誘起するものと評価できる。
- IEEE 400GbE の標準化において Cisco 等と協力して短距離向け 100GPAM4 の標準化を完了した。
- 本研究開発の成果は、IEEE 初の PAM4 伝送の導入に貢献した。

(コメント:課題 I (c))

- IEEE 802.3bs 標準化完了後に次世代インタフェースの実用化が始まり、市場に様々なポートが混在するため、本技術の適用が大いに見込まれる。また、データセンター内ネットワークへの展開を目指したアクティブ光ケーブルの小型・高密度化を実現する上で、本技術の導入が見込まれる点も評価できる。
- 課題 I(b)と共同で、OIF、IEEE への標準化提案を実施した。
- 様々な低速リンクを検出し、1 本の大容量リンクに多重化する物理層リンク多重分離技術は、IEEE 802.3bs の標準化完了後のサーバ市場に与えるインパクトが大きく、また、アクティブ光ファイバの適用が進むデータセンター内ネットワークへの導入効果も期待できる。
- データセンターにおいて多種の規格のリンクを大容量リンクに多重化する技術のニーズが高まっており、本研究課題はまさにそれに合致したものの。

(コメント:課題 I (d))

- マルチモードマルチコアファイバ及びマルチコア光導波路を用いた高密度実装可能な光インターコネクション向け小型光送受信器の開発のための要素技術に向けて、本成果が適用されている。
- マルチコアファイバ接続技術開発の成果を活用して、マルチモードマルチコアファイバとミラー付きマルチコアポリマー光導波路との低損失光結合技術を開発し、高密度実装可能な光インターコネクション向け小型光送受信器の実現を目指す等、新たな科学技術開発を誘引していると評価できる。
- プロジェクト終了後、開発した技術を装置間・装置内の光インターコネクト向け小型光送受信器の開発に展開。

(3) 副次的な波及効果

(総論)

本研究開発は若手研究者の育成のための貴重な機会となり、国際標準化活動等を通じたグローバル人材の育成等が図られるとともに、関連企業の連携によって技術開発力の強化にもつながる等、大きな波及的効果が得られた。

(コメント:課題 I (a))

- 本研究課題を通じて国際標準化活動で活躍できるグローバル人材を育成できている点は極めて高く評価できる。
- 若手人材の育成に貢献した。
- キャリアとメーカーが連携することによって技術開発力が強化された。
- 当初計画にはなかったモバイルフロントホールへの PON の適用といった重要かつ新しい領域へ波及している。
- PON のモバイルフロントホールへの適用といったモバイル通信分野との融合が加速している。
- モバイルフロントホールへの WDM/TDM-PON の適用に向けて、低遅延性を実現するための研究開発が進展するとともに、キャリアとメーカーの連携による技術開発力の強化、国際標準化活動を通じてグローバル人材の育成が図られる等、波及的な効果が得られている。
- 本プロジェクトで開発した WDM/TDM-PON システムは 5G 以降の Small Cell におけるモバイルフロントホールの実現にも好適である一方で低遅延の実現に課題があり、低遅延化を図る研究開発が進展した。

(コメント:課題 I (b))

- 2 社の連携により、互いの研究開発能力の向上を図ることができている。
- デバイスとシステムのメーカーが連携することによって技術開発力が強化された。
- 基盤技術の異なる 2 社が連携することで、研究開発力や国際競争力の向上に資する成果が得られ、また、若手がデバイスや送受信機の試作に参加することで、研究人材の育成が図られる等、波及的な効果が得られている。
- 若手の技術育成の貴重な機会となり、期間中の成果による若手の社外表彰受賞につながった。

(コメント:課題 I (c))

- 若手が標準化活動に参加することや、学会・財団法人の講演や解説記事の執筆を行うことを通じて、研究人材の育成が図られている。
- 若手が国際標準化会合に積極的に参加し、世界的な技術動向の調査を通じて標準化に関する知識を習得する等、若手人材の育成が図られ、また、招待講演や解説記事の執筆依頼がある等、研究人材の育成も図られている。
- これまで標準化に参加していなかった若手が標準化に参加し、経験を積む等、技術育成

の貴重な機会となった。

(コメント:課題 I (d))

- マルチモードマルチコアファイバを用いた高密度実装可能な光インターコネクション向け小型光送受信器実現に向けて、マルチモードファイバのファンイン・ファンアウトデバイスやミラー付き多層ポリマー光導波路を他社と共同開発する等、研究開発成果以外の波及的な効果が得られている。
- 小型光送受信器やマルチモードマルチコアファイバ FI/FO デバイスの開発にあたっては、他社と共同開発が実施された。

(4) その他研究開発終了後に実施した事項等

(総論)

研究開発終了後も、数多くの論文発表、特許出願・取得、国際標準化提案等、積極的な成果展開や周知広報活動に取り組むとともに、情報発信を通じた技術トレンドの形成等にも努め、また、研究開発成果をその後の研究開発プロジェクトや関連する製品開発等にも活用する等、幅広い展開がなされている。

(コメント:課題 I (a))

- 研究開発終了後も18件の学術発表を行い、成果の周知広報活動を十分に行なっている。
- 査読付論文5件、査読付口頭発表3件等、研究開発結果の公表を積極的に行っている。
- 主要国際会議を含め多くの外部発表を行った。
- モバイル適用を想定した低遅延帯域割当技術、ネットワーク仮想化を実現するPON仮想化技術、Beyond-5Gを想定したPON大容量化技術等、現在進行中の研究課題に本研究開発成果が活用されている。
- 研究開発終了後の論文発表、特許出願・取得、国際標準提案等の実績が多数あり、積極的な情報発信を通じて技術トレンド形成に努めるとともに、研究開発成果をモバイル適用を想定した低遅延帯域割当技術、WDM/TDM-PON ベースの PON 仮想化技術、Beyond-5Gを見据えたPON大容量化技術の開発に活用している。

(コメント:課題 I (b))

- 研究開発終了後も論文や口頭発表を計24件行なっており、成果の周知を十分に行なっている。
- 国内外の論文発表や口頭発表をはじめ多くの外部発表を行った。
- 研究開発終了後の論文発表、特許取得、国際標準獲得等の実績が多数あり、積極的な情報発信を通じて成果の周知活動に努めるとともに、短距離向け多値伝送の更なる高性

能化や短距離向け半導体光変調器の更なる小型・低消費電力化等、成果の拡大と実用化に向けた取組を推進している。

- プロジェクト終了後も査読付論文3件、査読付口頭発表等を実施している。

(コメント:課題 I (c))

- 学会の研究会でフィールド実験結果に関する口頭発表を3件行い、本課題で開発した技術の有効性の周知に努めている。
- 8件の特許取得を完了した。
- 研究開発終了後の目標として掲げた情報発信については、試作したプロトコル無依存リンク多重化方式の検討結果や試作した方式検証機によるフィールド実験結果等を取りまとめて口頭発表し、研究成果の周知に努めている。
- プロジェクト実施中は主に通信事業者の利用を想定していたが、データセンターで低速のチャンネルを多数束ねるニーズが高まったため、そのような製品への技術適用を行った。

(コメント:課題 I (d))

- 論文2件を出版し、加えて Springer 社より本技術を説明した書籍を出版する予定であり、成果の周知という点で高く評価できる。
- 光インターコネクション向け小型光送受信器の開発を光部品メーカーと共同で行った。
- マルチモードマルチコアファイバ FI/FO デバイスと多層ポリマー光導波路を共同開発した。
- 研究開発終了後も論文発表や口頭発表等によって研究成果の周知活動を継続するとともに、書籍の分担執筆を通じて研究成果の普及にも努めている。
- プロジェクト終了後の論文発表2件、対外発表2件のほか、書籍の一部として出版予定。

(5) 政策へのフィードバック

(総論)

国際標準の獲得や製品化・事業化等につながる幅広い成果が得られており、時宜を得た国家プロジェクトとして有意義かつ有益であった。適切なタイミングでの国主導の先行的な研究開発は、我が国の技術優位性の維持・向上に有効と考えられる。また、市場の立ち上がりが遅い分野においては、ニーズを的確に把握した研究開発を継続するとともに、そのための支援方策等の検討も望まれる。

(コメント:課題 I (a))

- 研究開発成果の国際標準獲得に向けた取組や成果の普及に向けたフォーラム活動を継続し、主要国際会議発表を通じて技術トレンド形成に努めるとともに、モバイル通信分野との異分野融合研究を推進し、キャリアとメーカーの連携による技術開発力の強化を図る等、研究開発の発展状況や活用状況は十分であったと評価できる。
- 研究開発は当初目標を達成し、国際標準化で研究成果に関する提案が採択され、周知広報活動も十分行われていることから、本研究開発は有意義かつ有益なものであったと考えられる。
- まだ市場が立ち上がっていないものの、研究成果の発展状況や活用状況は十分であり、我が国にとって有益であった。
- 本プロジェクトの成果は5G以降のsmall cellにおけるモバイルフロントホールの実現等において有用な技術である一方で、マーケットの立ち上がりが予想よりも遅れているため、今後適切なタイミングで成果を活用していくことが重要。

(コメント:課題 I (b))

- IEEE 400G イーサ標準化に先駆けて短距離伝送への光多値技術の導入に着手しており、国家プロジェクトでなければこのような時宜を得た研究開発は困難であったと考えられる。
- 先行技術の開発着手、国際標準化の主導、技術の製品化を実現した、妥当な研究開発であった。
- IEEE400G イーサ標準化に先駆けて短距離伝送への光多値伝送技術の導入に着手し、国際標準への貢献や製品化・事業化につながる成果を得たことは、国家プロジェクトとして妥当なものであったと評価でき、適切なタイミングでの国主導の先行研究開発は、我が国の技術優位性の維持・向上に有効であると考えられる。
- 短距離伝送への光多値技術の導入に関して、先行技術開発着手、国際標準への貢献・主導等の観点から意義深いプロジェクトであった。

(コメント:課題 I (c))

- IEEE や OIF 等の標準化団体がデータセンター内ネットワークに関する規格に着手する

時期と本研究開発の期間が合致しており、適切な対象と時期に先行的に開発に着手できた点で、国家プロジェクトとしての課題設定は妥当であった。

- 適切な時期に先行技術の開発に着手できた妥当な研究開発であった。
- 技術の転換期においては、民間企業単独よりも連携した方が標準化提案しやすい。課題や企業間を超えた実施支援が得られると、日本の国際競争力の向上を図ることができる。
- 本研究開発は、国際標準化団体がデータセンター向けを対象とした規格に着手する時期と同時に開始されたもので、プロジェクトのテーマ設定は妥当であったと評価できる。こうした技術の転換期には、民間企業単独ではなく、企業間を超えた先行研究開発が我が国の国際競争力の向上に有効。
- 従来テレコム向けを主眼に置いていたIEEEやOIFがデータセンター向け規格に着手する時期と一致しており、適切な時期に先行的に開発に着手できた点において有意義。

(コメント:課題 I (d))

- マルチコアファイバのような新型ファイバを市場に導入するには、関連する周辺技術を含めて総合的に研究開発を進める必要があり、こうした技術開発は国主導のプロジェクトとして妥当。一方で、市場の立ち上がりが遅く、研究開発を中断せざるを得ない場合の継続支援方策の検討が望まれる。
- 市場の立ち上がりが現時点で不明なため、本研究開発技術の有用性・有益性を判断するには今しばらく時間がかかるように見受けられる。
- マルチコアファイバの市場立ち上がりが現時点では不明。ニーズをしっかりと把握してそれに合わせた研究開発を行っていくことが重要。