

## 平成 28 年度追跡評価結果について

追跡評価とは、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」に基づき、委託研究終了後、数年経過してから（今回は 3 年後と 5 年後）、その波及効果や副次的効果等の把握、制度の改善等のために行う評価である。平成 28 年度追跡評価は、「研究成果の実用化・標準化等が進展して社会的にインパクトが大きい課題であるか、委託額が大きい課題（総額 10 億円程度以上）であるか等を考慮する」との方針に基づき、平成 22 年度と平成 24 年度に終了した研究課題のうち、下記 6 件を選び、実施した。評価委員による評価は、研究期間終了後の状況等の簡易書面調査、対面での聞き取り調査の報告書を元にして、書面評価でおこなった。

### 【評価対象とした研究課題】

- ① 課題 107 ICTによる安全・安心を実現するためのテラヘルツ波技術の研究開発
- ② 課題 112 全光パケットルータ用光RAMサブシステムの研究開発
- ③ 課題 113 イ 量子暗号の実用化のための研究開発
- ④ 課題 122 エ ダイナミックネットワーク技術の研究開発
- ⑤ 課題 136 複数モダリティー統合による脳活動計測技術の研究開発
- ⑥ 課題 137 新たな通信媒体を利用したサーフェイス通信技術の研究開発

【研究課題の概要と評価結果】

課題 番号	研究課題名	研究期間 (年度)	研究費 (百万円)
107	ICTによる安全・安心を実現するためのテラヘルツ波技術の研究開発	H18~H22	860
受託者	日本電信電話<幹事>、東京大学、大阪大学(H19より東京大学)、産業技術総合研究所、スペクトルデザイン、東芝(H18のみ)、名古屋大学、日本ガイシ、日本電気(H19以降)		
研究概要 と成果	<p>災害現場において、遠隔計測により、テラヘルツ（以下THz）帯の映像取得システム（遠隔THz帯イメージャ）と、災害時に発生するCOなどの危険ガス検出システム（遠隔THz帯分光センサ）を開発し、災害時に役立つ情報提供のための技術を開発することを目的とした。主な成果は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ THzアレイセンサにおいて、熱分離構造へのTHz波吸収膜の形成や誘電体カバーの実装等により、20倍の感度向上を実現した。</li> <li>・ 材料開発およびコーティング技術の開発により得られた透過率90%以上の材料を用いてTHzイメージングシステムを製造し、模擬火災現場での実験により、可視・赤外に比べTHz帯の優位性を明らかにした。</li> <li>・ 光サイドバンド発生器と単一走行キャリアフォトダイオードをTHz波発生器に、超伝導トンネル型ミキサを受信器に用いた可搬型THz帯遠隔分光センシングシステムを構築し、実スケールの模擬火災現場において、火災現場の代表的な危険ガスの一つであるシアン化水素発生時の遠隔リアルタイム検知に成功した。</li> </ul>		<p>終了時の 評価 (S, A, B, C)</p> <p style="text-align: center;"><b>S</b></p>
研究期間 終了後の 経過	<p>・ 本研究で開発された THz カメラ技術が日本電気により製品化され、2010~2015 年度の間約 60 台が販売された。この実績により、平成 23 年 9 月には、産学官連携功労者表彰 総務大臣賞「テラヘルツ・アレイセンサとハンディ・テラヘルツカメラの開発」（日本電気、NICT、東京大学）、平成 28 年 5 月には日本赤外線学会業績賞「赤外線・テラヘルツ帯におけるボロメータ型カメラの開発」（日本電気）を受賞した。</p>		
追跡評価 結果	<p>本研究開発の成果のうち、テラヘルツ・カメラは製品化され、世界市場を相手に販売されている。今後もその感度波長領域の拡大等に発展があると見込まれ、有意義な研究と評価できる。また、分光センシングに関しても、特に火災時に大気中の有害物質検知の可能性を示すなど、今後の発展・活用が期待されている。</p> <p>さらに、近い将来の社会の情報量増大に伴って現在のマイクロ波通信技術はテラヘルツ帯技術を必要とすることが確実であるが、そこでも本研究の成果が基盤技術として有用であり、大いに活用されることが予想される。</p>		

課題番号	研究課題名	研究期間(年度)	研究費(百万円)
112	全光パケットルータ用光RAMサブシステムの研究開発	H18~H22	1,357
受託者	日本電信電話<幹事>、阪大、九大、日本電気		
研究概要と成果	<p>将来のルータの主流になると期待される全光パケットルータを実現する上で不可欠である、非同期光信号で入出力可能な光RAMサブシステムを実現する基本技術の確立と、プロトタイプ作製による技術的可能性の検証を目的とした。主な成果は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・光メモリ単体素子を三種類のデバイスからのアプローチでそれぞれ実現し、特にフォトリソニック結晶型メモリではさらに将来の量産化を睨んだ製造基盤技術を確立した。</li> <li>・光メモリに信号を読み書きするためのアドレスを二種類の構成でそれぞれ実現した。</li> <li>・光信号パルス列の直列・並列変換を用いるインターフェース等の光メモリ周辺技術を実現し、さらに光メモリを前提とした光パケットルータ構成技術を確立した。</li> <li>・並行検討してきた技術の選択、統合により将来の光ルータの重要な要素である光RAMサブシステムを構築し、40Gbps級、4ビット基本動作を実証した。</li> </ul>	終了時の評価 (S, A, B, C)	S
研究期間終了後の経過	<ul style="list-style-type: none"> <li>・フォトリソニック結晶型メモリでは、日本電子電話が2014年に100ビットを超える素子を開発し、Nature Photonics誌に発表した。</li> <li>・この委託研究で開発されたデバイス作製技術は、その後NICTの委託研究「高機能光電子融合型パケットルータ基盤技術の研究開発」に引き継がれ、低消費電力、低遅延の光パケットルータのプロトタイプを構築して100Gbps (25Gbps×4)の光パケット動作を実証するなどの成果を上げている。</li> </ul>		
追跡評価結果	<p>本テーマに関する限り、光RAMという研究として高い旗印上げたことにより、学術的に多くの成果を上げると同時に、結果的にスムーズにより現実的なCMOSを用いた光電子融合型パケットルータに関する#151の後継テーマに結びついたと考えられ、評価に値する。全光パケットルータは低消費電力ルーティングの切り札と考えられ、本分野での日本の技術の有意性を維持し、実用化の折に先導性を発揮する上でも絶え間のない一定の継続的な研究の推進を期待したい。</p>		

課題番号	研究課題名	研究期間(年度)	研究費(百万円)
113 イ	量子暗号の実用化のための研究開発	H18~H22	1,001
受託者	日本電気<幹事>、三菱、日本電信電話		
研究概要と成果	<p>高性能単一光子検出技術を利用して、無条件安全性が理論的に保証された高速な量子鍵配送システムを開発し、その性能を実証することを目的とした。主な成果は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・14dB 損失リンクにおいて1 波長で 80kbps の最終鍵を達成。8 波長多重時に 10dB 損失換算で鍵速度 1Mbps 以上に相当する性能を実証した。</li> <li>・大手町-白山間の往復敷設ファイバ 24km (JGN2plus) において、本装置を適用し鍵配送に成功した。</li> <li>・差動位相シフト量子鍵配送 (DPS-QKD) をシステム化し、NICT が開発した超伝導単一光子検出器、日本電気が開発した鍵蒸留基板と組み合わせることにより、実環境敷設光ファイバ約 90km (損失 27dB) (JGN2plus) 上で安定した鍵配送が行えることを実証した。</li> </ul>	終了時の評価 (S, A, B, C)	<b>S</b>
研究期間終了後の経過	<ul style="list-style-type: none"> <li>・研究開発成果を NICT 委託研究「セキュアフォトリックネットワーク技術の研究開発 課題ア 量子鍵配送ネットワーク制御技術」プロジェクト(2011-2015 年度)および ImPACT プログラム「量子人工脳を量子ネットワークでつなぐ高度知識社会基盤の実現」(2014-2018 年度)で発展させている。</li> </ul>		
追跡評価結果	<p>量子暗号方式として最初の BB84 の名前が示すように、究極の安全性を有する暗号方式の原型が提案されたのが、現在から 33 年前である。今から思えば、そのような量子暗号システムを、その時代の量子情報処理技術で実現可能とする理論・デバイス両面での方式がようやく見えてきたのが、本委託研究の初年度あたりであったことが理解できる。そのような時期に実施された NICT の本委託研究は先見の明があったといえ、受託者も期待に十二分に応えて現在の多様な展開をもたらす成果をあげている。これにより、我が国がグローバルなセキュリティシステムの研究開発で他地域の後塵を拝するのではなく、先導グループの中で技術を磨き、標準化を通じた市場拡大を目指し、独自技術をさらに高めることへとつながっており、本委託研究が大きな成功を収めていることがわかる。その過程で若手優秀人材の貢献があったことは言うまでもなく、その面での成果も大である。</p>		

課題番号	研究課題名	研究期間 (年度)	研究費 (百万円)
122 エ	ダイナミックネットワーク技術の研究開発	H19~H22	374
受託者	KDDI 研究所<幹事>、産業技術総合研究所、九州工業大学		
研究概要 と成果	<p>資源（ネットワーク、計算機、データストレージ）と機能を仮想化し、それらのアプリケーションに応じた自動的な割り当てを、大規模複数ドメイン環境で実現することを目標に、資源の自動割り当て技術、複数管理組織を跨る仮想インフラストラクチャー提供技術、および高度ネットワークの提供技術の研究開発を行った。主な成果は次のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・大規模資源管理のための仮想化エンジン技術を確立し、極めて大きな規模の資源から約 140 ミリ秒で適切な資源の選択と予約処理を行うことに成功した。</li> <li>・10 以上の複数管理組織から提供される 10,000 以上の資源の自動的な確保と、負荷変動に対応した仮想インフラストラクチャーの形態の変更を可能とする機能を実現した。</li> <li>・1,000 以上のアプリケーションに対して効率的かつ公平に広域で複数の異種資源を提供できることを検証した。</li> </ul>	終了時の 評価 (S, A, B, C)	A
研究期間 終了後の 経過	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高機能分散資源レジストリは 2011 年 11 月に地理空間情報のカタログサービスに応用され、地理空間情報システムの国際標準化団体 Open Geospatial Consortium の標準規格に準拠する実装として規格の普及に貢献するとともに、この技術を活用した衛星データなど地理空間情報のカタログサービスを開発し、2013 年 11 月から衛星 Landsat-8 の即時公開サービスで利用されるなど実用化されている。</li> <li>・ITU において、LINP (Logically Isolated Network Partitioning) という、ネットワーク仮想化の最も基礎となる考え方を 2009 年に提案し、SG13 で勧告されて Y. 3011 となった。</li> <li>・資源管理システムで用いたプロトコルを Open Grid Forum (OGF) の Network Services Interface (NSI) Working Group において標準化提案し、コンセプトが標準案に反映された。</li> </ul>		
追跡評価 結果	<p>研究期間（～2010 年）では、NFV や SDN という技術がまだほとんど定着していなかったため、次の SDN/NFV 研究開発プロジェクトの下敷きを作ったのが成果と考える。プロジェクト実施期間終了後も後継プロジェクトへの展開等順調に成果を重ねている。</p>		

課題番号	研究課題名	研究期間 (年度)	研究費 (百万円)
136	複数モダリティ統合による脳活動計測技術の研究開発	H20~H24	1,186
受託者	ATR		
研究概要 と成果	<p>いつでも、どこでも、誰にでも利用可能な非侵襲型脳活動計測によるブレイン・マシン・インタフェース(BMI)の開発を目的とした。主な成果は下記のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・オンライン階層変分ベイズ脳活動推定法を開発し、課題ウで開発した拡張ダイポール法を組み込んだリアルタイムMEGシステムを開発した。</li> <li>・拡散光トモグラフィにおいて高精度な3次元再構成を可能にした。</li> <li>・NIRS - EEG リアルタイム脳活動推定システムで推定された脳活動から特徴量を抽出しフィードバックできるシステムへの実装を行った。</li> <li>・NIRS データから皮質活動を再構成する光拡散トモグラフィに、頭皮血流モデルを組み込むことによって、皮質脳活動と頭皮血流を高精度に分離するアルゴリズムを提案した。</li> <li>・アーチファクト成分を分離して皮質電流の時系列データを推定できるかMEG実験データを用いて検証した。</li> <li>・眼球運動によるアーチファクトのEEG順モデルを用いて皮質電流と眼電流を同時に推定し、アーチファクトを除去する手法を開発した。</li> </ul>	終了時の 評価 (S, A, B, C)	<b>A</b>
研究期間 終了後の 経過	<ul style="list-style-type: none"> <li>・本委託研究において開発した階層変分ベイズ推定法(VBMEG)ソフトおよびスパース推定ソフトをWEB ページで公開しており、数多くのアクセスとダウンロードをされ、世界中の研究者に現在も活用されている。</li> <li>・またニューロフィードバックによる幻肢痛緩和にも応用されるなど、応用開発も進んでいる。</li> <li>・本委託研究において開発した階層変分ベイズ推定法(VBMEG)は、NICTの委託研究「脳活動推定技術高度化のための測定結果推定システムに向けたモデリング手法の研究開発」(平成25年度から平成29年度)においても、拡張された形で、研究が続けられている。</li> </ul>		
追跡評価 結果	<p>受託機関の高いポテンシャルに裏打ちされて、受託研究期間および終了後も優れた解析技術の研究開発が進んでいることが認められ、評価できる。ただし、開発した技術の一般的な利用がいくつかの解析法に限られていることは物足りない。投入された予算規模からみると、実際的な応用、標準化について努力の余地があると評価せざるをえない。現実に近い状況での実験や企業、医療機関との実質的な共同研究が報告されていないことから、応用面を意識した開発研究の進展を期待したい。</p>		

課題番号	研究課題名	研究期間(年度)	研究費(百万円)
137	新たな通信媒体を利用したサーフェイス通信技術の研究開発	H20~H24	373
受託者	東京大学<幹事>、日本電気、NEC エンジニアリング、セルクロス、帝人		
研究概要と成果	<p>面を伝搬する電磁波により、電磁的干渉および安全性において優れ、また同時に電力伝送も可能とするサーフェイス通信システムを開発することを目的とした。主な成果は下記のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・厚い保護シートを介して結合する通信用カプラ、電力伝送用カプラを開発した。</li> <li>・安全な電力伝送を可能にする伝送シート構造とその量産技術、カプラ、伝送シート端からの電磁界漏洩を抑制する技術を開発した。</li> <li>・サーフェイス通信の特性を解明し、サーフェイス通信に適した変調方式を提案した。</li> <li>・RF アンプ素子を伝送シート周囲に複数埋め込み、カプラの位置に依存しない高効率電力伝送を実現するシステムを開発し、テーブル全面を被覆するサーフェイス通信システムとして実証した。</li> </ul>	終了時の評価 (S, A, B, C)	A
研究期間終了後の経過	<ul style="list-style-type: none"> <li>・伝送シートおよび近接カプラについては、「LAN シート」として販売されている。</li> <li>・RFID を用いた物品管理に関しては、図書館での予約本管理、企業内の重要書類管理、病院内の ME 機器所在管理等のシステムとして販売されている。</li> <li>・本委託研究の電力伝送の成果に基づく ARIB での標準化提案が、2015 年 12 月 3 日に承認された (ARIB STD T-113)。</li> </ul>		
追跡評価結果	<p>委託研究として成功と評価できる：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 新しい概念に基づく、2次元の伝送路を用いた通信、給電方法の研究開発であり、商品開発、また標準化まで到達している、</li> <li>2. 本研究の参加大学においては博士課程学生の育成、また参加企業に於いては新しい知識を有する技術者の育成に結びついている、</li> <li>3. 研究期間だけではなく、事後にも特許出願、登録が継続してなされている、</li> <li>4. 今のところ本技術は社会で普及しているところまでは行っていないが、今後の展開が期待される。</li> </ol>		

以上