

**重点研究開発課題に関する工程表
（平成27年7月28日中間答申）
のフォローアップ状況について**

センシング&データ取得基盤分野

重点研究開発課題		概要説明
(1) センサーネットワーク技術	① 次世代センサーネットワーク技術(環境融和型ワイヤレス)の研究開発 (P3)	センシングデータ取得における周波数利用効率・エネルギー効率の更なる向上のため、センサー端末自らが利用環境・応用形態を認識し、最適な通信プロファイルを選択・実行するワイヤレスメッシュネットワーク(環境融和型ワイヤレス)技術を確立する。
	② バッテリー不要なセンサーのネットワーク化に関する研究開発 (P4)	エネルギーハーベスティングやパッシブデバイスを組み合わせることで、バッテリー不要で半永久的に駆動可能なセンサーをネットワーク化するための無線端末構成技術、多様な無線方式で長期間(数十年間)・広域で利用される端末を柔軟に収容することのできるフレキシブルゲートウェイ技術等を確立する。
(2) リモートセンシング技術	① 地上レーダ技術の研究開発 (P5)	ゲリラ豪雨等の突発的な災害の発生予測精度向上に資するため、マルチパラメータ(MP)フェーズドアレイレーダ、地デジ放送波を利用した水蒸気量推定技術、パッシブレーダ等のリモートセンシング技術を確立するとともに、関連信号処理技術の高度化を図る。また、ドップラーライダー等、他のリモートセンシング技術との融合観測によって、災害情報の迅速な提供等に資する新たな知見の開拓を目指す。
	② 航空機搭載合成開口レーダ(SAR)技術の研究開発 (P6)	地震・火山噴火等の災害発生時に、より詳細な状況把握を可能とするため、現在の航空機搭載SAR(Pi-SAR2)を超える空間分解能を有する次世代航空機搭載SAR技術及び高度解析等の情報抽出技術を確立する。
	③ 衛星搭載レーダ技術の研究開発 (P7)	地球規模の観測による温暖化・水循環メカニズム等の解明に寄与するため、GPM衛星搭載降水レーダ及びEarthCARE衛星搭載雲レーダに係る観測データ処理アルゴリズムの開発・改良等を行い、高精度な降水・雲観測技術を確立する。
	④ テラヘルツ帯センシング技術の研究開発 (P8)	これまで観測できなかった上空の中層大気中存在する物質や気温・風等を高精度に観測可能とするため、テラヘルツ帯高感度ヘテロダイン受信機の開発や広帯域化により、衛星搭載用テラヘルツリムサウダ等、新たな気象・環境センサーの開発に寄与するテラヘルツ帯センシング技術を確立する。
	⑤ 光アクティブセンシング技術の研究開発 (P9)	大型台風の進路予測精度の向上等に資するため、高出力パルスレーザ等を開発し、上空の三次元風観測を実現する衛星搭載ドップラー風ライダー等の新たな気象・環境計測センサーの開発に寄与する光センシング技術を確立する。

センシング&データ取得基盤分野

重点研究開発課題		概要説明
(3) 非破壊センシング・イメージング技術	① 非破壊センシングの実用化に向けた研究開発 (P10)	効率的かつ確実なインフラ維持管理に資するため、維持管理対象物(建造物等)の材質・構造等に基づく最適な非破壊センシング・イメージング技術(周波数帯の選定を含む)を開発するとともに、実証を通じて開発技術の実用化を図る。
(4) 宇宙環境計測技術	① 電離圏観測・シミュレーションに関する研究開発 (P11)	航空運用等の電波インフラの安定利用に資するリアルタイムシステムの構築に向けて、電離圏電子密度の鉛直プロファイル自動導出技術等を開発し、大気圏・電離圏統合全球モデルを用いた予測に係る基盤技術を開発する。
	② 磁気圏観測・シミュレーションに関する研究開発 (P12)	人工衛星の安定運用に資するリアルタイムシステムの構築に向けて、磁気圏シミュレータの高度化及び衛星観測データによる放射線帯モデルを開発し、観測データを有機的に取り込んだ磁気圏モデルのプロトタイプを開発する。
	③ 太陽・太陽風観測・シミュレーションに関する研究開発 (P13)	電波観測・太陽風シミュレーションによる高精度早期警報システムの構築に向けて、太陽活動モニタリングに資する電波観測システム、衛星観測データを活用した太陽風伝搬モデル・シミュレータ等を開発する。
(5) センサー・ソーシャルデータ取得・解析技術	① ソーシャルICT情報利活用基盤に関する研究開発 (P40)	スマートサービスと人との間でデータを共有し地域全体で環境問題等を解決すべく、様々なIoTデータを分野横断的に統合・分析する技術、実世界のモノ・コト・知識を解析・予測し行動制御するクラウドロボティクス技術、クラウドを介したデバイスネットワークとソーシャルネットワークの自律連携制御技術等を確立するとともに、コミュニティが中心となってデータを集め集団的に分析するオープンサイエンス基盤技術を確立する。
	② 空間構造解析・理解に関する研究開発	ロボットの目としての機能等を実現するため、画像や映像から特定空間を対象として空間構造を記述し、空間構造から空間意味解析を行うことにより各物体を認識する技術等を確立する。

(1) ー① 次世代センサーネットワーク技術（環境融和型ワイヤレス）の研究開発

【総務省電波政策課、移動通信課 / NICTワイヤレスシステム研究室】

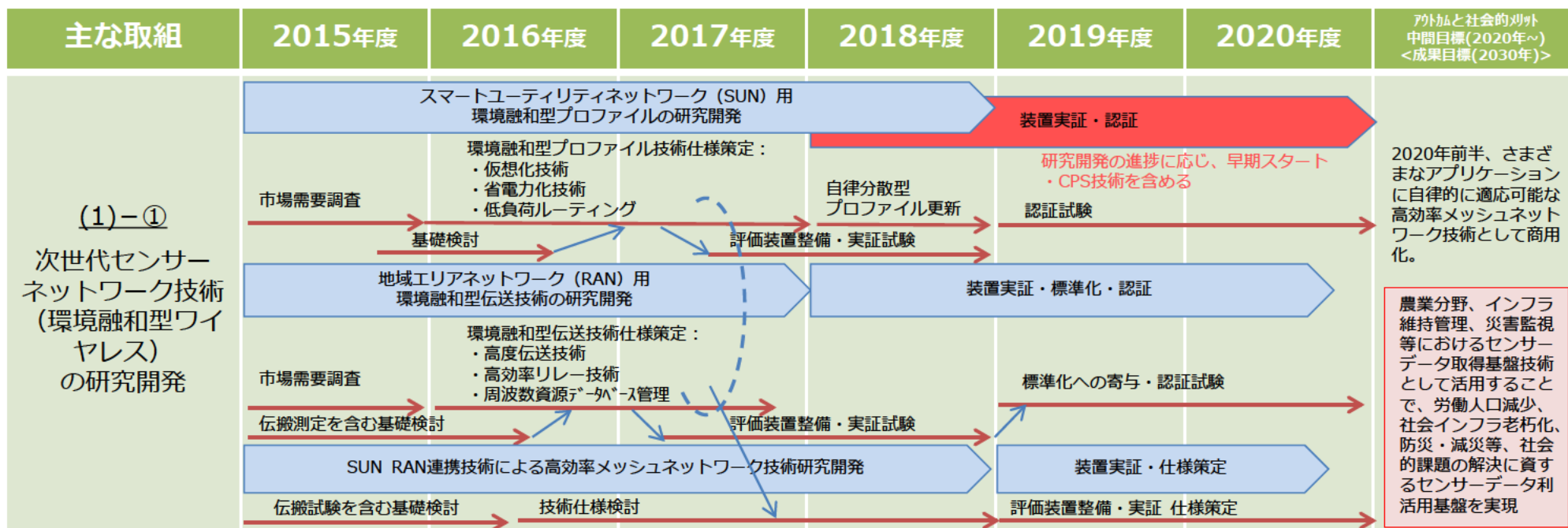
【参考資料 無】

1. 目標の概要

ネットワーク規模及び利用環境に適応する技術に関する研究開発を行う。周波数利用効率・エネルギー効率の更なる向上のため、センサー端末自らが利用環境・応用形態を認識し、最適な通信プロファイルを選択・実行する技術を確立する。

2. 目標の達成状況

SUNの環境融和型プロファイル研究開発に応じ、実証・認証を早め、920MHz物理層、準ずるMAC層、上位層の仕様を策定した。



3. 次期目標へのフィードバック

SUN、RAN技術と、これらの連携技術は、将来のIoT、またはこれに準ずる無線通信システムの根幹を成す技術であることから、次期中長期において、想定されるサービス要件に応じ、デジタルトランスフォーメーション技術を効果的に活用しながら、物理層技術、MAC層技術、上位層技術の機能拡張を含む次世代IoT技術の研究開発と、成果の社会展開を効率的に進める。

(1) -② バッテリー不要なセンサーのネットワーク化に関する研究開発

【総務省電波政策課、移動通信課 / NICTワイヤレスシステム研究室】

【参考資料 無】

1. 目標の概要

バッテリー不要で半永久的に駆動可能なセンサーをネットワーク化するための無線端末構成技術等、ネットワーク規模及び利用環境に適応するワイヤレスネットワーク適応化技術に関する研究開発を行う。

2. 目標の達成状況

バッテリー不要の環境発電等の動作要件に即し、 μ A規模のスリープ動作を活用した省電力動作のための仕様策定を行った。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	7/17追加と社会的期待 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(1)－② バッテリー不要な センサーのネット ワーク化に関する 研究開発	バッテリー不要 無線端末構成技術の研究開発				回収不要 無線端末構成技術の研究開発		2020年、ライフサイ クルが多様・長期であ り、電源維持や定常メ ンテナンスが困難なセ ンシング・インフラ維 持管理・災害監視等 において、端末メンテ 不要なセンサーNWと して活用される。 2030年、回収不要な 端末により、使い捨て ・埋め込み利用の形 態が可能となり、環境 センシング・農業利用 でのセンサーNW普及 加速や、シール開封通 知等新たな需要とライ フスタイルを開拓。
	双方向低電力 無線方式の設計	・長周期間欠動作管理技術 ・センシング＝イベントドリブン通信技術 ・多電源対応適応制御技術・電力伝送技術			・回収不要型デバイスの評価認証技術の確立 ・動的ID管理・登録技術 ・電力伝送技術		
		メンテナンスフリー／ソフト無線対応 アクセスポイントの研究開発			アクセスポイント 連携技術の研究開発		
		・広帯域RF回路技術・可変フィルター技術 ・ソフト無線一括信号処理技術 ・端末認証技術・電力伝送技術			・サイトダイバーシチ技術 ・ソフト無線分散信号処理技術 ・電力伝送技術		
		広域センサNW用ゲートウェイの研究開発 (アクセスポイントを広域に収容するNW)			実用化・需要開拓に向けた実証		
		無線物理層技術仕様策定： ・エネルギーデバイス選定 ・周波数帯選定 ・変復調方式選定 ・下り回線設計			・アクセスポイント広域化アーキテクチャ検討 ・フロントホール・バックホールNW構成法の検討 ・クラウドソフト無線処理の検討・セルラとの連携・M2Mインフラとの共用化		
超低電力広域無線方式の標準化			ソフト無線ゲートウェイの利用環境整備				
・超低電力広域無線／プロファイル標準化等			・ソフト無線機の認証方法やソフト変更 方法の制度化検討				

3. 次期目標へのフィードバック

将来のIoT、またはこれに準ずる無線通信システムの主要技術のひとつとなることから、次期中長期において、想定される性能要件に応じ、物理層技術、MAC層技術、上位層技術の機能拡張を含む次世代IoT技術の研究開発と、成果の社会展開を効率的に進める。

(2) ー① 地上レーダ技術の研究開発

【研究推進室/リモートセンシング研究室】

【参考資料P3】

1. 目標の概要

ゲリラ豪雨等の突発的な災害の発生予測精度向上に資するため、マルチパラメータ(MP)フェーズドアレイレーダ、地デジ放送波を利用した水蒸気量推定技術、パッシブレーダ等のリモートセンシング技術を確立するとともに、関連信号処理技術の高度化を図る。また、ドップラーライダー等、他のリモートセンシング技術との融合観測によって、災害情報の迅速な提供等に資する新たな知見の開拓を目指す。

2. 目標の達成状況

- ・マルチパラメータフェーズドアレイレーダ(MP-PAWR)の開発は、仕様調整及び機器製造に時間を要したことから、当初予定より1年遅れたが、2017年度完了し、2018年3月から降雨観測開始。2018-2020年度同レーダの観測・予測データを提供し、大規模イベントや自治体との実証実験を実施。
- ・地デジ放送波を利用した水蒸気量推定技術は、2018年度から首都圏多点観測開始。2019年度観測地点数を倍増、2020年度実証試験を実施予定。
- ・パッシブレーダ技術の研究開発および関連信号処理技術の高度化については、地デジ放送波による海表面散乱のドップラーシフト観測等の研究開発を実施。また、2018年度から開始しているウインドプロファイラレーダ(WPR)の高度化のための技術として、パッシブレーダの研究開発で得た技術であるACS(アダプティブクラッター抑圧技術)を適用。WPRについては、2020年度 ISO標準化を目指し、実証試験を2019年度から開始。
- ・フェーズドアレイレーダとドップラーライダーによる海上竜巻の融合観測、フェーズドアレイ気象レーダ、ウインドプロファイラ、ドップラーライダーの融合観測、ウインドプロファイラ、雲レーダ、ドップラーライダーの融合観測を実施。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	7外航と社会的リット 中間目標(2020年~) <成果目標(2030年)>
(2)ー① 地上レーダ技術の 研究開発	マルチパラメータ (MP) フェーズドアレイレーダの開発		MPフェーズドアレイレーダの実証 オリンピック・パラリンピックにおける実証をめざして		MPフェーズド アレイレーダ実用化		現業機関が導入可能な” 雨量”を測れるMP フェーズドアレイレー ダの商品化 2020年までに水蒸気 推定実利用実証 2020年までにパッシ ブレーダ技術関連信 号処理技術の実用化 2020年までにレーダ・ ライダー融合観測シス テムの提案
	計画を修正		マルチパラメータ (MP) フェーズドアレ イレーダの開発	MPフェーズドアレイレーダの実証 オリンピック・パラリンピック競技大会▲		MPフェーズド アレイレーダ 実用化	
	地デジ放送波を利用した水蒸気量推定技術の開発		気象予報精度向上に寄与する気象予報モデル同化に利用可能なデータ提供▲		地デジ放送波を利用した水蒸気量推定技術の実証		
	パッシブレーダ技術の研究開発および関連信号処理技術の高度化		パッシブレーダ一部実用化		WPRのアダプティブクラッター抑圧 (ACS) 技術として実用化		
	リモートセンシング観測融合研究 レーダ・ライダー融合プロダクト研究、ソーシャルICT技術		多様なリモートセンシング観測融合研究 SAR・衛星搭載センサーなど多様なリモセンデータ融合		目標を追加		
目標達成							サービス化 検討

3. 次期目標へのフィードバック

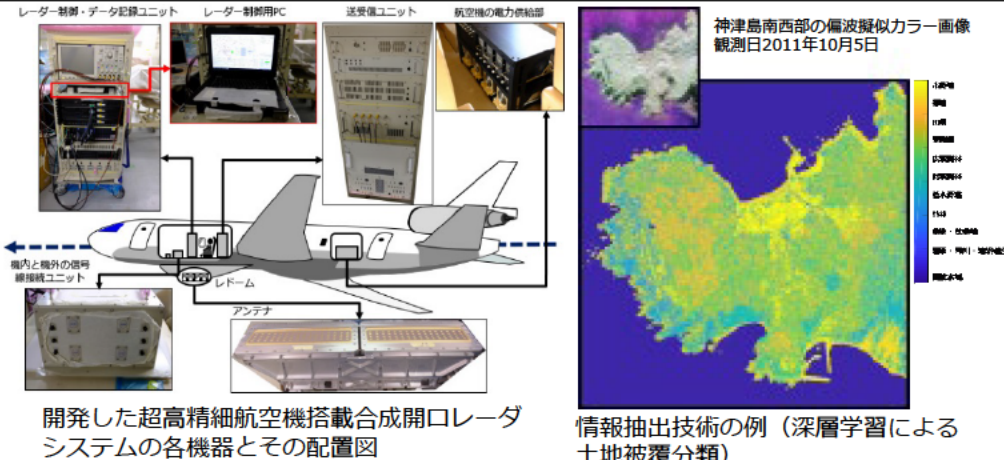
- SIP(第2期)等を通じて、取得した水蒸気観測データのサービス化を民間企業と連携し実施する必要がある。
- パッシブレーダ技術の研究開発および関連信号処理技術の高度化については、周波数の有効利用や混信低減に寄与するマルチパス・マルチユースのレーダの実現に向けて、次期計画に継続して実施。

1. 目標の概要

地震・火山噴火等の災害発生時に、より詳細な状況把握を可能とするため、現在の航空機搭載SAR (Pi-SAR2) を超える空間分解能を有する次世代航空機搭載SAR技術及び高度解析等の情報抽出技術確立する。

2. 目標の達成状況

- 「重点研究開発課題に関する工程表」において記載されている各年度毎の目標について、2015～2017年度までは達成。しかし、超高精細航空機搭載SAR (Pi-SAR X3) を搭載する航空機の運航会社が国土交通省より行政処分を受けたことにより、2018年度以降は目標の修正が必要となったが、2020年度末までに実証実験を完了させる予定。
- 情報抽出技術については画像認識、高度計測、移動体計測等の高度化を進め、Pi-SAR X3の観測データの解析で利用予定。



主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	アトムと社会的対外 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(2)-② 航空機搭載 合成開口レーダ (SAR) 技術 の研究開発	超高精細航空機搭載SAR			目標を修正 航空機の運行会社が行政処分を受けたため、 SAR機器を機体に搭載する作業が遅延	実証実験・実利用 超高精細航空機搭載SAR開発	実証実験 ファースト 画像取得	2020年までに超高 精細航空機搭載合 成開口レーダを開 発し、地表面の高 画質観測を実現。

3. 次期目標へのフィードバック

- 次期計画では、現計画の社会的要求に基づいて開発したPi-SAR X3 (ハードウェア) と情報抽出技術 (ソフトウェア) を用いて、SARによる地表面観測の実証を行う予定。
- 地表面の高さ計測精度や移動体の速度計測範囲等のこれまでの課題を解決するために開発したPi-SAR X3を用いてその検証を実施する予定。

(2) ー③ 衛星搭載レーダ技術の研究開発

【総務省宇宙通信政策課/電磁波研究所リモートセンシング研究室】

【参考資料P4】

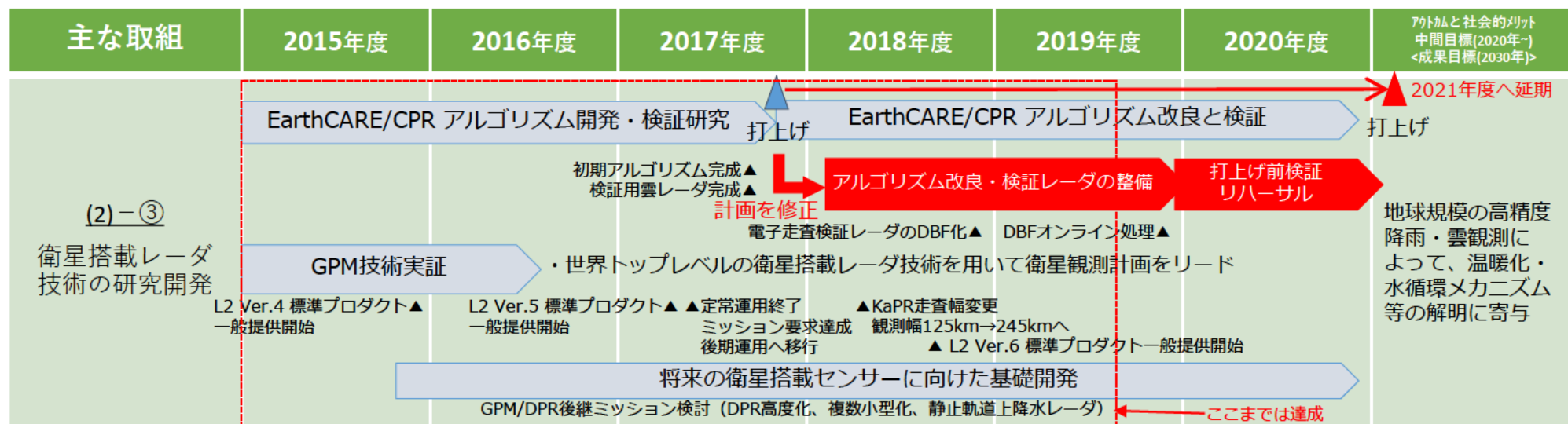
1. 目標の概要

地球規模の観測による温暖化・水循環メカニズム等の解明に寄与するため、GPM衛星搭載降水レーダ及びEarthCARE衛星搭載雲レーダに係る観測データ処理アルゴリズムの開発・改良等を行い、高精度な降水・雲観測技術を確立する。

2. 目標の達成状況

EarthCARE/CPRアルゴリズム開発は、2017年度までにレベル1、2共に初期バージョンを完成し、目標を概ね達成。CPR（雲プロファイリングレーダ）高出力送信機従系（HPT-A）の不具合による衛星打ち上げの2021年度への延期の影響を受け、目標を修正し2018年度後も打ち上げ前のアルゴリズム改良を実施。検証研究においては検証用のレーダを目標通りに2017年度までに完成、電子走査レーダのDBF化やオンライン処理化をさらに進め、より高度な検証用レーダの開発を実施。

GPM/DPR開発は、2017年6月ミッション要求達成を受け、定常運用を終了、後期運用へ移行した。標準プロダクトを生成するレベル2アルゴリズムについては、2018年までに3度のバージョンアップ、2018年5月KaPRの走査幅をKuPRと同様の走査幅（245km）へ拡大。今後も全球の降水観測を継続する。



3. 次期目標へのフィードバック

- EarthCARE衛星打ち上げ後もアルゴリズム改良・検証を実施し、雲レーダによる観測精度向上を図り、降水・雲観測技術の向上に寄与する。
- 衛星搭載による雲・降水観測の後継ミッションの検討を引き続き行い、将来の衛星搭載センサーの基礎開発を行う予定。

(2) - ④ テラヘルツ帯センシング技術の研究開発

【総務省宇宙通信政策課/電磁波研究所リモートセンシング研究室】

【参考資料P4】

1. 目標の概要

観測ができなかった上空の中層大気物質や気温・風等を高精度に観測可能とするテラヘルツ帯高感度ヘテロダイン受信機の開発、衛星搭載用テラヘルツリムサウンダ等、新たな気象・環境センサーの開発に寄与するテラヘルツ帯センシング技術を確立する。

2. 目標の達成状況

中層大気・超高層大気の物質・温度・風等を計測する衛星センサー開発の基礎技術は今期において概ね確立。
高感度センサー技術の研究開発では、超高層大気計測に適した2THz帯超伝導受信機（HEBM）の開発を実施。
衛星搭載テラヘルツセンサによる中層大気に加え、超高層大気の物質・温度・風や磁場等の計測可能性をデータ解析技術により実証。
衛星搭載用テラヘルツリムサウンダによる大気観測システムの提案を外部の研究者と推進。2019年度に公募型小型衛星計画に基づく衛星に応募予定。



3. 次期目標へのフィードバック

次期計画ではテラヘルツセンサーの衛星搭載等の早期実現に向けた取り組み、大気観測システムの実現のために生じる課題を解決させる高感度センサー技術、テラヘルツセンシング技術を実施する。

(2) - ⑤ 光アクティブセンシング技術の研究開発

【研究推進室・宇宙通信政策課/リモートセンシング研究室】

【参考資料P5】

1. 目標の概要

大型台風の進路予測精度の向上等に資するため、高出力パルスレーザ等を開発し、上空の三次元風観測を実現する衛星搭載ドップラー風ライダー等の新たな気象・環境計測センサーの開発に寄与する光センシング技術を確立する。

2. 目標の達成状況

「重点研究開発課題に関する工程表」の各年度毎目標については2020年度までに概ね達成する見込み。
衛星搭載ドップラー風ライダーの実現に向け、コア技術である波長2μm帯高出力パルスレーザ開発において世界最高出力を達成。
衛星搭載ドップラー風ライダー用2μm帯光検出器の開発に成功し、ライダーシステムの衛星搭載設計・実現性検討を平行して実施中。
次世代ライダー技術として、近年の社会課題である豪雨の高精度予測を可能にする水蒸気観測の実現に向けた2μm帯高出力パルスレーザ技術とCO2差分吸収ライダー技術を活用した水蒸気・風ライダーの開発を2019年度より注力して実施中。2020年度に技術実証予定。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	アトlimaと社会的対外 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(2)－⑤ 光アクティブ センシング技術 の研究開発	高出力単一波長パルスレーザの研究開発				目標達成		2020年までに風の ライダー衛星観測の 基礎技術を確立
	・CWレーザの開発 ・パルスレーザの高出力化		・レーザ線幅狭線化		衛星搭載ドップラー風ライダーの技術開発		2020年代の衛星ラ イダー実現により、 3次的に風を精度 1 m/sで観測、気象 予測精度を向上
	衛星搭載ドップラー風ライダーの設計検討				水蒸気観測風ライダー技術		温室効果ガスを既存 衛星より広域・高精 度で測るセンサ提案
	近年の社会課題である豪雨の高精度予測を可能にするため、高出力パルスレーザ 技術を活用した地上設置型水蒸気観測風ライダー開発へ注力するため計画を修正						
	モバイルライダーシ ステム開発	航空機によるライダーシステム実証		次世代ライダー技術の研究開発			

3. 次期目標へのフィードバック

社会課題である突風・豪雨等の高精度予測実現に向け、高出力パルスレーザ技術等を活用した地上設置が可能な次世代ライダー技術の開発と実証が急務である。気温観測機能等を付加したマルチパラメータライダーを開発し、リモートセンシング観測融合研究を実施する。

(3) - ① 非破壊センシングの実用化に向けた研究開発

【研究推進室 / 電磁波応用総合研究室】

【参考資料 P 5】

1. 目標の概要

社会インフラや文化財の効率的な維持管理等への貢献を目指して、電磁波を用いた非破壊・非接触の診断が可能となる技術やフィールド試験用装置に関する研究開発を行い、成果の実利用を促進するため、現地試験システムの実用化に向けた技術移転を進める。

2. 目標の達成状況

「重点研究開発課題に関する工程表」において記載されている各年度毎の技術開発については全て達成しているが、製品化のための時間・コストを見直し、試作品から直接民間企業へ技術移転を進めた。アクティブ赤外、マイクロ波については各企業で有効に利用され始めている。ミリ波・テラヘルツ波については文化財の非破壊検査応用で常に世界をリードし続け、文化財科学の分野での超高周波イメージング技術の普及に大きく貢献した。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	アノムと社会的リット 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(3)-① 非破壊センシング の実用化に向けた 研究開発	赤外線非破壊セン シング技術の開発	高周波非破壊センシングの研究開発					ミリ波・テラヘル ツ帯による非破壊 検査を実用化完了。 技術は対象に合わ せて企業が個別開 発に向かう段階に 入っている。
	マイクロ波・ミリ波 非破壊センシング技 術の開発	・高周波イメージング非破 壊センシング技術の開発 技術の普及	・高周波イメージング非破 壊センシング技術の開発 建築分野で の商品化	・テラヘルツセンシング 応用の拡大 製品化検討	・社会インフラにおける センシングの現場実証 文化財調査・解析技術を Fraunhofer,C2RMF, 奈良 文化財研究所へ移転。電力 設備診断技術として電力中 央研究所に技術移転中。 (2020完了見込)	・社会インフラにおける センシングの現場実証 ミリ波はFraunhofer・ マイクロ波は三井E&Sと 協力し、建設会社の施工 管理技術として実証実験 済。(2020年度に社内 試験用途に導入見込。)	
		目標を前倒して修正	試作機から直接技術移転				
			アクティブ赤外センシングを国内最大手の 製鉄会社の試験設備に技術移転済(2018)				

3. 次期目標へのフィードバック

電磁波を用いた非破壊・非接触診断技術は社会展開・実装フェーズに入っており、個別の観測対象に合わせた試験装置の開発等を進める必要がある。

(4) -① 電離圏観測・シミュレーションに関する研究開発

【宇宙通信政策課/電磁波研究所宇宙環境研究室】

【参考資料P6】

1. 目標の概要

航空運用等の電波インフラの安定利用に資するリアルタイムシステムの構築に向けて、電離圏電子密度の鉛直プロファイル自動導出技術等を開発し、大気圏・電離圏統合全球モデルを用いた予測に係る基盤技術を開発する。

2. 目標の達成状況

「重点研究開発課題に関する工程表」において記載されている各年度毎の目標について、2015年度に科学研究費補助金新学術領域を受け、電波伝搬シミュレータの開発を追加した。また2017年度より準天頂衛星の高度利用のための電離圏監視を追加し、東南アジアにおける監視体制を強化するための超短波（VHF）レーダの設置を進めてきた。本レーダは2020年1月に稼働予定であり、電離圏擾乱の衛星測位への影響の実証実験等に使用する。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	アウトカム 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(4)－① 電離圏観測・ シミュレーション に関する研究開発	国内イオノゾンデ更新		VIPIRによる電離圏鉛直構造のリアルタイム監視技術開発				2020年までに電離圏鉛直プロファイル自動導出技術を確認、リアルタイムデータ同化への入力として利用
	・国内4施設の機器更新・新旧データ比較・検証 ・斜め伝搬による観測空白域（海上等）の電離圏観測		・電離圏パラメータ、鉛直プロファイル自動導出技術開発				
	リアルタイム電離圏観測のグローバル化（海上含む）						2030年までにデータ同化システムの入力データとして利用
	・海上GPSブイの利用、赤道越え電波伝搬による海上電離圏モニタリング技術開発による海上空白域の観測 ・国外リアルタイムGPSデータ利用 ・TECデータ標準化（ITU-R、IGS等） ・全球モデルに必要な観測データ取得技術の開発 準天頂衛星高度利用のための電離圏監視 電波伝搬シミュレータの開発						

3. 次期目標へのフィードバック

- 次期計画に向け、国際連携を中心とした電離圏観測網の拡大と、AIおよびデータ同化手法を用いた電離圏予測システムの本格稼働を進める。
- 衛星からの電離圏観測技術について検討を始める。

(4) - ② 磁気圏観測・シミュレーションに関する研究開発

【宇宙通信政策課/電磁波研究所宇宙環境研究室】

【参考資料P7】

1. 目標の概要

人工衛星の安定運用に資するリアルタイムシステムの構築に向けて、磁気圏シミュレータの高度化及び衛星観測データによる放射線帯モデルを開発し、観測データを有機的に取り込んだ磁気圏モデルのプロトタイプを開発する。

2. 目標の達成状況

「重点研究開発課題に関する工程表」において記載されている各年度毎の目標について、2015年度に科学研究費補助金新学術領域を受け、テーラーメイド宇宙天気情報システムの開発を強化した。JAXAおよび大阪府立大学との連携を強化し、衛星評価モデル「MUSCAT」および「SPIS」を導入しシステム化を進めた。2020年度にWeb上で公開予定。



3. 次期目標へのフィードバック

- 次期計画においては、JAXA等衛星運用者と連携し実運用に向けた検証を進めることを想定する。
- AIおよびデータ同化手法を用いた磁気圏モデルのリアルタイム運用を本格化させる。
- 衛星利用による磁気圏観測の検討を進める。

(4) - ③ 太陽・太陽風観測・シミュレーションに関する研究開発

【宇宙通信政策課/電磁波研究所宇宙環境研究室】

【参考資料P7】

1. 目標の概要

電波観測・太陽風シミュレーションによる高精度早期警報システムの構築に向けて、太陽活動モニタリングに資する電波観測システム、衛星観測データを活用した太陽風伝搬モデル・シミュレータ等を開発する。

2. 目標の達成状況

「重点研究開発課題に関する工程表」において記載されている各年度毎の目標について、2016年度に目標を前倒しし太陽フレア発生確率予測について実利用のためのリアルタイムシステム開発を追加した。システムは2019年度に公開され、現在宇宙天気予報会議で試行的に使用され実証検討を進めている。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	7/外拡と社会的X対 中間目標(2020年~) <成果目標(2030年)>
(4)-③ 太陽・太陽風観測・シミュレーションに関する研究開発		ビッグデータを用いた太陽フレア発生確率予測の研究開発 ・画像解析手法を用いたフレア発生確率の導出				観測データを入力とするフレア/CMEシミュレーション検討 ・磁場観測利用	2030年度末までに統計的フレア発生予測モデルを構築
		目標を修正	リアルタイム太陽フレア発生確率予測システムの開発			実証実験	
	ここまでは達成						

3. 次期目標へのフィードバック

- 太陽フレア発生確率予測モデルで培ったAI技術を今後宇宙天気予報の他の領域(CME発生予測、電離圏擾乱予測等)に応用し、より広い範囲での活用を進めていく。
- 電離圏モデルで進めているデータ同化の手法を太陽・太陽風モデルに応用する検討を行う。
- 人工衛星を用いた太陽・太陽風の観測手法について検討を進める。

重点研究開発課題		概要説明
(1) 最先端ICTネットワーク基盤技術	① 新たなIoT時代に対応した最先端ICTネットワーク基盤技術の研究開発 (P15～16)	多種多様な社会システムで用いられる極めて膨大な数のIoTデバイスからの情報をリアルタイムで収集して円滑に流通させるとともに、ビッグデータ解析に基づきこれらを最適制御するため、膨大なデータを高効率かつセキュアに伝送し、社会システムのリアルタイムでの制御を可能とする革新的なネットワーク技術(AI等も活用し、仮想化技術にエッジコンピューティング技術等を組み合わせることで、多数のユーザに対してネットワーク資源・機能をリアルタイムかつ最適に自動提供する技術)を確立する。
	② データセントリックなネットワーク技術等の研究開発 (P17)	情報・コンテンツ指向型のネットワーキングやモノ間の情報伝達を支えるネットワーキング等、新たなネットワークアーキテクチャを確立するとともに、下位レイヤまでを含めたネットワークの効率的な資源管理・資源配分、多様な通信環境に対する通信品質向上等を実現する新たな制御技術やネットワークサイエンスを確立する。
(2) フォトニックネットワークシステム技術	① フォトニックネットワークシステム基盤技術に関する研究開発 (P18)	現在の1000倍のトラフィック増が想定される5G等のユーザサービスを収容する光基幹網等や、さらにその先の大容量化にも対応するため、1入出力端子あたり1Pbps級の交換ノードを有するマルチコアネットワークシステムに関する基盤技術、マルチコア/マルチモードオール光交換技術を確立する。また、マルチコアファイバ用送受信機の小型化等のため、高密度で高精度な送受信技術(パラレルフォトニクス)を確立するとともに、さらなる大容量伝送の実現に向けて、世界に先駆けた空間スーパーモード伝送基盤技術を確立する。
	② 光統合ネットワーク実現に向けた研究開発(P19)	光統合ネットワークの実現に向けて、400Gbpsの再構成可能光スイッチトランスポートネットワーク技術、さらに次世代の1Tbps装置の要素技術等を確立する。
(3) 衛星通信技術	① グローバル光衛星通信ネットワーク基盤技術の研究開発 (P20)	10Gbps級の地上一衛星間光データ伝送を可能とする衛星搭載機器の開発等、グローバル光衛星通信ネットワークの実現に必要な基盤技術を確立する。
	② 宇宙・海洋ブロードバンド衛星通信ネットワーク基盤技術の研究開発 (P21)	100Mbps級の宇宙・海洋ブロードバンド衛星通信システムを実現するため、次期技術試験衛星のための衛星通信システム及び高機能地球局システムの基盤技術を確立する。
(4) 極限環境通信技術	① 極限環境における通信技術の研究開発 (P22)	これまでは通信が不可能な極限環境においても円滑な通信を可能とするため、海洋資源の開拓等に資する海中通信、惑星の観測映像等の高速伝送に資する深宇宙通信等に係る基盤技術を確立する。

(1) ー① 新たなIoT時代に対応した最先端ICTネットワーク基盤技術の研究開発

【研究推進室、通信規格課、電気通信技術システム課/ネットワーク基盤研究室】

【参考資料P9】

1. 目標の概要

ネットワークの利用者(アプリケーションやサービス)からの要求に応じたサービス間の資源分配・調停及び論理網構築等の自動化に求められる分散制御技術及びネットワークインフラ構造やトラフィック変動状況等に基づくサービス品質保証技術に関する研究を行う。

2. 目標の達成状況

「重点研究開発課題に関する工程表」において記載されている各年度毎の目標について概ね達成した。AIを活用した「ネットワーク資源」および「ネットワーク機能」に対する「自動調停技術」研究を実施し、国際標準化、企業連携、総務省委託研究受託など、社会実装に向けた成果を示した。「IoT時代の情報伝達・制御基盤技術」を遅延や帯域などの制約に対応可能なエッジネットワーク技術として具現化し、産学官連携に結びつけた。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	7月追加と社会的期待 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
工程表は次ページに記載							

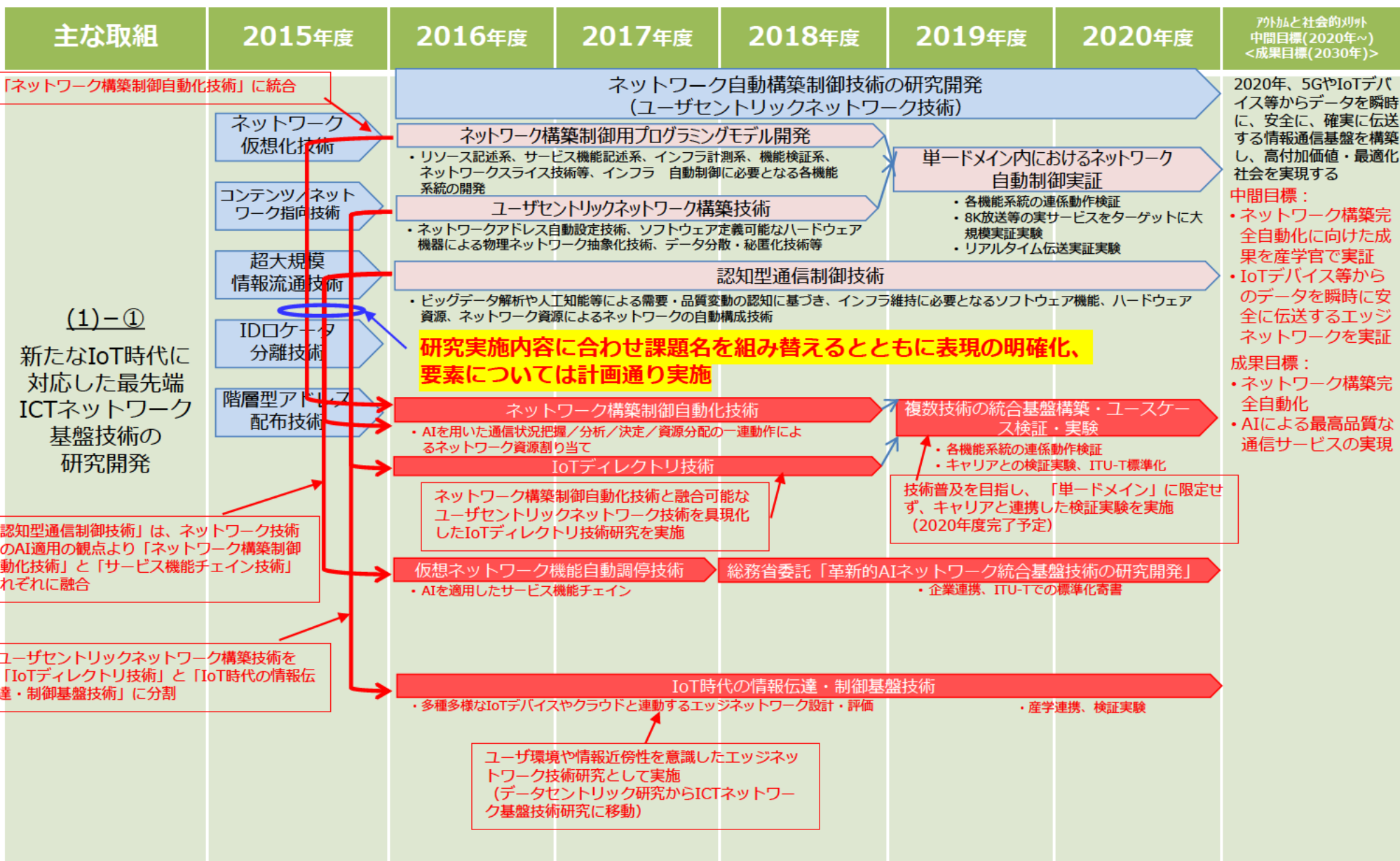
3. 次期目標へのフィードバック

今期研究により、ネットワーク自動構築制御技術研究を実施した。次期研究として「知性を持ち持続的発展を可能とするネットワーク基盤技術」を推進する。ここでは、ネットワークシステム・アプリケーションの多様性に適応したネットワーク制御の完全自動化を目指し、サービス毎に適切な機械学習・AI機能を選択し、相互連携するネットワーク自動制御管理技術の研究開発を行う。想定する社会実装として、産学官連携や標準化の推進、テストベッド展開などを行う。

(1) ー① 新たなIoT時代に対応した最先端ICTネットワーク基盤技術の研究開発

【研究推進室、通信規格課、電気通信技術システム課/ネットワーク基盤研究室】

【参考資料 無】



(1) ー② データセントリックなネットワーク技術等の研究開発

【研究推進室、通信規格課、電気通信技術システム課/ネットワーク基盤研究室】

【参考資料 P 10】

1. 目標の概要

大容量コンテンツ収集・配信並びにヒト・モノ間及びモノ・モノ間の情報伝達等をインターネットプロトコルよりも高効率かつ高品質に行うため、データやコンテンツに応じて最適な品質制御や経路制御等をネットワーク上で自律分散制御に基づき実行する新たな識別子を用いた情報・コンテンツ指向型のネットワーク技術に関する研究を行う。

2. 目標の達成状況

「重点研究開発課題に関する工程表」において記載されている各年度毎の目標について概ね達成した。情報・コンテンツ指向型ネットワーク技術による4K品質ストリーミングを多数のユーザーに同時配信可能な通信手法やネットワーク内に分散されたキャッシュコンテンツを保護する暗号化技術などを研究開発し、オープンソース公開、国際標準化、日欧共同研究など、社会実装に向けた成果を示した。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	7/1追加と社会的対外 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(1)ー② データセントリックなネットワーク技術等の研究開発	ネットワーク仮想化技術	IoT情報流通基盤技術等の研究開発 (データセントリックネットワーク技術)					2020年、5GやIoTデバイス等からデータを瞬時に、安全に、確実に伝送する情報通信基盤を構築し、高付加価値・最適化社会を実現する 成果目標： ・データを瞬時に安全に確実に伝送する情報通信基盤を構築 ・自動運転などの超低遅延通信の実現
	コンテンツ/ネットワーク指向技術	IoT時代の情報伝達・制御基盤技術の研究開発 ・多種多様なIoTデバイス等に関して、クラウド(エッジ)との連動等により高効率な情報伝達を実現するためのネットワーク制御技術 ・人の介入を必要としないモノ間における情報伝達のためのセキュアかつ信頼性の高い情報流通技術					
	超大規模情報流通技術	コンテンツ保護フレームワークの研究開発 セキュアかつ信頼性の高い情報流通技術研究として「コンテンツ保護フレームワークの研究開発」を実施 ・モノ・コンテンツのプライバシー保護設計 ・通信経路およびキャッシュ暗号設計・評価					
	IDロケータ分離技術	大容量映像配信基盤技術の研究開発 ・情報・コンテンツ指向型ネットワーク関連技術(転送帯域・品質制御技術、エラーリカバリ技術、マルチパス技術等を含む)によるリアルタイムストリーミング技術開発					
	階層型アドレス配布技術	日欧共同研究 ICN2020 (1)ー②の研究成果の実証の場として委託を実施					

3. 次期目標へのフィードバック

今期研究により情報・コンテンツ指向型ネットワーク技術研究を推進し、IETFなどの国際標準化、将来指針確立を目的としたIEEE SIG(研究会)設立を行った。次期研究として「トラスタブルネットワークコンピューティング技術研究」を推進する。ここで通信における情報の完全性、情報の信頼性、情報の安全性を担保しながら情報提供を可能とするネットワーク内コンピューティング技術の研究開発を行う。社会実装として、オープンソースなどを活用した産学官連携や国際連携、標準化の推進などを行う。

(2) -① フォトニックネットワークシステム基盤技術に関する研究開発

【研究推進室 / フォトニックネットワークシステム研究室】

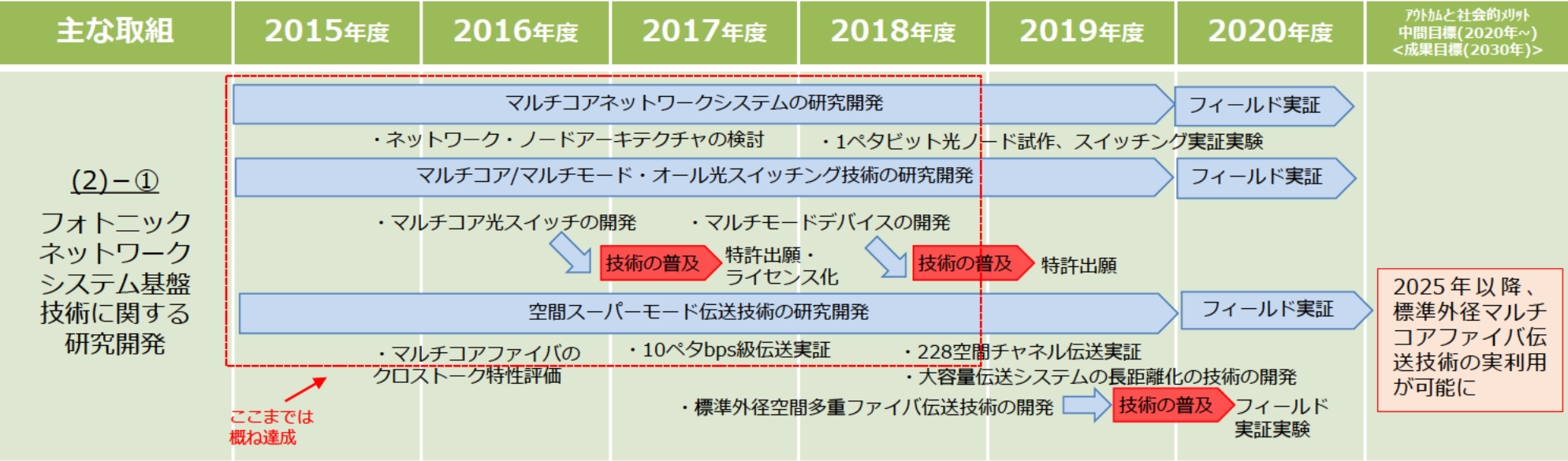
【参考資料 P 11～12】

1. 目標の概要

- ・1 入出力端子あたり 1Pbps(ペタビット／秒)級の交換ノードを有する超大容量マルチコアネットワークシステムに関する基盤技術を確立する。
- ・世界に先駆けた空間スーパーモード伝送基盤技術の確立を目指して、関連するハードウェアシステム技術を研究開発する。

2. 目標の達成状況

「重点研究開発課題に関する工程表」において記載されている各年度毎の目標について概ね達成し、ペタビット級の超大容量マルチコアネットワークシステム基盤技術の確立に大きく貢献した。また、一部の基盤技術(マルチコア光スイッチ等)は技術移転・製品化により社会展開している。今後、フィールド実証・委託研究等を実施し、実用化に向けた取り組みを加速する。



3. 次期目標へのフィードバック

- ペタビット級マルチコアネットワークシステム基盤技術を確立した。その中で、標準外径の空間多重ファイバに関する成果については、フィールド実証や委託研究等を通じて発展させ、早期実用化を図る。次期計画においては、持続的に増大する。
- 通信トラフィックの収容を可能にするために、超多量の空間・波長資源を用いたマッシュチャネル光ネットワーク技術の研究開発や超高速光信号に対応させるために光領域信号処理技術の研究開発を実施する。

(2) ー② 光統合ネットワーク実現に向けた研究開発

【研究推進室 / フォトニックネットワークシステム研究室】

【参考資料 P 13】

1. 目標の概要

急激なトラフィック変動やサービス多様化への柔軟な対応を可能とするための技術として、異なる通信速度・通信方式・データプロトコル処理を提供する光スイッチトランスポートノード基盤技術、1Tbps級多信号処理を可能とする光送受信及び光スイッチングシステム技術、時間軸・波長軸に対するダイナミックな制御を瞬時に行う技術に関する研究開発を行う。

2. 目標の達成状況

「重点研究開発課題に関する工程表」において記載されている各年度毎の目標について概ね達成した。通信サービスの多様化に対応可能な再構成可能400ギガbps級パケットオプティカルノードの開発に成功し、製品に展開・活用する見込みである。また、フレキシブル光パスノードを実証し、トラフィック変動に追従して波長資源を再分配する技術の確立に貢献した。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	アトムと社会的期待 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(2)ー② 光統合ネットワー ク実現に向けた研 究開発	光パケット光 パス統合NW 技術の確立	再構成可能光スイッチ トランスポートNWの研究開発		再構成可能光スイッチトランスポートNW 装置の開発			
		・16QAM (5Gbaud) EA周回スイッチ実証	・8PSK(32Gbaud) EAスイッチ実証 ・200ギガbpsスループット 通信処理モジュール開発	・400ギガbpsスループット 通信処理モジュール開発、 ノード実証	・16QAM(32Gbaud) 送受信・スイッチ実証	技術の普及 製品に展開	2020年以降、 光統合ネット ワークの要素技 術の社会展開
	ここまでは 概ね達成	・バーストモードEDFAによる 障害時の強度変動抑制の評価	・フレキシブル 光パスノードの提案	・設定時の光パス 高速制御	・ネットワーク 実証実験	技術の普及 利用促進	

3. 次期目標へのフィードバック

急激なトラフィック変動や通信サービスの多様化への柔軟な対応を可能とする光統合ネットワーク技術を確立した。その中で、再構成可能通信処理モジュールに関する成果については、委託研究の受託機関の製品への展開を図る。また、次期計画においては、今期に得られた成果を活用して、通信資源の更なる有効利用を目指して、光ハードウェアシステムのオープン化・プログラマブル化や光ネットワーク知性化のための基盤技術の研究開発を実施し、光ネットワークの究極的な柔軟性を追求する。

(3) ー① グローバル光衛星通信ネットワーク基盤技術の研究開発

【総務省宇宙通信政策課/NICT宇宙通信研究室】

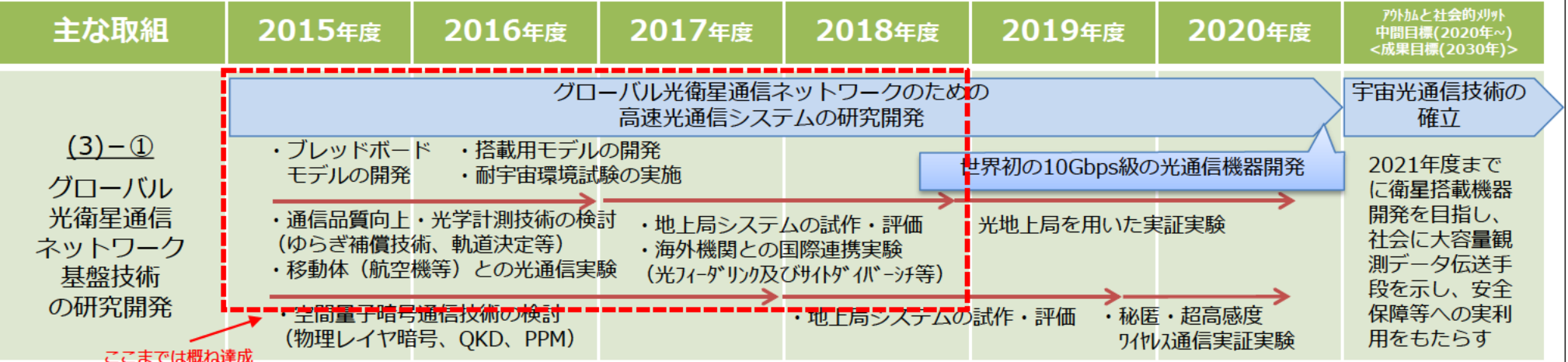
【参考資料P 14～15】

1. 目標の概要

衛星通信の大容量化への期待の高まりや周波数資源逼迫の解決に応えるため、10Gbps級の地上一衛星間光データ伝送を可能とする衛星搭載機器の開発等、グローバル光衛星通信ネットワークの実現に必要な基盤技術を確立する。

2. 目標の達成状況

静止衛星に対して10Gbps級の世界初の伝送速度を実現する、衛星搭載用超高速先進光通信機器(HICALI)の開発を推進し、2021年度に完成する見込み。世界で初めて超小型衛星を用いた衛星ー地上間光通信実験及び量子通信の基礎実験に成功し、Nature Photonicsに掲載。宇宙データシステム諮問委員会(CCSDS)において、NICTがエディタとなり光衛星通信分野で初めての標準化文書を制定(CCSDS 140.1-G-1)。スペースデブリに関しては、衛星へのレーザー照射実験や光度変化の測定を実施。



3. 次期目標へのフィードバック

- 光衛星通信技術については、搭載機器開発に注力して実施。次の5カ年間では、次期技術試験衛星や小型衛星との光通信実験を実施し、世界最速クラスの10Gbpsの光衛星通信の検証や、光衛星通信に適用可能な補償光学技術の実証、サイトダイバーシチの実用化に向けた光地上局の切り替え試験等を進めていく。
- 超小型キューブサットを用いた光通信の宇宙実証や衛星コンステレーションを用いた衛星プロジェクト計画の台頭など激変する環境を踏まえ、超小型衛星に適用可能な大容量光通信やデジタルペイロード通信技術を次の5カ年では推進する。

(3) - ② 宇宙・海洋ブロードバンド衛星通信ネットワーク基盤技術の研究開発

【総務省宇宙通信政策課/NICT宇宙通信研究室】

【参考資料P 14～15】

1. 目標の概要

100Mbps級のKa帯大容量衛星通信システムを実現するため、柔軟・機動的にブロードバンド通信を提供する地球局技術や広域・高速通信システム技術の研究開発を行い、海洋・宇宙ブロードバンド衛星通信システムに必要な基盤技術を確立する。

2. 目標の達成状況

世界初の100Mbps級宇宙・海洋ブロードバンド衛星通信システムの概念設計を実施し、新たな電波・光ハイブリッド衛星システムを提案、ブレッドボードモデル(BBM)や試作モデルを評価し、2018年度から新たにビーコン送信機の搭載機器(共通部)開発を本格化するとともに、新たなネットワーク制御方式の提案と有効性を確認し学術成果を挙げた。さらに、移動体地球局技術の研究開発を実施し、実際の航海や航空機において衛星通信の実証実験を行うなど、次期技術試験衛星へ反映できる成果を得た。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	7月追加と社会的対外 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(3)-② 宇宙・海洋 ブロードバンド 衛星通信 ネットワーク 基盤技術 の研究開発	<div>宇宙・海洋ブロードバンド衛星通信ネットワークのための 衛星通信システム及び高機能地球局システムの研究開発</div> <div>(追加) 衛星通信システム概念設計</div> <div>・ブレッドボードモデルの開発</div> <div>・試作モデルの評価</div> <div>・小型高性能地球局技術の検討 (船舶、航空機、無人機、海上ブイ等)</div> <div>・広域・高速通信システム技術の検討 (衛星系H/W、通信・制御方式、伝搬等)</div> <div>ここまでは概ね達成</div> <div>(追加) ビーコン送信機搭載機器(共通部)開発</div> <div>・小型高性能地球局システムの試作・評価</div> <div>・洋上の海洋資源調査船からの通信の実証実験</div> <div>・小型高性能地球局システムの改良・総合評価</div> <div>・広域・高速通信システムの試作・評価</div> <div>・広域・高速通信システムの改良・総合評価</div> <div>世界初の100Mbps級 宇宙・海洋ブロードバンド 衛星通信機器開発</div> <div>宇宙・海洋衛星通信 技術の確立</div> <div>次期技術試験衛星の2022年以降の打ち上げを目指し、社会に海洋・航空域での広域ブロードバンド通信の実利用をもたらす</div>						

3. 次期目標へのフィードバック

- 今期では、統合型モビリティへのユーザ利用実験に有効なビーコン送信機の搭載機器開発を新たに立ち上げた。次の5カ年では次期技術試験衛星での衛星フレキシブルネットワークの実証実験の成果向上のために着実に開発を進めていく。
- 今期では、衛星通信分野の激変する環境を踏まえ衛星通信と5G技術の連携のための検討会を立ち上げ、今後の宇宙から地上までが多層的に接続されるネットワークを議論。次の5カ年ではBeyond 5G/6G時代のネットワークを課題とすべき。

(4) ① 極限環境における通信技術の研究開発

【総務省電波政策課、移動通信課、宇宙通信政策課/ NICTワイヤレスシステム研究室、宇宙通信研究室】【参考資料 無】

1. 目標の概要

海中・水中、深宇宙、体内・体外間等、電磁波の利用に課題を抱えている領域におけるワイヤレス通信技術の確立を目指して、電波伝搬特性の研究や通信システム技術に関する研究開発にも取り組み、模擬通信環境等における実証を行う。

2. 目標の達成状況

海中利用では、0.01~10MHz帯にて、海中伝搬モデルとシミュレータを構築し、浅海域実証とシミュレーションを実施。深宇宙では、PPM光通信機器(~1Gb/s)、超電導単一光子検出器(SSPD)とそのアレイ化のための極低温信号処理回路の研究開発を実施。SSPD光受信器を地上局実装し、50kg級超小型衛星との光通信実験で光子レベルの受信に成功した。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	アトムと社会的利用 中間目標(2020年~) <成果目標(2030年)>
(4) ① 極限環境に おける通信技術 の研究開発	海中	海中伝搬実験(電波:0.1~10 MHz帯、光) ・マルチアンテナ海中チャネルサウンダ開発 ・基本検討を実施 ・水槽、護岸等で基礎実験 基本実験		海中伝搬解析と伝搬モデル作成 ・伝搬特性の解析 ・現象の把握とモデル化 ・解析手法の確立		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立	
		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立	
		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立	
深宇宙	深宇宙	海中伝搬実験(電波:0.1~10 MHz帯、光) ・マルチアンテナ海中チャネルサウンダ開発 ・基本検討を実施 ・水槽、護岸等で基礎実験 基本実験		海中伝搬解析と伝搬モデル作成 ・伝搬特性の解析 ・現象の把握とモデル化 ・解析手法の確立		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立	
		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立	
		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立	
体内外	体内外	海中伝搬実験(電波:0.1~10 MHz帯、光) ・マルチアンテナ海中チャネルサウンダ開発 ・基本検討を実施 ・水槽、護岸等で基礎実験 基本実験		海中伝搬解析と伝搬モデル作成 ・伝搬特性の解析 ・現象の把握とモデル化 ・解析手法の確立		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立	
		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立	
		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立	
無線通信技術	無線通信技術	海中伝搬実験(電波:0.1~10 MHz帯、光) ・マルチアンテナ海中チャネルサウンダ開発 ・基本検討を実施 ・水槽、護岸等で基礎実験 基本実験		海中伝搬解析と伝搬モデル作成 ・伝搬特性の解析 ・現象の把握とモデル化 ・解析手法の確立		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立	
		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立	
		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立	
深宇宙	深宇宙	海中伝搬実験(電波:0.1~10 MHz帯、光) ・マルチアンテナ海中チャネルサウンダ開発 ・基本検討を実施 ・水槽、護岸等で基礎実験 基本実験		海中伝搬解析と伝搬モデル作成 ・伝搬特性の解析 ・現象の把握とモデル化 ・解析手法の確立		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立	
		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立	
		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立		海中伝搬モデルとシミュレータ構築 ・媒体・環境ごとの伝搬モデル作成 ・解析手法の確立	

3. 次期目標へのフィードバック

- 海中・体内外:電波伝搬モデル及びシミュレータの成果を活かし、産業(海中:プラント開発やインフラ点検等、体内外:医療機器メーカー等)ニーズに合わせたシステム設計を行い、技術の社会実装と、将来の無線エリア拡張技術検討を併せて進める。
- 深宇宙:月周回プラットフォーム等との光通信を念頭に、地球周回の小型光通信衛星や静止軌道上のETS-9を用いた光地上局用SSPD受信機の実証試験を予定。1Kピクセル規模までのSSPDアレイ技術開発を行う。

重点研究開発課題		概要説明
(1) 5G/Beyond5Gに向けたモバイルネットワーク技術	① 無線通信の大幅な大容量化・高速化を実現するための研究開発 (P24)	5G時代に求められる多様なモバイルサービスやアプリケーションを実現可能とするため、無線通信システムの大幅な大容量化を実現する技術として、分散アンテナ技術、光収容技術、システム間連携技術を、加えて、無線通信速度の大幅な高速化を実現する技術として、低SHF帯／高SHF帯超多素子アンテナ技術、端末ディスカバリー技術を確立する。
	② 協調統合型ワイヤレスの研究開発 (P25)	単一システムによる高効率伝送の限界を突破するため、異なる複数のシステム間に跨がる協調・統合により、モバイル網の更なる高効率伝送(同一通信量当たりの総消費電力を1/10へ低減)を実現する協調統合型ワイヤレスシステムを確立する。
	③ 高信頼ワイヤレス伝送技術の研究開発 (P26)	無人航空機を含むロボット群等の遠隔制御に適用可能な高信頼ワイヤレス伝送を実現するため、要求される伝送遅延条件を保証する通信技術を確立する。また、多様な環境に適したワイヤレス伝送技術や干渉回避等の周波数共用技術を確立する。
	④ 高度同期型分散ネットワーク技術の研究開発 (P27)	端末間での時刻同期精度を大幅に向上させるとともに、災害発生時等に必要とされる端末規模(例えば5000台以上)を収容するグループ通信を実現するため、低消費電力化が求められる端末に実装可能な、電波を利用した端末間の同期型分散ネットワーク技術を確立する。
	⑤ 光モバイルアクセス及び光コア融合ネットワーク技術の研究開発 (P28)	消費電力の増大を抑制しつつ、伝送距離×収容ユーザ数を現在比100倍以上とするため、超高速・極低消費電力の光アクセス(固定、バックホール等)に係る基礎技術や、超高速移動通信ネットワーク構成技術等を確立する。
	⑥ アクセス系に係る光基盤技術の研究開発 (P29)	アクセス系光ファイバにおける送受信機小型化等を実現するため、高密度で高精度な送受信技術(パラレルフォトニクス)を確立する。また、高速移動体に対して高速データ伝送が可能な100Gアクセス技術や、広帯域RFセンシング信号の一括光転送処理を実現するSoF(Sensor on Fiber)技術を確立する。
(2) ユーザーの利用環境や要求を認識したネットワーク構築・制御技術	① ユーザ利用環境・要求を認識したネットワーク自動構築制御技術の研究開発	少子高齢化により労働者人口が減少した場合にも、質・量ともに世界最先端のネットワークインフラの提供に寄与する自動化技術を実現するため、ユーザの利用環境や要求をネットワーク側で認識し、ビッグデータ及び人工知能等を活用したアクセス系ネットワーク資源・機能分配の自動化に資する基盤技術を確立する。

(1) ① 無線通信の大幅な大容量化・高速化を実現するための研究開発

【総務省電波政策課、移動通信課 / NICTワイヤレスシステム研究室】

【参考資料P18～19】

1. 目標の概要

無線通信システムの大幅な大容量化を実現する技術(分散アンテナ技術、光収容技術、システム間連携技術)及び無線通信速度の大幅な高速化を実現する技術(低SHF帯／高SHF帯超多素子アンテナ技術、端末ディスカバリー技術)を確立する。

2. 目標の達成状況

大容量化技術の確立により、4Gと比べて3倍以上のシステム容量を実現。また、高速化技術の確立により、低SHF帯において5.6Gbps、高SHF帯において27Gbpsのスループットを達成。得られた成果については、社会実装に向けたフィールド実証・システム開発の中で使用しており、5G商用サービス開始に向けた製品化・ネットワーク構築に活用していく予定。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	アトカムと社会的利用 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(1)－① ① 無線通信の 大幅な大容量化・ 高速化を実現する ための研究開発	超高密度セル構成における分散アンテナ技術の研究開発 超高密度セル構成における光収容技術の研究開発 マルチバンド・マルチアクセス多層セル構成における システム間連携技術の研究開発 低SHF帯超多素子アンテナ技術とビーム制御技術の研究開発 高SHF帯広帯域超多素子アンテナ技術とビーム制御技術の研究開発 超低消費電力で接続可能にする端末ディスカバリー技術の研究開発				社会実装に向けた フィールド実証・システム開発 ・5G総合実証試験における性能評価		2020年以降、 本研究開発の成果を 活かした低SHF帯 及び高SHF帯を 用いた5Gモバイル ネットワークを構築
						5G 商用サ ービス 開始 ・5G商用サービス開始に向けた 製品化・ネットワーク構築	

3. 次期目標へのフィードバック

- 無線通信システムの大容量化・高速化を実現するため当初目標としていた各要素技術の確立については全て達成した。
- 今後、5Gの商用サービス開始及び普及・展開に向けて成果の社会展開を進めるとともに、更なる移動通信の高度化のため、より大容量・高速な通信を実現する技術の研究開発を進める。

(1) ー② 協調統合型ワイヤレスの研究開発

【総務省電波政策課、移動通信課 / NICTワイヤレスシステム研究室】

【参考資料 無】

1. 目標の概要

異なる複数のシステム間に跨がる協調・統合により、モバイル網の更なる高効率伝送を実現する協調統合型ワイヤレスシステムを確立する。高度道路交通システム(ITS)等のネットワーク利活用技術の研究開発に取り組む。

2. 目標の達成状況

加入者容量向上のための協調統合型基地局構成技術として、全二重アクセス制御の研究開発を行い、CPS検討にも反映させた。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	7月追加と社会的期待 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(1)－② 協調統合型 ワイヤレス の研究開発	協調統合型ワイヤレスシステムの研究開発				協調統合型ワイヤレスシステムの 高度化技術の研究開発		2020年代前半に、5G 技術の一部として採用、 周波数利用効率の高い モバイルネットワーク を構築(6GHz以下の周 波数帯において新たに、 100MHz幅に相当する 周波数資源を創出) 2025年頃にITS分野へ 活用することにより、 道路交通情報のリアル タイム集約等を実現し、 渋滞発生率の低減等、 道路交通環境の向上に 貢献 2030年頃、「空気のような ネットワーク」の 実現に寄与、ネット ワーク上の人工知能(ク ラウド頭脳)と連携する ことで、社会インフラ や生活のあらゆる場面 を支援可能な時代に
	協調統合型基地局構築技術 ・複数オペレータ協調による高効率周波数利用・周波数共有が可能な基地局/管理装置				協調統合型基地局構築技術の高度化 ・全二重アクセス制御技術		
	協調統合型端末構築技術 ・複数帯域同時利用・D2D通信(マルチバンド/マルチホップ)・高度マルチモード端末				協調統合型端末構築技術の高度化		
	協調統合型ワイヤレスのための周波数利活用技術 ・複数周波数帯の高密度共有・周波数の広帯域統合管理				適用		
	公衆網(セルラー系)と自営網(無線LAN系)連携技術 ・共通認証・シームレス切替・低干渉化・共通制御方式				公衆網(セルラー系)と自営網(無線LAN系)連携 技術の高度化		
	高周波エントランス/アクセスNW構成技術 ・ミリ波以上の利用による空間多重化				適用		
	協調統合型ワイヤレスのITSへの適用の検討 ・移動体通信システムを利用したビッグデータ収集技術の検討(交通情報、環境情報、周波数センシング) ・移動体通信の高信頼化・低遅延化技術の検討・CPS技術との連携検討				適用		
	実証用テストベッドの整備				実証用テストベッドを活用した技術検証		
	実用化・標準化活動、国内・国外展開への寄与						

3. 次期目標へのフィードバック

協調統合型ワイヤレスシステムの研究開発の成果のうち、全二重アクセス制御技術の検討、ITS適用検討に関するものについて、次期中長期において、将来の地上系無線システムに資する高度アクセス技術、統合型モビリティ技術への拡張検討と、成果の社会展開を進める。

(1) -③ 高信頼ワイヤレス伝送技術の研究開発

【総務省電波政策課、移動通信課 /NICTワイヤレスシステム研究室】

【参考資料 無】

1. 目標の概要

無人航空機を含むロボット群等の遠隔制御に適用可能な高信頼ワイヤレス伝送を実現する。要求される伝送遅延条件を保証する通信技術、多様な環境に適した高可用性を有する伝送技術や干渉回避等の周波数共用技術を確立する。

2. 目標の達成状況

ドローン・UAVのための可用性・同期性の確立技術を検討した。実証時取得データの、今後のCPS技術への活用を検討している。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	アウトカム 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(1)－③ 高信頼 ワイヤレス 伝送技術 の研究開発	無人航空機 システム における 高信頼通信 技術の 研究開発	高信頼ワイヤレス伝送技術の研究開発					2020年頃、橋梁やダム等のインフラ管理、防災、スタジアムにおける保安等、屋外における群制御型複数ロボット（小型無人機を含む）を利用した遠隔作業を実現、安全・安心な社会づくりに寄与
		無人航空機群制御通信技術の確立					
		・小型無人機群制御のための遅延時間保証型マルチリンク・リレー通信技術 ・対象とする周波数帯における電波伝搬特性の測定とモデル化・群制御安定条件を満たす通信プロトコル開発 ・複数システム共存時および地上無線利用システムとの周波数共用技術の確立 ・複数無人機を利用した協調センシング（電波利用状況等）技術の確立・国際標準化（ICAO/ITU-R/AWG等）への寄与					
		無人航空機群制御通信技術の実証					2025年頃、過酷電波伝搬環境（建造物内）における群制御型複数ロボット等の遠隔制御を実現、人が作業をすることが困難な環境における作業効率向上に寄与
		・目視見通し外を含む飛行環境における屋外・屋内におけるフィールド実証評価 ・CPS技術に資するデータ取得					2030年頃、水中群ロボット実現による広域資源探査等への寄与など、あらゆる環境における群ロボット遠隔制御を実現
		過酷環境群ロボット制御通信技術の確立					
		・過酷環境（プラント等内部構造が複雑な建造物・水中／海中・地下等）電波伝搬測定 ・群制御のための遅延時間保証型多段リレー通信技術・群制御安定条件を満たす通信プロトコル開発 ・複数システム共存時および地上無線利用システムとの周波数共用技術の確立・標準化および法制度への寄与					
		過酷環境群ロボット制御通信技術の実証					
		・実環境フィールド（建造物内等）における群ロボットワイヤレス制御通信の実証実験とシステム改良 ・CPS技術に資するデータ取得					

3. 次期目標へのフィードバック

無人航空機群制御通信技術、過酷環境ロボット制御通信技術に関する研究開発成果について、次期中長期において、将来の地上系無線システムに資する統合型モビリティ技術への拡張検討と、成果の社会展開を進める。

(1) ー④ 高度同期型分散ネットワーク技術の研究開発

【総務省電波政策課、移動通信課 /NICTワイヤレスシステム研究室】

【参考資料 無】

1. 目標の概要

無人航空機を含むロボット群等の遠隔制御に適用可能な高信頼ワイヤレス伝送を実現する。要求される伝送遅延条件を保証する通信技術、多様な環境に適した高可用性を有する伝送技術や干渉回避等の周波数共用技術を確立する。

2. 目標の達成状況

災害時を想定し、大規模無線網の構築・運用技術、災害用車両等の移動無線端末を考慮した通信網構築・運用技術について検討した。評価実験における取得データの、今後のCPS技術への活用を検討している。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	アウトカム 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(1)ー④ 高度同期型分散 ネットワーク技術 の研究開発		要素技術の開発			システム化技術の開発		社会実装 評価実験
		・位相同期等を含む多対多端末間分散同期技術 ・端末間相互発見相互連結技術 ・グループ自律形成・自律管理技術 ・エリア伝搬特性の取得・評価			・災害発生時を想定した端末数(5000台以上)を収容可能とする大容量化技術 ・ネットワーク共存技術 ・小型端末技術		・災害発生時における情報収集・情報拡散アプリケーション技術の開発と検証 ・平時におけるトラフィックオフロード用途としての評価 ・CPS技術に資するデータ取得
							2020年までに、地域における各種情報の共有・収集をグループ通信によって行えることで、地域の福祉・産業・観光・暮らし・見守り等、各種サービスにおける品質向上・多様化へ寄与

3. 次期目標へのフィードバック

高度同期型分散ネットワーク技術の研究開発成果について、次期中長期において、将来の地上系無線システムに資する次世代IoT技術、及び、統合型モビリティ技術への拡張検討と、成果の社会展開を進める。

(1)－⑤ 光モバイルアクセス及び光コア融合ネットワーク技術の研究開発

【研究推進室、電気通信技術システム課 / ネットワーク基盤研究室】

【参考資料P 19～20】

1. 目標の概要

5G以降の大量な通信トラフィックを収容可能な光アクセス基盤を実現するため、伝送距離×収容ユーザー数を現在比100倍以上とする超高速・極低消費電力の光アクセスネットワークに係る基礎技術として、光アクセスネットワーク延伸化及び多分岐化技術や空間分割多重光アクセスネットワーク技術に関する研究開発を行う。

2. 目標の達成状況

「重点研究開発課題に関する工程表」において記載されている各年度毎の目標について概ね達成した。延伸化・多分岐化技術として、EDFAと量子ドットSOAを実装した小型バーストモード光増幅器を開発し、GPON比100倍以上(1024ユーザ・70km相当)のWDM-PONアップリンク伝送を実証した。また、空間分割多重技術として、マルチコア/マルチモードファイバの導入による短距離大容量伝送を実証し、コヒーレント技術導入を含む新しい光アクセス技術の発展に貢献した。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	アトムと社会的対外 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(1)－⑤ 光モバイル アクセス及び 光コア融合 ネットワーク技術 の研究開発	アクセスNW用低消費電力光増幅技術 ・超低消費電力・小型・双方向光増幅サブシステム	大容量・超低消費電力光アクセス(固定・バックホール等)基礎技術の開発 ・アクセスNW延伸化技術 ・アクセスNW多分岐化技術 ・簡易コヒーレント検波技術(KK受信機+DSP)開発		超高速・極低消費電力光アクセス(固定・バックホール等)基礎技術の開発			2025年以降、光アクセス・光コア融合ネットワークの要素技術が実利用可能に
	ID・ロケータ分離方式基礎技術の確立 ・異種ネットワーク間通信等	アクセス・コア連携移動通信NW構成技術の研究開発 ・遅延最適化技術 ・無線アクセス・光アクセス両用技術 ・多端末自動管理技術等	短距離マルチモード(コヒーレント)ファイバ伝送実証(490Gbps)	アクセス・コア連携移動通信NW構成システムの開発 ・無線・光アクセス両用エンドトゥエンドシステム構築	短距離(標準外径)マルチコアファイバ伝送実証(1.3Tbps)		

ここまでは概ね達成

3. 次期目標へのフィードバック

5G以降の光アクセスNWの大容量化に資する光増幅技術、空間多重技術、コヒーレント技術等の要素技術の発展に貢献した。次期計画においては、大容量化と合わせて、アプリケーションに要求されるレイテンシやジッター要件を考慮したエッジクラウドデータセンターを含む光アクセスネットワーク技術の開発に取り組む。

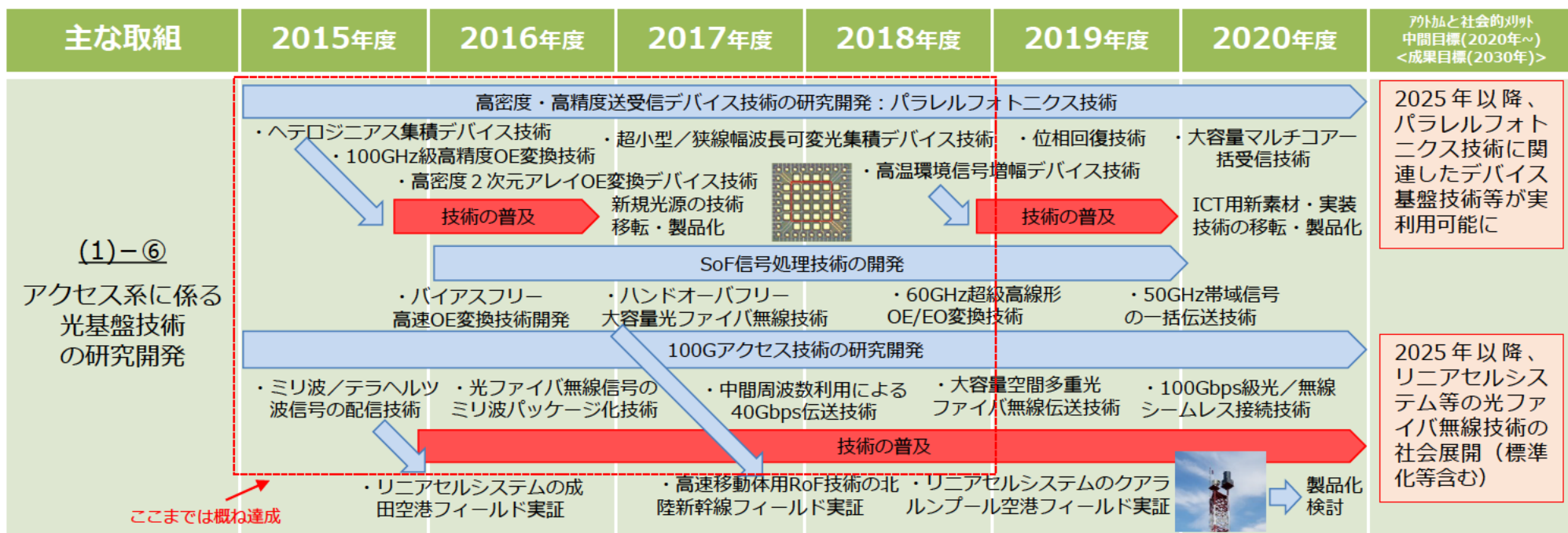
(1) ー⑥ アクセス系に係る光基盤技術の研究開発

【研究推進室、電気通信技術システム課 / ネットワーク基盤研究室】

【参考資料P21】

1. 目標の概要 光や高周波等の伝送媒体に制限されない光アクセスネットワークを実現する技術として、高密度かつ小型な送受信等を実装するICTハードウェア基盤技術:「パラレルフォトリニクス」および、アクセス系における通信の大容量化を実現する技術として、光と超高周波を融合した 100Gbps 級データ伝送等のシステム技術:「100Gアクセス」技術等を研究開発する。

2. 目標の達成状況 設定目標について概ね達成し、ハードウェア技術である「パラレルフォトリニクス技術」では大容量パラレル伝送に資するデバイス基盤技術の開発に成功し、一部の基盤技術は技術移転・製品化により社会展開・実装している。また100Gアクセス基盤技術に関しては、期間内に100Gbps級の光／無線シームレス接続技術を確立する見込みである。開発した光ファイバ無線技術を基盤としてリニアセル方式等を用いた空港レーダーシステムや鉄道無線システムは、実社会インフラを指向したフィールド実証に成功するなど、新たな市場の創出等に大きく貢献している。



3. 次期目標へのフィードバック

- ヘテロジニアス実装技術やパラレル送受信技術を更に発展させたマッシュアップ光高周波集積ハードウェア技術の研究開発を推進するとともに、送受信用や計測用デバイス技術として産官連携による技術移転および共同研究を引き続き継続することで社会展開を目指す。
- 開発に成功した100GHz帯光ファイバ無線による光／無線シームレス大容量伝送システム技術を基に、空間電磁場を制御する同期技術や、光やミリ波、テラヘルツ波等のオールバンドな伝送メディアを調和的に選択・変換し、アナログ・デジタル信号処理を融合させた中短距離情報通信基盤技術の研究開発を推進する。
- リニアセル方式や光・電気・光(OEO)／電気・光・電気(EOE)変換技術等のコンセプト提案や基盤技術を産官連携により技術移転・共同研究を進め、フィールド実証や国内外標準化活動等を重ねることで、社会展開活動を継続する。

データ利活用基盤分野

重点研究開発課題		概要説明
(1) 音声翻訳・対話システムの高度化	① 音声翻訳・対話システムの多言語化、多分野化、高精度化の実現 (P32～33)	2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会までに、10言語に関して、旅行、医療、防災を含む生活一般の分野について実用レベルの音声翻訳・対話システムを社会実装するため、多言語化、多分野化、高精度化等に資する翻訳技術・音声技術を開発・確立する。
	② 現場音声認識の精度向上及びクロスリンガル音声対話の実現 (P34～35)	長文音声認識(現在の7語対応から20語へ)、非ネイティブ音声認識、環境音の自動判別等を実現し、現場音声認識の精度向上を図るとともに、多言語・複数人の音声対話システムを目指す。
	③ 長文音声翻訳に対応した自動翻訳技術の実現 (P36～37)	同時通訳を実現するため、同一分野の対訳ではない2言語のコーパス利活用、自動換言処理等に基づく自動翻訳の汎用化及び翻訳の逐次処理化に関する基盤技術を確立する。
	④ 文脈を用いた自動翻訳技術の研究開発 (P38)	自動翻訳の高精度化のため、単語や文に加えて結束性や談話構造等の文脈を利活用することにより、意味に基づく翻訳を実現する基盤技術を確立する。
(2) 社会知解析技術	① 社会知解析技術の研究開発 (P39)	Web、科学技術論文、白書等から社会問題等様々な問題を自動検出し、それらの解決策や影響等、関連する情報・仮説を能動的に発見して統合された知識として提供するシステムや、SNS上での問題や出来事をリアルタイムで自動検出・分析し、それらにまつわる議論の推移を要約して提示するシステム等を実現するための基盤技術を確立する。
	② ソーシャルICT情報利活用基盤に関する研究開発 【再掲】 (P40)	スマートサービスと人との間でデータを共有し地域全体で環境問題等を解決すべく、様々なIoTデータを分野横断的に統合・分析する技術、実世界のモノ・コト・知識を解析・予測し行動制御するクラウドロボティクス技術、クラウドを介したデバイスネットワークとソーシャルネットワークの自律連携制御技術等を確立するとともに、コミュニティが中心となってデータを集め集団的に分析するオープンサイエンス基盤技術を確立する。

データ利活用基盤分野

重点研究開発課題		概要説明
(3) スマートネットワークロボット技術	① ネットワークロボット・プラットフォーム技術(スマートロボット技術)の研究開発	ビッグデータ、人工知能、ネットワーク関連技術等との連携により、全てのロボットがネットワークを介して必要な情報を共有し、遅延なく高度な動作を実現するネットワーク制御技術確立するとともに、複数のロボットの相互連携により効率的・効果的に機能を発揮するためのプラットフォーム技術確立する。
	② クラウドとロボットの融合による革新的サービスの研究開発	様々なIoTデバイスを連携させた生活支援や観光案内等のサービスを実現するため、クラウドにおけるロボットからのデータの大規模な集積と分析、人工知能技術に基づくロボットの行動生成、言語・非言語情報を組み合わせたマルチモーダル制御等を可能にするデータ指向型ロボティクス技術確立する。
	③ 人の心に寄り添うコミュニケーションロボットの研究開発	人の動きをセンシングしたり、脳情報から人の感情や潜在意識等を把握することにより、スマートフォンやロボット等を通じて、心の通った(人の心に寄り添う)コミュニケーションを実現するため、人・ロボット会話技術、状況認識・理解・推論・再現技術、感性データマイニング・伝達技術、感情生成・表現モデル等の技術確立する。
(4) 空間構造の解析・理解技術	① 空間構造解析・理解に関する研究開発【再掲】	ロボットの目としての機能等を実現するため、画像や映像から特定空間を対象として空間構造を記述し、空間構造から空間意味解析を行うことにより各物体を認識する技術等を確立する。
(5) 超臨場感映像技術	① 空間情報伝送再現システムに関する研究開発 (P41)	位相・振幅を制御するデジタル方式のホログラム技術、ホログラムのデジタルプリント技術、プロジェクション用スクリーン技術等を確立する。
	② 超臨場感映像の超低遅延処理、圧縮・伝送等に関する基盤技術の確立	100Gbps超の伝送レートが必要な超臨場感映像を、光ファイバにより超低遅延でルーティング、蓄積・読み出し、信号処理することが可能なSDI(Software Defined Infrastructure)技術確立する。また、裸眼立体映像の圧縮等に関する基盤技術確立する。
	③ 超高精細度映像の高効率伝送技術に関する研究開発	超高精細度テレビジョン(UHDTV)放送の本格展開に向けて、地上波等の限られた帯域において、超高精細度映像を高効率かつ効果的に伝送するための映像圧縮技術や伝送技術等を確立する。

(1) ー① 音声翻訳・対話システムの多言語化、多分野化、高精度化の実現

【研究推進室/先進的音声翻訳研究開発推進センター】

1. 目標の概要

2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会までに、10言語に関して、旅行、医療、防災を含む生活一般の分野について実用レベルの音声翻訳・対話システムを社会実装するため、多言語化、多分野化、高精度化等に資する翻訳技術・音声技術を開発・確立する。

2. 目標の達成状況

2014年に総務省が策定した「グローバルコミュニケーション計画」に基づき、研究開発を着実に進め、多言語化、多分野化、高精度化を達成。

NICTからの技術移転も進め、東京オリ・パラ大会を前に、本研究開発成果を活用した民間企業による製品・アプリ・サービスの実用化・普及が進展。

- ①多言語化：インバウンド対応の10言語(*1)に加え、在留外国人对応の2言語(*2)も含め12言語にて実用レベルの自動翻訳を実現。
- ②多分野化：「グローバルコミュニケーション計画」の対応分野（旅行、医療、防災、生活）に対して、大規模な話し言葉コーパス構築。
- ③高精度化：AI（ディープラーニング技術）も導入し、単語誤り率(WER)5%以下、誤訳率20%以下を達成。

* 1：10言語 日本語、英語、中国語、韓国語、タイ語、インドネシア語、ベトナム語、ミャンマー語、スペイン語、フランス語

* 2：2言語 フィリピン語、ブラジルポルトガル語

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	ア外協と社会的対外 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>

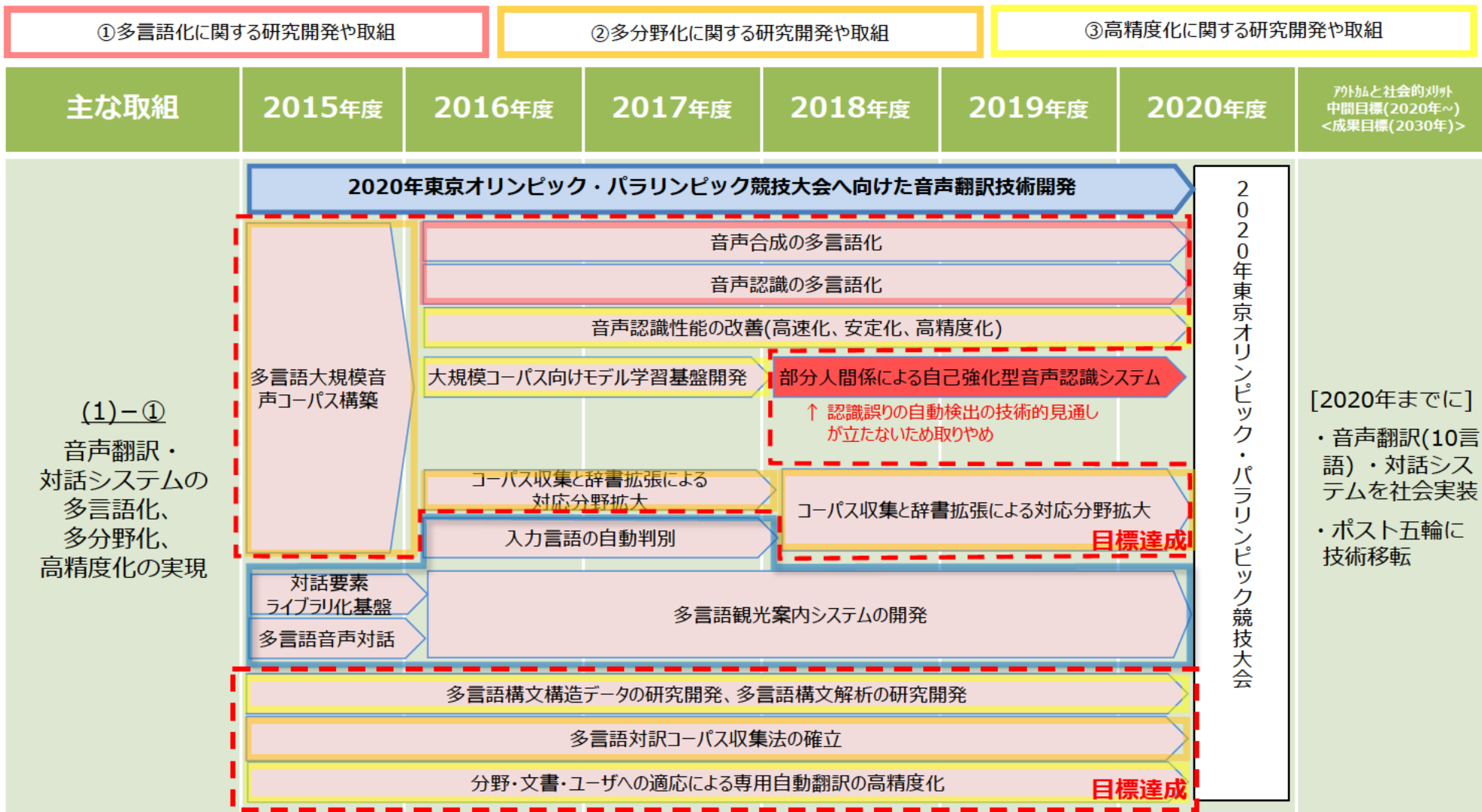
工程表は次ページに記載

3. 次期目標へのフィードバック

本研究開発により実現した逐次翻訳技術を、同時通訳技術に発展させるとともに、さらなる対応言語の拡大や精度向上のための研究開発を実施する。

(1) ー① 音声翻訳・対話システムの多言語化、多分野化、高精度化の実現

【研究推進室/先進的音声翻訳研究開発推進センター】



[2020年までに]
・音声翻訳(10言語)・対話システムを社会実装
・ポスト五輪に技術移転

：翻訳技術の研究とのシナジー効果を与えるため、(1)-②「クロスリンガル音声対話の研究」内にて実施

1. 目標の概要

環境音の自動判別等を実現し、現場音声認識の精度向上を図るとともに、異なる言葉話す人々が「言葉の壁」を意識せず、同時に対話をするための多言語・複数人のクロスリンガル音声対話システムの研究開発を実施。

2. 目標の達成状況

①-1 クロスリンガル音声対話プラットフォーム開発

日中英韓の4言語で簡単な交通案内を行うプロトタイプシステムを試作しコンセプト検証を実施。

①-2 状況依存音声言語理解技術の研究

マルチモーダル言語理解の新規手法(MMC-GAN)を開発し、言語理解精度を82.2%から86.2%に改善。

・ IEEE IROS2018 論文賞受賞 ・ WRS2018 経済産業大臣賞、人工知能学会賞受賞（＊新規手法の応用による）

② 言語識別技術の研究

入力された相手の言語が何語なのかを自動識別する言語識別技術を開発し、2019年10月にVoiceTraに実装。

8言語(※1)の言語識別が可能であり、民間企業へ技術移管も実施。

識別判定時間：約1.5秒 識別精度：90%

＊ 1：10言語 日本語、英語、中国語、韓国語、タイ語、インドネシア語、ベトナム語、ミャンマー語

③ 音声と環境音の自動判別

クリーン環境下での長文音声認識技術は、実用レベルに達し、自動放送字幕で使えることを実証実験で確認。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	アヒルと社会的期待 中長期目標(2020年～) <成果目標(2030年)>

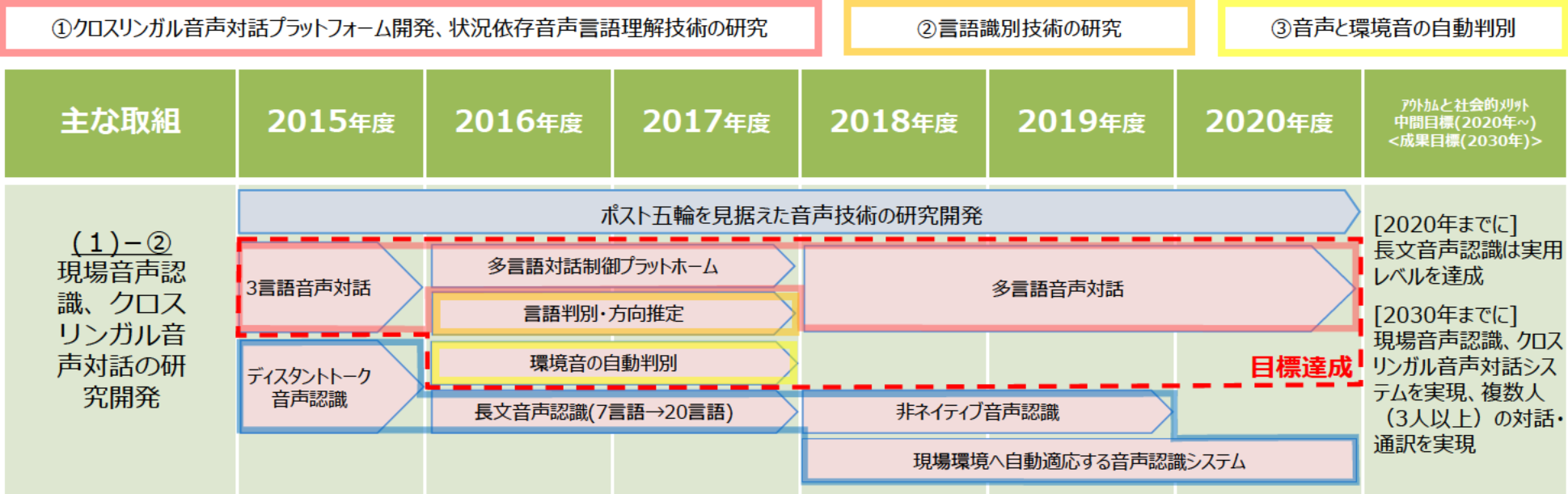
工程表は次ページに記載

3. 次期目標へのフィードバック

シーン認識技術等のマルチモーダル技術を織り込み通訳する技術、誤翻訳を防ぐため複数話者の音声や背景音などの音源を分離する技術、動的にトピックを認識して追従し通訳する技術に関する研究開発を実施する。

(1) -② 現場音声認識の精度向上及びクロスリンガル音声対話の実現

【研究推進室/先進的音声技術研究室】



: (1)-①「③自動翻訳の高精度化、音声認識性能の改善(高精度化、高速化、安定化)」内で実施

(1) ー③ 長文音声翻訳に対応した自動翻訳技術の実現

【研究推進室/先進的翻訳技術研究室】

【参考資料 無】

1. 目標の概要

汎用の長文音声翻訳を低遅延で実現する同時通訳を目指して、自動翻訳の汎用化、翻訳の漸次処理化に関する基礎技術を確立。

2. 目標の達成状況

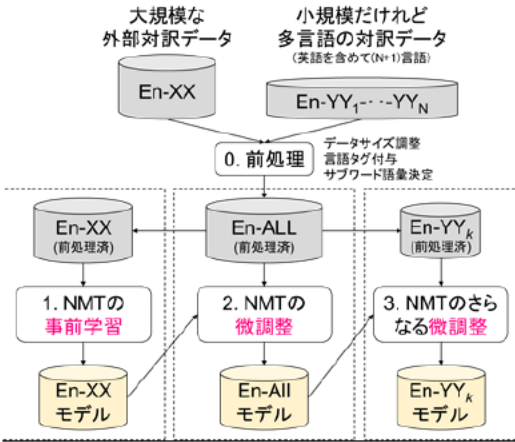
① 自動翻訳の汎用化

汎用化を妨げる対訳データ依存性を最小化するため、同一分野の対訳でない異言語データを利活用する基礎技術を確立。

- ・ 自動翻訳の国際コンペWMT (2019年度) の少資源タスクで第1位 (7チーム中) 達成。
- ・ 多言語の対訳データを併用する「少資源言語対ニューラル 機械翻訳のための多段階モデル洗練」を創出 (右図)

② 翻訳の漸次処理化

発話を分割する箇所を検出し、分割部毎に翻訳する漸次処理の基盤技術の研究開発を実施。入力発話から文を検出して順次訳出するプロトタイプシステムを作成。



主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	アトムと社会的利用 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
工程表は次ページに記載							

3. 次期目標へのフィードバック

漸次処理技術は、様々な尺度を踏まえた最適な分割点の検出や1文を越えた情報と漸次処理の融合が課題。今後、入力された発話から訳出される意味的まとまりを検出する技術、検出された意味的まとまりを参照し、要約と翻訳を統合して最適化する技術等の研究開発を実施する。

(1) ー③ 長文音声翻訳に対応した自動翻訳技術の実現

【研究推進室/先進的翻訳技術研究室】

①自動翻訳の汎用化に関する研究開発		②翻訳の漸次処理化に関する研究開発					
主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	7外語と社会的対外 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(1)－③ 長文音声翻訳 に対応した 自動翻訳技術 の実現	同一分野の対訳でない2言語のコーパスの利活用技術				対訳非依存の汎用自動翻訳		[2020年までに] ・長文翻訳・文脈を用 いた自動翻訳基礎技 術の実現 [2030年までに] ・自動翻訳が誰でも自 在にストレスなく利 用できるインフラに
	自動翻訳の汎用化のための自動換言などの単語処理						
	同時通訳の要素技術の逐次処理化				同時通訳の高度化		
					目標達成		

(1) ー④ 文脈を用いた自動翻訳技術の研究開発

【研究推進室/先進的翻訳技術研究室】

【参考資料 無】

1. 目標の概要

自動翻訳の高精度化のため、文に加えて結束性や談話構造等の文脈を利活用することにより、意味に基づく翻訳を実現する基盤技術を確立する。

2. 目標の達成状況

日英の対話対訳データを4.5万文構築し、参照文の距離が翻訳に及ぼす影響を分析した。
翻訳における省略補完の基礎となる技術を確立した。

【日英対話対訳コーパス例（下図）】

もしもし、山本と申します。	Hello, this is Yamamoto.
販売部門の田中と申します。	This is Tanaka from the Department of Sales.
輸出に関してご助言いただきたくお電話しました。	I called you to get some advice from you concerning export.
はい、どのようなご用件でしょう？	Okay, what's the matter?
イランの会社から遠視カメラの引き合いを受けているのですが、イランに対しては輸出制限があると新聞で読んだことがある気がして。	We got an inquiry from an Iranian company about our far-sight cameras, but I think I read in the newspaper that there are export restrictions against Iran.
うちで売っているようなカメラなら、特に問題にならないのでしょうか？	Is there no problem with cameras like the ones we sell?
恐れ入りますが、イランへの輸出は、かなり制限されているのが事実です。	I'm afraid that the fact is, exports to Iran are highly restricted.

工程表

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	アフリカと社会的対外 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(1)ー④ 文脈を用いた 自動翻訳技術 の研究開発	結束性や談話構造等の文脈を利用して自動翻訳する技術の実現						[2020年までに] ・長文翻訳・文脈を用いた 自動翻訳基礎技術の実現 [2030年までに] ・自動翻訳が誰でも自在に ストレスなく利用できる インフラに

目標達成

3. 次期目標へのフィードバック

同時通訳を実現するために必要な文脈理解、語彙統一、省略補完の技術を確立するための研究開発、コーパスの整備及び評価方式の確立を実施する。

(2) ー① 社会知解析技術の研究開発

【研究推進室/データ駆動知能システム研究センター】

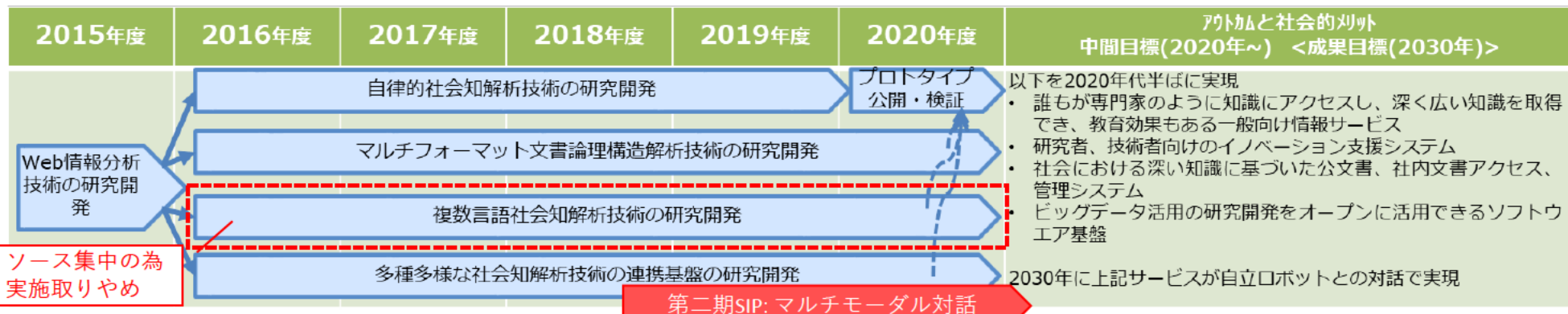
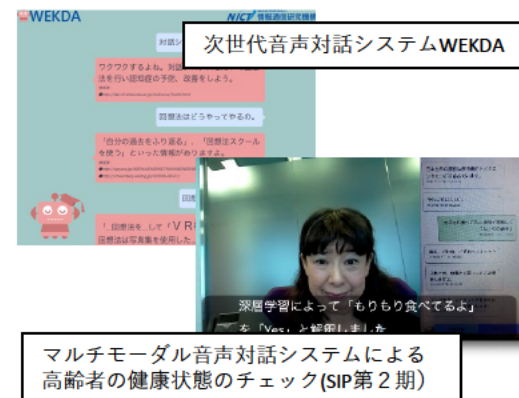
【参考資料P24】

1. 目標の概要

ネット上の多様なタイプの文書から、社会に流通している知識(「社会知」)の解析技術を開発し、社会の抱える様々な課題に関して、非専門家でも専門的知識に容易にアクセスでき、各種の意思決定において有用な知識を得ることのできる手段を実現する

2. 目標の達成状況

- 「重点研究開発課題に関する工程表」の最終年度の目標について、限られた人的リソースで社会実装を行うため日本語に研究開発を集中することとし実施を取りやめた「複数言語社会知解析技術の研究開発」を除き、概ね達成している。さらに、開発した「自律的社会知解析技術」「マルチフォーマット文書論理構造解析技術」等を利用し、Web40億ページを用い、高度な専門的知識も含め、多様かつ複雑な質問に回答するとともに、様々な雑談にも応じる次世代音声対話システム「WEKDA」を開発し、民間企業にライセンス、API提供を行った。
- WEKDAに組み込まれている各種技術は、2018年度にSIP第2期に採択された民間企業との共同プロジェクトにおいて、高齢者を対象とした健康状態チェックおよび雑談を行うマルチモーダル音声対話システムにも組み込まれ、2019年度には介護事業者と連携した実証実験を複数回実施し、実用化に関して高い期待が示された。また、「多種多様な社会知解析技術の連携基盤」は、他の成果と共にリアルタイム社会知解析技術でも活用している他、数百枚のGPUを用いたモデルパラレルによる大規模深層学習の実現でも活用している。



3. 次期目標へのフィードバック

- 顕著なAI人材の払底により研究に支障が出ている一方、深層学習の劇的進歩で、今までの夢物語の実現が多発。
- WEKDAも多数の最先端深層学習技術の組み合わせであり、10年前であれば夢物語でしかなかったが、今後は、高齢者等のユーザにより深く「よりそう」ため、ユーザに関する深い知識に基づいたより高度かつ柔軟な対話戦略や仮説推論に基づくストーリーテリングの機能等を導入することを検討。適用領域の増加も検討

(2) ー② ソーシャルICT情報利活用基盤に関する研究開発

【研究推進室/統合ビッグデータ研究センター】

【参考資料P25】

1. 目標の概要

スマートサービスと人との間でデータを共有し地域全体で環境問題等を解決すべく、様々なIoTデータを分野横断的に統合・分析する技術、実世界のモノ・コト・知識を解析・予測し行動制御するクラウドロボティクス技術、クラウドを介したデバイスネットワークとソーシャルネットワークの自律連携制御技術等を確立するとともに、コミュニティが中心となってデータを集め集团的に分析するオープンサイエンス基盤技術を確立する。

2. 目標の達成状況

- IoTの急速な進展に伴い、オープンサイエンス関連よりニーズの高いIoTデータ利活用基盤の研究開発を優先して実施。
- 異分野センシングデータの収集、相関マイニング及び相関学習・予測の各基盤技術の開発を計画通り実施。
- 「サイバー・フィジカル・ソーシャルデータの統合分析」及び「実世界のモノ・コト知識を解析・予測」の重点化により、各基盤技術をNICT総合テストベッド上に実装した異分野データ連携(xData)プラットフォームを開発し、2018年度末にβ公開。
- 本プラットフォームと連携し、環境・交通・健康分野のデータ連携サービス開発のモデルケース実証(ハッカソン等)を実施。2019年度以降は環境監視業務支援やスマートシティ実証など具体的な応用実証に取り組み、アジア地域を含む社会展開を実施中。



- 異常気象等による交通リスク予測に基づくモビリティ支援



- 大気環境の健康影響予測に基づく環境ヘルスケア支援



3. 次期目標へのフィードバック

今後の5G/6Gの進展を見据え、従来の中央集中型のビッグデータ+AIだけでなく、地域やユーザごとに取得・収集される多様なIoTデータを用いてその場の状況にAIモデルを最適化させることで、環境被害対策やモビリティ、ヘルスケアなどのスマートサービスの横展開や持続可能性を高める非集中型のスマートデータ利活用技術の開発を行う。

(5) -① 空間情報伝送再現システムに関する研究開発

【研究推進室/電磁波研究所電磁波応用総合研究室・ユニバーサルコミュニケーション研究所】

【参考資料P26】

1. 目標の概要

位相・振幅を制御するホログラムのデジタルプリント技術、プロジェクション用スクリーン技術等を確立する。

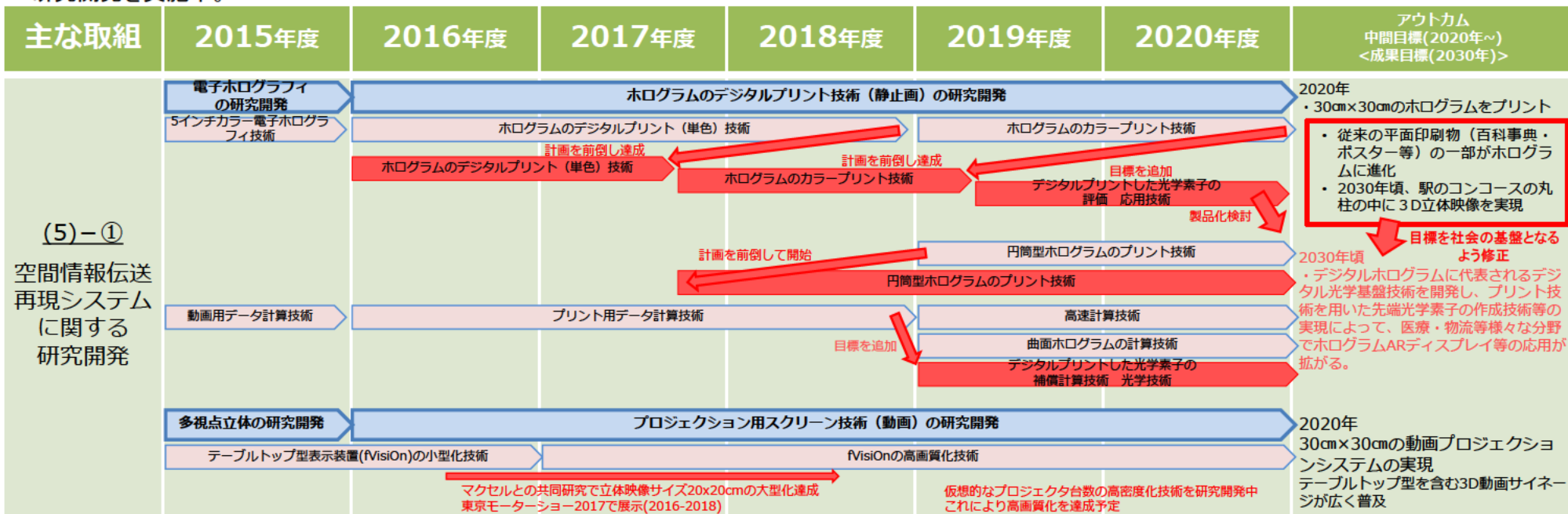
2. 目標の達成状況

○ホログラムのデジタルプリント技術

ホログラムの単色デジタルプリント技術及びカラープリント技術の確立を前倒しで達成し、デジタルプリントした光学素子の評価・応用技術の開発という目標を追加して研究を実施中。

○プロジェクション用スクリーン技術

360度から立体的に観賞できるテーブルトップ型ディスプレイに活用できるスクリーンの研究開発と360度立体ディスプレイ実用化に向けた画質改善を目標とした研究開発を実施中。



3. 次期目標へのフィードバック

- ホログラムのデジタルプリント技術について、デジタルホログラムに代表されるデジタル光学基盤技術を開発し、プリント技術を用いた先端光学素子の作成技術の実現を目指す。
- プロジェクション用スクリーン技術について、上記先端光学素子技術を応用したスクリーンを用いた高画質なディスプレイ技術の実現を目指す。

情報セキュリティ分野

重点研究開発課題		概要説明
(1) サイバーセキュリティ技術	① 未来型サイバーセキュリティ技術の研究開発 (P43)	国内のセキュリティ対策を強化するため、能動的サイバー攻撃観測網の構築、複合型サイバー攻撃分析・可視化技術を確立する。また、2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会関連のシステム等に当該技術を導入しセキュリティ確保に貢献するとともに、セキュリティ自給率向上や国産技術の国際展開を図る。
	② セキュリティ知識ベースを用いた自動対策技術に係る研究開発 (P44)	実利用に基づく脆弱性情報やサイバー攻撃情報を効率的に蓄積する知識データベースを確立することで、脆弱性管理やIT資産管理、初動対応等、セキュリティ対策業務の一部の自動化を促進する能動的なセキュリティ対応技術を確立する。
	③ 暗号技術を活用した情報セキュリティ技術の研究開発 (P45)	パーソナルデータの利活用を促進するための暗号技術を活用したプライバシー保護技術や、新たな社会ニーズに対応した機能を実現する機能性暗号技術を確立する。加えて、電子政府システムの調達等で利用する暗号や、今後の利用が想定される新たな暗号技術の安全性評価を行う。
	④ IoT社会に対応したセキュリティ技術の研究開発 (P46)	IoT社会の本格展開によって普及が想定される車やウェアラブル機器等のM2Mシステムへの脅威に対して、脅威分析・リスク評価を行った上で、端末の処理能力やライフサイクル等、IoTの特徴を踏まえたサイバーセキュリティ技術を確立する。

(1) ー① 未来型サイバーセキュリティ技術

【総務省サイバーセキュリティ統括官室/NICTサイバーセキュリティ研究所サイバーセキュリティ研究室】

1. 目標の概要

政府機関、地方公共団体、学術機関、企業、重要インフラ等におけるサイバー攻撃対処能力の向上を目指し、可視化駆動型のセキュリティ・オペレーション技術等の研究開発を行う。

2. 目標の達成状況

可視化駆動型のセキュリティ・オペレーション技術の実現に向けて、NICTではサイバー攻撃統合分析プラットフォームの高度化と機構内CSIRTにおける試験運用及び技術移転先からの商用展開を2016年度から前倒して継続的に行っている。また要請により本技術を用いて東京オリンピック・パラリンピックに向けたサイバー攻撃監視支援を、2017年度から前倒して開始・継続している。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	アト加と社会的対外 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(1)ー① 未来型サイバー セキュリティ技術 の研究開発	サイバー攻撃 分析・可視化 基盤技術の確立 各種センサーからの 多角的入力を用いた 分析基盤技術の確立	複合型サイバー攻撃分析・可視化技術の研究開発 ・次世代型トラヒック分析技術・マルウェア分析技術の確立 ・可視化による省力セキュリティオペレーション技術の確立			分析・可視化技術の試験運用 分析・可視化技術の方式高度化 ・フィールドテストに基づく方式高度化	2020年東京オリン ピック・パラリン ピック競技大会関連 のシステム等に純国 産の未来型セキュリ ティ技術を導入し、 五輪の安全確保に貢 献	
	目標を概ね達成	サイバー攻撃統合分析プラットフォームを機構内CSIRTにて試験運用、技術移転先 から商用展開			前倒し	前倒し	
		サイバー攻撃統合分析プラットフォームをオリパラ等国民的イベントの 安全確保に向けたサイバー攻撃監視に活用					

3. 次期目標へのフィードバック

- 開発した技術の技術移転、社会実装を進めるとともに、ユーザーからのフィードバックも活用し、システム高度化、安定性向上、ユーザビリティ向上を進める。
- 開発されたシステムでサイバー攻撃対象がIoT機器などコンピュータ以外の機器に拡大している様子も観測され、この状況に対応するため、5Gセキュリティ検証技術、IoTや通信機器等のコネクテッドデバイスセキュリティ検証技術、次世代クラウドセキュリティ技術等の新たなネットワーク環境におけるセキュリティ技術を確立する必要がある。

(1) ー② セキュリティ知識ベースを用いた自動対策技術に係る研究開発

【総務省サイバーセキュリティ統括官室/NICTサイバーセキュリティ研究所サイバーセキュリティ研究室】

1. 目標の概要

各種通信、マルウェア、脆弱性情報、イベント情報、インシデント情報等の大規模なサイバーセキュリティ関連情報を集約し、安全かつ利便性の高いリモート情報共有を可能とする基盤を構築するとともに、本基盤を活用した自動対策技術を確立する。また、本基盤を用いたセミオープン研究基盤を構築し、セキュリティ人材育成に貢献する。

2. 目標の達成状況

サイバーセキュリティの研究・運用に資するセキュリティ情報融合基盤を開発・実装し、NICT内における集約データ間の突合分析を含む試験運用を実施。また情報処理学会主催のWSへ攻撃データを提供することにより、セキュリティ人材育成に貢献。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	アト協と社会的対外 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(1)－② セキュリティ知識 ベースを用いた 自動対策技術 に係る研究開発	実利用に基づくセキュリティ知識ベースの機能構築				知識ベースの拡充・運用		2019年以降 知識ベースを関連組 織に公開し、国内の セキュリティ対策に 貢献
	・セキュリティ情報の効率的な蓄積・検索技術の確立 ・攻撃キャンペーンの網羅的な蓄積技術の確立 ・サイバー攻撃観測・分析情報等の超大規模統合データベースの構築				・知識ベースのフィールドテスト セキュリティ情報融合基盤を開発		2019年以降 脆弱性管理や、初動 対応等セキュリティ 対策業務の一部の自 動化を促進する技術 を順次技術移転し、 社会に実展開
	NICTより攻撃スキャンデータを情報処理学会マルウェア対策研究人材育成WSへ提供						
	セキュリティ自動対策技術の研究開発						
・脆弱性解析の自動化技術の研究開発 ・イントラネットの動的操作等によるセキュリティ対策自動化技術の研究開発				日本最大級の展示イベントにおいて本技術を導入し、セキュリティオペレーションに成功 NICT内実運用見込み（令和2年度末）			

3. 次期目標へのフィードバック

- 開発した技術の技術移転、社会実装を進めるとともに、ユーザーからのフィードバックも活用し、システム高度化、安定性向上、ユーザビリティ向上を進める。
- 5G等の新しいネットワークサービスで顕在化する新たなサイバー攻撃に対応するため、観測技術の高度化、サイバーセキュリティ関連データの大規模な集約、機械学習等を用いた自動分析・自動対策技術の高度化並びに可視化技術の高度化を行う。

(1) - ③暗号技術を活用した情報セキュリティ技術の研究開発

【総務省サイバーセキュリティ統括官室/NICTサイバーセキュリティ研究所セキュリティ基盤研究室】

1. 目標の概要

多様な社会のニーズに応えるため、新たな機能を備えた暗号技術の研究開発を行う。また、暗号の安全性評価を推進し、国民生活を支える様々なシステムへの普及を図る。さらにパーソナルデータの利活用を実現するための技術の研究開発を行う。

2. 目標の達成状況

「重点研究開発課題に関する工程表」において記載されている目標について、2015～2019年度までは滞りなく達成。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	7016と社会的対外 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(1)－③ 暗号技術を 活用した情報 セキュリティ技術 の研究開発	パーソナルデータの利活用のためのプライバシー保護技術の研究開発及び大規模実証						2020年までにパーソナルデータ活用時のプライバシー保護を実現し、ビッグデータの利活用を促進
		NICTにてデータを隠したまま解析対象外データの混入を防ぐ解析手法を開発、医療データに対する実証実験を実施		NICTにて銀行が参加するDeepProtectの実証実験を実施予定			
		プライバシー保護データマイニング技術として、データを隠したまま深層学習を行うDeepProtectをNICTより提案					
	機能性暗号技術の研究開発						2020年までにセキュリティと利便性を両立したデータ処理を実現
		高い安全性と相互接続性を両立できる群構造維持署名をNICTより提案		NICTより小型衛星・小型ロケット用セキュア通信の要件分析と方式提案を実施、飛行実験による技術検証			
暗号技術の安全性評価技術の研究開発						暗号の安全性評価と向上を切れ目なく実施し、安全な暗号とパラメータの選択に関する指針を継続して提示	
	NICTにて格子暗号の安全性評価において世界記録を達成		耐量子計算機暗号LOTUSをNICTより提案				
	NICTにて多変数多項式暗号の安全性評価において世界記録を達成 「量子コンピュータ時代に向けた暗号の在り方検討TF」をCRYPTREC内に立ち上げ						

目標を概ね達成

3. 次期目標へのフィードバック

- 暗号技術の安全性評価技術の高度化、耐量子計算機暗号などの新たな技術への移行など、量子計算機時代に安全に利用できる暗号技術の確立が急務。
- 流通・蓄積されるデータのセキュリティやプライバシーを確保し、安全なデータ流通と利活用を促進するためのプライバシー保護技術・機能性暗号技術の高度化と実装が必要。

(1) ー④ IoT社会に対応したセキュリティ技術の研究開発

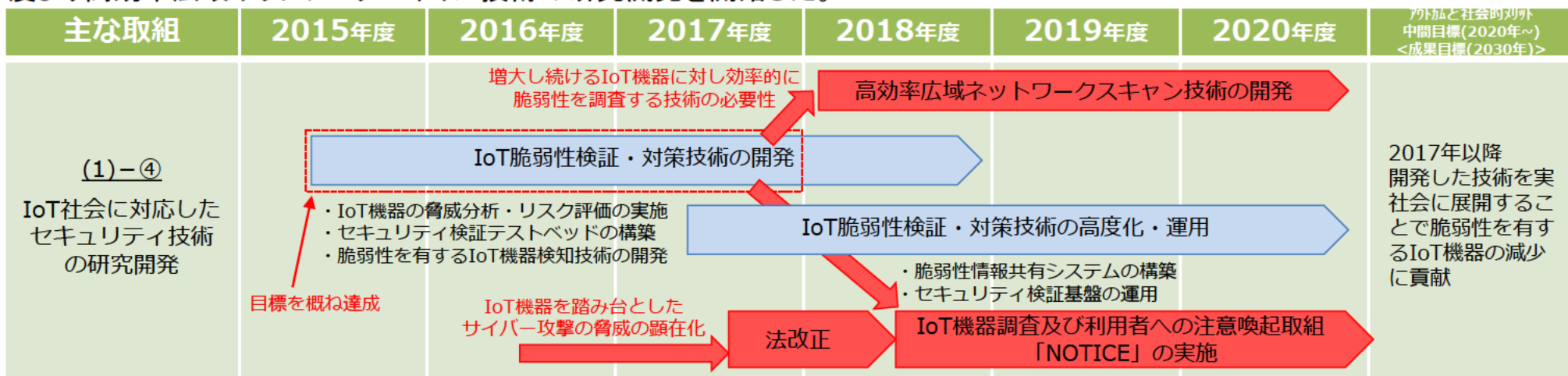
【総務省サイバーセキュリティ統括官室 / NICTナショナルサイバーオペレーションセンター】

1. 目標の概要

インターネット上で脆弱な状態にあるIoT機器を調査・把握し、脆弱性を有するIoT機器の検知技術を開発することにより、サイバー攻撃に悪用されるおそれのあるIoT機器の減少に貢献する。

2. 目標の達成状況

「重点研究開発課題に関する工程表」において記載されている各年度毎の目標について、2017年度までは概ね達成した。また、IoT機器を踏み台としたサイバー攻撃の脅威の顕在化を受けた法改正に基づき、2018年度からNICTが電気通信事業者と連携し、サイバー攻撃に悪用されるおそれのあるIoT機器の調査及び当該機器の利用者への注意喚起を行う取組「NOTICE (National Operation Towards IoT Clean Environment)」を実施した。加えて、効率的に脆弱性を調査する技術の確立を目的として、2018年度より高効率広域ネットワークスキャン技術の研究開発を開始した。



3. 次期目標へのフィードバック

- 2020年度までに確立する高効率広域ネットワークスキャン技術を、NOTICEの取組み等に活用し社会展開を進める。
- IoTマルウェアが高度化しており、その被害も拡大を続けている。そのため、脆弱性の調査・利用者への注意喚起に加えて、マルウェアに感染したIoT機器に対して遠隔から無害化し、被害の拡大を防ぐ技術の開発が必要。

耐災害ICT基盤分野

重点研究開発課題		概要説明
(1) 耐災害・被害軽減 に関連するICT基 盤技術	① 災害に強い光ネットワーク技術の研究開発 (P48)	大規模災害発生後、残存するメトロコアを構成する光ファイバ網に集中する通信トラヒックの負荷分散を図るため、光信号の波長や時間チャンネルを動的かつ効率的に制御する技術確立する。また、有線ネットワークが途絶した地域において、通信基盤を迅速かつ柔軟に再構成するため、大容量光ネットワーク暫定復旧基盤技術確立する。
	② しなやかなワイヤレスネットワーク技術の研究開発 (P49)	大規模災害時に発生する通信回線障害やトラヒックの急増等、通信環境の大きな変化に柔軟に対応するため、輻輳(通信混雑)を回避しつつ、通信の接続の確保やサービスの継続を可能とする無線ネットワーク構成・管理技術や、小型無人機に搭載した中継器による高信頼ワイヤレス伝送技術、災害時の衛星通信の利用等、災害現場のニーズに即応して早期の運用を可能とする機動的なネットワーク技術確立する。
	③ リアルタイム社会知解析技術の研究開発 (P50)	防災や減災に、SNS情報やセンサー情報が統合された総合的なリアルタイムデータ、即ち社会知(ネット上において一般国民から専門家まで多様な主体が発信する知識、情報の総称)を活用するため、災害時における被災状況から、ネット上の複雑な議論までを、リアルタイムに解析・整理する技術確立する。
	④ 災害の状況把握や被害予測等に活用可能なリモートセンシング技術の研究開発 【再掲】	大規模災害発生時における広範な被害状況の迅速かつ詳細な把握に資する次世代航空機搭載SAR技術や、ゲリラ豪雨等の突発的な災害の発生予測精度の向上に資するマルチパラメータ(MP)フェーズドアレイレーダ等をはじめとするリモートセンシング技術確立する。

(1) ー① 災害に強い光ネットワーク技術

【総務省技術政策課、電気通信技術システム課/耐災害ICT研究センター基盤領域研究室】

【参考資料 P 33】

1. 目標の概要

災害発生時に生じた輻輳の低減のため、弾力的光スイッチング基盤技術を確立する。また、災害によって損壊した光ネットワークの応急復旧のため、災害後の暫定光ネットワーク構築に必要な基盤技術の研究開発を行う。

2. 目標の達成状況

災害時に不安定化したトラヒックのスイッチングにおいて、多波長・複数の光パスのパワーを高速に安定化し、通信品質を維持する要素技術基盤を実現した。

異なる種類の通信資源を組み合わせ、暫定的な光ネットワーク接続を回復するための、統合・制御機構の実装や復旧支援装置の開発を行った。また、限られた接続環境においても、光ネットワークの障害状況を収集し、共有・分析する新しい機構の提案を国際共同研究にて行い、動作実証試験を行った。各年度における進捗は計画通り達成している。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	アトダムと社会的別外 中間目標(2020年~) <成果目標(2030年)>
(1)ー① 災害に強い光ネットワーク技術に関する研究開発	波長/時間エラスティック技術による耐災害性向上の研究開発						災害によって生じる光ネットワークの機能低下を低減し、損壊したインフラ設備の迅速な応急復旧技術の基盤を構築する。
	・光パケット・光パス波長資源境界制御の高速化	・高速モニタリング・波長一括制御システム設計	・多波長一括等化デバイス特性評価	・多波長一括等化システム実装・評価	・多波長一括等化システムの高速度化	・ダークファイバテストベッドでの性能評価	
	光ネットワーク制御応急復旧技術						
	・異種ベンダマルチレイヤ光トランスポート網の応急復旧実証実験	・小型復旧支援装置の試作・制御/管理網の自律分散復旧動作実証	・小型復旧支援装置による学会ショーケースでの実証実験デモ	・小型復旧支援装置と商用光装置との連携実験	・テレメトリ収集・分析機構の実装・性能検証	・アダプティブテレメトリ機構の開発・検証	
	ネットワークテストベッド等における実証と社会実装						
	関連技術の委託研究開始						

3. 次期目標へのフィードバック

- 今期に得られた成果を活用し、通信資源の更なる有効利用を目指して、光ハードウェアシステムのオープン化・プログラマブル化や光ネットワーク知性化のための基盤技術の研究開発を実施し、光ネットワークの究極的な柔軟性を追求する。
- 光ファイバ網を基盤とする広域トランスポートネットワークに影響をもたらす事象を検知するテレメトリ機能の強化・拡張と性能劣化の早期検知、及び自動制御によるパフォーマンス低下の防止技術の研究開発を行う。

(1) ー② しなやかなワイヤレスネットワーク技術の研究開発

【技術政策課、電気通信技術システム課/応用領域研究室】

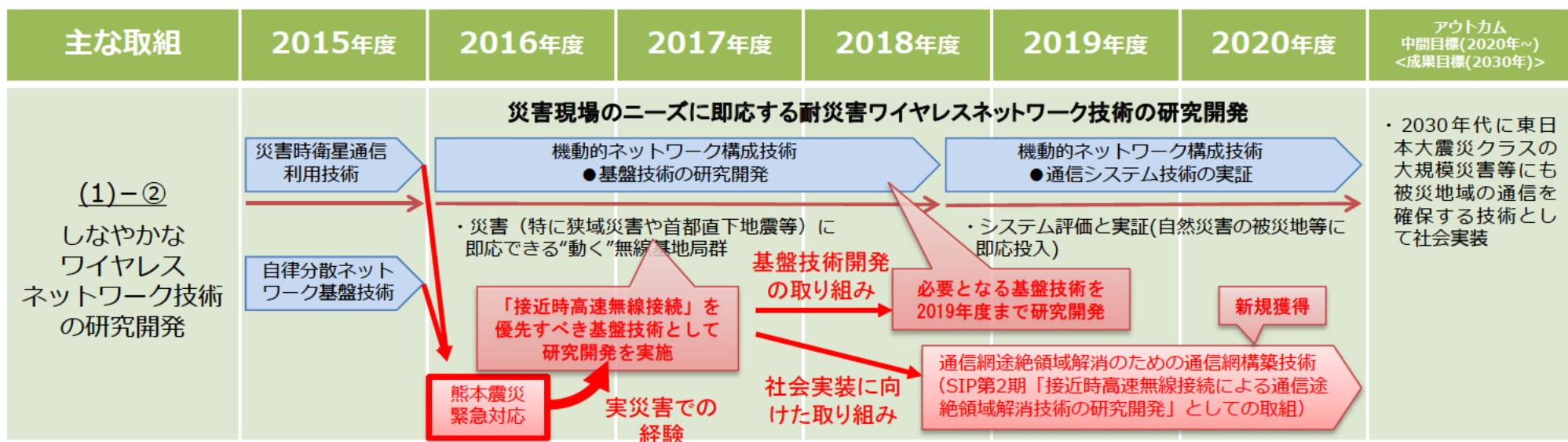
【参考資料P34】

1. 目標の概要

大規模災害発生時の情報配信等、ネットワーク資源が限定される環境においても、ニーズに基づく情報流通の要件を確保するネットワーク利活用技術の研究開発に取り組む。

2. 目標の達成状況

「機動的ネットワーク構成技術の研究」については、2016年4月の熊本震災緊急対応での経験からより優先すべき研究開発内容を精査し、必要となる基盤技術の研究開発を2019年までに達成する見込み。また、2018年度後半に獲得したSIP 第2期の「通信途絶領域解消のための通信網構築技術」の研究開発にて接近時高速無線接続技術の社会実装に向けた取り組みも並行して進めている。



3. 次期目標へのフィードバック

- 熊本震災緊急対応での経験を踏まえ、より優先すべきと見極めた基盤技術の開発を着実に遂行するため、基盤技術の研究開発の期間を延ばした。今後は開発技術等を活用し、自治体防災システムとして使えるローカルクラウドに発展させる。
- 次期計画でも引き続き、大規模災害を含む非常時においてもサービスを提供し続けうる高可用性ネットワークを実現するため、サービス基盤機能を弾力的に維持できるネットワーク技術に関する研究開発に取り組む。

(1) ③ リアルタイム社会知解析技術の研究開発

【技術政策課/耐災害ICT研究センター応用領域研究室・

ユニバーサルコミュニケーション研究所データ駆動知能システム研究センター】

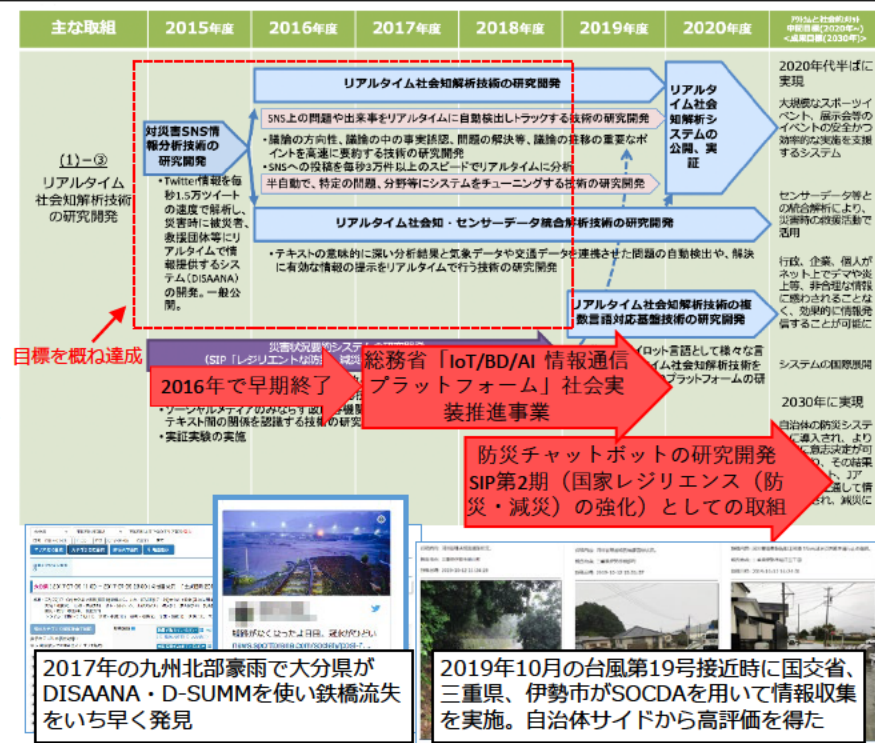
【参考資料P35】

1. 目標の概要

インターネット上の災害に関する社会知をリアルタイムに解析・整理する技術を確認する。さらに実世界の観測情報を統合してより確度の高い情報を提供する枠組みを確認する。それらの技術の社会実装を推進する。

2. 目標の達成状況

「重点研究開発課題に関する工程表」において記載されている各年度毎の目標について、社会知解析技術の研究開発と連携し、着実に達成している。また、SIP第1期での災害状況要約システム(D-SUMM)の研究開発については、当初目標を達成したため2016年度をもって早期終了した。2017年度より開始された総務省社会実装推進事業にてこれらの技術の社会実装を継続し、民間企業へシステムをライセンスした。2017年の九州北部豪雨の際には、DISAANA・D-SUMMが実活用され、災害対応に役立った。加えて、2018年度からは、SIP第2期による防災チャットボット(SOCDA)の研究開発※が開始され、AIによるSNS上での情報収集・配信の枠組みに関する研究開発が進展している。AI防災協議会(民間企業7、国研等4、自治体18、省庁等8が参画)が設立されるなど高い注目を集めつつ社会実装も大きく進展してきている。(2016年度以降の自治体・省庁等との実証実験:29件、関連する新聞報道:106件、テレビ放映:18件)



※共同研究機関: 防災科研、ウェザーニューズ、NICT、協力機関: LINE、情報法制研究所

3. 次期目標へのフィードバック

SNS上で自発的に発信される被災情報のみならず、SOCDAからのユーザへの能動的な問い合わせによって、より網羅的な被災情報の収集が可能になりつつある。今後は、これを発展させ情報収集・配信にAIを活用する技術を確認し、防災・減災に貢献することを目指す。そのため次の5年では、より網羅的に収集できるようになった情報を自治体等の職員が活用する場合に、迅速で妥当な意思決定を支援するため、利用者とその状況に応じた形で社会知を解析し提供する技術を研究開発する。

重点研究開発課題		概要説明
(1) 量子ICT	① 量子光ネットワーク技術の研究開発 (P54)	極めて安全かつ高効率な量子光ネットワークの実現に向けて、QKD (Quantum Key Distribution) プラットフォーム技術及び量子光伝送技術確立するとともに、量子光ネットワークテストベッドにおいて新世代QKD技術や物理レイヤ暗号方式等を実証する。
	② 量子ノード技術の研究開発 (P55)	データセンターネットワークにおけるノード処理の多機能化や超低損失・省エネ化等のため、光量子制御技術、量子インターフェース技術及び量子計測標準技術を開発し、光量子回路の小型・集積化の基礎技術確立する。これらの技術を量子光ネットワークテストベッドにおいて実証する。
(2) ナノICT	① ナノコンポジット材料・素子技術の研究開発 (P56)	様々な環境下で運用される移動体に搭載可能な、超高速かつ高効率の電子-光(EO)変換技術等の実用化等に向けて、デバイスの動作信頼性及び性能を飛躍的に向上させるため、有機/無機ハイブリッド基盤技術を原子・分子レベルの精度で制御・構築するための基盤技術確立する。
	② 超伝導単一光子検出器(SSPD)、超伝導省電力ロジックデバイスの研究開発 (P57)	SSPDの量子暗号通信、宇宙通信、バイオ・医療等への幅広い応用展開を目指し、広波長帯域化及び多ピクセル化等の高速・高機能化のための基盤技術確立する。また、新たな極限的低エネルギー情報処理技術の創出を目指し、電子の位相制御に基づく新しい論理デバイス及び超省電力メモリを実現するための基盤技術確立する。
(3) バイオICT	① バイオ情報素子構成技術の研究開発 (P58)	生体の感覚に則したセンシングを実現するために、情報検出部を生体材料そのものによって構成するための基盤技術確立する。また、情報検出部として適切な生体材料の検討を行うとともに、その機能の拡張・最適化を行うための天然材料の改変技術、材料を組合せて機能システムを構成する技術等確立する。
	② バイオ情報抽出技術の研究開発 (P59)	生体と同様のメカニズムで、入力情報から情報源のカテゴリーを抽出する技術を実現するために、機械学習等のデータ解析手法を活用し、生体材料より得られた信号から情報カテゴリーを抽出する技術確立する。また、生体の細胞ネットワークを対象として、実際に行われている情報の蓄積・統合・認識の様式を学び取り、生体に倣って情報処理を行うための基盤技術確立する。
	③ バイオシグナル収集技術の研究開発 (P60)	生体材料が示す応答を詳細に計測し、利活用可能な形で取り出すため生体信号収集技術確立する。また、生体材料が示す応答を、その性質に応じて抽出して電磁的信号に変換する技術や、生体材料のシステムとしての動態を計測するための基盤技術確立する。

重点研究開発課題		概要説明
(4) 脳情報通信技術	① 高次脳機能型情報処理システムの研究開発 (P61)	超高齢化社会に対応したICT基盤を整備するため、人間の脳内ダイナミックネットワークモデルの解析を通じて、日常生活での人間の理解/認識を捉え、高齢者・障がい者のみならずスポーツ選手等を含めた人間の運動能力・行動支援等を実現する脳型情報処理アーキテクチャ技術、快適さ・好み等の抽象的な評価軸による評価技術及び身体的・感覚的・社会的なヒューマンアシスト技術の基盤を確立する。
	② 脳計測技術の研究開発 (P62)	脳活動計測の高度化と日常的な脳機能モニタリングを実現する基盤技術を確立するため、脳活動の新たな計測手法を開発して精度の向上を図るとともに、大型設備による制限された実験環境での高精度な計測技術や、実生活における軽量小型の計測装置を開発する。
	③ 脳情報統合分析技術の研究開発 (P63)	マルチモーダルな計測データによる分析に基づき、脳情報を実生活で効率的に精度良く利用するため、多様な計測機器によるデータの統合、共有、分析技術等の基盤技術を確立する。また、複数の機能に対して蓄積された脳活動データを活用し、複数の脳機能を統合した総合的な脳活動を多角的に分析するための基盤技術を確立する。
(5) 高周波・THz技術	① 超高周波無線通信基盤技術の研究開発 (P64)	ミリ波・テラヘルツ波向け化合物半導体高速電子デバイス技術の高度化を図るとともに、シリコン半導体デバイス、アンテナ技術、実装・集積化技術を組み合わせて、275GHz以上を利用した無線通信システムの実用化に向けた基盤技術を確立する。
	② 超高周波光源技術の研究開発 (P65)	高精度局発光モジュールや高精度テラヘルツ計測システムの実現に向けて、テラヘルツ帯大容量通信に必要な狭線幅・高安定な光源に関する基盤技術を確立する。
	③ テラヘルツ帯における無線通信・計測技術等の研究開発 (P66～67)	テラヘルツ帯の実利用に向けて、テラヘルツ帯無線通信装置や試験装置、スペクトラム・電力計測システム、高感度センサー技術、非破壊センシング技術等を確立する。

重点研究開発課題		概要説明
(6) 電磁波計測基盤技術(時空標準技術)	① 標準時及び周波数標準の安定的な発生・供給のための技術開発 (P68)	日本標準時の小金井局及び神戸局の運用による分散制御システムの実用化、時刻・周波数供給サービス、周波数較正サービス・国際相互承認活動、衛星を用いた国際時刻・周波数比較、アジア・太平洋地域における国際比較較正拠点としての取組を実施し、必要となる関連技術を確立する。
	② 超高精度周波数標準の実現に関する技術開発 (P69)	秒の再定義に適応可能な光標準を実現するため、実運用に耐える堅実な超高精度周波数標準を構築するとともに、次世代光標準の基盤技術を確立する。また、ACES (Atomic Clock Ensemble in Space) 地上局運用、超高精度周波数比較・伝送技術を開発し、光標準の国際リンクに資する基盤技術を確立する。
	③ 周波数標準の新たな利活用領域拡大に資する技術開発 (P70)	国家標準にトレーサブルなTHz標準技術を確立する。また、広域時刻同期技術を開発し、サブマイクロ秒同期が可能な通信インフラ実現に向けた基盤技術を確立する。
(7) 電磁波計測基盤技術(電磁環境技術)	① 先端EMC計測技術の研究開発 (P71)	広帯域電磁波の精密測定技術、300GHzまでの較正技術等を確立する。また、スマートグリッドに関する国際規格の整備に貢献するため、スマートコミュニティ/エネルギー管理システムにおける電磁干渉評価技術を確立する。
	② 生体EMC技術の研究開発 (P72)	THz帯までの電波曝露評価技術を開発し、分子レベルから組織、全身までのマルチスケール曝露評価技術を確立する。また、5Gシステム等で利用が想定されている6GHz以上の周波数帯における電波防護指針への適合性評価技術を開発する。
(8) 新規ICTデバイス技術	① 酸化物、窒化物半導体電子デバイスに関する研究開発 (P73)	酸化ガリウムデバイス基盤技術の電気・自動車メーカー等への技術移転を目指し、酸化ガリウムのパワーデバイスや無線通信デバイス等に関する技術を確立する。
	② 深紫外光ICTデバイスに関する研究開発 (P74)	安全安心でクリーンな生活環境、持続可能な社会の実現に資するため、高出力深紫外小型光源や、現在未踏の深紫外ICTデバイスを世界最先端のナノ光構造デバイス技術を駆使することで実現する基盤技術を確立する。
	③ バイオメテックセンサーネットワークに関する材料・素子技術の研究開発	エネルギーハーベスティング等の多様な給電により駆動可能なバッテリー不要なセンサーや、新たなセンサーデバイスを活用した革新的センサーネットワーク技術の実現に向けて、生物機構を模倣した低環境負荷の材料・素子等に係る基盤技術を確立する。

(1) ー① 量子光ネットワーク技術の研究開発

【研究推進室、宇宙通信政策課 / 量子ICT先端開発センター】

【参考資料P39】

1. 目標の概要

極めて安全かつ高効率な量子光ネットワークの実現に向けて、QKD(Quantum Key Distribution)プラットフォーム技術及び量子光伝送技術を確立するとともに、量子光ネットワークテストベッドにおいて新世代QKD技術や物理レイヤ暗号方式等を実証する。

2. 目標の達成状況

「重点研究開発課題に関する工程表」において記載されている各年度毎の目標について、2020年度には達成見込み。さらに、2018年度までに開発したQKDプラットフォーム要素技術を活用して、医療機関と協力した広域秘匿医療ネットワークの実証実験に成功見込み。また、海外の急速な研究開発進展を受け、2017年までの成果を足がかりとした、衛星量子暗号技術に関わる新たな研究開発を開始。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	アトラスと社会的アトラス 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(1)ー① 量子光ネットワーク技術の研究開発	QKDネットワーク動作実証	QKDプラットフォーム技術の開発 ・QKD秘密分散ストレージネットワーク技術の原理実証 ・秘密分散技術の高度化				QKDサービス実運用試験 ・生体データを用いた実証	2020年までにユーザーによるQKD試験運用を開始
	光空間通信テストベッド設計	量子光伝送技術の開発 ・テストベッド構築 超小型衛星による量子通信原理実証				量子光ネットワークテストベッドによる原理実証 ・テストベッドにおける物理レイヤ暗号原理実証	2030年までに実用的衛星量子暗号・物理レイヤ暗号技術を実証
		目標を達成		新たな課題	要素技術(鍵管理、秘密分散)を活用した広域秘匿医療ネットワークの実証		
		目標を達成		新たな課題	実用的衛星量子通信の基盤技術開発を前倒しで開始		

3. 次期目標へのフィードバック

- 海外の当該技術開発への大規模投資や、官民における量子技術全般への急激な注目度の高まりを踏まえ、関連技術の早期実用化を目指した新たな課題に着手する必要がある。
- QKDと秘密分散を用いたストレージネットワーク(量子セキュアクラウド技術)は、日本が世界に先駆けて原理実証に成功した独自技術であり、次期計画でも高度化を進めると共に実用化に向けた認証等の周辺技術開発の取り組みを急ぐ必要がある。

(1) ー② 量子ノード技術の研究開発

【研究推進室、量子ICT先端開発センター / フロンティア創造総合研究室】

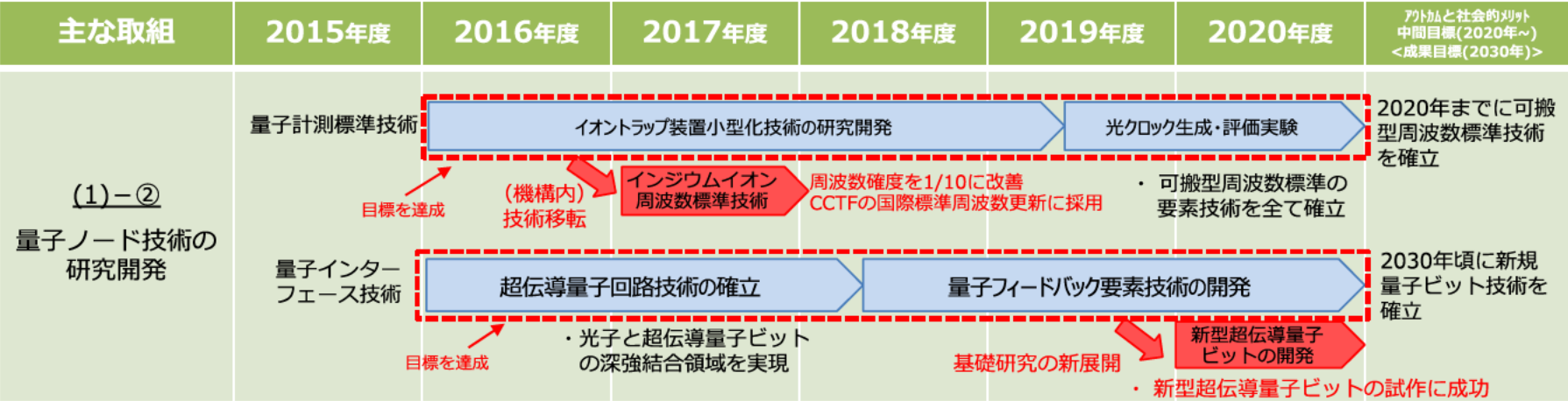
【参考資料 P 40】

1. 目標の概要

光量子制御技術、量子インターフェース技術、量子計測標準技術等の研究開発を行う。光量子制御回路の高度化・小型化基盤技術及び量子計測標準による精密光周波数生成・評価技術を確立するとともに、量子インターフェースの原理実証を行う。

2. 目標の達成状況

「重点研究開発課題に関する工程表」において記載されている各年度毎の目標について、2020年度までに達成見込み。量子計測標準技術について、開発技術のインジウムイオン周波数標準への展開を行い、同周波数標準の確度を10年ぶりに改善、国際度量衡局の標準周波数の更新に大きく貢献した。また、超伝導量子回路技術の研究開発を進める中で、将来的により高い動作温度、バイアス磁場不要、大規模集積化が容易、など優れたポテンシャルを持つ新型超伝導量子ビットの方式（窒化ニオブ製新型超伝導量子ビット）の試作に成功した。



3. 次期目標へのフィードバック

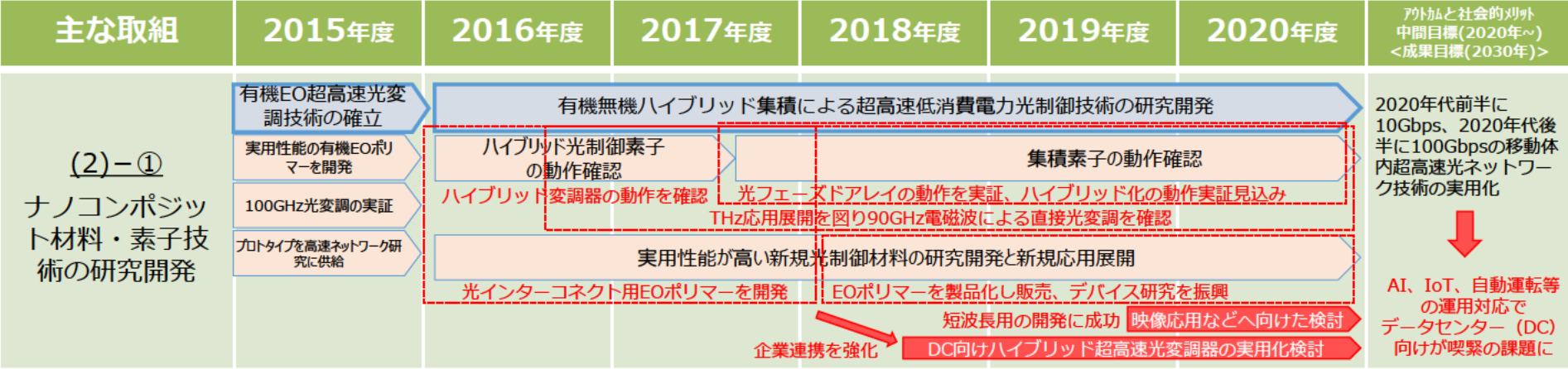
- 可搬型イオントラップ周波数標準技術の開発成果を足がかりとして、次期計画ではさらなる小型化による6G世代の超高精度タイミング同期への応用や、量子インターネット基盤技術への応用などへの研究開発に本格的に着手する。
- 今期、世界に先駆けて試作に成功した窒化ニオブ製新型超伝導量子ビットは、現在主流のアルミニウム量子ビットに取って代わる可能性を有する。設計の最適化や性能向上を目指した研究開発を推進する。

1. 目標の概要

高速・大容量・低消費電力の光通信システムや広帯域・高感度センシングシステム等を実現するため、ナノスケールの構造制御や機能融合等を利用して、超高速電子－光変換素子等の動作信頼性や性能を飛躍的に向上させる基盤技術の研究開発を行う。

2. 目標の達成状況

中短距離光インターコネクト用のEOポリマーの開発に成功し、それを用いてハイブリッド光変調器を試作しSi光変調器よりも高効率動作を確認した。その成果を基に企業との連携を強化し、社会実装に向けての展開を加速した。集積素子として、光フェーズドアレイを試作し世界最高速光偏向を実証した。実用性能が高いEOポリマー材料を技術移転により製品化(神戸天然物化学 NEO+350C150)販売し、デバイス研究の振興に寄与した。また、可視光である640nmの短波長まで高効率変調が可能な新規EOポリマーの開発に成功した。短波長化により、自動運転や3D映像取得に応用できるLiDARや3D映像再生への応用拡大が見込める。また、EOポリマーデバイスのTHz応用展開を図り、作製プロセスとして表面活性化転写法を開発すると共に、THz波で透明な材料とのハイブリッド素子作製技術を確認し、90GHz電磁波による直接光変調を確認した。



3. 次期目標へのフィードバック

- ハイブリッド変調器は、ハイブリッドプロセス技術の企業への技術移転など実用化に向けて取り組む。
- ハイブリッドやアレイ化、転写、接合などのプロセス技術を基盤に、3Dセンシング技術やTHz光ファイバー無線技術などの新規応用展開に向けて取り組む。
- 材料やプロセスなどの基盤技術は、応用の多岐化に応じた最適化と素子の高機能化や大規模化に向けて取り組む。

(3)－① バイオ情報素子構成技術の研究開発

【研究推進室/NICT未来ICT研究所 フロンティア創造総合研究室】

【参考資料P 43】

1. 目標の概要

分子・細胞等の生体材料が持つ優れた特性を活かして化学物質等に付随した情報を抽出・利用するための基礎技術として、生体材料そのものを部品として用いて情報素子を構成する手法の研究開発を行う。

2. 目標の達成状況

「重点研究開発課題に関する工程表」において設定した各年度毎の目標を達成しながら研究開発を進めている。

生体分子が持つ優れた特性を活かした人工素子を構成するための技術として、天然の生体分子モジュールを組み合わせて新しい機能を持つ人工分子を創出する手法を提案し、自然界に存在しない新たな機能を持つ新規生体分子素子の設計・構築手法の開発に成功した。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	7018と社会的利用 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(3)－① バイオ情報素子 構成技術の 研究開発	生体材料調整・配置 技術の開発 ・生体分子への新機能 付与技術を提案 	バイオ情報素子構成技術の研究開発 ・モジュール交換による新 規分子素子の創製に成功 					2020年代前半ま でに自然界にない新 たな機能を持つ新規 生体分子素子の設計 ・構築手法を確立 
	ここまで達成		Nature Nanotech. 誌に成果発表		分子素子による情報 処理回路の検討開始	欧州「Bio4Comp」 との協力開始	

3. 次期目標へのフィードバック

現行の目標において、分子・細胞等の生体材料を部品として新たな機能を備えた人工の生体素子を構成する技術の有効性が確認されつつある。次期目標においてはこの技術をさらに高度に発展させるとともに、適用可能な対象を評価・検証するための研究開発を行い、生体の化学感覚や生物活性物質の影響等を評価する技術の構築を行うことを目標とする。

(3)－② バイオ情報抽出技術の研究開発

【研究推進室/NICT未来ICT研究所 フロンティア創造総合研究室】

【参考資料P43】

1. 目標の概要

分子・細胞等の生体材料が持つ優れた特性を活かして化学物質等に付随した情報を抽出・利用するための基礎技術として、化学物質入力に対する細胞の応答を的確に処理・解析し、入力情報を抽出する手法の構築を行う。

2. 目標の達成状況

「重点研究開発課題に関する工程表」において設定した各年度毎の目標を達成しながら研究開発を進めている。バクテリアを化学情報検出素子として活用する情報識別システムを提案し、化学物質に対するバクテリア出力波形処理法の検討、および混合物に対する識別能の定量的な評価を逐次実施、化学物質混合物の定量的な識別が、微生物応答とベイズ推定法の組み合わせによって実現可能であることを示すに至った。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	アノムと社会的利便 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(3)－② バイオ情報抽出 技術の研究開発	信号処理部の構築 ・細胞活用センサ技術の グランドデザイン提案 ここまで達成 ↓ バクテリア活用センサ特許出願2件	バイオ情報抽出技術の研究開発 ・細胞活用センサ技術の グランドデザイン提案 ↓ 企業との共同研究開始 (味質評価に関する原理検証)	バイオ情報抽出技術の研究開発 ・基盤技術：応答波 形特徴抽出法の構築 ↓ 応答波形数値化 法の特許出願1件	バイオ情報抽出技術の研究開発 ・細胞活用センサの 混合物識別能を実証 ↓ 計測技術のパッケージ化を検討開始	化学感覚再構成システム プロトタイプ構築と評価 ↓ 計測技術のパッケージ化を検討開始	化学感覚再構成システム プロトタイプ構築と評価 ↓ 計測技術のパッケージ化を検討開始	2020年代前半までに化学感覚再構成システムのプロトタイプを提示

3. 次期目標へのフィードバック

現行の目標において、バイオマテリアルを用いた化学情報識別技術の有効性が確認されつつある。次期目標においてはこの技術をさらに高度に発展させるとともに、適用可能な対象を評価・検証するための研究開発を行い、生体の化学感覚や生物活性物質の影響等を評価する技術の構築を行うことを目標とする。

(3)－③ バイオシグナル収集技術の研究開発

【研究推進室/NICT未来ICT研究所 フロンティア創造総合研究室】

【参考資料P 43】

1. 目標の概要

分子・細胞等の生体材料が持つ優れた特性を活かして化学物質等に付随した情報を抽出・利用するための基礎技術として、生体材料の示す応答や機能を計測・評価するために必要な技術の構築を行う。

2. 目標の達成状況

「重点研究開発課題に関する工程表」において設定した各年度毎の目標を達成しながら研究開発を進めている。生体材料の応答を高精度に計測するための蛍光顕微鏡技術の研究開発を実施、超解像顕微鏡法において必須となる色収差補正法を開発し、生細胞内の高精度距離計測に成功するに至った。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	アトムと社会的対峙 中間目標(2020年～) ＜成果目標(2030年)＞
(3)－③ バイオシグナル 収集技術の 研究開発	生体信号計測基盤技術の開発 バイオシグナル収集技術の研究開発						2020年代前半までに高精細な細胞情報の低照度による可視化を実現
	・色収差補正技術の開発 ここまですべて達成	・色収差補正技術の開発 Nature Protocol誌に成果発表	・色収差補正技術の応用範囲拡大 Alexa488 Alexa568 補正前 補正後	・色収差補正技術の応用範囲拡大 ソフトウェアの公開 Scientific Rep. 誌に成果発表	・超解像顕微鏡法の性能改良 従来法 本手法 分解能 200nm 分解能 160nm		

3. 次期目標へのフィードバック

現行の目標において、細胞や細胞のネットワークが発生するシグナルを収集するための基盤的な技術が構築されつつある。次期目標においては、生体材料の動態を多次元で高解像度かつ生体への侵襲を大きく抑えた信号収集技術へと発展させるとともに、これらの手法を活用することで、分子・細胞・細胞ネットワーク等の様々な階層に潜む生物特有の情報処理/制御プロセスの解析と評価を行うことを目標とする。

(4) - ① 高次脳機能型情報処理システムの研究開発

【研究推進室/NICT脳情報通信融合研究センター】

【参考資料 P 44】

1. 目標の概要

超高齢化社会に対応したICT基盤を整備するため、人間の脳内ダイナミックネットワークモデルの解析を通じて、日常生活での人間の理解/認識を捉え、高齢者・障がい者のみならずスポーツ選手等を含めた人間の運動能力・行動支援等を実現する脳型情報処理アーキテクチャ技術、快適さ・好み等の抽象的な評価軸による評価技術及び身体的・感覚的・社会的なヒューマンアシスト技術の基盤を確立する。

2. 目標の達成状況

工程表に記載されている項目について概ね達成している。その中のいくつかの項目（脳情報デコーディング、加齢に伴う脳機能変化の理解と支援、歩行障がいの予測と改善、脳情報による感性推定等）については、企業との共同研究に発展し、特に脳情報のデコーディング技術開発に関しては、脳情報科学を利用した新しいサービスとして、脳活動を用いたコマーシャルフィルムの評価方法を確立し新たな市場の創出に貢献した。



3. 次期目標へのフィードバック

- MRIによる脳活動情報から、脳情報のデコーディングする技術を確立し、CM評価の商用サービスを達成した。この技術をさらに高度化するため、人間の認知・情動・感覚・意思決定・運動等に関する多角的な脳活動データを取得し、脳内情報処理機構のモデル化を推進する。
- MRI計測に時間的経済的負担がかかるため、脳内情報処理モデルを活用し、MRI計測なしでもデコーディングできる技術を2024年頃までに確立し、応用展開を加速する。また、このモデルを活用し、脳に学ぶAI技術としての技術開発も目指す。
- 応用展開においては、企業等との連携を強化し、研究開発成果の社会への実装を進める。

(4)－② 脳計測技術の研究開発

【研究推進室/NICT脳情報通信融合研究センター】

【参考資料P45】

1. 目標の概要

脳活動計測の高度化と日常的な脳機能モニタリングを実現する基盤技術を確立するため、脳活動の新たな計測手法を開発して精度の向上を図るとともに、大型設備による制限された実験環境での高精度な計測技術や、実生活における軽量小型の計測装置を開発する。

2. 目標の達成状況

工程表に記載されている項目について概ね達成している。7T-fMRI計測技術に関しては、世界最高水準の分解能を達成した。また、脳波計に関しては、可搬型を開発・販売し、これを用いた応用技術（ヒューマンインタフェースや飲料効果評価技術、作業者の注意度推定技術など）を企業と連携して開発した。特に、ニューロフィードバックを利用した外国語学習技術は各方面の注目を集めた。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	アグリと社会的利便 中間目標(2020年~) ＜成果目標(2030年)＞
(4)－② 脳計測技術の 研究開発	高度な脳活動計測技術の研究開発 時空間分解能の向上 ネットワーク解析技術に資する基礎データを高度化する計測技術の開発						2030年頃、MRI計測と可搬型デバイスによる計測を組合せ日常的に高精度な脳活動計測を実現
	ここまでは達成	3台目3T-fMRI整備 0.6ミリ角7T-fMRI空間分解能達成 高領域均一画像取得技術を開発					2020年台前半には、脳波計を用いた脳活動計測による支援サービスを実現
	実生活で活用できる可搬型の脳計測デバイスの開発	実生活で活用できる可搬型脳計測システム開発					サービスの一部をすでに実現
	ここまでは達成	企業と共同で可搬型脳波計開発・販売開始 脳波計を使った外国語学習法開発 多数の企業と脳波計利用に関する共同研究を実施					

3. 次期目標へのフィードバック

- 高解像度の7T-MRI計測技術開発を一層進めるとともに、3T-fMRI計測の高度化を図り、詳細な脳機能モデル構築に活かす。さらには、新しい計測技術の開発に加えて、脳データの公開に資するデータ取得・管理体制の高度化に取り組む。
- MRIと脳波計測などの組合せのマルチモーダルな計測技術を高度化し、脳機能計測から得られる情報の拡大とその応用技術開発を目指す。特に、複数の脳波計測技術を開発し、人間集団の脳活動計測・解析を実現する。
- 大型脳活動計測機器の運用体制を効率化し、外部機関（特に企業）の機器利用を拡大する。

(4)－③ 脳情報統合分析技術の研究開発

【総務省研推室/NICT脳情報通信融合研究センター】

【参考資料P45】

1. 目標の概要

マルチモーダルな計測データによる分析に基づき、脳情報を実生活で効率的に精度良く利用するため、多様な計測機器によるデータの統合、共有、分析技術等の基盤技術を確立する。また、複数の機能に対して蓄積された脳活動データを活用し、複数の脳機能を統合した総合的な脳活動を多角的に分析するための基盤技術を確立する。

2. 目標の達成状況

工程表に記載されている項目について概ね達成している。特に、多機能脳活動解析に関しては、100課題以上の認知関連脳活動についてfMRI計測に基づいた判別に成功した。また、脳情報科学研究で得られたデータの公開に取り組み、2019年に11課題について、個人情報保護に十分に留意しつつ公開を実現した。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	アトカムと社会的リット 中間目標(2020年~) <成果目標(2030年)>
(4)－③ 脳情報統合 分析技術の 研究開発		多様な計測システムに対応する 脳情報DB及び解析基盤の構築、 計算機環境の整備 ここまでは達成		大規模脳情報データの統合分析技術の研究開発 (マルチモーダル計測分析、多機能脳活動の統合分析) MRIとMEG等のマルチモーダル 計測の成果発信 計測データファイル 管理システムを整備	100課題以上の脳認知 情報処理の判別に成功 企業による脳モデルを用いた 商用サービス開始 (脳活動利用CM印象評価)		2020年にはデータ ベースの一部公開を 実現(プライバシー 保護を考慮) ↓ 2019年にすでに 公開実現

3. 次期目標へのフィードバック

- 人工脳モデルの構築を目指し、さらに大規模な多機能脳活動計測に取り組み、能動的な脳情報処理機構を解明する。
- 大規模かつマルチモーダルな計測データを基に、脳情報処理のモデル化を進め、精緻で汎用的な予測を可能にする。
- モデルに基づく脳機能の客観的評価技術を開発し、人間の機能の発達、再建、拡張を支援する技術の研究開発を行う。
- データ公開を継続的に進め、その量的拡大を実現し、オープンサイエンスの発展に貢献するとともに、協同的にデータベースを利活用するシステムを構築する。また、オープンイノベーションに資する研究開発拠点機能を強化する。

(5) ー① 超高周波無線通信基盤技術の研究開発

【研究推進室 / フロンティア創造総合研究室】

【参考資料 P 46】

1. 目標の概要

ミリ波・テラヘルツ波向け化合物半導体高速電子デバイス技術の高度化を図るとともに、シリコン半導体デバイス、アンテナ技術、実装・集積化技術を組み合わせて、275GHz以上を利用した無線通信システムの実用化に向けた基盤技術を確立する。

2. 目標の達成状況

重点研究開発課題に関する工程表に記載されている275GHz以上を利用した無線通信の実用化に向けてた基盤技術について、概ね目標通り、一部は目標を前倒しで達成している。特に、THz集積回路技術に関しては、必要な要素回路ブロックの開発は予定通り完了し、それらを用いたトランシーバの初期的な開発は前倒しで2018年度までに実現。2019年度から、トランシーバの性能向上を図るとともに、映像伝送への応用技術開発を前倒しで開始している。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	アクト&と社会的リット 中間目標(2020年~) <成果目標(2030年)>
(5)ー① 超高周波無線 通信基盤技術 の研究開発	THz集積回路技術の研究開発						2020年代前半に 無線装置の実証 に適用可能なTHz デバイスの実現
	2018年度までに初期的なトランシーバ開発達成まで前倒しで完了	・局部発振器、ミキサ、増幅器などの要素技術の開発		目標を前倒し	・トランシーバの開発 性能向上と応用技術への展開 大容量映像の無線伝送への応用 技術開発を前倒しで開始		2020年代後半に 民間等によるTHz 無線製品の開発

3. 次期目標へのフィードバック

- ミリ波・テラヘルツ波無線の応用展開のために必要な基盤技術を高度化するとともに、ミリ波・テラヘルツ波無線通信・センシングシステムへの利活用に向けての研究開発を行う。とくに、Beyond 5G/6Gでは、5Gより更に高周波、広帯域の無線が利用される可能性が高く、ミリ波・テラヘルツ波の無線技術に重点的に取り組む必要がある。
- 4K/8K等の大容量映像を低遅延で無線伝送する応用について、医療分野、エンタテインメント分野等で期待や利活用が広がっていくと予想され、ミリ波・テラヘルツ波を用いた従来にない広帯域の無線伝送技術をそれらへ展開していく。

(5) ー② 超高周波光源技術の研究開発

【研究推進室/フロンティア創造総合研究室】

【参考資料P47】

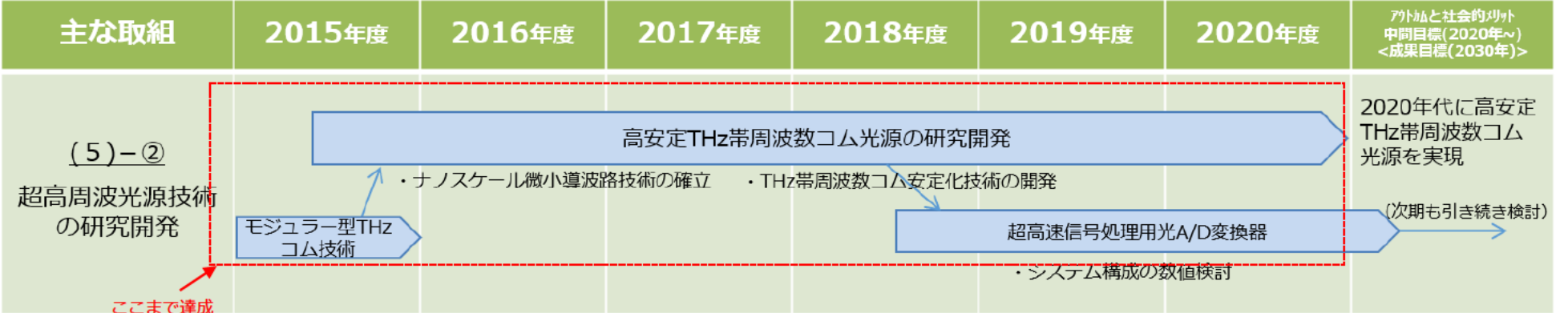
1. 目標の概要

高精度局発光モジュールや高精度テラヘルツ計測システムの実現に向けて、テラヘルツ帯大容量通信に必要な狭線幅・高安定な光源に関する基盤技術を確立する。

2. 目標の達成状況

「重点研究開発課題に関する工程表」において記載されている各年度毎の目標について、全般的に概ね達成している。ナノスケール微小導波路については、作製精度の指標となる共振器構成にした際の品質係数(Q値)に着目し、周波数コム発生に必要な 10^6 台が得られており、実際に光周波数コム発生を実現できた。さらに、周波数コム※安定化技術についても励起方法などの検討により概ね達成した。開発された周波数コム光源を利用した超高速信号処理用光A/D変換器についても理論的な検討を行い、本光源を用いた際のシステム構成にかかわる技術指針を検討した。

※スペクトルが等間隔で離散的に並んだレーザー光線



3. 次期目標へのフィードバック

- 光周波数コム光源をコア技術とする信号処理/計測システムを目指し、さらなる性能向上に向けた研究開発に取り組む。
- 今期計画における目標は達成したが、Beyond5G/6Gに向けた展開を目指すにあたり、周波数コム光源に機能を集積するなどして、より高度な制御ができるようにすることにより、今後の高速通信や高精度計測基盤技術への展開を図る。
- Beyond5G/6Gへの基盤技術として、大容量高速通信やそれを高精度に計測する技術の実現に繋がる高周波用信号源の高度化・高安定化に関する研究開発を行う必要がある。

(5) ー③ テラヘルツ帯における無線通信・計測技術等の研究開発

【研究推進室/ソーシャルイノベーションユニット・テラヘルツ 研究センター】

【参考資料 P 48】

1. 目標の概要

テラヘルツ帯の実利用に向けて、テラヘルツ帯無線通信装置や試験装置、スペクトラム・電力計測システム、高感度センサー技術等を確立する。

2. 目標の達成状況

「重点研究開発課題に関する工程表」において記載されている各年度毎の目標について、全般的に概ね達成している。ミリ波、テラヘルツ波、光融合通信技術開発により、光技術送信機、電子デバイス送受信機の双方への接続有効性を確認し、テラヘルツ帯無線通信に関する試験用プラットフォーム実現の目途を得た。また、無線信号評価に必要なテラヘルツ帯のスペクトラム計測に資する集積化技術の開発を行い、テラヘルツ帯広帯域スペクトラム計測や電力計測の要素技術を開発した。更に、ここで得られた結果をベースとして、275GHz以上の未割当周波数帯に関する特定化まで完了し、標準化活動を継続中。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	ア外協と社会的リソ 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(5)ー③ テラヘルツ帯における無線通信・計測技術等の研究開発	超高速技術の開発	テラヘルツ帯無線通信装置、試験用プラットフォームの開発 ・ミリ波、テラヘルツ波、光融合通信技術の開発					2020年代に無線装置の試験に必要なテストベッド基盤技術を確立 2020年代に300GHz帯の広帯域スペクトラム・電力計測システムの基礎技術を確立
	高感度ヘリカル分枝技術の確立	テラヘルツ帯広帯域高速スペクトラム・電力計測の要素技術の研究開発 ・テラヘルツ帯のスペクトラム計測用集積化技術の開発					

ここまで達成

3. 次期目標へのフィードバック

- 今期計画は達成したが、次の10年に到来するであろうBeyond5G/6Gを見据え、テラヘルツ技術の社会実装に向けたテラヘルツ無線テストベッド基盤技術の高度化やそれに伴う計測システム基盤技術の精密化をさらに推し進める。
- Beyond5G/6Gの開発に資する高周波帯のテストベッド基盤技術の開発や計測システム基盤技術の開発を推進し、さらに未利用周波数帯における無線通信技術や能動計測技術の実用化に伴う標準化に資する活動を進める必要がある。

(5) -③-2 テラヘルツ帯における無線通信・計測技術等の研究開発

【研究推進室/ソーシャルイノベーションユニット・テラヘルツ 研究センター】

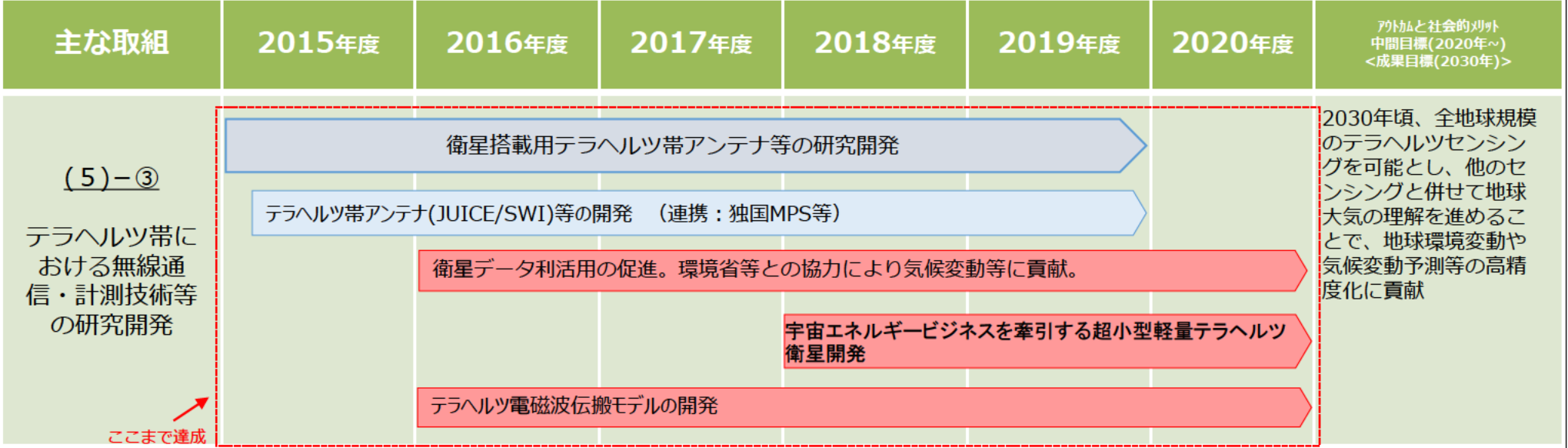
【参考資料 P 48】

1. 目標の概要

テラヘルツ(THz)帯の実利用に向けて、テラヘルツ帯無線通信装置や試験装置、スペクトラム・電力計測システム、高感度センサー技術等を確立する。

2. 目標の達成状況

「重点研究開発課題に関する工程表」において記載されている各年度毎の目標について、全般的に概ね達成している。
衛星搭載用テラヘルツ帯アンテナ等は2019年度終了予定。副次的な成果として、電波利用料により、宇宙エネルギービジネスを牽引する超小型軽量テラヘルツ衛星システムの開発、テラヘルツ電磁波伝搬モデルの開発を行った。また、独自アルゴリズムによる新たな衛星データ利活用ビジネスを促進した。



3. 次期目標へのフィードバック

- 超小型軽量を実現するテラヘルツ衛星により地球近傍宇宙の水エネルギー探査ビジネスを牽引。宇宙THz通信を促進。
- NICT独自概念による衛星データ利活用により民間ビジネス支援と促進

(6) — ①標準時及び周波数標準の技術

【技術政策課/時空標準研究室】

【参考資料P49】

1. 目標の概要

原子時計に基づく標準時発生技術、その運用に必要となる時刻・周波数比較技術及び標準時の分散構築技術等の研究開発を行い、信頼性向上に向けた分散システムを設計する。また、一般利用に向けた標準時供給方式に関する研究開発を行う。

2. 目標の達成状況

「重点研究開発課題に関する工程表」において記載されている各年度毎の目標について、国際比較校正拠点としての活動は、校正用機材の故障により中断したものの、それ以外は工程表のとおりに進んでいる。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	ア外交と社会的対外 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(6)－① 標準時及び周波数 標準の安定な発生 と供給のための技 術	小金井局の定常運用						時代に 応じた技術 更新を行いつつ、 安定な日本標準時 を継続発生
	神戸局の整備	神戸局試験運用		神戸局の定常運用			
	分散管理手法開発	分散局拡張・分散管理の制御システム開発			分散管理制御システム実用化		2030年頃までに分 散拠点を国内に拡 張、日本標準時の クラウド化を実現
	時刻・周波数供給サービスの運用（標準電波、電話回線による時刻供給、ネットワーク時刻同期等）						
	▲光テレホンJY試験運用開始			▲光テレホンJY正式運用開始			
	周波数校正サービスおよび国際MRA（Mutual Recognition Arrangement：相互承認）活動						時代に 応じた技術 更新を行いつつ、 屋内や地下でも利 用できる供給・校 正サービスを継続実施
	システム・体制整備	アジア・太平洋地域における国際比較校正拠点として活動				▲ISO17025:2017へ改訂 校正用機材の故障により中断	

3. 次期目標へのフィードバック

光時計による「秒の再定義」が最も早い場合2026年に予定されているため、NICT小金井局にて生成する時系において(6)－②（超高精度周波数標準の実現に関する技術開発）で開発している光時計を参照とする新システムの設計・試験を開始する。

(6) ー ②超高精度周波数標準の実現に関する技術開発

【技術政策課/時空標準研究室】

【参考資料 P 50】

1. 目標の概要

実運用に耐える安定した超高精度基準周波数の生成が可能なシステムを構築するとともに、現在の一次周波数標準を超える確度を実現可能な光周波数標準の構築及びその評価に必要な超高精度周波数比較技術の研究開発を行う。

2. 目標の達成状況

光時計に関しては、一次標準を超える17桁の確度や国際原子時校正という形で実運用可能なことを示し目標を達成。
ACES (宇宙ステーション上の原子時計による国際時刻周波数比較) については、ESAによるISS搭載原子周波数標準器の開発が遅れたことによりNICTへの地上局配置や打ち上げが遅延。共振器やマスターレーザについては外国ベンチャー企業の商用品開発スピードが想定より早く、自ら開発する必要性が薄れつつあり、開発を一時中断している。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	70兆と社会的対外 中間目標(2020年~) <成果目標(2030年)>
(6)ー② 超高精度周波数標準の実現に関する 技術開発	各技術の評価	17乗台の光標準の実現 ▲光格子時計17桁				実運用に耐える超高精度周波数標準の実現	2025年までに 秒の再定義に 適応可能な実 用に応える光 標準を構築
		新型共振器・マスターレーザ				▲国際原子時校正開始 商用品が開発されたため 開発を一時中断	
	準備・検討	従来技術の精度限界打破に向けた新技術開発 ▲新型イオントラップ 周波数測定 ▲新型イオントラップ 時計動作				次世代の光標準技術の開発	2020年までに 光標準の国際 リンクに資す る技術を確立
	地上局準備	ACES 地上運用				遅延 ACES 地上運用	
		超高精度周波数比較・伝送技術の開発 ▲FWCP比較 6×10^{-16}				実証実験・評価 ▲VLBI比較 システム完成 3×10^{-16} ▲TWCP 商用品開発	

3. 次期目標へのフィードバック

- 遠距離周波数比較及び異なる時計遷移周波数の比率測定は秒の再定義や国際原子時の生成・高度化のために極めて重要であることが世界の共通認識であり、引き続き注力する。
- 光周波数標準器のハードウェア技術について「秒の再定義」を見据えて(6)ー①(標準時及び周波数標準の技術)等での実運用検証を進める。また開発してきた光標準技術の商用化に協力し、それらを校正できるより高い性能を持つ光周波数標準の方式を検討する。

(6) — ③周波数標準の新たな利活用領域拡大に資する技術開発

【技術政策課/時空標準研究室】

【参考資料P 50】

1. 目標の概要

広域かつ高精度な時刻同期網の構築に関する基盤技術の研究開発を行う。また、テラヘルツ周波数標準の実現に向けた基礎技術の研究開発を行う。

2. 目標の達成状況

広域時刻同期技術については、2016年から近距離無線双方向同期技術とチップ化原子時計技術の開発というテーマに主に資源配置を行うこととし、主要な要素技術開発を進めてきており、さらに水蒸気観測等のアプリケーション例としての成果も出てきつつある。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	アトムと社会的對外 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>	
(6)－③ 新たな利活用領域 拡大に資する技術 開発	基礎技術の評価	国家標準にトレーサブルなTHz標準技術を確立 ▲THz標準 ファイバ伝送			帯域の拡張 ▲CO回転遷移安定化 THz周波数標準		2025年までに 国際標準化に 向け技術提案 サブマイクロ秒同期 可能な通信インフラ 実現のための 技術を2030年 頃までに確立 原子時計のワン チップ化を 2030年までに 実現	
	準備・検討	広域時刻同期技術の開発 ▲GPS方式						実証実験・ 評価
	(近距離無線 双方向同期技術)	近距離無線双方向同期技術の開発 ▲モジュール 基板製作			実証実験・評価 ▲ハイパワー モジュール作成 ▲水蒸気観測 ▲コンソーシアム結成			
	(チップ化 原子時計技術)	準備・検討	低消費電力原理検証 ▲新型FBAR発振器		小型化原理検証 ▲MEMSセル ▲GHz 1/2分周器			

3. 次期目標へのフィードバック

IoTやエッジコンピューティングの可用性・高精度性を高める基盤ハードウェア技術となりうる近距離無線双方向技術、チップ化原子時計技術の研究開発を加速する。

(7) -① 先端EMC計測技術の研究開発（電磁波計測基盤技術（電磁環境技術））

【電波部電波環境課/NICT電磁波研究所電磁環境研究室】

【参考資料 無】

1. 目標の概要

広帯域電磁波の精密測定技術、300GHzまでの校正技術等を確立する。また、スマートグリッドに関する国際規格の整備に貢献するため、スマートコミュニティ/エネルギー管理システムにおける電磁干渉評価技術を確認する。

2. 目標の達成状況

「重点研究開発課題に関する工程表」において記載されている各年度毎の目標について、2015～2018年度までは概ね達成しているものの、新たな電波利用システムの実用化見込み時期を考慮して一部変更した目標もある。2017年までの成果を活用し、2018年に世界で初めての300GHzまでの電力校正業務を開始し、2022年に経過措置が切れる300GHzまでのスプリアス測定義務化に速やかに対応する等、我が国の電波行政に大きく貢献した。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	ア外拡と社会的列外 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(7)－① 先端EMC計測技術 の研究開発	電磁波の正確な測定技術に基づく電磁干渉評価技術と人体の安全性評価技術の確立						・2020年までに IEC,ISO,CISPR等へ の各評価技術の寄与 ・スマートグリッド関 連国際規格の整備 ・2020年までに 300GHzまでの電力 校正開始 ・2022年12月の 300GHzまでのスプ リアス測定義務化に 対応
	省エネ機器による 電磁干渉機構の解明 パワエレ機器等の 放射妨害波測定法 THz帯材料評価装置 の検証手法開発 ～170GHzの電力較 正業務開始	先端EMC計測技術の研究開発 スマートコミュニティ/エネルギー管理システムにおける電磁干渉評価技術 ・家庭用エネルギー管理システムにおける広帯域電磁干渉発生機構の解明と評価法の確立 ・広帯域電磁波に対する情報通信機器・システムの電磁耐性評価法の構築 ・広帯域電磁波に対する電子材料・電子機器の応答評価技術の確立 広帯域電磁波の精密測定技術の研究開発・300GHzまでの校正技術確立 ・300GHzまでの電力測定・校正技術、電磁界センサーの校正技術の確立 ・THz → 準ミリ波帯までのパルス電磁界を含む波形・スペクトルの測定技術の確立					

3. 次期目標へのフィードバック

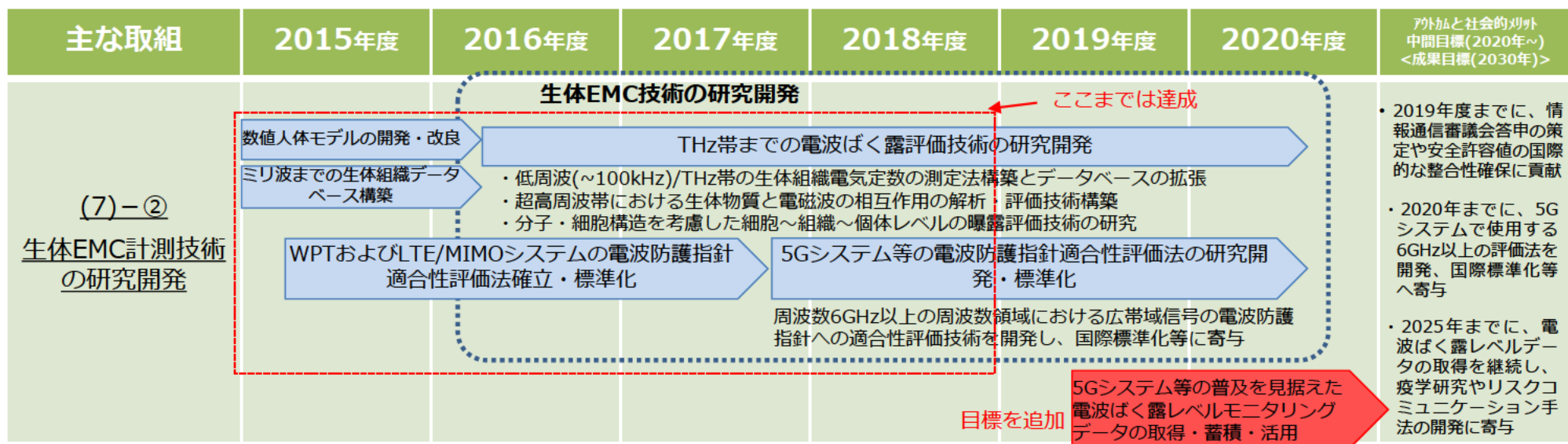
- 次期に向けて、5G/IoT社会における高度に複雑化された無線環境における電磁的両立性(EMC)を確認するために、電気電子機器と通信機器が混在した状況下における電磁干渉評価技術の研究開発が必要である。
- 今期では、電波利用システムの実用化状況を考慮し、準ミリ波帯までのパルス測定技術を開発した。次期に向けて、センサーネットやミリ波利用レーダー等の導入・普及拡大を見据えて、パルス精密計測等の高分解能計測技術や、校正技術を開発する必要がある。

1. 目標の概要

THz帯までの電波曝露評価技術を研究開発し、分子レベルから組織、全身までのマルチスケール曝露評価技術を確立する。また、5Gシステム等で利用が想定されている6GHz以上の周波数帯における電波防護指針への適合性評価技術を開発する。

2. 目標の達成状況

「重点研究開発課題に関する工程表」において記載されている各年度毎の目標について、2015～2018年度まで概ね達成した。5Gシステム等で利用が想定される6GHz以上の周波数におけるばく露評価技術についての成果を活用し、2018年度に情報通信審議会答申に貢献するとともに、2019年度に国際ガイドラインの改定根拠に採用されるなど、5Gシステムの安全許容値の国際的な整合性確保に大きく貢献した。



3. 次期目標へのフィードバック

- 「電波ばく露評価技術の研究開発・標準化」については、次の5年に向けて、次世代無線システム等で想定される、端末からより多くの周波数帯の電波が同時に発射される複合的なばく露をより正確に評価する技術の開発を検討する。
- 次期計画に向け、5Gシステムを始め、これまでよりも高い周波数帯で、より多くの端末や基地局等から電波が発射される状態を評価するため、2019年度より電波ばく露レベルのモニタリングデータの取得・蓄積を開始し、着実に活用を進めていく。

(8)－① 酸化物、窒化物半導体電子デバイスに関する研究開発

【研究推進室 / グリーンICTデバイス先端開発センター】

【参考資料 P 51】

1. 目標の概要

酸化ガリウムデバイス基盤技術の電機・自動車メーカー等への技術移転を目指し、酸化ガリウムのパワーデバイスや無線通信デバイス等に関する基盤技術を確立する。

2. 目標の達成状況

「重点研究開発課題に関する工程表」に記載されている各年度毎の目標について、主な開発項目は2019年度までに概ね達成している。社会実装に向けた活動として民間企業との共同研究を進めるなどしているが、我が国の半導体市場の冷え込みもあり、具体的な技術移転については当初の予定通りには進んでいない。一方、酸化ガリウム関連の新たな市場開拓、創生については、NICTの技術に基づくベンチャー企業の設立に貢献するなど大きな成果を得ている。また、本課題の成果として発表した論文の被引用数が極めて多いこと（2019年計約1,500回）に表れるように、科学技術への貢献という観点においても国際的に高い評価を獲得している。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	アジェンダと社会の期待 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(8)－① 酸化物、窒化物半導体電子デバイスの研究開発	酸化ガリウムパワーデバイスの研究開発						2020年までに酸化ガリウムデバイス基盤技術を電機・自動車メーカー等へ技術移転し、メーカー等での本格的量産化に向けた研究開発を開始
	・横型ノーマリーオン高耐圧FETの開発	・横型ノーマリーオフFETの開発、動作実証 ・縦型ショットキーバリアダイオードの開発	・縦型ノーマリーオンFETの開発、動作実証	・縦型高耐圧ショットキーバリアダイオードの開発	・縦型ノーマリーオフFETの開発、動作実証	計画を修正 更なる特性改善、高機能化に向けたデバイス基盤技術開発の継続	
			当初計画していた開発項目は、ほぼ達成			計画を修正	技術移転、製品化に向けたメーカー企業での本格開発開始（2025年までに）

3. 次期目標へのフィードバック

- 概ね当初の予定通り、酸化ガリウムデバイスの開発を進めたが、我が国の半導体業界の景気悪化が大きな要因となり、開発したデバイス基盤技術の大手電機・自動車メーカー企業等への移転、それら企業における本格的な技術開発着手が遅れている。半導体景気の若干の回復、もしくはあともう一段デバイス基盤技術の積み上げがあれば、技術移転及び企業による製品化開発が急速に進む見込みとなる。近い将来、企業における本格量産に向けた開発スタート時に、機構における開発成果をシームレスにつないでいくため、また昨今本格化してきた諸外国との開発競争に遅れをとらないようにするために、酸化ガリウムデバイスのさらなる高性能化、高機能化を目指した開発を継続して進める必要がある。
- 次期計画では、酸化ガリウムパワーデバイス開発に関しては、需要が最も大きく見込まれる縦型トランジスタ開発に注力する。また、無線通信、極限環境応用を目指した酸化ガリウム高周波トランジスタ開発も並行して進めていく。

(8)－② 深紫外光ICTデバイスに関する研究開発

【研究推進室 / 深紫外光ICTデバイス先端開発センター】

【参考資料P52】

1. 目標の概要

深紫外光により、情報通信から殺菌、工業、安全衛生、環境、医療分野に至るまで、幅広い分野に技術革新をもたらすことを目指し、未だ達成されていない、水銀フリー・低環境負荷かつ高効率・高出力な深紫外小型固体光源を実現するための技術や、その社会実装に必要な技術の研究開発を行う。

2. 目標の達成状況

水銀フリー・低環境負荷型AlGaIn系深紫外LEDの高効率化、高出力化に向けて、「重点研究開発課題に関する工程表」に記載されている各年度毎の研究開発目標は概ね順調に達成している。また2018年度まで達成すべき具体的な数値目標として掲げていた、従来に比べ一桁以上の性能向上に相当する「深紫外LEDの光出力:500mW(世界最高出力)」についても実証に成功した。

さらに、高出力深紫外LEDの社会実装に向けて、民間企業との産官連携の取り組みや、ナノインプリント技術、モジュール化・パッケージ技術といった実用化技術の開発も併行して進め、工程表を前倒しする形で2018年度より、NICT成果の一部技術移転(特許実施契約締結、製品化)を実施するなど、新たな市場の創出等にも大きく貢献した。

<図表>

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	中長期戦略 中国目標(2020年～) <産業目標(2030年)>
(8)－② 深紫外(DUV)光 ICTデバイスの 研究開発	DUV小型固体光源の研究開発						水銀製品の輸出入 禁止となる2020年 代初頭までに、 高出力DUV-LEDの 社会提供の実現
	AlGaIn系ナノ微細加工技術の開発、 DUV-LED基盤技術の研究開発	高出力DUV-LEDの 基盤技術開発		高出力DUV小型光源システム の開発			
	DUV-LEDの高光取出し技術の開発	ナノ光構造技術、高出力チップ構造 開発・実証		モジュール化・パッケージング技術の開発			
	DUV-LEDチップ構造の 最適理論設計、作製プロセス技術の開発	ナノ構造付加型ナノインプリント高出力 DUV-LEDの開発と実証		高出力DUV-LED(光出力 1000mW超)を実証			2030年まで新領域 (DUV)小型高出力光 源を実現することで、 ICT応用、ウイルス 殺菌(パンデミック 抑止)・医療応用・ 環境汚染物質分解・ 飲料水浄化システム 等の革新的な生活社 会インフラを創出
	ナノインプリントによる 実用化基盤技術の開発	光出力500mW超の高出力 DUV-LEDを実証		社会に提供可能な高出力DUV小型 光源パッケージ品の開発実現			

ここまでは達成

一部前倒しで達成

3. 次期目標へのフィードバック

従来光源(水銀ランプ)に対し、省エネルギー性、光出力、長期信頼性等の総合性能において優位性を有する低環境負荷型光源を実現するため、今期に実証した成果を足がかりとして、深紫外小型固体光源の更なる高性能化、高機能化、高信頼化に向けた新規深紫外ナノ光デバイス構造技術やパッケージ構造技術に関する研究開発を行う。これにより「水銀に関する水俣条約」等へ寄与し、持続可能な社会づくりや巨大新規市場の創出にも大きく貢献する。さらに、本技術を基盤とし、見通し外(NLOS)光通信や高感度センシングシステム等、深紫外光を活用した新たな光ICT応用に向けたデバイス基盤技術の研究開発を行う。

重点研究開発課題		概要説明
(1) 世界最先端 ICTテストベッド	① 世界最先端の次世代ICT テストベッド等の構築・展開 (P77)	ネットワーク仮想化技術、光統合ネットワーク技術、ビッグデータ等の情報基盤等を導入し、新たなIoT(Internet of Things)時代に対応した世界最先端のICTテストベッドを構築するとともに、最新の研究成果をテストベッドとして研究機関やユーザ等に開放することで、先進的な研究開発と実証実験を一体的に推進する。

(1) ー① 世界最先端の次世代ICTテストベッド等の構築・展開

【総務省国際戦略局技術政策課/NICTオープンイノベーション本部ソーシャルイノベーションユニット総合テストベッド研究開発推進センター】【参考資料P54】

1. 目標の概要

ネットワーク仮想化技術、光統合ネットワーク技術、ビッグデータ等の情報基盤等を導入し、新たなIoT(Internet of Things)時代に対応した世界最先端のICTテストベッドを構築するとともに、最新の研究成果をテストベッドとして研究機関やユーザ等に開放することで、先進的な研究開発と実証実験を一体的に推進する。

2. 目標の達成状況

サービス仮想化基盤として、ユーザのIoT実証基盤構築の設定を簡易化するIoTゲートウェイを2年前倒しで開発・展開した。また、大容量高精細モニタリングを開発し、8Kマルチキャスト伝送実験や農業分野等におけるユースケース展開を実施した。また、社会ソリューション実証基盤として、シミュレータ/エミュレータ連携技術を確認し、災害シミュレータ等を開発。

主な取組	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	7/14・社会的対外 中間目標(2020年～) <成果目標(2030年)>
(1)ー① 世界最先端の 次世代ICTテスト ベッド等の構築・ 展開 NW: ネットワーク TB: テストベッド	ソーシャルICTテストベッドの構築・展開 例：ネットワーク仮想化実証基盤						ネットワーク上に おけるサービス実 証環境の提供 最新の通信技術環境 で、社会実証を模擬 できるシミュレー ション/エミュレー ション環境の提供
	サービス仮想化 予備検討 ・E2E SDNモデル ・SDN/NFV融合モデル	サービス仮想化基盤 (サービス-インフラ分離技術)の研究開発 ・高度なインテリジェントサービスをネットワークで サポート可能な仮想サービスプロバイダ機構の検討 ▲ IoTゲートウェイの開発(2年前倒し)			ユースケース展開 ・8Kマルチキャスト、農業、医療等の 実サービスをターゲットに実証実験 ▲ 大容量高精細モニタリングの開発		
	例：社会ソリューション実証基盤(エミュレーション/シミュレーション)						
	先端的な通信技術を用いた社会ソリューション実証基盤技術の確立 ・地形や海などの物理量のシミュレーション結果との連携技術 ・人間(群衆含む)挙動モデル、ネットワーク接続端末(車、家等)モデルの構築 ・新しい通信技術による通信環境を模擬するシミュレータ/エミュレータの開発 ▲ シミュレータ/エミュレータ連携基盤の開発			社会実験シミュレーション /エミュレーション ・人間挙動まで含めた災害などのシミュレー ション・エミュレーション ・各地域の産業復興や人材開発施策を検証す るための仮想社会実験 ▲ 災害シミュレータ開発			

3. 次期目標へのフィードバック

これまでの取り組みや最新の技術動向及び社会ニーズを踏まえ、AI/Beyond 5G/量子時代における世界最先端ICT研究開発プラットフォームとしてのテストベッドを整備・運用していく。先進的な研究開発と実証実験を一体的に行う産学官(ネットワークキャリア、ベンダー、研究機関等)の力を結集する拠点を目指す。