

第3期中長期目標期間 研究室・センター 期末評価報告書

平成28年2月

国立研究開発法人情報通信研究機構の
研究活動等に関する外部評価委員会

第3期中長期目標期間の研究室・センターの外部評価(期末評価)について.....	1
委員名簿.....	4

ネットワーク基盤技術領域外部評価委員会 評価

ネットワーク研究本部

ネットワークシステム総合研究室.....	8
----------------------	---

光ネットワーク研究所

ネットワークアーキテクチャ研究室.....	10
フォトニックネットワークシステム研究室.....	12
光通信基盤研究室.....	14

テストベッド研究開発推進センター

テストベッド研究開発推進センター.....	16
-----------------------	----

ワイヤレスネットワーク研究所

スマートワイヤレス研究室.....	18
ディペンダブルワイヤレス研究室.....	20
宇宙通信システム研究室.....	22

ネットワークセキュリティ研究所

サイバーセキュリティ研究室.....	24
セキュリティアーキテクチャ研究室.....	26
セキュリティ基盤研究室.....	28

ユニバーサルコミュニケーション基盤技術領域外部評価委員会 評価

ユニバーサルコミュニケーション研究所

音声コミュニケーション研究室.....	32
多言語翻訳研究室.....	34
情報分析研究室.....	36
情報利活用基盤研究室.....	38
超臨場感映像研究室.....	40
多感覚・評価研究室.....	42

未来ICT基盤技術領域外部評価委員会 評価

未来ICT研究所

バイオICT研究室.....	46
ナノICT研究室.....	48
深紫外光ICTデバイス先端開発センター.....	50
量子ICT研究室.....	52
超高周波 ICT 研究室.....	54
グリーン ICT デバイス先端開発センター.....	56

脳情報通信融合研究センター

脳情報通信融合研究センター.....	58
--------------------	----

電磁波センシング基盤技術領域外部評価委員会 評価

電磁波計測研究所

センシング基盤研究室.....	62
センシングシステム研究室.....	64
宇宙環境インフォマティクス研究室.....	66
時空標準研究室.....	68
電磁環境研究室.....	70

参考資料 平成27年度外部評価(期末評価) 評価の観点等について.....	73
---------------------------------------	----

第3期中長期目標期間の研究室・センターの外部評価(期末評価)について

国立研究開発法人情報通信研究機構(以下「情報通信研究機構」という。)の研究活動等に関する外部評価委員会では、平成27年度に第3期中長期目標期間(平成23年度から平成27年度)における各研究室及びセンターの研究活動に関する期末評価を実施し、その評価結果を報告書としてとりまとめた。

1 外部評価の目的

情報通信研究機構は、情報通信分野を専門とする唯一の公的研究機関として、第3期中長期目標期間においては、現代社会の様々な場面でクローズアップされている環境問題などの地球規模の課題、医療・教育の高度化、生活の安心・安全等の国民生活の向上のための課題並びに中長期的取り組みによるイノベーション創出等による国際競争力強化のための課題を重視し、情報通信研究機構が自ら行う研究及びそれと連携した委託研究によって、これら課題の改善、解決に着実に貢献することを基本とした研究開発を推進することとしている。

このため、より質の高い研究成果の創出と、それによる社会への還元を目指して情報通信技術の研究開発を推進していくため、外部有識者・外部専門家による「国立研究開発法人情報通信研究機構の研究活動等に関する外部評価委員会」を設置し、情報通信研究機構が自ら実施する研究開発について、主に次の点を目的として、その実施計画、進捗状況及び成果に関して外部評価を実施している。

- (1)ピアレビュー形式を採用し、研究活動の進捗、成果等についての評価・アドバイスを受けることにより、研究者をエンカレッジするとともに、研究の方向性、手段等の最適化につなげること。
- (2)客観的な見地等に立った評価を行うことにより、社会・経済情勢、政策ニーズの変化等に柔軟に対応した研究開発課題の見直しや、メリハリの利いた研究資源配分につなげること。

2 外部評価の時期

情報通信研究機構では、中長期目標期間の開始年度に「期首評価」、中間年度に「中間評価」、終了年度に「期末評価」をそれぞれ実施しており、また、それ以外の年度(第2、第4年度)には、研究の進捗状況に関するヒアリングを実施している。

このような中、平成27年度実施の外部評価は、第3期中長期目標期間の期末年度に当たることから、期末評価と位置付けて評価を実施した。

3 外部評価の体制

外部評価は、「ネットワーク基盤技術領域」、「ユニバーサルコミュニケーション基盤技術領域」、「未来 ICT 基盤技術領域」及び「電磁波センシング基盤技術領域」の4つの基盤技術領域ごとに、次に掲げる外部評価委員会を設置し評価を行った。

- ・ ネットワーク基盤技術領域外部評価委員会
- ・ ユニバーサルコミュニケーション基盤技術領域外部評価委員会
- ・ 未来 ICT 基盤技術領域外部評価委員会
- ・ 電磁波センシング基盤技術領域外部評価委員会

4 平成27年度の開催状況

外部評価は、技術分野ごとに次の日程により、各委員会を開催した。

委員会	技術分野	開催日 (平成27年)
ネットワーク基盤技術領域 外部評価委員会	新世代ネットワーク技術	12/22(火)
	光ネットワーク技術	12/16(水)
	テストベッド技術	10/30(金)
	ワイヤレスネットワーク技術	12/18(金)
	宇宙通信システム技術	11/2(月)
	ネットワークセキュリティ技術	11/20(金)
ユニバーサルコミュニケーション 基盤技術領域外部評価委員会	多言語コミュニケーション技術	11/13(金)
	コンテンツ・サービス技術	
	超臨場感コミュニケーション技術	12/3(木)
未来 ICT 基盤技術領域外部評価委員会	脳・バイオ ICT	12/21(月)
	ナノ ICT	12/8(火)
	量子 ICT	
	超高周波 ICT	11/24(火)
電磁波センシング基盤技術領域 外部評価委員会	電磁波センシング・可視化技術	11/18(水)
	時空標準技術	12/17(木)
	電磁環境技術	11/2(月)

5 外部評価の方法

研究室長等から第3期中長期目標期間全体を通しての当該研究室等の研究の進捗に関する説明を受け、これに対して外部評価委員が質疑等を行い、研究の計画や遂行に関して、「平成27年度実績」、「今中長期目標期間実績」及び「改善すべき点」に対してコメントによる評価と下表の項目ごとに「評点付け」(S,A,B,C,Dの5段階)による評価を実施した。

各評価項目の評価の観点については、参考資料(73ページ「平成27年度外部評価の観点等について」)を参照されたい。

ネットワーク基盤技術領域外部評価委員会 委員名簿 * 分野毎50音順、敬称略

委員名	所属	技術	担当センター・担当研究室
＜光ネットワーク分科会＞			
尾家 祐二	九州工業大学 理事(教育・情報担当)／ 教育・情報担当副学長 教授	新世代 NW技術	・NW システム総合研究室
斎藤 洋	NTT 基盤技術研究所 通信トラヒック品質プロジェクト 主席研究員		
宇高 勝之	早稲田大学理工学術院基幹理工学部 電子光システム学科 教授	光 NW技術	・光通信基盤研究室 ・フォトニック NW システム研究室 ・NW アーキテクチャ研究室
◎ 保立 和夫	東京大学理事・副学長、工学系研究科 教授		
坪川 信	早稲田大学理工学術院情報生産システム 研究科 教授	テスト ベッド 技術	・テストベッド研究開発推進センター
守倉 正博	京都大学大学院情報学研究科 通信情報システム専攻 教授		
＜ワイヤレスネットワーク分科会＞			
笹瀬 巖	慶應義塾大学理工学部情報工学科 教授	ワイヤレス NW 技術	・スマートワイヤレス研究室 ・ディペンダブルワイヤレス研究室
三瓶 政一	大阪大学大学院工学研究科 電気電子情報工学専攻 教授		
篠永 英之	東洋大学理工学部電気電子情報工学科 教授	宇宙 通信 システム 技術	・宇宙通信システム研究室
○ 水野 秀樹	東海大学工学部医用生体工学科 教授		
＜ネットワークセキュリティ分科会＞			
岡本 龍明	NTT 情報流通プラットフォーム研究所 岡本特別研究室長	NW セキュリティ 技術	・サイバーセキュリティ研究室 ・セキュリティアーキテクチャ研究室 ・セキュリティ基盤研究室
○ 手塚 悟	東京工科大学コンピュータサイエンス学部 教授		

ユニバーサル・コミュニケーション技術領域外部評価委員会 委員名簿

委員名	所属	技術	担当センター・担当研究室
宇津呂 武仁	筑波大学システム情報系知能機能工学域 教授	多言語 コミュニケーション 技術	・音声コミュニケーション研究室 ・多言語翻訳研究室
◎ 速水 悟	岐阜大学 大学院工学研究科 教授		
○ 石川 佳治	名古屋大学大学院情報科学研究科 社会システム情報学専攻 教授	ビジネス 技術 ツール	・情報分析研究室 ・情報利活用基盤研究室
藤井 敦	東京工業大学大学院情報理工学研究科 計算工学専攻 准教授		

河合 隆史	早稲田大学理工学術院 教授	超臨場感コミュニケーション技術	・超臨場感映像研究室 ・多感覚・評価研究室
山口 雅浩	東京工業大学大学院総合理工学研究科 物理情報システム専攻 教授		

未来 ICT 基盤技術領域外部評価委員会 委員名簿

委員名	所属	技術	担当センター・担当研究室
圓福 敬二	九州大学大学院システム情報科学研究院 教授 / 超伝導システム科学研究センター長	ナノ ICT	・ナノ ICT 研究室
時任 静士	山形大学有機エレクトロニクス研究センター 副センター長 教授		
◎ 鈴木 陽一	東北大学情報シナジー機構長 / 電気通信研 究所 教授	脳・ バイオ ICT	・バイオ ICT 研究室 ・脳情報通信融合研究センター
徳永 万喜洋	東京工業大学大学院生命理工学研究科 生命情報専攻 教授		
神成 文彦	慶應義塾大学理工学部電子工学科 教授	量子 ICT	・量子 ICT 研究室
高柳 英明	東京理科大学総合研究院 教授		
荒木 純道	東京工業大学大学院理工学研究科 名誉教授	超高周波 ICT	・超高周波 ICT 研究室
○ 中野 義昭	東京大学大学院工学系研究科 教授		

電磁波センシング基盤技術領域外部評価委員会 委員名簿

委員名	所属	技術	担当センター・担当研究室
佐藤 亨	京都大学大学院情報学研究科 教授	グ ・ 可 視 化 技 術	・センシング基盤研究室 ・センシングシステム研究室 ・宇宙環境インフォマティクス研究室
○ 松見 豊	名古屋大学太陽地球環境研究所 教授		
小野 諭	工学院大学情報学部コンピュータ学科 教授	時 空 標 準 技 術	・時空標準研究室
杉山 和彦	京都大学大学院工学研究科電子工学専攻 准教授		
◎ 大崎 博之	東京大学大学院新領域創成科学研究科 先端エネルギー工学専攻 教授	電 磁 環 境 技 術	・電磁環境研究室
曾根 秀昭	東北大学サイバーサイエンスセンター 副センター長・教授		

表中 ◎:委員長 ○:副委員長

ネットワーク基盤技術領域
外部評価委員会 評価

第3期中長期計画期間における研究計画等

《研究計画の概要》

新世代ネットワークの実現に向け、光、ワイヤレス、セキュリティ分野の各要素技術の有機的な融合等によるシステム構成技術や多様なネットワークサービスを収容するプラットフォーム構成技術等を実現する。それらの統合化を図るとともに、テストベッド等を活用してそれら技術の実証を進めることにより、新世代ネットワークのプロトタイプを実現する。

《想定する主な学術的成果》

- ①日本としての新世代ネットワークアーキテクチャを確立。
- ②新世代ネットワークにおいて、既存のインターネットで収容しきれない規模の兆単位のオブジェクトを収納したサービスを実現可能なネットワークサービス基盤を開発。
- ③10年後にデバイス等の省電力化技術を含め、現状の100倍のエネルギー効率を達成する技術を開発等。

《想定する主な社会還元の見通し》

ITU-T、IETF、WWRF 等における国際標準化。テストベッドを活用した実証実験等により、新世代ネットワークのプロトタイプを実現し、豊かな ICT 社会の実現に寄与。信頼性やセキュリティ等の現在のネットワークが抱える様々な課題を解決し、柔軟で環境に優しく、国民の誰もがどんなときでも安心・信頼できる将来の社会基盤のネットワークとして、インターネットの次の新たな世代のネットワークが2020年頃実現する。

《研究開発の競争力》

現在、各国において産学官の総力を挙げて新しい原理のネットワークの実現に向けた研究開発が取り組まれているが、国内では NICT が国の研究開発機関として唯一。戦略策定と研究開発を同時並行的に推進することにより、効率的な研究開発を実現。共同研究・委託研究等様々なスキームを用いて、産学官連携による研究開発を推進。

《マネジメントの概要》

戦略プロジェクトにおいては、社会的出口に近い上位レイヤであるネットワークサービスレイヤを総合研究室で重点的に研究開発し、トランスポートに近い、光、ワイヤレス、セキュリティに関しては各研究所との連携により研究開発を推進。更に、産学官ユーザー連携での実証的研究開発を通じ個別要素技術をシステム化し、日本における“新世代ネットワーク研究開発の中核拠点”を実現する。

評価結果

《平成27年度の実績》

- ・学術的には、これまでの成果が今年度、IEEE, Elsevier の良質な学術雑誌に採録されたことは、高い評価を得たことを示しており、評価できる。
- ・また、光パケット・光パス統合ネットワークおよびサービスネットワーク自動構築に関する研究に関し、SDN 関連研究を行っている他の組織との連携による開発を推進している点は、本研究の推進とともに国内のネットワーク研究開発推進にも強く貢献していると評価できる。
- ・さらに、大規模センサーネットワーク構築に関しては理論研究だけでなく、オープンテストベッド JOSE を有効に活用して、実証を行うことは重要であり、評価できる。
- ・今年度の個別の研究領域において、各々、進捗があったことは、資料にて確認することができた。順調という印象である。
- ・中長期最終年であることを考慮すれば、総体として、何ができたかアピールする実験・デモ等があれば、訴求性が向上する（したはず）と思われる。総括する場があると思われるので、総体としての見せ方に留意されたい。

《今中長期目標期間の実績》

- ・ 目的・目標は、適切に設定、管理されており、外部環境の変化に応じた更新もなされている。
- ・ 本中期目標期間に掲げた計画と関連して、SDN, ICN, IoT など重要な課題が取り上げられ、終了時においても、ネットワーク研究の世界的な潮流をリードしていると評価できる。
- ・ ただし、その課題の表現・提示の仕方、活動の広報等については、まだ改善の余地があると思われる。
- ・ 日米・日欧の研究連携の仕組みを構築できたことは、大きな成果と言える。また、IETF での RFC の standard 化がされたという点にも、成果として重要である。
- ・ 米国および欧州との密接な共同研究を推進するための枠組みを作ったことは、国内の研究力の強化に強く貢献していると高く評価できる。
- ・ 学術的成果も十分であるが、驚くほどではない。
- ・ また、オープンなテストベッドを構築し、広く研究開発者の利用を可能にしたことは、新世代ネットワーク研究の推進に大きく貢献している。
- ・ 社会還元は、テストベッド等の形で実現されている。その一方、テストベッドは多額の費用が発生するため、費用対効果については、十分な検証が必要である。税金による研究機関であるため、社会還元圧力が生じることは理解できるが、本機構の最大の責務は、基礎研究であり、社会還元を急ぐあまり、基礎研究が弱体化することがあってはならない。
- ・ また、基礎研究の重要性や当機構の存在意義を上手に主張することも重要である。自主研究を削減し、産業界との共同研究や産業界への委託研究を増加させることは、社会還元の点から、ある程度、首肯し得るが、社会還元対策として、本機構内でオーバーヘッドを増加させることに終始するような施策は避けるべきである。
- ・ 広範な内容、外部状況の変化に対して、うまくマネジメントできている。

《今後の展開》

- ・ 国内のネットワーク研究を推進するために、産学官連携研究および国際共同研究の推進、オープンテストベッド構築など、様々な取り組みが行われ、それらの運営が良好に行われることは、今後も重要である。
- ・ また、これまでの成果に基づき、IoT に代表される、今後のネットワーク研究を先導するべく、研究課題の整理、研究体制の整備を行い、中長期の研究活動を今後とも統合的に進めていくことが重要である。
- ・ 仮想化をはじめ、多くの「how」を揃えて、使えるようにしてきたが、それによって実現される「what」が明確でない。「要求条件が厳しいので、エッジコンピューティングが必要」等は、次の「how」の提示となっており、上記の回答にはなり得ていない。「what」がないことは、本機構だけでなく、世界のネットワーク研究組織での課題ではあるが、外部への訴求力の点からも、魅力的な「what」を提示することが必須と考える。
- ・ また、設備産業という視点からは、アクセス系の重みが相対的に増しており、コア網内の資源の有効利用などは、(設備的には)インパクトが、かつてに比べて、大きく減少している。アクセス系への研究を、もう少し、強化しても良いように思われる。

《項目別評点》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A 委員	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D
B 委員	S, (A), B, C, D	S, A, (B), C, D	S, A, (B), C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D

ネットワーク基盤技術領域外部評価委員会 光ネットワーク分科会 光ネットワーク技術
光ネットワーク研究所 ネットワークアーキテクチャ研究室 (室長:原井 洋明)
※ 耐災害 ICT 研究センター ロバストネットワーク基盤研究室 の一部を含む

第3期中長期計画期間における研究計画等
《研究計画の概要》
光パケットと光パスを統合的に扱うことのできる光ネットワークのアーキテクチャを確立し、研究開発テストベッドを活用した実証等を進めつつ、利用者の利便性の向上、省エネルギー化の実現、信頼性や災害時の可用性の向上等を目指して、自律的なネットワーク資源調整技術やネットワーク管理制御技術等を確立する。
《想定する主な学術的成果》
<ul style="list-style-type: none"> ①現在のルータベースネットと比較して数10倍エネルギー効率が良い光統合ノードを開発。100G光パケット運用とネット資源調整技術開発を実証。 ②マルチホーム構成で、数万ネットワーク規模の高可用自律管理制御機構を開発実証。 ③リンク特性と網内資源を把握しデータ通信する堅牢な環境適応アクセスネットワークサービス基盤技術を開発実証。 ④20件の論文掲載（招待論文、IEEE/ACM/OSA 主要論文又は被引用20件論文）、20件の国際会議招待講演・基調講演。
《想定する主な社会還元の見通し》
<ul style="list-style-type: none"> ①パケット・光パス統合ネット及び高可用ネットを研究開発ネットワークテストベッドで運用し、商用化への道を拓く。 ②高可用ネットワークや環境適応ネットワークのシステムパッケージ化を図り、試用等で提供可能な状態とする。 ③学生向けネットワークシミュレータを提供し人材育成に貢献する。
《研究開発の競争力》
<ul style="list-style-type: none"> ①光パケット・光パス統合ネットをJGN-Xへ展開し、実用性を強くアピールして中核機関としての地位を確立する。 ②高可用ネットワークを大規模検証し、かつJGN-X展開をしつつ、標準化をリードすることで世界的な競争力を確保する。 ③標準化先導、TPCチェアなど学術活動先導、開発システムのコミュニティ展開などでリーダーシップを発揮する。
《マネジメントの概要》
<ul style="list-style-type: none"> ①外部との連携として、光パケット・光パス統合ネットワークは、半導体製造業者や委託組織等と密に連携し、一つのシステムを作りあげる。高可用ネットワークでは、ネットワーク事業会社の研究機関と協業して運用する。環境適応ネットワークでは、商用化しやすい機能を企業へ提案、それを用いた研究開発を行う。 ②海外機関との研究連携を通じた技術展開を行う。 ③シミュレータ配布や著名研究者との協業等で潜在的関心の向上を図る。 ④設計から実証まで一貫通貫可能な研究員・技術員の人員及びアウトソーシングバランスを維持する。

評価結果

《平成 27 年度の実績》

- ・「光パケット・光パス NW サービス基盤」では、NW 構成・性能・障害等の可視化監視システムを開発、通常/障害時の運用を円滑化して次期 JGN で運用可能なレベルに。負荷対応パケット/パス振分け機構も開発した。
- ・「高可用 NW の自律管理機構」では、HIMALIS ソフトウェアパッケージを大学等に貸与して連携し、遠隔見守り/映像配信システム等の開発に寄与の見込み、JGN ルータにも HIMALIS 機能を移植の見込み。
- ・HANA の応用として、広域 NW/大規模クラウド/センサ網を一元管理して、複数の仮想 NW を素早く構築するマルチテナント SDN を提唱。LAN 端末を HANA アドレス割当てで一元管理する SDN も開発/実装の見込み。
- ・光パケット・光パス統合ネットワーク構築のために、昨年度までの企業連携による低消費電力ノード装置の開発を受けて、さらにアーキテクチャーの JGN 上への実装は、当該ネットワークの実用性実証及び普及のフェーズへの導入と考えられ、有意義と考えられる。また、高可用ネットワーク自律管理機構については、これまでに開発してきた ID ロケータ分離 HIMALIS や割当ソフトウェア HANA の機構外の多くの機関への貸出により、NICT の優れたネットワーク管理技術に関する広範な普及や JGN での実装は評価できる。敢えて言えば、成果の具体的意義を明示して頂きたかった。

《今中長期目標期間の実績》

- ・「光パケット・光パス NW サービス基盤」では、光統合ノード全体で 10 倍、要素技術で 100~200 倍のエネルギー効率を達成し、IP パケットアドレス長のビット数で宛先検索できる光パケット SW も開発した。
- ・1 秒で光パケット/光パスの波長資源を動的調整する自律分散制御ソフトを開発。実験用光統合 NW の安定度も次期 JGN で運用可能レベルを達成した。
- ・「高可用 NW の自律管理機構」では、HANA を提唱しそれに対応したレイヤ 3 スイッチ HW も開発、インターネット規模の検証にも成功した。
- ・HIMALIS で異種 NW 間通信、リンク故障/端末移動時の通信継続を実現した。
- ・光パケット・光パス統合ネットワークにおいて、電気ルータに比べて 1/10 以下の低消費電力 LSI の開発や 100Gbps 光バッファ組み込み光パケット交換の実証、さらに自律分散型のネットワーク制御ソフトウェアである HIMALIS や HANA の開発やシステム上の有効性の実証、及び機構外機関への共同研究を通しての広範な普及と高可用ネットワーク構築経の有効性の実証は大いに評価できる。これらは特に障害発生時に有効であり、耐災害 ICT 研究センターとの連携や数多くの他機関との共同研究による普及活動、さらに具体的成果として見え難い中での成果発表実績を積んで来たことも評価に値する。商用化への道筋の具体化を期待する。
- ・日米 PJ や FP7 参画等の海外連携、通信事業者との連携の継続実施により、HANA および HIMALIS の運用簡易性と機能優位性をアピールした。
- ・当初に計画した論文発表数と招待/基調講演数をクリアした。
- ・HIMALIS の成果を元に、ITU-T にて勧告を 3 件主導した。

《今後の展開》

- ・特段の今後の展開の説明が見えにくかったが、開発した低消費電力 LSI をも利用した省エネルギー型光パケット・光パス統合ネットワーク、すなわち完全トランスパレントな交換システムの実現に向けて、フォトニックネットワークシステム研究室と強く協同して、機構外機関への技術移転や標準化活動をさらに積極的に行い、開発技術を世界に向けて普及させる戦略をぜひ立てて頂きたい。また、開発した自律分散型ネットワーク制御ソフトウェアの一層の普及及び高可用ネットワーク構築に向けての活動促進、災害時のみならず通常時への広範な応用の検討も期待したい。
- ・本中長期目標期間で実現した技術的な成果をより広範に社会実装させるために、国際標準の取得も含めて、引き続き活動を継続して頂きたい。また、より高い機能と性能を有するネットワークを実現するためのさらに斬新なアーキテクチャの創成に向けた研究を展開されることを期待する。

《項目別評点》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A 委員	◎, A, B, C, D	◎, A, B, C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D
B 委員	◎, A, B, C, D	S, (A), B, C, D	◎, A, B, C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D

ネットワーク基盤技術領域外部評価委員会 光ネットワーク分科会 光ネットワーク技術
 光ネットワーク研究所 フォトニックネットワークシステム研究室 (室長:和田 尚也)
 ※ 耐災害 ICT 研究センター ロバストネットワーク基盤研究室 の一部を含む

第3期中長期計画期間における研究計画等

《研究計画の概要》

物理レイヤにおける制約を取り払い、機能と効率を最大限伸ばす「物理フォーマット無依存ネットワークシステム」の要素技術、「マルチコアファイバ等を用い飛躍的な通信容量の増大を可能とする伝送と交換システム」の要素技術を確認するための研究開発を行う。

《想定する主な学術的成果》

- ①物理信号フォーマットがシステム毎に固定されず、最適なネットワーク物理層資源を選択し、柔軟かつ効率的に提供可能とする物理フォーマット無依存ネットワークシステム基盤技術を開発する。光交換ノードにおいて、データ粒度、データレート、変調方式、帯域、偏波のそれぞれに対する無依存化を図るための、個別要素技術を開発する。
- ②マルチコアファイバ伝送システムを実現するためのファイバ設計技術と総合評価技術、またマルチコア伝送された光信号をネットワークノードにおいて交換処理するためのマルチコアクロスコネクタ技術とスイッチング技術を開発する。更に、多値変調と空間多重を複合した超多重伝送方式や、モード制御を実現するための基盤技術を開発する。

《想定する主な社会還元の見通し》

- ①ネットワークキャリア、ベンダーとの連携による製品化を行い、ユーザには、好きな時に好きなだけ、好きな形でのネットワークサービスを受けられる社会インフラを提供。事業者には、必要な時に必要なだけ、必要な形でのネットワークサービスを低電力で提供可能な ICT 技術を提供。
- ②大規模かつハードルの高いシステム技術を牽引するとともに、途中で生まれる多くの要素技術をバイプロダクトとして早期に実用化し、より広い範囲で利活用するためのキャリングビークル的役割を担う。

《研究開発の競争力》

- ①究極の光交換技術「物理フォーマット無依存ネットワークシステム技術」は世界に先駆けての研究となる。現在本研究の基盤となる技術において世界トップレベルの実力を有している。
- ②マルチコアファイバ伝送では、2011年3月、2012年3月と2年連続で当時の光ファイバによる伝送世界記録を更新、世界のトップレベルの技術力を保持している。

《マネジメントの概要》

- ①物理フォーマット無依存ネットワークシステム技術では、光パケット・光パス統合ネットワークの研究開発において、研究所内の他研究室との密接な連携体制を維持する。
- ②委託研究との連携や国内研究機関との共同研究を積極的に実施する。
- ③海外との共同研究も積極的に進め、標準化などでのコミュニティ作りを目指す。
- ④リソースの増強を図る。(Type I 連携PJ) 新世代ネットワーク戦略プロジェクト参画。(Type I 連携PJ) ロバストネットワーク基盤参画。

評価結果

《平成 27 年度の実績》

- ・「物理フォーマット無依存 NW システム」に関して、光 FB 機能付バーストモード EDFA や利得変動のない半導体 SW を導入して光統合 NW のバースト耐力を向上し、リング NW で複数のフォーマット/ビットレート/帯域/偏波/粒度での光交換にも成功し、本 NW の基盤技術実証を達成した。
- ・中期計画目標を大きく超える 19.2Tbps/ポートに挑戦中。ならびに世界初の 64QAM バーストモードコヒーレント受信技術実装 NW も実証中。
- ・「マルチコアファイバと NW 応用」では、2.15Pbps 伝送に 6 つの独自技術（22 コア非結合 MC ファイバ、導波路型 FI-F0、光コム光源、独自開発 DSP、全系シミュレーション、測定/評価技術）を構築して成功をおさめ、3 年ぶりに世界記録を更新した。
- ・マルチコア・マルチモード技術融合で空間 100 チャンネル超伝送を実証した。
- ・光 NW 上に高密度 WDM 光を一括配信して、大規模 WDM コヒーレント伝送のコストメリット/性能を大幅に向上させた。
- ・委託研究との連携による超小型高速半導体 4x4 光スイッチの開発による光パケット・光パス統合ネットワークの基盤技術を開発し、フォーマット無依存の世界最速の 12.8Tbps の光交換の達成やさらにそれ以上の挑戦、世界初のコヒーレント受信技術の実現など、多くの独自技術による世界最高水準の成果が得られていることは大いに評価に値する。特に、JGN への導入まで目途を付け、さらに、光スイッチは商品化まで展開されている。マルチコアファイバ技術は、22 コアファイバや FIFO の開発、その結果 100 チャンネル、2.15Pbps、30km の超大容量伝送の成功、DSP や光コム光源の開発など、多くの優れた成果を上げたことは大いに評価に値する。

《今中長期目標期間の実績》

- ・「物理フォーマット無依存 NW システム」に関しては、上記の 27 年度成果も合わせて、変調方式無依存/粒度無依存/帯域無依存/レート無依存/偏波無依存という物理フォーマット無依存性を有する NW システムが稼働した。完全トランスペアレントな全光交換ノード技術については昨年度に達成。国際的優位さも十分である。
- ・「マルチコアファイバと NW 応用」では、上記の 27 年度成果も合わせて、マルチコアファイバ総合評価技術、多値変調と空間多重を複合した超多重伝送方式、マルチコア一括光増幅器、光学的手法によるモード多重方式を実現した。国際的優位さも十分である。
- ・ジャーナル論文、国際会議発表、特許出願/登録も十分である。
- ・完全トランスペアレントな全光交換ノード技術を開発し、世界最速の 10Tbps 超級の光交換の達成、JGN での動作実証、さらに新型超小型高速光スイッチの開発と商品化、そして独自提案のマルチコアファイバの世界での先導的研究の推進による 22 コアファイバや周辺技術の開発、ペタ bps 級超大容量伝送の達成など、いずれも挑戦的テーマに対しての成果には目を見張るものがある。これらビッグプロジェクト的成果を限られたマンパワーのダイナミック配置により、また委託研究との効果的な連携により達成したことは大いに評価に値する。さらに耐災害 ICT 研究センターとの連携による可搬型光アンプの開発も、国土安全強靱化に大きく貢献するものである。

《今後の展開》

- ・これまでに実現した独自技術を社会実装する活動を継続させ、さらに飛躍的な機能/性能を有する NW システムに挑戦し続けて頂きたい。次期中期計画（案）中の「スーパーモード伝送技術」に興味を湧いた。
- ・完全トランスペアレント、シームレス、高効率低消費電力光交換ネットワークの実現及び実用化に向けて、テストベッドでの実証化、一層の世界初に向けての検討、また独自提案のマルチコアファイバにおいて、更なる高機能化、ペタ bps 以上の交換/NW システムへの展開は評価できるものであり、ネットワークアーキテクチャ研究室とも連携して世界標準化への促進を期待したい。特にマルチコア・マルチモードファイバは NICT 発のテーマであるだけに、本技術で世界的先導を果たし、日本の関連企業の高揚を期待したい。また耐災害システムの取り組みは、種々の状況を想定した技術の検討と、災害時に限らない通常時システムへの広範な適用など、成果の有効活用の一層の検討を期待する。

《項目別評点》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A 委員	◎, A, B, C, D	◎, A, B, C, D	S, (A), B, C, D	◎, A, B, C, D	S, (A), B, C, D
B 委員	◎, A, B, C, D	◎, A, B, C, D	S, (A), B, C, D	◎, A, B, C, D	◎, A, B, C, D

第3期中長期計画期間における研究計画等

《研究計画の概要》

光ネットワークの持続発展を支える光通信基盤技術を確立するため、チャンネルあたりの伝送速度の高速化技術及び多重化のための新規光帯域を開拓する技術を開発する。また、あらゆる環境でブロードバンド接続を実現しつつ環境への影響も小さい ICT ハードウェアを実現するため、用途が万能で環境に対して循環的、すなわちユニバーサルな光通信基盤技術を確立する。

《想定する主な学術的成果》

- ①高速光通信基盤技術として、100Gbaud級の高速性と変調精度の両立による400Gbps級高速光変調およびデジタルPLL等を用いた低消費電力復調技術、量子ドットデバイスなどを活用した新規光帯域テラビット伝送技術を開発する。これらは光通信技術の基盤である通信チャンネル数の拡大とチャンネルあたりの伝送速度の増大を目指すものである。
- ②ユニバーサル光通信基盤技術として、ファイバ無線技術をベースとした100Gbps級有無線両用伝送技術、新奇材料などの利用による低環境負荷スイッチング・伝送両用デバイスを開発し、これまでの通信容量拡大に加えて新たな方向への展開を目指す。

《想定する主な社会還元の見通し》

共同研究や電波利用料課題、委託研究課題への支援、連携を通して、「新規帯域対応光源、高精度 ICT デバイス計測器、ミリ波帯計測器」の実用化研究を推進し、製品化を図る。「高速変復調器、低消費電力・低環境負荷 ICT デバイス、有無線両用通信システム」の技術移転も目指す。ICT デバイス計測分野では IEC における NICT 知財をベースとした測定技術の国際標準化と平行して光変調器・光検出器の特性測定装置の実用化/技術移転を進めており、研究成果の速やかな国際展開が期待される。国内 ICT 産業への還元とともに、光通信の技術基盤を向上を通じてグローバルな貢献が期待できる。

《研究開発の競争力》

世界最高速度光変調技術、世界最高水準低消費電力リアルタイムコヒーレント復調技術、世界最高速度無線伝送技術、世界最高密度量子ドット技術、超広帯域光源技術を有し、ICT システムと有機的にリンクした源流研究（材料デバイス）の拠点としては国内唯一の機関である。また、世界トップデータを多数有していることから、国際競争力も極めて高い位置にあると考えている。

《マネジメントの概要》

限られたリソースで最大限の成果を得るために、研究所内、機構内、さらには産学官連携を積極的に進める。外部資金による研究開発も積極的に実施している。これらを通じた企業との連携によりシーズの吸い上げ及び研究効率の向上並びに技術移転を、大学との連携によりシーズの探索及び学術面での貢献を推進する。海外との共同研究も積極的に進め、標準化などでのコミュニティ作りを目指す。

評価結果

《平成27年度の実績》

- ・「高速光通信基盤」では、波長当たり 400Gbps 超高速光変調用に光等化技術の超高速信号対応が完了見込み。デジタル位相ロックループに多値信号判定処理等の機能集積を施して4値以上の復調も実現した。
- ・新規光帯域を含む送受信デバイス等の要素技術を確立、独自技術光素子アナライザの計測精度は10倍向上し、IEC 国際標準も制定見込みである。
- ・「ユニバーサル光通信基盤」では多周波数帯域での安定 100Gbps 級無線伝送が実現見込みで、ITU-T ファイバ無線サプリメント文書も採択された。
- ・低電力 100GHz の E0 ポリマー光位相変調器の動作実験に成功し、ヘテロジニアス量子ドット光源では世界最大級広帯域波長可変動作を実証。関連量子ドット結晶成長技術は技術移転の見込みである。
- ・高精度ミリ波イメージングで主要空港での滑走路監視を実施見込みである。
- ・1波長当たり 400Gbps を越える超高速変復調技術の開発やそのベースとなる LN 変調器を用いた 2 トーン基準光源の開発と高精度計測装置への展開、さらに新規光バンドの開発などによるテラbps 級への展開の基本技術の確立は、超高速光通信技術をハード面から支える重要な技術の創出として評価できるものである。さらに 100Gbps 級ファイバ無線技術の確立は、簡易超高速ネットワークや高精度ミリ波イメージング技術への展開は事業化への道筋が見えて評価できる。さらに、独自開発の量子ドットは、広帯域光増幅器のみならず超高速光スイッチなどへの応用が提示され、さらに外販などの事業展開も促進されて、これら一連のシーズ研究から発展させての事業化への展開は、理想的な成果とし

て大きく評価されるものである。

《今中長期目標期間の実績》

- ・「高速光通信基盤」では、400Gbps 級光変復調用に光等化/光受信技術等の光波制御技術と Tb 級対応スイッチングデバイス要素技術を確立した。
- ・光変調/検出素子評価技術の精度 10 倍化を達成、IEC 標準化と技術移転も実施。1~1.3 μm 新帯域光伝送システム/ハードウェア技術も確立した。
- ・ミリ波帯スペアナ/量子ドット光源等の NICT 発技術の移転も実施した。
- ・「ユニバーサル光通信基盤」では、目標を一桁上回るファイバ無線ミリ波伝送に成功し、RoR 技術の為の要素技術も創出。可搬型送受信機で 100Gbps 有線と 10Gbps 無線を高速スイッチ可能なシステムも構築した。
- ・有機/シリコン等ユビキタス材料によるハードウェア技術を確立し、100GHz 級変調/光波制御技術も確立した。
- ・多くの世界初ないしは世界最高の機能/性能を実現し、多くの論文発表、国際会議発表、特許出願/登録を果たした。
- ・計画当初当時では 400Gbps 変復調技術や未踏波長バンドへの展開によるテラ bps 通信技術、ファイバ無線技術の実用化、さらに可能性はあるものの未知の素材であった量子ドット光デバイスの実現、さらなる CNT や有機ポリマーのデバイスへの展開など、ほとんどすべて挑戦的なテーマの設定ながら、その間限られたマンパワーでの着実な成果を達成し、そして期末のこの時期の、システム提案や空港監視システムへの具体的適用の展開、高精度計測装置や量子ドットの開発などの特許申請や外販展開など、学術面のみならずの多くの主・副産物を実現するという、ある意味基盤研究として理想的な成果を創出してきたと言え、大いに評価される。

《今後の展開》

- ・これまでの研究成果を社会実装する為の活動を継続しつつ、さらに斬新な光通信基盤技術の開拓に邁進して頂きたい。「今後の研究開発の進め方」に記載された「Sensor on Fiber」に興味を湧いた。
- ・NICT の光技術における基盤を支える研究として、フォトリックネットワークシステム研究室との強い連携による超高速光伝送デバイス技術のシステムへの導入展開、加えて高速ファイバ無線のセンサーシステムや高速アクセス系などの独自システムへの応用展開、さらに新素材の新機能創出や新規デバイス開発、それによる新規システムへの導入、外販展開など、基盤研究の成果の一層積極的な応用展開の姿勢は支持に値する。その際、テーマ設定でリスクが有る点を鑑み、一層の産学連携によるシーズ情報の収集や研究の効率的展開、社会貢献をより積極的に進め、逆に一層波及効果の大きな成果創出を切望する。

《項目別評点》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A 委員	◎, A, B, C, D	◎, A, B, C, D	S, (A), B, C, D	◎, A, B, C, D	S, (A), B, C, D
B 委員	◎, A, B, C, D	◎, A, B, C, D	◎, A, B, C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D

第3期中長期計画期間における研究計画等

《研究計画の概要》

- ①セキュリティ、エネルギー消費等の現在のネットワークが抱える問題を抜本的に解決する「新世代ネットワーク」の実現に不可欠な要素技術を統合した大規模な試験ネットワークを構築し、実証・評価を通じ、新世代ネットワーク基盤技術を確立する。
- ②試験ネットワーク及びエミュレーション環境を技術評価環境（テストベッド）として広く産学官に開放し、新しいアプリケーションのタイムリーな開発を促進。海外の研究機関（米国、欧州、インド、豪州等）との接続により、戦略的な国際共同研究・連携を推進する。

《想定する主な学術的成果》

新世代ネットワークの管理運用技術の高度化、テストベッドネットワーク技術、新世代ネットワークの利活用技術、ICT インフラ技術の柔軟性及び頑健性を両立する制御技術、ネットワーク仮想化技術、エミュレーション技術、複数のテストベッド間を繋ぎ連携させる技術などが確立される。また、ネットワークサービスの実験の基礎的な理論が提起され、新たな学術領域への展開が目される。

《想定する主な社会還元の見通し》

- ① 2015 年末までに新世代ネットワークの実用化の目途を付け、標準化に貢献、2020 年以降の ICT の国際競争力を左右するネットワーク中核技術を確立し、テストベッド上に展開するとともに利活用の目途を付ける。
- ② 研究開発における実験の支援、技術開発における技術試験と製品化の促進、製品開発における事前検証、製品の展開・運用における知の蓄積と共有が図られ、ネットワークR&D全体のプロセスをより円滑に回すことが可能となるような革新がもたらされ、国内におけるネットワークR&Dの競争力強化につながる。

《研究開発の競争力》

- ① JGN-X は国内随一の新世代ネットワークの研究開発用のテストベッドである。国際的な競争が激しさを増している中、アジア地区において、将来の取込みに資するため、各種ワークショップや tutorial 等の取り組みを先導している。
- ② 大規模なエミュレーション基盤は、StarBEDにおいて国内には他になく、国内における大規模エミュレーション基盤を用いた研究の中心的役割を果たしている。融合技術の面で優れていると同時に、集中型の大規模エミュレーション基盤としては世界一の規模を誇っている。

《マネジメントの概要》

機構内連携プロジェクトとして宣言的ネットワーク技術と新世代ネットワーク技術の研究を実施。また、無線技術に関する連携を実施し、無線ネットワークに関する実験検証技術の高度化を推進。さらに、大学等との共同研究により、実際の利用事例や適用事例の収集を行うとともに、研究開発力を強化。当センターの予算については、テストベッドの回線費・運用費が 65%を占めるが、効率的な運営に努めており、テストベッドと一体的な研究開発を関係機関と密接に連携して進めることで、研究開発を加速する。

評価結果

《平成 27 年度の実績》

- ・ 学術面や社会還元では着実な努力が重ねられており、国際協調においても国際間の実験実施など期待を上回る業績が評価できる。ユーザガイド作成や利用者環境の改善などにも熱心に取り組みられてきているが、残念ながら、この1、2年新規利用者数の伸び率は停滞気味であり、次期に向けては新たな需要掘り起こしの提案を期待したい。加えて、実験・管理のノウハウ伝承に関してはまだ不十分さが認められるため、最終年度の区切りとして着実な取り組みを希望する。
- ・ 5年間の中長期計画の最終年度にあたり、個別に研究開発を進めてきた各種コンポーネントを統合し、統一的に運用する局面に入っています。この内容は当初のスケジュールに沿ったものであり、順調かつ、確実に進めていると評価できる。
- ・ システムの完成にともない、各種ユーザシステムをテストベッドに組み込み、ユーザの導入に対する障害を少なくする取り組みも確実に進められている。

《今中長期目標期間の実績》

- ・ 少数の人的リソースにもかかわらず、相異なる先端研究とユーザ支援活動の両面で十分な実績を積み重ねている。特に基幹ネットワークの超高速化やオペ簡易化、国際協調という観点からは課題の明瞭性もあり、学術、社会貢献ともに着実な展開が認められる。
- ・ 一方、StarBed3 ではユーザ環境改善や多様な実験が実施されてきた点が高く評価できるが、支援面の比重が高いせいか、全体を通じた戦略性がやや不足した感がある。世界最大規模の環境整備に加え、規模を活かしたプロジェクト立案などへの取り組みに期待する。
- ・ テストベッド環境を用いて、JGN-X では 703 件の論文発表、1379 件の口頭発表の成果があり、学術的成果の部分で顕著な実績があった。また企業が実用化するシステムや商品の評価検証設備としても利用され、社会還元にも十分寄与した。
- ・ 海外の同様なシステムとの比較においては、ほぼ互角の性能を達成できたものと思われる。また限られた人員で複数の部門との調整を図りつつ、ネットワークの構築運営を予定通り進めることができた認められる。

《今後の展開》

- ・ 新世代 NW 技術の実験テストベッドとして、セキュリティやエネルギー問題への関わりは重要であり、継続した関連実験の促進を期待したい。
- ・ 5年後の五輪での NW 活用・貢献策なども期待される領域と考える。一方、今後、少人数化が進む中、設備管理、文書作成等に加えて更改までが想定され、リソースマネジメントが重要となるため、例えば NICT 主体、他者連携、アウトソース等、より戦略的な計画の立案をお願いしたい。また、ユーザ利用の活性化については、従来の延長線ではないイベント立案など新たな取り組みを期待したい。
- ・ 5G/B5G の世界を 2020 年以降実現するには、アクセス系の高速化・高度化にともない、光コアネットワークがますます重要になってきます。今後は end-to-end の通信品質が重要になる中で具体的な use-case を意識したネットワークづくりが必要だと思われます。特に伝送速度の向上やネットワーク運用の柔軟性に加えて、データ伝送の遅延時間対策が今後の CPS では重要な項目となる。

《項目別評点》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	④ ネジメント
A委員	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	S, A, (B), C, D	S, A, (B), C, D
B委員	S, A, (B), C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	S, A, (B), C, D	S, A, (B), C, D

ネットワーク基盤技術領域外部評価委員会 ワイヤレスネットワーク分科会 ワイヤレスネットワーク技術
 ワイヤレスネットワーク研究所 スマートワイヤレス研究室 (室長:児島 史秀)
 ※ テラヘルツ研究センター テラヘルツ連携研究室 の一部を含む

第3期中長期計画期間における研究計画等

《研究計画の概要》

環境負荷の削減、防災・減災対策などの様々な社会問題の解決に貢献し、生活を支える情報の流通や制御を実現するため、地上系ネットワークの進展に伴う膨大な数の端末類の接続・制御をワイヤレス領域までシームレスに拡張することを目指す他、高度な拡張性・汎用性を有し、柔軟な無線リソース、通信制御を可能とする無線通信技術の研究開発を行う。また、連携 PJ タイプ1「テラヘルツプロジェクト」に参画する。

《想定する主な学術的成果》

- ①スケラブルワイヤレスネットワーク技術の研究開発：SUN (Smart Utility Network) / Smart WRAN/WMAN システム利用モデルでの電波伝搬特性及びモデル化。低消費電力・長寿命で動作する物理層、MAC 層プロトコル、IP 層プロトコルの開発。クラウドとの連携等。
- ②ブロードバンドワイヤレスネットワーク技術の研究開発：Smart WPAN/LAN システム利用モデルでの電波伝搬特性及びモデル化。物理層・MAC 層プロトコル、IP 層プロトコルの開発。クラウドとの連携及びデバイスの開発等。

《想定する主な社会還元の見通し》

研究開発した成果は、装置の試作によりその実現可能性を検証しつつ、IEEE や ITU や ARIB 等の内外の標準化団体に提案を行う。標準仕様として採択された場合、開発装置を標準準拠品として技術移転し、社会還元をしていく予定。

《研究開発の競争力》

SUN に関しては、低消費電力型プロトコルや伝送方式などの世界に先んじた成果を IEEE802. 15. 4g/4e に多数提案し、標準規格として採択されている。また、Smart WPAN に関しては、研究成果を IEEE802. 15. 3c に多数提案し、多くがミリ波を用いた WPAN システムの世界最初の標準規格として採択されている。更に、Smart WRAN/WMAN は、VHF 帯で 1ch 当たり 5MHz という広帯域移動通信システムの実証試験にも世界初で成功しており、ARIB STD-T103/IEEE802. 16n 規格に採択されている。Smart WLAN は、ホワイトスペース通信に利用可能なコグニティブ無線技術の研究開発として、10 年近くの研究実績があり、IEEE802. 11af 等に採用される等世界をリードしている。

《マネジメントの概要》

スケラブルワイヤレスネットワーク技術及びブロードバンドワイヤレスネットワーク技術を中心に、大きく分けて2つのプロジェクト体制で推進する。また、国内外の研究機関との連携やリソースの重点配分等を図りながら推進する。

評価結果

《平成 27 年度の実績》

- ・ SUN の研究開発に関しては、Wi-SUN のプロファイル多様化の検討が進んでおり、大容量データ収集、超省電力動作、広域メッシュ網への統合の検討など、着実に成果をあげている。
- ・ WRAN/WMAN の研究開発においては、IEEE802. 22b の標準化を完了させると共に、中継伝送と Wi-SUN との融合試験も実施予定であることは評価できる。ホワイトスペース利用に関しては、フィリピン、インド、シンガポールなどと国際連携し成果を挙げている。
- ・ WPAN の研究開発では、300GHz 帯における基本伝播特性の測定・評価やアンテナの試作などで成果を挙げている。論文業績、標準化活動、特許、報道発表いずれも優れた成果を挙げており、高く評価できる。
- ・ すべての課題で総合実証試験を実施し、技術性能の評価を行い、外部発表も適切に行っている点は評価できる。全体として適切にかつ十分な成果が出ていると判断される。
- ・ 技術の新たな展開分野としてソーシャル ICT 推進研究センターを立ち上げてビッグデータ処理に基づく方向へ展開していることについては、平成 27 年度に活動が始まり、第 3 期において継続される内容なので、期待するところである。
- ・ ビッグデータ解析の中身についての洞察が甘いと判断される。特徴あるビッグデータ解析、ならびに得た情報をネットワーク内のどの部分でどのように処理するかが鍵となるので、その点を明確にして研究を進めることを期待する。

《今中長期目標期間の実績》

- ・ 本プロジェクトは、学術的成果を出し、かつ標準化でのリーダーシップをしっかりとって技術創出から技術の市場投入まで一貫して実施してきたという道筋をしっかりと見える形で実現したという点で、非常に高く評価できる。また Wi-SUN という形で実際に技術が市場に出たことは高く評価できる。
- ・ 試作機器の開発や実証実験においては、学術的および社会的に顕著な成果をあげており、高く評価できる。
- ・ Wi-SUN や Smart WPAN では、国際標準規格として多くが採択され、国内の大学企業との技術連携などが着実に進んでおり、貢献度が高い。
- ・ 社会還元に関しては、試作機開発、実証実験、報道発表、国際連携などで、多くの優れた成果が挙げられている。
- ・ 国際競争力の観点からは、技術優位性のある研究開発が多数なされており、技術牽引ができる位置に十分あると思われる。今後は、Wi-SUN 利活用・社会実装を一層促進し、グローバル市場で優位性を示すことができるよう、さらなる奮起を期待する。

《今後の展開》

- ・ M2M や IoT 応用に SUN システムを有効に利用できるよう、主導的にプロファイル策定や上位層への拡張技術の提案・実証実験などを行うことを切望する。
- ・ また、グローバル市場で優位性を示すことができるよう、標準化活動と共に、高い関連技術を有するグローバル欧米企業との技術連携や技術供与などをより積極的に行い、限られたリソースで最大限の成果を発揮されることを期待する。
- ・ なお、今後、ワイヤレスにおけるセキュリティおよびプライバシーが重要な課題になると思われるので、この分野の研究開発も積極的に行っていただきたい。
- ・ 今期に開発した技術は、今後市場の育成を含めた対応は必要であるが、携帯電話システムが第 5 世代に移行し、そこでは無線技術の効果の出し方が大きく変化する、すなわち頭脳のあるネットワークを担当するワイヤレス通信という役割が期待されている。今後、第 2 期で開発した技術にとらわれず、ワイヤレス通信とはどうあるべきかを中心に据えた技術開発に取り組んでいただきたい。

《項目別評点》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A 委員	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D	(S), A, B, C, D	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D
B 委員	(S), A, B, C, D	(S), A, B, C, D	(S), A, B, C, D	(S), A, B, C, D	(S), A, B, C, D

ネットワーク基盤技術領域外部評価委員会 ワイヤレスネットワーク分科会 ワイヤレスネットワーク技術

ワイヤレスネットワーク研究所 ディペンダブルワイヤレス研究室 (室長:三浦 龍)
※ 耐災害 ICT 研究センター ワイヤレスメッシュネットワーク研究室 の一部を含む

第3期中長期計画期間における研究計画等

《研究計画の概要》

無線ネットワークにおける低遅延接続や基幹網の負荷軽減、カバーエリアの拡大、回線品質の確保、耐災害性などの高機能化を実現するため、特定の基地局等に依存せず、多数の端末類間同士が自律的かつ多角的に接続し、適応的に通信経路を確立する自律分散型のワイヤレスメッシュネットワーク技術の実現を目指すとともに、耐災害 ICT 研究センターワイヤレスメッシュネットワーク研究室と連携し、耐災害ワイヤレステストベッドの整備とその試験評価を進める。(連携PJタイプ1「耐災害性強化のための情報通信技術の研究」)。また、920MHz帯を用いたインフラ不要な端末間通信システムの国際標準化、並びに実証評価基盤整備と社会実装評価を実施する。建物内や機器内、人体周辺のショートレンジワイヤレス技術におけるM2Mネットワークの高信頼化と高機能化、及びUWBを活用した室内測位システムについて研究を進める(一部連携PJタイプ1「脳情報通信融合研究プロジェクト」に参画)。さらに、H25年度～H27年度は電波利用料に基づく「無人航空機を活用した無線中継システムと地上ネットワークとの連携及び共用技術の研究開発」を外部機関と連携して実施する。

《想定する主な学術的成果》

ワイヤレスメッシュネットワーク技術の研究開発では、中継ノード間で互いに協調しながら、途中の一部ノードやリンクの障害、バックボーンとの接続切断等の影響を回避・軽減するための災害に強いメッシュ型ワイヤレスネットワークの設計と実証を行う。特に、移動ノードとして迅速な展開が可能な飛行型デバイス(小型無人飛行機)を取り入れた地上ネットワークとの統合設計と高信頼化への取組みは世界でも例がない上に新たな技術課題が多く、学術的な価値が期待できる。ショートレンジワイヤレス技術の研究開発では、建物内や機器内等の伝搬条件の厳しい環境においても、UWBやサブギガ帯の無線が本来もつ特徴を生かし、ネットワークの高信頼化や位置情報の高精度化をめざすことにより、M2M技術の発展に大きな貢献が期待できる。

《想定する主な社会還元の見通し》

耐災害ワイヤレスメッシュネットワークへの応用と実証による災害に強い街づくりへの貢献を目指し、自治体や防災関連の機関への積極的なプロモーション活動を実施し、自治体との具体的な連携を進める。ショートレンジワイヤレス技術は、高齢化社会に対応した健康・福祉への貢献、障がい者等の社会的弱者の生活サポートなどへの貢献が期待できる。また、室内測位システムと端末間通信システムは商業施設や倉庫、公共交通機関等への実装評価を進めており、国民生活の利便性の向上や経済活動の活性化に役立つことが期待される。

《研究開発の競争力》

ワイヤレスメッシュネットワーク技術では、大規模災害の経験を生かし、インターネットへの接続を必ずしも必要としない分散型アーキテクチャに基づくネットワークの実現や完全にネットワークが孤立してしまった地域での小型無人飛行機による迅速な通信確立方式等の実証をめざしており、世界初の成果として国際競争力の意義が大きい。ショートレンジワイヤレス技術は、端末間通信技術や室内測位技術に関して、評価用システムの開発と社会実装実験と並行して世界標準規格(IEEE802)の策定をVice-Chairとしてリードしており、新たな無線技術の応用分野・産業分野の創出による大きな競争力が期待できる。

《マネジメントの概要》

今期中長期計画の中盤からは、耐災害性を備えたシステムの実現に貢献する技術(メッシュ、無人機中継等)への重点シフトを行い人員体制を強化した。またそのさらなる強化につながる新たな国家プロジェクトを3つ立ち上げ(室内測位、端末間通信、無人機周波数利用技術)、大学や企業を含む外部機関との連携を主導し研究開発を推進している。

評価結果

《平成 27 年度の実績》

- ・耐災害自立分散ワイヤレスネットワークと小型無人機による無線中継技術を用い、携帯電話会社と連携して、フェムトセル～小型無人機～衛星回線リレーによる携帯電話中継実験を世界で初めて成功させるなど、顕著な成果を挙げている。また、バスロケーションや緊急災害情報発信などのアプリケーションの評価もなされており、インフラに依存しない地域型端末間通信ネットワーク技術の実証も着実に進展している。
- ・UWBを用いた屋内測位システムでは、1m以内の位置特定精度を達成しており、実用化に向けて着実に成果を挙げている。なお、高度なセンシング機能を備える小型無人飛行機と自立分散ネットワークを連携活用した実証実験やフィールド評価実験は、新聞・雑誌・TV報道などで高く評価されており、社会還元という面で高く評価できる。
- ・ディペンダブルワイヤレスという言葉のテリトリーを「災害へのレジリエンス」、「劣悪な伝搬環境で利用可能にすること」、「固定インフラがなくても手軽にネットワークを構築できること」という3つの分野の実現と位置づけ、高いディペンダビリティを備えたソーシャルICT基盤の構築を目指している。目標を明確化し、最終年度でそれらをまとめた点が評価できる。また開発された技術の中には今回の目標だけで得なく、より広範囲なアプリケーションに適用可能なものもあり、その成果は十分高く評価できる。とくに高精度屋内測位技術は重要で有効な汎用技術であり、その適用分野の拡大を期待する。

《今中長期目標期間の実績》

- ・災害に強く迅速な展開・回復が可能な自立分散型ネットワークを、高いディペンダビリティを備えたワイヤレス技術で構築するという目標に対して、実証実験などを通じて、実用上有意義な成果を挙げ、社会還元として多大な貢献ができたことは高く評価できる。特に、ディペンダブル自立分散ワイヤレス通信がめざす3本の軸を設定し、各個別研究開発をマッピングして整理し、社会的なニーズにマッチするよう、具体的な研究テーマを絞り込み、多くの有用な成果を挙げたことは、マネジメントの面で特筆に価する。学術的にも大いに評価でき、貢献度も大きい。
- ・中期目標に対しては、当初目標を十分達成しており、先に繋がる技術も開発しているという点で評価できる。また災害対策という視点からディペンダブルワイヤレスを規定し、災害発生以降、時系列的に必要な機能を上げてシナリオを作り対応している点は非常に重要である。そのような観点から、今中期目標は十分達成されたと判断される。

《今後の展開》

- ・高度なセンシング機能を備える小型無人飛行機と自立分散ネットワークを連携活用は、実証実験により有用性が示されているので、今後は、関係省庁や地方自治体などで整備されるよう、一層奮起していただきたい。
- ・耐災害ワイヤレスネットワークの構築に際しては、平常時での利活用も運用上重要であるので、その点も考慮して、ソーシャルICT基盤を強化する取り組みを積極的に行ってほしい。また、耐災害ICTセンターは、研究開発拠点としての意義が大きいので、大学や企業の研究者だけでなく、地方自治体等からも広く人材を集めて、更なる成果を挙げることを切望する。
- ・ディペンダブルワイヤレスという分野の中で、インフラに依存しないネットワークングを検討しており、それ自体は重要であるが、今後重要になるのは、インフラが災害などで破壊された後、いかに急速に普及するかであり、その普及を促進するためのディペンダブルワイヤレス技術という位置づけをさらに進めるべきと考える。例えば依存できるインフラがない環境からインフラ再構築のための現状認識、そのためのインフラに依存しないネットワークの在り方、インフラに依存しないネットワークを利用してインフラを再構築するまでのパスという流れが技術的に確立されることを期待する。
- ・センサー用途UWBを用いた高精度屋内測位システムは、応用範囲が広いので、実用化に向けて更なる検討を期待する。

《項目月評点》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A委員	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D	(S), A, B, C, D	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D
B委員	(S), A, B, C, D	(S), A, B, C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D

ネットワーク基盤技術領域外部評価委員会 ワイヤレスネットワーク分科会 宇宙通信システム技術 ワイヤレスネットワーク研究所 宇宙通信システム研究室（室長：豊嶋 守生） ※ 耐災害 ICT 研究センター ワイヤレスメッシュネットワーク研究室 の一部を含む

第3期中長期計画期間における研究計画等
<p align="center">＜研究計画の概要＞</p> <ul style="list-style-type: none"> 電波や光を用いて、海上や宇宙空間までの広い空間に災害時等にも利用可能なネットワーク環境を展開する（連携PJタイプ1「耐災害性強化のための情報通信技術の研究」に参画）。 電波による広域利用可能な通信システム、光による広帯域伝送・地球規模の情報安全性を実現する通信システムなどに関する研究開発を推進する。
<p align="center">＜想定する主な学術的成果＞</p> <p>衛星通信における電波と光の伝搬データのモデル化や衛星系と地上系を統合的に捉えた災害時のネットワーク制御方式、もつれ変換技術を用いた空間量子鍵配送に関して学術的成果が見込まれる。</p>
<p align="center">＜想定する主な社会還元の見通し＞</p> <p>宇宙通信分野の研究開発においては、国が新規技術の研究開発を先導していくことが、民間企業の世界的な競争力を確保する上で重要な意味を持っている。今後も引き続き、災害時にも利用可能な次世代の衛星通信サービスに使われる要素技術を開発し、標準化（ITU、APT、CCSDS 等）への寄与も行い、国内外で実用化や技術展開を目指し社会還元につなげる。</p>
<p align="center">＜研究開発の競争力＞</p> <p>ブロードバンドモバイル衛星通信の研究開発を国内で行っている機関はなく、また、国際的にみても、船舶あるいは航空機など海上から上空まで移動体側からブロードバンド通信を行うための技術をいち早くWINDSを使用して確立しようとするものであり、優位性がある。さらに、国内では唯一、NICT が衛星-地上局間光通信の実績を有しており、また、国際的にみても世界の4つの地上局との国際共同実験をNICTが先導して実施してきており、優位な立場を維持している。</p>
<p align="center">＜マネジメントの概要＞</p> <p>ブロードバンド衛星通信システム技術及び超大容量光衛星/光空間通信技術の2つのプロジェクト体制で推進する。また、衛星実験に関してはJAXAと協力して推進するなど、内外の研究機関との連携等を図りながら推進し、次期通信技術試験衛星及び観測衛星等を考慮した搭載光通信機器ミッションの立上げにより、計画が軌道に乗ればリソースを重点配分する予定である。</p> <p>連携PJタイプ1として、「耐災害性強化のための情報通信技術の研究」において、耐災害 ICT 研究センター・ワイヤレスメッシュネットワーク研究室等との連携により研究開発を実施している。</p> <p>連携PJタイプ2として、「WINDS 航空機局を用いた観測データ伝送システム」と「静止衛星を利用した日本標準時配信のための高精度実時間軌道決定」に研究代表者として、「量子鍵配送を利用したセキュアネットワークの研究開発」、「NICT 独自の光技術を用いた衛星プロジェクト検討」に研究分担者として参画している。</p>

評価結果
<p align="center">＜平成 27 年度の実績＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ブロードバンド衛星通信システムについては、チャネライザ、DBF 等キーデバイスの研究開発を進め、試作するまでに至った。また、大型展開アンテナの波源推定技術、海洋 BB 衛星通信システム、災害対策・救急現場での衛星システムの研究開発を進展させ、様々な場面でその有効性を明らかにした。 また、既に研究開発を完了し成果の取りまとめ段階の項目が多い。精密軌道技術研究では現状も着実に成果を積み重ねている。 光衛星通信システムについては、SOTA を用いた超小型衛星との光通信実験を成功させ、さらに、次期技術試験衛星システムへの適用検討に着手。量子暗号の光通信実験なども進展させている。 また、超大容量光衛星/光空間通信技術に関しては、小型光トランスポンダを用いた衛星実験、CNES との国際共同実験の成功、更には、JAXA と連携した光データ中継衛星計画の立ち上げ等、本年度も継続して重要な成果を上げている。 追加の衛星実験、光通信コンポーネントの試作、空間量子鍵配送基盤技術の実証実験等の成果が期待される。 耐災害 ICT 研究に関しては、商用携帯端末を用いた衛星利用実験等、実用化に配慮した実証実験が着実に進められている。

《今中長期目標期間の実績》

- ・当初目標・計画は当時の状況を勘案して適切に計画されたもので、年度毎に精査、修正されており、妥当である。
- ・WINDS, ETS-VIII などを用いたブロードバンド衛星通信システム技術開発において、数十 Mbps/ユーザーの高速伝送を可能にし、また、海洋ブロードバンドシステム、災害対策用通信システムの構築など、実利用への道を大きく進展させた。
- ・ブロードバンド衛星通信システム技術に関しては、WINDS 関連実験を積極的に進め、当初目標を達成している。また、通信事業者等とのヒアリングを実施し、実用システム展開を考慮したものとなっている。衛星を用いた GPS 津波計に関しては連携組織で実験を成功させた点は大きく評価される。光・ミリ波を用いたハイブリッドフィーダーリンク技術、精密軌道技術は重要な研究であり、今後の進展が大いに期待される。
- ・光衛星通信システムについては、これにて技術資産を活かし、小型衛星への適用を図るなど、海外からも注目を集める研究開発を進展させた。
- ・超大容量光衛星/光空間通信技術に関しては、小型光トランスポンダの開発、衛星実験の成功、国際連携、次期光通信技術の研究開発、サイトダーバシチ用テストベッドの構築・実験の推進、空間量子鍵配送基盤技術等、将来必要とされる光関連基盤技術で着実に成果を上げており、大きな進展があったと認められる。
- ・耐災害 ICT 研究に関しては、期中からの開始であったが、テストベッド、実証システムの開発、日本各地での実証実験の実施等、精力的な活動が評価される。
- ・学術面では競合組織の研究内容と比較して技術的に非常に高度な内容であり、本分野への貢献度、先導性等、極めて高い成果をあげたと認められる。
- ・社会還元に関しては、ブロードバンド衛星通信システム技術は、民間ニーズとの整合性の観点で短期的な展開は難しいが、我が国の安全保障技術を含めた衛星を含め、高機能な衛星を実現するには実用化が期待される。一方、光関連技術は競合技術が少なく、ニーズが創生された時点での実用化のハードルは低い。
- ・国際競争力に関しては、技術面では超大容量光衛星/光空間通信技術の競争力は国際的に極めて高い。衛星全般の技術に関してはコスト面で精査、改善する余地が認められる。
- ・マネジメント面では、組織内運営の在り方を含め、よく検討された上で研究開発が推進されており、高く評価される。特に、技術的に優れた人材が継続的に最先端研究に従事することが可能な組織であり、人材育成の観点から内部に優れた技術を蓄積しうるシステムが構築されている。一方、年度毎の目標、成果に関する PDCA サイクルが外部評価の段階では不明確であるが、内部で的確に実施されていることが確認できた。

《今後の展開》

- ・これまでの基盤技術の着実な進展を図るとともに、主に次期技術試験衛星計画への反映を目指し、Ka 帯を利用した 100Mbps 超の高速大容量移動体通信システム、また、10/40Gbps クラスの光衛星通信回線の実現など、世界をリードする各種研究開発計画を推進している。
- ・ブロードバンド衛星通信システム技術は民間では研究開発が困難な状況にあるため、次期中長期計画で研究開発を継続する必要がある。その際には、実験衛星の計画から実験・運用までで相当期間が必要なことを勘案の上、ユーザ通信速度として十分な速度を想定することが重要である。光・ミリ波を用いたハイブリッドフィーダーリンク技術は将来の大容量衛星には不可欠な技術で実用化へつなげてゆく必要がある。
- ・超大容量光衛星/光空間通信技術に関しては、着実に成果を積み重ねているため、現状路線で精力的な研究開発を推進し、本分野で世界的に優れた成果を上げ、実用化につなげてゆくことが望まれる。
- ・耐災害 ICT 研究に関しては、実用化、社会還元を最大の目標とし、政策面を含め、活動を継続することが望まれる。

《項目別評点》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A 委員	S, A, (B), C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	S, A, (B), C, D
B 委員	S, A, (B), C, D	S, (A), B, C, D	S, A, (B), C, D	(S), A, B, C, D	S, (A), B, C, D

第3期中長期計画期間における研究計画等

《研究計画の概要》

- ①観測範囲を 30 万アドレス程度に倍加させ、センサの動作モードを可変とした柔軟かつ能動的観測が可能な世界最大規模のサイバー攻撃観測網を構築する。
- ②Web や SNS 等を利用した新たな脅威に対する観測・分析技術の研究開発を行うとともに、各種センサからの多角的入力やデータマイニング手法等を用いたサイバー攻撃分析・予防基盤技術を確立し、数時間前の攻撃予測と予防を実現する。
- ③IPv6 等の新たなネットワークのセキュリティ確保に向けて、IPv6 環境等のセキュリティ検証と防御技術の研究開発を行い、ガイドライン等として公開する。
- ④セキュリティ情報の安全な利活用を促進するため、セキュリティ情報の外部漏洩を防止するフィルタリング技術やサニタイジング技術等を研究開発し、それらの技術を組み込んだサイバーセキュリティ研究基盤を構築し、産学との連携の下で実運用を行う。

《想定する主な学術的成果》

能動的サイバー攻撃観測網構築のための基本アーキテクチャを確立するとともに、Web や SNS 等を利用した攻撃の全容把握のための大規模観測・分析技術を確立する。また、収集した多角的データに対してデータマイニングや機械学習理論を応用し、数時間前の攻撃予測を核としたサイバー攻撃分析・予防基盤技術を確立する。また、IPv6 環境における境界防御に代わる新たな防御メカニズムを確立する。更に、セキュリティ情報（マルウェアや攻撃トラフィック）の外部漏洩を防止するリアルタイム動作可能なフィルタリング技術やサニタイジング技術を確立する。

《想定する主な社会還元の見通し》

- ①サイバー攻撃観測網を活用したアラートシステム（DAEDALUS）を技術移転し、企業、大学、地方自治体等にセキュリティアラートサービスを提供。
- ②nicter の可視化技術を応用した実ネットワーク可視化システム（NIRVANA）を通信キャリア等の企業に導入し、ネットワーク管理負荷の低減に寄与。
- ③IPv6 のセキュリティ検証結果をガイドライン等として一般公開し、IPv6 環境のセキュリティ強化に貢献。
- ④サイバーセキュリティ研究基盤（NONSTOP）を大学等に開放し、当該分野の研究開発を促進。
- ⑤第3期中長期目標期間終盤にサイバー攻撃の予測結果を試験的に外部公開。

《研究開発の競争力》

日本では既に最大規模であるサイバー攻撃観測網の研究開発と並行してセンサ外部展開を進め、更に世界最大規模を目指す。また、世界に類を見ないチャレンジングな取り組みであるサイバー攻撃分析・予防基盤技術について、nicter で培った各種のリアルタイム分析技術を更に発展させて先行的なサイバー攻撃対策技術の確立を目指す。IPv6 関連の活動は産業界と強い連携体制を構築し、大規模 IPv6 環境での実検証を進める。

《マネジメントの概要》

プロジェクト指向の研究体制の強化、インハウスの開発体制の構築、積極的な外部連携の促進、委託研究との密な連携、欧米・アジア諸国との国際連携の推進、機構内連携プロジェクトを活用した効率的な成果展開。

評価結果

《平成 27 年度の実績》

- ・ NIRVANA 改の開発、ダークネット観測網規模を 30 万アドレスに拡大、各種実証実験の実施など、着実に成果を達成している。
- ・ 目標であるダークネット観測網規模を約 30 万アドレスに拡大することは達成できるとのことで、より精度の高い観測が可能という点で素晴らしい。
- ・ 社会還元として、総務省の PRACTICE との連携を図るとのことは、非常に良いことである。
- ・ 概ね目標を達成していると考える。

《今中長期目標期間の実績》

- ・ 国際展開を含む世界最大規模のダークネット観測網を構築、サイバー攻撃予防基盤技術の確立、IPv6 関する標準化および防護技術の開発、サイバーセキュリティ研究基盤 NONSTOP の構築・運用、nicter アラートシステム DAEDALUS、可視化分析システム NIRVANA 改の構築・運用を通じての社会還元など、顕著な成果の創出がある。
- ・ マルチモーダル分析に基づくサイバー攻撃分析・予防基盤技術の確立においては、世界に先駆けて研究をスタートした点では評価できる。
- ・ 目標として世界最大規模のサイバー攻撃観測網を構築とあるが、海外の他の観測網との比較をきちっとし、国際競争力として本研究成果がどの水準であるのかを示してほしい。
- ・ 概ね目標を達成していると考える。

《今後の展開》

- ・ これまでの成果を踏まえて、さらなる発展や社会還元が期待できる。特に、国内外の連携をより一層進展させ、さらなる国際展開を積極的に進めて欲しい。
- ・ サイバー攻撃観測網の構築は、いつまでも続けていく必要のある機能であるので、さらに整備を進めていただきたい。
- ・ 現在進めているサイバー攻撃観測網の構築は、研究リソースとの関係において、今後はどのように展開していくのか、もっと明確に示してほしい。

《期末評価の結果》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A委員	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D	S, (A), B, C, D	S, A, (B), C, D
B委員	S, (A), B, C, D	S, A, (B), C, D	(S), A, B, C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D

第3期中長期計画期間における研究計画等

《研究計画の概要》

- ①クラウドやモバイル等の先進的なネットワーク及びネットワークサービスにおいて、適材適所にセキュリティ技術を自動選択し、最適に構成するためのセキュリティアーキテクチャの研究開発、
- ②モバイル機器やクラウドサービスにおいて新たに必要となるセキュリティ要素技術の研究開発を行う。
- ③災害時における情報の信頼性、プライバシーの確保等の情報管理や災害時のネットワーク形態のセキュリティ確保を考慮しつつ、新世代ネットワークにおけるセキュリティを確保するためのアーキテクチャ及びプロトコルの設計・評価技術を確立する。
- ④これらの技術について、我が国の電子政府推奨暗号に対応した、暗号プロトコルの評価、暗号プロトコルの技術ガイドライン策定等に適用する。

《想定する主な学術的成果》

- ・セキュリティ技術を自動選択し、最適に構成するシステムである「セキュリティ知識ベース・分析エンジン」のコンセプトを提案する。
- ・ネットワーク及びネットワークサービスにおいて想定されるリスクを洗い出し、分析・整理する。
- ・RFID等の省リソースデバイスにおけるプライバシーの保護に資する通信プロトコルを確立する。
- ・暗号プロトコルの安全性評価において、従来に比較して効果的な手法を提案し、評価を確実化する。

《想定する主な社会還元の見通し》

- ・「セキュリティ知識ベース・分析エンジン」のコンセプトを実システムで具現化し、具体的なネットワークサービスに適用したり、社内イントラネット等に導入する。
- ・開発したプライバシー保護型RFID通信プロトコルを搭載した次世代型RFIDシステムについて、RFID開発・販売メーカと共同で試作する。
- ・暗号プロトコル評価コンソーシアム（CELLOS）の活動を積極的に先導し、NICTが実施した暗号プロトコルの安全性評価の手法や結果を社会に還元するチャンネルとして活用する。

《研究開発の競争力》

ソフトウェア単体のセキュリティを主眼とする他の機関や、学術貢献を主とする大学等に比べ、ネットワークへの実装及び実用化までを研究領域としている。国際的なトップカンファレンスにコンスタントに採録されるトップレベルの研究能力とともに、国際標準化においても世界をリードしている。

《マネジメントの概要》

- ・「セキュリティ知識ベース・分析エンジン」では、コンセプトの提案のみならず、実システムにおいて具現化することを最大の目標として定めた。
- ・「RFIDにおけるプライバシーの保護通信プロトコル」では、理論面のみならず、FPGA等を活用した実装面での評価を行うことを定めた。
- ・「暗号プロトコルの安全性評価」では、コンソーシアム等を有効に活用して、公的機関たるNICTが実施した評価結果の社会への展開を確実に進める。

評価結果					
<p align="center">《平成 27 年度の実績》</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 目標として、セキュアなネットワーク利用を実現する新たなセキュリティ技術の開発は、非常に重要なテーマである。 ・ Android アプリ向けのリスク分析・可視化システムの構築、知識ベースの作成、スキーマ技術の国際標準化の推進、RFID 認証プロトコル・評価ボードの開発など、成果目標を達成した。 ・ 研究対象を携帯電話にしたのは、良い判断であったと考える。 ・ テーマを仕切り直した割には、論文発表が多かった。 					
<p align="center">《今中長期目標期間の実績》</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 期間中に計画の大幅な見直しなどがあったが、状況の変化に応じて柔軟に計画を見直すことは望ましいと考える。そのような中、暗号プロトコル評価技術コンソーシアム CELLOS における技術評価活動、Android アプリ向けのリスク分析・可視化システムの構築、知識ベースの作成、スキーマ技術の国際標準化の推進、プライバシー保護 RFID システムの構築・実験などの成果を達成した。 ・ 目標達成は、かなり難しいと考える。 ・ 昨年テーマの仕切り直しをしたので、特に社会還元や国際競争力に関しては、中長期目標の成果が確実に達成できるか不明である。 					
<p align="center">《今後の展開》</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 本来、下記 3 つの機能は重要なものであり、今後の展開では是非とも研究を推進してほしい。 <ul style="list-style-type: none"> ・ セキュリティ知識ベースと分析エンジンの構築 ・ 暗号プロトコルの安全評価 ・ 大規模ネットワーク向け認証・プライバシー保護技術の開発 ・ 外部のデータベースなどとのより有機的な利用・結合を通じて、CELLOS のさらなる発展を期待する。また、知識ベースなどの成果を社会貢献に結実させるように期待する。 ・ これまでの成果を踏まえて、さらなる発展や社会貢献を期待したい。 					
<p align="center">《項目別評点》</p>					
項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A 委員	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	S, A, (B), C, D	S, A, (B), C, D	S, A, (B), C, D
B 委員	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	S, A, (B), C, D	S, A, (B), C, D	S, A, (B), C, D

ネットワーク基盤技術領域外部評価委員会 ネットワークセキュリティ分科会 ネットワークセキュリティ技術
 ネットワークセキュリティ研究所 セキュリティ基盤研究室（室長:盛合 志帆）
 ※ サイバー攻撃対策総合研究センター サイバー防御戦術研究室 の一部を含む

第3期中長期計画期間における研究計画等

《研究計画の概要》

- ①量子セキュリティ/情報理論的安全性に基づくセキュリティ技術：量子技術と現代暗号技術を融合した情報理論的安全性を持つセキュリティネットワーク構築のための研究。
- ②長期利用可能暗号技術：現在主流の暗号技術とは異なる安全性原理に基づく、量子計算機が出現しても安全性が維持できる次世代公開鍵暗号アルゴリズムの研究。
- ③実用セキュリティ技術：プライバシー情報を含むビッグデータのセキュリティ処理に関する研究や秘密漏洩に対する耐性を備えた暗号技術等の研究。
- ④暗号安全性評価技術の高度化：電子政府推奨暗号の継続的な安全性評価を行い、電子政府推奨暗号リスト改訂、将来の暗号技術移行に関して必要な検討や作業等にも適用する。

《想定する主な学術的成果》

- ①現代暗号技術だけでは実現できない情報理論的安全性を持つプロトコルなどの新規技術を提案する。
- ②格子理論等新しい原理に基づく次世代暗号技術の安全性評価や設計において世界トップレベルの成果を出す。
- ③プライバシー情報を含むビッグデータのセキュリティ処理に関する革新的研究開発や秘密漏洩に対する耐性を備えた新しい暗号技術を提案する。
- ④暗号の安全性評価において世界初、世界トップレベルの成果を挙げる。

《想定する主な社会還元の見通し》

- ①量子 ICT 研究室と連携して第3期中長期計画中に実証システムを構築し、平成28年以降、国家用途へ適用し社会還元できることを目指す。
- ②長期利用可能暗号の安全性評価や新方式の提案・実装を行い、実用化に向けた取り組みを進める。
- ③センサ群とクラウド等をつないだ Cyber Physical System に活用できる暗号技術の実装開発を行い、得られたデータや知見を公開する。
- ④電子政府推奨暗号の評価や CRYPTREC 事務局運営を通じて次期電子政府推奨暗号リスト策定に貢献し、外部機関との連携も行う。更に、次世代暗号の安全性評価において解読世界記録を達成し、将来に渡り安全なパラメータ選択に関する指針を示す。

《研究開発の競争力》

- ①量子セキュリティに関しては、国内連携機関はオールジャパン的な組織であり、海外とは EU や各国研究機関と UQCC (NICT/IPA/AIST 主催) を通じて連携している。
- ②長期利用可能暗号技術に関しては、格子暗号の安全性評価等で国内外に対して優位となる技術を確認しつつある。
- ③NICT が世界に先駆けている要素技術(時刻、位置情報)を応用している実用セキュリティに関しても優位と言える。
- ④暗号安全性評価技術については、特に公開鍵暗号について幅広く、世界トップレベルの評価技術を有している。

《マネジメントの概要》

- ・量子セキュリティは連携プロジェクト「量子鍵配送を利用したセキュアネットワークの研究開発」に参画し、主にプロトコル設計・安全性評価を担当。
- ・長期利用可能暗号技術は科研費も活用し、方式改良は共同研究も活用している。また連携プロジェクト「命」の情報通信支援システム」で医療システムへの応用も検討。
- ・CRYPTREC 事務局の運営では総務省、経産省、IPA と連携し、暗号技術評価委員会事務局を主担当。CRYPTREC 暗号リスト改定に貢献し、次期小改定に向けて検討開始。

評価結果

《平成 27 年度の実績》

- ・暗号化したままセキュリティレベルの更新が可能な完全準同型暗号の開発、CRYPTREC への貢献、標準化活動など、着実に成果目標を達成した。
- ・目的として、暗号技術の研究開発成果の普及先として CRYPTREC への貢献としていることは、国研として非常に素晴らしい。
- ・研究者のマネジメントについて、もっと記述してほしい。
- ・概ね目標の達成できると考える。

《今中長期目標期間の実績》

- ・離散対数問題ベースの公開鍵暗号の安全性評価での世界記録の達成、格子暗号の安全性評価コンテストでの記録更新、量子ネットワーク上での認証機能付き秘密分散プロトコル、CRYPTREC への貢献、標準化活動など、着実に成果目標を達成した。
- ・格子暗号の実装・安全性評価で世界記録を達成したことは、暗号研究という基礎研究の中で、突出した成果であるので素晴らしい。
- ・概ね目標の達成できると考える。

《今後の展開》

- ・暗号研究は基礎研究であるので、暗号分野のどの部分でもよいので、世界でトップレベルを達成するのが必要であると考えます。
- ・セキュリティ基盤研究室としては、暗号以外にも研究対象を広げる必要があると考えます。
- ・今後とも、できるだけ高い目標を設定しインパクトのある重要性の高いテーマにおいて大きな成果を目指して欲しい。
- ・なお、国研として状況によっては国家安全に関わる理論基盤も研究の対象となり得ると思う。たとえば、暗号のバックドアの技術的可否など。

《項目別評点》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A委員	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	S, A, (B), C, D	(S), A, B, C, D	S, A, (B), C, D
B委員	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	S, A, (B), C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D

ユニバーサルコミュニケーション基盤技術領域
外部評価委員会 評価

第3期中長期計画期間における研究計画等

《研究計画の概要》

音声翻訳システム・音声対話システムの高度化推進のため、大規模な音声コーパスを構築（現状の5倍）、対応可能な入力発話の自由度を広げるため、日本語、英語、中国語及び韓国語の間で音声認識の高速化・高精度化を推進、音声認識と言語翻訳の処理を統合した統計的処理手法を開発。これら研究成果の社会展開として、旅行会話から医療支援会話などへ対象の拡張を行い、ビジネス会話を対象とした音声翻訳システムを試作し、ある程度の語学力を有する者の支援を行う。音声対話システムは、多言語化を進めるとともに、利用可能なセンサ情報との統合、文脈処理の研究開発を推進する。

《想定する主な学術的成果》

- ① オープンドメインの長文（1文10単語以上）を対象とした高速かつ高精度な音声認識技術
- ② 実環境の多言語音声を対象とした高精度な実時間音声インデキシング技術
- ③ 認識・翻訳デコーダの統合による同時通訳技術
- ④ 様々な環境音の下で聞き手に合わせた聞き取りやすい高精度音声合成技術
- ⑤ 拡張性、移植性に優れた多言語音声対話システム構築技術
- ⑥ 医療交流支援への音声翻訳システムの拡張。

《想定する主な社会還元の見通し》

- ① 音声翻訳・対話・索引システムの要素技術および統合化技術を産業界へ技術移転
- ② 実証実験等によるシステムの提供と収集データの研究開発機関への公開
- ③ コーパス、モデル、ツール類をフォーラム（高度言語情報融合フォーラム）等を介して公開。

《研究開発の競争力》

音声翻訳技術の世界トップクラスの研究グループが集う国際ワークショップ IWSLTにおいて、英語講演音声 TED を対象とした音声認識性能競争で3年連続首位を獲得し、NICTの音声認識技術が世界トップレベルであることを証明。研究開発された音声認識システムがNTT Docomo、KDDI、Panasonicなどの商用システムに導入。海外研究機関との協力関係も強固で、26の国と地域の31研究機関が加盟する国際研究コンソーシアム U-STAR を主導して、多言語の認識・合成の研究開発を U-STAR メンバーと共同で推進している。NICTが主導した ITU-T 標準の音声翻訳通信プロトコルに基づく音声翻訳ネットワークを世界規模で展開。音声対話システムと統合する事により多言語音声コミュニケーションシステムに拡張。さらに、U-STAR から音声翻訳・対話制御サーバを一般に公開することにより U-STAR サーバの世界的な利用を拡大し、実データの収集を加速させる。移植性の高い音声対話制御技術で開発された京都観光案内音声対話システムを日本語・英語版東京観光案内対話システムに拡張。今後、U-STAR の多言語音声コミュニケーションシステムに接続することで多言語観光案内システムへの拡張が容易となる。HONDA のヒューマノイドロボット ASIMO と共同研究を行い、多言語音声対話システムを搭載し NICT の技術力を国内外にアピール。

《マネジメントの概要》

音声言語処理分野の研究で最先端技術を創出するため、国内外のトップクラスの研究グループが競う評価型ワークショップに参加し、研究開発を加速すると共に世界レベルで分野における NICT のプレゼンスを高めている。研究開発された技術が企業等にライセンスされ実用化されている。さらに産学と共同研究を行い、研究員、学生の受け入れを通して人材育成に貢献している（ミャンマー3名、ロシア1名、ベトナム1名、イギリス1名、ポーランド1名）。多言語音声言語処理技術の研究開発を行うため、国際研究コンソーシアム U-STAR を主導して研究開発を推進し、世界規模で人と技術の交流を行っている。高度言語情報融合（ALAGIN）フォーラムを介して、実証実験などで収集した学習データや研究開発したツールを公開する事により、産官学の研究開発に貢献している。

評価結果

《平成 27 年度の実績》

- ・今年度から、集中的に多言語化に取り組んでいることが高く評価できる。これらは、中期計画の目標が順調に達成できていることの証明であると考えられ、そのように順調に計画が展開できている点が評価できる。
- ・多言語化に向けた見通しを明確にした上で研究を進めることは、次期中期計画だけにとどまらず、今年度の研究方針を評価・見直しする点においても必要不可欠な作業であると考えられる。迅速な取り組みを期待する。
- ・音声認識の多言語化に向けて、大規模コーパスの構築と認識精度の向上を着実に進めるなど、当初の目標を前倒しで達成し、さらなる成果もあげている。
- ・評価型国際ワークショップで3年連続の1位を獲得するなど高い技術水準を世界に示した。
- ・音声合成の多言語化を推進し、多言語音声対話システムの開発と一般公開を行っている。
- ・先進的音声技術研究室の活動を含めて、極めて活発な研究開発が行われている。

《今中長期目標期間の実績》

- ・高効率エンジンの開発、大規模コーパスなどにより第3期中に音声認識技術が飛躍的に向上した。その成果は、評価型国際ワークショップでの3年連続首位、U-STARによる連携という形で世界的に認知された。
- ・会話音声認識、音声合成、音声対話の研究開発は音声翻訳アプリの公開、商用サービスでの採用など極めて大きな社会還元の実績をあげた。
- ・グローバルコミュニケーション計画のための多言語化と多分野化に関する研究開発を精力的に進めている。
- ・中期計画の目的・目標の達成状況、学術的成果、マネジメントについては、一定の成果を達成できていると判断できる。
- ・社会還元については、十分に達成できていると判断できる。
- ・国際競争力については、3年連続で評価タスク首位を維持したことを高く評価できる。

《今後の展開》

- ・主要4言語が現在のレベルに到達するために要した年数と比べて、その他の多言語に対して、どのようにして効率よく同等レベルに持っていくのかのロードマップをクリアにしながら取り組むかが重要と思われる。
- ・多言語対話モデルに取り組むよい環境が構築できている可能性があるため、その可能性にも取り組んでもらいたい。
- ・音声面、言語翻訳面での精度改善効果と比較して、対話モデル面での性能改善効果がどの程度のインパクトを持つのか、について、世界最高レベルの研究環境が整っているとも考えられるので、今後に期待したい。
- ・第3期を通して研究開発が極めて活発で、国際的な認知と連携、商用サービスでの採用を受けて、多言語化と多分野化へと発展しており、その実績は高く評価できる。
- ・とくに社会還元に優れており、次期での更なる発展が期待できる。
- ・先進的音声技術研究室を含めたリソース配分が開発にシフトすることは理解できるが、統計的音声対話技術などの中長期を見据えた基礎研究も着実に推進していただきたい。

《項目別評点》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A委員	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D	(S), A, B, C, D	S, (A), B, C, D
B委員	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D	(S), A, B, C, D	(S), A, B, C, D	S, (A), B, C, D

第3期中長期計画期間における研究計画等**《研究計画の概要》**

対訳コーパス・対訳辞書の効率的収集法を確立し、各国・地域向けデータを期初の5倍程度収集する。話し言葉は10語程度の文、書き言葉は20語程度の文の高精度翻訳が可能となるよう長文翻訳のアルゴリズムを確立する。また、多言語処理技術、英語を仲介とする翻訳技術、多分野対応が容易となるよう翻訳知識の他分野への適応技術を開発するとともに、翻訳対象となる文だけでなく周辺の文や段落も考慮して翻訳する技術の研究開発に着手する。災害分野、医療分野についても、実用レベルの翻訳を実現することを目指し、対訳コーパスを追加整備する。

《想定する主な学術的成果》

- ①翻訳辞書構築を効率的に実行するための手法。
- ②話し言葉は10語程度の文、書き言葉は20語程度の文を翻訳するための技術。
- ③翻訳の関連技術(多言語処理技術、英語を仲介とする翻訳技術、翻訳知識の他分野への適応技術など)。
- ④(長期的研究テーマ) 文脈も考慮して翻訳するための基礎技術。

《想定する主な社会還元の見通し》

- 【音声翻訳】①旅行用音声翻訳技術の事業者へのライセンス提供。
②外部機関と連携して音声翻訳の他分野への展開。
- 【テキスト翻訳】①電子通販専用高精度翻訳技術の事業者へのライセンス提供。
②特許翻訳に係わる技術の段階的な開発と事業者へのライセンス提供。
- 【翻訳支援】ボランティアからプロまで様々な翻訳者を支援するため、総合的技術として展開。

《研究開発の競争力》

Google、MS、CAS等が類似の研究を行っているが、日本語に機軸を据えたものはない。一方、NICTは日本語に関する言語資源とツールによって、確固たる研究基盤を備えている。また、①国際会議 Workshop on Future Directions in Translation Research (WFDTR) と、②コンペ型国際会議 NTCIR/PatentMT、③ International Workshop on Spoken Language Translation (IWSLT)、④ The Workshop on Asian Translation (WAT) の開催によって多言語翻訳分野の発展に貢献。

《マネジメントの概要》

- 対象分野を選択しリソースを集中。外部リソースの活用によるレバレッジ効果で研究開発を加速。
- (1) 産学の外部機関と連携
 - (2) 音声翻訳については、音声コミュニケーション研究室、情報分析研究室、情報利活用基盤研究室内の3室と連携して推進。
 - (3) 所内FUNDの活用で研究を拡充：①連携プロジェクト(タイプI I)の「世界を結ぶ音声翻訳U-STAR」を音声コミュニケーション研究室と共同で実施、②国際連携ファンドによる国際会議WFDTRの開催。
 - (4) 社会還元予算で、「医療」向け音声翻訳の研究開発を実施。
 - (5) パリ第11大学/LIMSI、ハルビン工科大学、上海交通大学、北京交通大学、京大、九大、東工大、NAIST、長岡技科大、同志社大等の大学からのインターンやNEC、NHK、富士通、ATR-TREK、PANASONIC、の研究員出向の受け入れによって、人材育成に貢献。
 - (6) 高度言語情報融合(ALAGIN)フォーラム等を介して、データやプログラムを公開し、産学の研究コミュニティに貢献している。
 - (7) 2014年4月11日に総務大臣が発表した「グローバルコミュニケーション(GC)計画」において、NICTが開発した多言語音声翻訳技術を高度化し、社会実装を推進していくとされた。これに応じて2014年9月にNICTは先進的音声翻訳研究開発推進センターを設置し、企業を呼び込み一気に研究者を増員した。さらに、社会実装していくために、同年12月には、グローバルコミュニケーション開発推進協議会が設立され、サービス事業者も含め産学官の組織が結集された。
 - (8) NICT及び総務省の委託研究による自ら研究を補完。

評価結果

《平成 27 年度の実績》

- ・昨年度のコメントのうち、特に、長文の扱いに関するコメントに対応して実際に取り組みを実施し、成果を挙げている点が高く評価できる。
- ・会社から出向者が加入して人員が増加するなかで、要員を、効果的に基礎研究＋社会実現研究に二分して、基礎研究においても着実に成果を挙げている点が高く評価できる。
- ・特に、基礎研究におけるニューラルネットの導入の検討など、世界最高クラスの研究機関ならではの取り組みを行なっていることによって、国の研究所としてのあるべき姿を示しており、高く評価できる。
- ・難関国際会議に多数の論文が採択され、学会からの受賞もあり、国際的に高い水準での研究開発が実施されている。
- ・災害関連情報、医療分野についても実用レベルの翻訳を実現するための対訳コーパスを整備するなど、社会還元、社会実装を拡大するべく着実に実績をあげている。
- ・先進的翻訳技術研究室の活動を含めて、基礎と応用のバランスがよくとれた研究開発により、優れた研究成果を生み出している。

《今中長期目標期間の実績》

- ・多言語化、多分野対応が容易となるよう、多言語処理技術と高精度翻訳アルゴリズムを開発し、国際的に高い水準の学術的成果をあげた。
- ・対訳コーパスを短期間に収集する方法を確立し、世界最大の日本語との対訳コーパスを構築し、目標を上回る成果をあげた。
- ・とくに観光、生活、特許などの対象分野を選択して研究開発を加速した点を、高く評価したい。
- ・グローバルコミュニケーション計画に向けて、研究開発が活発に行われており、極めて高い実績をあげている。
- ・中期計画の目的・目標の達成状況、国際競争力、マネジメントについては、一定の成果を達成できていると判断できる。
- ・学術的成果については、追加資料により、十分に達成できていると判断できる。
- ・社会還元については、実運用システムを通して「人間通訳者 1 割、紙と鉛筆での筆談 1 割、の間の 8 割の会話が医療分野では多く、ここを MT でカバーする方式が浸透すればよい」の知見を得ている点を高く評価した。

《今後の展開》

- ・基礎から応用まで幅広い研究成果をあげており、今後も更なる発展が期待できる。
- ・災害関連分野、医療分野の社会実装を推進する過程で、社会や制度との関わりが課題となる可能性があるが、そうした課題をクリアすれば、逆に NICT の大きな強みにもなるので知見を蓄積していただきたい。
- ・医療の分野で伺った、「人間通訳者 1 割、紙と鉛筆での筆談 1 割、の間の 8 割の会話が医療分野では多く、ここを MT でカバーする方式が浸透すればよい」という知見は非常に重要である。これを汎用化して、多様な分野で浸透するようにすることが今後の課題として重要である。
- ・ニューラルネットを用いた基礎研究の成果については、学習時間・翻訳時間の点において、実用化までには時間があるという話であったが、今後、研究分野の動向を考慮しつつ、実用化に向けた検討を進めながら、実用化にもっていくのか否かの見極めを行い、学会の指針となる的確な判断を期待したい。

《項目別評点》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A委員	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D	(S), A, B, C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D
B委員	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D	(S), A, B, C, D	(S), A, B, C, D	S, (A), B, C, D

第3期中長期計画期間における研究計画等

《研究計画の概要》

テキスト、音声、画像を対象とした情報分析技術（意味的言語情報分析技術、分析仮説生成技術、異種メディアリンケージ技術）について開発を行う。これにより、例えば災害時であっても、災害関連の膨大な情報・風説の分析や、生活支援に資する情報の利活用を可能とする。また、そのためのメディア解析基盤技術（構文解析技術等）、更に情報分析で必要な 1000 万個の語、フレーズからなる言語資源を含めた基盤的情報資源の開発を行う。

《想定する主な学術的成果》

- ①フレーズの分類技術、それらの間の意味的關係認識の技術。
- ②複数の文、フレーズに書かれた情報を組み合わせて仮説を生成する技術。
- ③これら情報分析のフロントエンドとしての質問応答システム・技術。
- ④音声画像と以上の成果をリンケージする異種メディアリンケージ技術。

《想定する主な社会還元の見通し》

- ・ 情報分析システム WISDOM X（従来、WISDOM 2015 と称していたが改称）を遅くとも 2015 年に一般公開。
- ・ 情報分析システムを開発する過程で構築した言語資源等、基盤的情報資源並びにツール群を高度言語情報融合フォーラム（ALAGIN）等で一般公開。

《研究開発の競争力》

米国においては Machine Reading の研究に注目が集まっており、その目標は想定する主な学術的成果と重なるが、NICT は、これまで情報分析、言語の意味処理で実績を積んでいること、一般公開、ALAGIN を介して社会展開を図ってきていること、競合研究機関は情報分析システム WISDOM や、音声質問応答システム「一休」に相当するシステムを保有してはおらず、これらシステムを既に一般公開し、デモ等で活用していることは強みとなる。

更に、多言語を考慮しつつも日本語を中心に考慮する事で、我が国における情報分析技術の底上げ、情報安全保障、一般国民の柔軟な情報アクセスの担保といった意味において、非常に重要な研究開発となる。また、国内において、NICT の規模で研究を行っている組織はない。

《マネジメントの概要》

ALAGIN を介して、他研究機関等と連携する他、京都大学、東北大学とは招へい研究員制度を活用して連携する。これまで蓄積してきた技術、リソースをこれらの研究機関等で普及させてフィードバックを得て、効率的な研究を行う。

評価結果

《平成 27 年度の実績》

- ・大規模情報分析システム WISDOM X に関しては、すでに平成 26 年度に公開がなされているが、平成 27 年度においてはさらに分析対象ページ数の大幅な増大や、分析能力の高精度化機能の拡充が行われている。中期計画になかった研究にも関する取り組みもあり、予想以上の進展を見せている。
- ・対災害 SNS 情報分析システム DISAANA の開発においては、耐災害 ICT 研究センターと連携のもと、平成 27 年度には網羅性・精度向上などの取り組みがなされ、順調に進展している。
- ・研究発表・受賞などの学術的成果は特筆できる内容となっている。
- ・当研究室が持つ強みの一つである「因果関係」に関する三つの課題（獲得精度の向上、因果関係知識の拡張、質問応答への応用）に組み込み、文脈処理への着手や種々の性能向上を通して、特に学術的成果を中心に申し分ない成果を出している。

《今中長期目標期間の実績》

- ・本中長期目標期間については、技術動向を踏まえた適切な課題設定がなされ、順調に実施されてきたことで、予想以上の優れた実績が得られたと評価する。
- ・社会還元に関しては、高度言語情報融合 (ALAGIN) フォーラムなどを含む活発な活動がなされている。
- ・WISDOM X の課題設定や取り組みが世界的に見ても特徴的であり、国際競争力の点でも評価できる。
- ・マネジメントの面では、他組織との連携・協力や人材育成の観点で努力した点が評価できる。
- ・因果関係、仮説生成、推論といった意味や論理に関する課題および「災害」という目的指向の課題に組み込み、国際動向を読むとともに、それに流されない独自の価値観に裏打ちされた実績を達成した。
- ・学術的成果が顕著であるとともに、言語資源の提供を通して学界や産業界に貢献し、近未来を先取りした高度な自然言語処理技術の実用システムで社会貢献にも尽力してきた。
- ・研究グループのマネジメントによる効果も大きい。

《今後の展開》

- ・次期中長期計画以降のビジョン案として、様々なビッグデータ知識を統合的に処理し、社会問題の自動検出と解決策の助言を可能とすることが示されている。これまでの研究と社会の要求を踏まえた妥当な問題設定である。
- ・これらの問題を扱うには、問題の重要性や解決策の効果等を社会的な見地から捉える必要があると考えられ、新たな展開が期待でき、興味深いものである。
- ・開発すべき要素技術として挙げられている文脈処理技術、頑健かつ柔軟なビッグデータ処理基盤、解決策・ノウハウに対する推論技術もそれぞれ適切な問題設定である。
- ・当研究室が標榜する「情報分析」や「質問応答」は、一般ユーザが興味本位で行う「検索」や専門家が職業として行う「調査」とどのような関係にあるのか、質問の難しさ及び解答として期待される水準等の点から位置付けをより明確化することで、情報分析に関する新しい問題領域の開拓に期待する。

《期末評価の結果》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A委員	S, A, ⓑ , C, D	Ⓢ , A, B, C, D	S, Ⓐ , B, C, D	S, Ⓐ , B, C, D	S, Ⓐ , B, C, D
B委員	S, Ⓐ , B, C, D	Ⓢ , A, B, C, D	S, Ⓐ , B, C, D	S, Ⓐ , B, C, D	S, Ⓐ , B, C, D

ユニバーサルコミュニケーション基盤技術領域外部評価委員会 コンテンツ・サービス技術

ユニバーサルコミュニケーション研究所 情報利活用基盤研究室（室長: 是津 耕司）

※ 耐災害 ICT 研究センター、ソーシャル ICT 推進研究センター の一部を含む

第3期中長期計画期間における研究計画等

《研究計画の概要》

大量かつ多様なテキストやセンシングデータから構築された大規模情報資産を横断的に検索したり集約したりする技術を開発する。更に、大規模情報資産を適切に組み合わせることで情報サービスを迅速に開発する方式や、情報サービス利用に関する情報を収集・分析し、サービスの品質を制御できるようにする技術を開発する。また、これら情報利活用基盤技術を実装した情報サービス開発のためのテストベッドを JGN-X 基盤上に開発する。

《想定する主な学術的成果》

情報資産に含まれるデータやツールを使って迅速に情報サービスを開発できるようにする情報サービス連携基盤技術を実現する。また、利活用品質に基づく情報サービス制御技術を実現する。異種・異分野にまたがる情報資産をメタレベルで集約し、様々な相関関係に基づく横断検索を可能にする大規模情報資産管理基盤技術を実現する。

《想定する主な社会還元の見通し》

開発する情報利活用基盤技術を新世代ネットワーク基盤上に実装し、高度情報資産を使った情報サービスの開発のためのテストベッドを産学官に広く提供する。これを核として、環境情報や社会情報を集約するクラウド技術の標準化と実用化を目指し、環境問題等に対する情報サービスに応用することで、幅広い社会還元を目指す。

《研究開発の競争力》

電子政府データや科学データ等でオープンデータの取り組みが国内外で活発化しつつある中、情報利活用基盤はこれらを情報資産としてメタレベルで統合し、分野や種類の違いを超えて相関のあるデータを検索したり可視化する技術を実現することにより、単にデータの保存公開を目的としてきた従来のオープンデータ基盤を横断的に利活用できるようにしている点に優位性がある。また、これら利活用サービスの要求に連動して基盤ネットワークの再構成まで一貫して行いスケーラビリティを向上させる技術は、NICT の強みを生かしたもので他に例を見ない。科学技術データの横断的利活用については WDS や JST と連携し、サイバーフィジカルシステムを対象としたセンサーデータの横断利活用では米国 NIST と連携するなど、国際的な研究協力体制の中で競争力のある研究開発を行っている。

《マネジメントの概要》

新世代ネットワーク基盤や JGN-X ネットワークテストベッドを最大限活用するなど、研究開発の独自性を保ちながら必要な資源を極力抑える努力をし、効果的な研究体制を構築している。連携プロジェクトや共同研究などにより、NICT 内外と協力して効率的に効果的に大規模情報資産を構築し実証実験できる研究協力体制を構築している。

評価結果

《平成 27 年度の実績》

- ・平成 27 年度については、本中長期目標期間の最終年度として、主としてテストベッド上での実証実験が予定されていた。これを受け実際には、ソーシャル ICT 推進研究センターと連携したゲリラ豪雨被害情報収集解析、日本気象協会との共同研究による生気象学分析、JST および WDS との共同研究による科学データアーカイブの活用について、実証実験が行われている。
- ・それぞれの組織と連携した研究活動は、実世界における大規模情報資産の収集・検索・統合という大きな目標に合致するものであり、実証実験として期待される成果をあげている。
- ・三つの研究課題がそれぞれ運用もしくは評価の段階に到達しており、成果が研究発表や実証実験を通して目に見える形で学界や社会に還元されている。
- ・環境問題を中核に据えて、自然災害対策、生気象学分析、科学技術横断検索といった複数の重要課題に取り組み、世界に類を見ない規模で有効性を実証したことは国際競争力の点から高い評価に値する。

《今中長期目標期間の実績》

- ・大規模情報資産の構築・管理技術、テキストとセンサデータの横断的利活用技術、知識・言語グリッド、情報利活用基盤などについて、先端的技術の開発と実装が行われているが、実証実験も含む大規模な取り組みは、国内外の他の組織にも見られないものであり、研究の意義は大きい。
- ・JGN-X など NICT が持つ技術とインフラを積極的に活用した内容となっており、NICT でないと実施が難しい内容となっている。
- ・WDS、JST などを含む国内外の多くの組織との連携が行われており、限られたリソースの中で最大限の努力をしているという点で、マネジメントの観点において高く評価できる。
- ・科学技術に関する文献やデータの爆発的增加によってもたらされる諸問題に正面から取り組み、学界や産業界のさらなる発展に貢献する一定の成果が得られた。
- ・「時空間に基づく分析技術」と「複合イベント解析技術」を実現し、環境問題に関する種々の実証実験によって学際横断的な新領域を開拓する一つのモデルケースを示した。
- ・基礎研究から実証実験まで綿密に計画され適切なマネジメントのもとで実行されている。
- ・中期目標期間として申し分ない成果が出たものとする。

《今後の展開》

- ・今後 IoT サービスが本格的に社会に普及することを考えると、本研究室の研究内容は、今後の情報社会においてさらに重要な役割を果たすと考えられる。また、NICT を含む他の研究との連携を図る上でのハブともなりうる。
- ・先端的な研究と実証的な研究のバランスをとりながら研究開発を進展させることが期待される。
- ・多分野を見通せる知識と多大な労力が必要であり、また、この分野における人材不足も深刻であることから、人材の確保と育成については努力が必要であろう。人的リソース等についても十分なバックアップを受けることが必要である。
- ・「非専門家に優しい（易しい）技術」だけでなく、その技術を使いこなす高度な専門性を持った人材の育成が重要である。単なるオペレータではなく、研究のシーズから発想して当研究室の情報基盤を活用できるように研究をデザインする人材である。

《期末評価の結果》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A 委員	S, (A), B, C, D	S, A, (B), C, D	S, A, (B), C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D
B 委員	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D	S, (A), B, C, D

第3期中長期計画期間における研究計画等**《研究計画の概要》**

究極の立体映像方式である電子ホログラフィでは、超高精細表示デバイスと表示光合成光学システム技術等を開発し、表示サイズ対角5インチ、視域角 20 度の表示を実現する。このような表示に対応できる電子ホログラフィ用撮像技術を開発する。多視点立体映像方式について2倍の圧縮効率を持つ情報源符号化方式、符号化・復号化に要する処理時間を半減する情報源符号化方式を開発する。また、多数の視点から撮影した映像を基に立体的な空間情報を構築する技術を開発する。

《想定する主な学術的成果》

- ①狭画素ピッチ 3.5 μ mの超高精細表示デバイスと高密度実装技術の実現。
- ②複数の表示デバイスの表示光を合成する光学技術等の開発による表示サイズ拡大の基本的手法の確立。
- ③大きな被写体や視域角 20 度の表示に対応でき、深い奥行きでも鮮明な立体像情報を取得できる撮像技術の実現。
- ④差間の類似性や奥行き情報に着目した圧縮符号化技術の開発による2倍の圧縮効率の実現。
- ⑤符号化・復号化の処理時間を半減する多視点立体映像の圧縮符号化技術の実現。
- ⑥多数のカメラの撮影映像から空間情報を取得・伝送し、受信側で立体的な空間モデルを構築できる技術の実現。

《想定する主な社会還元の見通し》

電子ホログラフィ要素技術を更に改良・発展させ、2030年までに最低でもA6サイズ（対角7インチ）据え置き型ホロディスプレイの実現を目指し、将来の電子ホログラフィの実用化につなげる。開発デバイスは超高精細映像など幅広い社会応用が見込める。多視点立体映像情報の迅速かつ効率的な取得・伝送技術をパブリックビューイング・教育等に応用し、立体映像技術の幅広い社会貢献を目指す。

《研究開発の競争力》

世界初の視域角 15 度の電子ホログラフィ表示実現や世界最大の 200 インチ裸眼ディスプレイ開発など世界トップレベルの技術力を有する。

《マネジメントの概要》

- ・電子ホログラフィ用表示デバイス開発を委託研究として実施することで、電子ホログラフィ技術の進展に最適なデバイスを開発できるとともに、開発メーカーと密接に連携して自主研究を進められるなど、効果的な研究協力体制を構築している。
- ・連携プロジェクト「うめきた導入に向けた超臨場感実証実験システムの開発」「うめきた実証実験」「超大容量の非圧縮伝送技術の研究開発」により、多視点立体映像技術の効果的な実証実験を実施できる体制を構築している。

評価結果

《平成 27 年度の実績》

- ・表示サイズ対角 5 インチ、視域角 20 度の表示の実現をはじめ、撮像技術、符号化方式の開発など高い水準での実績が達成されており、またその質的な側面も多感覚・評価研究室との連携により明確化されている。
- ・電子ホログラフィにかかる学術的な成果に加えて、早期の社会還元を意図した多視点映像への取り組みも評価できる。
- ・「対角 5 インチ視域 20 度」の電子ホログラフィのカラー化・輝度ムラ改善を行っており目標は十分に達成している。
- ・立体像の画質等に関する今後の課題も明らかにされている。
- ・撮像技術については IP 撮影画像からでもホログラフィによる表示方式の有効性が生かせることを明確にする必要がある。
- ・開発した SECOND MVD に基づく伝送方式に関して、異なるタイプの呈示装置に変換・表示する実験を行い、効果を実証した点は有意義である。
- ・200 インチ裸眼立体ディスプレイを用いたコンテンツ制作やアンケート実施などの活動は、新しい技術の普及に向けた基盤を確立し社会還元に繋げるもので高く評価できる。

《今中長期目標期間の実績》

- ・研究計画に従って、順調に実績があげられていることが認められる。
- ・電子ホログラフィの要素技術については国際的に最高水準に到達しており、その学術的な成果は高く評価できる。
- ・表示だけでなく撮像や符号化といった、超臨場感映像技術のエコシステムの形成を指向しているという点でも、今後の社会還元が期待されるため評価できる。
- ・当初の目標である「対角 5 インチ視域 20 度」は一定の現実性があり、かつ達成した場合にホログラフィならではの驚きやインパクトを実証できるものとして設定されており、極めて適切であった。
- ・これをフルカラーで実現し、ムラの低減なども行ったことは明らかに世界トップレベルの成果である。
- ・これによって、開発したシステムを用いてホログラフィによる次世代 3D 表示方式のあり方に関する実証的な研究が可能となった。
- ・多視点映像については当初の目標であるパブリックビューイングや教育だけでなく、ライブ表示・リアルタイムレンダリング・インタラクティブ機能などを実現し、研究室外との連携や大学生によるコンテンツ制作などを行った点は特に顕著な成果と認められる。

《今後の展開》

- ・当初の目標は十分に達成されていることから、次のフェーズとしての社会還元重点を置いた取り組みがなされることが望まれる。
- ・当該分野・関連分野に広く成果を公表していくことで、例えば、電子ホログラフィのモバイルデバイスへの導入や、多視点映像の利活用の促進といった波及効果が期待される。
- ・200 インチ裸眼立体ディスプレイ用コンテンツ制作にかかる知見やノウハウは、独自性が高く先駆的なものであるため、学術・社会の両側面で共有されることが求められる。
- ・ホログラフィ方式による立体像表示は空間の再現ともいえるもので、従来のテレビのように画面から一定距離の場所から観賞するという常識を打ち破る全く新しい視覚メディアとなり得る。
- ・今回目標としたホログラフィ方式のディスプレイが完成したことは素晴らしく、今後開発したシステムを用いて、新しい方式のディスプレイがどのようなユーザ体験を提供するのかを明らかにすることが強く期待される。
- ・中長期目標期間は一つの区切りではあるが、200 インチ裸眼立体ディスプレイにより制作されたコンテンツや得られたノウハウが失われることが無いように継続的フォローが必須である。

《項目別評点》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A委員	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D	(S), A, B, C, D	S, A, (B), C, D
B委員	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	S, A, (B), C, D	(S), A, B, C, D	S, A, (B), C, D

第3期中長期計画期間における研究計画等**《研究計画の概要》**

立体映像、音響、触覚、嗅覚により、人が臨場感を感じる仕組みの解明を目指し、心理物理的実験及び脳活動計測実験を行い、臨場感を定量的・客観的に評価するための技術開発を行う。特に、眼鏡あり立体映像による疲労・違和感や裸眼立体映像による臨場感向上の定量評価を実施し、立体映像の安全規格確立に必要なデータを収集する。また、音像定位の知覚精度、感触と立体映像の時空間的不一致・相乗効果、香りと映像の相乗効果等の知覚認知メカニズムを明らかにするための定量的・客観的な評価実験を実施し、人にとって快適な多感覚情報の再現・通信を実現するための技術要件を策定する。

《想定する主な学術的成果》

- ①眼鏡あり立体映像の生体影響に関する定量的・客観的な評価技術を確立し、信頼性の高いデータを取得する。
- ②立体映像による質感、運動視差による立体感、包囲感等の知覚認知メカニズムを心理物理・脳活動計測で明らかにする。
- ③立体音響の知覚認知メカニズムを明らかにするとともに、立体音響と立体映像の実験システムを構築し、音像定位の知覚精度等の知見を得る。
- ④感触と立体映像の空間的・時間的不一致の許容度、両者の相乗効果に関する人の知覚認知メカニズムを明らかにする。
- ⑤香りと映像等の相乗効果に関する知覚認知メカニズムを明らかにし香りの最適提示条件を明らかにする。

《想定する主な社会還元の見通し》

眼鏡あり立体映像の生体影響に関する信頼性の高い心理・生理データを収集し、立体映像の安全ガイドラインや安全規格の国際標準化に寄与する。また、立体映像と立体音響・感触・香りの統合による相乗効果等の知覚認知メカニズムに基づき、人に臨場感を与える技術要件を策定し、フォーラム活動や民間等との連携を通じて、自然な操作感を実現する遠隔操作システム等の設計指針を提供し、最適な超臨場感技術の確立・普及に貢献する。

《研究開発の競争力》

臨場感の知覚認知メカニズムの解明や心理物理・脳活動計測による新しい評価技術の開発、四感覚（視覚・聴覚・触覚・嗅覚）を統合した多感覚技術の開発など、世界に類をみない独創的な研究を進めており、世界トップレベルの研究開発力を有する。

《マネジメントの概要》

- ・世界トップレベルの学術的成果を目指すとともに、立体映像の安全規格化や多感覚技術の設計指針策定等、社会還元を意識した研究を推進する。
- ・眼鏡あり立体映像の生体影響評価実験や成果の展開は、産学官フォーラム（URCF）と連携して進める。また、（独）土木研究所、（独）産総研、NHK 技研等との共同研究を通じて、外部機関と積極的に連携して研究を進める。
- ・脳情報通信融合研究プロジェクト、うめきた連携プロジェクトに参画し、多感覚認知メカニズムの研究、臨場感評価の社会実証実験を進める。

評価結果

《平成 27 年度の実績》

- ・ これまでに検討されてきた立体映像のネガティブ要因に関して個人差の要因を特定し、また立体音響の個人適応化など、個人を対象とした人間の特性を明らかにすることは、まさに現在社会的に必要とされているテーマであり、成果の意義は大きい。
- ・ 音と映像、触覚と映像・音の統合的な効果を実証し、目標を十分に達成している。
- ・ インパクトの高い学術誌等に数多く採録されており、学術的に注目されている領域での優れた成果である。
- ・ 遠隔作業の操作性向上効果の評価という実用面で価値の高いテーマについて 4K3D 映像の効果を実証している。これらは目標を超える顕著な成果といえる。
- ・ 多岐に渡る範囲で新規性・独自性の高い実績があげられており、高く評価できる。
- ・ 映像・音響・芳香では個人特性に着目した検討もなされており、超臨場感コミュニケーションシステムのパーソナライズやカスタマイズといった、今後を見据えた視点やアプローチを伺うことができる。

《今中長期目標期間の実績》

- ・ 本研究課題に関しては数値的な目標を設定することは適切とは言えない性質があるため、目標自体は抽象的にならざるを得ないが、中長期目標期間を通じて得られた結果から臨場感メカニズムの体系化がなされ、一方で ITU-R へのレポートなど社会的に価値の高い活動を行っており、国際的にも高く評価される優れた成果であるといえる。
- ・ 学術面と産業応用や社会的側面といった実用面の両面からの取り組みは適切なマネジメントであり、その成果を URCF やそのほかの外部機関を通じて社会的に還元している点も高く評価できる。
- ・ 国際的にも類をみない実証データの蓄積により、学術・社会の両側面で高い水準の実績が得られている。
- ・ 実験室とフィールドの双方から多感覚メディアのヒューマンファクターズに取り組みられた実績は、研究成果の波及性や実用性の点からも高く評価できる。

《今後の展開》

- ・ 現在、脳の研究が注目されているが、視聴覚などのメディアは依然人間のコミュニケーションにとって重要な役割を果たしており、産業界からのニーズも非常に高い領域であることから、引き続きサイエンスへの貢献と産業界・社会ニーズに対応する活動の両輪での研究を推進して頂きたい。
- ・ 香りの呈示技術のベンチャー化が注目されているとのことであり、連携して研究成果の社会還元を進めるとともに可能な範囲でフィードバックを受けて次ステップの研究開発に生かすことが望まれる。
- ・ 既存企業との連携に加えてベンチャーによる事業化は新技術の産業化を進める上で極めて必要性が高く、今後も積極的な支援が期待される。
- ・ 今後は、期間内に蓄積された貴重かつ膨大なデータの、多元的な分析・マイニング・活用が推進されることが求められる。そうした活動を通して、国際標準化や超臨場感メディアのヒトへの影響の予測モデルの構築等への発展が期待される。また、そうした成果は VR や IoT などの動向が活発化している他領域でも援用され得ると考える。
- ・ さらに長期的な観点では、情緒的側面や意味的側面を統合することで、メディアコミュニケーションにおける臨場感を、ヒトへの価値という観点で再定義されることを期待したい。

《項目別評点》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A委員	S, A, B , C, D	S, A , B, C, D	S, A , B, C, D	S , A, B, C, D	S , A, B, C, D
B委員	S, A , B, C, D	S, A , B, C, D	S , A, B, C, D	S, A , B, C, D	S, A, B , C, D

未来 ICT 基盤技術領域
外部評価委員会 評価

未来 ICT 基盤技術領域外部評価委員会 脳・バイオ ICT

未来 ICT 研究所 バイオ ICT 研究室 (室長:小嶋 寛明)
※ テラヘルツ研究センター テラヘルツ連携研究室 の一部を含む

第3期中長期計画期間における研究計画等

《研究計画の概要》

生体の感覚に則したセンシング技術の構築を目指し、生体材料を用いて目的とする情報を的確に検出するため以下の基盤技術の研究開発を行う。

- (1) 生体分子・細胞を用いた情報検出技術の構築: 生体分子や細胞の改変・微細構造作成・基板上配置法の研究により情報検出部を構築するための要素技術を開発。
- (2) 生体分子・細胞を用いた情報検出システムの計測・評価技術の構築: 生体分子・細胞の発生する信号を検出・評価するための基盤技術の構築。
- (3) 生体機能を用いた信号処理部構築技術: 生体分子・細胞システムの解析から検出信号処理部構成の基盤となるバイオ型の信号処理モデルを構築。

《想定する主な学術的成果》

生体分子システムの機能解析や再構成技術の高度化を通じ、分子をシステム化して機能を持たせるための基本的知見を得る。細胞機能の解析や改変技術の開発により、細胞情報のモニタリングや細胞に新機能を付与する手段を提案する。生体分子・細胞にアクセスするために、生体材料と非生体材料とのインターフェイス手法の研究開発を行う。生体分子・細胞システムから得た信号を生体にならって適切に処理するための、バイオ型の信号処理モデルを構築する。生物の情報機能に関する成果を積み上げると共に、基礎生物学分野におけるインパクトの高い論文を発表することにより、最先端の学術的知見を蓄積し、我が国の研究水準と国際的なプレゼンスの向上に貢献する。

《想定する主な社会還元の見通し》

生体材料を用いたセンサシステムの研究開発により、多様な刺激に対して生体と同様に応答するバイオ型センサシステムの実現へとつなげ、人間の自然なコミュニケーションを成立させる情報通信技術の構築に貢献する。生体材料を利用するための基盤技術の研究開発を通じ、材料科学分野などでのバイオ素材の工学利用への道を拓く。また、生命科学と工学の両者に通じた人材の育成や、インパクトの高い論文の発表、データベースの構築等、最先端の学術的知見の発信を通じ、科学技術の発展に貢献する。

《研究開発の競争力》

基礎生物学分野において培ってきた高い研究能力と研究材料に関する知見に強みを持っており、最先端の測定システムを構築・改良・活用することで、特徴ある研究の展開が可能である。分子通信研究では先導的役割を果たしており、これを基盤とした生体材料を用いた情報検出技術の研究開発に優位性を持つことが期待できる。細胞や生体分子の機能を情報検出に直接利用するための基盤研究は、近年、国内外の研究グループで始められているが、ICT への応用を指向する NICT は、この分野において高い競争力を持つ。

《マネジメントの概要》

バイオ ICT 研究室は、生体分子から細胞システムまでを扱い、脳情報通信研究室との連携も含めて生物の階層性を意識した研究体制を保有しており、国内外の先導的な研究機関との幅広い連携を維持している。研究を強力に推進するハブの役割を担うと共に、ICT の切り口で成果を発信する役割を果たすことが可能である。また、連携大学院等を通じた人材交流も活発に実施している。NICT においては、未来 ICT 研究所内のナノテクノロジーや光技術、情報科学の研究開発部門と密接な領域横断的協力関係を保持しており、ナノバイオの取り組みやテラヘルツ連携研究、バイオ・医療分野での応用を目指した可視波長帯 SSPD システムの開発等の融合領域研究を推進している。

評価結果

《平成 27 年度の実績》

本年度も、前年度までの成果を基盤に「生体材料調整・配置技術の開発」「信号処理部構築」「生体信号計測基盤の開発」すべての項目において、高い成果を挙げた。

学術的成果で、極めて高い成果を挙げていること、構成的アプローチで成果を挙げ始めていることも高く評価できる。これにより、今中長期目標を高い水準で達成するものと判断する。

さらに、THz 連携研究でも所定の目標を達成している。

生体分子・細胞を用いた情報検出技術の構築に関しては、人工的な核の導入を用いる独自技術を用い、DNA センサ分子の働きによりウイルス感染等の外来 DNA の細胞内侵入時の防御の仕組みを発見し、PNAS 誌に掲載された。情報検出による防御機構の発見は、新たな ICT 技術創生の示唆に富む優れた成果として、国際国内ともに高く評価されている。

信号処理部構築に関しては、ベイズ推定に基づく入力分子を識別するアルゴリズムを構築し、類似アミノ酸識別を実証している。

生体信号計測基盤技術の開発に関しては、超解像顕微鏡法の一つである SIM 法を改良した生細胞観察の 3D-SIM 法を開発し、染色体構造に関し従来の定説とは異なる構造を解明した。Nat Commun 誌に掲載され、常識を覆す発見として国際的に評価されている。

タンパク分子のテラヘルツ計測により、生体高分子のドメインレベルのゆらぎを計測できる新しい手段としての有効性を見いだしている。

脳情報通信分野での連携に向け、独自の昆虫条件付けモデルを用い、記憶・学習の脳高次機能ネットワークの可視化に成果をあげつつある。

アウトリーチ活動として、連携大学院や、長期継続開催の顕微鏡の実機講習会などにより、若手の研究者を受け入れ育てている。

《今中長期目標期間の実績》

ICT に関する先進的、挑戦的研究を任務とする未来 ICT 研究所の一翼を担う立場を体して研究を進め、本中長期計画目標を高い水準で達成。

化学物質受容からその情報処理までを統合的に行っている大腸菌細胞を標的に、独自開発の分子・細胞イメージング技術・計測技術を駆使し、生体機序解明と工学的応用を目指した研究を実施。一流誌に数多くの論文を掲載するなど、極めて高い学術的業績を挙げている。それと共に、バクテリア化学受容センサシステム等を実現、ICT 応用に向けた構成的アプローチでも高い成果を挙げ始めている。

- ・生体材料調整・配置技術：外来 DNA が宿主細胞による分解を逃れる過程の追跡に成功するなど、細胞、生体分子をセンサとして用いる基盤を構築。
- ・生体信号計測基盤技術の開発：生細胞内の DNA 凝縮発生場所の特定など、細胞、生体分子の構造や機能の変化評価技術の高度化、高精度化と、システム化を実現。
- ・信号処理部構築：生きた細胞を使ったセンサにより化学物質の識別を行う技術を世界に先駆けて開発、複数の特許を出願するなど、生体機能を用いたセンサシステムの設計とシステム実装を実現。
- ・人材育成：連携大学院等の枠組みにより 24 名の学生を受け入れた他、有期雇用により若手研究者を育成し 2 名が学術機関等に転出。
- ・研究ハブ・COE としての活動：年次国際シンポジウムに、講習会、試料提供、DB 公開等を通じ積極的に研究者コミュニティの振興と社会貢献を推進している。

「パプロフのハエ」など新しい芽も生まれており、将来の学術的成果と、その先の ICT 応用が期待できる。

国際誌に質とインパクトの高い報告を多く行い、国際的な優れた成果を多数上げていることが特筆される。

中長期計画の 3 項目、生体材料調整・配置技術、信号処理部構築、生体信号計測基盤技術の開発において、当初の目的を達成している。

特に、生体分子自己組織化メカニズム解明、DNA 足場による分子配置技術、人工核技術開発による外来 DNA 検出と防御機構発見、染色体配置制御の分子機構解明、超解像顕微鏡の新規発展法開発、新規超解像顕微鏡法を用いた染色体構造と情報読み取りに関する発見は、国際的にも評価の高い優れた業績である。

未来 ICT 内での融合研究として、革新技術として期待される独創的 SSPD 画像センサ開発、生体高分子のテラヘルツ計測等に、成果をあげている。また、記憶・学習の脳高次機能ネットワークの可視化研究を立ち上げ、脳情報通信分野での連携に向けた取り組みも進めている。

アウトリーチ活動に関して、連携大学院・高校生実習・技術講習会の開催等による教育と若手研究者の育成、国際会議開催、データベース公開・試料提供、分子通信の英文教科書などの書籍出版、知的財産権の技術移転など、成果をあげている。特に、通算 26 回の細胞生物学ワークショップは、約 500 名の研究者を育成し、テキストの出版と合わせ、情報通信研究機構をライフ分野に有名ならしめ、社会貢献として評価が高い。

《今後の展開》

次期においても、ICT に関する先進的、挑戦的研究を任務とする未来 ICT 研究所の一翼を担い、引き続き、生物が外界から五感情報を受容する機序の解明と、それに基づく ICT 技術の高度化への貢献が進められるものと強く期待する。

GiNET との連携、差別化を図るため、GiNET が遠感覚（視聴覚）モダリティを研究対象の中核に据えているのに対し、バイオ ICT 研究では、生物が広く用いている化学物質受容とそれに基づく近感覚（きゅう覚、味覚）情報処理を当面の中核とする姿勢を支持する。

カルシウムイメージングをはじめとする高水準独自技術を基盤として、脳から細胞、分子までを透徹した情報処理、情報通信機序の解明が進められることを強く期待する。その際、これまで同様、探索的ハイリスクハイインパクト基礎研究と着実な応用研究を、前者に力点を置きつつ並列で推進することが強く望まれる。

先に提示された概念「分子通信技術」から「分子脳情報通信技術」とでも呼ぶべき科学技術の創成に期待する。

本研究領域の中核として、従来の貢献を継続する他、世界中から来訪する中期、長期滞在研究者がいつでも複数いて共同研究を進めているような組織を目指されたい。

次の中長期計画では、「分子間・細胞内情報処理に加え、今期までの成果である分子・細胞イメージング技術・計測技術を駆使し、細胞間ネットワークでの情報処理メカニズムの解明をめざし、ヒト脳と昆虫脳、細胞、分子を通貫した生物における情報処理・通信のメカニズムの解明」をかかげており、情報通信研究機構ならではの基礎研究としてふさわしい目標と考えられる。

次期中長期計画のもと、未来 ICT 研究所内での融合研究が、無理なく展開されてゆくことが期待される。

中心的な研究者が定年等で研究職を離れる場合にも、特に国際的評価の高い研究分野や、長期の社会貢献活動が継続されるように、人的・予算的な措置がとられることが望まれる。また、これまで蓄積し、今後も開発の進む独自技術・技能について、その世代継承と高度化が可能となる人事制度の構築に務めていただきたい。

《項目別評点》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A委員	◎, A, B, C, D	◎, A, B, C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D
B委員	◎, A, B, C, D	◎, A, B, C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D

未来 ICT 基盤技術領域外部評価委員会 ナノ ICT

未来 ICT 研究所 ナノ ICT 研究室 (室長:大友 明)

※ テラヘルツ研究センター テラヘルツ連携研究室 の一部を含む

第3期中長期計画期間における研究計画等

《研究計画の概要》

環境負荷を抑制しつつ情報通信の高速高効率化を可能とするため、有機電気光学 (E0) 材料や超伝導材料等の高い光・電子機能性を有する新規材料を用い、ナノ構造構築技術を応用することで、光・電子機能を効果的に発現させる有機ナノ・超伝導 ICT 基盤技術の研究開発を行う。

そして情報通信ハードウェアの性能を既存技術では到達困難なレベルへ低消費電力で向上させる基盤技術を確立する。

《想定する主な学術的成果》

有機ナノ ICT 基盤技術の研究においては、有機 E0 デバイスの実用化に向けた、有機 E0 ポリマー材料の高機能化や超高速光変調の実現、フォトニックナノ構造やバイオナノ構造の利用による、革新的 ICT 基盤技術の構築等の成果を創出する。超伝導 ICT 基盤技術の研究においては、超伝導単一光子検出器 (SSPD) の単一光子検出効率の高効率化や応答速度の高速化、超伝導単一磁束量子 (SFQ) 回路による光・超伝導インターフェイスの高速動作評価技術の確立等の成果を創出する。

テラヘルツ連携研究においては、有機・バイオ分子の高感度 THz 計測、THz 技術とバイオ標準技術との融合、ナノ技術による THz 検出デバイスの高性能化等の成果を創出する。

《想定する主な社会還元の見通し》

技術移転により、高機能有機 E0 材料の大量合成技術を確立し、他の研究機関への材料供給元となり、産業育成等を図る。また、有機 E0 光スイッチや光変調器の実用化、プロトタイプの供給により、ネットワークの高速化・低消費電力化の実現に寄与する。開発した冷凍機実装型マルチチャンネル SSPD システムを更に小型化し、内外の研究機関にシステム供給し普及を図り、技術移転による製品化を進め、完全秘匿の量子暗号通信による効率的で安全快適な ICT 環境の実現に貢献する。

《研究開発の競争力》

有機ナノ ICT 基盤技術の研究は材料開発からデバイス・システムまで統合的に進めており、有機 E0 デバイスの研究開発は国内で唯一高機能の独自材料開発に成功しており、産学官連携体制の構築で、国外の研究機関に対して優位である。超伝導 ICT 基盤技術の研究においては、独自の高品質超伝導薄膜・デバイス作製技術を有し、デバイスからシステムまでの研究開発は世界最先端レベルであり、小型冷凍機を用いたマルチチャンネル SSPD システムは世界最高性能を達成している。

《マネジメントの概要》

有機 E0 光変調器や SSPD など実用化の近い課題にリソースを重点的に配分するとともに、技術移転や委託研究により実用化、製品化に向けて企業との連携を積極的に推進する。実用的課題と並行して有機無機ハイブリッドナノデバイスや SFQ 等の萌芽期の課題及びナノバイオなどの探索的研究課題の研究も推進する。国内外との研究競争力を更に高めるため、クリーンルームを新設し最先端ナノ加工設備を集約、ナノ加工技術基盤を強化する。最先端ナノ加工技術や有機分子分析技術を基盤に、テラヘルツ連携研究を推進する。また、空間・モード多重スイッチング技術の研究開発と量子鍵配送を活用したセキュアネットワーク研究開発、バイオ・医療分野での応用を目指した可視波長帯 SSPD システムの開発の連携プロジェクトにも参画する。中長期計画の促進や発展的展開のため、共同研究や外部資金獲得を積極的に行うとともに、社会還元部門と協力し実用化を意識した外部企業、研究機関との連携を開拓する。

評価結果

《平成 27 年度の実績》

平成 27 年度中に達成を目指した 100GHz の高速光変調を実現するとともに、実用化に必要なモジュール化を実施できている。

また、有機ナノハイブリッドによる 8×8 アレイセンサの作製まで実現見込みであることから、当初の研究目標をほぼ達成したと判断できる。

また、これらのデバイス試作や外部への開発材料供給など、企業を巻き込んだ実用化が着実に進んでいる。

NbN 薄膜を用いた SSPD 及び SFQ 回路の開発に関して大きな進展が得られている。すなわち、蛍光相関分光への応用に向けた 600 nm 用 SSPD の開発に成功している。

また、SFQ 回路を用いた 4 ピクセル SSPD の高速読み出しを実証し、大規模アレイ化に向けた基盤を確立している。さらに、光/SFQ インターフェイスの高速動作を実証している。

《今中長期目標期間の実績》

5 年間の中長期目標期間で、計画的な研究が実施され、マイルストーンが目に見える形で成果を出している。

全体を通して、少ないリソースで効率的な研究を実施、学術研究と応用研究の両面での成果が上げられていることは明確である。

中長期計画の目標が達成できていると判断できる。

NbN 薄膜をベースとした種々の超伝導デバイスに関しては世界のトップレベルにあり、大きな成果が得られている。特に SSPD に関しては、検出性能（検出効率、暗電流、検出波長）を大幅に向上するとともに、量子暗号通信や蛍光相関分光への応用に向けたシステム化が大きく進展している。

また、SFQ 回路を用いた SSPD の高速読み出しに成功しており、今後の SSPD アレイ化に向けた基盤技術を確立している。さらに、NbN 薄膜技術をベースとした外部機関との共同研究が活発に行われており、多くの優れた成果が得られている。

《今後の展開》

今後の展開として、ユーザー現場へのさらなる技術導入および商品化を目指すことになるが、その技術の受け渡しを少ない要員でどう継続するかが課題である。

研究 G 本体としては、この分野のさらなる発展と広がりを目指し、新しいテーマの発掘も進める必要がある。

SSPD に関してはそれぞれの用途に応じた最適化を達成するとともに、これらの成果を基に実用化（製品化）を行ってほしい。また、SSPD のアレイ化に向けた SFQ 回路の大規模化を期待したい。

さらに、超伝導デバイスの中核的な研究拠点として、新規デバイスのための基礎研究を推進するとともに、外部機関との共同研究を更に強化することを期待したい。

《項目別評点》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A 委員	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D	S, A, (B), C, D	(S), A, B, C, D	S, (A), B, C, D
B 委員	(S), A, B, C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D	S, (A), B, C, D

第 3 期中長期計画期間における研究計画等

《研究計画の概要》

平成 26 年 8 月より「深紫外光 ICT デバイス先端開発センター」を開設、世界最先端のナノ光構造技術を駆使することで、小型・高効率、且つ低環境負荷な従来にない深紫外 LED デバイスの実現に向けた基盤技術開発を実施し、深紫外 LED の性能向上を通じた未踏波長（周波数）資源の利用開拓を進め、情報通信から環境、安全衛生、医療に至るまで、幅広い分野の生活・社会インフラに画期的な技術革新をもたらすための基盤技術を確立する。

《想定する主な学術的成果》

深紫外光は、半導体素子から発せられる光として最短波長に対応する重要なフロンティア周波数資源であるが、高効率・高出力な小型光源は未だ世界的に実現されておらず、この技術的な課題を解決する学術的価値は極めて大きい。当センターでは、深紫外 LED の性能を向上する上で、最大の課題となっている低光取出し効率の問題を解決する新たなナノフォトニック構造を創出する。また高品質な深紫外 LED を形成する上で必要不可欠な難加工性窒化アルミ (AlN) 単結晶基板に対する高精度なナノ微細加工技術を確立するとともに、実用化にマッチした高スループット・高均一な素子作製技術を確立する。またさらに、これらの新たな基盤技術を活用した深紫外 LED の実素子作製プロセスを確立し、室温・連続動作における世界最高出力を達成する。

《想定する主な社会還元の見通し》

ICT から殺菌、工業、安全衛生、環境、医療分野に至るまで、幅広い産業、生活・社会インフラに画期的な技術革新をもたらす、従来にない水銀フリー、低環境負荷かつ高効率・高出力な深紫外小型固体光源の創出実現に向けた基盤技術の確立に寄与する。また外部機関・企業との連携、開発成果の技術移転による社会還元活動を介した、新規産業の創出・発展、安心・安全でクリーンな生活環境、持続可能で活気ある社会の構築に貢献する。

《研究開発の競争力》

深紫外 LED の最大の技術課題である低光取出し効率の問題に対し、独自のナノフォトニック光取出し構造を開発することで、現在我々は世界最高の向上率を達成しており、また結晶欠陥の発生を大幅に低減することが可能な透明 AlN 基板上に高光取出し効率の深紫外 LED を作製できる世界唯一のグループである。現時点において他競合を抑え、実用化水準を満たす高効率・高出力な深紫外 LED の開発実現に向けて、最も優位な立場にある。

《マネジメントの概要》

深紫外光 ICT デバイスの研究開発について、その重要性の急激な増大を鑑み、研究開発体制の大幅な強化をはかる。喫緊の開発課題へと戦略的にフェーズアップし、新センター「深紫外光 ICT デバイス先端開発センター」を開設することで、小規模でも組織的、且つ高い目標指向性を有する開発体制に整備し直す。この機動的な体制の構築により、逸早く競争力のある新規技術を生み出し、本分野における高い競争優位性を確保する知財群を構築し、高い産業技術貢献が見込まれる深紫外 LED 光源分野での早期社会実装の実現、ICT 応用等に向けた研究開発を加速させる。また研究成果の積極的な発信・アウトリーチ活動を推進し、学術的な貢献および本分野における国際的なプライオリティーの獲得を目指す。また次期中長期（2016-）以降の成果の社会還元活動展開も視野に入れ、実用化技術開発に向けた産官学共同による競争的外部資金プロジェクトの推進（JST 研究成果展開事業 A-STEP）や、外部企業との資金受入型共同研究なども戦略的に実施する。以上のように、緊急的な重要性を有する本技術課題に対して、限られたリソースを効果的に運用することで、基盤技術の研究開発から本格的な社会・産業貢献活動まで一体的にマネジメントする。

評価結果

《平成 27 年度の実績》

深紫外 LED 実現のための種々の基盤技術の開発に成功しており、世界的に優れた成果を得ている。
すなわち、ナノ光構造を組み込んだ深紫外 LED 作製技術を開発するとともに、光取り出し効率の大幅な向上を実現し、これにより世界最高となる 90 mW 超の出力を実証している。
深紫外光 (265nm) の LED で世界最高出力となる 90mW 超を実現できたことは際立った成果である。
その実現に独自の AlN 基板上での結晶成長技術と低コストなナノ加工技術を用いていることは独創性が高い。

《今中長期目標期間の実績》

平成 26 年度に発足してからの短期間であるが、深紫外 LED 実現のための基盤技術の開発に成功するとともに世界最高となる 90 mW 超の出力を実証するなど、技術レベルは国際的にも非常に高い。
また、深紫外 LED の実用化に向けた外部機関や企業との共同・連携研究を組織し、多くの優れた成果を得ている。
平成 26 年度に深紫外光 ICT デバイス先端開発センターを発足し、その研究体制を整え、2 年間で世界トップの深紫外光 LED を実現できたことで、この分野の先導的は研究機関となりつつある。
特許、論文等での学術的な成果も顕著であり、当初の目標を達成している。

《今後の展開》

2020 年に 1000 mW 級の LED 開発という意欲的・挑戦的な目標を掲げており、その実現に期待したい。
ただし、実用化 (製品化) のためには、多くの技術的問題を解決する必要があり、現在の人員で達成可能かどうか不安は残る。
本センターの位置づけが「実用化の加速」にあるにしても、挑戦的な課題であるため、その成果をもう少し長い目で見る必要があるのではないかと思われる。
今後、このデバイスの実用化・商品化には、さらなる発光効率の向上と耐久性向上が課題と思われる。
そのためにも長期的は視点での研究計画と研究要員の補充が必要である。

《項目別評点》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A 委員	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D	S, A, (B), C, D	(S), A, B, C, D	S, (A), B, C, D
B 委員	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D	S, A, (B), C, D	(S), A, B, C, D	(S), A, B, C, D

第3期中長期計画期間における研究計画等

《研究計画の概要》

量子暗号技術については、量子暗号ネットワークの安全性評価技術、マルチユーザー化技術、及び種々の通信アプリケーションとの統合に関する研究開発を進め、実用に耐え得る安定化を図る。量子ノード技術については、従来理論の容量限界を打破する量子デコーダ（量子受信機）と長距離化に向けた量子中継の研究開発を行う。

《想定する主な学術的成果》

従来にはないネットワークセキュリティの概念創生や安全性と伝送効率に優れた革新的なネットワーク技術の開拓が期待される。また、これらの基礎となる光や原子の量子制御技術や超高感度量子受信技術は量子光学にとどまらず、様々な科学技術の進展に貢献するものと期待される。

《想定する主な社会還元の見通し》

量子暗号ネットワークは、今中長期目標期間中に実際の用途で試験利用を開始し、平成 28 年以降、国家用途へ適用できるよう進める予定である。量子デコーダ技術は、小型化・高感度化を進め減衰率の大きい光通信路で実証試験を行い、平成 28 年以降、衛星 - 地上間光リンクへの適用を目指し、長期的には光ファイバネットワークの低電力・大容量化に貢献する量子デコーダの要素技術である光子検出技術は順次製品化を進め、光や原子の量子制御技術は、新しい計測標準技術へ展開する。

《研究開発の競争力》

世界トップレベルにある光子検出システム、セキュアネットワークアーキテクチャ技術と、強固な産学官連携によって平成 22 年度構築した世界最高性能の量子暗号ネットワークを継続・発展させ、社会還元を加速してゆく。量子ノード技術に関しては、量子デコーダの実証的研究で世界をリードしており、量子中継では委託研究を核に基盤技術を開発してきており、これらの技術をネットワークへ統合するための取り組みを先導し、学術、社会還元両面へ貢献する体制を有している。

《マネジメントの概要》

国際的産学官連携を効果的に推進するために、当研究室の強いリーダーシップと実施責任を明確にした体制「プロジェクト UQCC（先進量子暗号・量子通信プロジェクト）」を発足させる。ネットワーク化、システム化に必要な分野間連携のために、機構内の研究室横断の連携プロジェクト（「量子鍵配送を利用したセキュアネットワーク」、「秒の再定義に向けた光周波数標準高精度化の新技術創出」）を立ち上げ運営する。実用化に向けては委託研究を核にした国内の産学官連携を強化し、海外主要機関との国際連携も推進する。国際会議を運営し、成果の普及や国際コミュニティでの我が国のプレゼンス向上に努める。

評価結果

《平成 27 年度の実績》

当初予定した成果は多くの優れた論文や会議での講演、そして何よりも実際に稼動するシステムとして現れている。さらに期待以上の成果があった。

具体的には、ゲノム解析データの暗号通信への適応、ドローンの飛行制御通信への量子暗号技術の適応、高速量子回路と低雑音高効率光子検出器による量子回路で、従来の 1000 倍の交換成功率を得たことなどである。

さらに超伝導量子回路を用いた新しい回路 QED の開発は、量子ノードの処理機能のより高度化につながるものと期待される。

ユーザー環境下での長期安定化評価試験、実用化を念頭に置いたゲノム解析データ通信への適用、ネットワーク運用時のリルーティング、さらにはドローン制御へのスピンオフ、ホモダイン検出による連続量子鍵配送などの技術開発が達成され、当初の目標以上の成果が挙げられた。

量子ノード技術も、増幅器を使えない空間伝送試験において実証するとともに、新方式の基礎理論、光量子回路と単一光子検出器を用いた量子もつれ交換プロトコル実証において特筆に値する成果が挙げられた。

《今中長期目標期間の実績》

Tokyo QKD Network を立ち上げ、その運用を通して、システムの長期安定性を確認したことは、将来の実用化という観点からも、非常に重要な成果といえる。

また、本格的な量子通信のフィールド試験に向けて、量子レコーダーの設計理論構築、および光空間通信テストベッドの立ち上げたことも、高く評価できる。

超伝導量子回路ーダイヤモンドー光の量子ハイブリッド系の構築は、量子中継技術として、大きく期待できる。

量子 ICT 研究室の強い指導の下に、委託研究を推進し、多くの重要な成果を挙げた。

量子暗号技術に関しては、委託研究成果を集約した Tokyo QKD Network での実装、安全評価に関する十分な検証が行われ、リルーティング機構などのネットワーク制御、フォトニックネットワークに組み込んだ効率的な鍵管理アーキテクチャなど、実用的な量子暗号鍵配送ネットワークに必要な技術開発が大よそ漏れなく開発できた。

量子ノード技術開発においても、量子デコーディングに集中した研究開発が新方式の基礎理論、光量子回路と単一光子検出器を用いた量子もつれ交換プロトコル実証に結実し顕著な成果を挙げた。

《今後の展開》

本研究室の今後の研究開発の進め方も良く吟味されており、信頼の置けるものである。

2019 年度以降、実際の QKD サービスの運用試験を予定しているが、実際にどのようなユーザーを想定しているのかが、今一歩はつきりしない。

引き続き、信頼の置けるユーザー探しに努力してもらいたい。

提示されたアウトカム目標は多岐に渡るが、これらがすべて実証されるとは思えない。

優先度を考えて、推進してほしい。

量子暗号通信ネットワークの安全性、安定性を評価する方法論を確立し規格化することで、国際的な標準化へ先導する役割を進められる段階に来ている。

その成果を、ゲノム情報、防衛、医療等の個人情報の通信に実用すべくユーザー環境に合わせた開発を進め目に見える社会貢献へとつなぐ必要がある。

一方、単一光子検出器、PPKTP 等の導波路デバイス等の要素技術開発を継続し、とくにダイヤモンドスピン系等の量子インターフェイス企業を巻き込んで開発することで底辺の拡充に努力してもらいたい。

一方で、量子計測標準の立ち位置が現状では明確ではない。

《項目別評点》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A委員	Ⓢ, A, B, C, D	Ⓢ, A, B, C, D	S, Ⓐ, B, C, D	Ⓢ, A, B, C, D	Ⓢ, A, B, C, D
B委員	Ⓢ, A, B, C, D	Ⓢ, A, B, C, D	S, Ⓐ, B, C, D	Ⓢ, A, B, C, D	Ⓢ, A, B, C, D

第3期中長期計画期間における研究計画等

《研究計画の概要》

光通信帯における高度な信号発生・処理技術と高効率光-テラヘルツ波変換技術により、高度に制御可能なテラヘルツ帯周波数コムを発生させる技術を開発する。また、テラヘルツ帯における高輝度高安定狭線幅の光源技術を実現し、様々な応用へ適用可能な基準光源としての基盤技術を確立する。更に、超高周波化合物電子デバイス技術を高度化しつつ応用し、アンテナや受動回路などの 500GHz までの特性を実測で評価できる技術を開発する。

《想定する主な学術的成果》

周波数オフセットがないテラヘルツ帯周波数コムにより、テラヘルツ帯量子カスケードレーザをロックした高輝度高安定狭線幅のテラヘルツ帯光源技術の確立とその各種応用を実現する。500GHz までの電子デバイス特性を実測で評価できる技術が開発され、100Gbps 級ワイヤレス通信や高感度センサのための基盤技術を実測で評価できる体制が構築される。

《想定する主な社会還元の見通し》

- ・ 超高速無線や非破壊非接触計測等の各分野における実利用が進むことで、テラヘルツ帯の周波数開拓に大きく貢献する。
- ・ 特に 300 GHz 帯を用いたシステムに対しては、その倍波までの周波数領域の計測が十分に行えることになり、電波法上要求される計測を実現できる環境が整い、J-バンド (300GHz 帯) までの周波数資源開発への大きな貢献につながる。

《研究開発の競争力》

200GHz 超の特性計測技術については国内・海外を含め確立したものはなく、いち早く環境を整備している NICT は優位な立場にある。化合物半導体電子デバイスの動作速度競争については海外勢に一步先行されており、キャッチアップをおこなう必要がある。シリコン CMOS 集積回路によるミリ波・テラヘルツ対応については、国内の連携により世界最高水準の成果を挙げる。光通信帯における高度な信号発生・処理技術と高効率光-テラヘルツ波変換技術に基づくテラヘルツ帯周波数コム発生技術は、NICT の技術によってのみ実現可能なものである。類似の研究開発の実施例は平成 23 年度中においては国内外において無かったが、平成 24 年度中盤からは EU-FP7 において有力な研究機関が類似の研究プロジェクトを開始した。今後競争が始まるものと思われるが、先行している分、競争力は維持できている。特定のシステム (650GHz 帯の地球観測のためのラジオメータ等) に対する評価技術は、主に天文関連の機関での開発実績がある。無線通信や汎用センサを応用上の目標とし、小型・堅牢かつトレサブルなシステム技術の研究開発事例は、国内外共に無い。

《マネジメントの概要》

テラヘルツ技術に関連した連携プロジェクト (テラヘルツ研究センター テラヘルツ連携研究室) において、4 研究所・8 研究室と連携を図る。超高速エレクトロニクスのコア-アライアンスとなるよう企業との協力関係を形成し、300GHz 帯までの開発を積極的に推進する体制を構築する。大学との連携では、NICT 保有のフォトニックデバイスラボ等の設備を利用した超高周波サブシステム開発を実施し、超高周波技術を蓄積する。

評価結果

《平成 27 年度の実績》

全ての項目において、着実な進展が見られる。
 第 3 期中長期目標期間の最終年度として、当初目標を達成しつつある。
 超高周波基盤技術、超高速無線計測技術の研究開発の課題に関しては着実に成果を上げていると考えられる。

《今中長期目標期間の実績》

電子デバイス（化合物半導体系、シリコン系）の高性能化、超高速信号測定技術の開発、光技術を用いたテラヘルツ信号源の生成、数十ギガビット/秒の無線伝送技術などの中長期計画における諸課題は着実に成果を上げていると考えられる。

またセキュリティシステムへの応用が期待される実時間テラヘルツカメラ試作などに超高周波応用センシング技術の成果が見られる。

超高周波基盤技術の研究開発に関し、GaN 系、InP 系のトランジスタ開発で大きく前進し、さらにシリコン CMOS 集積回路をテラヘルツ適用し世界最高性能を達成する等、中長期目標に照らして期待以上の成果を挙げた。

超高速無線計測技術の研究開発に関し、テラヘルツ帯周波数コム生成、1μm 帯パルスによるテラヘルツ波発生、小型テラヘルツ分光システムの開発等、目標に照らして十分な成果を挙げた。

テラヘルツ連携プロジェクトに関し、量子カスケードレーザの周波数安定化技術を確立し、大きな成果を収めた。

総じて、中長期目標は達成される見込みである。

《今後の展開》

目的・目標は、当初計画に沿っておおむね達成。

学術的成果は多数あがっている。

標準化等を通じて社会還元にも努めている。

超高周波の領域は、軍事技術と関連して欧米が優位であるが、それらと伍して競争力を維持している。

限られたリソースの中で、共同研究等を活用して成果をあげているマネジメントは良好。

これまでの成果を引き継いで社会還元に努めるとともに、新たなテーマの発掘に努めてほしい。

テラヘルツ帯における 2 つの基盤技術（光技術と電子デバイス技術）を今後どのように統合展開していくのかに道筋を示していくことも重要と思われる。

《項目別評点》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A 委員	S, A, (B), C, D	(S), A, B, C, D	S, (A), B, C, D	S, A, (B), C, D	S, (A), B, C, D
B 委員	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D	S, A, (B), C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D

第3期中長期計画期間における研究計画等

《研究計画の概要》

酸化ガリウムに代表される新半導体材料の優れた物性を活かしたトランジスタ、ダイオードといった新規電子デバイスに関する基盤技術を、バルク・薄膜結晶成長、デバイスプロセス、回路技術、パッケージング・モジュール化技術に至るまで包括的に開発する。

《想定する主な学術的成果》

- ・省エネに直接貢献する高効率パワーデバイス、高温・放射線下等の極限環境における情報通信デバイスなど、今社会的に強く求められる半導体デバイスを開発すること。
- ・新規半導体材料およびその電子デバイスに関する基盤技術研究開発を通じて、未踏の半導体エレクトロニクス分野を開拓・先導すること。

《想定する主な社会還元の見通し》

- ・高効率パワーデバイスを開発することで、世界的課題である省エネルギー社会の実現に貢献する。
- ・高温・放射線下等の極限環境における情報通信デバイスなど、今世の中が必要としていて存在しない半導体デバイスを開発、提供する。
- ・日本発の新半導体産業の創生を促し、経済面でも我が国に貢献する。

《研究開発の競争力》

第3期中長期目標期間において、主に酸化ガリウムという新半導体材料を用いたデバイス開発に注力してきた。これまで、世界に先駆けて酸化ガリウムの有する優れた材料特性に着目し、その電子デバイス研究開発をスタートし、研究開発当初から NICT 主導で産学官共同プロジェクトを組織・リードしてきた。酸化ガリウムデバイス開発に関しては、NICT グリーン ICT デバイス先端開発センターを中心とするグループが、文字通りパイオニアである。

これまで具体的な成果として、多くの基本的デバイスプロセス要素技術の開発に成功し、またその基礎的なデバイス特性から酸化ガリウムのポテンシャルの高さを広く世に示してきた。現在、我々の研究成果を受けて国内外のいくつかのグループが追随しようとしているが、少なくとも3年程度は先行していること、プロジェクトへの参加機関の研究開発・技術力の高さからも、我々の競争力が群を抜いて高いことは疑う余地が無い。

《マネジメントの概要》

研究開発スタート時から、産学官連携チームを組織して研究開発を行ってきた。例えば、現在遂行中の内閣府 SIP 課題「酸化ガリウムパワーデバイスの基盤技術開発」においては、1 大学、3 企業、NICT の5者が参加して、共同研究開発を行っている。また、情報通信デバイス用途に向けた開発においては、現在大手電機メーカーと共同研究を協議中である。このように、産業化が見込める分野、および知財が創出される項目に関しては、主に国内企業と積極的に共同開発を進め、早期に技術移転、産業化へと展開できるようにしている。その他にも、例えば酸化ガリウムの未知の物性の解明のように、サイエンス色が強い課題に関しては、国内外問わず主に大学の専門家との共同研究を積極的に行っている。

評価結果

《平成 27 年度の実績》

全ての項目において、着実な進展が見られる。
 第 3 期中長期目標期間の最終年度として、当初目標を達成しつつある。
 半導体物性の特長を生かした酸化ガリウムデバイス (MOSFET、SBD) の研究開発に顕著な成果を上げている。
 一方、Ⅲ族酸化物/窒化物のヘテロ構造の課題に関しては初期的段階ということでもあるがそれ程目ぼしい成果が見られない。

《今中長期目標期間の実績》

世界で初めて単結晶 Ga₂O₃ MOSFET を作製し、動作実証した。高耐圧性の実証も達成見込み。
 耐圧 500V 超の縦型 Ga₂O₃ SBD を実現した。H27 末までに耐圧 1kV 超を実証する見込み。
 比較的短期間の間に酸化ガリウムという未開拓な半導体デバイスの分野で先進的な成果を上げており、萌芽研究から基盤技術開発に展開しつつあると考えられる。
 期間的にも限られており、もう一つのテーマであるⅢ族酸化物/窒化物のヘテロ構造がどのような新たなデバイス機能を発現しうるのか、またどのような課題があるのか中長期計画内で必ずしも明確にはなっていないと思われる。
 新規のⅢ族酸化物半導体と窒化物半導体からなるヘテロ構造を作製し、その特性を明らかにした。本新規構造に基づくデバイスの実証については、第 4 期以降に持ち越しとなった。
 以上を通じて、酸化ガリウムトランジスタ、ダイオードの基盤技術を概ね当初目標に沿って確立したと認められる。

《今後の展開》

目的・目標は、挑戦的な課題を取り上げ、高い目標を設定している。短期間に優れた学術的成果をあげている。社会還元は、道半ばではあるが、十分なものがある。国際競争力は、世界初の試みを多く擁しており高いが、他材料との勝負はこれから。マネジメントは、外部資金や所内の支援を獲得して高い成果を上げている点で良好。
 今後も、独自技術として最先端を走ってもらいたい。一方、経済効果としての社会還元につながるよう、実用化に向けた技術のブラッシュアップ(コスト、信頼性等)も意識するとなおよい。
 酸化ガリウム以外の高エネルギーギャップ半導体デバイスとの比較検討を十分踏まえた研究展開を期待したい。また高周波応用への展開についても狙いを絞る必要があると思われる。

《項目別評点》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A 委員	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D	S, A, (B), C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D
B 委員	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D	S, (A), B, C, D

第3期中長期計画期間における研究計画等

《研究計画の概要》

- ① 個人に最適なテラーメード情報提示の実現に向けて脳活動データベースを構築し、
- ② 脳情報インターフェイス技術汎用化の開発を進め、
- ③ 脳機能ネットワークの高次機能創発のメカニズムを理解し新しい通信ネットワークの動作原理の提案を行う。
- ④ また、上記3つのテーマを支える高時空間分解能を持った脳活動計測解析技術の開発に取り組む。

《想定する主な学術的成果》

- ① 個人々の心的な概念地図を脳活動計測データに基づいて構築し、テラーメード情報提示の基礎とする。
- ② 脳活動信号から脳情報をデコードする脳情報インターフェイス (BMI) の高度化を達成する。
- ③ 脳機能ネットワークを情報ネットワーク的特徴の観点から特徴付け、通信ネットワークの低エネルギー性と頑強性への効果を明らかにする。
- ④ 神経線維結合とその活動のイメージング技術開発、リアルタイム性等、これまで困難だった特性を備えた脳情報信号解析の新規手法開発を行う。

《想定する主な社会還元の見通し》

- ① 臨場感をもたらす情報提示や個人の理解・注意を促進するテラーメード情報提示や、高齢者・障がい者等の意図を脳情報から読み取り行動を支援する BMI の実現への道を拓く。
- ② 脳機能の適切な補完・促進に基づくリハビリテーションシステムの開発を行う。
- ③ 脳型ネットワークのアーキテクチャ・アルゴリズムを構築し、通信応用への基礎を築く。
- ④ 他研究機関に対しても、7テスラ MRI などの融合研究で新たに導入する大型計測装置を用いた研究の機会を提供する。

《研究開発の競争力》

国内外の脳研究は、脳・神経医学研究分野と脳工学研究分野に大別されるが、情報通信分野との融合を打ち出した試みは少ない。産学との連携を通じて、人間の感覚・運動関連研究のトップレベルの研究者が参加し、脳情報通信研究分野として、脳機能や情報理解に基づいたコミュニケーション技術の開発などを目指す点に世界的視点からの特色がある。

《マネジメントの概要》

NICT を中心とした近隣大学との連携を軸とし、産業界を巻き込んだ連携により取り組む。境界横断的融合研究へのリソースの重点配分、産官学連携での人材育成等により、企業への成果展開ルートが確保され、社会還元の加速化を図る。最新の計測装置と総合大学の利点を活かした融合研究により、脳科学と情報科学を融合する新分野を拓き、世界をリードする。

評価結果

《平成27年度の実績》

今中長期計画に記された7研究項目のいずれにおいても、新しい成果が得られ、これにより第3期の目標を達成できる見込みが得られている。具体的には次のような成果が挙がっており、メディア評価、福祉、医療等への応用や、脳計測技術基盤の高度化に寄与するものと高く評価できる。

非侵襲計測による脳内神経表象の解析：CM 動画の解読に成功し、評価手法の実用化を試行している。

送り手の意図した情報のみを送る技術：指系列運動が実際に行われる以前に予測することに成功。

脳内情報処理ネットワークモデル：既開発技術により統合失聴患者と健常者の差異が確認できた。

脳計測の新しい信号処理、解析手法開発：7T 計測の高解像度を利し、脳の動きによるノイズ除去を実現。

中長期計画で設定した以外にも、脳活動パターンからうつ傾向の変化を予測する技術の開発など、優れた成果を挙げている。

脳科学と情報通信との融合研究を推進する、国際的にも真にユニークな研究拠点形成している。

学術的成果と社会還元、下記の独自性の高い成果をあげている。

情報の脳内神経表象解析では、CM 動画の解読による評価手法を開発した。CM 効果の新技术として企業が興味を示し、来年度から NTT が商業化予定であることは、学術的成果・社会還元の両面で優れた成果である。

高次脳情報の利用技術として、意味距離・意味情報構造の独自観点からデータベースを構築している。

情報理解の脳内処理メカニズム解明では、対象認識における離散的要素情報の組合せという独創的研究を進展させている。

送り手の意図した情報のみを送る技術研究では、意識・無意識の観点から解析を進め、ヒトが運動を行う前にそれを予測することに成功している。

脳内情報処理ネットワークのモデル構築では、統合失調症を判別する新しい手法を開発し、注目されている。

高次脳情報の高分解能計測では、心拍変動によるノイズ補正により、7T-MRI 計測を高分解能化する技術開発を進めている。

昨年度までに開発したリアルタイム脳情報抽出技術は、ニューロリハビリ訓練システム開発に応用されている。

以上の中長期計画7項目に加え、立体視の階層的な情報処理の解明、脳活動パターンからうつ傾向変化を予測す

る方法を開発（特許出願）、皮質脳波 BMI システム製品化推進のための臨床応用実験の推進、「ゆらぎ」に基づく情報ネットワーク経路制御技術の実証（NTT との共同研究）で成果をあげている。

《今中長期目標期間の実績》

脳科学と情報通信との融合をめざし、他に類を見ない国際的にも独創的な研究を目標とし、短期間でユニークな研究拠点を形成しており、高く評価される。

一例として、「本音」「無意識の働き」「意味の理解」「意味ある情報の送信」など、従来の科学では、なじまない、科学的・定量的取扱が困難等の理由から研究ベースには乗らなかったものや、脳と情報の融合研究により初めて着想される、ユニークな研究が展開されている。CM 効果解析、統合失調症・うつ・痛みのマーカー発見など、学術的にも社会的にも影響力の大きいブレークスルーとして成果をあげつつある。

学術的成果として、上記の今年度実績総評で詳述したように、中長期計画 7 項目および計画記載以外にも、独自性の高い研究を展開し、着実に専門誌に成果を発表している。また、4 グループ間の融合研究が進んでいる点も評価される。

社会還元として、適切な特許出願、企業からの関心度の高い研究成果、実用化の取り組みがすでに複数なされていることなど、着実な成果をあげている。

大学院生が常時 100 人程度加わっており、教育・若手研究者育成に大きな貢献を果たすとともに、研究センターの活力と新規性の高さに重要な貢献をなしている。

アジアでトップ、欧米を入れてもトップクラスの設備拠点であることの強みに加え、欧米の若手研究者からも魅力的と評価される研究環境を形成し、優秀な人材が集まっていることも、特筆される。

脳科学と情報通信工学を融合させた研究開発を進める世界的にも希な組織を創立し、将来のテラーメイド情報提示技術や脳情報インターフェイス技術、脳型ネットワーク技術などの実現にむけて高度かつ独創性の豊かな研究を進め、以下のような高い成果を挙げている。

- ヒトの視覚知覚体験に関する脳内表現解析理解技術の基盤を構築
- 高次脳情報の利用を目指し脳内視覚体験意味情報との対応 DB を構築
- 視覚情報の理解に必要な脳内の意味論的情報要素と構造理解を深化
- ヒトの指運動を例とし、意図の事前予測を可能とする知見を蓄積
- 脳内情報処理ネットワーク基礎的モデルを構築、医療応用が視野に
- 多様な計測法の実機試行に基づき 7T-MRI 計測技術の高度化を推進
- 視覚野の成長、立体視の階層構造等に関する高度な知見を蓄積
- ヒトの社会行動や気分障害に関する脳機能の理解を深化

学術的成果を国際的学術誌の論文等として多数発表している。

研究成果の社会実装に向け大きな努力も払われており、民間企業との実用化共同研究や、臨床応用に向けた検討などが開始されている。

CiNet International Conference の開催やインターンシップ研修員の受入等を通じ、研究者コミュニティへの構築と発展に貢献している。

自らの国際競争力の評価を海外の関連する主要研究機関をベンチマークとして実施し、良好な自己評価結果を得ている。

以上から、今期の目標を高い水準で達成していると思量する。

《今後の展開》

脳科学と情報通信との融合拠点として、国際的にも他に類を見ないユニークであり、今後さらに強力な研究拠点へと発展させることが強く望まれる。

多くの大学院生、欧米を含むグローバルな若手研究者が集まる、活気ある国際色豊かな研究環境が、一層整備されることも望まれる。

このような環境の中から、次期中長期目標として提案されている「ICT の新概念」「ICT によるヒューマンアシスト」「新しい価値創造」の 3 項目に、真に独創的な成果がもたらされると期待される。

次期においても、脳科学と情報通信工学を融合した総合的研究を推進する世界的にも希な、独創的視点から研究を推進するセンターとして、引き続き、認知的意味論を含めた脳機能の解明と知見のデータベース化、人間への支援技術への応用、新しい概念に基づく ICT 技術の創出への貢献が進められるものと強く期待する。

これまで視覚体験に関する脳機能の解明が主であるところ、聴覚体験が感性情報や空間情報の知覚、認知に果たす重要性を考えると、聴覚体験と視聴覚体験に関する脳機能の解明についても積極的な取り組みを期待したい。

脳科学と情報通信工学を融合した研究領域の中核研究機関として世界的な認知を受けることを目指し、従来の研究者コミュニティへの貢献を継続する他、センターの営みを一つの科学技術分野とするための国際会議の創設、実施、あるいは、世界中から中期、長期滞在研究者を招へいする仕組みの創設などを行うことも期待したい。

これまで蓄積し、今後も開発の進む独自技術・技能について、その世代継承と高度化が可能となる人事制度の構築を引き続き、積極的に進めていただきたい。

《項目別評点》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A委員	Ⓢ, A, B, C, D	Ⓢ, A, B, C, D	S, Ⓐ, B, C, D	S, Ⓐ, B, C, D	S, Ⓐ, B, C, D
B委員	Ⓢ, A, B, C, D	S, Ⓐ, B, C, D	S, Ⓐ, B, C, D	Ⓢ, A, B, C, D	S, Ⓐ, B, C, D

電磁波センシング基盤技術領域
外部評価委員会 評価

第3期中長期計画期間における研究計画等

《研究計画の概要》

大気中の化学組成の生成、変遷、分布に関わる情報抽出、都市上空及び都市内の物質拡散の状態や突発的な集中豪雨をもたらす気流の変化などのリアルタイム視覚化等を実現するためのリモートセンシング技術を確立する。将来の宇宙ミッションに耐えうる基本性能を達成するとともに、高速大容量情報伝送技術との親和性の高い技術の確立を目標とする。また、テラヘルツ領域を用いた同位体解析等、新たなリモートセンシング技術の開拓を進める。これらにより、地球温暖化、大気汚染、豪雨等に関する空間情報が有効かつタイムリーに利用される安心・安全な社会の実現に資する。

《想定する主な学術的成果》

- ①高精度ドップラーライダーと気象解析・モデリングとの連携により、都市上空における微量物質輸送メカニズムの解明に寄与する。
- ②高精度ライダーのモバイルオペレーションシステムと気象レーダとの連携により、豪雨発生メカニズム解明に寄与する。
- ③3THz 帯の周波数利用開拓につながるデバイス技術及び受信機技術の確立により、テラヘルツ分野の学術的基礎の構築に寄与する。
- ④SMILES 等の衛星観測で得られたデータの解析技術開発により、大気組成等を解析し、大気化学・力学プロセス解明に寄与する。
- ⑤電界分布解析等、電磁波の特性解析に関する学術的基礎を創出する。

《想定する主な社会還元の見通し》

- ①宇宙用レーザー技術を国内の関連機関に提供し、日本初の宇宙からのライダー観測の実現に寄与する。
- ②風及びCO₂の計測技術の展開を促進し、各種環境解析に利用できるようにする。
- ③SMILES 解析データの公開により、地球環境診断に関する従来にない超高精度データを利用できるようにする。
- ④テラヘルツ帯の高感度センサや発振器の技術を確立することで、無線通信、環境計測等に利用できる周波数帯域を拡大する。
- ⑤非破壊検査の技術を実用化し、新たな検査方法の確立、効率化に寄与する。

《研究開発の競争力》

- ①風及びCO₂を計測するライダー技術において、NASAのラングレー研究所と最高水準を競争中。
- ②宇宙用伝導冷却レーザー技術ではNICTが成功したものが国内唯一。
- ③テラヘルツヘテロダイナ受信機によるスペクトル分光解析は国内ではNICT 独自。量子カスケードレーザー技術では、3THz 付近を実現できる性能において NICT が国内優位。受信機性能においては、オランダ、中国と競争中。
- ④サブミリ波によるセンサ技術及びその解析技術は国際的に最高水準であり、国際的評価が高く、米国 NASA やスウェーデン等との国際連携による次世代衛星搭載センサ技術への発展を検討中。

《マネジメントの概要》

- ①光アクティブセンシング、環境スペクトロスコーピー、非破壊センシングの3つの軸を設けて基盤技術の研究開発を進める。
- ②光アクティブセンシング及び環境スペクトロスコーピーでは、次世代の宇宙用センサ実現に向けて、宇宙関係機関、またユーザとなる関係者等との連携を強化する。
- ③フェーズドアレイ気象レーダ・ドップラーライダー融合システム (PANDA) による観測実験、光コムやテラヘルツ周波数コムを利用した開発、テラヘルツ等の高周波技術等、NICT ならではの技術の確立を目指した開発のため内部連携を強化する。
- ④非破壊センシングでは、震災で被災した建造物の劣化状況を診断できる技術への応用を進めるため、委託研究課題「電磁波を用いた建造物非破壊センシング技術の研究開発」との密接な連携による推進、社会インフラ維持・管理技術に関する外部の研究開発活動との連携の推進を行う。

評価結果

《平成 27 年度の実績》

- ・ 順調に所期の成果を挙げているものと認められる。
- ・ ドップラーライダーの 1 秒値での風速精度 0.1m/s を達成したことは高く評価できる。
- ・ またエアロゾルと雨滴の同時計測に成功したことは粒径分布の高精度測定に有効な成果である。
- ・ 衛星搭載のライダーを目指したライダーのシステムの開発が順調に進んでおり、レーザ発振器の改良と受信系の改良により風計測を精度高く測定できることを実証しているのは評価できる。
- ・ 3THz 超伝導受信機について量子限界の 8 倍の雑音温度を得たことは特筆に値する。
- ・ テラヘルツの受信機を開発を進め、実際にメタノール分子などの分光に世界に先駆けて成功し、衛星搭載で大気観測を行う見通しを明らかにしている点は素晴らしいと思う。
- ・ 地球観測への実用化を念頭に置いて、テラヘルツ研究センターとの協力を更に進めていただきたい。

《今中長期目標期間の実績》

- ・ 当初の計画より全般的により進んだ顕著な成果が認められる。
- ・ ライダー技術開発に関しては、高い風観測精度の実証や、フェーズドアレイ気象レーダとの融合システムなど、地上での実証試験の進展が高く評価できる。
- ・ 搭載型ライダーシステムに関して十分な精度を得た。
- ・ テラヘルツ受信機開発について世界的にも高い目標を設定してこれを達成した。
- ・ テラヘルツ分光技術で受信システムの技術開発で世界的にも顕著な進展があり、ミリ波サブミリ波応用機器のデータ解析で多くの科学的成果を出しているのは評価できる。
- ・ 建造物非破壊検査システムの開発も順調な進捗を見せた。電磁波による非破壊検査法については、種々の建造物に関して実証試験がほぼ確立できたのを評価する。

《今後の展開》

- ・ 今後の地球観測のアクティブセンシングの衛星搭載機器として風・CO₂ ライダーシステムやテラヘルツ分光観測などは非常に重要であり引き続き開発を進めて頂きたい。
- ・ 地球環境計測や気象・災害対策などでのサイエンス貢献や実用など応用目的を考慮しつつ、機器の開発を進めて頂きたい。
- ・ 衛星搭載ライダーおよびテラヘルツ技術に関して、衛星搭載や数値予報への具体的応用を目指して研究を進めており、次期における成果が期待される。
- ・ 非破壊非接触センシングについては、実証試験から今後の新たな応用・実用化も含めて長期的な見通しの検討をお願いしたい。

《項目別評点》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A 委員	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	S, A, (B), C, D
B 委員	S, A, (B), C, D	S, (A), B, C, D	S, A, (B), C, D	S, (A), B, C, D	S, A, (B), C, D

第3期中長期計画期間における研究計画等

《研究計画の概要》

電波を使ったリモートセンシング技術により、地球全体の降水・雲の高精度な計測及び 10km-100km 規模の局地的現象の詳細、かつリアルタイムな計測の技術開発を目指して EarthCARE (雲エアロゾル放射ミッション)、GPM (全球降水観測計画) 等の衛星観測のアルゴリズムと検証方法の研究開発、次世代ドップラーレーダ等の地上レーダの信号処理技術の研究開発、航空機 SAR (合成開口レーダ) の高分解能性を利用した応用の検証と災害時に有効な迅速性のための研究開発を行う。

《想定する主な学術的成果》

レーダ技術として、世界的に先端的な技術を実証することのほか、この成果による全球気候モデルの精度向上、変化の速い局地気象の詳細な把握と予測モデル、火山、地殻変動、水門等の地表面の詳細な把握を通して、地球科学に関する飛躍的な学術的成果が期待される。

《想定する主な社会還元の見通し》

EarthCARE や GPM 等の衛星搭載気象レーダは地球科学的成果による長期的に人類の生存にかかわる情報を提供することになる。一方、地上レーダの気象観測等への活用や航空機 SAR は、安心安全な社会の構築に直接的に寄与する成果が期待される。

《研究開発の競争力》

GPM や EarthCARE といった宇宙プログラムは、国際的な協力体制が形成されてきており、センサ開発とアルゴリズム開発においては、TRMM (熱帯降雨観測衛星) などのレーダ・アルゴリズム開発能力が評価され NICT が中心的な役割を担っている。Pi-SAR2 は実用的なレーダシステムとしては世界的にトップの性能であり、NICT が国内の SAR 開発研究の中心となっている。SAR 技術は国際競争と安全保障上の優位性の確保の二面性があり国の開発機関としての役割を持つ。

《マネジメントの概要》

近年のレーダ技術の核心は信号処理である。これまで NICT 内で個別に研究開発していたレーダ技術を集約したことで、共通の基盤での研究者の相互啓発やリソースの有効活用を目指している。これにより W バンドレーダ、フェーズドアレイ気象レーダ、パッシブレーダなどの新規レーダ開発が促進されている。対外的な協力関係は、各分野の研究開発において必須であり、積極的に推進する。機構内連携プロジェクト 4 件に参画する。うち 1 件は当研究室が中心となる。

評価結果

《平成 27 年度の実績》

- ・ 順調に所期の成果を挙げているものと認められる。
- ・ フェーズドアレイ気象レーダとドップラーライダーを組み合わせたシステムの実証試験で非常に先進的な計測結果を出していることは評価できる。
- ・ フェーズドアレイ気象レーダを用いたゲリラ豪雨早期探知システム等などで、ソーシャル ICT 推進研究センターを活用しながら、新しい情報通信システムの社会的な活用への展開を開始しているのは評価できる。
- ・ PANDA について整備と実証実験が順調に進んでいることは高く評価できる。特にスマホアプリを用いた展開は有効な社会還元として特筆に値する成果である。沖縄における竜巻の観測も融合観測の有効性を実証した成果である。
- ・ MP-PAWR の開発は局所降雨計測の精度向上に大きく貢献するものと期待される。
- ・ 地デジ放送波を用いた水蒸気遅延の測定に成功したことは有効な成果である。
- ・ EarthCARE 検証用レーダの開発も順調に進んでいると認められる。

《今中長期目標期間の実績》

- ・ 当初の計画より全般的により進んだ顕著な成果が認められる。
- ・ ゲリラ豪雨装置探知などの実績をもとに、神戸市との協力や内閣府の SIP への参画など社会的な貢献が大きいことが特に評価できる。
- ・ PAWR 開発とその実証について顕著な成果を挙げたこと等、リージョナルセンシング技術開発について順調に進捗している。
- ・ Pi-SAR2 を用いた災害状況把握技術について着実に成果を挙げている。航空機搭載の SAR では、災害状況把握に大きな威力を発揮することを示し、高精度な地表面計測が可能であることを実証しており今後の展開が期待できる。
- ・ EarthCARE/GPM の解析アルゴリズム開発、検証試験が進んでおり、実際の活用が期待できる。
- ・ GPM アルゴリズムおよび EarthCARE 検証等、グローバルセンシング技術について世界をリードする技術開発を続けている。

《今後の展開》

- ・ SAR について引き続き災害時の利用を推進することで積極的な社会還元を進めることが期待される。リージョナル・グローバルセンシングに関しても現在の世界をリードする技術レベルを維持することが重要である。パッシブレーダ技術における新たなブレークスルーが期待される。
- ・ フェーズドアレイ気象レーダ、航空機 SAR、地デジ水蒸気計測、EarthCARE 衛星など、高度なレーダ技術を通じて災害対策への社会貢献と新たな気象学への展開を期待する。

《項目別評点》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A委員	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D	S, (A), B, C, D	S, A, (B), C, D
B委員	S, A, (B), C, D	S, A, (B), C, D	(S), A, B, C, D	(S), A, B, C, D	S, A, (B), C, D

第3期中長期計画期間における研究計画等

《研究計画の概要》

人類活動の対象となる地球圏宇宙空間（電離圏・磁気圏）の電磁環境予測（宇宙天気予報）を実現するための宇宙環境研究及び予報技術開発を行う。電離圏環境予測については、プラズマバブル到来予測（1時間先）システム開発と日本・アジア域・全球の2次元電離圏全電子数（TEC）マップ作成により、高精度電離圏予測モデルを構築する。また、大気圏モデルを結合した世界初の高解像度電離圏シミュレーションモデルによりプラズマバブルを含む電離圏擾乱生成予測を実現する。磁気圏環境予測については、地磁気脈動による放射線粒子加熱・消失モデルと全球磁気流体モデル（Global MHD）の融合により、放射線帯変動予測モデルを構築する。また、将来の高精度リアルタイムシミュレーションのための磁気圏シミュレーションコードの開発を進める。これらを実現するために、アジア・オセアニア域を中心に国際的で多種多様な宇宙・地球環境の観測及びデータ収集・管理・解析・配信を統合的に行う体制を構築する。更に、観測・センシング技術及び数値計算技術を高度化し、大規模データを処理するためのインフォマティクス技術を確立する。

《想定する主な学術的成果》

アジア・オセアニア域での準リアルタイムプラズマバブル生成・伝搬モデル、及び下層大気・磁気圏の影響を含む高精度大気圏・電離圏結合モデルを確立し、1時間先の電離圏擾乱予報を実現する。磁気圏の高エネルギー粒子モデル及び高精度 Global MHD モデルを確立し、keV～MeV 粒子による衛星軌道上の電磁環境の数値予測を実現する。

《想定する主な社会還元の見通し》

通信・放送・測位の3大電波インフラの安定的運用のための情報を提供する。特に現在検討が進められている国際民間航空機関（ICAO）の宇宙天気情報利用へ寄与する。極端現象の際の電力網や衛星の保全を可能にする影響の想定を行い、過不足のない対応を可能にする。

《研究開発の競争力》

NICT が有する東南アジア域電離圏・地磁気観測網は世界に類を見ない規模の観測システムである。また、極端現象を表現しうるロバストな磁気圏モデル、下層大気の影響を含んだ電離圏モデルなど、最先端の数値予測シミュレーションモデルの研究開発を進めている。更に、NICT の有する情報通信技術を活用し、観測網や数値シミュレーションによって得られる多様な大規模なデータの解析を実現するための科学研究用クラウドは世界最大規模である。

《マネジメントの概要》

当研究室のコア技術をシミュレーションコード開発とし、観測をその検証および入力情報提供と位置付け両者の関係を明確にするとともに、観測・シミュレーションの個別技術開発をインフォマティクスによりサポートする。科学研究や実用技術開発については国内外大学・研究機関及び民間企業と協力し、高度な物理メカニズムに基づいた宇宙天気予報の実現を目指す。インフォマティクスについては、連携プロジェクトなどを通じて統合データシステム研究開発室をはじめ NICT 所内の情報通信系研究所・研究室との協力により進める。

評価結果

《平成 27 年度の実績》

- ・ 順調に所期の成果を挙げているものと認められる。
- ・ 高解像度 TEC マップのリアルタイム性が著しく向上したことならびにプラズマバブルの 1 時間予測について、日本への到来予測を今年度中に実現できる見通しを得たことは高く評価できる。
- ・ 電波利用に大きな影響を与えるプラズマバブル発生などの電離圏の擾乱をモデル計算による再現ができ、その到来予測まで可能としていることは重要な成果である。
- ・ ICAO をはじめとする国際的な宇宙天気の検討に参画して積極的な活動を行っていることが評価できる。

《今中長期目標期間の実績》

- ・ 当初の計画より全般的により進んだ顕著な成果が認められる。
- ・ 太陽電波観測装置やイオノゾンデ、東南アジアの観測ネットワークなどの観測機器の整備により重要な観測データを取得できるようになっており、それが宇宙天気予報に生かされ、重要な進展が得られている。宇宙天気の極端現象まで対応できるモデル開発ができていいるのは評価できる。
- ・ 太陽電波観測設備および太陽風観測データ受信設備の整備が順調に完了した。
- ・ GAI の開発も計画通り順調に進捗しているものと認められる。
- ・ さらに極端現象のシミュレーションについても成果を挙げた。

《今後の展開》

- ・ 観測及び衛星データ解析とシミュレーションコードの高精度化などによる太陽地球系の現象解明およびサイエンスの高度化と、宇宙天気予報の実務活動を車の両輪のようにうまく両立させているので、引き続き進めて欲しい。太陽・磁気圏・電離圏のそれぞれの領域の理解の深化とともに、領域間結合を重視してシミュレーションコードと予測モデルの開発を進めて欲しい。太陽フレアや太陽風に関する発生予測は、宇宙天気予報のリードタイムを延長させるなど重要な課題であり、進めて欲しい。
- ・ 宇宙天気予報に必要な要素技術についてはおおむね整備され、次期には実利用のためのシステム開発が期待される。特に航空管制などの分野への社会還元が期待される。

《項目別評点》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A委員	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	S, A, (B), C, D
B委員	S, A, (B), C, D	S, A, (B), C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D

電磁波センシング基盤技術領域外部評価委員会 時空標準技術

電磁波計測研究所 時空標準研究室 (室長:花土 ゆう子)

※ テラヘルツ研究センター テラヘルツ連携研究室 の一部を含む

第3期中長期計画期間における研究計画等

《研究計画の概要》

周波数標準の高精度化、高信頼化のため、

- ①新領域 (THz 帯など) の周波数標準及び日本標準時の高度利用技術
- ②光領域の周波数標準の開発
- ③その評価のための時空計測技術の高度化、等の研究開発を実施する。具体的には、5桁程度の精度をもつ1THz 前後の周波数標準の実現、日本標準時システムの高度化と分散管理技術の開発、新しい原子種の光標準開発による16桁精度の実現、その国際評価に必須となる高精度時空計測技術の開発を実施する。

《想定する主な学術的成果》

- ①究極の確度を持つ光標準の開発においては、国際委員会で承認されるトップレベルの計測データを示すことにより、秒の再定義の議論を国際的に牽引する。
- ②THz 帯における周波数標準の確立と絶対周波数計測システムの構築により、THz 帯精密周波数計測技術が大きく向上する。
- ③衛星仲介時刻比較の向上に加え、それとは独立な VLBI 時刻比較技術の確立により、光標準の国際リンクに必要な大陸間超高精度時刻比較技術の信頼性を向上する。

《想定する主な社会還元の見通し》

- ①標準時の高周波化で、時刻と周波数国家標準の品質が向上する。また、分散管理により、時系多重化による信頼性向上と拠点拡張を実現する。
- ②THz ワンストップラボの重要機能として THz 周波数標準を提供し、未開拓領域である THz の実利用技術開発を促進する。
- ③最先端の超精密計測技術が結集し蓄積する技術拠点として国内外の技術開発を牽引する。

《研究開発の競争力》

- ①時間・周波数・空間の基準構築において、総合的な研究開発実績を持ち、かつ、各分野において国際的な高評価を維持 (例:世界トップレベルの光標準、高品質な日本標準時、国際技術開発センターを担う VLBI 技術など)。
- ②1機関内にこれらの技術が結集する機関は世界的にも稀であり、同業機関と比べても強い競争力を持つ。

《マネジメントの概要》

- ①先端研究から定常業務まで広範な活動を効率的に進めるため、複数の研究マネージャーがテーマ毎に統括担当。
- ②標準電波送信業務は主に電波利用料にて実施する。
- ③外部資金を積極的に獲得する (CREST や FIRST 等大型外部資金にも参加)。
- ④国際標準構築活動のため海外の主要標準機関と密接に連携する。国内では国立研究機関や大学との共同研究なども実施する。要素技術の応用展開のため、他分野との連携も活発に行う予定である。所内連携の一環として今期4件の連携プロジェクトに参加する。

評価結果

《平成 27 年度の実績》

- ・平成 27 年度の単年度の実績については、順調に推移し、所定の年度目標を達成したと評価する。
- ・Sr 光標準は CCFI へ貢献を果たし、開発が着実に進んでいる。
- ・Cs 原子泉 2 号機の再評価、日本標準時の UTC との同期改善、日本標準時の分散管理など、時系の根幹部分も中期目標達成、あるいは達成確実となっていて、着実に改良と開発が進んだ。

《今中長期目標期間の実績》

- ・世界最先端の成果が得られた THz 標準、衛星双方向周波数比較をはじめ、本中期の進捗は目覚ましい。
 - ・とくに衛星双方向による光時計のドイツとの比較は、NICT で長年蓄積されてきた複数の技術と、衛星利用を含む特徴的なリソースを結集して達成された、他機関では実現困難な非常に優れた成果である。
 - ・光標準も Ca⁺の確実な計測が評価され、Sr も急速に立ち上がった。
 - ・日本標準時の震災対応、それを受けての分散管理やシステムの冗長化など、供給面での信頼性向上に向けて、たゆまざる努力がなされている。
 - ・VLBI 周波数比較技術も着実に進展した。
 - ・周波数は、国際単位系においてももっとも高い精度もつ重要な基準であり、また、時刻は日常生活から ICT 社会で生成・利用されるデータや記録の基盤となるもので、いずれも社会的にきわめて重要な意義をもつ。この周波数および時刻について、生成、計測、伝送・比較などに係る最先端技術研究、および、標準時定常業務の2点に関して、中長期目標に対しての実績を評価した。これを、研究および定常業務に分けて記述する。
1. 最先端技術の研究について
 - ・周波数および時刻標準の生成においては、10⁻¹⁶ 台の高い精度を平均化時間 1 日程度で達成することを目標に研究を進めた。成果として、Sr 光格子時計において、数時間の平均により確度 16 乗台を実現し、中期目標を達成したことが、高く評価できる。

- ・これにより、国際的な秒の再定義などに貢献することが期待される。また、既存のセシウム標準についても新型標準器の高精度な評価を進めており、光標準とセシウム標準それぞれの特性を生かしながらシステム化することで、定常業務の標準時システムの確度や安定度がさらに改善されることが期待できる。
 - ・周波数計測においては、電波の未開拓分野として残されていた THz 領域(0.1~3THz)において、ターゲット領域全般で 10^{-9} を超える精度、また、一部の領域では、さらにそれを上回る 10^{-17} オーダの精度を達成するなど、中期目標である 10^{-5} 程度を大幅に上回る成果をあげたことが、高く評価できる。
 - ・目標を上回った部分の産業上の価値は、今後さらなる調査検討が必要であるが、光通信ではヘテロダイナミクス検波をはじめ、従来の電波と光波技術を融合した広帯域通信の技術開発が進んでおり、今回の高精度計測技術の成果は、特に通信分野で大きい価値をもたらす可能性がある。
 - ・周波数および時刻標準の伝送・比較においては、大陸間規模で離れている光周波数標準の相互比較において、 10^{-16} 台の精度を1日程度の平均化時間で評価する技術を確立することを目標とした。結果として、1秒平均で世界最高となる 0.2ps の精度、また、 10^{-17} 台の安定度をもつ革新的な衛星双方向時刻比較技術を開発した。この技術により、約 1 万 km の大陸間長基線において実験を行い、中期目標を達成できたことを実証した点が高く評価される。
- これにより、高精度な光標準を用いた国際的な連携・協調が容易になると考えられる。

2. 標準時に関する定常業務について

- ・標準時の発生・維持・供給・校正に関する技術開発を行うとともに、それらを用いた設備を的確・安定に運用して定常業務を遂行し、社会に大いなる貢献をしたと高く評価できる。地震などの災害があっても、これらの業務が継続できることが社会から強く期待されている。この点について、技術開発を行うのみならず、実際に設備を展開・運用して、標準時に関するサービスの対災害性強化に取り組み、効果をあげると高く評価できる。
- ・標準時の発生・維持について、現在の秒の確度の基準である Cs 一次標準について高精度な新型機を開発し、また、標準電波について、 10^{-12} オーダの校正システムを開発するなどの進展があった。結果として、日本標準時の時刻の確度、および周波数の安定度が改善されたことが高く評価できる。
- ・標準時の供給について、中期目標に基づいて、標準電波送信システム(福島県および佐賀県の2か所に設置)について、監視・制御系を冗長化するとともに、システムの遠隔操作を可能にした(一部、見込みを含む)。
- ・大規模な事故発生時やパンデミックの発生などにおいては、人の移動・立ち入り制限が行われる可能性がある。このような事態を想定した無人運用対応のため、福島県の施設について、遠隔運用制御システムの導入や監視・制御系の冗長化を実現した。佐賀県施設についても同様な対応が完了見込みである。したがって、中期目標を達成することが確実であり、高く評価できる。
- ・NTP サーバについても、1日あたり 15 億(H27.9)という国際的にみてもトップクラスのアクセス実績をもち、インターネットやモバイルコンピューティングの重要な基幹サービスとして、利用組織や個人から絶大な信頼を得ている点が、高く評価できる。
- ・標準時の校正については、従来からの搬入校正や GPS コモンビューの遠隔校正を行っている。これに加えて、安定度が改善された標準電波を用いると Rb 二次標準クラスの周波数校正などが可能になると考えられ、高精度で多様な校正方法が可能になった点が、高く評価できる。

《今後の展開》

- ・秒の再定義など、社会的にきわめて影響が大きな事項については、単に技術的に貢献するのみならず、広く国民に対して、必要性やメリットを含めて適切な啓蒙活動をし、時刻や周波数への興味・関心を広げる機会としていただきたい。
- 「うるう秒」の今後の動向については、産業上、影響を受ける組織・利用者も多いので、迅速な情報提供を行っていただきたい。
- ・NTP サーバについては、基幹サービスとしての重要性は、今後の IoT 技術によりますます高まると考えられるので、標準電波送信システムと同様な災害対策を行うこと、およびヒューマンエラーを始めとする共通モード障害対策を行うことなどについて、技術や設備・運用面でさらなる改善の余地がないか、検討していただきたい。
- ・最先端の研究から標準供給まで、いろいろな立場の方が結集している。各人がやりがいをもって研究・業務に取り組めるマネジメントがこれまでの成果から推察できるので、今後も継続されることを期待する。
- ・Sr 光標準の新方式は、他と比べて最も直接的な不確かさ低減対策をとっているため、その成果が注目される。また、新しい方式のイオン光標準も着実に進んでいて期待したい。
- ・衛星双方向比較は、不確かさの限界への挑戦に期待するとともに、多国間など利用方法の広がりにも注目したい。

《項目別評点》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A委員	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D	(S), A, B, C, D	(S), A, B, C, D	S, (A), B, C, D
B委員	S, (A), B, C, D	S, (A), B, C, D	(S), A, B, C, D	(S), A, B, C, D	(S), A, B, C, D

電磁波センシング基盤技術領域外部評価委員会 電磁環境技術

電磁波計測研究所 電磁環境研究室 (室長:松本 泰)

※ テラヘルツ研究センター テラヘルツ連携研究室 の一部を含む

第3期中長期計画期間における研究計画等

《研究計画の概要》

電子機器、省エネルギー機器等からの電磁波が情報通信機器・システムに与える影響や、電磁波が人体や他の電子機器等に与える影響を正確に測定・評価する技術、ミリ波・テラヘルツ波等の超高周波数の電磁波を精密測定する技術、無線機器の試験・校正技術の研究開発を行い、安心・安全に電磁波を利用できる環境の確保に資する。具体的には、①通信システム EMC 技術、②生体 EMC 技術、③試験・校正技術、④超高周波計測技術の各項目について研究開発を行う。

《想定する主な学術的成果》

①通信システム EMC：電磁干渉発生の解析手法、雑音モデルと通信への影響評価法、電波伝搬特性計測法など。②生体 EMC：数値人体モデルの構築手法、電磁界大規模数値計算手法（ソフト・ハード）、電波利用機器近傍の電磁界高精度評価技術。③試験・校正：高周波信号の精密測定、高精度アンテナ較正法、不確かさ評価法及び低減技術。④超高周波計測：ミリ波・テラヘルツ電磁波の精密測定、テラヘルツ分光・イメージング装置の性能評価技術、テラヘルツ帯材料における標準的評価方法。

《想定する主な社会還元の見通し》

①国際・国内技術基準への反映（雑音測定技術、アンテナ較正技術、電磁干渉評価、新電波利用に対する電波防護指針適合性評価技術）。②WHO の健康リスク評価や国際ガイドライン策定への寄与。③較正業務、試験業務を通じた研究成果の実用化と社会還元。④機器間・機器内電磁干渉の低減による周波数有効利用効果。⑤ミリ波・テラヘルツ波帯の通信利用の促進、ミリ波・テラヘルツを用いた材料測定・特定、医療材料評価、非破壊検査技術への寄与。

《研究開発の競争力》

①通信システム EMC：原理から応用まで一貫した干渉測定・評価技術で優位。②生体 EMC：電波ばく露評価技術において世界トップレベルを維持。③試験・校正：世界最高水準の電波暗室、測定設備を整備。④超高周波計測：NICT の持つテラヘルツ関連の総合技術力で世界を牽引可能。

《マネジメントの概要》

①今中長期発足の超高周波計測を重点的に推進。②新棟への研究室・実験室の集約化に伴う効率化。③テラヘルツ連携 PJ、高精度 E0/OE（電気/光学・光学/電気変換）計測基盤技術連携 PJ、「うめきた」導入に向けた超臨場感実証実験システムの開発連携 PJ、「うめきた」実証実験に参画。④総務省電波利用料受託、競争的外部資金への積極的応募を行う。⑤外部資金と NICT 交付金のバランスの改善に努力する。

評価結果

《平成 27 年度の実績》

- ・ 4 分野それぞれで計画通り、あるいは一部計画を上回る成果が得られる見込みであり、学術的な成果、および国際標準化活動を含む国際競争力につながる成果は高く評価できる。また、超高周波非破壊センシング技術の実応用も広がってきていて、学術的成果あるいは超高周波計測等の基盤技術の社会還元の代表的な例と言える。
- ・ 平成 26 年度と比較して、研究リソースとしての人員の強化が図られたことは評価したいが、平成 23 年度の状況にほぼ戻ったレベルである。今後も引き続きご努力いただきたい。
- ・ 各分野において、期待される以上の研究成果を収め、LED など新しい EMC 問題やセンシング技術について多数の先進的な学術的情報発信をして高い評価を受けている。あるいは、試験較正法などについて緊急性の高い業務に反映させて国際標準化等でグローバルなリーダーシップの役割を果たしている。社会実装に向けた取組みとして、ユーザ向けの実用的なガイドとプラクティスガイドが評価できる。
- ・ リソースが限られている環境のなかで、パーマナントな研究スタッフを増員し、マネジメントについて改善していると評価できる。

《今中長期目標期間の実績》

- ・ 電磁環境技術分野で、わが国および世界をリードする代表的な研究機関として、学術的にも高いレベルの研究開発と、社会還元としても位置づけられる技術基準・試験較正業務などにバランスよく取り組んでいる。中期計画を適切に実行することにより、国際的にも高く評価されている研究成果があがっており、国際標準化活動などでもわが国提案の戦略的な取組みに大いに貢献している。省エネ機器からの電磁障害発生、ミリ波までの生体 EMC、ミリ波・テラヘルツ波帯の計測技術など、最先端の研究領域を切り拓くとともに、実用的な貢献も大きい。
- ・ 当初計画していた目的・目標を十分に達成してそれを超える項目とレベルの成果もあり、学術的情報発信に加えて、国際標準など業務への反映による社会還元もよく行われていて、これらの取組みによる国際的リーダーシップと電磁環境分野への貢献の展開も含めて、高く評価できる。とくに、期間中に意識された、省エネルギー機器や WPT などの新しい課題にもタイムリーに成果を上げた随時の対応は高く評価できる。

《今後の展開》

- ・ 最近ではイノベーション、すなわち新たな社会的価値や経済的価値を生み出すような技術革新などが重視されるが、国立研究開発法人としての NICT は、例えば、計測、評価技術などの基盤的技術を最先端レベルへ向上、発展させ、様々な技術領域に展開しうる基礎力をしっかりとつことが重要である。そのような高いレベルの基盤的技術力が、イノベーションの原動力となるはずである。また、国際標準化や試験・較正業務などは、それらと先端的な研究開発とのリンクを適切にとることによって、継続的で安定なリソースの確保に引き続き努力いただきたい。
- ・ 業務への反映に緊急性が求められる分野についても、学術的成果の普及を図っていただき、適切な時期までに学術的情報発信を推進していただけるような取組みが、卓越した国際的競争力を維持するためにも強く期待される。
- ・ 電磁環境の分野はますます問題が多様化して取り組むべき問題課題が拡大しているが、NICT のリソースにはかなり制約がある環境のなかでリソースの拡大・確保とともに、研究課題の優先度や成果展開について引き続き効果的計画の工夫をお願いしたいと期待される。

《項目別評点》

項目	①目的・目標	②学術的成果	③社会還元	④国際競争力	⑤マネジメント
A 委員	S, A, (B) , C, D	S, (A) , B, C, D	S, (A) , B, C, D	(S) , A, B, C, D	S, A, (B) , C, D
B 委員	(S) , A, B, C, D	S, A, (B) , C, D	(S) , A, B, C, D	(S) , A, B, C, D	S, (A) , B, C, D

平成 27 年度外部評価（期末評価） 評価の観点等について

評価は、以下の「目的・目標」、「学術的成果」、「社会還元」、「国際競争力」及び「マネジメント」の5つの評価軸を設定し、その評価軸ごとに、Bを標準として、S、A、B、C、Dの5段階の評点付けをおこなった。

以下に、評価軸ごとの評価の観点と評価基準の例を示す。

評価軸ごとの評価の観点

1 目的・目標

中期目標・中期計画を踏まえた上で、それを具体化した目的・目標は形骸化していないか(目標とする成果は陳腐化しないか・していないか)、適切な見直しが行われているかの観点等から妥当性・戦略性を評価する。

また、目標の達成に向けた実施計画について、「達成内容・実施計画が具体的かつ明確に設定されているか」、「実現性はどうか」、「技術動向や社会経済活動等の変化に対応したものか」の観点等からその妥当性を評価する。

2 学術的成果

該当する研究分野における基盤・基礎技術の確立に向けた貢献の度合い、あるいは独創性、革新性及び先導性等(科学技術の向上)の観点から、主要な論文誌・国際会議に採録されたか、賞を受けたか等、研究開発課題の学術的意義や効果、業績等の進捗状況进行评估する。

なお、知的財産の成果(特許等の取得)等のアウトカムに係る評価については、「3 社会還元」の項において行う。

3 社会還元

研究開発課題の成果が社会経済(科学技術コミュニティの分野も含む)にどのように貢献(成果の普及や社会経済活動へのインパクト及び実用化の状況等)したか(又はしているか)の観点から評価する。中期目標期間後の成果展開の適切なロードマップは描かれているかについても考慮する。

なお、国際標準の獲得やそれに向けた国際レベルでの戦略的取組については、「4 国際競争力」で行う。

4 国際競争力

研究開発課題の目標、達成度、成果等が国際水準に比して先行したものであるか、産業・経済等の国際競争力の向上(国際標準の獲得や他国に優る研究成果等)に寄与しているか、更に地球規模の課題解決につながる研究開発課題であるか等の国際レベルでの戦略的な取り組みが行われているかという観点から評価する。

5 マネジメント

所与のリソースの中で効率的・効果的な実施体制になっているか、他の研究機関や所内との連携・協力は適切か、外部資金の獲得状況はどうか、人材育成に対する取り組みは適切か等について評価する。

評価基準（Bを標準とする）の例

- S : それぞれの観点において、特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。
- A : それぞれの観点において、顕著な成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められる。
- B : それぞれの観点において、成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められる。
- C : それぞれの観点において、より一層の工夫、改善等が期待される。
- D : それぞれの観点において、抜本的な見直しを含め特段の工夫、改善等が求められる。