

# 重点研究開発分野の検討状況

---

令和2年2月  
事務局

<b>前回の技術戦略からの新たな動きと現状の課題</b> .....	<b>2</b>
<b>主な研究テーマに関する前回の技術戦略答申時 （平成27年（2015年）7月）からの進展</b> .....	<b>10</b>
<b>次期戦略の重点研究開発分野と課題（案）</b> .....	<b>20</b>
<b>各種政府戦略等（再掲）</b> .....	<b>30</b>

## 前回の技術戦略からの新たな動きと現状の課題

- 日本の社会構造の変化
- デジタル・テクノロジーの社会への浸透
- 通信トラフィックの増大
- デジタル格差／デジタル社会の脆弱性
- 我が国の自然災害の発生状況
- 我が国における研究成果の国際比較
- 我が国における研究開発費及び研究人材の流れ

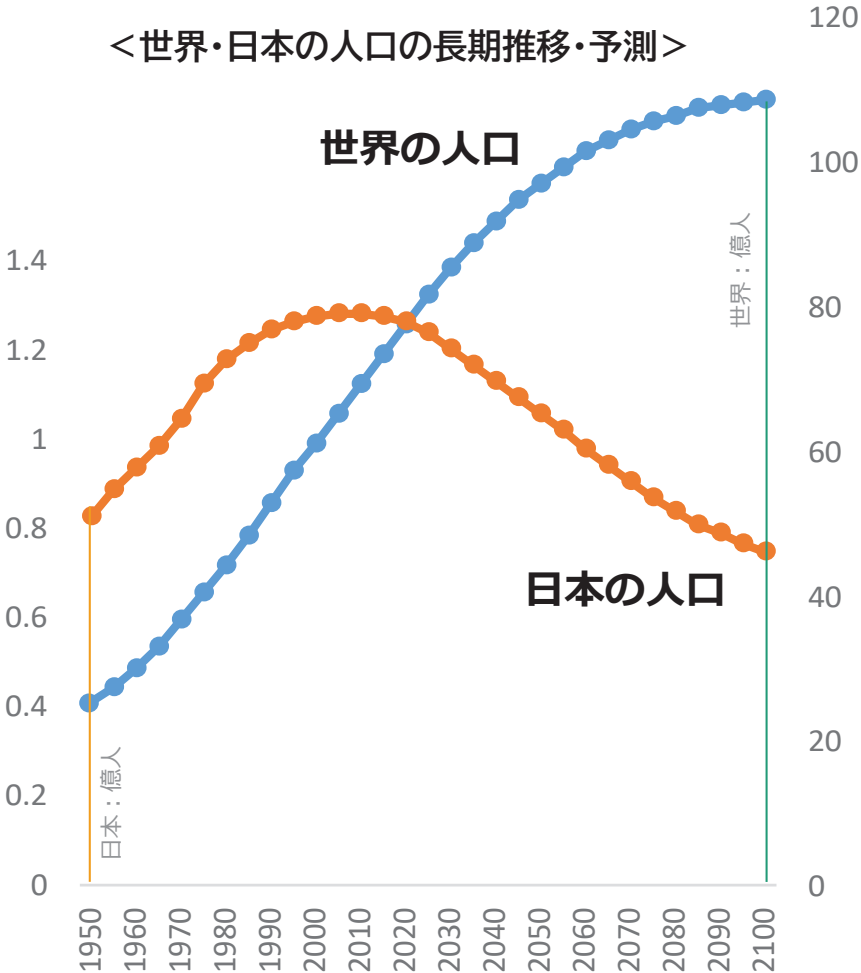
# 日本の社会構造の変化

- 日本社会において急速に進展する人口減少、高齢化・少子化は、我が国の産業・地域の姿や雇用・労働環境など様々な方面に対して、これまで我が国が経験したことのない構造変化をもたらすと予測されている。

## 急速な人口減少

- 日本の人口は2010年(1.28億人)をピークに減少。
- 一方、世界人口は引き続き増加。

<世界・日本の人口の長期推移・予測>

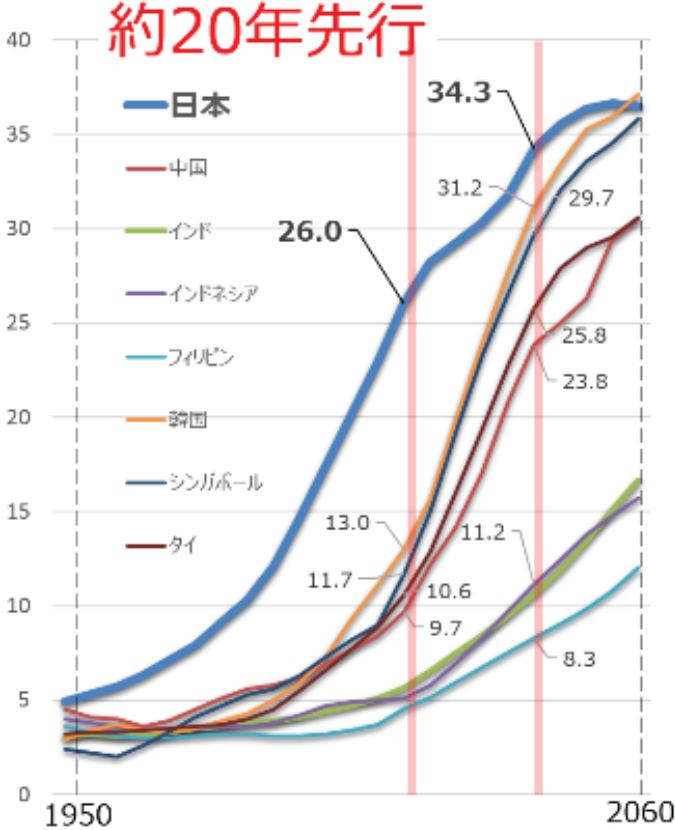


(UN World Population Prospects より総務省作成) (予測値については、Medianの値を使用。)

## 未知の高齢化

- 2042年には団塊ジュニア世代が高齢者となり、高齢者人口がピークに。
- アジア諸国より約20年先行して超高齢化を経験し、未知の世界へ突入。

<アジア諸国の高齢化率の推移>



(出典: 総務省「自治体戦略2040構想研究会(第1回)」事務局提出資料)

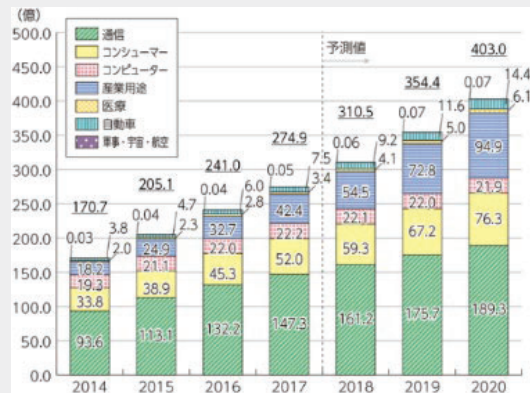
(出典) デジタル変革時代におけるICTグローバル戦略懇談会報告書 参考資料 (令和元年5月 総務省)

- **AI、IoT等のデジタル・テクノロジーの社会への浸透**が進んでおり、今後、様々な産業においてデジタル化が進展。
- 超高速・多数接続、超低遅延の**第5世代移動通信システム (5G)** により、デジタル化が更に加速。

## IoT

### 世界のIoT機器数の推移・予測

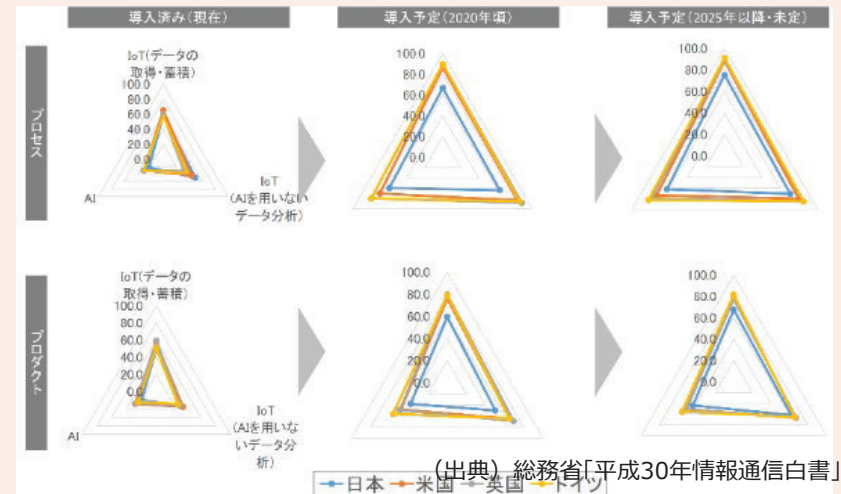
- 世界のIoT機器数は、2017年に約270億個に達し、2020年には約400億個になると予測。



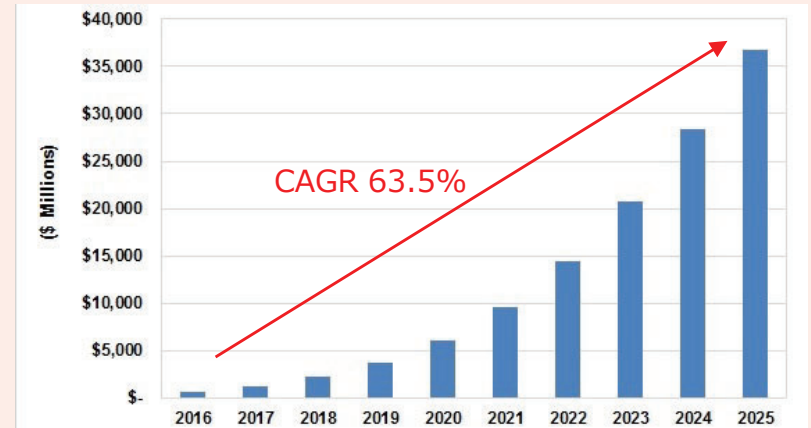
(出典) IHS Technology "The Internet of Things: A movement, not a market"(2017)

## AI AIの導入状況

- AIの利用は今後着実に進展し、市場も急速に拡大するとの予測。



## AIの市場規模



(出典) Tractica "Artificial Intelligence Market Forecasts"(2019)

### <5Gの主要性能>

超高速  
超低遅延  
多数同時接続

最高伝送速度 10Gbps (現行LTEの100倍)  
1ミリ秒程度の遅延 (現行LTEの1/10)  
100万台/km<sup>2</sup>の接続機器数 (現行LTEの100倍)

### 5Gは、AI/IoT時代のICT基盤

低遅延

移動体無線技術の高速・大容量化路線

2G 3G 4G → 5G

同時接続

# 5G

**超高速**

現在の移動通信システムより100倍速いブロードバンドサービスを提供

⇒ 2時間の映画を3秒でダウンロード

**超低遅延**

利用者が遅延(タイムラグ)を意識することなく、リアルタイムに遠隔地のロボット等を操作・制御

⇒ ロボット等の精緻な操作をリアルタイム通信で実現

**多数同時接続**

スマートフォン・PCをはじめ、身の回りのあらゆる機器がネットワークに接続

⇒ 自宅屋内の約100個の端末・センサーがネットに接続

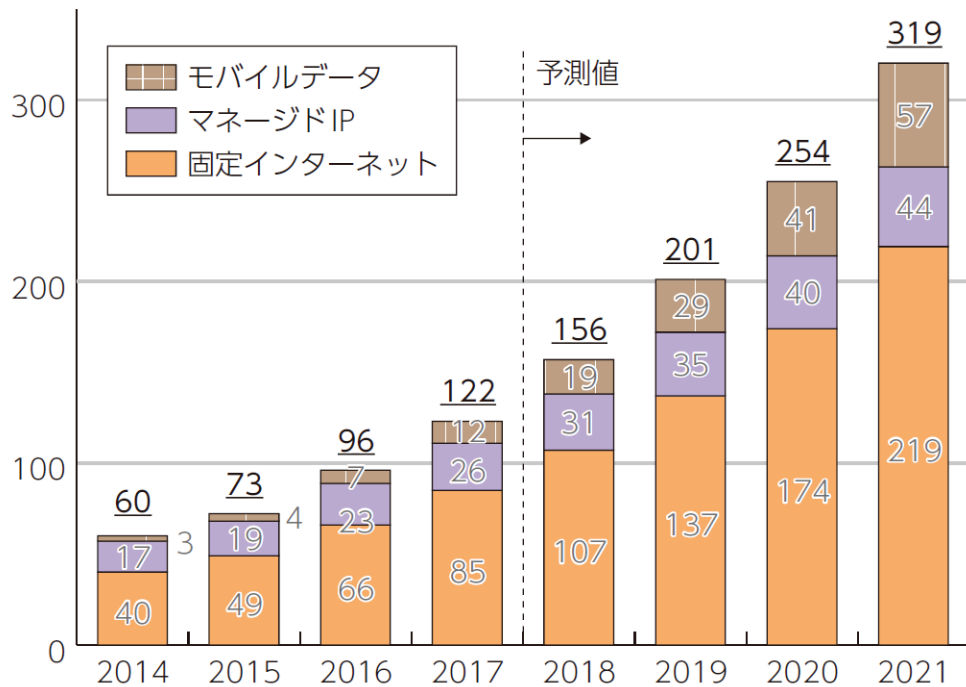
社会的なインパクト大

# 通信トラフィックの増大

- 世界のトラフィックは2018年から2021年にかけて2倍に増加。2021年には319エクサバイト/月に。
- IoTデバイス数も増加。特に高成長が予測されているのは「自動車・輸送機器」「医療」「産業用途」。

### 世界のトラフィックの推移及び予測

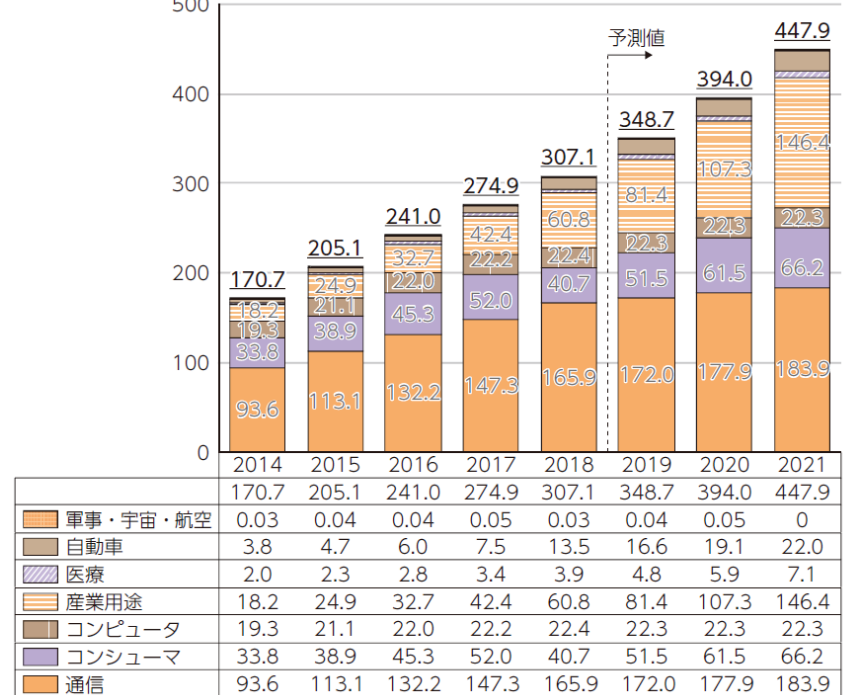
(エクサバイト/月間)



資料：令和元年版情報通信白書（出典：CiscoVNI）

### 世界のIoTデバイス数の推移及び予測

(億台)



資料：令和元年版情報通信白書（出典：IHS Technology）

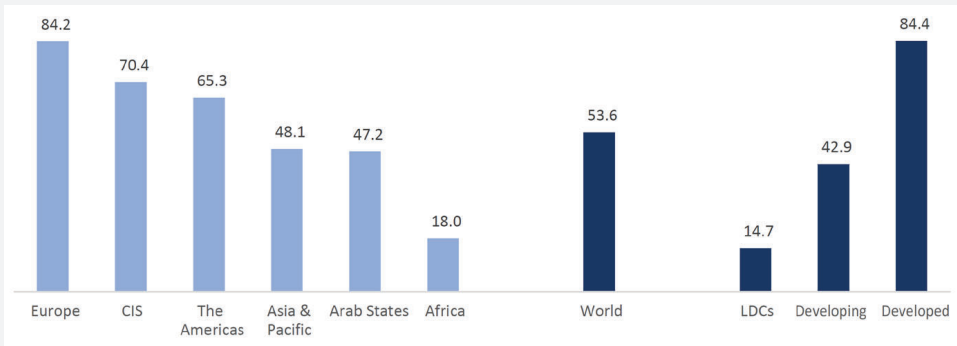
■ IoTデバイス数の増加も含め、トラフィックの増大に対応するための技術開発が引き続き必要になっているほか、産業用途向けの通信品質を実現するための通信技術の確立も急務。

(出典) デジタル変革時代におけるICTグローバル戦略懇談会報告書 参考資料 (令和元年5月 総務省)

- 社会・経済のデジタル化が進展する一方で、**デジタル社会にアクセスできる者・できない者の格差が生じる。**
- また、高度にデジタル化した社会では、**サイバー攻撃の脅威も増加。**

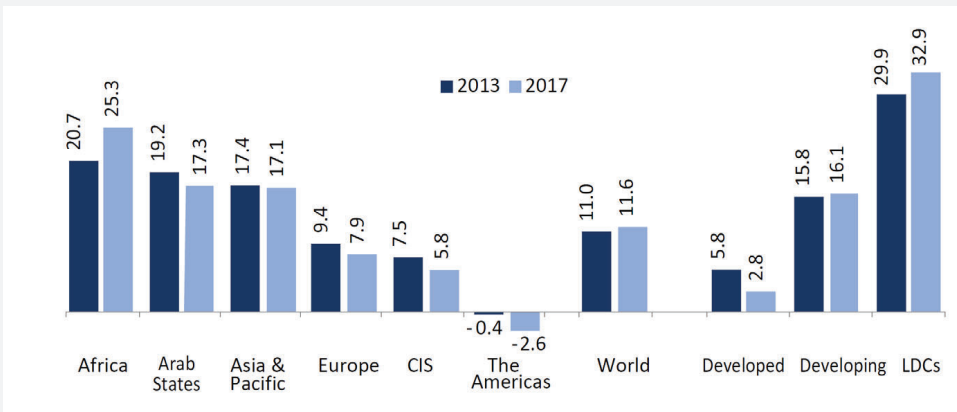
## デジタル格差

### ● インターネットの世帯普及率 (地域別)



(出典) ITU "ICT Facts and Figures 2017"

### ● インターネットの普及率 (性別による利用率の差)

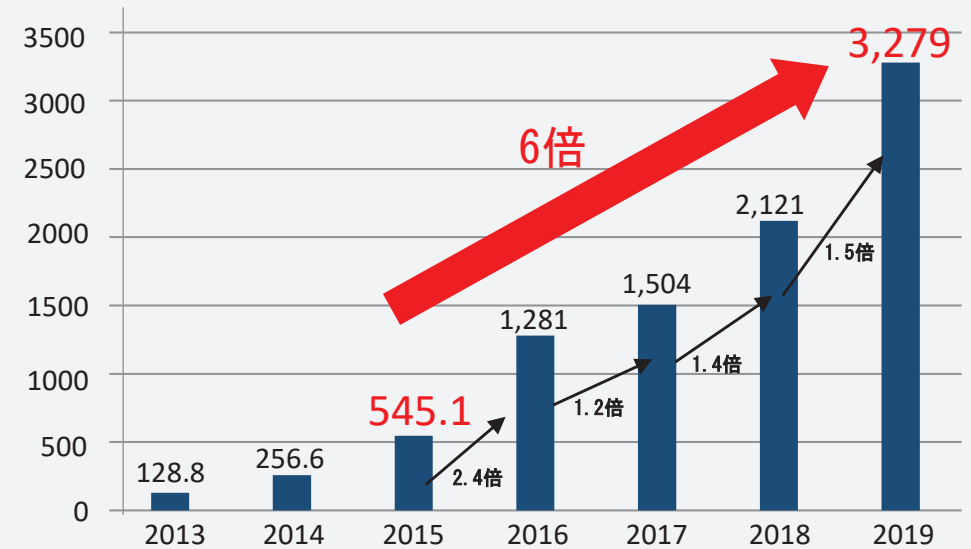


(出典) ITU "ICT Facts and Figures 2017"

## サイバー攻撃の増加

- ・ 情報通信研究機構 (NICT) では、未使用のIPアドレス30万個 (ダークネット) を活用し、グローバルにサイバー攻撃の状況を観測。
- ・ 2019年は3,279億回の攻撃を確認

(パケット数 (億))



(出典) 情報通信研究機構「NICTER観測レポート2019」

## データ漏えいの増加

全世界のデータ漏えい件数 **33億件 (2018年上期)**

(出典) gemalto "Data Breach Index"(2018)

## サイバー犯罪による被害の増加

全世界における被害額 **6,080億ドル (2017年)**

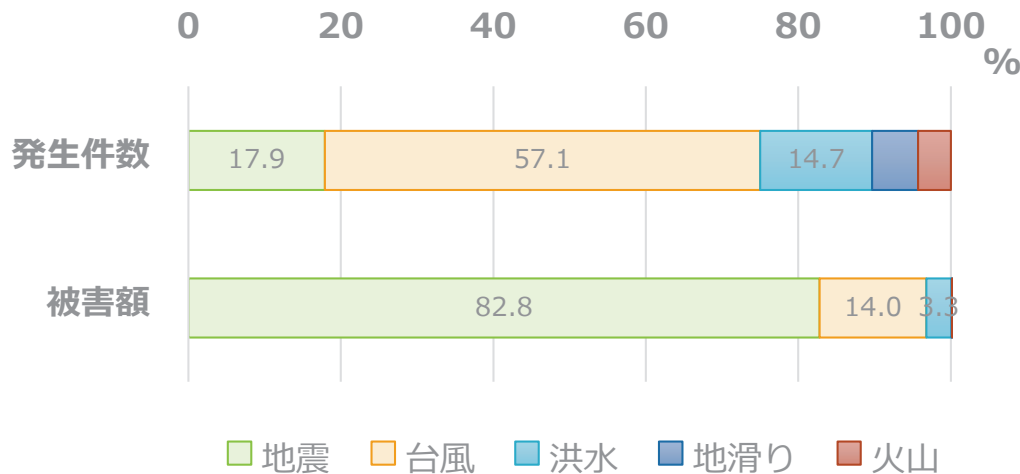
(出典) CSIS & McAfee "Economic Impact of Cybercrime"(2018)

(GDPの0.8%分が失われた計算)

# 我が国の自然災害の発生状況

- 我が国における自然災害による被害の内訳を見ると、**発生件数は「台風」が57.1%と最も多く**、次いで**「地震」「洪水」が多い**。（被害額は広域に甚大な被害をもたらす**「地震」が8割超を占めている**）
- 平成30年7月豪雨（西日本豪雨）のような激甚災害指定の豪雨災害をもたらす大雨の発生件数が、過去35年で1.45倍に増加。気候変動の影響により水害による**激甚災害の頻発も懸念**。

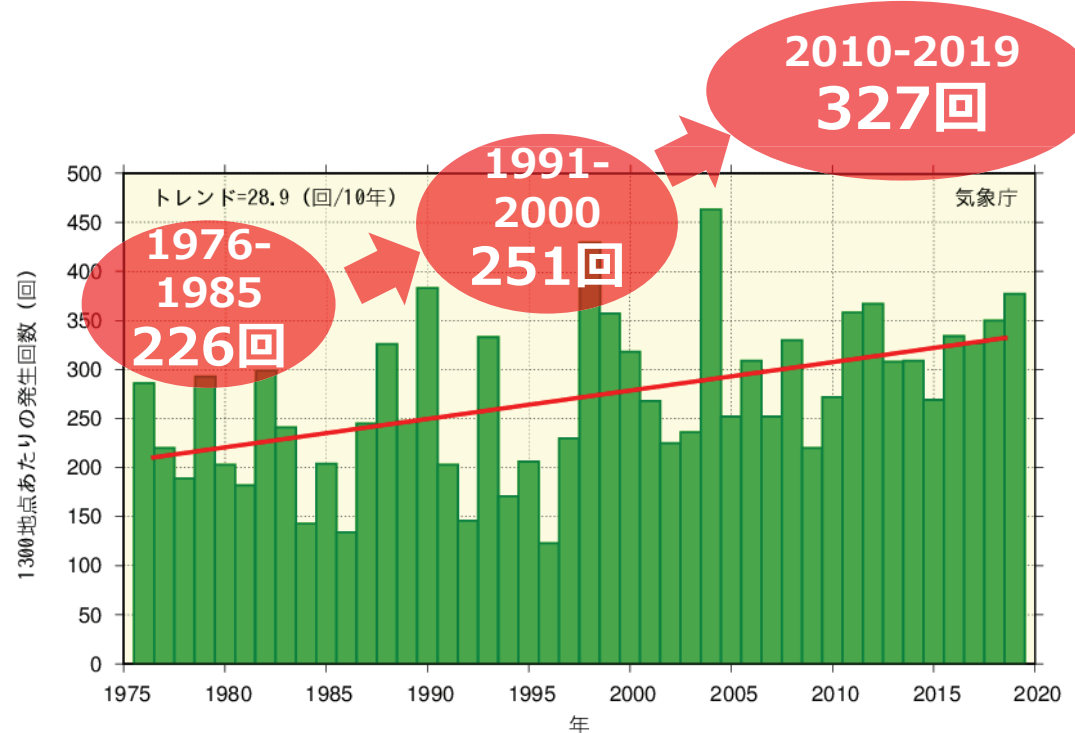
### 我が国における自然災害の発生件数及び被害額の災害別割合 (1985-2018年)



資料：ルーバン・カトリック大学疫学研究所災害データベース(EM-DAT)より中小企業庁作成 (グラフ化は総務省で実施)

(注) 1.1985年～2018年の自然災害による被害額を集計している。  
2.2018年12月時点でのデータを用いて集計している。  
3.EM-DATでは「死者が10人以上」、「被災者が100人以上」、「緊急事態宣言の発令」、「国際救援の要請」のいずれかに該当する事象を「災害」として登録している。

### 全国（アメダス）の1時間降水量50mm以上の年間発生回数



資料：国土交通省気象庁データ「大雨や猛暑日など（極端現象）のこれまでの変化」より総務省作成

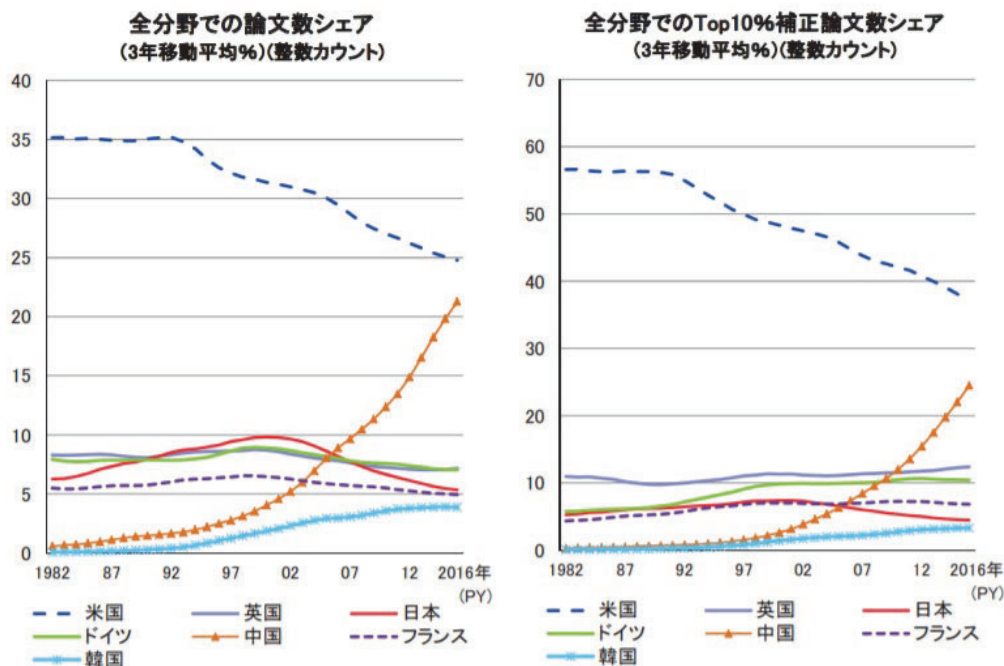
■ 自然災害時の通信環境確保と迅速な復旧に不可欠な、**堅牢な通信インフラの実現に向けた継続的な研究開発がこれまで以上に求められている。**



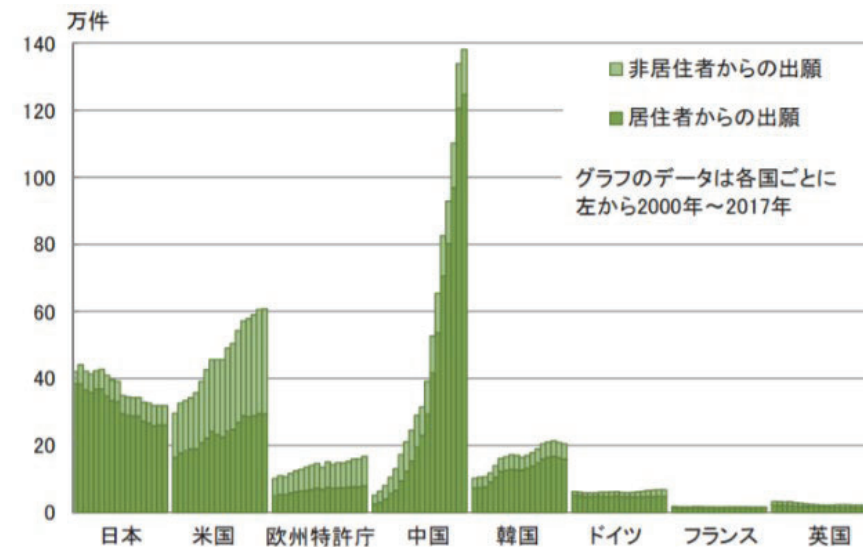
- 主要国における論文数シェアの推移をみると、米国が一貫して最も大きいシェアを占めるものの、1990年後半から急速に中国がシェアを拡大。我が国及び米国、ドイツ、フランスのシェアは低下傾向であり、我が国の2016年時点での論文数シェアは第5位である。
- さらにTop10%補正論文数シェアをみても、米国が台頭しているものの、論文数と同様1990年代から低下傾向。日本も2000年代初めをピークに緩やかにシェアを低下させており、2016年時点では日本は第9位\*と、論文の量・質ともに主要国をリードできていない状況。
- また、我が国の特許出願数は2000年代半ばから減少傾向にあるが、2015年以降はほぼ横ばいに推移。米国は2010年以降連続して増加しており、国内・国外からの出願数がほぼ半数ずつと、海外にとって魅力的な市場であることが分かる。また、中国への出願数は激増しており、特に国内からの出願が増加。

※主要国以外も含む順位

## 主要国の論文数、Top10%補正論文数シェアの変化



## 主要国への特許出願数



注: 出願数の内訳は、日本への出願を例に取ると、以下に対応している。  
 「居住者からの出願」: 日本に居住する出願人が日本特許庁に出願したもの。  
 「非居住者からの出願」: 日本以外に居住(例えば米国)する出願人が日本特許庁に出願したもの。  
 資料: WIPO, "WIPO statistics database" (Last updated: December 2018), (PCT 出願数: Last updated: April 2019)  
 参照: 表 4-2-2

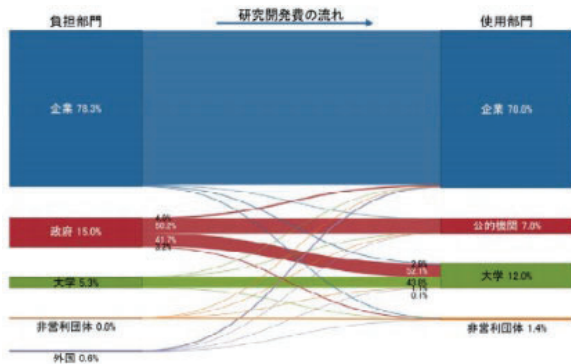
# 我が国における研究開発費及び研究人材の流れ

- 研究開発費については、日本は政府から大学へ一定の流れがあるものの、それ以外の組織間の流れはほとんど見られない。一方で、米国では政府から公的機関や大学への流れが3/4程度を占めるものの、企業への流れも大きい。また、米国やドイツは外国からの資金の割合も高く、そのほとんどが企業へ向かっている。また、中国では企業が占める負担割合が大きく、政府負担の研究開発費は8割弱が公的機関へと流れている。
- 我が国全体の研究者数は91.8万人であり、うち企業の研究者が54.7万人と最も大きい割合を占める\*。セクター間の研究人材の移動はセクター内の移動に比べ少なく、特に大学等から企業への研究人材の流動が僅少。

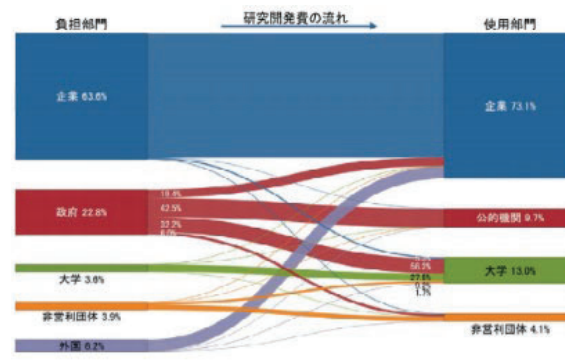
※2016年度

主要国の負担部門から使用部門への研究開発費の流れ

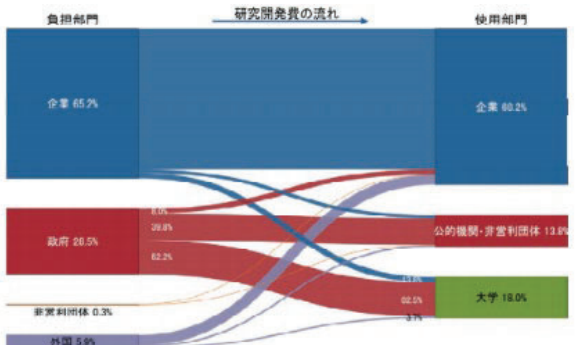
日本 (OECD推計) (2017年)



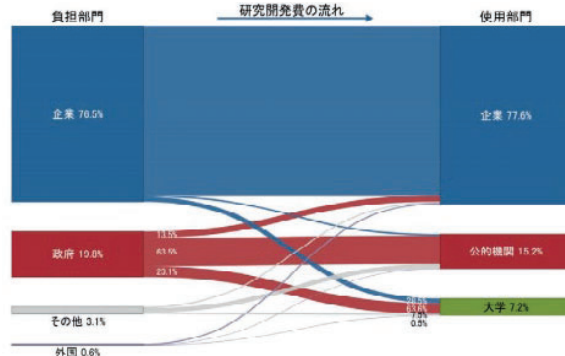
米国 (2017年)



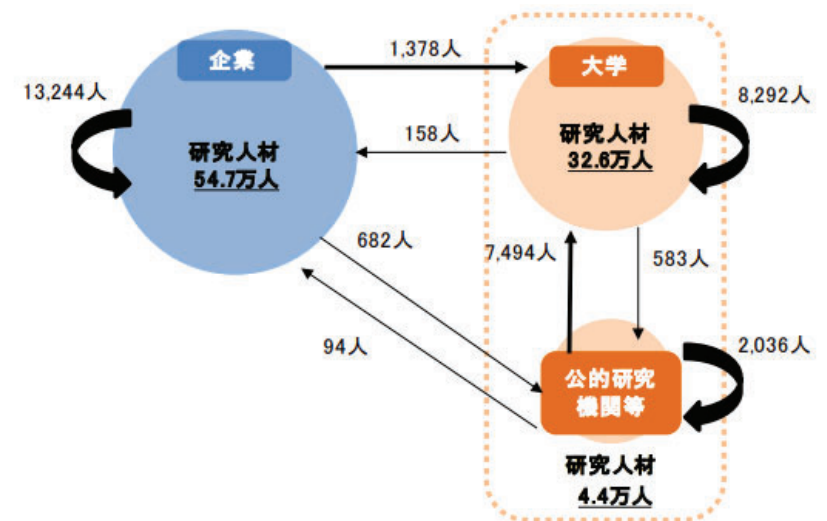
ドイツ (2016年)



中国 (2017年)



我が国の研究人材の流動化の状況



注：2016年度実績。研究者数は実数である。「公的研究機関等」の人数は、非営利団体と公的機関の合計値。  
出所：総務省「科学技術研究調査」

出所) オープンイノベーション白書 第二版

出所) 科学技術指標2019

# 主な研究テーマに関する前回の技術戦略答申 時（平成27年（2015年）7月）からの進展 （総務省委託の研究開発動向等）

- 超高精細映像やビッグデータ等の流通によってネットワークの通信量が急増すると共に、ネットワークの消費電力も通信量に比例して増加。
- 平成21～23年度： 世界に先駆け**100ギガビット級光伝送用信号処理チップの開発に成功**。光ネットワークに関する**国際標準を獲得**し、世界に先駆けた**製品化と市場展開を達成**（光伝送用信号処理チップの国際シェアは約50%（平成24年））。
  - 平成24～26年度： 「超高速・低消費電力光ネットワーク技術の研究開発」を実施。**毎秒400ギガビットのチップの開発に成功**。平成27年9月に**チップが出荷開始**され、平成28年7月に**メーカーより製品化**。
  - 平成27～29年度： 「巨大データ流通を支える次世代光ネットワーク技術の研究開発」を実施し、**世界最先端の毎秒1テラビット級の光伝送技術を開発**。成果の一部を活用した**毎秒600ギガビットのチップが、平成31年2月にメーカーより販売開始**。
  - 平成30～令和3年度： 「新たな社会インフラを担う革新的光ネットワーク技術の研究開発」を実施し、世界最先端の**毎秒5テラビット級の光伝送技術、320テラビット級のマルチコア光海底ケーブル技術、400ギガビット級の高効率光アクセス技術の開発を推進**。



**NICT: オール光ネットワークの提供を目指した長期的な基盤技術の研究開発**

**総務省: オールジャパン体制による研究開発**



国際標準化、実用化  
市場における導入技術

40ギガ

100ギガ市場投入

100ギガ

400ギガ市場投入

400ギガ

1テラ市場投入

標準化検討

2016年度製品化

世界各国の海底ケーブルに導入  
日本-シンガポール(7,800km)、インド-フランス(12,000km)等

**チップ化事例**

毎秒100ギガビット光伝送用チップ(2012年度)

毎秒400ギガビット光伝送用チップ(2016年度)

毎秒600ギガビット光伝送用チップ(2019年度)

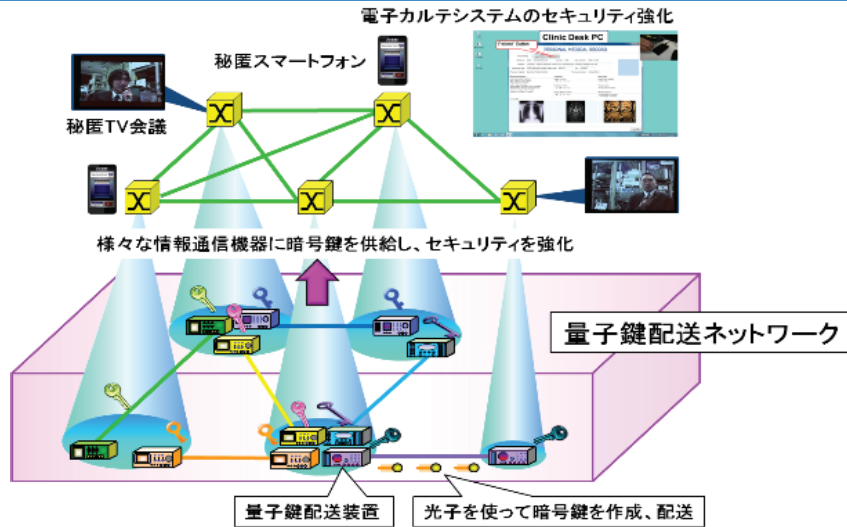
**研究開発の官民テストベッド環境**

ハードウェアエミュレーションシステム

光伝送特性評価システム  
(内、1万km長距離伝送システム)

## 量子暗号技術

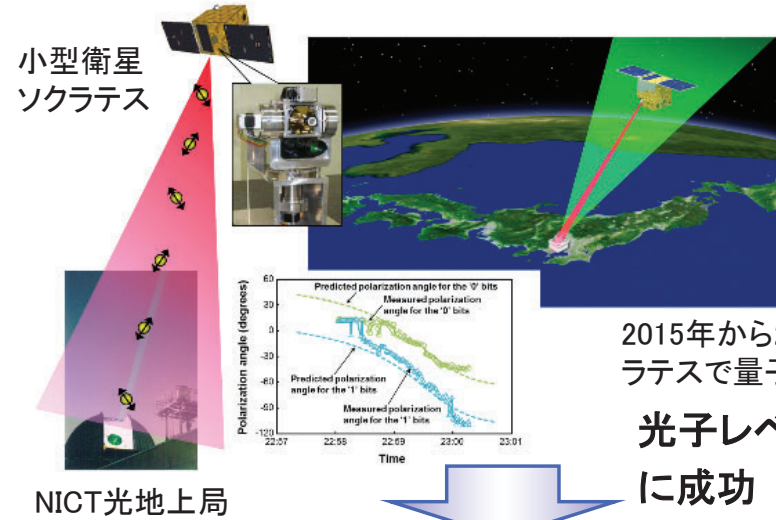
光子を使い、原理的に盗聴できない暗号通信を実現するための研究開発を推進。



- ・世界最高性能の実用的量子鍵配送装置を開発。
  - ・敷設網環境（東京QKDネットワーク）において、信頼性試験と次世代技術の研究開発を実施。
  - ・東京QKDネットワークを用いた超長期セキュア秘密分散保管システムを実証。
- QKD: Quantum Key Distribution (量子鍵配送)

## 衛星量子通信技術

衛星－地上間の量子暗号を実現するための研究開発を推進。



2015年から2016年まで小型衛星ソクラテスで量子通信基礎実験を実施  
光子レベルの信号受信に成功

総務省直轄委託研究「衛星通信における量子暗号技術の研究開発」において、超小型衛星搭載可能な量子暗号通信基盤技術開発を継続（2018年～2022年） 参画機関：次世代宇宙システム技術研究組合、NICT、東京大学、SONY CSL、スカパーJSAT

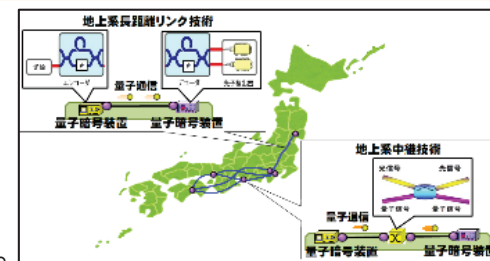
総務省委託研究で新たに試作されたQKD用の微弱光(-80dBm)、光通信用の明光(13dBm)をそれぞれ制御可能な送信装置のブレッドボードモデル



送信装置ブレッドボードモデル

### <令和2年度から着手予定の研究開発の内容>

- 距離の限界を超えるグローバル規模の量子暗号通信網の実現に向け、
- 地上系の長距離リンク技術：量子暗号装置の基本設計及び一次試作
  - 地上系の中継技術：量子中継技術の方式理論検討及びシミュレーション
  - 衛星系の中継技術及び衛星系・地上系の統合検証：基礎調査 を実施予定。



# テラヘルツ関連研究開発

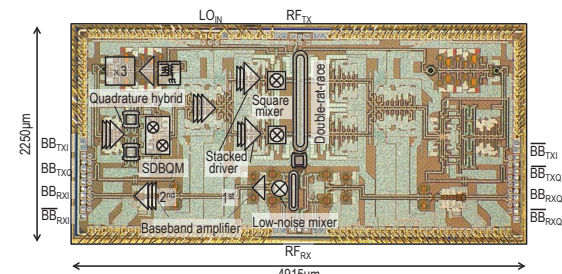
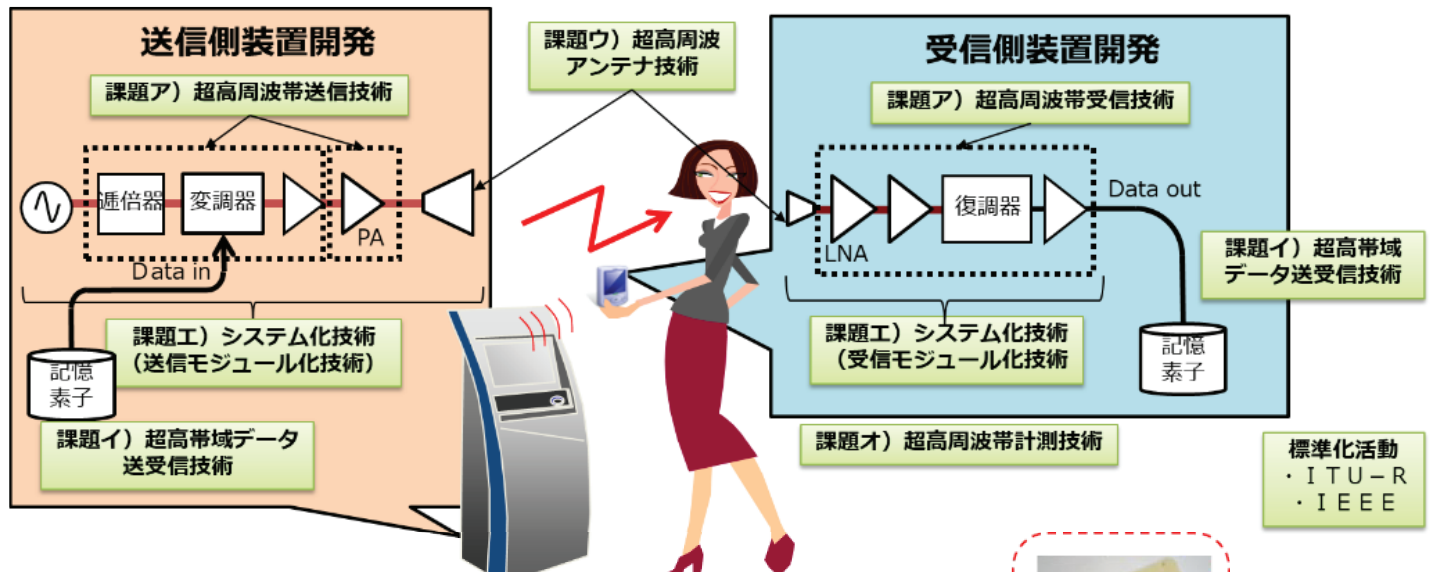
## (超高速搬送波による数十ギガビット無線伝送技術の研究開発)

化合物半導体（インジウム・リン系半導体）を用いた高電子移動度トランジスタ（HEMT）を高性能化し、300GHz無線通信に適用。タッチダウンロードのデモンストレーションを実施。（実施期間平成23年度～27年度）

## 「テラヘルツ波デバイス基盤技術の研究開発」のうち (300GHz帯シリコンCMOSトランシーバ技術)

量産性・コストに優れるシリコン集積回路で1チップトランシーバ（無線送受信回路）を実現  
(実施期間平成26年度～30年度)

- ✓ チップサイズ：2.25mm x 4.9mm
- ✓ 集積回路分野のオリンピックと呼ばれる国際会議ISSCC2019で発表



300GHz集積回路チップの顕微鏡写真

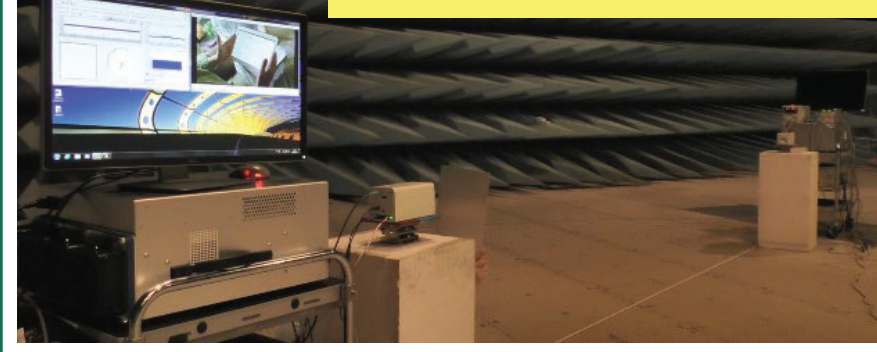
### 課題工) システム化技術 (伝送実験)



**伝送レート : 20 Gbps**  
**データレート: 16 Gbps**  
 (誤り訂正込み)  
 →DVD画質の映画を数秒でダウンロード



### 距離5mでの映像伝送を実現



展示会 (WTP2019) の総務省成果発表ブースで関連実演展示<300GHz帯通信モジュールを用いた映像伝送実験>

○ サービスの多様化に伴うネットワーク運用の複雑化や、少子高齢化に伴うIT人材不足に対応するため、AIを活用した以下のネットワーク運用技術を確立する。

- ① 障害対応の自動化技術(ネットワーク状態分析技術、障害対応支援技術)
- ② ネットワーク設計の自動化技術(サービス分析技術、ネットワーク管理・設計技術)
- ③ データ連携によるネットワーク機能的制御技術(事業者間AI連携技術、複数サービス事業者AI間の対話・調停技術)

実施期間  
平成30年度～令和2年度(予定)

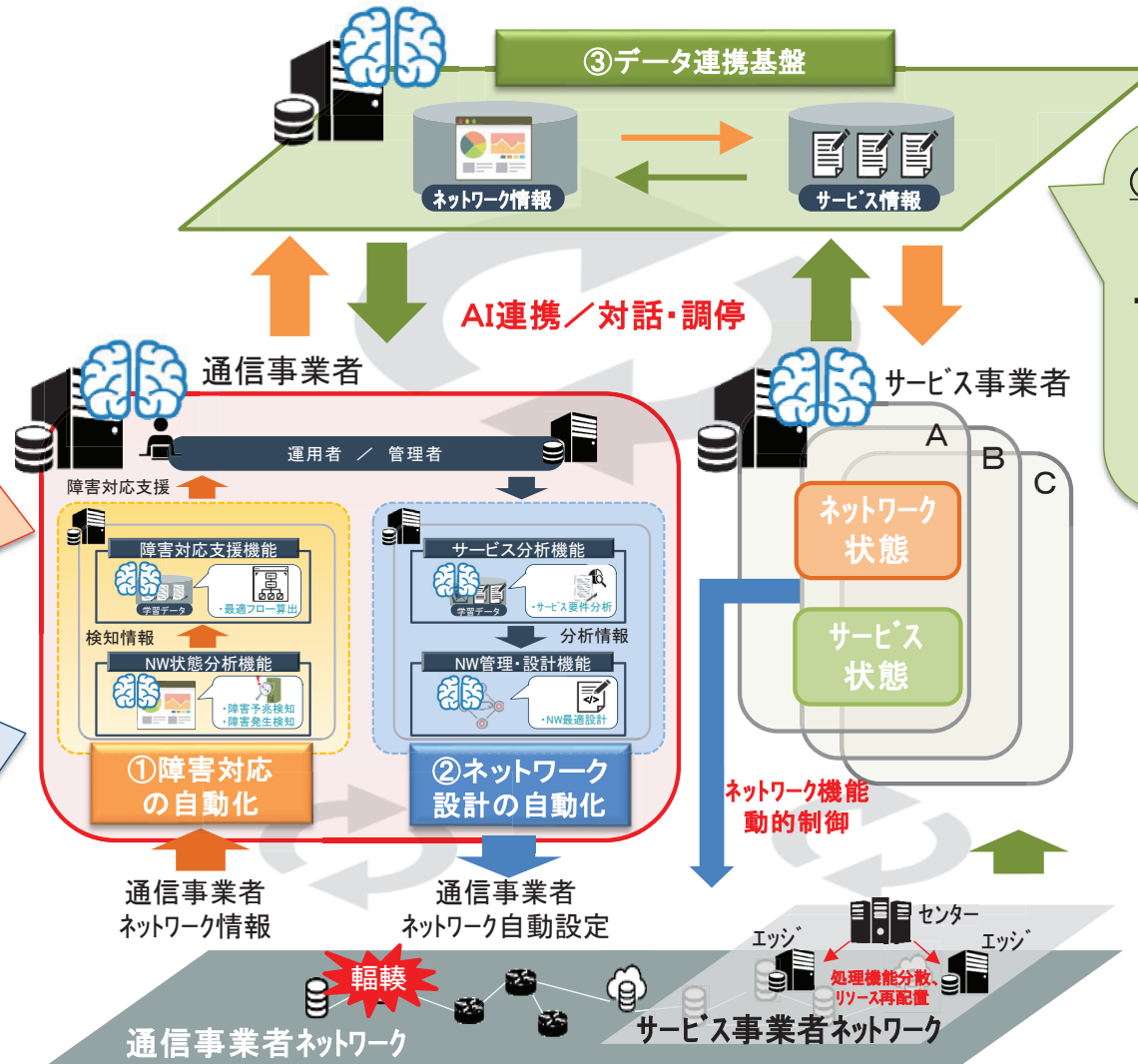


## ① 障害対応の自動化技術

・通信事業者ネットワークのトラフィック情報やログ情報等から「機器故障」や「ネットワーク輻輳」等の障害の予兆を検知し、その原因を特定したうえで、当該異常に係る復旧手順を自動算出する技術

## ② ネットワーク設計の自動化技術

・通信事業者ネットワークに求められる「超低遅延」、「多数同時接続」等の様々なサービス要件を分析し、各要件に最適なネットワークを自動で設計・設定する技術

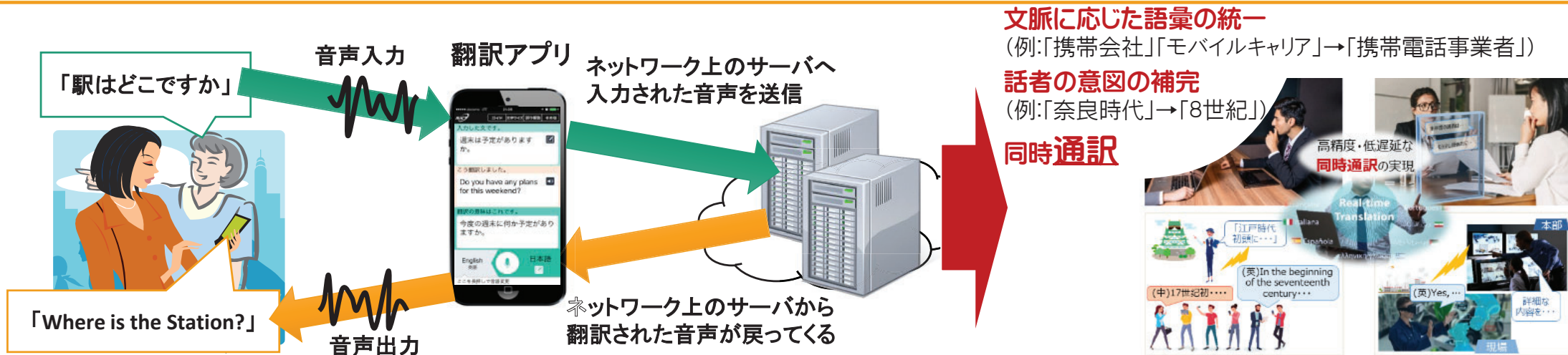


**③ データ連携によるネットワーク機能的制御技術**

・通信事業者と複数サービス事業者間のAIがダイナミックに協調・連携を行うことで、ネットワークやサービス状態に応じてネットワーク機能を自動制御する技術



- 「グローバルコミュニケーション計画」(2014年4月総務省)に基づく取組により、国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT)の多言語翻訳技術は、AI(ディープラーニング)技術も導入し、翻訳精度を実用レベルまで向上させ、対応言語を12言語まで拡大。(平成17年度～令和元年度)
- 総務省としては、多言語翻訳技術の更なる推進のため「グローバルコミュニケーション計画」の次期計画を検討・策定し、令和2年度からAIによる同時通訳等を実現するための研究開発を実施。



- NICTが開発した多言語音声翻訳技術をサービス提供者がより簡便に利用できる環境を整備するため、ライセンス契約により民間企業に広く利用を開放する「多言語音声翻訳プラットフォーム」を本年4月に構築。
  - サービス提供者は、サーバの構築・運営・管理等の技術が不要となり、端末・アプリの開発に集中することができる。
- ⇒ **民間サービスの実用化・普及を促進**

総合窓口案内

翻訳ができる飲食店オーダー端末

商用レベルに改良  
(安定化・メンテナンス容易化)

ライセンス契約

多言語翻訳プラットフォーム

NICTの技術とサービス提供者をつなぐ「橋渡し」の役割を担う

NICT 国立研究開発法人 情報通信研究機構

音声認識技術

翻訳技術

音声合成技術

NICTの多言語翻訳技術 (総務省研究開発成果を含む)

多言語音声翻訳機

- 「POCKETALK® 5」  
提供元: ソースネクスト(株)

スマートフォンアプリ

- 「どこでも翻訳」 日英・日中・日韓  
提供元: (株)フィート
- 「はなして翻訳」  
提供元: (株)NIIドコモ
- 「mimi」音声翻訳 powered by NICT  
提供元: Fairy Devices(株)

多言語音声翻訳サービス

- 「駅コンシェル」  
提供元: (株)日立ソリューションズ・テクノロジー
- 「SmaLingual」シリーズ 多言語音声翻訳サービス  
提供元: 鳥取大学 (P-Stream) スマートモバイルマーケティングソリューションズ(株)
- 「多言語音声翻訳ソフトウェア」  
提供元: (株)日立情報通信エンジニアリング
- 「Fairy I/O」 Tumbler T-01  
提供元: Fairy Devices(株)

音声翻訳APIサービス

- 「NEC 翻訳」  
提供元: 音声翻訳端末(アプリ) 提供元: 日本電気(株)
- 「対面ホンヤク」  
提供元: パナソニック(株)
- 「VoiceBiz」  
提供元: 凸版印刷(株)
- 「mimi」インバウンド」  
提供元: (株)ロクビー
- 「医療通訳タブレット MELON」  
提供元: コニカミノルタ(株)
- 「KOTOBAL」 (コトバ)   
提供元: コニカミノルタ(株)
- 「みらい翻訳プラットフォーム」  
提供元: (株)あらい翻訳
- 「多言語音声APIサービス」  
提供元: 日本電気(株)
- 「mimi」 Cloud API Service」  
提供元: Fairy Devices(株)

翻訳アプリ



## <概要>

従来の「命令実行」型対話技術では実現困難な、「よりそい」型対話を実現可能とする高度対話エージェント技術を確立し、総合実証等を通じ、開発コミュニティの形成を加速する。（平成30年度～令和2年度）

## 開発項目

### 基幹技術



#### 高度対話エージェント共通基盤化技術

基礎的かつ共通に必要な相手の意図を解釈する技術、感情を推定する技術等を開発

### 利活用技術



#### 多目的高度対話エージェントコンテンツ生成支援技術

高度な対話を実現するアプリケーションを開発するための環境を開発

## 成果イメージ

開発コミュニティ形成を実現し、自然言語処理技術の社会実装を推進

ついでさき、〇月〇日発の格安プランにキャンセルが出ていますよ  
格安で〇〇に行きたいんですが...

ちょっとお医者さんに電話してみましょうね

お好きそうな商品が発売されてますよ！

そこにコンビニがあるので、休憩しませんか？

このアラームが出たときは緑のボタンを押して下さい

店頭でアドバイスをするAIスピーカー

老人によりそう介護ロボット

好みの商品を紹介するスマホ

運転者をサポートする自動車

労働者を支援する業務システム

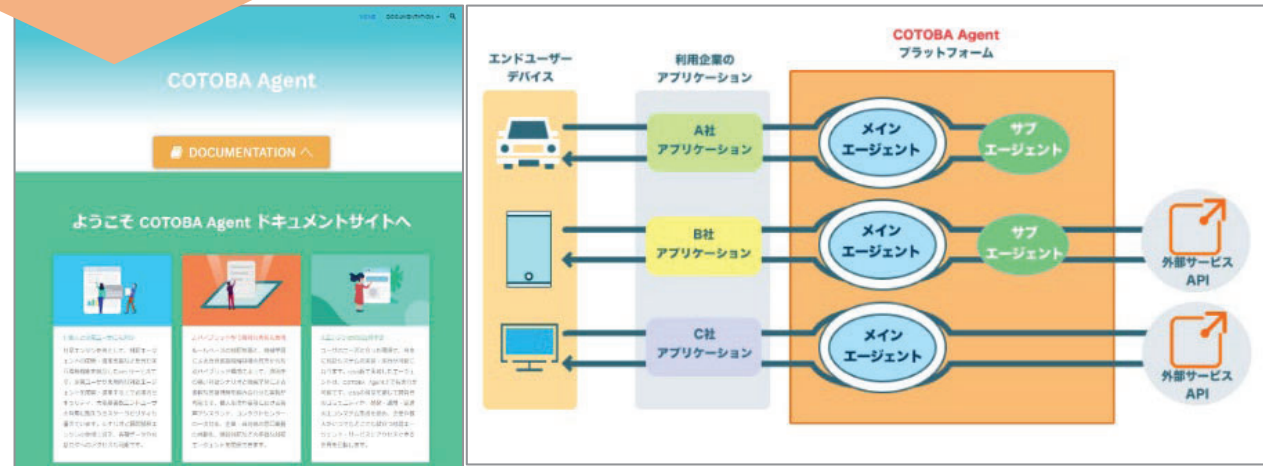
## ・成果をオープンソースソフトウェアに

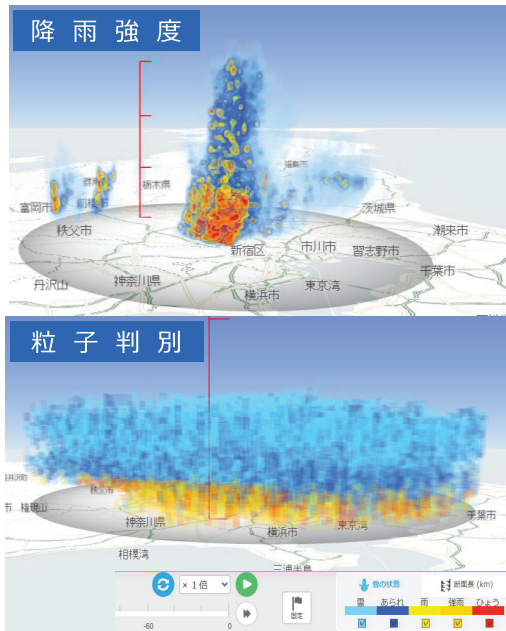
本事業の成果を利用したAPIサービスのクローズドβ版を、令和元年6月に公開

( <https://docs.cotoba.net> ) し、先行的に利用してもらえる大学、企業等に提供。現在、運営委員会参加メンバーを含め計8機関にて利用されている。

また、令和2年3月には対話エンジン等をGithubにて公開予定。

ハッカソンやワークショップ等のコミュニティ形成の活動も実施中。

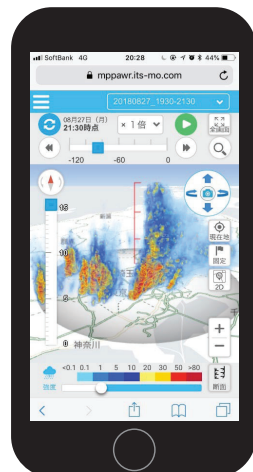




MP-PAWRでの3次元観測結果  
(上: 雨、下: 雨雲)

降雨レーダのフェーズドアレイ化とマルチパラメータ化により、従来の降雨レーダの高速化及び高精度化を実現。

埼玉大学に設置し、関東域で運用を開始。ゲリラ豪雨予測等の実証実験を引き続き実施。



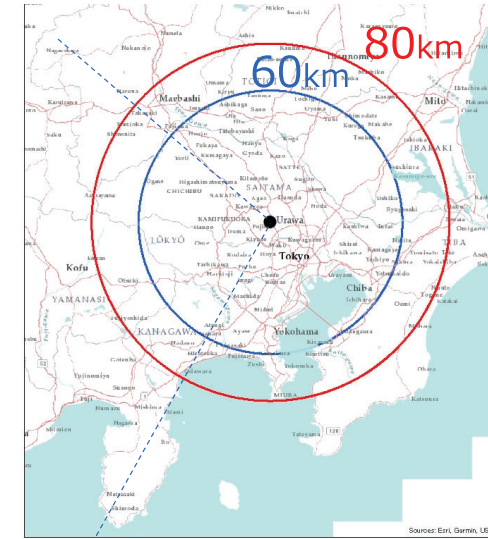
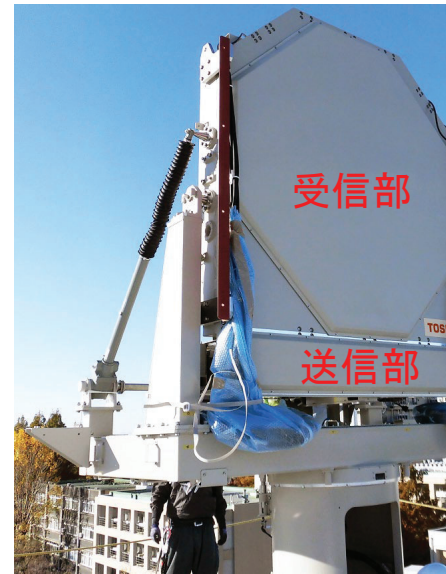
3次元的な降雨強度



3次元的な粒子判別

XRAINとの比較による性能評価

MP-PAWR viewer

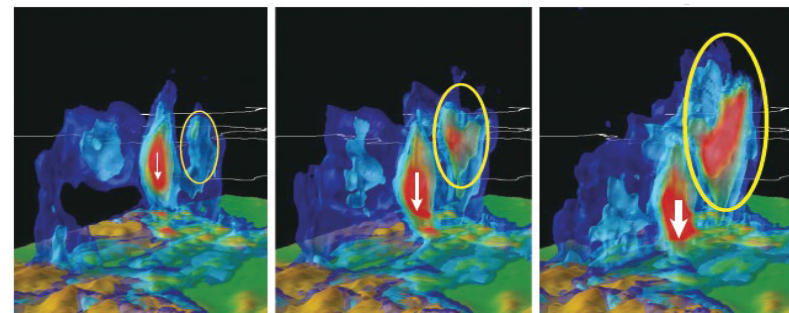


パッチアンテナ

▲ MP-PAWRのアンテナ (左図) と観測域 (右図)

### MP-PAWRの一般的な仕様

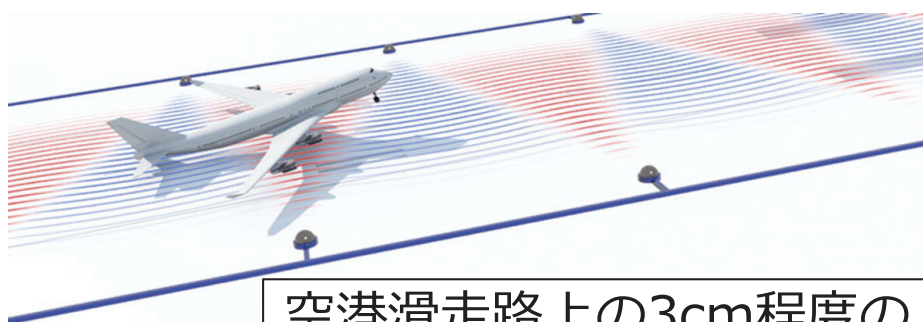
アンテナ要素	パッチアンテナ
周波数	9425 MHz (X帯)
AZ解像度	1.2 deg.
EL解像度	0.5 - 1.0 deg.
アンテナサイズ	2 m x 2 m
アンテナ重量	約2800 kg



ゲリラ豪雨発生  
の観測結果例  
(2分毎の表示)

- ◆ 研究機関や民間企業との共創で、NICTの光ファイバ無線技術を活用した空港滑走路監視レーダシステムを開発。社会展開に向けて、マレーシア工科大学等と連携し、クアラルンプール空港や大学構内での90GHz帯電波の異物反射特性の調査等を実施。
- ◆ 空港滑走路監視システムの試験導入に向けた基礎データを取得。

## 空港滑走路監視システム



空港滑走路上の3cm程度の異物を30秒以内に検出

リニアセル方式

光ファイバ無線

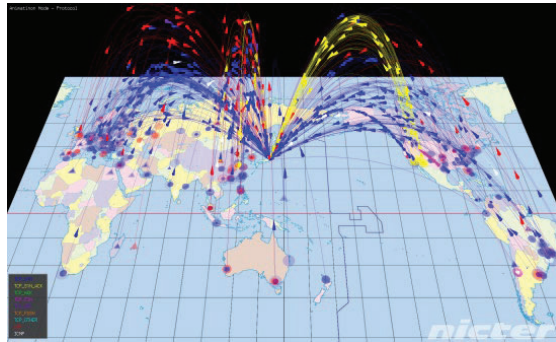
90GHzミリ波レーダー



- ◆ 光ファイバ無線を活用したレーダシステムや鉄道無線システム等の応用技術に関して、ITU-T等における国際標準の勧告文書に寄与。

## ◆NICTER(ニクター)【無差別型攻撃対策】

- ・ ダークネット(未使用IPアドレス)への通信をセンサーで観測することで、サイバー攻撃の地理的情報や攻撃量、攻撃手法等をリアルタイムに可視化。
- ・ 本技術を応用して、地方公共団体情報システム機構(J-LIS)との協力により、マルウェアに感染した自治体へアラートを提供。



## ◆NIRVANA改(ニルヴァーナ・カイ)【標的型攻撃対策】

- ・ NICTERの技術を応用し、組織内にセンサーを設置して組織内の通信状況をリアルタイムに可視化するとともに、本技術について2015年6月から技術移転開始。
- ・ さらに、本技術と組み合わせ、ネットワーク内での異常検知時に通信を自動遮断する技術等を開発。

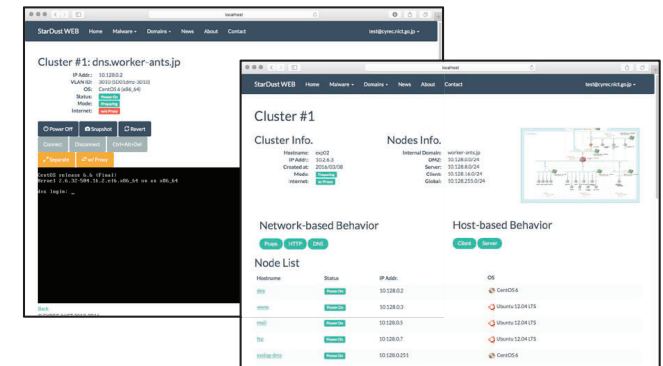


## ◆STARDUST(スターダスト)【サイバー攻撃誘引基盤】


- ・ 標的型攻撃の詳細な手法を把握するため、世界初のサイバー攻撃誘引基盤を開発。
- ・ 受信した不正プログラム等を、企業等を模擬した環境で実際に実行し、具体的な攻撃手段を観測・分析することが可能。



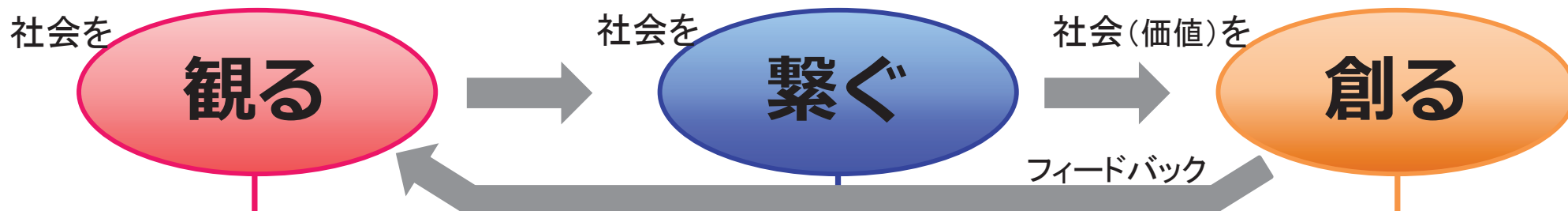
サイバー攻撃誘引基盤 StarDust を用いた攻撃者誘引実験



StarDustのWebインターフェイス (StarDust Web)

- 重点研究開発分野の各課題で**10年先（2030年）**、**20年先（2040年）**を見据えた**5年間の計画**を策定するもの。
- 国が特に力を入れるべき4つのテーマを「AI（脳情報、データ利活用）、Beyond 5G、量子暗号通信、サイバーセキュリティ」を強調してバッジで表示（例：）

## 未来社会を開拓する世界最先端のICT



### ◆ 電磁波先進技術分野

- リモートセンシング技術
- 電磁環境計測技術
- 宇宙環境観測技術
- 時空標準技術

### ◆ 革新的ネットワーク分野

- フォトニックネットワーク技術
- IoTコミュニケーション技術
- 次世代ワイヤレス技術 等

### ◆ ユニバーサル コミュニケーション分野

- 未来コミュニケーション技術
- データ利活用技術

## 守る

### ◆ サイバーレジリエンス分野

## 拓く

### ◆ フロンティアサイエンス分野

社会(生命・財産・情報)を

未来を

社会を



観る

## センシング&データ取得基盤分野

重点研究開発分野

リモートセンシング技術

宇宙環境計測技術

重点研究開発課題

センサーネットワーク技術 →次世代ワイヤレス技術 (P23) へ

センサー・ソーシャルデータ取得・解析技術 →データ利活用技術 (P24) へ

非破壊センシング・イメージング技術 →電磁環境計測技術・フロンティアICT技術 (P26) ・テラヘルツ波プラットフォーム技術 (P23) へ



## 電磁波先進技術分野

重点研究開発分野

◆ Society 5.0の実現に向け、フィジカル空間における様々な情報を収集してサイバー空間で活用する基盤技術

重点研究開発課題

【これまで観測できなかった環境・モノ等を高精度に観る】

【電離・磁気圏、太陽活動等を観る】

【高信頼な標準時を創る】

リモートセンシング技術

電磁環境計測技術

宇宙環境計測技術

Beyond 5G

時空標準技術

社会を



## 統合ICT基盤分野

重点研究開発分野

最先端ICTネットワーク基盤技術

→AIネットワーキング技術

衛星通信技術

→宇宙通信基盤技術

重点研究開発課題

フォトニックネットワークシステム技術

5G/Beyond5Gに向けたモバイルネットワーク技術

→次世代ワイヤレス技術、IoTコミュニケーション技術

ユーザーの利用環境や要求を認識したネットワーク構築・制御技術

→次世代ワイヤレス技術、IoTコミュニケーション技術

極限環境通信技術

→次世代ワイヤレス技術

## 革新的ネットワーク分野

重点研究開発分野

◆B5G/6G時代に向け、膨大で多種多様な情報を高効率かつ柔軟に活用するためのNWを構成する基盤技術

重点研究開発課題

【高速・大容量、高効率、高精度・高信頼に繋ぐ】

Beyond 5G

AIネットワーキング技術

【アクセス系NWの容量、フレキシビリティを拡張して繋ぐ】

Beyond 5G

フォトニックネットワークシステム技術

【電波を多角的に活用して繋ぐ】

Beyond 5G

次世代ワイヤレス技術

Beyond 5G

テラヘルツ波プラットフォーム技術

Beyond 5G

宇宙通信基盤技術

【宇宙から社会を繋ぐ】

【ネットワークを柔軟に活用して繋ぐ】

Beyond 5G

IoTコミュニケーション技術

【困難な環境でも繋ぐ】

タフフィジカル空間情報通信技術

社会(価値)を

創る

## データ利活用基盤分野

重点研究開発分野

音声翻訳・対話システムの高度化

→未来コミュニケーション技術

スマートネットワークロボット技術

→タフフィジカル空間情報通信技術 (P23) へ

重点研究開発課題

社会知解析技術

→未来コミュニケーション技術  
・データ利活用技術

空間構造の解析・理解技術

→データ利活用技術

超臨場感映像技術

→超臨場感技術

## ユニバーサルコミュニケーション分野

重点研究開発分野

◆多種多様な情報に基づき知識・価値等を創出し、人に優しく最適な形で、あらゆる人が利活用可能とするための基盤技術

### ユニバーサルコミュニケーション分野

重点研究開発課題

【AIによる文脈や話者の意図等の補完も含めた多言語音声翻訳技術等の実現】

AI

未来コミュニケーション技術

【様々なデータを目的別に分析するAIモデルにより状況認識や行動支援の最適化支援するデータ利活用基盤技術の確立】

AI

データ利活用技術

【超高精度な臨場感をリアルな再現の実現】

Beyond  
5G

超臨場感技術



社会(生命・財産・情報)を



## 情報セキュリティ分野

重点研究開発分野

サイバーセキュリティ技術

重点研究開発課題

※ 未来型サイバーセキュリティ技術、自動対策技術、IoT社会に対応したセキュリティ技術 等

## 耐災害ICT基盤分野

重点研究開発分野

耐災害・被害軽減に関連するICT基盤技術

→国土強靱化に向けた情報通信技術

重点研究開発課題

※ 災害に強い光ネットワーク技術、しなやかなワイヤレスネットワーク技術、SNS投稿情報やセンサー情報に基づく社会知のリアルタイム解析・整理技術、災害状況把握・被害予測等へのリモートセンシング技術の活用 等



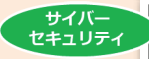
## サイバーレジリエンス分野

重点研究開発分野

◆ 激甚化する災害や新たなサイバー攻撃に対応するための観測技術の高度化、関連データの大規模集約、自動分析・自動対策技術の高度化の基盤技術等、様々な災害・人災から国民を守るための技術

【データ駆動型サイバーセキュリティ技術、エマージング技術に対応したネットワークセキュリティ技術、暗号基盤技術等】

重点研究開発課題



サイバーセキュリティ技術

【災害の早期検知、速やかな機能復旧、発災後に急増する情報の解析等を行うための耐災害ICT基盤技術等】

国土強靱化に向けた情報通信技術

未来を



フロンティア研究分野

重点研究開発分野

【抜本的ブレークスルーの創出】

量子ICT

ナノICT

バイオICT

→量子情報処理基盤技術      →フロンティアICT技術

【先進的な融合領域の開拓】

脳情報通信技術

【新たな領域への拡大】

高周波・THz技術

新規ICTデバイス技術

→フロンティアICT技術・テラヘルツ波プラットフォーム技術(P.23)へ      →先端ICTデバイス基盤技術

【社会を支える技術基盤】

電磁波計測基盤技術(時空標準技術)

→時空標準技術(P.22)へ

電磁波計測基盤技術(電磁環境技術)

→電磁環境計測技術 (P.22) へ

重点研究開発課題

フロンティアサイエンス分野

重点研究開発分野

- ◆各分野に跨がり、次世代の抜本的ブレークスルーにつながる先端的な基盤技術
- ◆基盤技術の更なる深化に加えて、先進的な融合領域の開拓、裾野拡大、他分野へのシーズ展開等を図る

【抜本的ブレークスルーの創出】

先端ICTデバイス基盤技術

【先進的な融合領域の開拓】

AI

脳情報通信技術

【新たな領域への拡大】

フロンティアICT技術

【社会を支える技術基盤】

量子暗号通信

量子情報処理基盤技術

重点研究開発課題

Beyond 5G

AI

テラヘルツ波通信  
・リモートセンシング技術

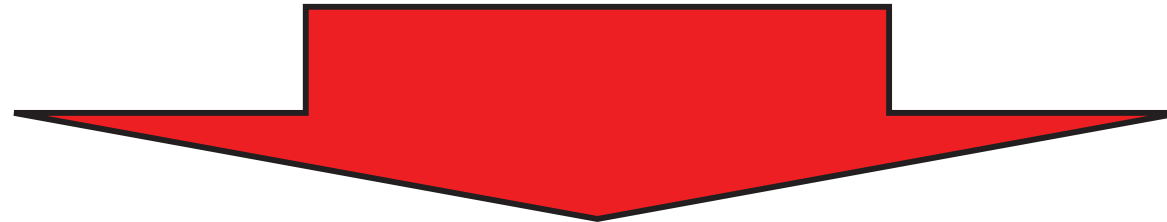
## 分野横断的課題

### ◆ 世界最先端の次世代ICTテストベッド等の構築・展開

#### 世界最先端ICTテストベッド

重点研究開発課題

※ 新たなIoT時代に対応した世界最先端のICTテストベッドを構築するとともに、最新の研究成果をテストベッドとして研究機関やユーザ等に開放することで、先進的な研究開発と実証実験を一体的に推進



Beyond  
5G

量子暗号  
通信

#### テストベッド循環型進化技術

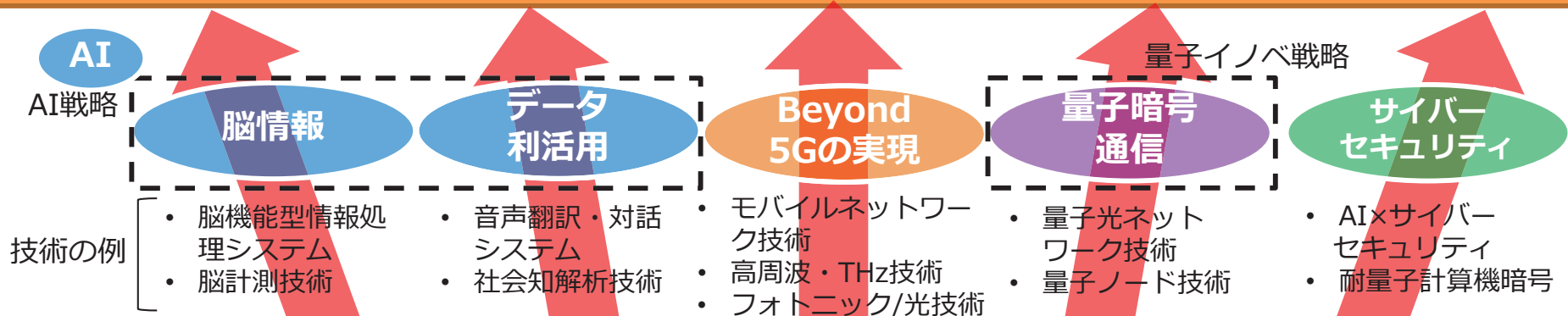
重点研究開発課題

※ B5G、量子技術の進展に対応した世界最先端のICTテストベッドを構築し、先端技術におけるビジョン創造、技術実証、社会実証、国際連携に貢献し、社会実装までを速やかに繋ぐと共に、デジタルツイン実現の基盤となるテストベッドを構築する。

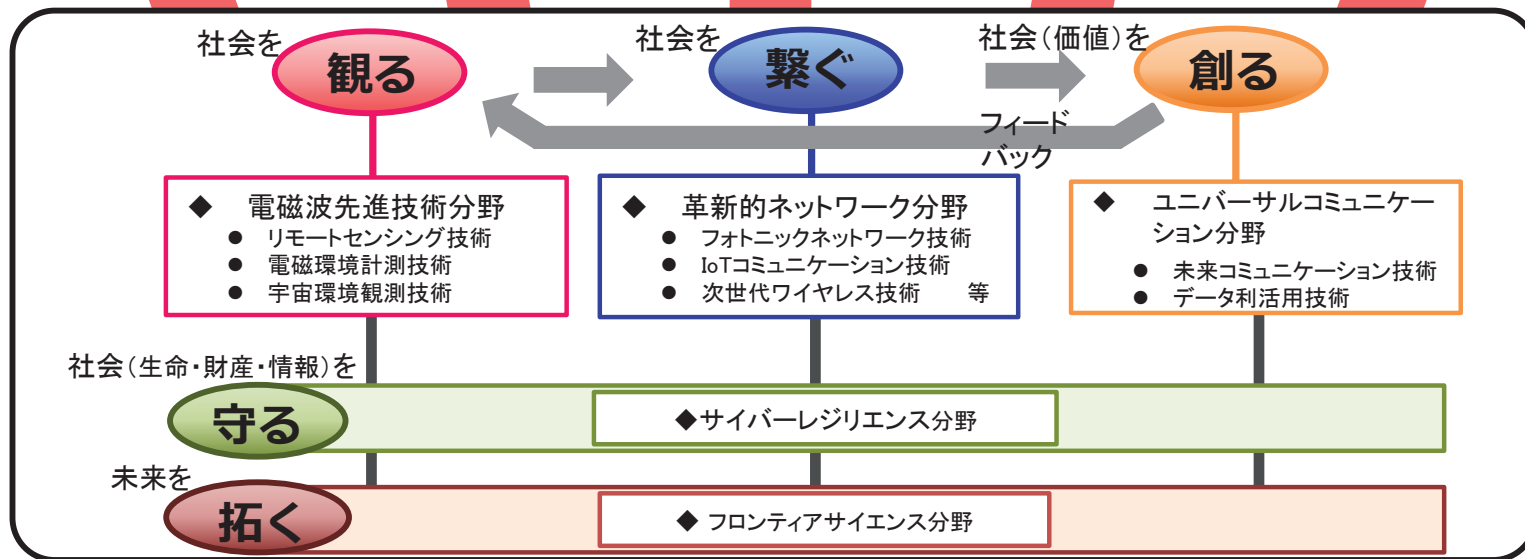
# 新たな情報通信技術戦略に関する重点研究開発分野・課題の方向性(案)

- 過去5年間の情報通信技術戦略において示された「(社会を)『観る』『繋ぐ』『創る』『守る』『拓く』」の分類はICT分野に関する研究領域をほぼ網羅的に分類しているものであり、改めて変更する必要まではないのではないか。
- 国の研究開発戦略(統合イノベーション戦略等、次期科学技術基本計画)の策定・検討状況を見ながら、**進展が著しい技術(Beyond 5G、AI、脳情報、量子暗号、サイバーセキュリティ)**を**戦略的研究分野**として設定し、強化を図るとすれば、これらの分野が妥当なのか。

## 2025年を目途に解決すべき社会課題(地方のモビリティの確保、安全・安心の実現……等等)へアプローチ



## 戦略的に進めるべき研究分野(案)



# 各種政府戰略等（再掲）

# 統合イノベーション戦略2019の全体像

- 昨年来、科学技術イノベーションの国際的進歩、変化は顕著（次世代に突入したデジタル化、生産性向上のAI技術、バイオテクノロジー、量子技術の発展など）
- これに対し、我が国の論文の質や量については国際的地位が大幅低下、創業を通じた社会実装の力などにおいては未だ低調
- 一方、統合戦略策定後の1年間、大学改革、戦略的研究開発、政府事業・イノベーション化などの取組に進展。一部の世界競争ランキングにおいては順位を上昇<sup>※1</sup>など変化の兆しも
- こうした状況を踏まえ、①Society 5.0の社会実装、創業・政府事業のイノベーション化の推進、②研究力の強化、③国際連携の抜本的強化、④最先端（重要）分野の重点的戦略の構築を四つの柱に統合イノベーション戦略2019を策定
- 今後、第6期基本計画策定に向け、国民全体を巻き込んだ幅広い議論を惹起すると同時に、イノベーションの司令塔機能をさらに強化

## 〈世界の動向〉

## 〈日本の立ち位置〉

- 進展**
- ・ 次世代に突入したデジタル化（デジタル化がフィジカル分野と深層分野へ移行）
  - ・ 多数のベンチャー創出時代（創業カンブリア紀）からベンチャーの巨大化時代への移行
  - ・ 最先端分野であるAI技術、バイオテクノロジー、量子技術は世界中で目覚ましい進展
- 懸念**
- ・ デジタル化への不信感や科学技術全体に対する不安の増大
  - ・ イノベーション覇権争いの激化。最先端技術の競争が経済摩擦にまで発展

- 課題**
- ・ 一部の世界競争ランキングは上昇したが、創業のしやすさは低調<sup>※2</sup>
  - ・ 国際的トップ論文数の順位や総論文数世界シェアが大幅低下<sup>※3</sup>
  - ・ 生産性の深刻な停滞と少子高齢化を背景とした本格的な人手不足時代の到来
  - ・ 異常気象の頻発など地球温暖化等の問題の実害化
- 強み**
- ・ 我が国の提唱するSociety 5.0とSDGsが目指す方向性は整合
  - ・ 課題先進国として経験が強みに。日本の発展と世界への貢献

## 統合イノベーション戦略2019のポイント



## 知の源泉

- Society 5.0データ連携基盤の整備を本格化（分野間の相互接続性、情報の書換防止等を前提）
- 主要アーキテクチャーの構築（スマートシティ、パーソナルデータ、地理系データ分野で先行）
- NIIを中心とした研究データ基盤・リポジトリの整備、研究データの管理・利活用方針
- 政府内利用の開始に向けたエビデンスシステムの構築（科学技術関係予算の見える化、研究力の分析など）

## 強化すべき分野での展開

### 基盤的技術分野

- **AI技術**
  - ・ すべての高校卒業生（約100万人/年）が基礎的なリテラシー習得等抜本的な教育改革
  - ・ AI研究開発ネットワーク創設
  - ・ AI社会原則の国際枠組み構築
- **バイオテクノロジー**
  - ・ 市場領域を絞ったロードマップの策定
  - ・ データ基盤全体設計・統合化/国際バイオ都市圏形成
  - ・ 大規模コホート・バイオバンク構築
- **量子技術**
  - ・ 「量子技術イノベーション戦略」策定
  - ・ 重要な技術領域に関する研究開発支援、拠点形成

### 応用分野

- **環境エネルギー**
  - ・ 「革新的環境イノベーション戦略」の策定
- **安全・安心**
  - ・ 技術ニーズとシーズのマッチングの仕組みの構築
  - ・ 重要技術分野への予算、人材等の資源の重点配分
- **農業**
  - ・ 「健康に良い食」の解明、スマート農業の実装展開
- **その他の重点分野**
  - ・ 衛星データ/海洋データ活用、宇宙ベンチャー支援、海洋プラスチックごみ対策

## 知の創造

### イノベーション・エコシステムの創出

- **基礎研究を中心とする研究力強化・若手活躍支援**
  - ・ 研究力強化・若手研究者支援総合パッケージの策定
  - ・ 大学・国研の共同研究機能等の外部化
- **大学の経営力強化**
  - ・ ガバナンスコードの策定、将来ビジョンの提示
  - ・ 大学支援フォーラムPEAKSの始動
- **初等中等教育**
  - ・ AIリテラシー教育の推進、教育現場におけるICTの活用

### 戦略的な研究開発の推進

- **破壊的イノベーションを目指した研究開発（ムーンショット型研究開発）**
  - ・ 野心的な目標設定、世界中からの英知結集、失敗を許容する革新的な研究成果発掘
- **社会実装を目指した研究開発**
  - ・ SIP、PRISMの運用を社会実装ファーストに

## 知の社会実装

### Society 5.0の実装（スマートシティ）

- **政府一体の取組と本格的実施**
  - **官民連携プラットフォームの創設**
  - **スーパーシティ構想の実現**
- 創業**
- **創業環境の徹底強化**
    - ・ エコシステム拠点都市の形成等（大学（起業家教育）、民間組織（アクセラレーション）等）
    - ・ 大学の創業機能の抜本強化
    - ・ 政府調達活用の見直し
    - ・ 国際機関との連携、世界標準エコシステムの構築
- 政府事業・制度等におけるイノベーション化の推進**
- **政府事業・制度等イノベーション化拡大（公共事業から他分野への展開）**
  - **公共調達ガイドラインの普及・実践**

## 知の国際展開

### SDGs達成のための科学技術イノベーションの推進

- **G20を通じたロードマップの策定のための基本的考え方の共有**
- **国際展開に向けたプラットフォームの本格構築**

### 国際ネットワークの強化

- **国際スマートシティ連合の枠組み構築**
- **国際研究開発拠点等の形成促進（バイオテクノロジー、量子技術）**
- **国際共同研究の抜本的強化**
- **国際的なオープンサイエンスの推進に向けたG7協力（データの相互運用性の確保）**

## 第6期科学技術基本計画の本格検討開始 / イノベーション司令塔機能のさらなる強化

※1) WEF競争ランキング：8位（2017年）→5位（2018年）（WEF「The Competitiveness Report」）/IMD世界競争ランキング：27位（2015年）→30位（2019年）（IMD「IMD World Competitiveness Ranking」）/WIPO GII：19位（2015年）→13位（2018年）（WIPOGLOBAL INNOVATION INDEX）  
 ※2) 世銀ビジネス環境調査：創業のしやすさ83位（2015年）→93位（2019年）（世界銀行「DOING BUSINESS」）  
 ※3) TOP1%補正論文数世界ランク：6位（1994-1996年（平均））→12位（2014-2016年（平均））、総論文数シェア割合（整数カント）：9.0%（1994-1996年）→5.5%（2014-2016年）

- AI中核センター群の強化・抜本的改革と研究開発ネットワークによってAI研究開発の日本型モデルを構築し、日本を世界の研究者から選ばれる魅力的な拠点化
- 次世代AI基盤技術等の戦略的推進、世界レベルの自由かつ独創性を発揮できる**創発研究**の推進

研究環境整備



- ### 制度・インフラの整備
- 計算資源強化
  - 研究や勤務・生活に関する環境整備（サバティカル、報酬等）
- ### 創発研究支援体制
- 世界をリードする研究者の確保
  - 海外大学・機関との連携強化

基盤的・融合的な技術 (AI Core)

<b>Basic theories and Technologies of AI (AIの基礎理論・技術)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 現在の深層学習ではできない難題解決可能なAI</li> <li>➤ <b>革新的自然言語処理技術・音声処理技術の研究開発</b></li> <li>➤ <b>脳モデルを利用したAI技術の研究開発</b> 等</li> </ul>
<b>Device and Architecture for AI (AIのデバイス・アーキテクチャ)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ エッジ向けコンピューティングデバイス（小型・低消費電力）</li> <li>➤ クラウド型コンピューティングデバイス（大容量・低消費電力）</li> <li>➤ 次世代コンピューティングデバイス（量子情報処理等）</li> </ul>
<b>Trusted Quality AI (AIの品質保証)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 個人データなどの保護と流通を促す技術</li> <li>➤ 説明出来るAI（現在の深層学習の原理を理論的に解明し、結果の根拠等を理解可能化）</li> <li>➤ AIからのアウトプットの品質保証 等</li> </ul>
<b>System Components of AI (AIのシステム構成要素)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 創造発見型：AIによる科学的発見の研究</li> <li>➤ 実世界適用AI：ものづくりプロセスを革新するAI、最新の機械学習を実世界に適応する技術</li> <li>➤ 人間共生型AI：<b>言葉の壁を越える、翻訳・通訳ができるAI</b> 等</li> </ul>

# 我が国の量子技術の取組の現状

- 量子技術は、第五期科学技術基本計画において、初めて重要な基盤技術として位置づけられたが、国全体を俯瞰した量子技術戦略は未策定。各府省が、それぞれ個別に研究開発を実施
- 我が国は、基礎理論や基盤技術等に優位性を持つが、技術の実用化・産業化（システム化）に向けた取組に課題

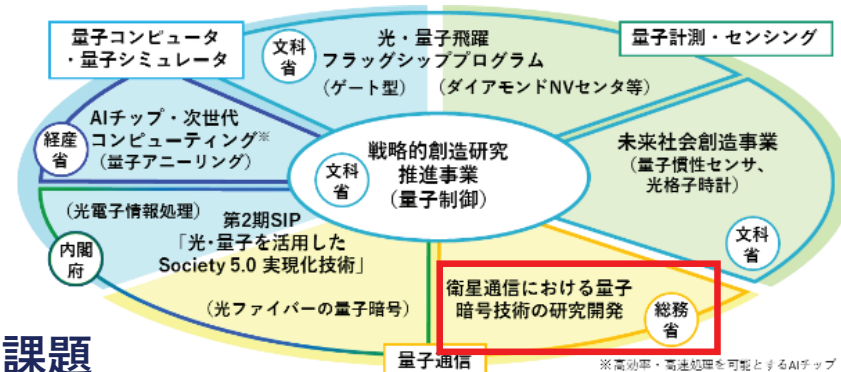
## ○第5期科学技術基本計画(平成28年1月閣議決定)において、「光・量子技術」として初めて位置付けられる

### 「統合イノベーション戦略」(平成30年6月閣議決定)

光・量子基盤技術分野は、従前の技術では不可能であったことを可能とし、社会に変革をもたらす革新的な技術分野であることから、欧米や中国で積極的に研究開発が進められている。我が国としても、Society 5.0の実現のため、・・・我が国が強みを有する光・量子基盤技術の国際競争力を維持・向上させるべく取り組む。

## ○各府省が、それぞれ個別に研究開発を実施

- ✓ 内閣府 量子暗号（光ファイバー）、光電子情報処理
- ✓ **総務省** **量子暗号（衛星通信）**
- ✓ 文科省 量子情報処理（ゲート型）、量子計測・センシング
- ✓ 経産省 量子情報処理（量子アニーリング）



## ○我が国は、基礎理論等で優位性を持つが、技術のシステム化は課題

1998 西森秀稔教授（東工大）らが量子計算手法として「量子アニーリング法」を論文発表

2010 カナダのベンチャーD-Wave社が世界初となる商用機を発表



(出典：D-Wave社)

1999 中村泰信・蔡兆申氏（当時NEC）が超伝導回路による量子ビットを論文発表

2016 IBM社が世界初となるゲート型量子コンピュータのクラウド公開



(出典：IBM社)

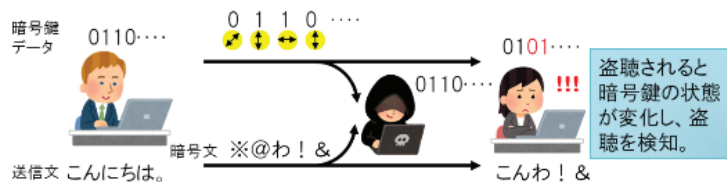
このままでは諸外国に大きな後れを取り、将来の国の成長の基盤が脅かされない



○量子暗号により、絶対に破られない暗号サービスが実現されるため、セキュリティの危殆化の懸念なく高秘匿情報をインターネット上でやり取りすることのできる社会が実現される。

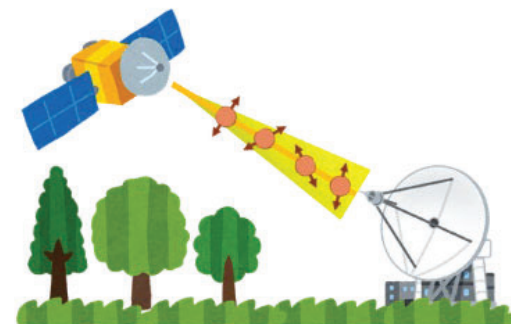
## 量子暗号 | 光ファイバー

- ✓ 暗号鍵データを光子に乗せ、光ファイバーで量子鍵を配送。あらゆる盗聴攻撃を検知し、情報理論的安全性が証明されている唯一の暗号方式
- ✓ 日本の強みは、高性能な量子暗号装置。一方で、低価格化やアプリケーションとの融合が課題
- ✓ データ保存や秘匿計算を組合わせた我が国独自のシステムを開発し、社会実装につなげることが重要



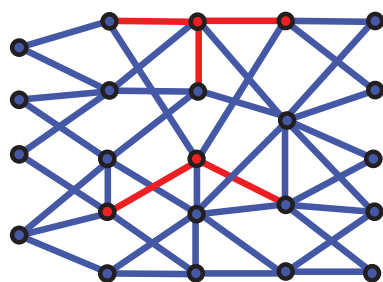
## 量子暗号 | 衛星通信

- ✓ 衛星間や衛星-地上局間で量子鍵配送を実施し、大陸間で高秘匿通信を可能とする技術
- ✓ 日本でも、光通信分野では世界最小となる超小型衛星を開発し、予備実験を実施
- ✓ 本技術の実現に向け、光子伝送の高速化、高精度レーザー捕捉追尾技術等の開発を行うことが重要



## 量子通信

- ✓ 光子の重ね合わせや量子もつれ状態などの伝送・制御により、超高効率の通信を実現する技術
- ✓ ネットワークアーキテクチャや集積化に向けた開発、超高効率通信に向けた量子受信機の研究開発が課題
- ✓ 超高効率通信以外にも、量子情報を量子コンピュータへ伝送する手段などへの応用も期待



## 量子中継

- ✓ 量子暗号は光の損失により100km程度の通信距離が限界。現在、物理的に盗聴者を侵入させない古典的手法で中継しており、理論上安全な中継技術は未確立
- ✓ 日本には、半導体技術やダイヤモンド結晶成長技術など、量子中継デバイスの集積化の強みとなり得る技術がある。
- ✓ 一方、実現には伝送速度、誤り訂正などの課題があり、長期的視点から取り組む必要がある。

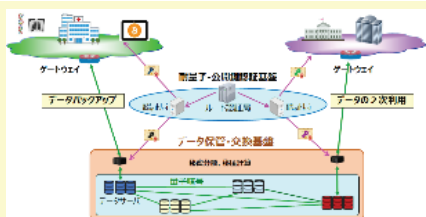


- 近年、量子コンピュータでも解読困難な**耐量子計算機暗号技術**や現在の公開鍵認証基盤からの移行技術に関する検討が活発化している。また、クラウドサービス向けの**秘密分散**や**秘密計算**も実用化されつつある。
- これらの技術を量子暗号と統合することにより「超長期の機密性、改竄耐性、可用性、計算機能を有する量子セキュリティ技術」を実現でき、将来にわたり堅牢なセキュリティを持ったサイバー空間を構築することができる。

## 量子セキュアクラウド

- ✓ 量子暗号、秘密分散、秘密計算、耐量子計算機暗号を統合
- ✓ 将来にわたり盗聴や改竄を防ぎ、秘匿性を保ったまま計算を実行

事業継続性のあるデータバックアップや安全なデータ2次利用を実現し、社会保障費の削減や新サービスを創出

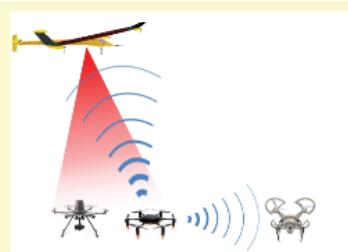


(出典：NICT)

## 適応的物理レイヤ暗号

- ✓ 光や電波の量子的、電磁氣的性質に基づく無線暗号通信技術を開発
- ✓ 通信路の状況に応じて最適な電磁波帯域を用いて情報理論的に安全な暗号通信を実現

IoT機器やドローン等が、いつでもどこでも高速かつ安全な通信ができるサービスを提供



## 量子暗号

不確定性原理、物理乱数

×

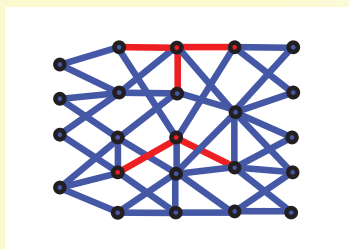
## 情報セキュリティ

現代暗号、計算機科学、ネットワーク理論

## 光・量子ネットワーク暗号化

- ✓ 量子暗号、秘密分散、ネットワーク理論を統合
- ✓ 複数のノードとリンクで分散的に符号化・暗号通信する光・量子ネットワーク暗号化技術を開発

サービス停止攻撃耐性や可用性に優れたスケーラブルな秘匿通信ネットワークを実現



## 量子セキュア移動通信ネットワーク

- ✓ 衛星、ドローン、コネクテドカー等の移動体に量子セキュリティ技術を実装
- ✓ モビリティ、接続性、安全性に優れた移動通信技術を開発

宇宙、成層圏、高高度から地上網まで網羅する大容量かつ安全な移動通信ネットワークを実現



(出典：NICT)

量子セキュリティ技術により、永続的セキュリティを持ったサイバー空間を構築！