

有線・無線融合技術による安心安全社会の実現 ～電波を必要なところにだけ光でとどける～

早稲田大学 川西哲也

2016年3月14日

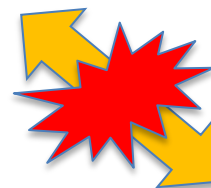
ワイヤレス技術による利便性の拡大

身近になるワイヤレス技術の実例



ユーザの視点では**全部無線**にしたい

無線技術の利用拡大



限られた電波資源



信号伝送、伝搬のうち可能な限り有線ネットワーク化し、機能・利便性に不可欠な部分のみを無線とする



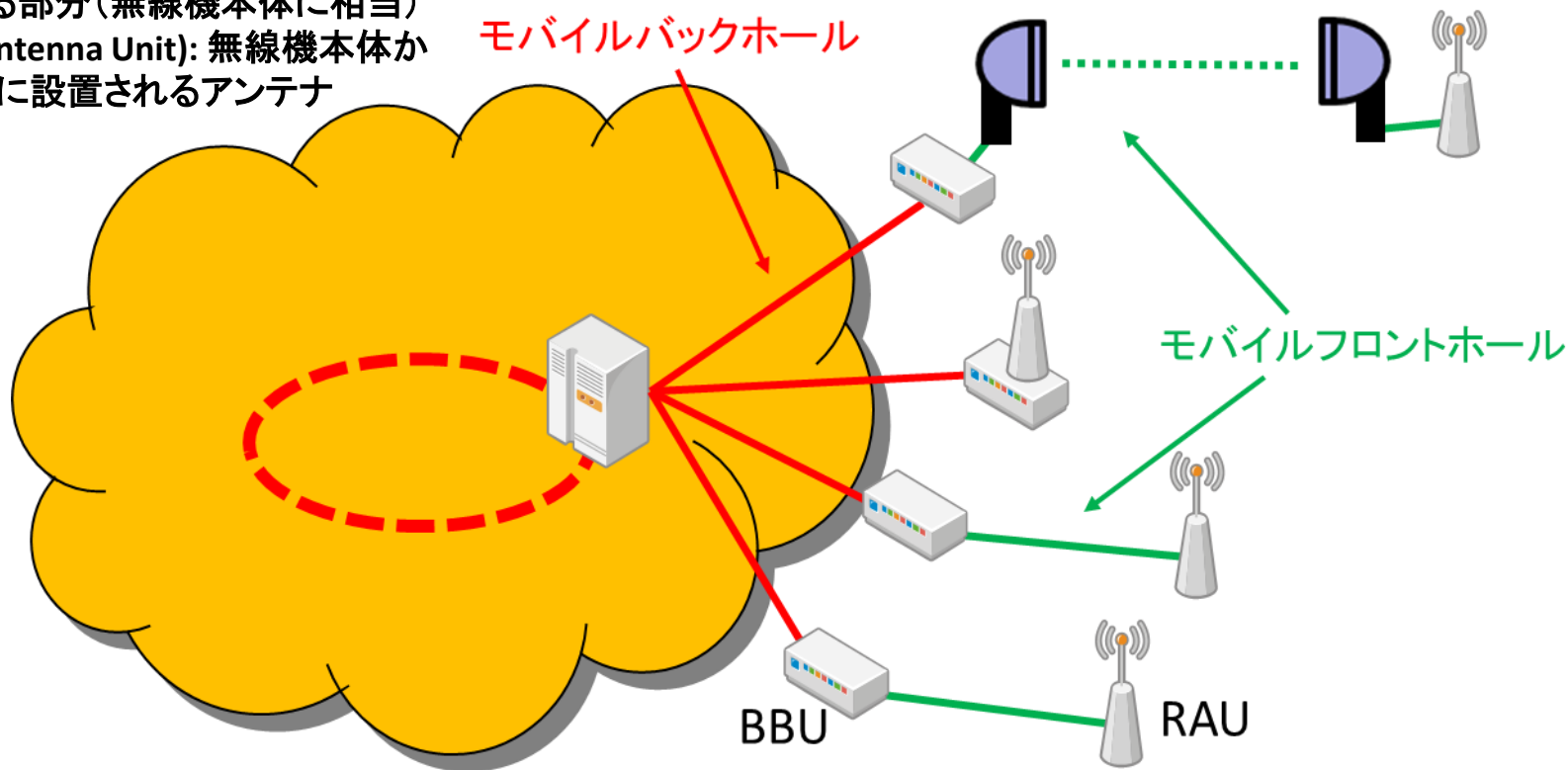
有線・無線融合ネットワーク

ネットワーク全体がワイヤレスサービス（センシングを含む）を実現

光ネットワークでシームレスにつながる多数のアンテナ

BBU(Base Band Unit): 無線信号をデジタル信号に変換する部分(無線機本体に相当)

RAU(Remote Antenna Unit): 無線機本体から離れたところに設置されるアンテナ



モバイルバックホール: 無線機本体同士をつなぐネットワーク

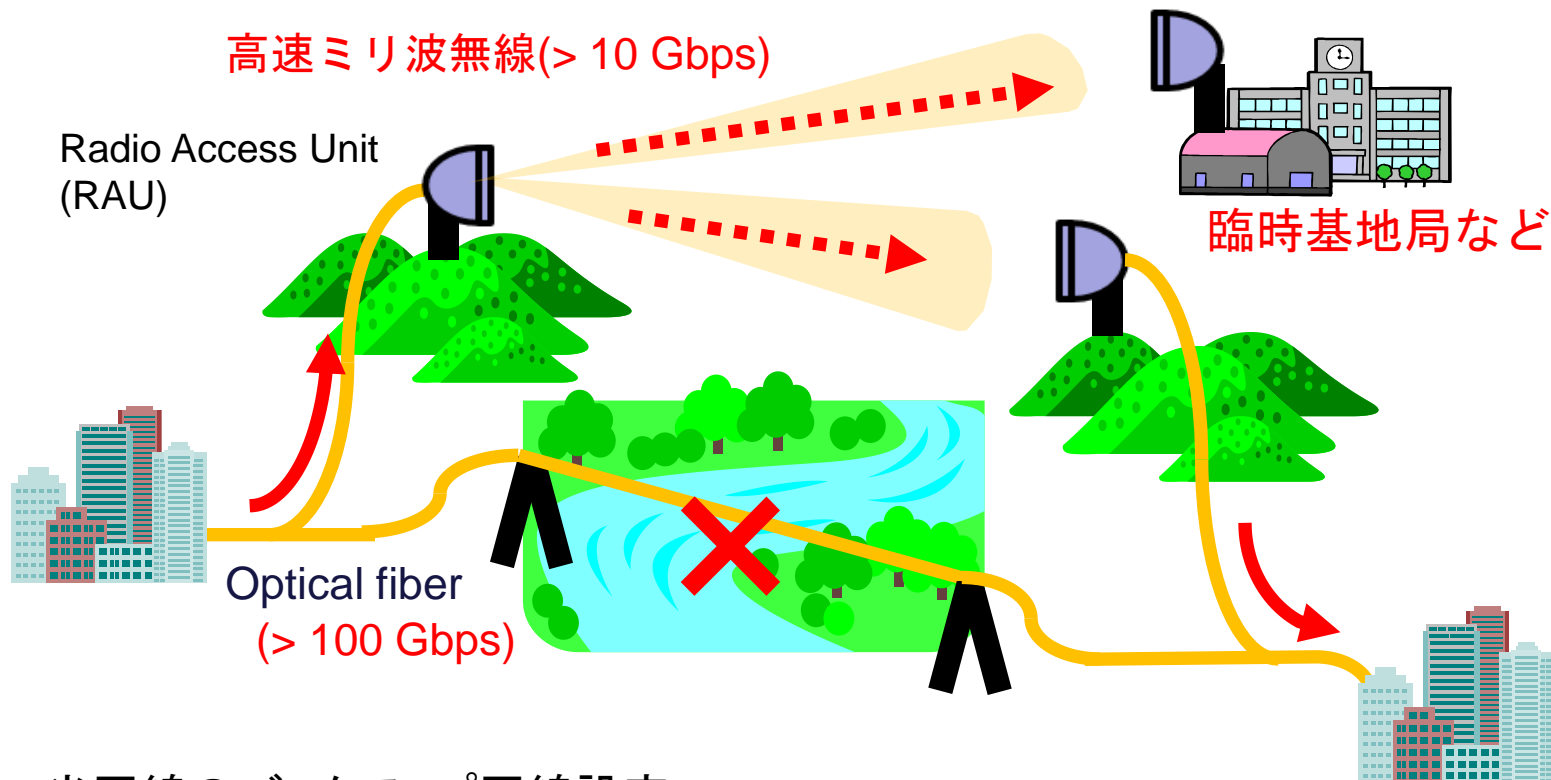
→ **デジタル情報ネットワーク**

モバイルフロントホール: 無線機本体とアンテナ部分をつなぐネットワーク

→ **無線波形転送ネットワーク**

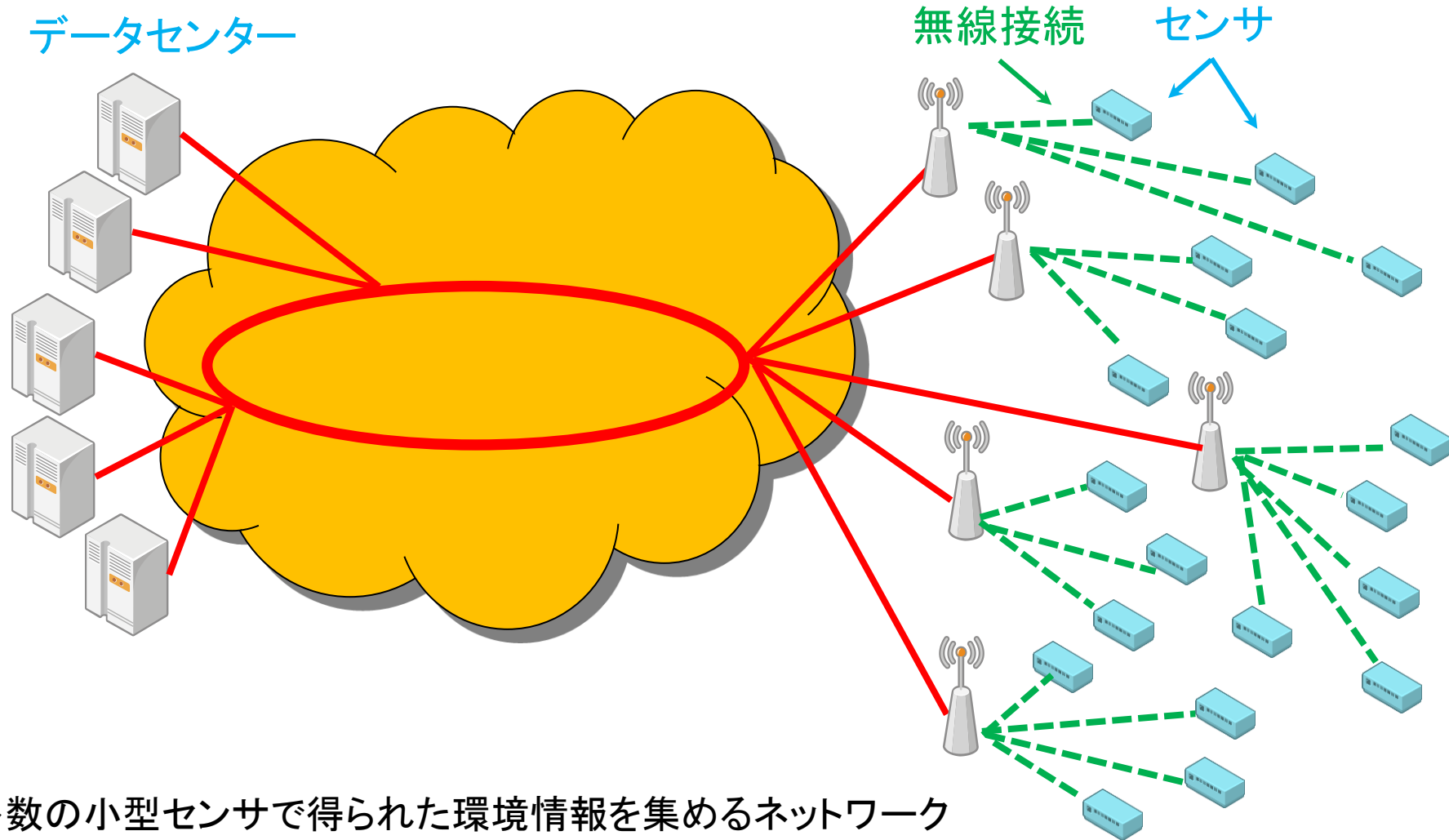
有無線両用通信システム

臨時設営性の高い高速通信システムを実現



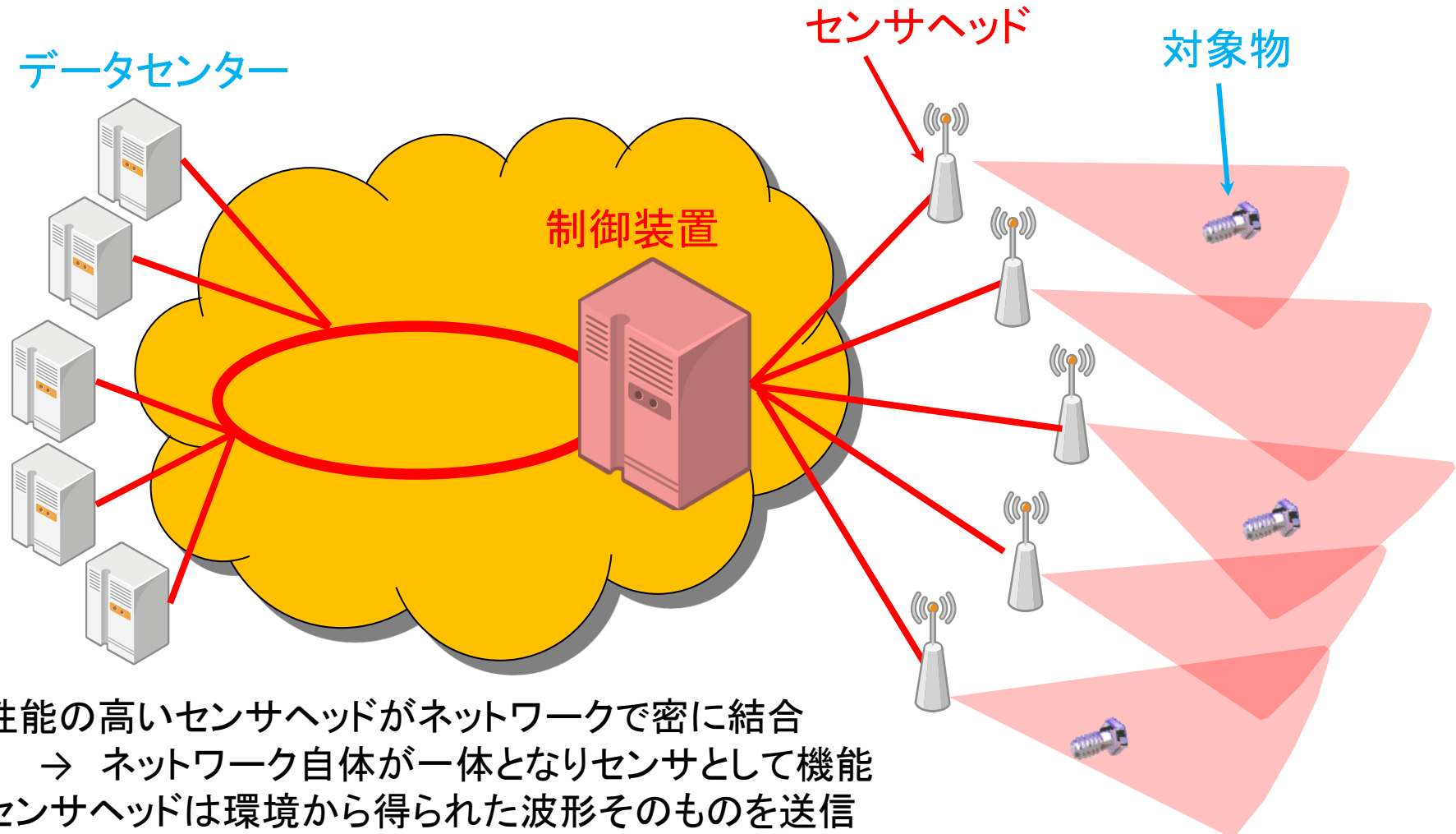
- 光回線のバックアップ回線設定
- 災害やイベント開催時の臨時回線設営
- 山間部などでのラストワンマイル

センサネットワーク (WSN: Wireless Sensor Network)



- ・多数の小型センサで得られた環境情報を集めるネットワーク
- ・少量のデータを散発的に生成する小型のセンサを想定
- ・センサは数値化された測定結果を送信
- ・小型のセンサを無線で接続することを想定

ネットワークによるセンサ (SoF: Sensor over fiber)



- ・性能の高いセンサヘッドがネットワークで密に結合
→ ネットワーク自体が一体となりセンサとして機能
- ・センサヘッドは環境から得られた波形そのものを送信
- ・対象物にはセンサを直結しないが、センサヘッドからの電波などで遠隔測定

センサヘッドで得られる波形をネットワークで共有、協調的処理

→低コストで高機能なセンシングを実現 (センサ信号処理のクラウド化、波形の効率的転送)

WSNとSoF

SoFは多数のセンサが密に連携するネットワークを構成する
→ 広義のセンサネットワークの一つ

科学技術・インフラ用途

WSN

SoF

ファイバネットワーク
上に仮想的な高機能
センサを実現

測定波形を
転送

センサで
データを数値化

電波・ファイバのネットワークで
環境情報を集める

一般用途

高機能

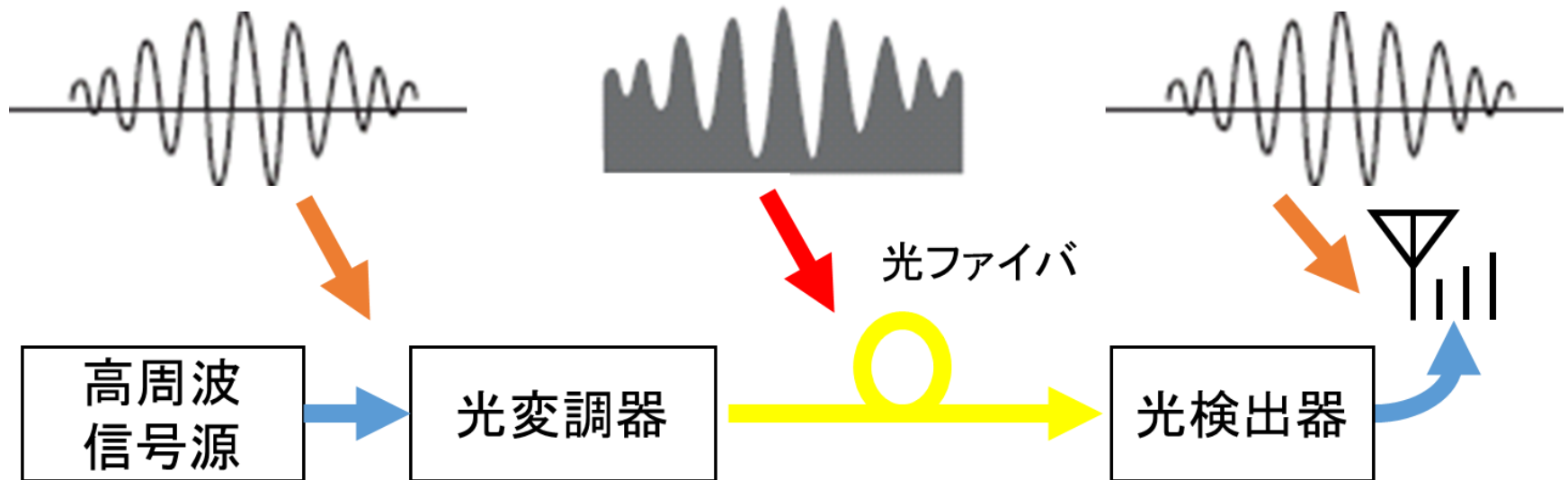
単機能

SoFを実現する波形を転送する技術 —ファイバ無線—

光ファイバで無線信号波形を送る技術

銅線では高い周波数の信号は損失が大きく、信号配信・伝送が困難
低コスト化が進む光ファイバ技術を活用

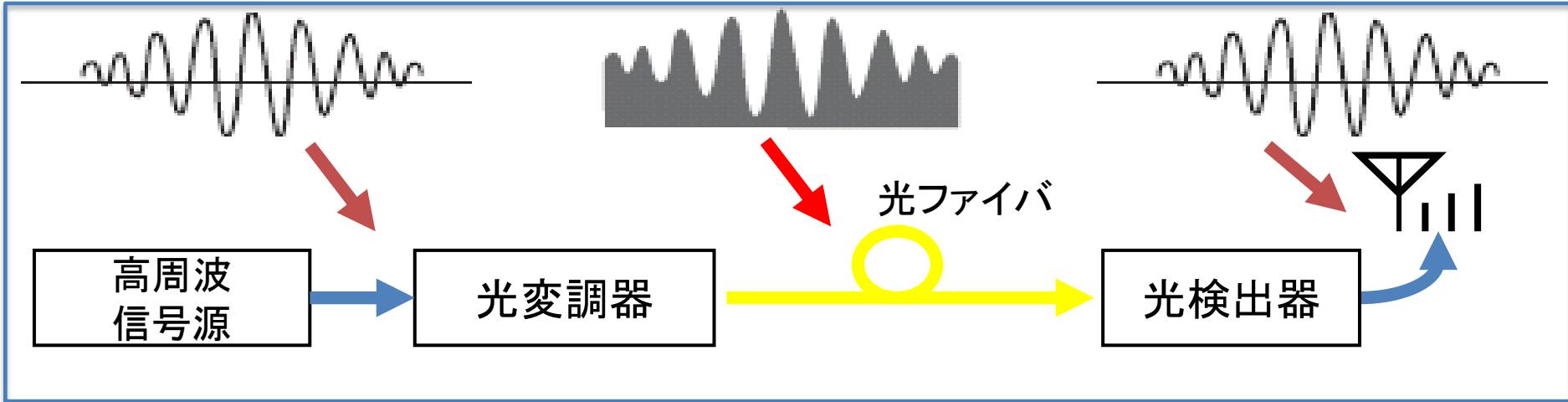
高周波信号波形で
強度変調された光



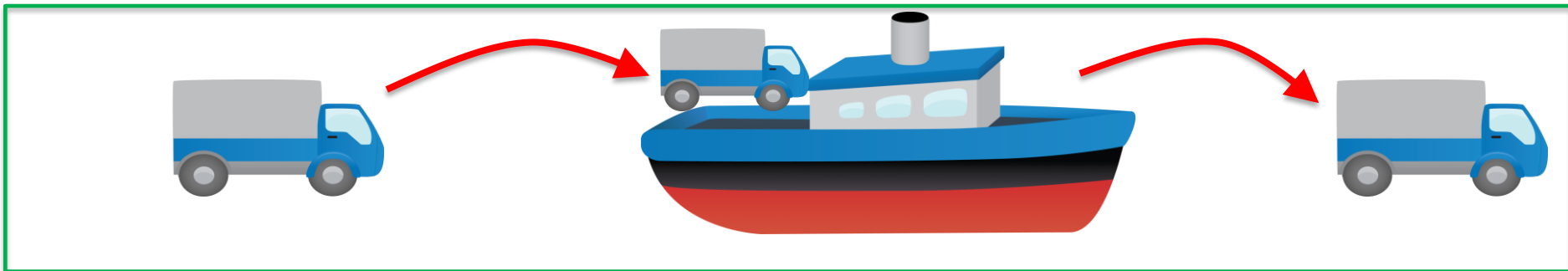
無線機本体とアンテナを離れた場所に設置することが容易に
多数のアンテナで無線機本体の機能を共有することができる(無線機機能のクラウド化)

ファイバ無線システムでのフェリー輸送でのアナロジー

情報を運ぶための電波波形ごとと光で運ぶ → 光=電波の変換部が簡単に

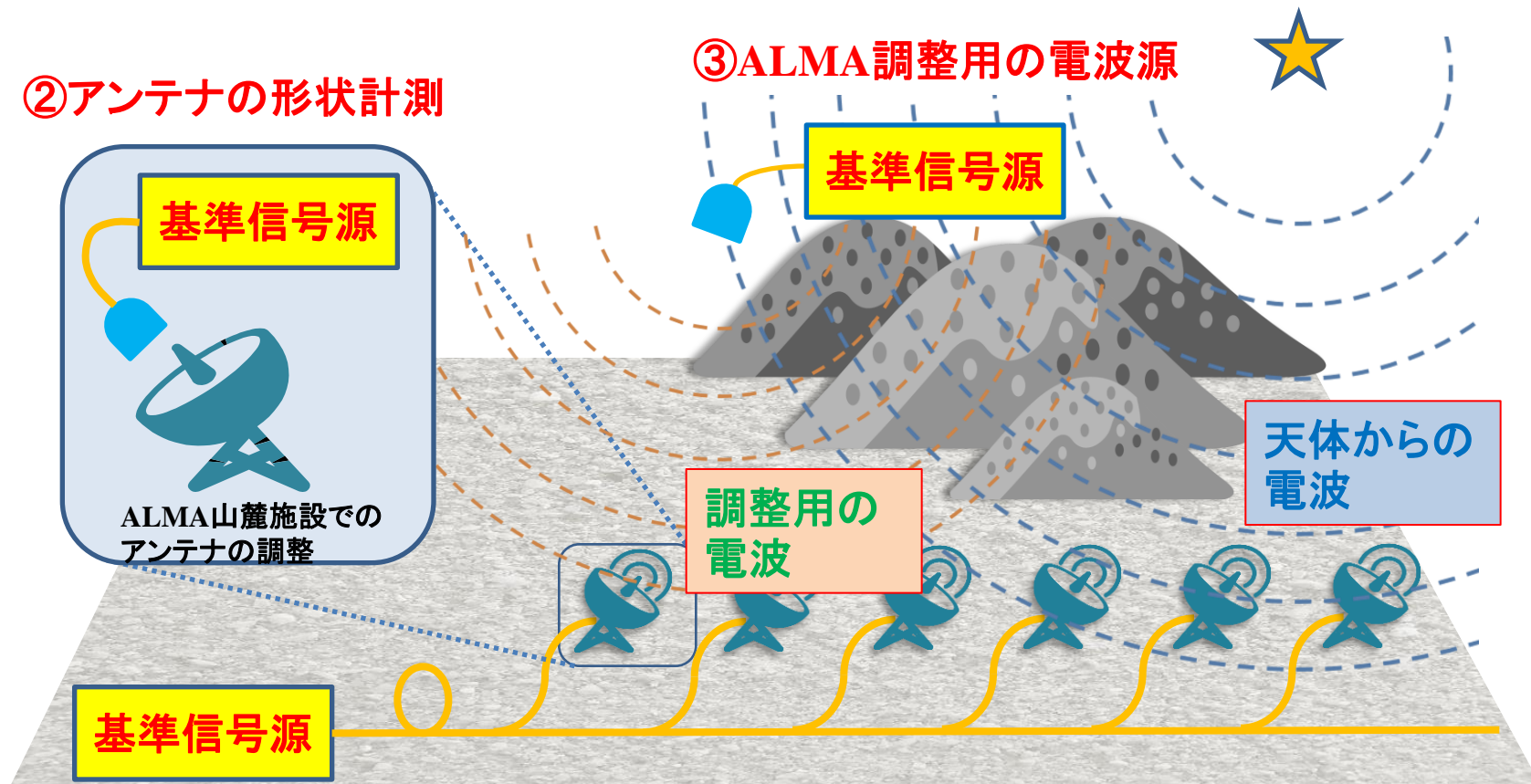


荷物をトラックごとフェリーに乗せて運ぶ → 港での作業(荷役)が簡単に



ファイバ無線: 伝送手段(伝送メディア)を変換を簡単にする技術

電波天文向けミリ波帯ファイバ無線技術 ALMAでの基準光源の役割



①ALMAのアンテナを連動させるための基準光源

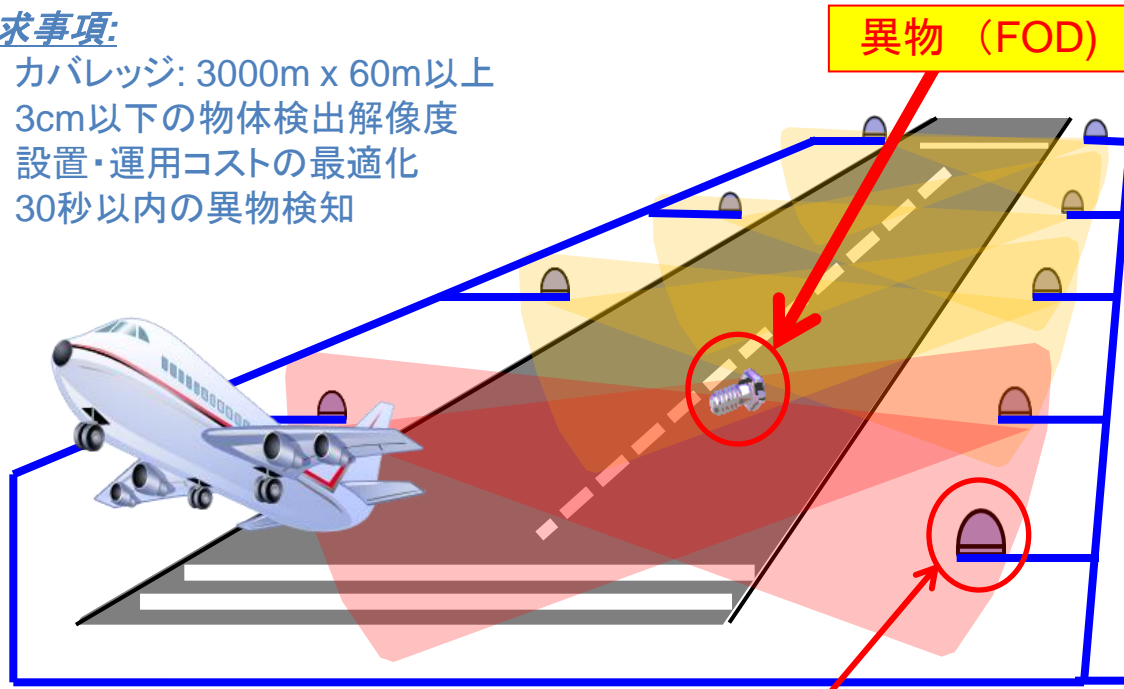
90GHz帯リニアセルによる高精度イメージングの研究開発

要求事項:

- カバレッジ: 3000m x 60m以上
- 3cm以下の物体検出解像度
- 設置・運用コストの最適化
- 30秒以内の異物検知

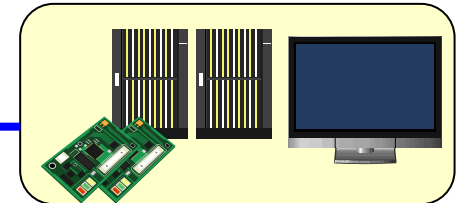
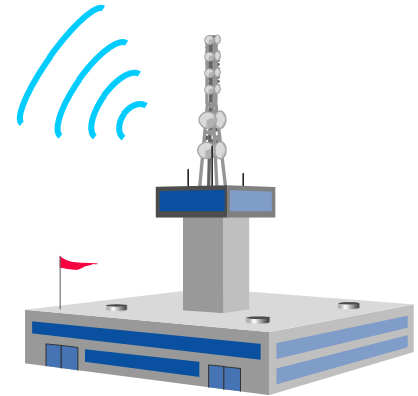
FOD (Foreign Object Debris)

異物 (FOD)



光ファイバ無線 (Radio-Over-Fiber)

ミリ波帯分散アンテナレーダー



多数のリモートヘッドによる90GHz帯FM-CWレーダー
=> 低出力・低コストな半導体増幅器の開発・利用
FM信号の光ファイバ無線技術による直接伝送
=> 高精度なRF信号源・信号処理を中央局に集中化
滑走路・線路向け統合システムの開発

HITACHI
Inspire the Next

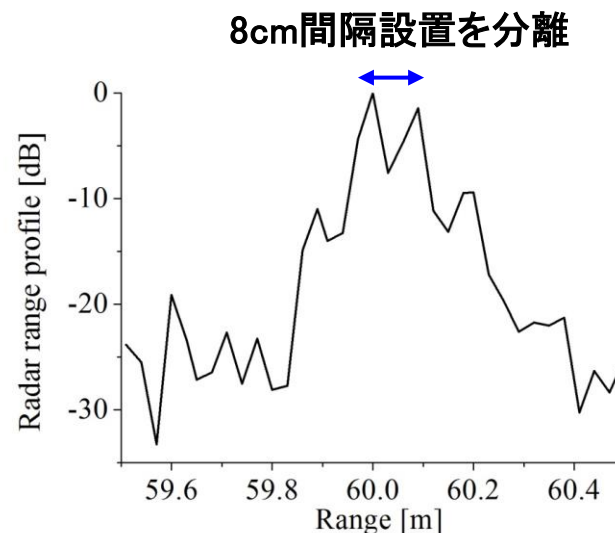


共同屋外実証実験(タイ・チュラロンコン大学)

標準金属円柱

- 高さ:1インチ
- 直径:1インチ

を奥行き方向へ2個設置して分解能を評価



ミリ波レーダで数センチのものを検出、識別

成田国際空港でのフィールド実験

B滑走路にてリニアセルレーダの性能実証試験実施中

レーダー設置エリア
(4台)

中央処理装置
光トランシーバ

レイアウトマップ : http://www.naa.jp/jp/airport/pdf/layout_01.pdf より

成田国際空港B滑走路におけるFOD検出実験



滑走路灯よりも小さな障害物をミリ波レーダーで検出
レーダーからの距離400m以上、測定時間4秒



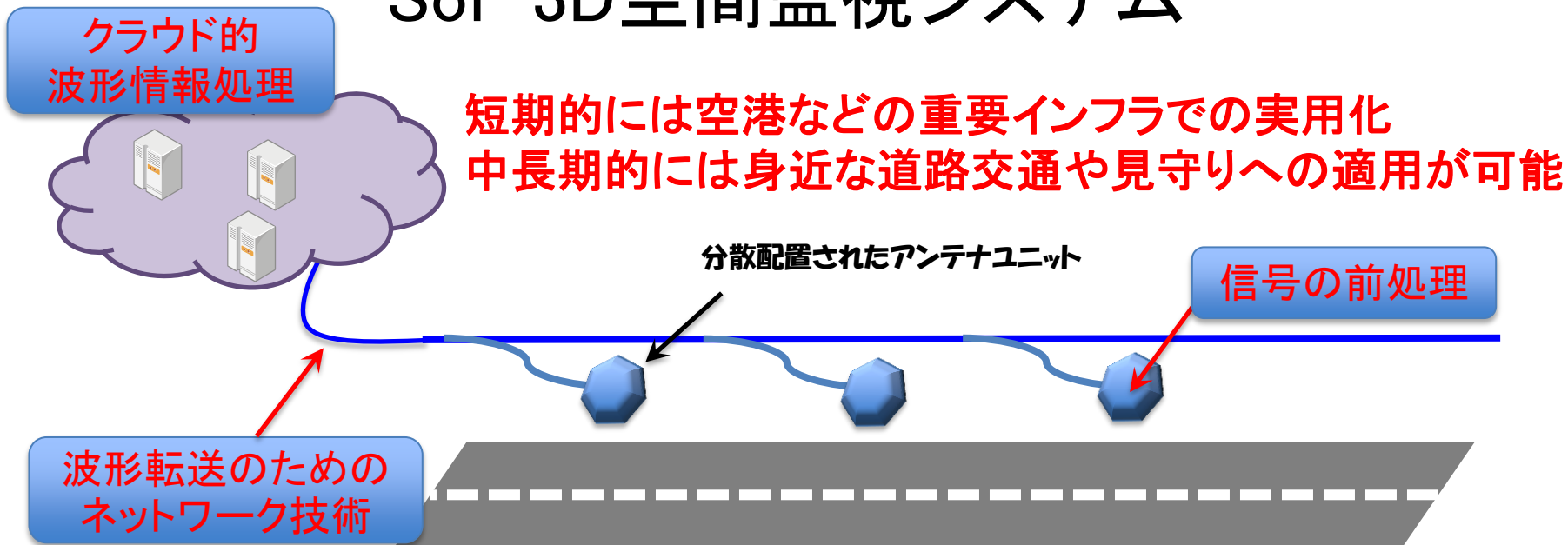
高速に広い範囲を詳細に監視することが可能

レーダ表示パネル(運用時間中の成田国際空港B滑走路)



滑走路上の灯火器(赤)、移動する航空機(黄)

SoF 3D空間監視システム



空港、鉄道、高速道路等の重要インフラにおける障害物を3次元的に検出するためのミリ波帯高精度レーダに関する研究開発が必要。複数の電波源と受信器を統合的に光ネットワークで接続することで、所定の空間内に存在する小形の飛翔体を検出することを可能とする。

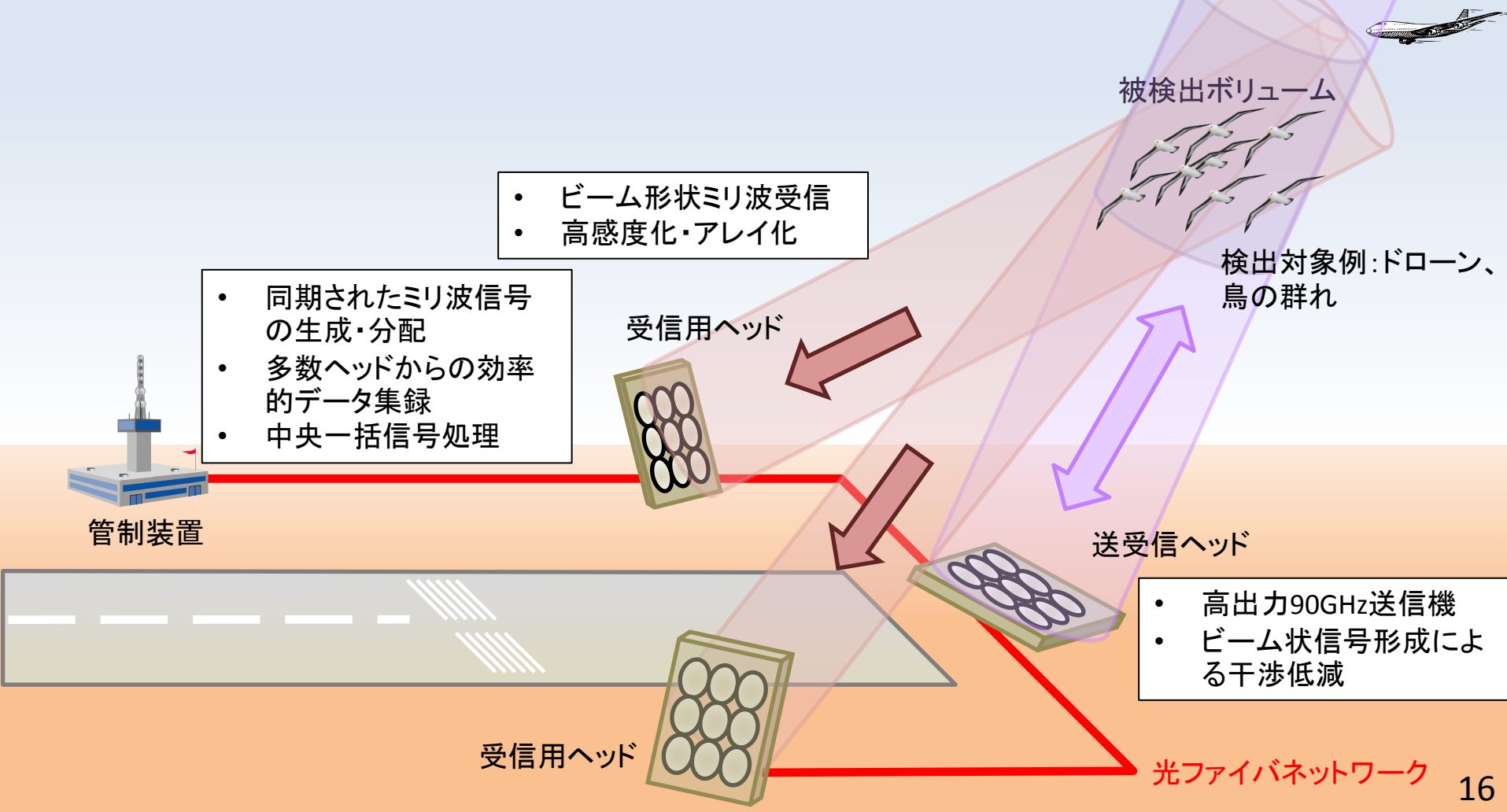
重要インフラ向け技術が先行すると想定されるが、ドローンなどの普及により生活環境の3次元的活用が将来、日常となることが考えられ、2次元的に塀で囲うなどの従来型のセキュリティでは不十分に。

→ 低コストのネットワーク型空間センシング技術が必要に

3次元的イメージングと、3次元的空間活用技術(ドローン)は同時並行的に研究開発をする必要がある。

複数送信、複数受信のネットワーク化

光ファイバNWで接続されたミリ波レーダ群(1送信機、3受信機等)を高精度に同期し、3次元ボリューム内の異物を検出する



交通弱者を守る歩道の構造

ガードレールなし



利便性 ◎
安全性 △

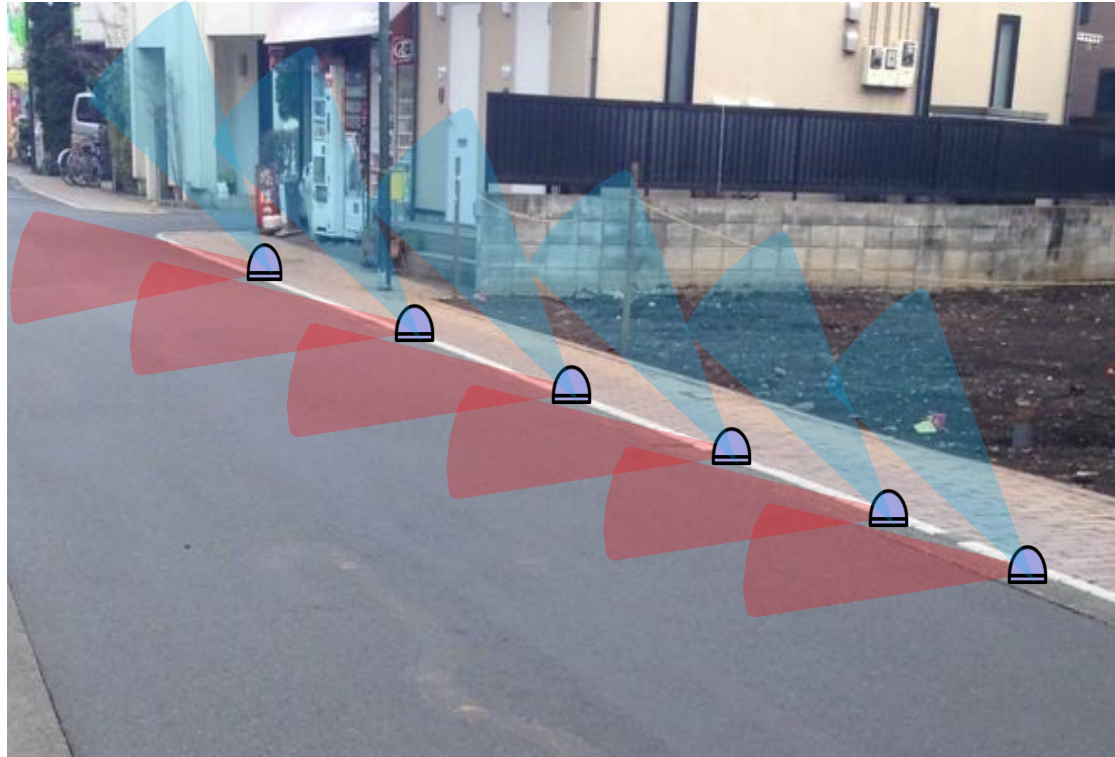
ガードレールあり



利便性 ×
安全性 ◎ (実際は△)

狭すぎるなどの利便性の問題があると、ガードレールの外を歩く人が増えるなど、実効的な安全性確保が難しくなることがあり得る

交通弱者を守るリニアセルレーダ

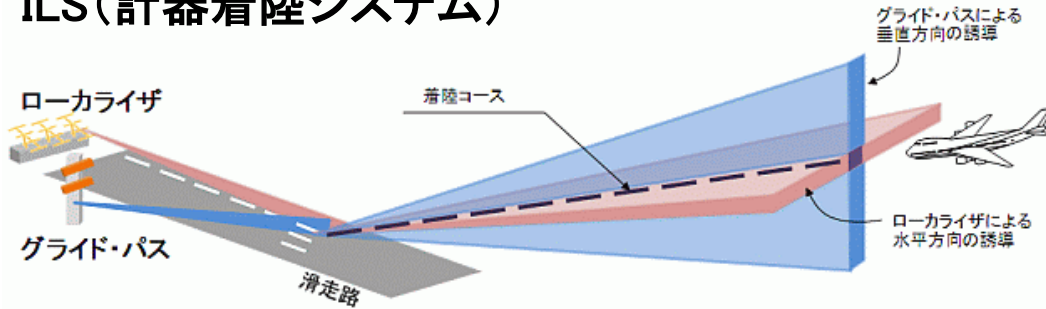


利便性 ◎
安全性 ○

リニアセルレーダーで車の歩道への接近を車と歩行者の双方に通知
歩行者側も監視し、不用意な車道への飛び出しを警告

リニアセルで作る電波のやわらかくてかしこい壁

ILS(計器着陸システム)



車載機器のみでは壁への接近などへの対応に限界がある

壁の方から、近づく車や人に知らせる

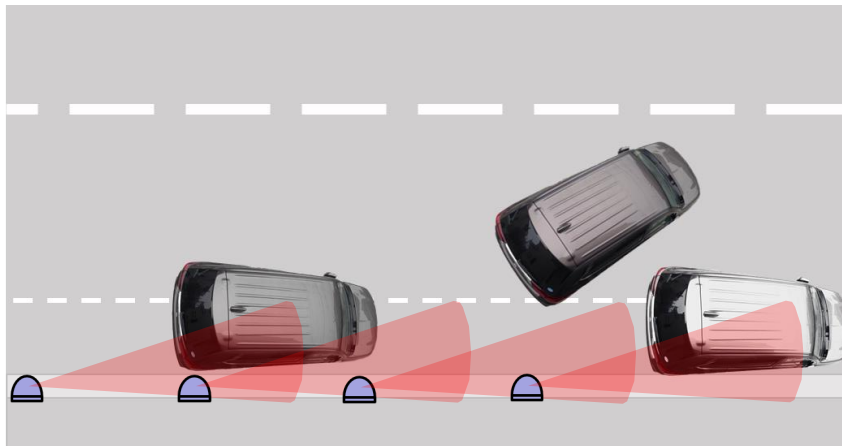
電波で作られた道

ローカライザ: 着陸を行う航空機に対し、電波により着陸コースからの水平方向のずれを示すことにより、水平方向の誘導を行う。
グライド・パス: 着陸を行う航空機に対し、電波により着陸コースからの垂直方向のずれを示すことにより、垂直方向の誘導を行う。

http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/02kiban15_02000037.html



IPS(計器駐車システム)



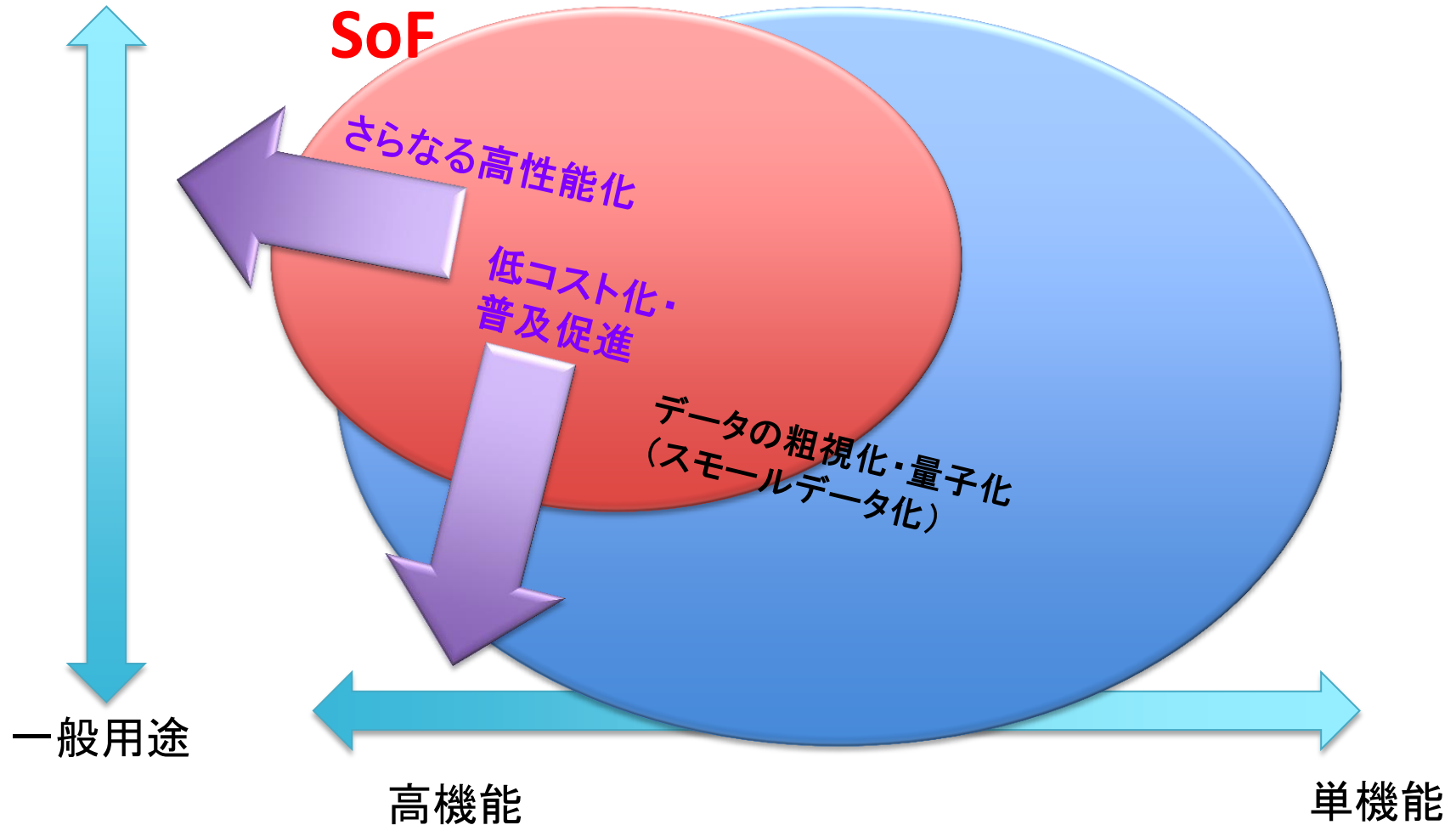
車載装置と路面装置が連携して自動駐車を安全に実現

SoFの目指すべき今後の研究の方向性

高度なインフラ向けから一般向けまでを共通した
アーキテクチャ、ハードウェアで提供する

科学技術・インフラ用途

WSN



參考資料

光技術の高機能化と低価格化

20年前

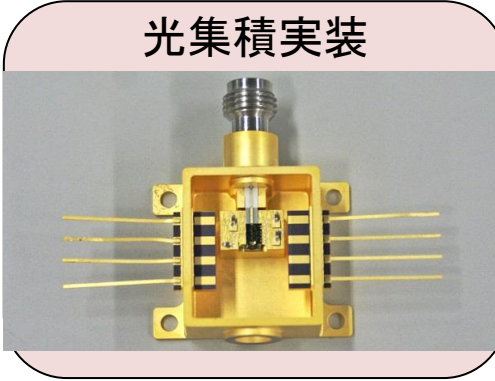
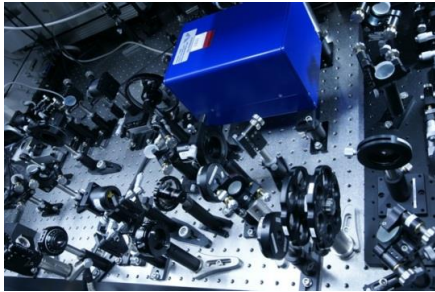
5年前

現在

空間光学系

光ファイバ

光集積実装



伝送速度

先端研究
サービス

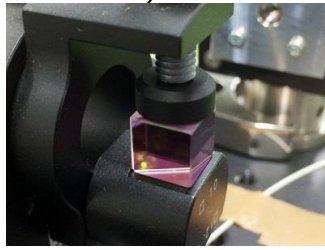
10 Gb/s
0.6 Gb/s

100 Gb/s
10 Gb/s

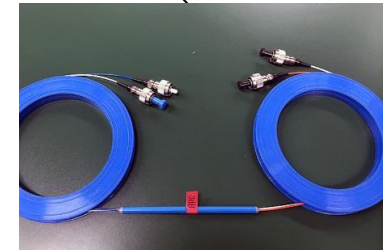
1000 Gb/s
100 Gb/s

コスト

例)カプラ 20万円(ビームスプリッタ)



2万円

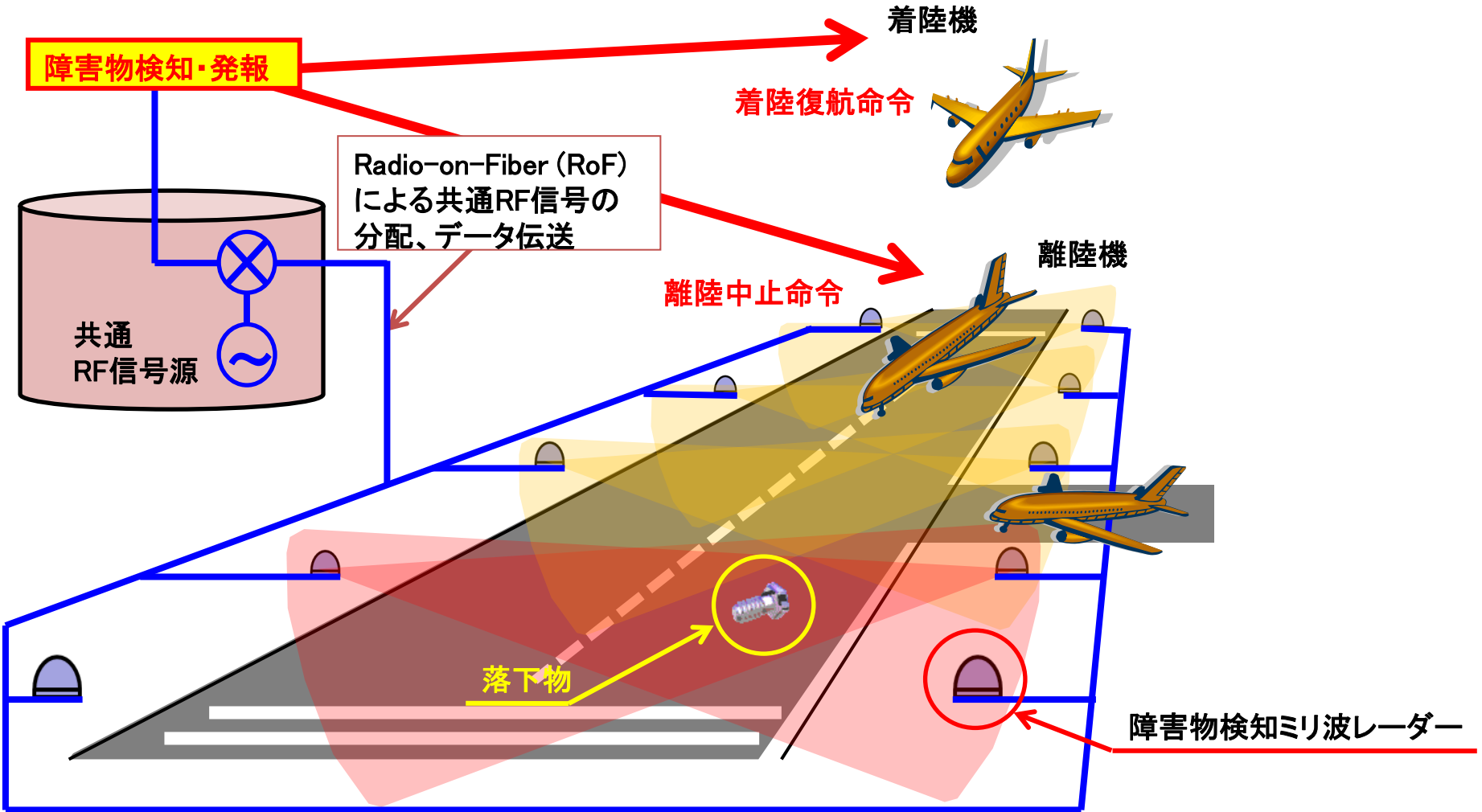


2000円

すべて推計値・概算値である

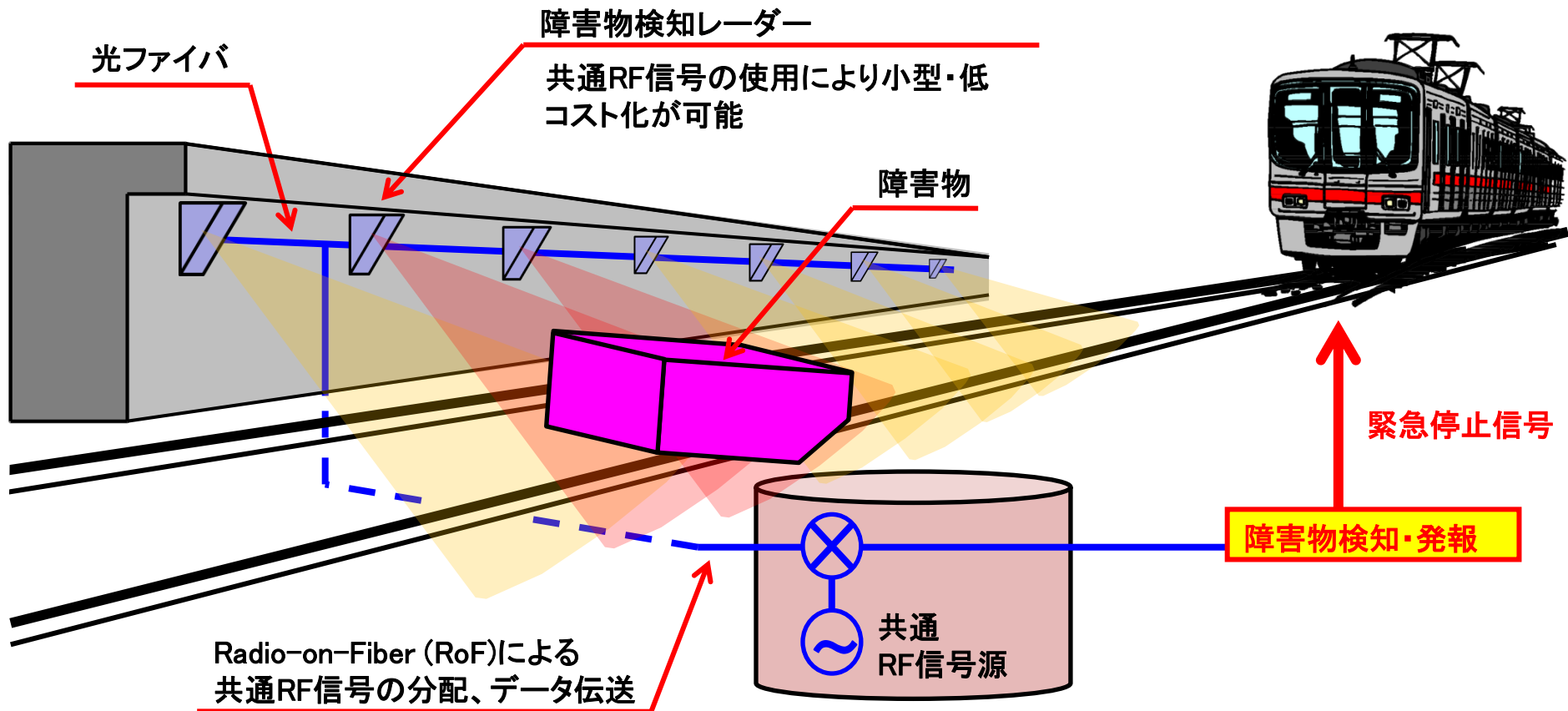
～滑走路監視への応用例～

線状のセル(リニアセル)で滑走路面をカバーする高精度ミリ波イメージングを実現



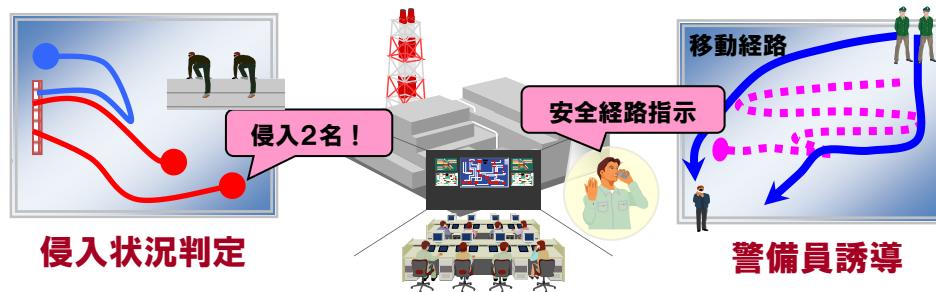
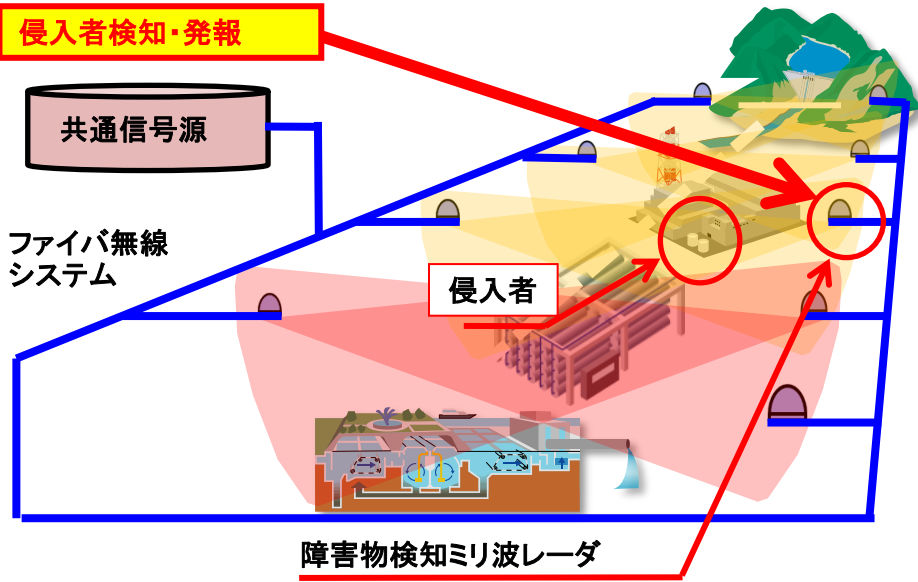
～線路監視への応用例～

線状のセル(リニアセル)で軌道上をカバーする高精度ミリ波イメージングを実現



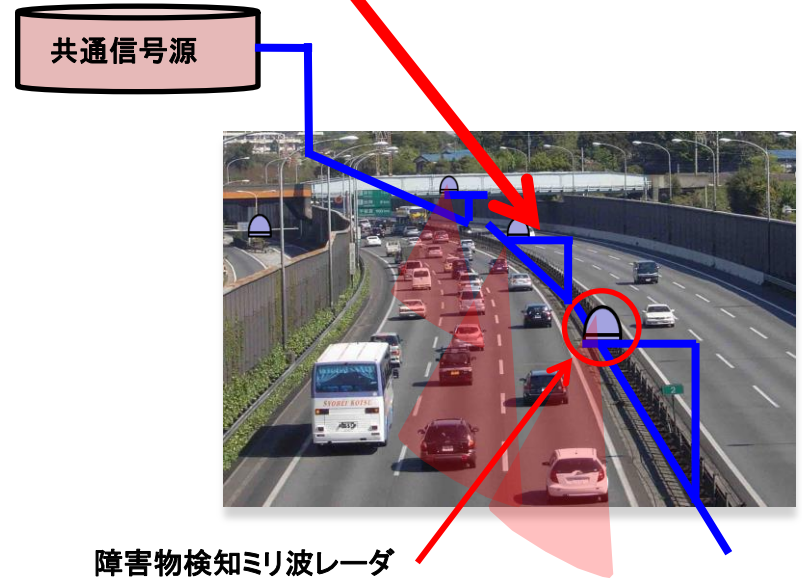
リニアセルレーダの応用分野

重要設備監視の例



高速道路監視の例

障害物検知・発報



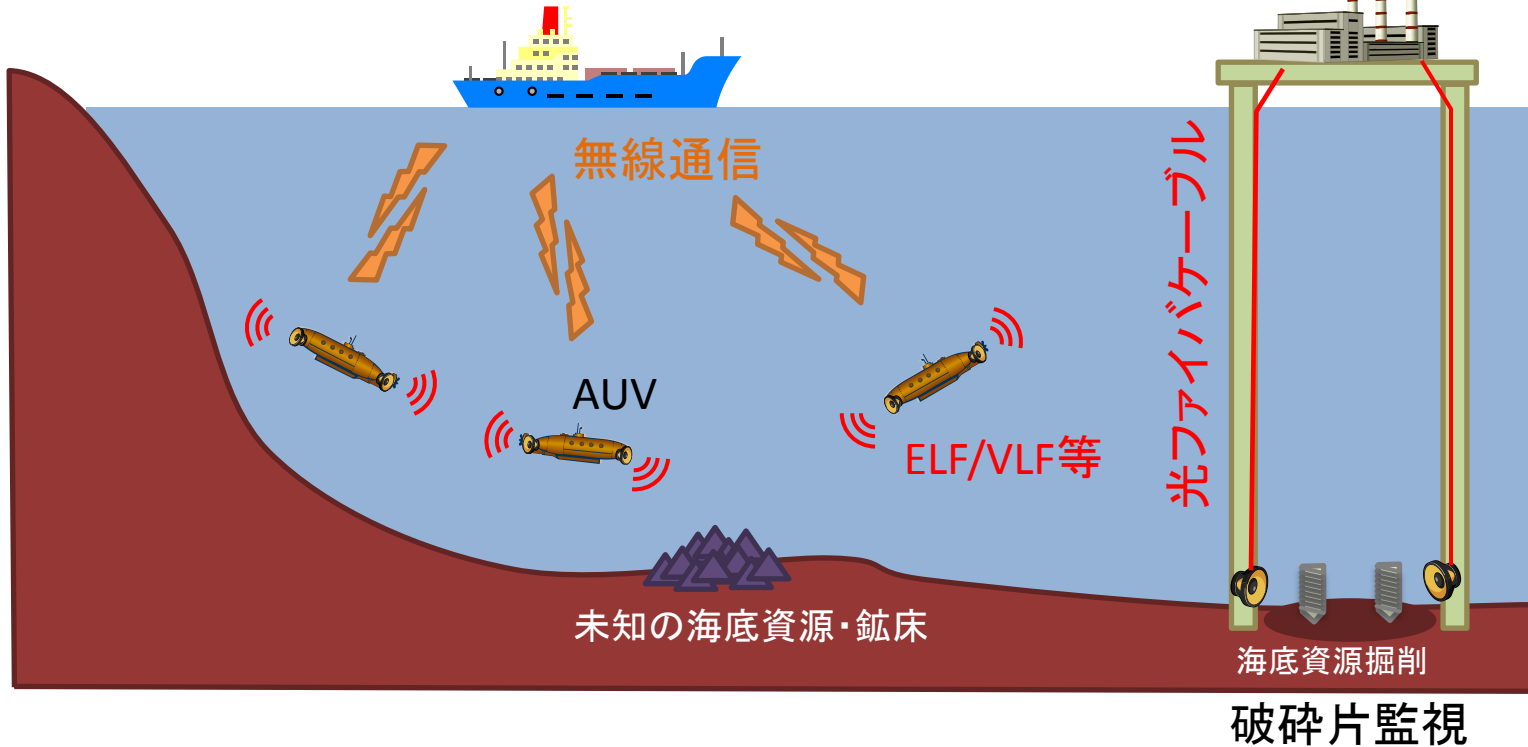
- 障害物の早期発見・発報による事故回避
- 逆走車両や蛇行車両の動的検知の可能性
- 車載の衝突防止レーダーとは異なる周波数で共存・協調が可能
- 路側帯に敷設されている光ファイバ網の有効利用

波形転送／集中処理型センサの例

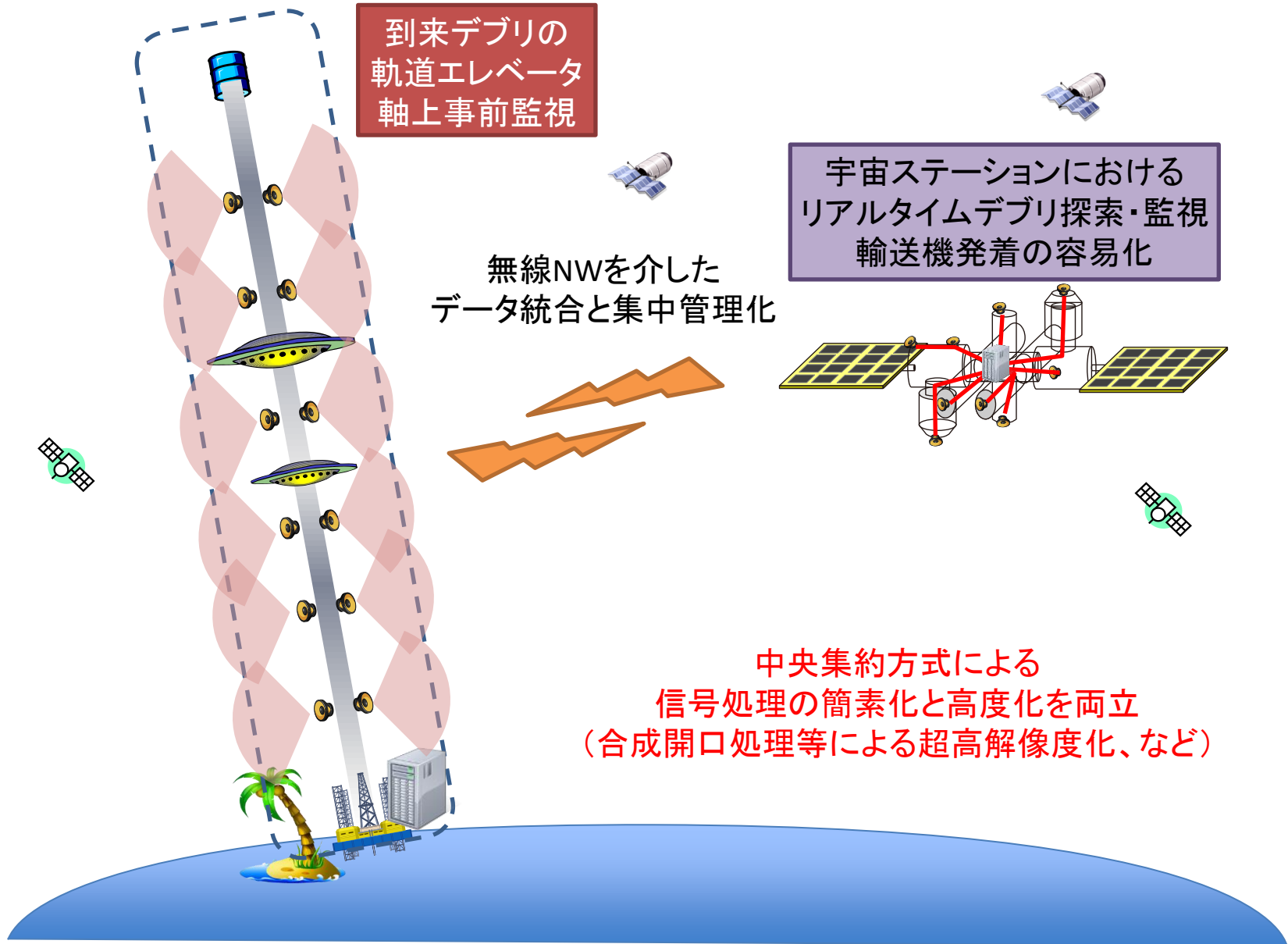
無線による集中型センサNW

有線集中型センサNW

AUV群センサの中央集中統合制御
(統合処理による効率探索・検出高精度化)

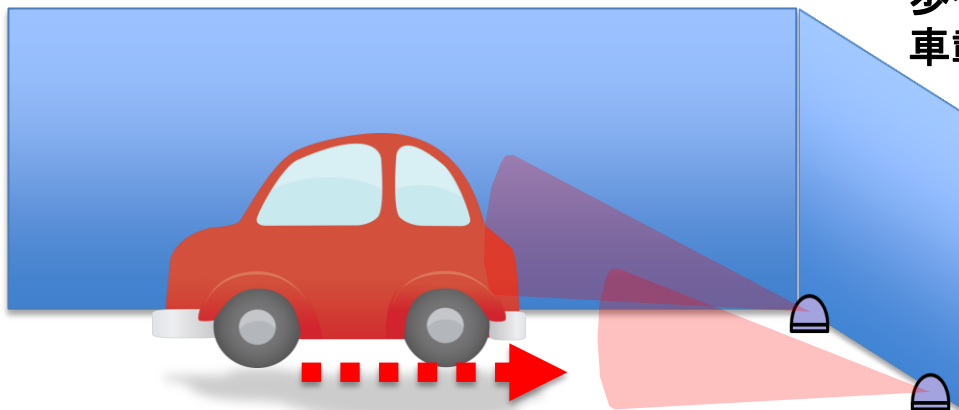


波形転送／集中処理型センサの例



自動駐車：IPS(計器駐車システム)と3次元監視への展開

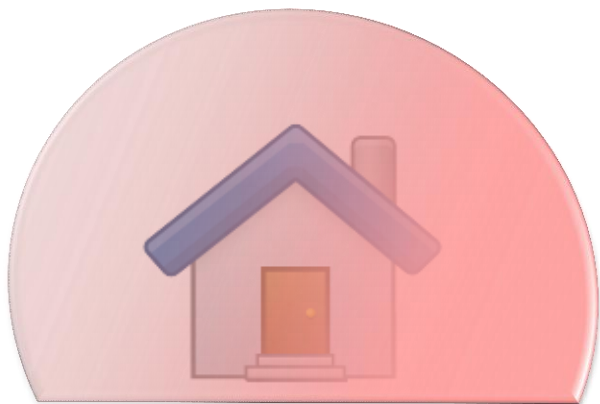
歩行者や他の車など周辺状況に応じた対応が可能
車載センサで対応困難な角度の障害も回避



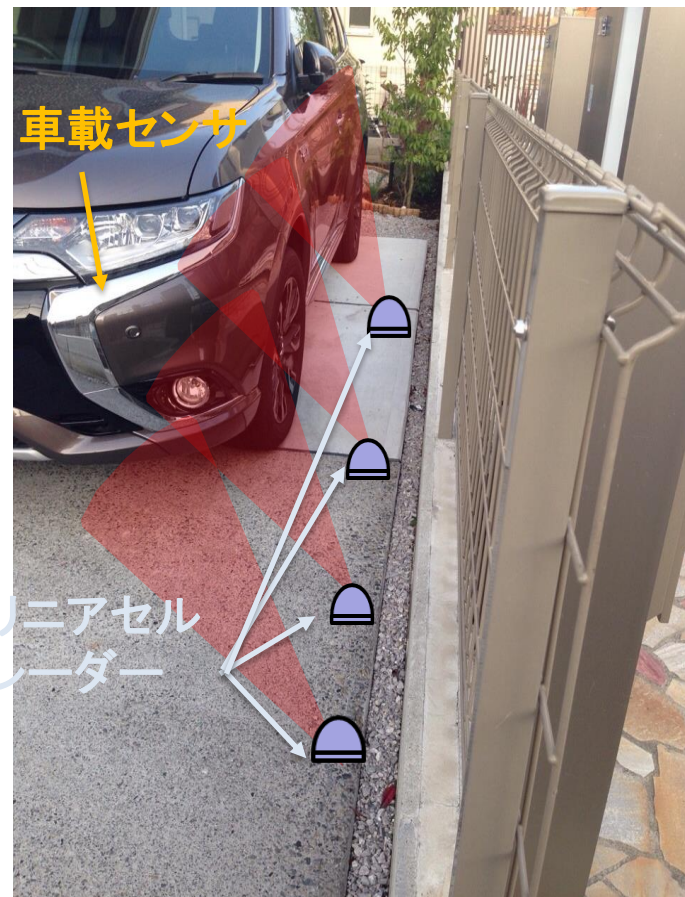
車載装置と路面装置が連携し自動駐車を安全に実現



更に低コスト化、高性能化し
3D見守りへ展開期待

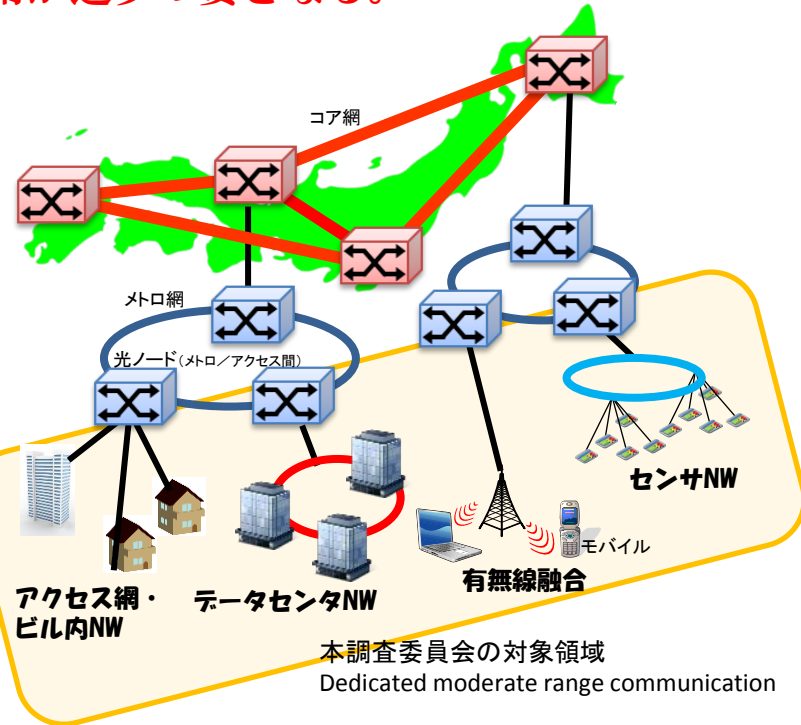


家庭用の3Dやわらかい壁の実現へ



中・短距離空間で各種のサービスに柔軟な対応を可能とするネットワーク [Dedicated Moderate Range Communication] を実現するための革新的なデバイス技術に関する調査委員会

情報通信技術の発展により、現在、高度で大容量なコアネットワークがインフラとして整備されつつあり、より身近なシーンで個人がそのような大容量ネットワークを活用する社会が到来しようとしている。そのような社会では、**比較的短距離(Moderate Range)で莫大な情報がやりとりされ、情報の発信元、送信先としてはセンサ、スマートフォン、データコム、ネットワークファイルサーバなど様々な形態が想定される。**多種多様なサービスに対応し、ユーザを「おもてなし」(Dedicated)する能力が期待される。これらの通信システムとしてのつよさ(高速性)とやわらかさ(柔軟性)を兼ね備えたネットワークを実現するためには、「**中・短距離**」において**光や超高周波等**のあらゆる電磁的手段を統合的に利用した**高速・大容量リンクの構築と、そのためのデバイス技術が**進歩の要となる。



本委員会では、光や超高周波等の電磁波を統合的に利活用する電磁波統合Dedicatedネットワークを実現するための要素・基盤技術開発を目指し、超高速性・超大容量はもちろんのこと超高速体積密度、低環境負荷、低電磁干渉特性などの種々の従来技術には無いソリューションを創出するための革新的デバイス技術やネットワーク構成に関する調査・研究を実施する。

2014-2015年度、NICTが設置
 最終報告書とりまとめ作業中

中・短距離空間で各種のサービスに柔軟な対応を可能とするネットワーク [Dedicated Moderate Range Communication] を実現するための革新的なデバイス技術に関する調査委員会

調査項目

1. 将来に向けたコミュニケーション技術・デバイス技術ロードマップ
2. 光伝送方式の現状と今後、超高速・大容量、柔軟性のためのデバイス技術への要求
3. 電波・超高周波等の無線通信の現状と今後および、超高速・超高体積密度デバイスのための低電磁波干渉等のデバイス技術への要求
4. シリコン・化合物半導体、酸化物、有機等の材料的視点、マテリアルフローからのデバイス性能向上可能性
5. 電磁波統合Dedicated Moderate Range Communicationとそのための革新的デバイス技術の概要

委員長	東京大学 名誉教授 神谷 武志
委員	東京大学、京都大学、東京工業大学、横浜国立大学、早稲田大学、慶応義塾大学、NTT、KDDI研究所、NEC、富士通、三菱電機、日立製作所、古河電工、豊田中研、情報通信研究機構
オブザーバ	総務省 情報通信国際戦略局技術政策課 研究推進室、 総務省 総合通信基盤局 電波部 基幹通信課

極限環境ブロードバンド接続技術調査委員会 ～高速通信が困難な環境での接続技術の現状と将来展望～

LTE (Long Term Evolution)やモバイルWiMAX等による移動体通信の高速化は目覚ましく、数10～100 Mbpsの実用化や、時速500 kmでもハンドオーバー可能な無線LAN技術が検討されている。しかしながら将来必要とされるGbps超級の高速移動体との高速通信の実現は、従来技術では困難であると予想される。このような背景のもと、**高速移動体として鉄道、航空機、衛星を想定し、高速通信技術として無線・有線（光）を問わず、その可能性と技術的課題の洗い出しを含めた高速電子デバイス、光デバイスなどのICTハードウェア構成に関する調査・研究を実施する必要がある。**



調査報告書発売中

検討項目：

- (1) 全体：技術総論
- (2) 鉄道関連ICT技術と需要（市場）予測
- (3) 航空機関連ICT技術と需要（市場）予測
- (4) 衛星関連ICT技術と需要予測
- (5) 高速移動体のための高速ICTデバイス技術スペック予測

委員長	松島裕一（早稲田大学）
委員	三菱電機株式会社、川崎重工業株式会社、日本航空株式会社、日本電気株式会社、日立製作所、国際電気通信基盤技術研究所、宇宙航空研究開発機構、鉄道総合研究所、電子航法研究所、情報通信研究機構
オブザーバ	総務省 総合通信基盤局 電波部 電波政策課 総務省 総合通信基盤局 電波部 衛星移動通信課 総務省 情報通信国際戦略局 技術政策課 研究推進室 国土交通省 航空局 管制保安部 管制技術課 国土交通省 鉄道局 技術企画課 国土交通省 鉄道局 鉄道業務政策課 交通安全環境研究所 日本鉄道電気技術協会
期間	2010年7月～2011年3月