令和3年度研究開発成果概要図（目標・成果と今後の研究計画）

1．研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

◆研究開発課題名　　低軌道衛星を利用したIoT超カバレージの研究開発
◆受託者　　国立大学法人東京大学、楽天モバイル株式会社
◆研究開発期間　　令和3年度～令和6年度（4年間）
◆研究開発予算（契約額）　令和3年度から令和4年度までの総額896百万円（令和3年度92百万円）

2．研究開発の目標

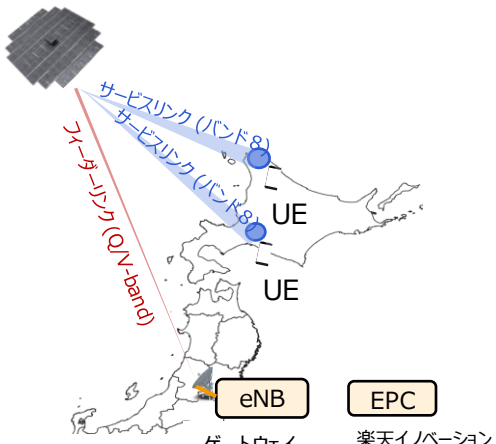
現在の地上系のセルラーサービスが持っている国土面積カバレージの限界を乗り越えるために低軌道衛星を利用したサービスエリア拡大を目標とする。
この研究では①試験衛星を利用したLTE通信の確立、②NB-IoTのS/W開発と衛星適用、③超カバレージIoTの実証実験の実施 を行う。

3．研究開発の成果

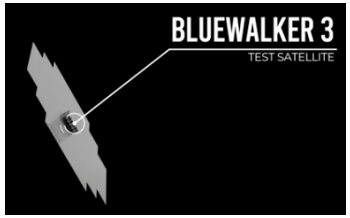
研究開発目標

研究開発項目1-a)：LTE衛星通信ネットワークの構築（楽天モバイル株式会社）

日本での試験概要



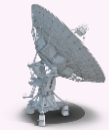
試験衛星と地上ゲートウェイ



研究開発成果

- ゲートウェイの設置候補地を選定、建設計画を協議。
- 試験衛星と一般端末間の通信条件（Link Budget等）の検討を実施。
- 衛星の軌道情報を考慮した試験衛星・一般端末間の通信シミュレーションを実施。
- ラボに試験衛星と一般端末間の無線環境を模擬した擬似環境を構築するための机上検討を実施。

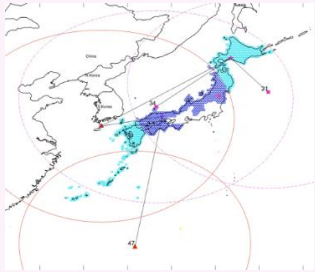
福島三技協の敷地



ゲートウェイ

北海道のテスト候補地

シミュレーション結果

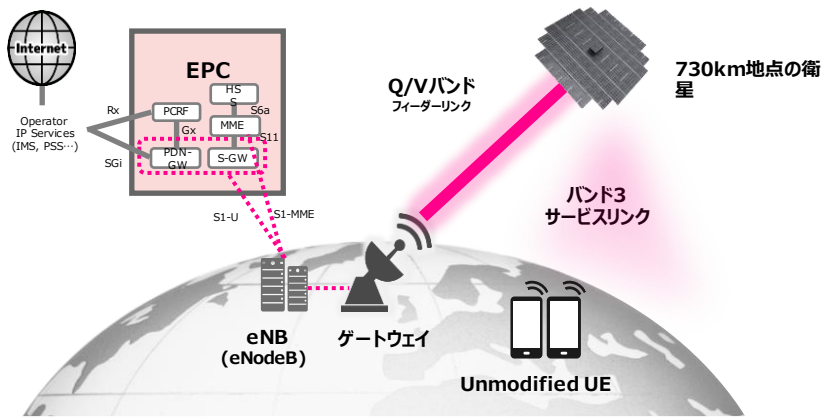


3．研究開発の成果

研究開発目標

研究開発項目1-b)：LTE衛星通信の安定化・最適化、NB-IoT SWの開発・衛星適用 （東京大学、楽天モバイル）

○ 衛星を利用したLTE/NB-IoTの超カバレージIoTの仕様策定

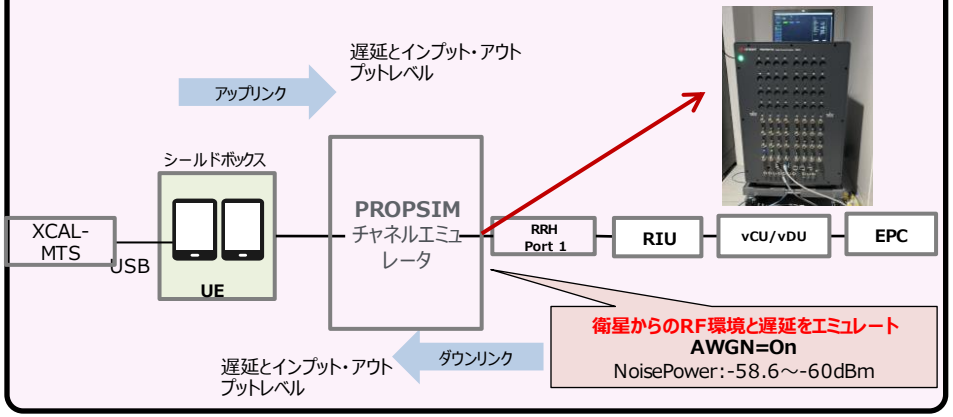


○ 衛星を利用したLTE/NB-IoT SWとIoT端末の開発

NB-IoT UEとソフトウェア 基地局 NB-IoT eNBの開発

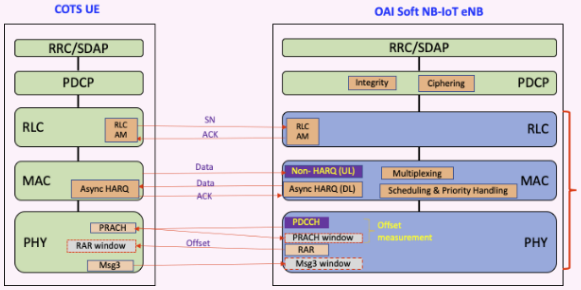
研究開発成果

- 試験衛星・一般端末間の環境を模擬した擬似環境を構築。
- 擬似環境で試験衛星・一般端末間の通信性能を評価するために端末の受信電力・フェイジング量等を変更しながらラボ試験を実施。
- 試験衛星・一般端末間の直接通信を行う際に予想される干渉問題に関するシミュレーションの実施。
- NB-IoT対応RANソフトウェア開発のための要求仕様整理。



研究開発成果

- オープンソースのソフトウェア基地局のOpen Air Interface (OAI) を用いて、NB-IoTソフトウェア基地局の解析を実施。
- NB-IoTモデムボードの試作。BC95-Gをリファレンスとして実験を進め、複数の基板製作を実施。
- NB-IoTテストベッドシステム及びソフトウェア基地局における低軌道衛星の遅延補償プロトコル設計。



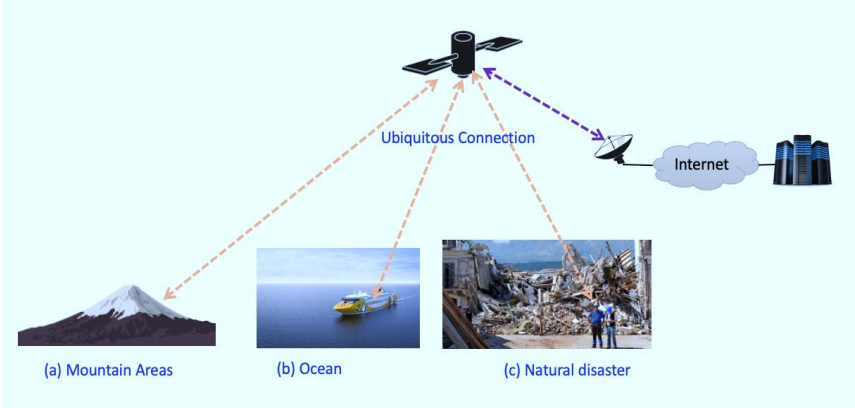
NB-IoTモデムボード・センサーボードの試作

研究開発目標

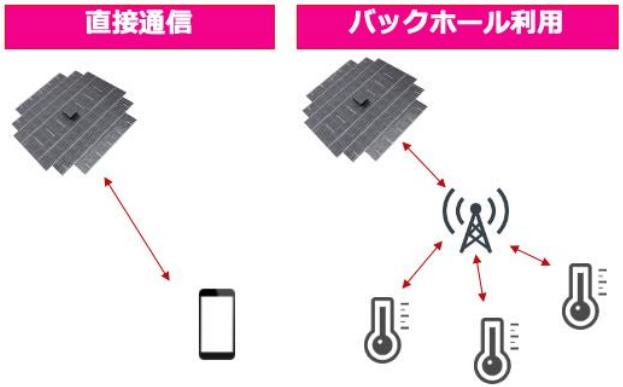
研究開発項目1-c)：超カバレージIoTのユースケース検討、超カバレージIoTの実証実験　（東京大学、楽天モバイル）

- 衛星リンクのネットワーク状態 (帯域幅、遅延、ジッターなど)を調査し、また、実証実験の準備のために衛星リンクエミュレーターを使用して、NB-IoT端末を直収した場合の通信性能の把握、および、それに適したユースケースの検討を行う。
- 次年度以降のユースケースの実証実験の立案を行う。実施可能なユースケースの予備実験を進める

用途によるユースケース区分



通信形態によるユースケース区分



研究開発成果

- 超カバレージIoTのユースケース検討を実施し、山岳での建設現場・林業現場での災難時の対応、ドローンを利用した配送トラッキング等、ユースケース候補を整理。

広域でのトラッキング

- 飛んでいるもの
- 離島や海にあるもの
- 物流、山岳地帯や森林などにあるものや人
- 建設、土木、鉱山での事故、火事、故障等の異常検知

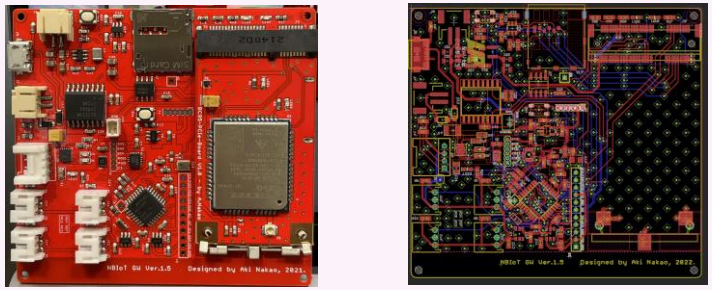
広域のデータ収集

- 地殻変動、振動、音、波、火事、温度、有毒ガスなどのモニタリング
- データ分析による事故や災害の予測、予防
- 早い時期の検知による被害の最小化

特定エリアのメッセージ

- 離島、山岳地帯、森林、土木工事現場、大規模建設現場、鉱山、海洋などへのメッセージ送信
- 台風、津波、地震などの災害警報や被害の予防

- NB-IoTセンサーボードの試作。BC95-Gという通信モジュールをリファレンスとして実験を進め、NB-IoTのユースケースにおけるセンサーを構築するため、複数の基板製作を実施。
- 上記基板を用いる水温センサーボックスを試作し、NB-IoTの地上系のセルラーネットワークで動作検証を実施。
- 衛星リンクのネットワーク状態 (帯域幅、遅延、ジッターなど)の調査と、それに適したユースケースの検討を実施。



NB-IoTセンサーボードの試作

４．特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	標準化提案・採択	プレスリリース報道	展示会	受賞・表彰
0 （0）	0 （0）	0 （0）	3 （3）	0 （0）	2 （2）	0 （0）	0 （0）

※成果数は累計件数、（ ）内は当該年度の件数です。

▼主な外部発表状況

●東京大学および楽天モバイル両者より、各種5G、IoT関連セミナーまた電子情報通信学会等において本研究の取組みに関して講演発表並びに収録論文発表を実施。

●2021年11月29日、本研究開発に関し、「低軌道衛星を利用したIoT超カバレージに関する共同研究開発を開始」 という内容のプレスリリースを発信。

５．今後の研究開発計画

令和4年度は、以下の中間目標に向けた研究開発を行う。

・研究開発項目1-a）
試験衛星の打ち上げが2021年12月から2022年7月頃に延期されていることから、2021年から設置準備を実施している福島にゲートウェイを打ち上げ時期に合わせて完成する。また、2022年度後半に予定されていたLTE衛星通信対応のRAN S/Wの開発を前倒し実施し、2022年度中に開発完了・検証・衛星適用まで実施する。

・研究開発項目1-b）
LTE衛星通信対応のRAN S/Wが完成した後に、NB-IoT対応のRAN S/Wを開発着手し、ラボでの試験を実施する。

・研究開発項目1-c）
試験衛星・一般端末間の通信確立を持って北海道の衛星通信可能地域でLTE通信を利用したIoT端末の試験を実施する。