

災害時における情報伝送について — i-RASの多段接続による通信回線の拡張化 —

室蘭開発建設部 施設整備課 ○滝澤 祐輔
石塚 一也
清水 千尋

国土交通省では、災害等で公衆通信回線を使用出来ない状況下での拠点間通信は、防災通信機器であるi-RAS（災害対策用無線アクセスシステム）を使用したIPネットワークを構築し、映像・音声の伝送やテレビ会議の利用を可能としている。

都市部等における1組のi-RAS拠点間通信では、建物等の障害物で通信ルートの構築が困難となる場合があるため、2組のi-RASを用いた多段接続による通信ルートの構築試行と通信品質の検証を行った。

キーワード：i-RAS、多段接続、無線通信、災害

1. はじめに

我が国では、大規模な自然災害が相次いでいる。特に「平成28年熊本地震」、「平成30年7月豪雨」、「令和元年東日本台風」、「令和2年7月豪雨」などここ数年は、毎年のように大規模な災害が発生している状態である。北海道においても例外ではなく、「平成12年有珠山噴火」をはじめ、近年では、「平成28年台風9号、11号、10号の接近・上陸による土砂風水災害」、「平成30年北海道胆振東部地震」などの災害に見舞われている¹⁾。

北海道開発局では、災害対応に際し「Ku-SAT（可搬局）」、「テレビ会議システム」、「デジタルVHF」、「公共ブロードバンド移動通信システム（以下公共BBという）」といった映像伝送や音声通信など、災害現場と対策本部間の情報伝達を行うことのできる電気通信機器を多数保有しており、災害発生時には速やかに現地に展開し、刻々とかわる現地の状況を配信し復興復旧に寄与しているところである²⁾。

従来のFPU³⁾の代わりに配置された災害対策用無線アクセスシステム（以下i-RASという）（図-1）は、災害現場でも簡単に構築できる通信手段として、令和2年3月に北海道開発局、東北地方整備局、関東地方整備局、北陸地方整備局に計74組導入し、北海道開発局については各開発建設部及び主要な道路事務所、河川事務所合わせて12組導入された機器である。本機器は、導入開始から1対1の双方向で通信（図-2）を行う直接接続通信：point to point（以下p-p通信という）のみの運用が想定されているが、p-p通信は建物等の障害物がない見通しの良い場所で行う必要があり、災害現場等では、見通しを確保することが難しく、通信回線を構築することが困難にな

ることが想定される。そこで、本稿では、i-RASの多段接続で運用試験を行い、直接接続と比較した通信速度や災害現場と本部間のデータ転送速度について検証したので報告する。



図-1 i-RAS本体

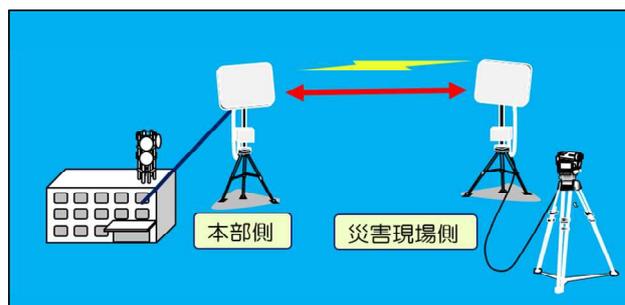


図-2 p-p通信システム構成図

2. ネットワークの多段接続について

無線LAN等の通信機器においては、多段接続は一般的であり、家庭等で普及している状況である。ただし、お互いの電波干渉で通信が不安定になりネットワークスピードが遅くなるなどが懸念される。

国土交通省の災害機器で多段接続して、運用した事例として米倉が「平成28年熊本地震」で活用した事例がある⁴⁾。米倉は、公共BBを2段接続し、災害現場と放流情報局を繋いで映像伝送に成功している。しかし、i-RASを使った多段接続について考察した論文等は我々の知るところでは存在しない。

3. i-RASについて

i-RAS (Integrated network Radio Access System) とは、5GHz帯の無線通信を使用して、IP通信回線を構築し、通信回線の整っていない災害現場でもIP通信回線を構築でき、LAN回線を延長する防災通信機器である。

通信可能距離は、ビルや山などの障害物が無く、晴天時で最大約30kmとされている。詳細については、機器仕様書を参照されたい⁵⁾。このため、長距離通信を行う場合は、見通しの確保が必要になる。

4. i-RASのpp接続実績

i-RAS導入初年度、移動通信での電波が海上の影響で反射や回折、散乱を起こして電波の強さが変化してしまうフェージングの影響を確認するため、奥尻島を移動局(図-3)、久遠郡せたな町大成区長磯情報板(図-4)を基地局とした約32km間で接続試験を函館開発建設部で行った(図-5)。基地局側の長磯道路情報板L2SWに接続し、移動局側(奥尻島)での映像を函館開発建設部で確認することができた。



図-3 移動局 (奥尻島)



図-4 基地局 (長磯情報板)



図-5 実施場所 (奥尻島-長磯情報板: 約 32km)

5. i-RASの多段接続について

i-RASを双方向で長距離通信する場合、見通しの確保が必要になる。災害現場などでは、建物や障害物により見通しの確保が出来なく、通信が困難となる状況が考えられる。

多段接続は見通し回線の確保が困難である場合、本部側と中継点の対向で1組、中継点と災害現場側の対向で1組の計2組のi-RASを連結接続して中継アプローチ回線として回線構築し、見通しを確保した接続方式である(図-6)。

建物等の障害物を回避して通信ができるため、見通しの確保が出来ない場所でも通信接続が可能と考えられる。

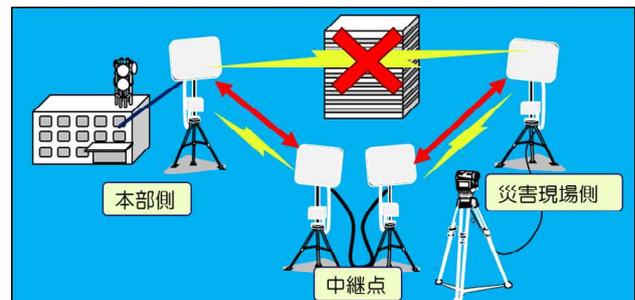


図-6 多段接続構成図

6. 多段接続検証方法

多段接続の検証方法は以下のとおり行った。本検証では室蘭開発建設部本部庁舎の敷地内を使用して4階会議室（以下、本部側）、駐車場（以下、中継点）、1階中会議室（以下、災害現場側）の3箇所での伝送検証を行うものとした（図-7）。

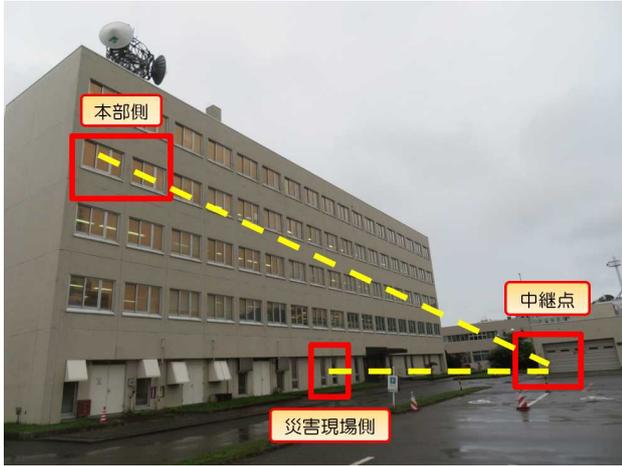


図-7 無線機器配置場所

(1) 検証項目

検証項目については、下記4点として評価を行った。

a) Webexによるテレビ会議

i-RAS①移動局とi-RAS②基地局間でWebexを使用してテレビ会議を行い、画像及び音声の確認

b) 受信信号強度（RSSI）を測定

i-RAS①移動局の回線設営端末から各機器の受信信号強度レベルを確認。

c) Pingで応答速度の確認

コマンドプロンプトで、Pingを打ち、応答速度の平均を確認

d) 多段接続経由で室蘭開発建設部本部のNAS（以下室蘭本部NASという）からデータをコピー

国土交通省通信ネットワーク内の本部NASから多段接続経由で、災害現場側の端末にデータをコピーし、かかった時間を計測

(2) 通信構成

a) p-p通信構成

i-RAS①移動局とi-RAS②基地局間でWebexを使用してテレビ会議を行う。

b) 多段接続通信構成

i-RAS①移動局とi-RAS②基地局については、従来の構築となっているが、中継点で従来の構築方法と異なって

いる。中継点にあるスイッチングHUBはi-RAS①基地局とi-RAS②移動局を連結接続するため、無線機4台、スイッチングHUB3台、回線設営用端末3台の構成としている。

(3) 各機器におけるIPアドレス

各機器のIPアドレスが重複しないようにデフォルトのIPアドレスを変更させる必要がある。デフォルトIPアドレスの第4オクテットの部分を任意変更し（ネットワークアドレスに該当する192.168.1.0とブロードキャストアドレスに該当する192.168.1.255は除く）、以下の構成で行った（図-8）。

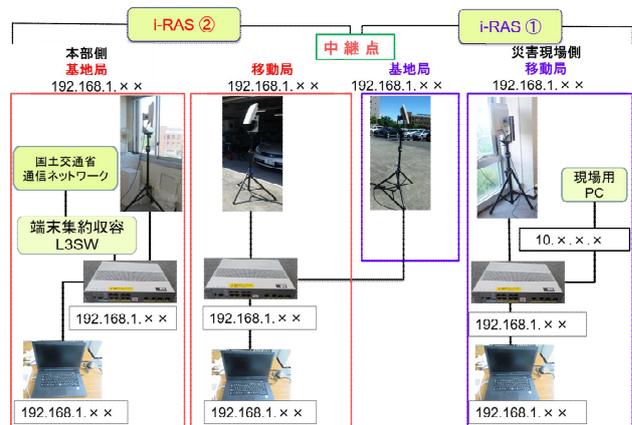


図-8 ネットワーク概念図

(4) 事前検証

a) 内容

本検証は想定する災害現場の構成を簡易的に再現しているが（図-9）、異なる無線機同士の間隔が20mと40mであることから離隔が十分にとれていないため、本来、通信すべきでない無線機（例：i-RAS①移動局とi-RAS②基地局、i-RAS①基地局とi-RAS②基地局）と干渉してしまう懸念が考えられる。このため、下記の通信経路（図-9）で想定とおりの通信が行われているか確認する必要がある。

この構成において、同一周波数を配置した基地局同士で電波干渉するオーバーリーチ干渉の発生有無を事前検証として行った。

i-RAS①移動局とi-RAS②基地局、i-RAS①基地局とi-RAS②基地局の2つの通信経路で電波干渉試験を行った。

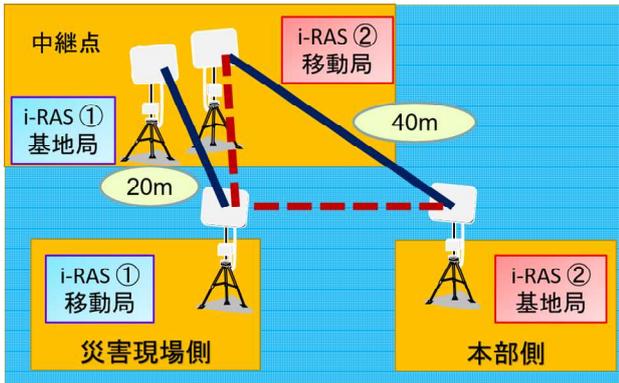


図-9 多段接続における通信経路(青実線)及びオーバーリーチ干渉試験における通信経路(赤破線)

b) 事前検証結果

事前検証結果、i-RAS①とi-RAS②では、チャンネル数(CH)が異なっているため、通信できないことがわかった(表-1)。そのため、無線機器の離隔によるオーバーリーチ干渉は見られないことが確認された(図-10)。

表-1 各i-RASチャンネル(CH)設定

i-RAS①	i-RAS②
CH196	CH192

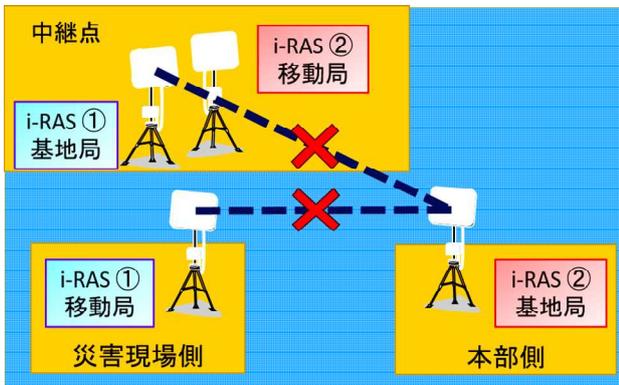


図-10 事前検証結果

7. 検証結果

i-RASを災害現場側から本部側へ多段接続した検証結果を以下のように考察した。

(1) Webexによるテレビ会議

災害現場側と本部側のそれぞれの様子である。テキストメッセージの送受信もでき、映像や音声についても良好だった(図-11)。



図-11 Webexによるテレビ会議の状況

(2) 受信信号強度(RSSI)を測定

各i-RASの対向する機器の受信信号強度を確認した。受信信号強度(以下RSSIという)は、無線通信機器が受信する信号の強度を測定するための信号のことである。使用するdBm(デシベルミリワット)は、電波強度を測定する際、最も一般的なメソッドであり、0dBm〜-100dBmで表示される。そのため0dBmに近い程、強度が強いと定義されている。数値の目安としては、-30dBm〜-40dBmが安定した通信とされており、-60dBm以下になると無線接続が不安定になるとされている⁹⁾。

以下の表は、互いに対向する無線機器におけるRSSIをまとめたものである。災害現場側で対向する無線機器と本部側で対向する無線機器のRSSIを比較すると、本部側の対向する無線機器のRSSIが低下していることがわかった(表-2)。

表-2 対向するRSSIの測定結果(単位: dbm)

災害現場側	
i-RAS①移動局 192.168.1.○	i-RAS①基地局 192.168.1.×
-74 dBm	-65 dBm
本部側	
i-RAS②移動局 192.168.1.△	i-RAS②基地局 192.168.1.□
-45 dBm	-44 dBm

(3) Pingによる応答速度の確認

災害現場側の回線用設置端末から各i-RAS及び本部のPC端末に向けてPingを打ち、応答する通信速度の平均を検証した(図-12)。

災害現場側から中継点に対する無線機器に関しては、2msで応答しているが、中継点経由後の本部側に設置した無線機器や本部の機器に対しては、5〜6msと応答速度が低下していることが確認された(表-3)。

しかし、一般的に10ms以下の通信は、「超高速」の部類に属しており、インターネットやテレビ会議等の影

響には問題ないことは、検証結果（1）で立証されている。

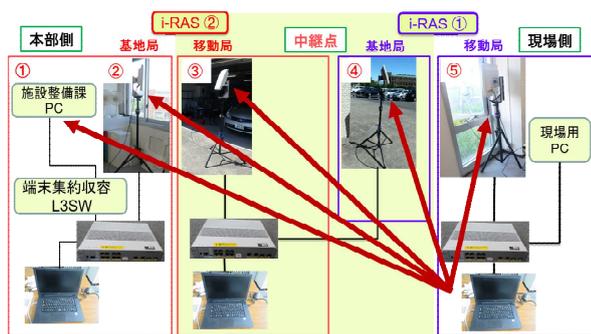


図-12 Pingの指向図

表-3 Ping測定結果

	対向機器	速度 (ms)
①	本部PC端末	5
本部側		
②	i-RAS②基地局	6
中継点		
③	i-RAS②移動局	2
④	i-RAS①基地局	2
災害現場側		
⑤	i-RAS①移動局	2

(4) 多段接続経由で本部NASからデータをコピー

国土交通省通信ネットワーク内の本部NASにあるファイルを多段接続で経由して災害対策現場側PC端末と通信を行っている場合と別日に1組のi-RASを使用して、災害現場側と本部側間をp-p通信した場合でそれぞれ約3MBのデータファイルを室蘭本部NASから災害用PC端末へデータをコピーした際の伝送速度、伝送時の送受信速度、伝送の完了時間を示したものである（表-4）。

多段接続とp-p接続を比較してみると、伝送速度で約25倍、送信時（上り）で約22倍、受信時（下り）で約30倍、p-p通信が多段接続通信を上回る結果となった。データ伝送時間を比較しても、3MBのファイルデータで19分もの時間差が確認された。災害時における大容量のデータ伝送の際は、データファイルの容量の切り分けを行ってから、本部間とデータ転送する必要があるため注意したい。

表-4 データ伝送速度の比較 1024KB=1MBとする
(室蘭本部NASから災害現場用PC端末)

	①多段接続	②p-p接続
伝送速度	355 kB/s	8.79 MB/s
送信	64 kbps	1.4 Mbps
受信	2.7 Mbps	82.1 Mbps
完了時間	約20分	約1分

7. まとめ

i-RASを多段接続方法で通信ルートを構築した場合、見直し回線の確保が困難な場所でも接続することができた。実際に、多段接続経由でのWebexによるテレビ会議が可能であることを本検証で確認することができたことから通信範囲の拡張化に繋がったと言える。

しかし、p-p通信と比較した場合、無線回線上でデータ伝送速度の低下が確認され、データ伝送の影響を直接受ける大容量の映像等のデータ伝送には適しておらず、伝送データの容量には注意が必要となる。

以上、課題点も確認されたが、災害現場では、迅速に正確な情報伝達が重要になっており、伝送容量を確認の上、回線構築困難な災害現場でも多段接続方法でi-RASが活用出来ることが示された。

本検証は、過去に例のない取組みのため、実験的な検証までとなった。今後は、実践的な離隔距離で、ドローンとの連携や北海道開発局が所有する無線局への接続できるように、実際の災害現場でも活用できる取組みを行っていく次第である。

参考文献

- 1) 内閣府：令和4年度版防災白書，<https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/r04/honbun/index.html>；2022年12月23日閲覧。
- 2) 小笠原 佑太，田村 雅嗣，國分 徹哉：災害時における電気通信機器の活用について～平成30年北海道胆振東部地震時の運用事例からの一考察～，第63回（2019年度）北海道開発技術研究発表会；2020。
- 3) 総務省：マイクロ波帯 FPU の現状について，https://www.soumu.go.jp/main_content/000421199.pdf；2022年12月23日閲覧。
- 4) 米倉 賢一郎：公共ブロードバンド移動通信システムの2段階接続について，建設電気技術 2018 技術集，90-95。
- 5) 国土交通省：5GHz 帯無線アクセスシステム（i-RAS）機器仕様書，https://www.mlit.go.jp/tec/it/denki/kikisiyou/toutusiyou_16i-rasR0203.pdf；2022年12月23日閲覧。
- 6) BUFFALO：無線環境が安定する強度はどの程度ですか <https://www.buffalo.jp/support/faq/detail/1838.html>；2022年12月23日閲覧。