# 電波伝搬シミュレーションソフト　Radio Mobile の紹介

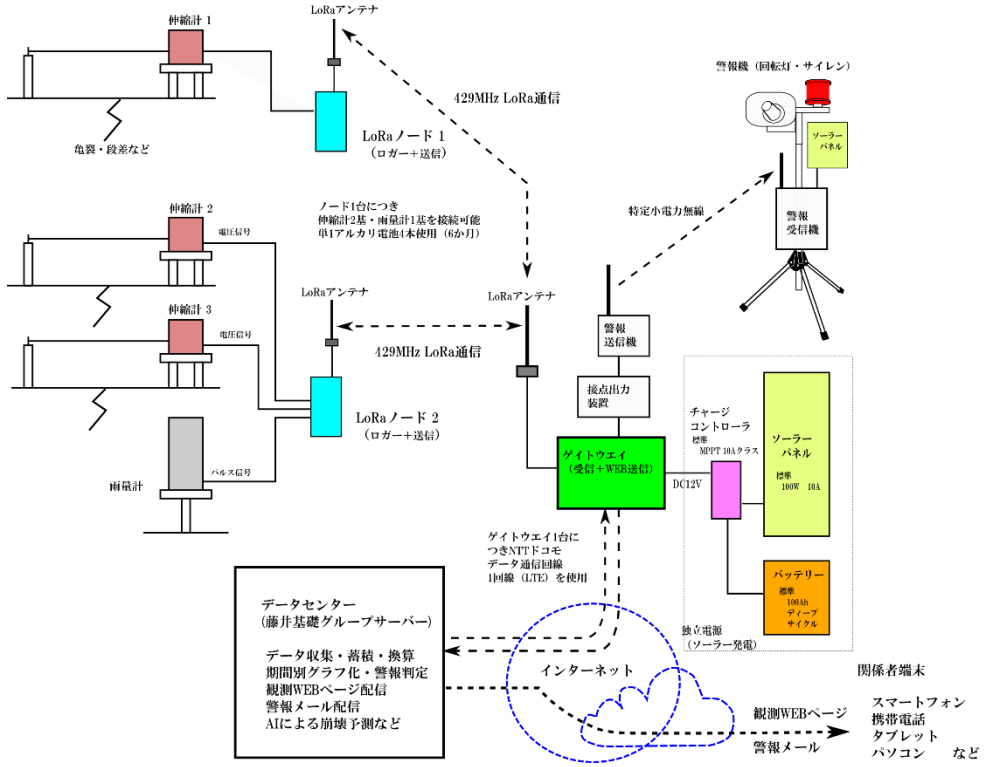
現場内無線通信システム設計のためのツールとして

（株）藤井基礎設計事務所グループ
（株）　シンク・フジイ
開発部　小村　芳生

## 1．はじめに

多くの災害復旧や土木工事現場などにおいて作業員や住民の安全管理のため地盤計測が行われる。最近の地盤計測は IoT 化が進み、地盤データや映像を WEB により関係者間で共有することが当たり前となっている。基本的な計測システムは、各センサーのデータを収集して無線で送信するノード（データロガー＋送信機）と、ノードからの通信を受信しデータを WEB 経由でサーバーに送るゲイトウエイ、遠隔地でゲイトウエイから送られたデータを受信し、加工（グラフ化など）して再配信するサーバー（データセンター）から構成され、必要に応じて警報機などを追加する構成となっている。

機器構成例　（株）シンク・フジイ　LoRa 通信による地盤 WEB 計測・警報システム




災害現場など地形や障害物の変化に富む場所で計測システムを設計する場合、最も予想がつきにくいのがノードとゲイトウエイ間の無線通信の可否と思われる。ノードはセンサー設置場所付近である一方、ゲイトウエイの設置場所は WEB 回線の接続状況や電源（商用電源や

ソーラー電源など）による制約を受ける。災害直後など緊急で現場の計測システムを組む場合、地図上で設計を行う必要があるが、実際のところ安定した通信が可能かどうかはノードとゲイトウエイの間の障害物の有無により大きく変わるため、最終的に通信を行ってみなければ分からないということも多い。

最近は河川の水位など広域に散ったセンサーデータをゲイトウエイに集めるため省電力長距離通信；LPWA（Low Power Wide Area）の導入が進んでいる。通信機器に使用される通信モジュールの仕様書には通信距離が見通し 10 ㎞以上と記載されているものも多い。しかし、通信距離は平地部など見通しのある場所なら問題がないが、通信線上に尾根や山などがあって見通しの利かない場合は大きく変わる。

本稿ではノードとゲイトウエイ間の通信可否判断の一助となるシミュレーションソフト Radio Mobile を紹介する。このシミュレーションソフト（フリーソフト）は、実際に通信が可能かどうか判断したい人を助ける有用なツールであるが、それ以上に、シミュレーションから得られた伝搬予想図によって電波の到達域が「距離」よりも「地形」による影響を大きく受けること、通信モジュールの「見通し距離」は地形の起伏がある場合に判断の基準にならないことなどを理解して頂きたいと思う。

## 2. 電波伝搬シミュレーションソフト Radio Mobile

Radio Mobile はカナダの VE2DBE, Roger Coud 氏（Radio Mobile WEB Site; https://www.ve2dbe.com/english1.html）によるフリーウエアで、下記アドレスより入手可能である。英・仏・伊語などあるが日本語版は無い。下記サイトは英語版

### 2-1. Radio Mobile のインストール

http://www.g3tvu.co.uk/Quick_Start.htm ； イギリスの G3TVU 氏配布のインストーラ

### 2-2. 地形（標高）データの取得

Radio Mobile では NASA スペースシャトルの標高データを利用する。

地形データ/SRTM(スペースシャトル標高データ)は 1 秒メッシュと 3 秒メッシュがある。下記 EarthData（https://urs.earthdata.nasa.gov//users/new）でユーザー登録し、下記サイトよりデータをダウンロードする。(必要な部分の緯度・経度の範囲を選ぶ)

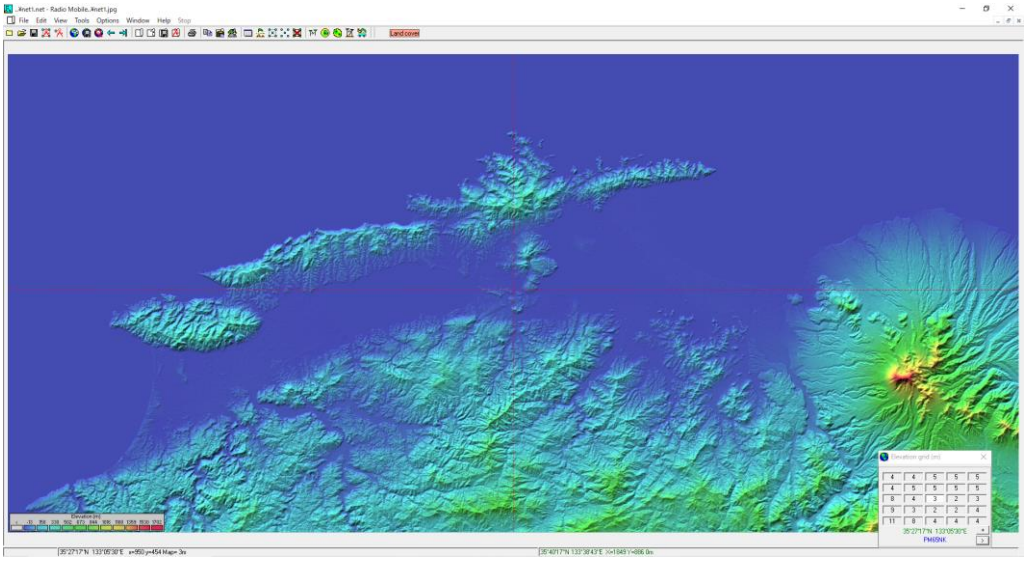
1 秒メッシュ https://e4ftl01.cr.usgs.gov/MEASURES/SRTMGL1.003/2000.02.11/

3 秒メッシュ https://e4ftl01.cr.usgs.gov/MEASURES/SRTMGL3.003/2000.02.11/

ソフトウエアのダウンロードやインストール、基本的な設定については、本稿末の参考文献に挙げる各サイトなどに詳しいため、ここでは詳述しない。但し、2022 年 5 月現在、スペースシャトル標高データのダウンロードについては参考文献のサイトが紹介する SRTM データダウンロードページは利用できないものが多いため、新しいアドレスを上に記した。

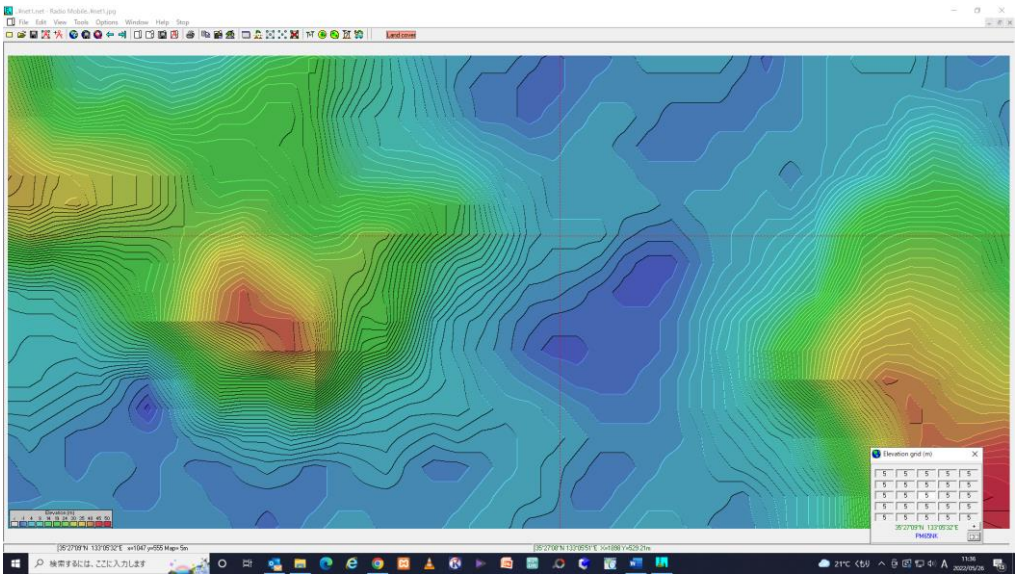
2-3.　Radio Mobile　標高地図画面

Radio Mobile に地図データを読み込ませ、島根県松江市東津田町（シンク・フジイ所在地）を中心とした標高画面【MapSize 縦（地図画面の縦）；50 km】を表示させたのが下図である。



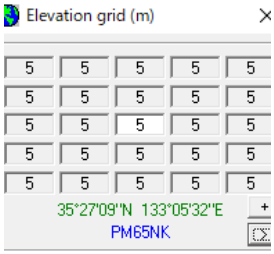
拡大すると標高データがどのように表示されているかが分かる（下図）

島根県松江市東津田町（シンク・フジイ所在地）を中心とした MapSize 縦 ；0.5 km



標高は 1m単位で陰影により層状の板のように表示されている。右下に表示されているのは 1m間隔グリッドの標高であり、ポインタで指定する縦横の赤点線の交点（上図では弊社位置）の標高が海抜 5mであることが表示されている。

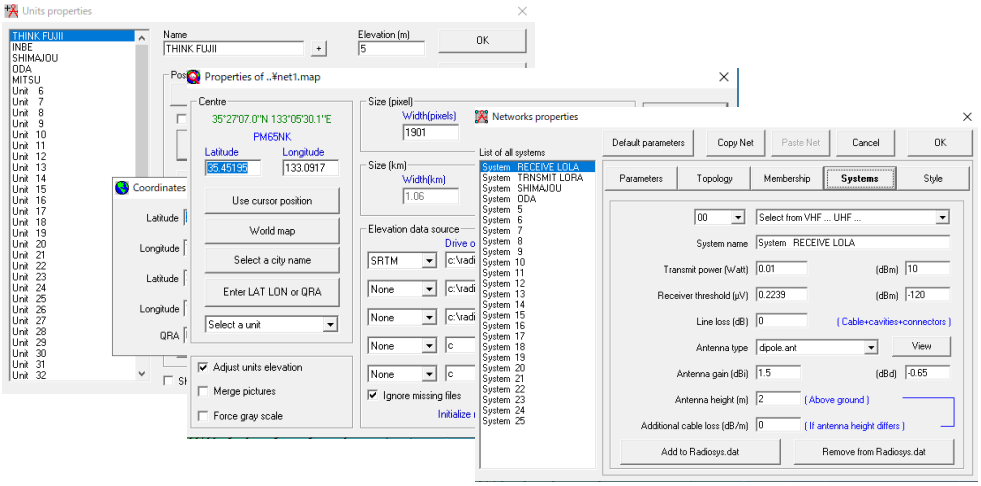
標高（色分け表示）




標高（1mグリッド表示）

## 2-4.　Radio Mobile　設定画面

Radio Mobile の通新の設定や操作は以下のような設定画面に各種パラメーターを入力して行う。

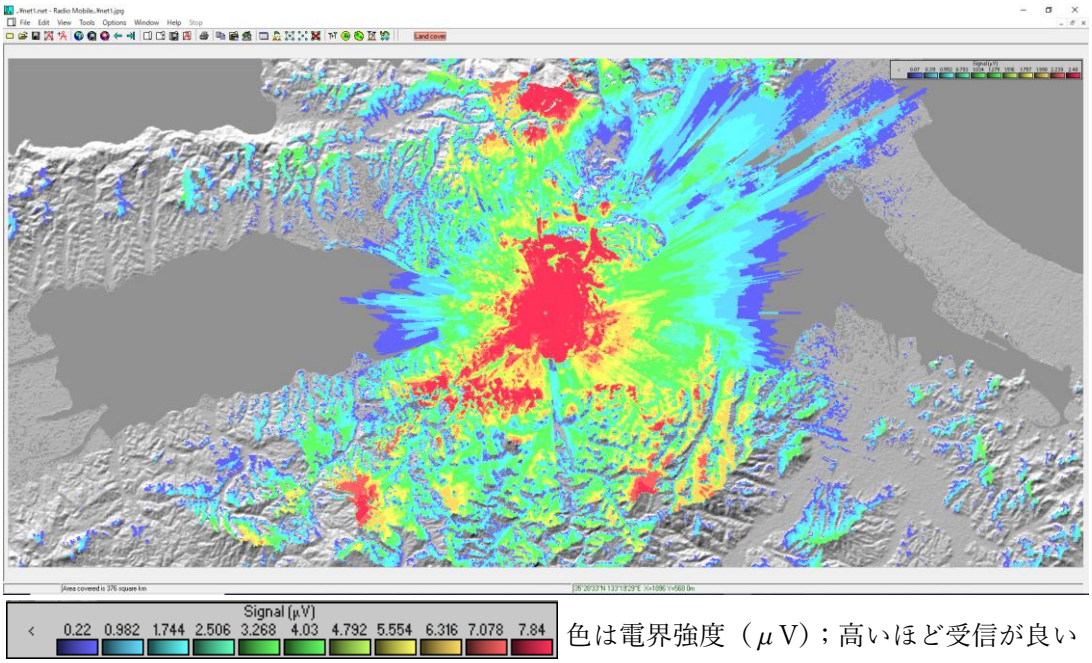



設定手順の詳細は割愛するが、地図表示範囲の設定・通信機の位置設定・通信グループ設定・電波のパラメーター設定や表示操作をこれらの画面上で行う。

## 2-5.　電波伝搬シミュレーション結果

設定で問題となるのが電波の受信の閾値(受信感度)である。感度は通信分野では dB(デシベル)で表すことが多く、通常マイナスの値をとり値が低いほど感度が良いことになる。

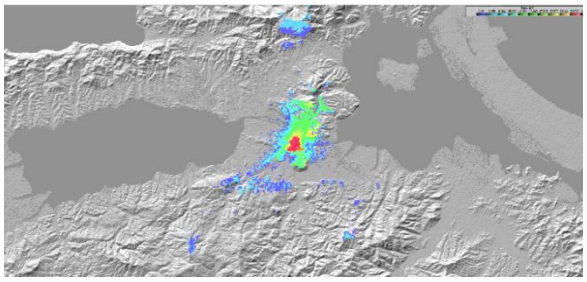
受信閾値は理想的な条件の下なら通常の特小無線で-120dB 程度、LoRa の場合-145dB 程度まで可能とされているが、実際の通信は地形以外にも建築物や気象条件・ノイズの有無などによっても変化し、安定した通信が行える閾値はより高いと考えられる。例えば閾値を　-130dB とした場合のシミュレーション結果を以下に示す。（地図の縦スケールは 20 km）

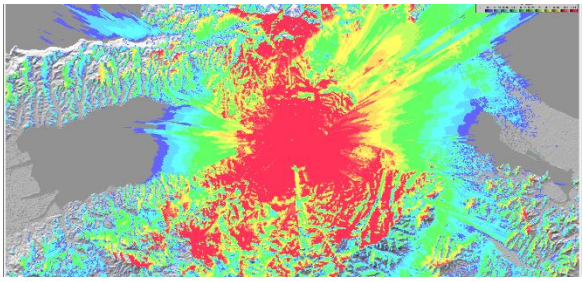



色は電界強度（µV）；高いほど受信が良い

閾値を-100dB および-145dB とした図も下に示す。

閾値 -100dB（2.2387μV）　　閾値 -145dB （0.0126μV）

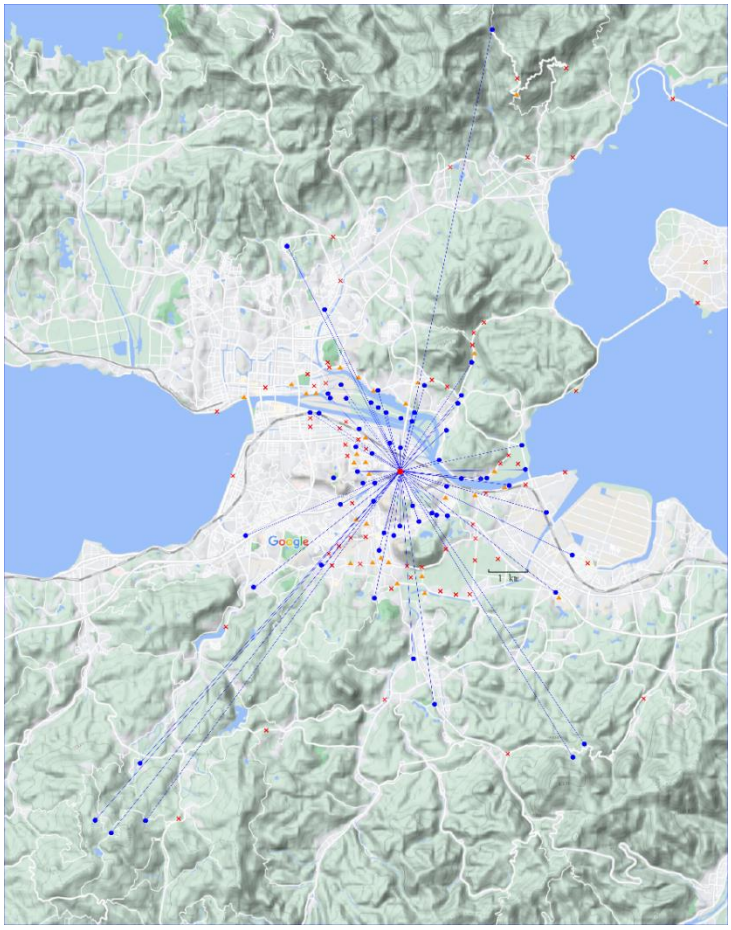




これらの通信可能域を表すマップは、ある地点での信号の強さが色分けされているものであり、実際に通信が行えるかどうかは、実際に使用する通信機（通信モジュールとアンテナ）で通信を行った時の信号の強さ（閾値）をもとに通信可能域を修正しなければならない。

2-6.　実際の通信試験との整合性

上図の地図域で実際に各地点と弊社にある受信機との間で LoRa 通信を行い、双方向通信の状況を調べた結果を右下図の地図上に示す。

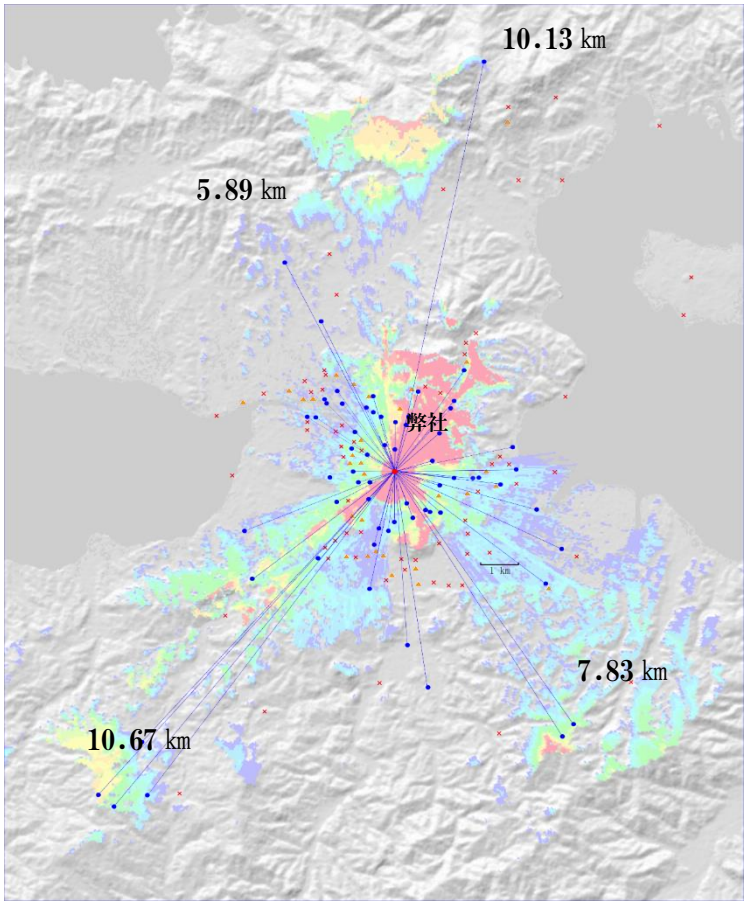



地図上の点で丸（青）は LoRa 通信で双方向のデータ通信が確認された場所を表す。
×印（赤）は通信不能であった場所、△印（橙）は通信に数回のリトライが必要だった場所を表す。

紙面の都合上、LoRa 通信試験については結果のみ述べるが、弊社の通信機で通信が可能、不能の境となる感度（閾値）は、通信モジュールの表示する値によると、およそ-140dB 付近でとなっており、Radio Mobile のシミュレーション結果と約 20dB 程度の開きがある。
実際、Radio Mobile 側の閾値設定を-120dB としてシミュレーション図を作成すると実地の通信試験とほぼ重なる図が得られる。（次頁図）　勿論、シミュ

レーションの色分け図では色のついた場所以外に電波が届いていないわけではなく、閾値以上の信号強度についてのみ表示しているだけである。

例えば-130dB や-140dB を閾値とした図で電界強度の色から受信可能距離を判断しても良い。しかし、実際の試験から得られた受信限界を色の限界としたシミュレーション図のほうが、その通信機の通信到達限界距離や各地点での信号の強さなどを感覚的にとらえやすいと思わる。

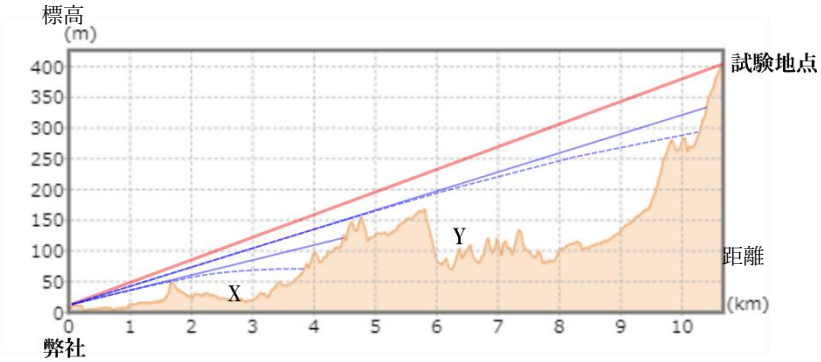



3. 通信可能距離について

通信試験で実際に通信（LoRa 双方向通信）が確認された地点のうち遠距離点について受信地点（弊社：標高 5m＋アンテナ高 2m）からの距離を右図地図上に記入した。最も遠距離点（南西方向）で通信距離 10.67 k mが確認されている。

一方、距離 1～2 ㎞程度であっても通信不能である点（赤×印）もある。下図に弊社受信地点から南西（距離 10.67 k m;標高 410m）までの地形断面図（国土地理院地図による）を下図に示す。この場合、通信線（図中赤線）は 10 k mの距離があっても山などに遮られない（見通しがある）地点間であることが分かる。

距離は短くても図中の X 点や Y 点は、間に山があり通信ができない。電波はある程度障害物の背後に回り込むが、それでも見通し直線（図中の青実線）からそれほど曲がりはしない。（およそ図中の点線の程度）




LoRa 通信に限らず、電波により信号を送受信する場合、通信は距離よりも間の地形による影響を大きく受けることが分かる。各通信機器設置位置候補について送受信機器間の断面

図により通信可能かどうか上図のように調べることも出来るが、Radio Mobile によりシミュレーションを行えば広域について通信可能な場所を一度に表示させることができる。

## 4. おわりに

通信機またはその通信機に使用される通信モジュールの仕様書には、通信距離が「見通し距離　○○m」と記載されている。

弊社においても従来型特定小電力無線（土石流センサーに使用）の通信距離は見通し 800m、LoRa 通信（地盤観測）の通信距離は見通し 7～10 ㎞などと記載している。

これは通信機または通信規格の性能や特性を比較する上で必要なことであるが、そのまま見通し距離の範囲内であれば通信が可能ということではない。見通し距離の後には必ず「障害物の有無により通信距離は変わります」との記載が付け加えられる。この「変わる」程度がどれくらいかが問題になる。

実際、本稿で紹介した通り、LoRa 通信でデータ通信は屋外で見通しがあれば 10 ㎞の距離でも通信が出来ている一方、山や尾根、建物などに遮られていると 2 ㎞も届かない場合がある。もちろん、屋内では壁などに遮られて出力の限られた特定小電力（10mW以下）無線は 2～3 部屋先でも届かなくなる。

災害発生時など緊急で現場の計測システムを組む場合、無線に詳しい人が現地に行くことができれば良いが、そうでない場合、計測システムを設計する人は現場の人の話から機器の設置場所を判断しなければならない。この場合、現場を踏査している人にこのように尋ねると良い。「各センサーの位置に光源があるとして、夜間、その全ての光が見え、かつ、昼間に日当たりの良い場所はあるか」日当たりの良い場所というのは、ゲイトウエイを置き、ソーラー電源で稼働させる場所である。商用電源のある場所でも良い。

そのような場所があるなら問題はないが、なければそれに近い場所を選び、センサーのケーブルを伸ばし、ノードを受信側から見える場所まで引き出して設置すれば大抵の場合は解決する。同じ電磁波とはいえ、光と電波は減衰や回折（障害物の背後に回り込む）の程度などが異なるが、少なくとも（トンネル内など特殊な例を除けば）光（直進性大）が届くのなら電波も届くため、安全側の判断となる。

河川水位観測のようにセンサーが㎞単位の広域に散っている場合、通信機器の設置場所を探して全域を歩き回るわけにはいかない。そのような場合、本稿で紹介した Radio Mobile が役に立つ。このソフトによりノードやゲイトウエイの位置候補を地図上でいくつか定め、実際に現場で見通しや日当たり、直近の建築物等など状況を確認した上で最も条件の良い場所を選べば良い。以上の通り Radio Mobile は通信機器の配置を考えるうえで有用なツールであるといえる。

参考文献（ＷＥＢページ　2022 年 5 月 30 日現在）

1. Radio Mobile WEB Site - VE2DBE
https://www.ve2dbe.com/english1.html
2. たまごの電子工作メモ Radio Mobile で電波伝搬シミュレーション
http://tamagomemo.blogspot.com/2012/11/radio-mobile.html
3. Radio Mobile - 茂木ネットワークセンター
https://moginwc.sakura.ne.jp/RadioMobileInstallGuide.pdf
4. EROS Registration System
https://ers.cr.usgs.gov/login
5. スペースシャトル地形データ入手先
https://urs.earthdata.nasa.gov//users/new