

MATLABによる電波伝搬と実験データの可視化

MathWorks
田中明美

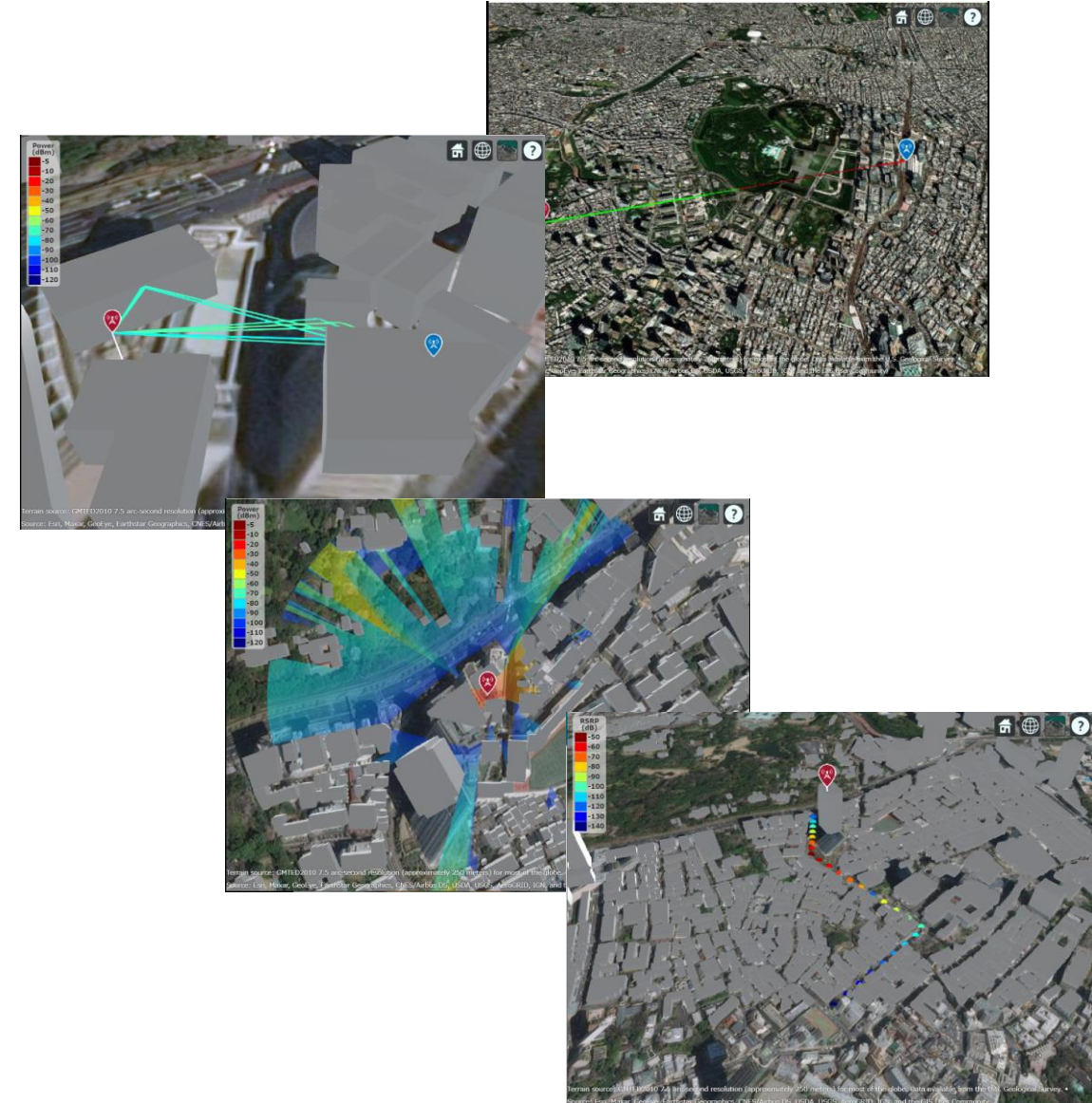
課題

- アンテナを設置する前に、カバレッジを確認したい
- 実験で取得できるデータが限られるので、シミュレーションも利用したい
- 実験で取得したデータが直感的に理解できるような可視化ができていない
- 実験データの前処理に時間がかかる
- データが取得できていなことがある



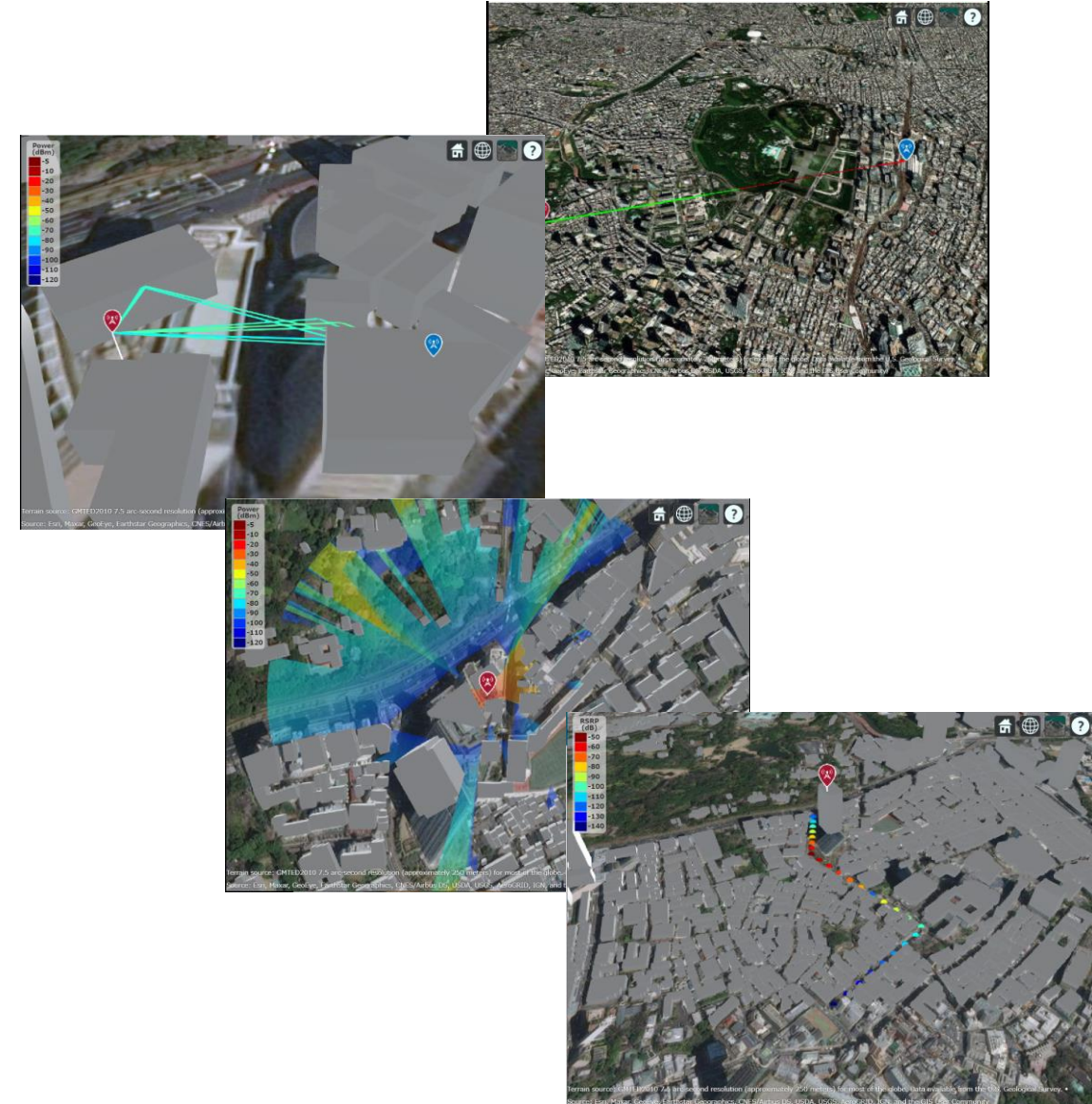
アジェンダ

1. シミュレーションによる可視化
2. 実験データの可視化
3. まとめ



アジェンダ

1. シミュレーションによる可視化
2. 実験データの可視化
3. まとめ



電波伝搬シミュレーション



R2017b



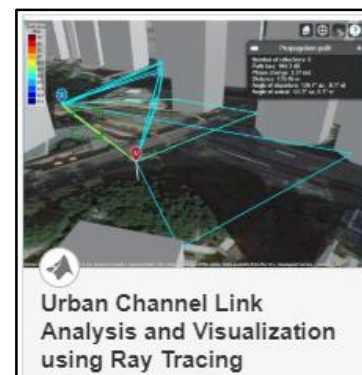
R2018a



R2018b



R2019a



R2019b



R2020a

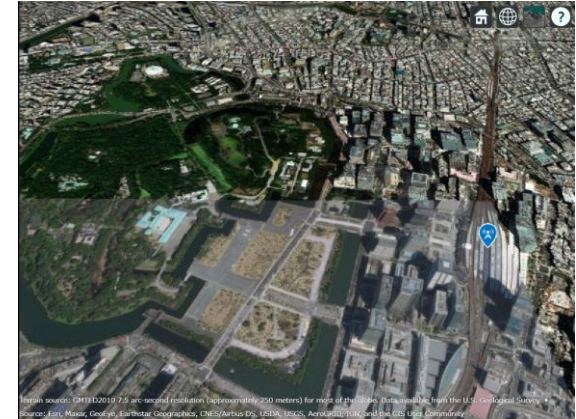
R2017bより電波伝搬シミュレーションをサポート
バージョンアップごとに機能強化

地形を考慮したLOS(Line Of Sight)表示

```
% 送信サイト設定  
tx = txsite(...  
    'Name','MathWorks Tokyo',...  
    'Latitude',35.6740,...  
    'Longitude',139.7314);  
show(tx)
```



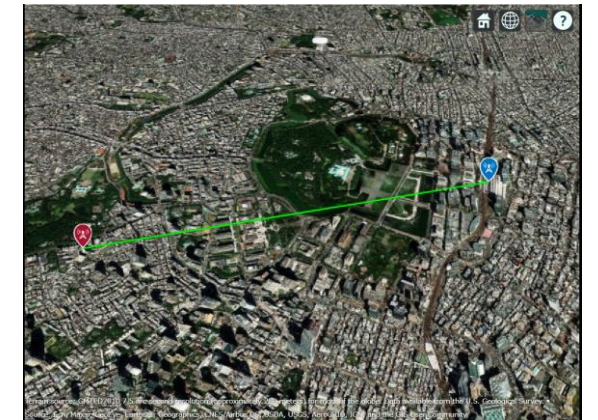
```
% 受信サイト設定  
rx = rxsite(...  
    'Name','Tokyo station',...  
    'Latitude',35.681236,...  
    'Longitude',139.767125);  
show(rx)
```



```
% Line Of Sight 表示  
los(tx,rx)
```



```
% アンテナの高さを変更  
tx.AntennaHeight = 40;  
los(tx,rx)
```

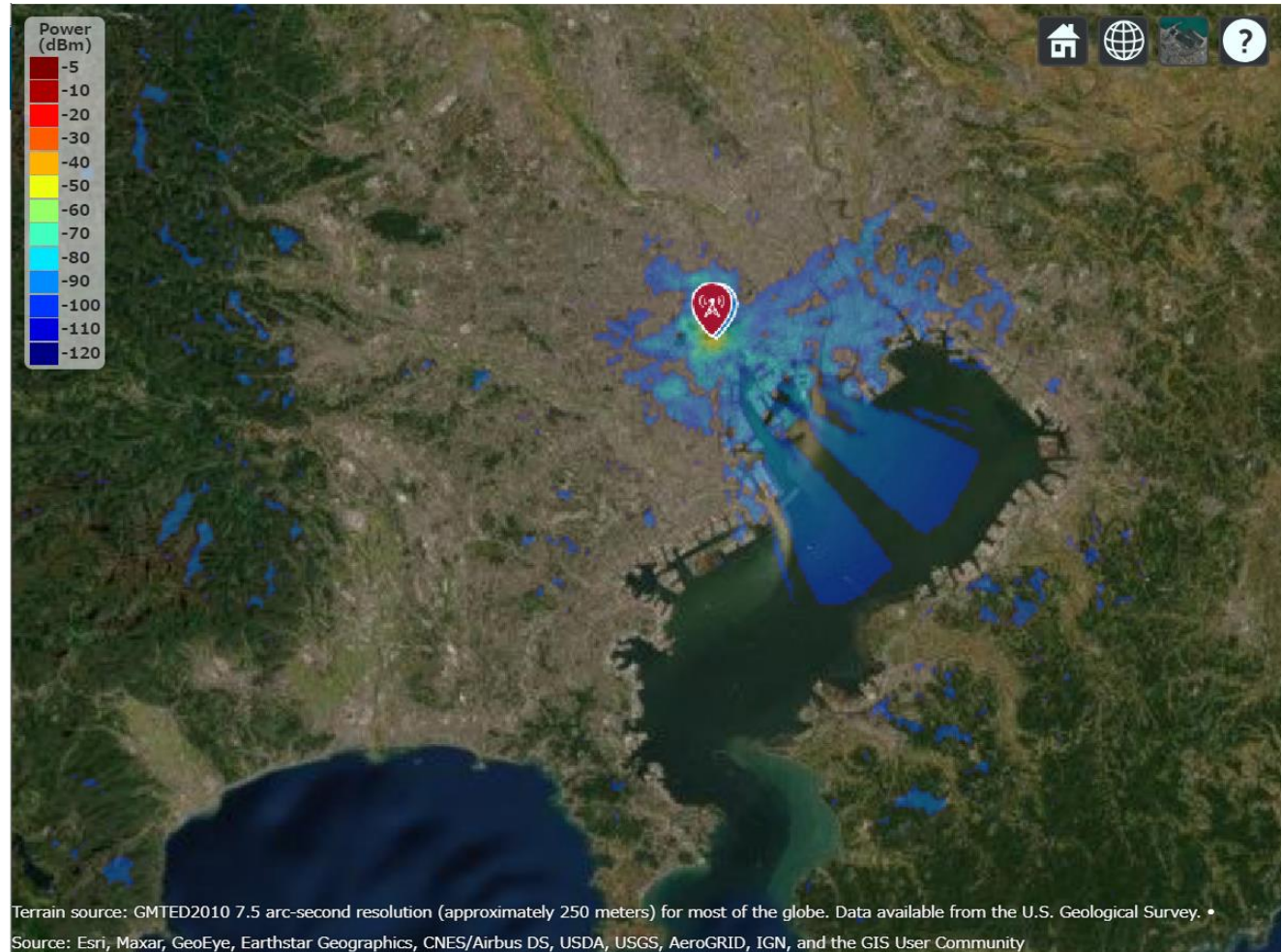


地形を考慮したカバレッジの表示

%% カバレッジ表示

```
coverage(tx,...  
    'SignalStrengths',-100:-50,...  
    'MaxRange',100000)
```

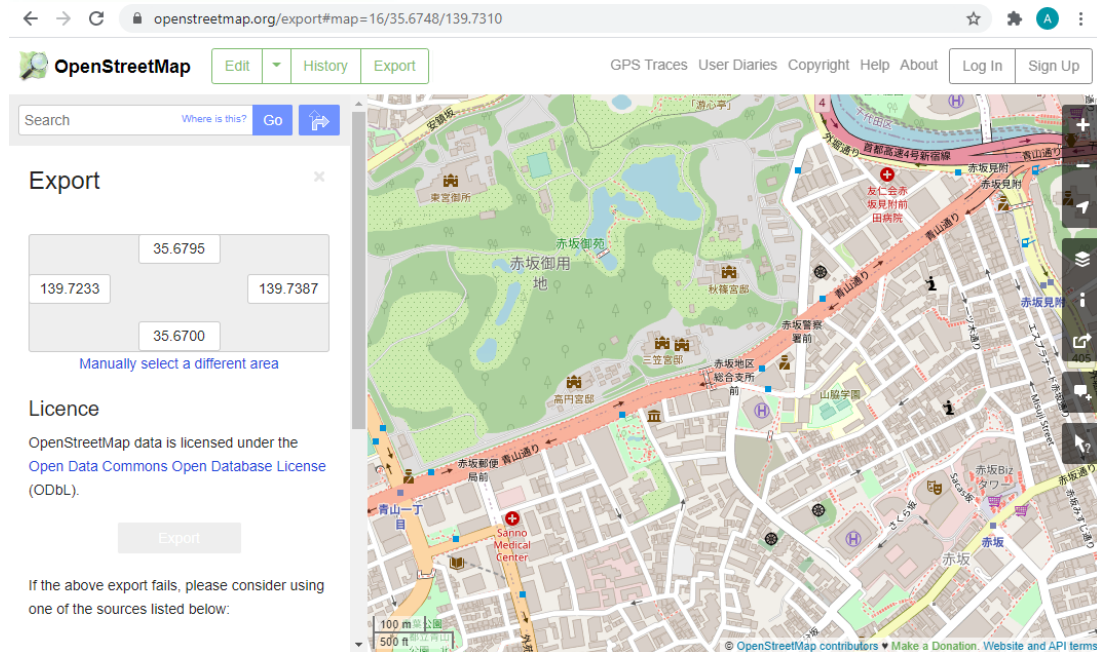
アンテナの高さ、アングル、標高、
雨やガスなどの気象などを考慮



ビルを考慮した地図データの利用



OpenStreetMap



% OpenStreetMap読み込みと表示
siteviewer('Buildings','MathWorksTokyo.osm')



Terrain source: GMTED2010 7.5 arc-second resolution (approximately 250 meters) for most of the globe. Data available from the U.S. Geological Survey.
Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community

ビルの情報を含むOpenStreetMapの読み込みと表示

ビルを考慮したカバレッジ表示

% 送信サイト設定

```
tx = txsite(...  
    'Name','Akasaka Police Station',...  
    'Latitude',35.67484153069094,...  
    'Longitude',139.73208954345063,...  
    'AntennaHeight',10,...  
    'TransmitterPower',5, ...  
    'TransmitterFrequency',3.5e9);  
show(tx)
```

% ビルを考慮したカバレッジ表示

```
coverage(tx,"SignalStrengths",-100:-5,...  
    "MaxRange",250,"Resolution",1)
```

Longley-Rice/TIREM™を使用したカバレッジ



ビル情報を考慮したレイトレース表示

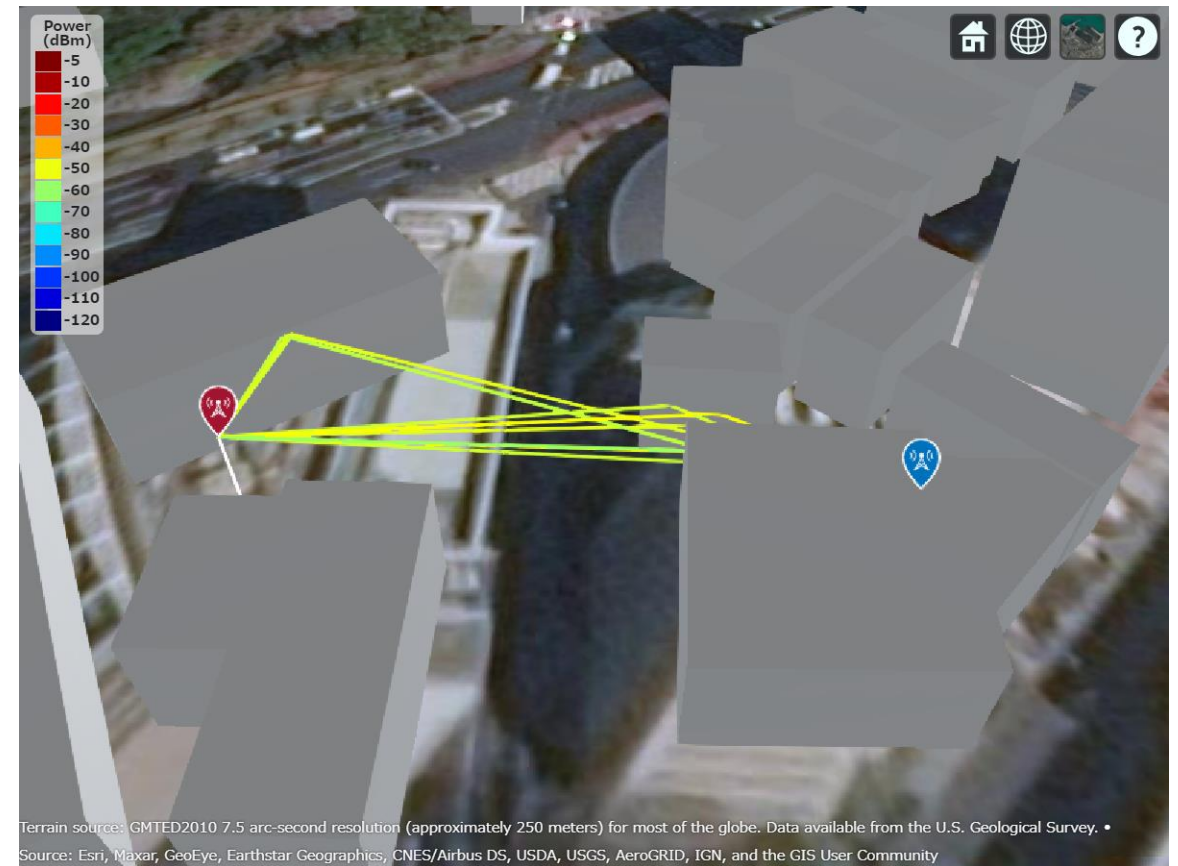
% 伝搬路の設定

```
pm = propagationModel("raytracing-image-method");  
pm.MaxNumReflections = 2;
```

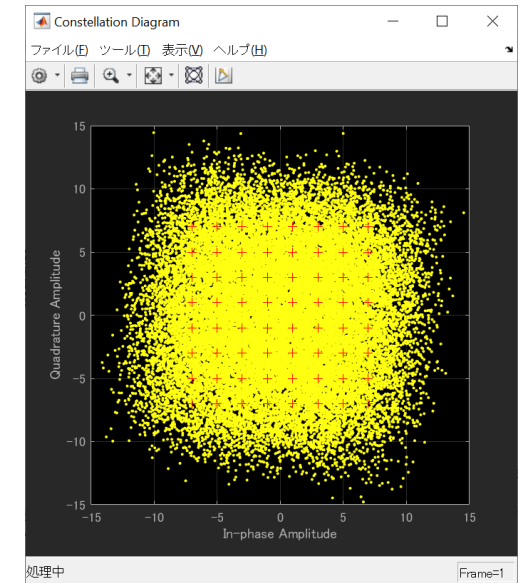
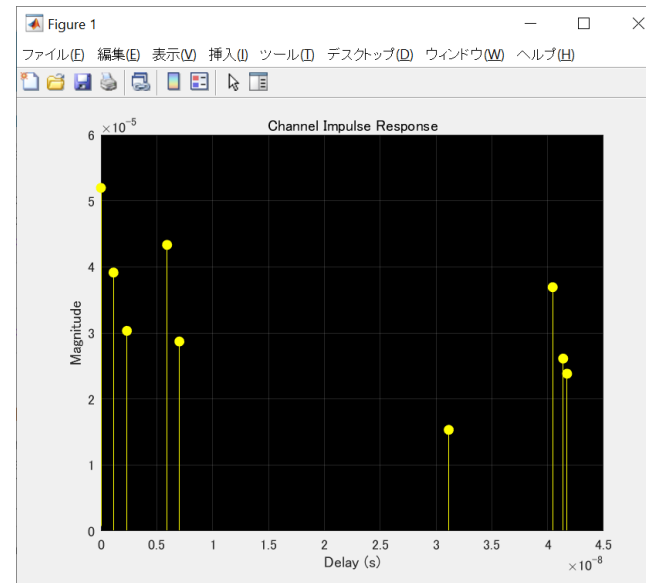
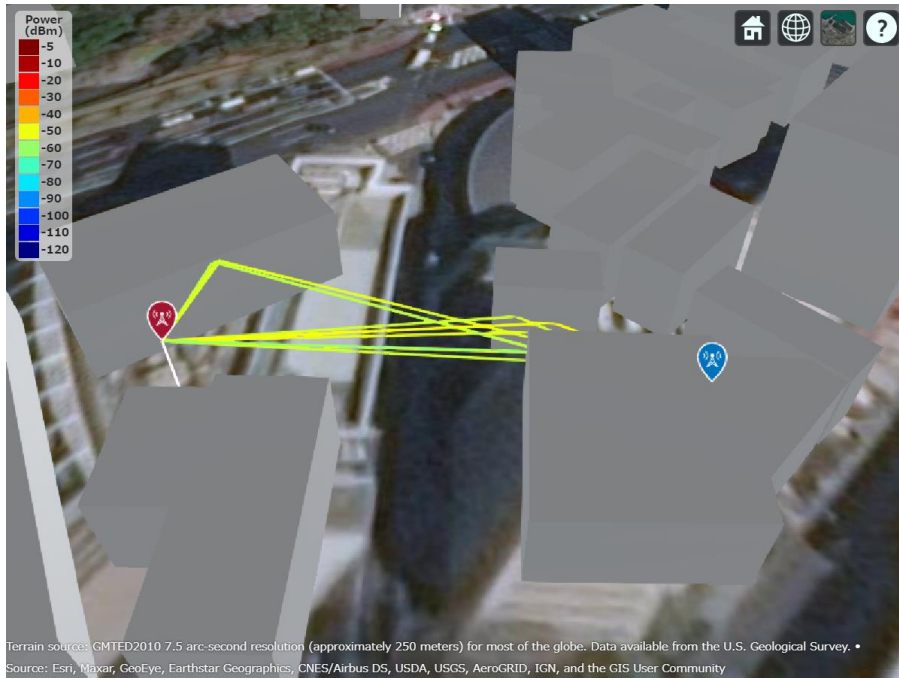
% Raytrace表示

```
raytrace(tx,rx,pm)
```

地面やビルの材質も考慮したレイトレース



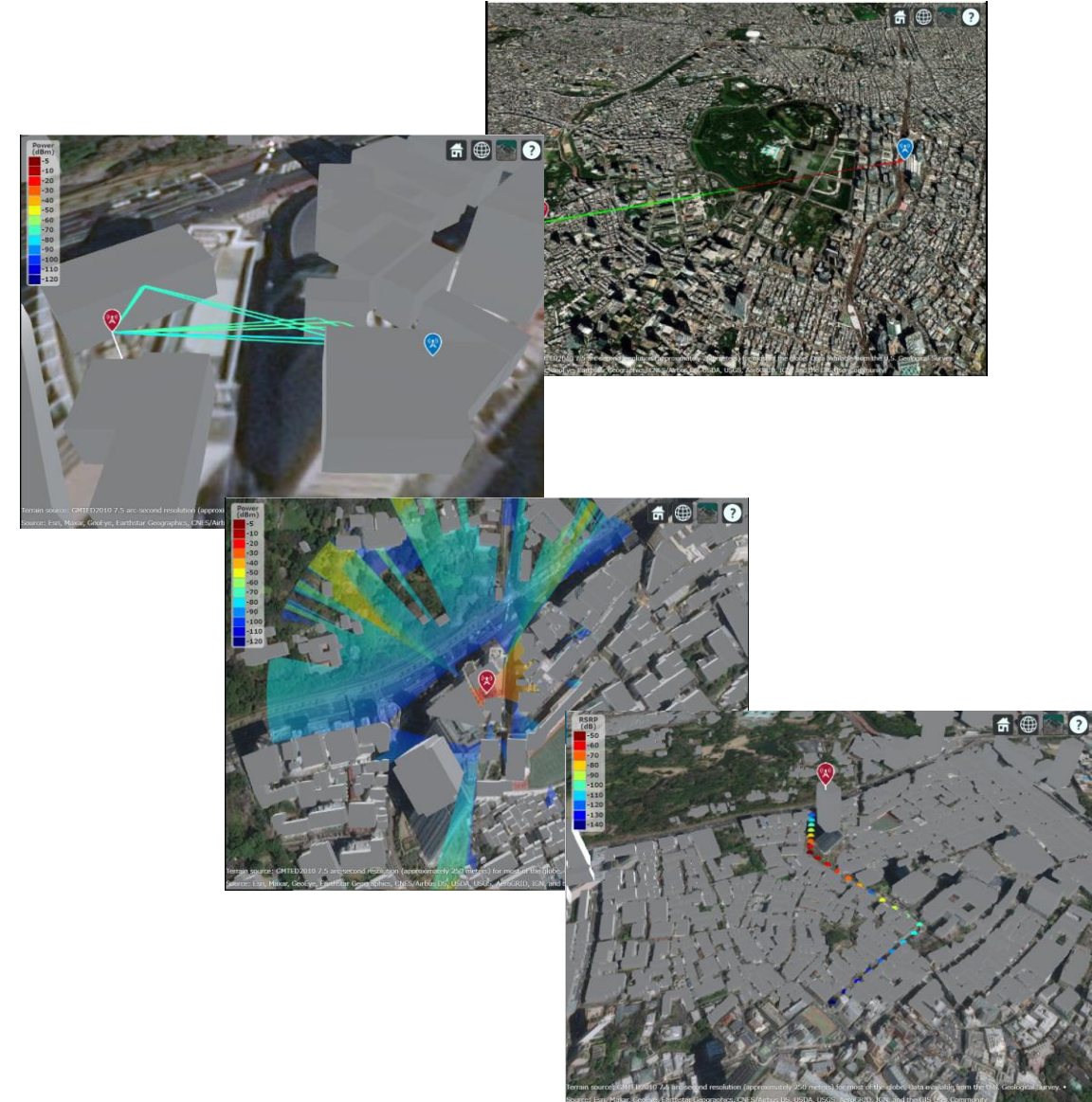
レイトレースからマルチパスチャネルモデルを定義



各レイのパスロスと遅延情報を含むオブジェクトに保存

アジェンダ

1. シミュレーションによる可視化
2. 実験データの可視化
3. まとめ



計測データの可視化




イメージ図

% 実験データ(受信サイト)設定
`rxs = rxsite("Latitude", Latitude,...`
`"Longitude", Longitude);`

% 伝搬データ作成
`tbl = table(Latitude, Longitude, RSRP_ch2_fill);`
`pd = propagationData(tbl);`

% 表示
`legendTitle = "RSRP" + newline + "(dB)";`
`plot(pd, "LegendTitle", legendTitle, "Colormap", jet(97));`



	A	B	C	D	E	F
1	Latitude	Longitude	RSRP_ch2_fill			
2	35.6745	139.731	-120	4		
3	35.6743	139.731	-110	4		
4	35.6741	139.731	-100	4		
5	35.6739	139.731	-90	4		
6	35.6737	139.731	-80	4		
7	35.6735	139.731	-70	4		
8	35.6733	139.731	-60	4		
9	35.6731	139.731	-50	4		
10	35.6729	139.7312	-55	27		
11	35.6727	139.7315	-60	27		
12	35.6725	139.7317	-65	27		



計測データの可視化

ファイルの読み込み

Lat	Lon	RSRP
35.6745	139.731	-120
35.6743	139.731	NaN
35.6741	139.731	NaN
35.6739	139.731	-90
NaN	139.731	-80
35.6735	139.731	-70
35.6733	139.731	-60
35.6731	139.731	-50
35.6729	NaN	-55
35.6727	139.7315	-60
35.6725	139.7317	-65
35.6723	139.732	-70



Lat	Lon	RSRP
35.6745	139.731	-120
35.6739	139.731	-90
35.6735	139.731	-70
35.6733	139.731	-60
35.6731	139.731	-50
35.6727	139.7315	-60
35.6725	139.7317	-65
35.6723	139.732	-70
35.6721	139.7322	-75
35.6719	139.7325	-80
35.6717	139.7327	-85
35.6715	139.733	-90

Lat	Lon	RSRP		Lat	Lon	RSRP
35.6745	139.731	-120	→	35.6745	139.731	-120
35.6743	139.731	NaN	→	35.6739	139.731	-90
35.6741	139.731	NaN	→	35.6735	139.731	-70
35.6739	139.731	-90	→	35.6733	139.731	-60
NaN	139.731	-80	→	35.6731	139.731	-50
35.6735	139.731	-70	→	35.6727	139.7315	-60
35.6733	139.731	-60	→	35.6725	139.7317	-65
35.6731	139.731	-50	→	35.6723	139.732	-70
35.6729	NaN	-55	→	35.6721	139.7322	-75
35.6727	139.7315	-60	→	35.6719	139.7325	-80
35.6725	139.7317	-65	→	35.6717	139.7327	-85
35.6723	139.732	-70	→	35.6715	139.733	-90

取得できていないデータを補間して扱う
fillmissing

取得できていないデータは使用しない
rmmissing

計測データの可視化 データの確認

```
%% data前処理
```

```
% RSRP_ch2に外れ値があるか確認
```

```
% RSRPは-140dB から -44dBの範囲
```

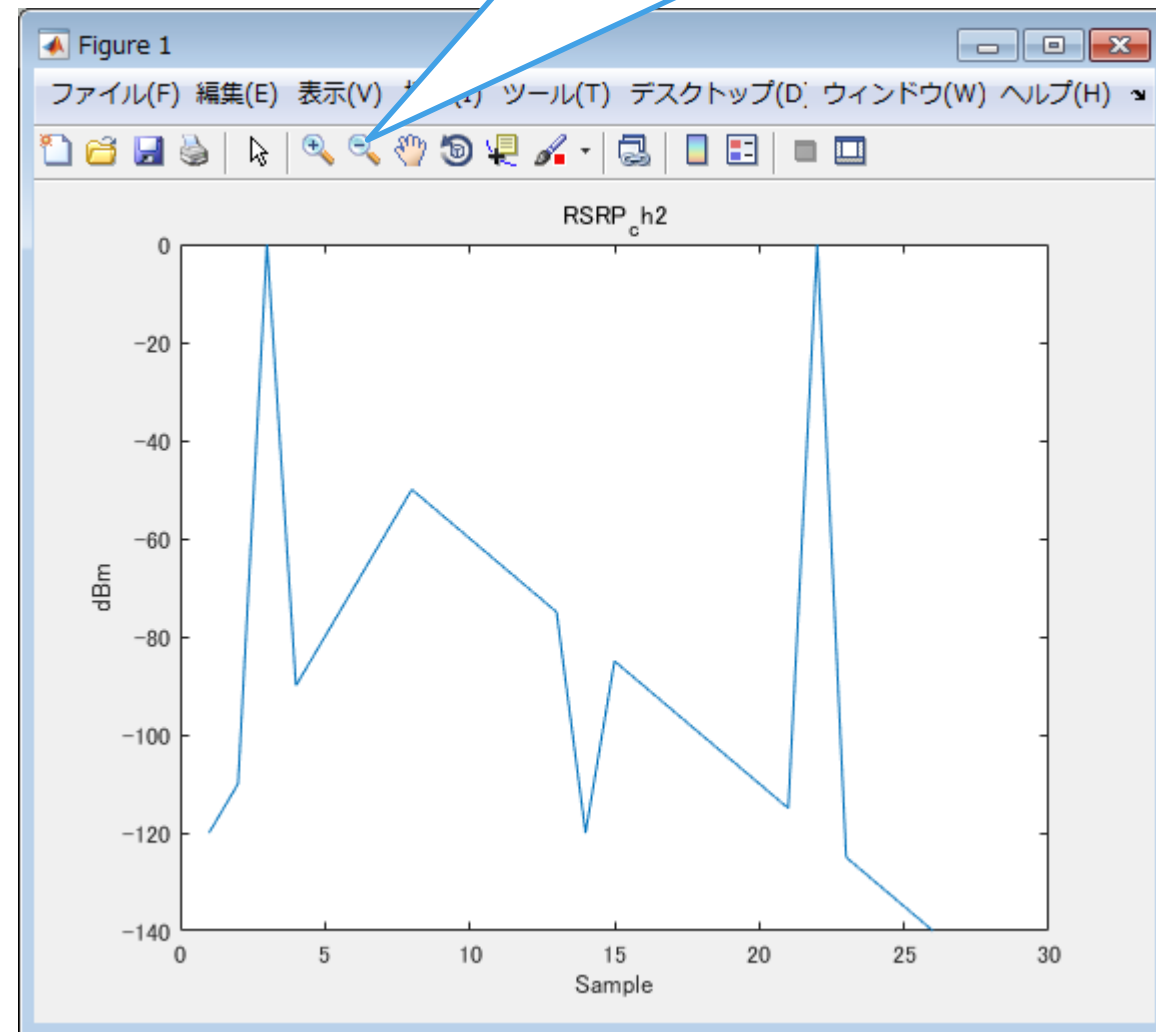
```
plot(RSRP_ch2)
```

```
title('RSRP_ch2')
```

```
xlabel('Sample')
```

```
ylabel('dBm')
```

RSRPの範囲は-140dBm から -44dBm
範囲外の値が含まれる



計測データの可視化

データの前処理：NaNに置き換えてリニアに補間

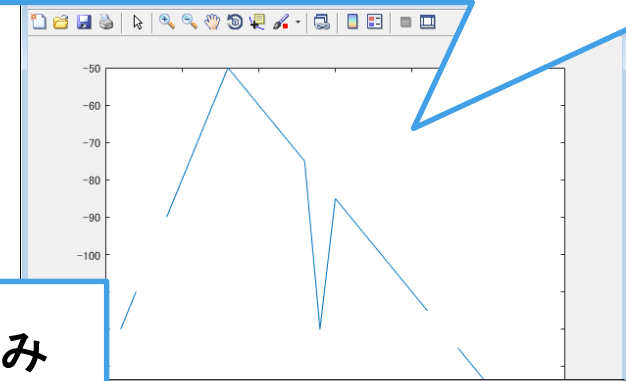
%% オリジナルのデータをコピーし外れ値をNaNに置き換え

```
RSRP_ch2_org = RSRP_ch2;
```

```
RSRP_ch2(RSRP_ch2 < -140 | RSRP_ch2 > -44) = NaN;
```

```
plot(RSRP_ch2)
```

データにNaNが含まれていても
plotで表示



条件にマッチしたところのデータのみ
NaNに置き換えられる

%% NaNに置き換えた外れ値を補間

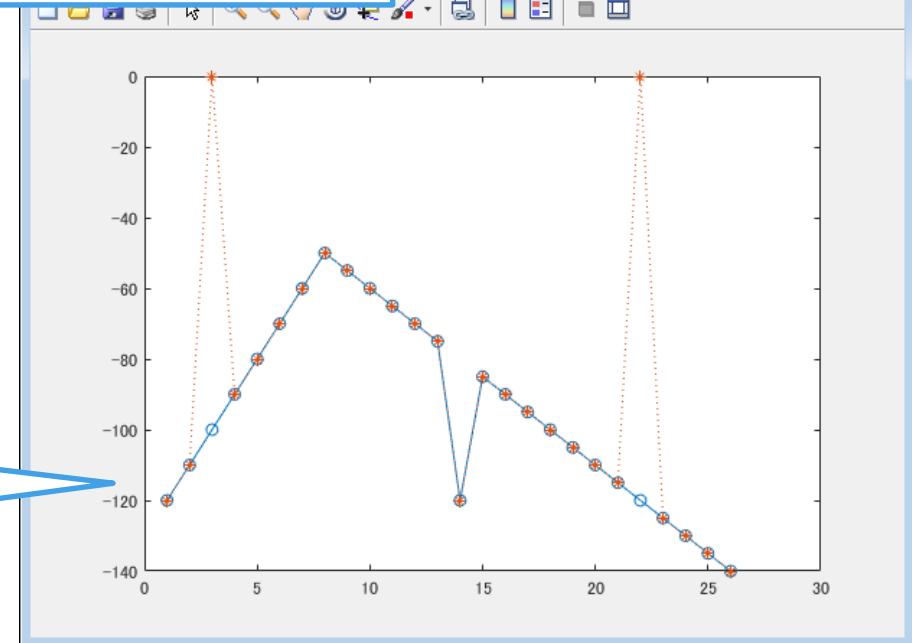
```
RSRP_ch2_fill = fillmissing(RSRP_ch2, 'linear');
```

```
plot(RSRP_ch2_fill, 'o-')
```

```
hold on
```

```
plot(RSRP_ch2_org, '*:')
```

```
hold off
```



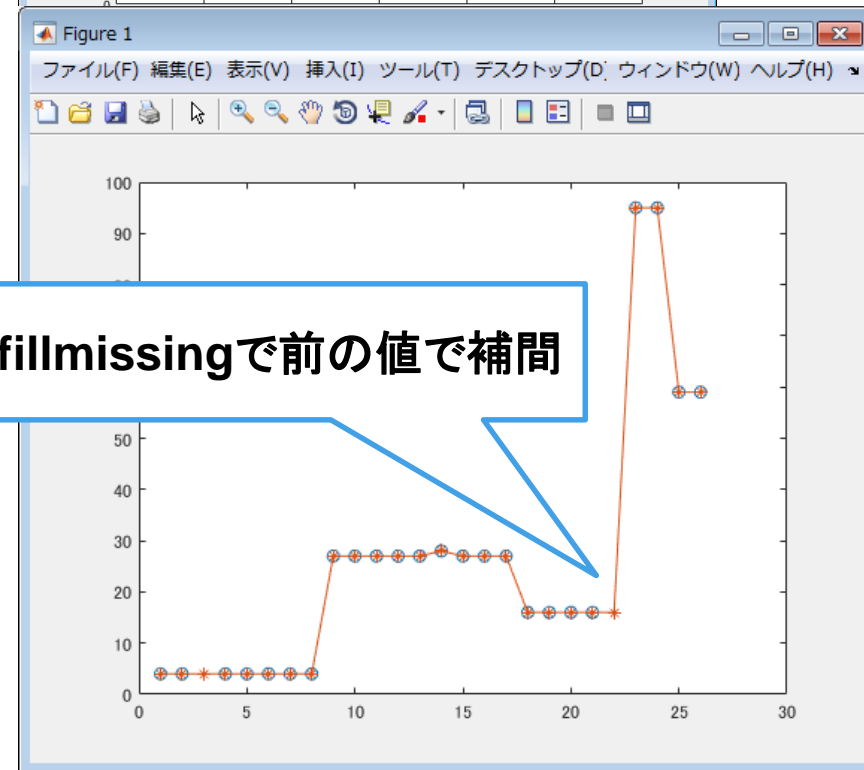
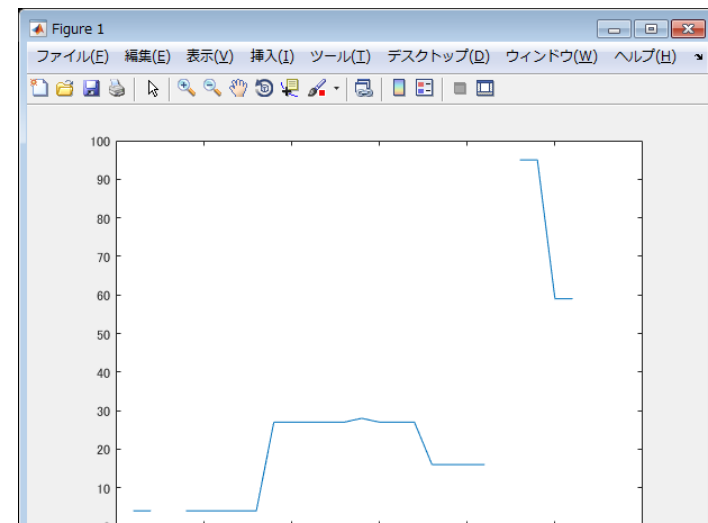
外れ値がfillmissingで補間

計測データの可視化

データの前処理：直前の値で補間

```
%% データ前処理 (CellID_ch2 : オリジナルデータ表示)
plot(CellID_ch2)
```

```
%% データ前処理 (CellID_ch2 : 補間、表示)
% Cell IDは離散的に変化するので、前の値で補間
CellID_ch2_fill = fillmissing(CellID_ch2, 'previous');
CellID_ch2_len = length(CellID_ch2_fill);
plot(1:CellID_ch2_len, CellID_ch2, 'o', ...
     1:CellID_ch2_len, CellID_ch2_fill, '*-')
```

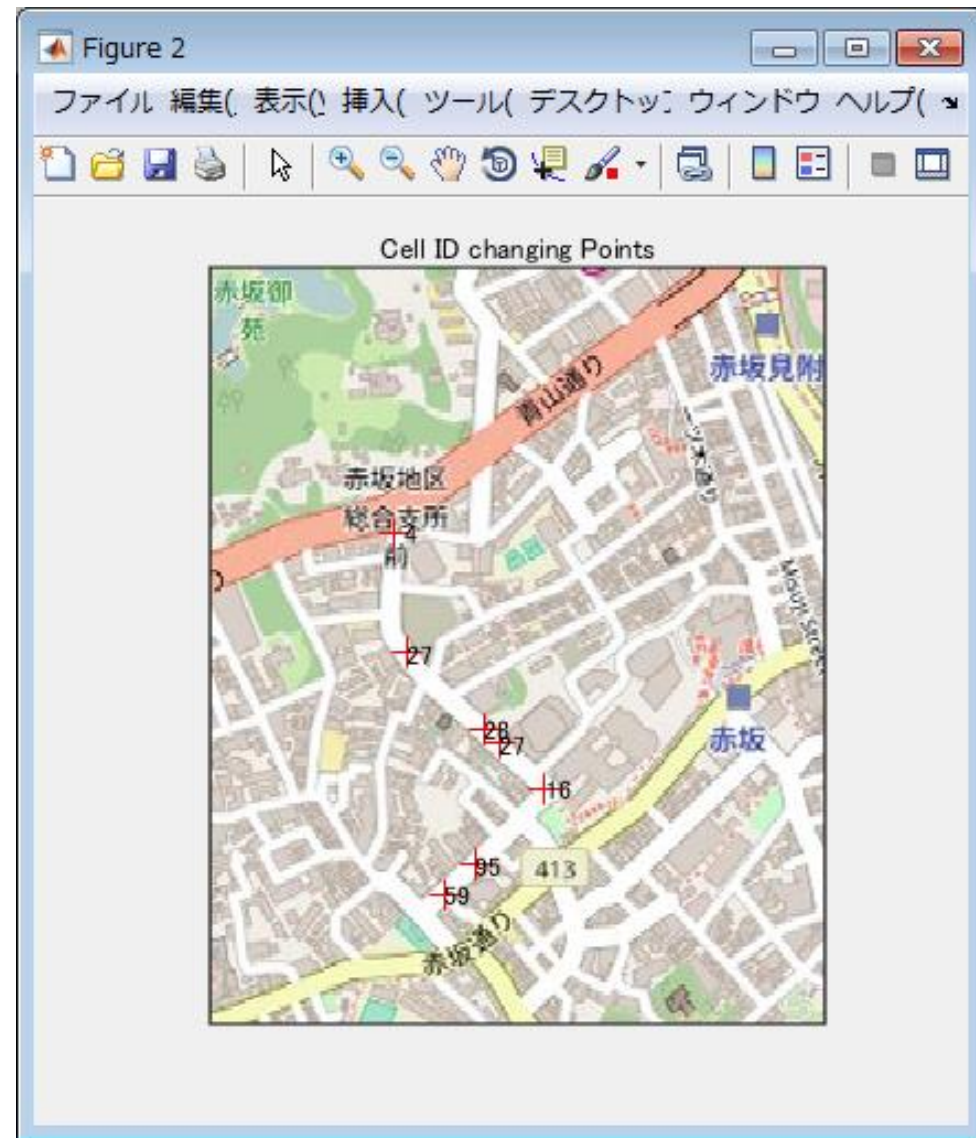


計測データの可視化

解析例：Cell ID ch2の変化点

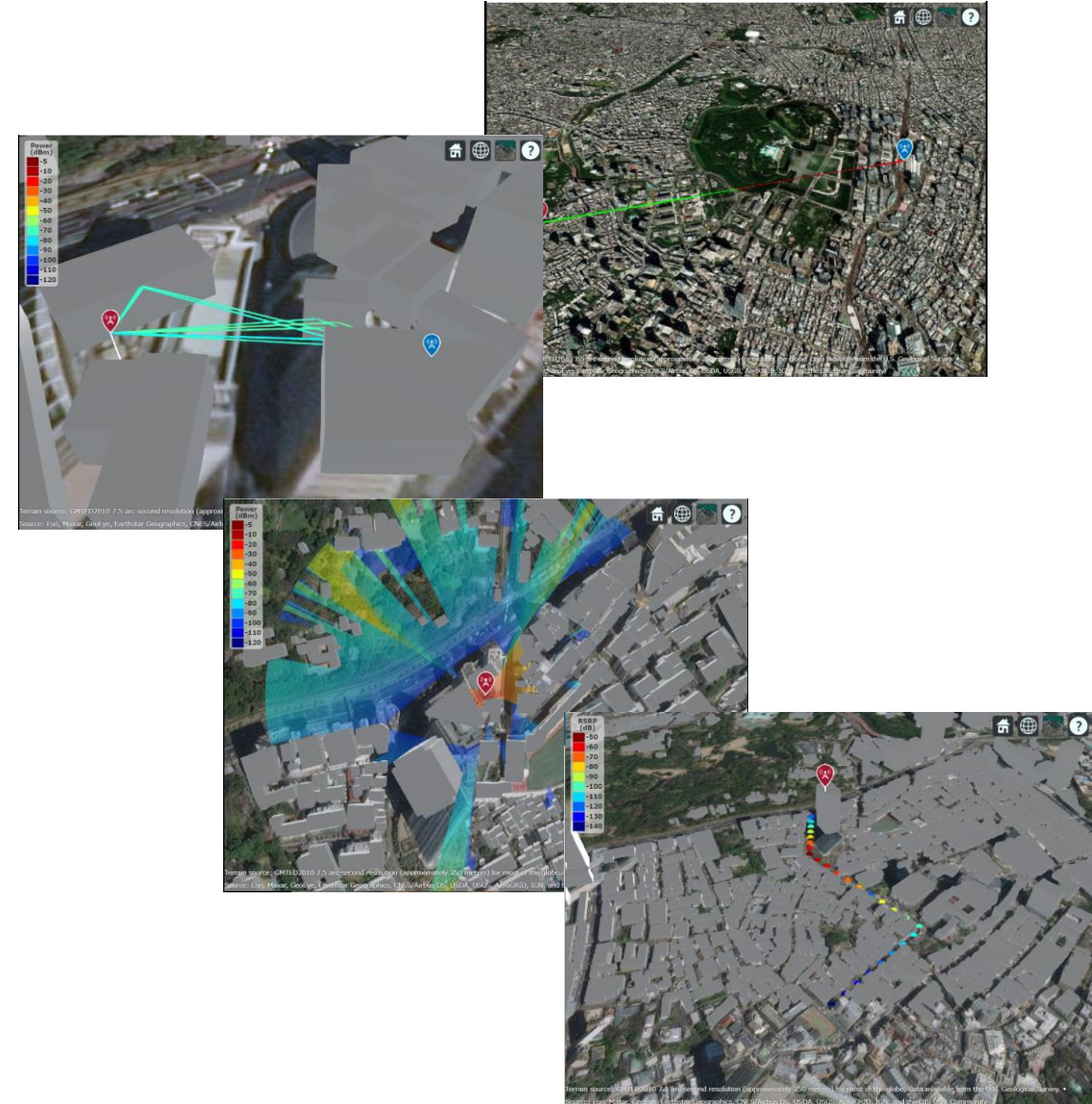
```
%% 解析 (Cell ID 変化点を表示)
% For-Loopでデータサイズが変化するときには予めデータ領域確保
CellIDIndx = logical(zeros(length(CellID_ch2_fill), 1));
% 一つ前のデータと値が異なっていたら変化点なのでTrue
CellIDIndx(1) = 1;
for i = 2:length(CellID_ch2_fill)
    CellIDIndx(i) = CellID_ch2_fill(i-1) ~= CellID_ch2_fill(i);
end
```

```
%% データ表示 (Cell ID ch2 変化点)
figure
Ax = worldmap(LatLim, LonLim);
H = geoshow(Ax, A, R);
scatterm(Ax, Latitude(CellIDIndx), Longitude(CellIDIndx), ...
    100, CellID_ch2_fill(CellIDIndx), '+r')
textm(Latitude(CellIDIndx), Longitude(CellIDIndx), ...
    num2str(CellID_ch2_fill(CellIDIndx)))
title('Cell ID changing Points')
```



アジェンダ

1. シミュレーションによる可視化
2. 実験データの可視化
3. まとめ



まとめ

- アンテナを設置する前に、カバレッジを確認したい
coverage関数で簡単表示
- 実験で取得できるデータが限られるので、シミュレーションも利用したい
地形や気象を考慮した伝搬シミュレーション
- 実験で取得したデータが直感的に理解できるような可視化ができていない
地図上に色分け表示
- 実験データの前処理に時間がかかる
前処理に便利な関数群



短い記述量で、効果的な処理や可視化を実現！！

まとめ



R2017b



R2018a



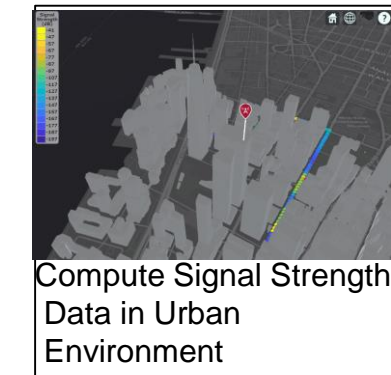
R2018b



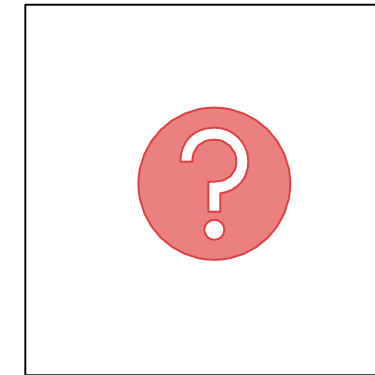
R2019a



R2019b



R2020a



R2020b

バージョンアップごとの機能強化！！