

## 電波天文アドホックにおける検討状況

## 1. 開催状況

- (1) 第3回 平成24年1月13日(金) 13:00~15:00
- (2) 第4回 平成24年1月31日(火) 16:00~18:00

## 2. 第2回作業班以降の検討状況

## (1) 2回回折による干渉計算の実施

- ・16箇所の電波観測局について、遮蔽物がある地点を3箇所選び、シミュレーションソフトで地形図を描いて回折ポイントを決め、2回回折の計算式を用いて干渉計算を実施(VERA 小笠原と VERA 石垣島は海上伝搬であり、地球の丸みを障害物として1回回折で計算)。VERA 水沢局での干渉計算例を別紙1に示す。
- ・また、野辺山ほか5箇所の電波観測局について、国立天文台が指定した2地点からの干渉計算を、上記と同様に実施。VERA 水沢局での干渉計算例を別紙2に示す。

## (2) 電界強度計算ソフトを用いたエリアシミュレーションの実施

- ・水沢、野辺山、苫小牧の電波天文台地点から、空中線電力1W、無指向性アンテナ利得0dB、送信高20mで輻射した場合の伝搬損失がどうなるかをシミュレーションソフトで計算し、エリアマップを作成。(別紙3)
- ・アンテナ高の影響を見るため、国土地理院つくば天文台を例に、送信アンテナ高を20mの場合と50mの場合について、シミュレーションを実施。(別紙4)

## (3) 干渉計算例とシミュレーション結果の比較

- ・5dB程度の誤差はあるものの、シミュレーションによるエリアマップは、事前検討のための参考にはなり得る可能性が高い。

## (4) 23GHz 帯無線伝送システムのリピータについて

- ・干渉可能性を更に低減する観点から、リピータの活用がもあったが、23GHz 帯無線伝送システムを多段接続すると性能確保が難しいこと、コストも2倍かかるなどの課題が指摘された。
- ・リピータではなく「反射版」を使うアイデアも出された。

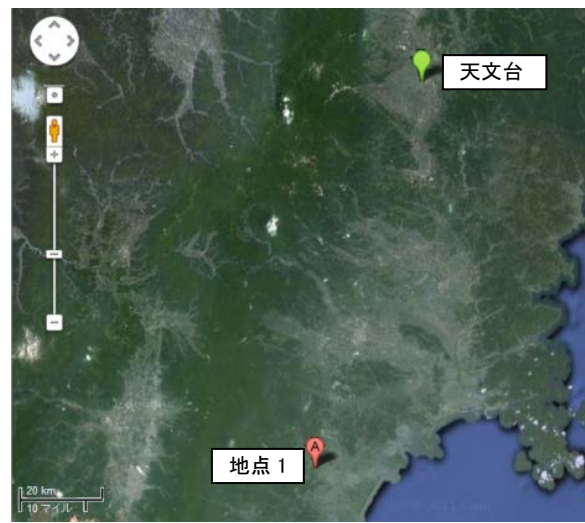
## 3. 今後の主な検討課題

- (1) 共存条件の定式化、一般化
- (2) 可搬型についての検討

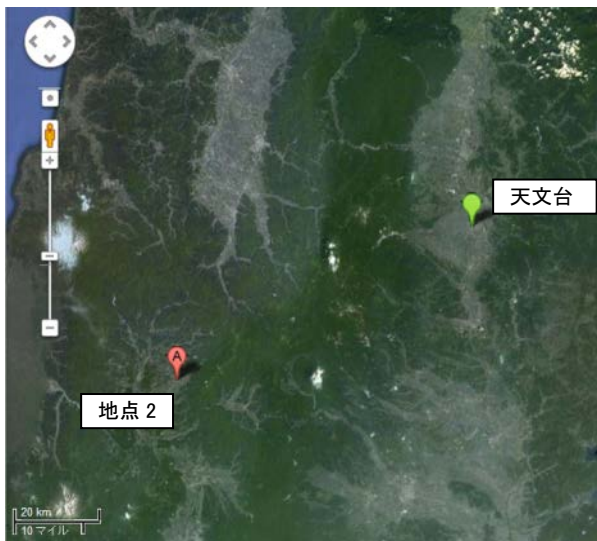
## 1. VERA 水沢



VERA 水沢



第 1 地点 (98.07km)

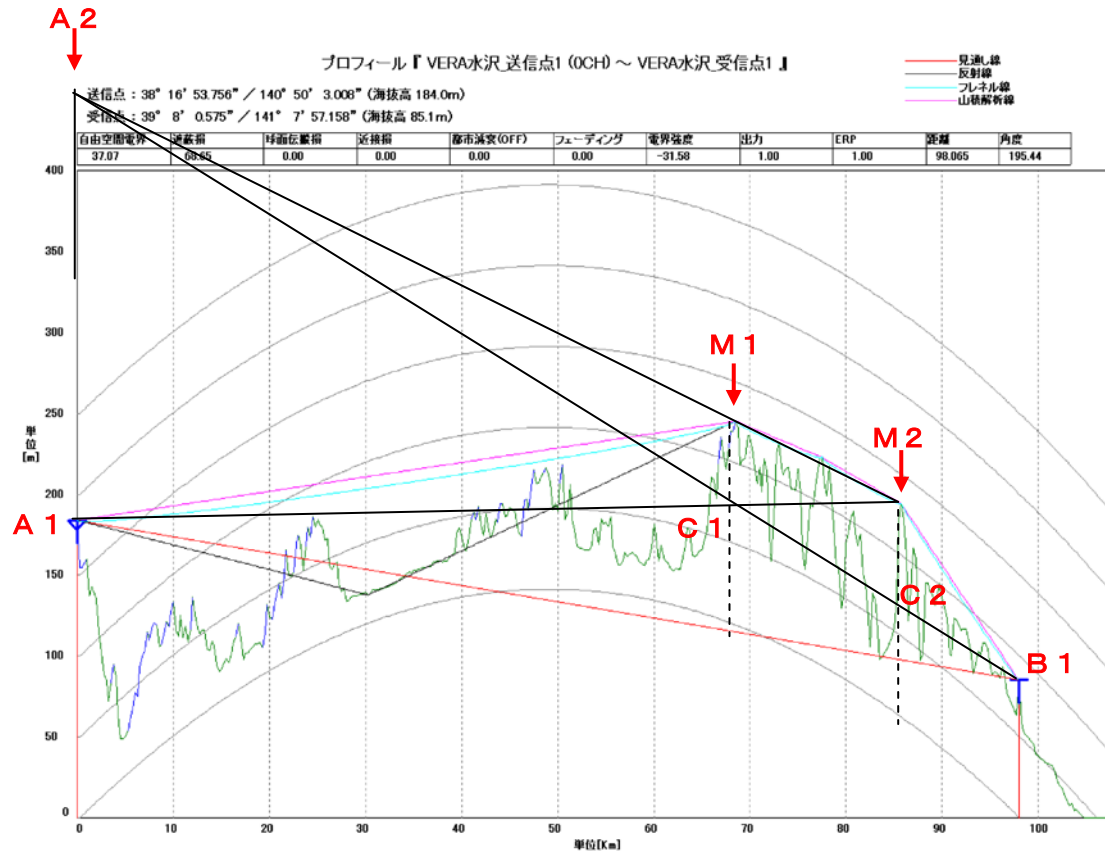


第 2 地点 (78.11km)



第 3 地点 (149.52km)

<送信点 1—VERA 水沢 20m>



| 項目       | 記号     | 値           |
|----------|--------|-------------|
| 等価地球半径係数 | K      | 1.333333333 |
| 地球平均半径   | a (km) | 6370        |

距離 (高さ) に依存するパラメータ

| 項目                 | 記号           | 値      |                                                                         |
|--------------------|--------------|--------|-------------------------------------------------------------------------|
| 伝送距離 (ポイント間直線)     | D (km)       | 98.07  | = d1 + d2 + d3                                                          |
| 伝送距離 (第1回折ポイント間直線) | d1 + d2 (km) | 86     | = d1 + d2                                                               |
| 伝送距離 (第2回折ポイント間直線) | d2 + d3 (km) | 30.07  | = d2 + d3                                                               |
| 伝送距離 (A-M1間直線)     | d1 (km)      | 68     |                                                                         |
| 伝送距離 (M1-M2間直線)    | d2 (km)      | 18     |                                                                         |
| 伝送距離 (M2-B1間直線)    | d3 (km)      | 12.07  |                                                                         |
| A1ポイント標高           | h1 (m)       | 184    |                                                                         |
| M1ポイント標高           | hm1 (m)      | 125    |                                                                         |
| M2ポイント標高           | hm2 (m)      | 130    |                                                                         |
| B1ポイント標高           | h2 (m)       | 85.1   |                                                                         |
| C1ポイント標高           | hp1 (m)      | 69.25  | = (h1*d2 + hm2*d1) / (d1 + d2) - (d1*d2) / (2*K*a)                      |
| 高低差 (C1-M1間)       | CS1 (m)      | 55.75  | = hm1 - hp1                                                             |
| A2ポイント標高 (仮想点)     | ha2 (m)      | 450.38 | = ((d1 + d2) / d2) * (hm1 + (d1*d2) / (2*K*a)) - (d1*hm2 / d2)          |
| C2ポイント標高           | hp2 (m)      | 68.95  | = (ha2*d3 + h2*(d1 + d2)) / ((d1 + d2) + d3) - ((d1 + d2)*d3) / (2*K*a) |
| 高低差 (C2-M2間)       | CS2 (m)      | 61.05  | = hm2 - hp2                                                             |

周波数に依存するパラメータ

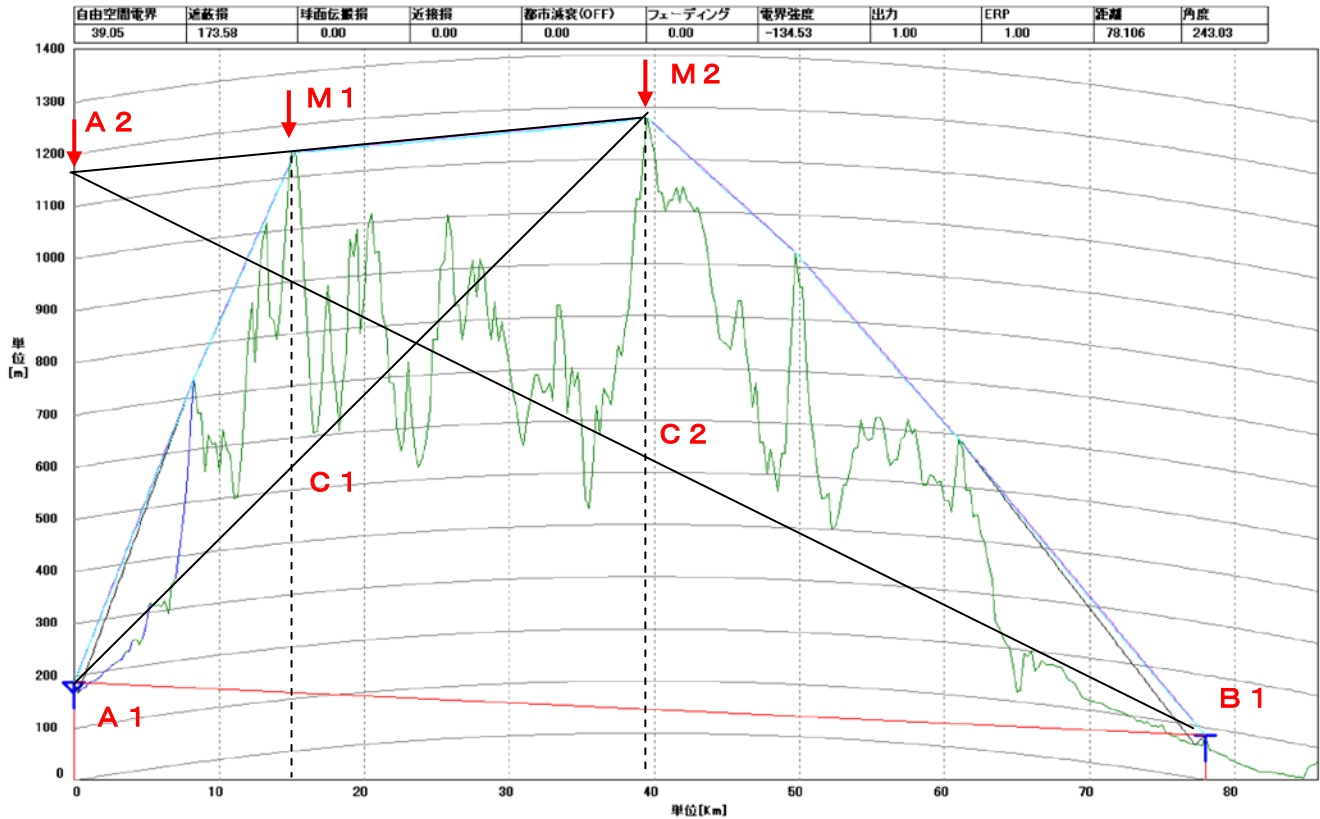
| 項目               | 記号       | 値           |                                                |
|------------------|----------|-------------|------------------------------------------------|
| 伝送周波数            | f (MHz)  | 23600       |                                                |
| 信号波長             | λ (m)    | 0.0127      | = 300 / f                                      |
| M1ポイントでの第1フレネル半径 | Rm1 (m)  | 13.45       | = √((λ * d1 * d2) / (d1 + d2))                 |
| M1回折パラメータ        | U1       | 4.15        | = CS1 / Rm1                                    |
| M1ポイントでの回折損失     | Z1 (dB)  | 28.35       | = 16 + 20 * LOG(U1)                            |
| M2ポイントでの第1フレネル半径 | Rm2 (m)  | 11.60       | = √((λ * (d1 + d2) * d3) / ((d1 + d2) + d3))   |
| M2回折パラメータ        | U2       | 5.26        | = CS2 / Rm2                                    |
| M2ポイントでの回折損失     | Z2 (dB)  | 30.43       | = 16 + 20 * LOG(U2)                            |
| 2段回折での総合損失       | Zt (dB)  | 58.78       | = Z1 + Z2                                      |
| 自由空間伝搬損失         | Γ 0 (dB) | 159.7289636 | = 32.44 + 20 * LOG(f) + 20 * LOG(d1 + d2 + d3) |
| 伝搬損失             | Γ (dB)   | 218.50      | = Γ 0 + Zt                                     |

# <送信点 2—VERA 水沢 20m>

プロフィール『VERA水沢送信点2 (0CH)～VERA水沢受信点1』

送信点：38° 48' 42.084" / 140° 19' 51.784" (海拔高 187.0m)  
 受信点：39° 8' 0.575" / 141° 7' 57.158" (海拔高 85.1m)

見通し線  
 反射線  
 フレネル線  
 山脈折折線



| 項目       | 記号     | 値           |
|----------|--------|-------------|
| 等価地球半径係数 | K      | 1.333333333 |
| 地球平均半径   | a (km) | 6370        |

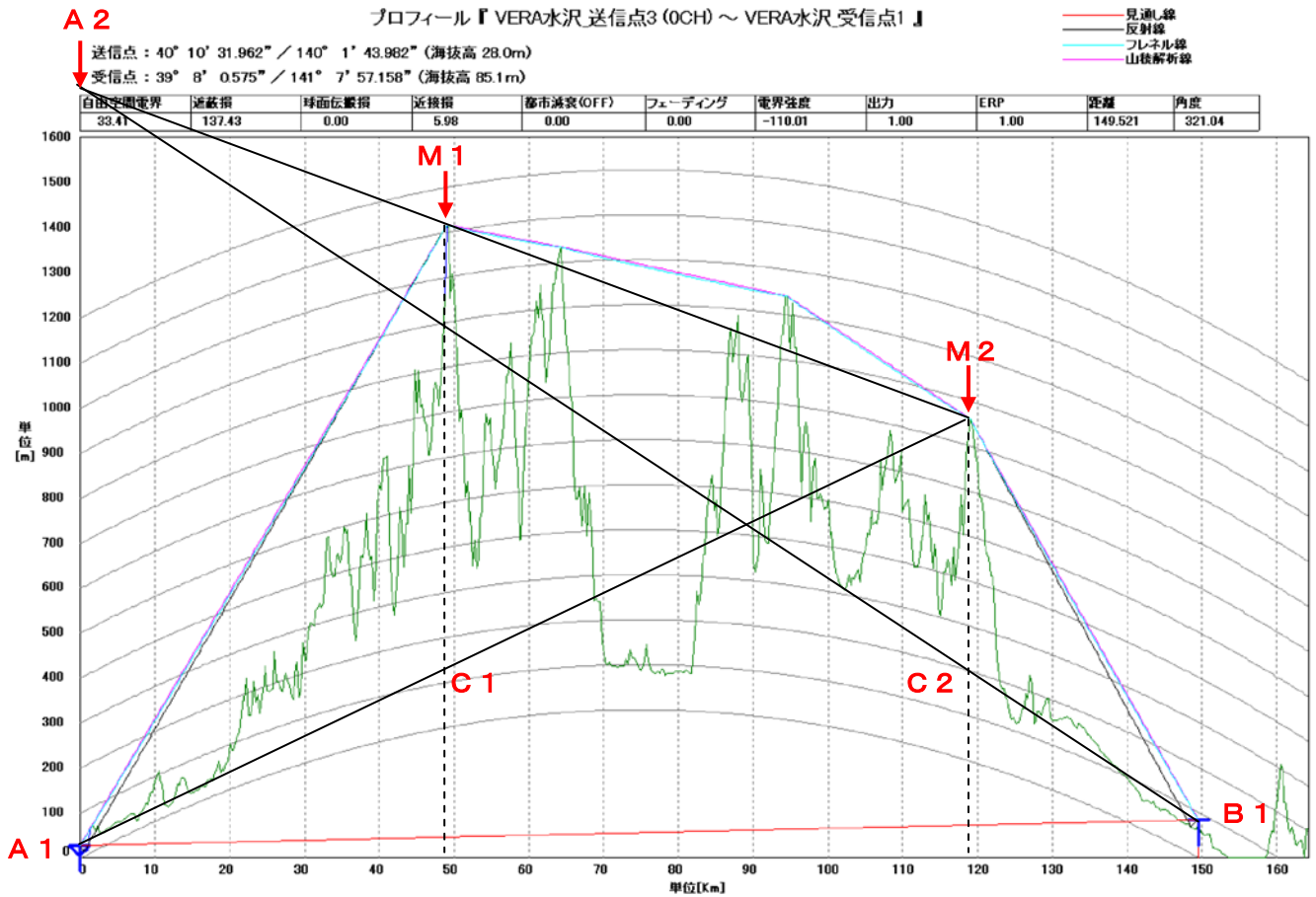
## 距離 (高さ) に依存するパラメータ

| 項目                 | 記号         | 値       |                                                         |
|--------------------|------------|---------|---------------------------------------------------------|
| 伝送距離 (ポイント間直線)     | D (km)     | 78.11   | = d1+d2+d3                                              |
| 伝送距離 (第1回折ポイント間直線) | d1+d2 (km) | 39      | = d1+d2                                                 |
| 伝送距離 (第2回折ポイント間直線) | d2+d3 (km) | 63.11   | = d2+d3                                                 |
| 伝送距離 (A-M1間直線)     | d1 (km)    | 15      |                                                         |
| 伝送距離 (M1-M2間直線)    | d2 (km)    | 24      |                                                         |
| 伝送距離 (M2-B1間直線)    | d3 (km)    | 39.11   |                                                         |
| A1ポイント標高           | h1 (m)     | 187     |                                                         |
| M1ポイント標高           | hm1 (m)    | 1150    |                                                         |
| M2ポイント標高           | hm2 (m)    | 1175    |                                                         |
| B1ポイント標高           | h2 (m)     | 85.1    |                                                         |
| C1ポイント標高           | hp1 (m)    | 545.81  | = (h1*d2+hm2*d1)/(d1+d2)-(d1*d2)/(2*K*a)                |
| 高低差 (C1-M1間)       | CS1 (m)    | 604.19  | = hm1-hp1                                               |
| A2ポイント標高 (仮想点)     | ha2 (m)    | 1168.81 | = ((d1+d2)/d2) (hm1+(d1*d2)/(2*K*a))-(d1*hm2/d2)        |
| C2ポイント標高           | hp2 (m)    | 537.93  | = (ha2*d3+h2*(d1+d2))/((d1+d2)+d3)-((d1+d2)*d3)/(2*K*a) |
| 高低差 (C2-M2間)       | CS2 (m)    | 637.07  | = hm2-hp2                                               |

## 周波数に依存するパラメータ

| 項目               | 記号       | 値           |                                    |
|------------------|----------|-------------|------------------------------------|
| 伝送周波数            | f (MHz)  | 23600       |                                    |
| 信号波長             | λ (m)    | 0.0127      | = 300/f                            |
| M1ポイントでの第1フレネル半径 | Rm1 (m)  | 10.83       | = √((λ*d1*d2)/(d1+d2))             |
| M1回折パラメータ        | U1       | 55.78       | = CS1/Rm1                          |
| M1ポイントでの回折損失     | Z1 (dB)  | 50.93       | = 16+20*LOG(U1)                    |
| M2ポイントでの第1フレネル半径 | Rm2 (m)  | 15.76       | = √((λ*(d1+d2)*d3)/((d1+d2)+d3))   |
| M2回折パラメータ        | U2       | 40.44       | = CS2/Rm2                          |
| M2ポイントでの回折損失     | Z2 (dB)  | 48.14       | = 16+20*LOG(U2)                    |
| 2段回折での総合損失       | Zt (dB)  | 99.06       | = Z1+Z2                            |
| 自由空間伝搬損失         | Γ 0 (dB) | 157.7523728 | = 32.44+20*LOG(f)+20*LOG(d1+d2+d3) |
| 伝搬損失             | Γ (dB)   | 256.82      | = Γ 0+Zt                           |

<送信点 3—VERA 水沢 20m>



| 項目       | 記号     | 値           |
|----------|--------|-------------|
| 等価地球半径係数 | K      | 1.333333333 |
| 地球平均半径   | a (km) | 6370        |

距離 (高さ) に依存するパラメータ

| 項目                 | 記号         | 値       |                                                         |
|--------------------|------------|---------|---------------------------------------------------------|
| 伝送距離 (ポイント間直線)     | D (km)     | 149.52  | = d1+d2+d3                                              |
| 伝送距離 (第1回折ポイント間直線) | d1+d2 (km) | 119     | = d1+d2                                                 |
| 伝送距離 (第2回折ポイント間直線) | d2+d3 (km) | 100.52  | = d2+d3                                                 |
| 伝送距離 (A-M1間直線)     | d1 (km)    | 49      |                                                         |
| 伝送距離 (M1-M2間直線)    | d2 (km)    | 70      |                                                         |
| 伝送距離 (M2-B1間直線)    | d3 (km)    | 30.52   |                                                         |
| A1ポイント標高           | h1 (m)     | 28      |                                                         |
| M1ポイント標高           | hm1 (m)    | 1110    |                                                         |
| M2ポイント標高           | hm2 (m)    | 750     |                                                         |
| B1ポイント標高           | h2 (m)     | 85.1    |                                                         |
| C1ポイント標高           | hp1 (m)    | 123.37  | = (h1*d2+hm2*d1)/(d1+d2)-(d1*d2)/(2*K*a)                |
| 高低差 (C1-M1間)       | CS1 (m)    | 986.63  | = hm1-hp1                                               |
| A2ポイント標高 (仮想点)     | ha2 (m)    | 1705.27 | = ((d1+d2)/d2) (hm1+(d1*d2)/(2*K*a))-(d1*hm2/d2)        |
| C2ポイント標高           | hp2 (m)    | 202.00  | = (ha2*d3+h2*(d1+d2))/((d1+d2)+d3)-((d1+d2)*d3)/(2*K*a) |
| 高低差 (C2-M2間)       | CS2 (m)    | 548.00  | = hm2-hp2                                               |

周波数に依存するパラメータ

| 項目               | 記号       | 値           |                                    |
|------------------|----------|-------------|------------------------------------|
| 伝送周波数            | f (MHz)  | 23600       |                                    |
| 信号波長             | λ (m)    | 0.0127      | = 300/f                            |
| M1ポイントでの第1フレネル半径 | Rm1 (m)  | 19.14       | = √((λ*d1*d2)/(d1+d2))             |
| M1回折パラメータ        | U1       | 51.54       | = CS1/Rm1                          |
| M1ポイントでの回折損失     | Z1 (dB)  | 50.24       | = 16+20*LOG(U1)                    |
| M2ポイントでの第1フレネル半径 | Rm2 (m)  | 17.57       | = √((λ*(d1+d2)*d3)/((d1+d2)+d3))   |
| M2回折パラメータ        | U2       | 31.19       | = CS2/Rm2                          |
| M2ポイントでの回折損失     | Z2 (dB)  | 45.88       | = 16+20*LOG(U2)                    |
| 2段回折での総合損失       | Zt (dB)  | 96.12       | = Z1+Z2                            |
| 自由空間伝搬損失         | Γ 0 (dB) | 163.3922258 | = 32.44+20*LOG(f)+20*LOG(d1+d2+d3) |
| 伝搬損失             | Γ (dB)   | 259.51      | = Γ 0+Zt                           |

| パラメータ          | 値     |
|----------------|-------|
| 送信周波数f (MHz)   | 23800 |
| 送信給電線損失Lr (dB) | 0     |
| 受信給電線損失Lr (dB) | 0     |

自由空間伝搬損失 Lp (dB) =  $32.44 + 20\log(f(\text{MHz})) + 20\log(D(\text{km}))$

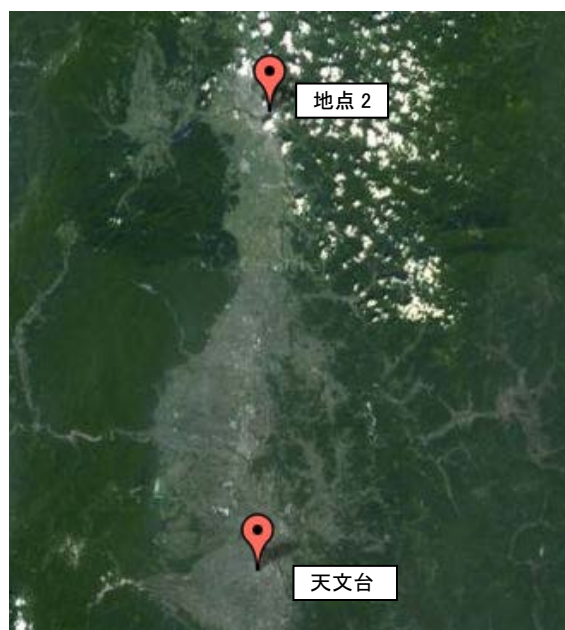
総伝搬損失 Γ (dB) = Γ0 (dB) + Z (dB)

|    | 天文台       | 送信点  | 送受信間直線距離D (km) | 自由空間伝搬損失Γ0 (dB) | 回折損失Z (dB) | 総伝搬損失Γ (dB) | K7JPS空中線電力 (dBm/MHz) | 送信局空中線利得 (dB) | 干渉値 (dBm/MHz) | 干渉距離 (dBm/MHz) | 干渉マージン (dB) |
|----|-----------|------|----------------|-----------------|------------|-------------|----------------------|---------------|---------------|----------------|-------------|
| 1  | 天官        | 送信点1 | 98.07          | 159.73          | 58.78      | 218.51      | -33                  | 40            | -211.51       | -191           | 20.51       |
|    | VERA水沢20m | 送信点2 | 78.11          | 157.75          | 59.06      | 256.81      | -33                  | 40            | -249.81       | -191           | 58.81       |
|    |           | 送信点3 | 149.52         | 163.39          | 96.12      | 259.51      | -33                  | 40            | -252.51       | -191           | 61.51       |
| 2  | VERA入来    | 送信点1 | 95.23          | 159.47          | 73.52      | 232.99      | -33                  | 40            | -225.99       | -191           | 34.99       |
|    |           | 送信点2 | 53.98          | 154.54          | 59.1       | 213.64      | -33                  | 40            | -206.64       | -191           | 15.64       |
|    |           | 送信点3 | 62.34          | 155.79          | 50.34      | 206.13      | -33                  | 40            | -199.13       | -191           | 8.13        |
| 3  | VERA小笠原   | 送信点1 | 89.5           | 178.94          | 62.67      | 241.61      | -33                  | 40            | -234.61       | -191           | 43.61       |
|    |           | 送信点2 | 938            | 179.34          | 63.54      | 242.88      | -33                  | 40            | -235.88       | -191           | 44.88       |
|    |           | 送信点3 | 702            | 176.80          | 59.43      | 236.23      | -33                  | 40            | -229.23       | -191           | 38.23       |
| 4  | VERA石垣島   | 送信点1 | 101.1          | 180.00          | 64.45      | 244.45      | -33                  | 40            | -237.45       | -191           | 46.45       |
|    |           | 送信点2 | 972            | 179.65          | 63.71      | 243.36      | -33                  | 40            | -236.36       | -191           | 45.36       |
|    |           | 送信点3 | 401            | 171.96          | 51.99      | 223.95      | -33                  | 40            | -216.95       | -191           | 25.95       |
| 5  | 水沢10m     | 送信点1 | 88.56          | 158.84          | 62.67      | 241.51      | -33                  | 40            | -234.51       | -191           | 43.51       |
|    |           | 送信点2 | 90             | 158.98          | 63.09      | 252.07      | -33                  | 40            | -245.07       | -191           | 54.07       |
|    |           | 送信点3 | 53.8           | 154.51          | 92.08      | 246.59      | -33                  | 40            | -239.59       | -191           | 48.59       |
| 6  | 北大寺小牧     | 送信点1 | 68.7           | 156.64          | 53.99      | 210.63      | -33                  | 40            | -203.63       | -191           | 12.63       |
|    |           | 送信点2 | 57.32          | 155.06          | 44.19      | 199.25      | -33                  | 40            | -192.25       | -191           | 1.25        |
|    |           | 送信点3 | 107.76         | 160.55          | 53.32      | 213.87      | -33                  | 40            | -206.87       | -191           | 15.87       |
| 7  | 高萩32m     | 送信点1 | 1100.7         | 160.73          | 98.73      | 259.46      | -33                  | 40            | -252.46       | -191           | 61.46       |
|    |           | 送信点2 | 132.23         | 162.32          | 84.86      | 247.18      | -33                  | 40            | -240.18       | -191           | 49.18       |
|    |           | 送信点3 | 24             | 147.50          | 49.63      | 197.13      | -33                  | 40            | -190.13       | -191           | -0.87       |
| 8  | 日立32m     | 送信点1 | 65.18          | 156.18          | 80.73      | 236.91      | -33                  | 40            | -229.91       | -191           | 38.91       |
|    |           | 送信点2 | 83.95          | 158.38          | 91.64      | 250.02      | -33                  | 40            | -243.02       | -191           | 52.02       |
|    |           | 送信点3 | 108.69         | 160.62          | 56.58      | 217.20      | -33                  | 40            | -210.20       | -191           | 18.20       |
| 9  | NICT鹿島    | 送信点1 | 62.65          | 155.84          | 43.77      | 199.61      | -33                  | 40            | -192.61       | -191           | 1.61        |
|    |           | 送信点2 | 97.61          | 159.69          | 57.36      | 217.05      | -33                  | 40            | -210.05       | -191           | 19.05       |
|    |           | 送信点3 | 97.46          | 158.67          | 39.53      | 199.20      | -33                  | 40            | -192.20       | -191           | 1.20        |
| 10 | 国土地理院つくば  | 送信点1 | 108.92         | 160.64          | 54.89      | 215.53      | -33                  | 40            | -208.53       | -191           | 17.53       |
|    |           | 送信点2 | 60.6           | 155.55          | 50.36      | 205.91      | -33                  | 40            | -198.91       | -191           | 7.91        |
|    |           | 送信点3 | 80.46          | 158.01          | 50.94      | 208.95      | -33                  | 40            | -201.95       | -191           | 10.95       |
| 11 | NRO野辺山    | 送信点1 | 84.24          | 158.41          | 96.9       | 255.31      | -33                  | 40            | -248.31       | -191           | 57.31       |
|    |           | 送信点2 | 75.88          | 157.50          | 93.91      | 251.41      | -33                  | 40            | -244.41       | -191           | 53.41       |
|    |           | 送信点3 | 91.38          | 159.12          | 100        | 259.12      | -33                  | 40            | -252.12       | -191           | 61.12       |
| 13 | JAXA臼田    | 送信点1 | 81.69          | 158.14          | 38.16      | 196.30      | -33                  | 40            | -189.30       | -191           | -1.70       |
|    |           | 送信点2 | 88.52          | 158.84          | 56.87      | 215.71      | -33                  | 40            | -208.71       | -191           | 17.71       |
|    |           | 送信点3 | 110.56         | 160.77          | 102.05     | 262.82      | -33                  | 40            | -255.82       | -191           | 64.82       |
| 14 | 岐阜大岐阜     | 送信点1 | 57.3           | 155.06          | 45.55      | 200.61      | -33                  | 40            | -193.61       | -191           | 2.61        |
|    |           | 送信点2 | 52.02          | 154.22          | 90.99      | 245.21      | -33                  | 40            | -238.21       | -191           | 47.21       |
|    |           | 送信点3 | 74.35          | 157.32          | 98.48      | 255.80      | -33                  | 40            | -248.80       | -191           | 57.80       |
| 15 | 山口        | 送信点1 | 12.5           | 141.84          | 50.93      | 192.77      | -33                  | 40            | -185.77       | -191           | -5.23       |
|    |           | 送信点2 | 26.2           | 148.26          | 91.96      | 240.22      | -33                  | 40            | -233.22       | -191           | 42.22       |
|    |           | 送信点3 | 41.6           | 152.28          | 83.53      | 235.81      | -33                  | 40            | -228.81       | -191           | 37.81       |
| 16 | 鹿児島       | 送信点1 | 76.51          | 157.57          | 75.37      | 232.94      | -33                  | 40            | -225.94       | -191           | 34.94       |
|    |           | 送信点2 | 86.99          | 158.69          | 89.98      | 248.67      | -33                  | 40            | -241.67       | -191           | 50.67       |
|    |           | 送信点3 | 106.2          | 160.42          | 84.14      | 244.56      | -33                  | 40            | -237.56       | -191           | 46.56       |
|    |           | 送信点1 | 86.75          | 158.66          | 90.83      | 249.49      | -33                  | 40            | -242.49       | -191           | 51.49       |
| 17 | 内之浦       | 送信点2 | 62.16          | 155.77          | 91.05      | 246.82      | -33                  | 40            | -239.82       | -191           | 48.82       |
|    |           | 送信点3 | 66.07          | 156.30          | 0          | 156.30      | -33                  | 40            | -149.30       | -191           | -41.70      |

## 1. VERA 水沢

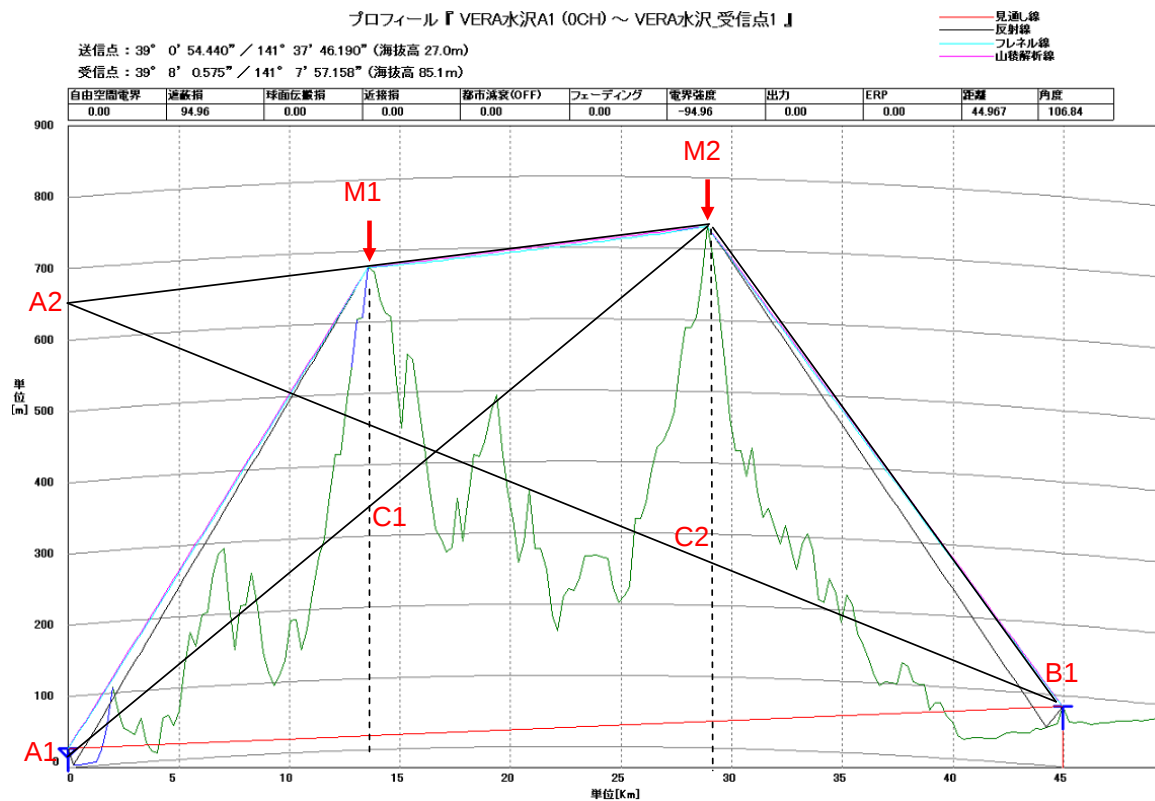


追加第 1 地点 (44.9km)



追加第 2 地点 (63.3km)

# <追加送信点 1—VERA 水沢 20m>



| 項目       | 記号     | 値           |
|----------|--------|-------------|
| 等価地球半径係数 | K      | 1.333333333 |
| 地球平均半径   | a (km) | 6370        |

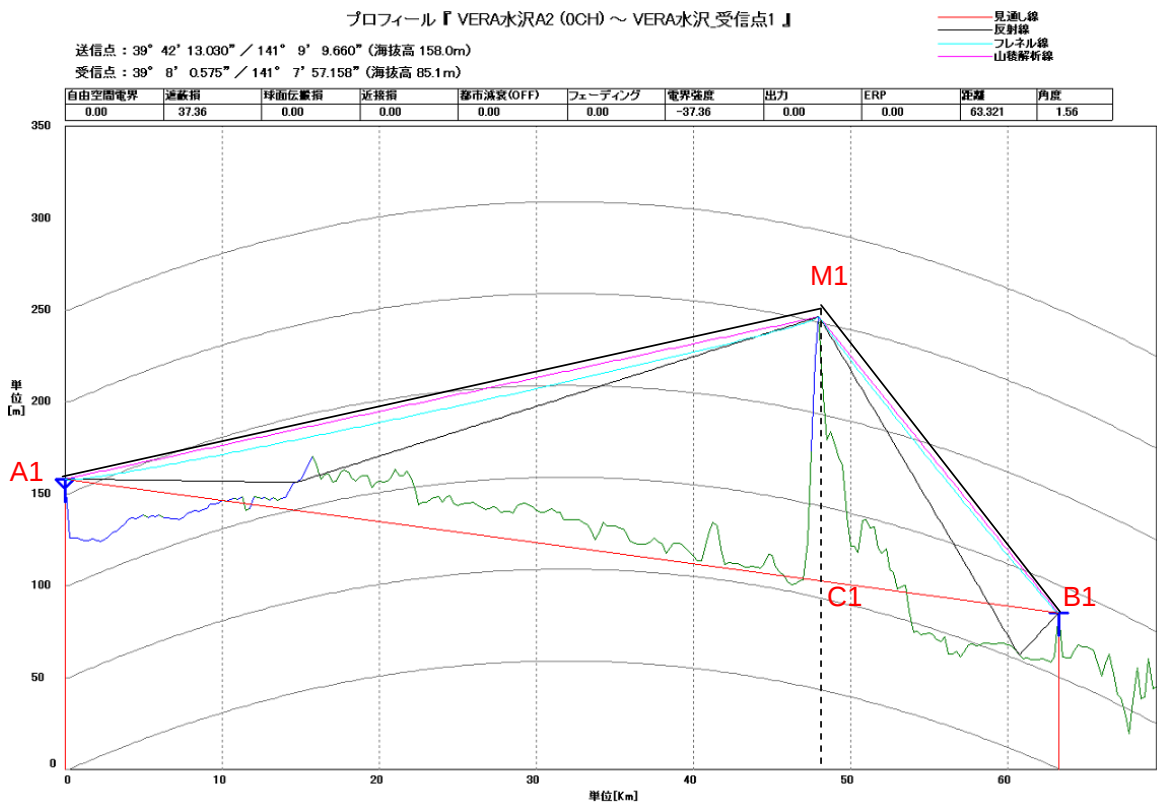
## 距離(高さ)に依存するパラメータ

| 項目                    | 記号        | 値                                                              |
|-----------------------|-----------|----------------------------------------------------------------|
| 伝送距離(ポイント間直線)         | D(km)     | 44.9 = d1+d2+d3                                                |
| 伝送距離(第1回折ポイント間直線)     | d1+d2(km) | 29 = d1+d2                                                     |
| 伝送距離(第2回折ポイント間直線)     | d2+d3(km) | 31.4 = d2+d3                                                   |
| 伝送距離(A-M1間直線)         | d1(km)    | 13.5                                                           |
| 伝送距離(M1-M2間直線)        | d2(km)    | 15.5                                                           |
| 伝送距離(M2-B1間直線)        | d3(km)    | 15.9                                                           |
| A1ポイント標高              | h1(m)     | 27                                                             |
| B1ポイント標高              | h2(m)     | 85.1                                                           |
| M1ポイント標高              | hm1(m)    | 680                                                            |
| M2ポイント標高              | hm2(m)    | 730                                                            |
| C1ポイント標高              | hp1(m)    | 341.94 = (h1*d2+hm2*d1)/(d1+d2)-(d1*d2)/(2*K*a)                |
| 高低差(C1-M1間)=(hm1-hp1) | CS1(m)    | 338.06 = hm1-hp1                                               |
| A2ポイント標高(仮想点)         | ha2(m)    | 659.50 = ((d1+d2)/d2)*(hm1+(d1*d2)/(2*K*a))-(d1*hm2/d2)        |
| C2ポイント標高              | hp2(m)    | 261.36 = (ha2*d3+h2*(d1+d2))/((d1+d2)+d3)-((d1+d2)*d3)/(2*K*a) |
| 高低差(C2-M2間)=(hm2-hp2) | CS2(m)    | 468.64 = hm2-hp2                                               |

## 周波数に依存するパラメータ

| 項目               | 記号     | 値                                              |
|------------------|--------|------------------------------------------------|
| 伝送周波数            | f(MHz) | 23600                                          |
| 信号波長             | λ(m)   | 0.01 = 300/f                                   |
| M1ポイントでの第1フレネル半径 | Rm1(m) | 9.58 = √((λ*d1*d2)/(d1+d2))                    |
| M1回折パラメータ        | U1     | 35.30 = CS1/Rm1                                |
| M1ポイントでの回折損失     | Z1(dB) | 46.96 = 16+20*LOG(U1)                          |
| M2ポイントでの第1フレネル半径 | Rm2(m) | 11.43 = √((λ*(d1+d2)*d3)/((d1+d2)+d3))         |
| M2回折パラメータ        | U2     | 41.02 = CS2/Rm2                                |
| M2ポイントでの回折損失     | Z2(dB) | 48.26 = 16+20*LOG(U2)                          |
| 2段回折での総合損失       | Zt(dB) | 95.21 = Z1+Z2                                  |
| 自由空間伝搬損失         | Γ0(dB) | 152.9431669 = 32.44+20*LOG(f)+20*LOG(d1+d2+d3) |
| 伝搬損失             | Γ(dB)  | 248.16 = Γ0+Zt                                 |

# <追加送信点 2—VERA 水沢 20m>



| 項目       | 記号     | 値           |
|----------|--------|-------------|
| 等価地球半径係数 | K      | 1.333333333 |
| 地球平均半径   | a (km) | 6370        |

## 距離(高さ)に依存するパラメータ

| 項目                | 記号      | 値      |                                         |
|-------------------|---------|--------|-----------------------------------------|
| 伝送距離(第1回折ポイント間直線) | D (km)  | 63.3   | = d1+d2                                 |
| 伝送距離(A-M1間直線)     | d1 (km) | 47.5   |                                         |
| 伝送距離(M1-M2間直線)    | d2 (km) | 15.8   |                                         |
| A1ポイント標高          | h1 (m)  | 158    |                                         |
| M1ポイント標高          | hm1 (m) | 205    |                                         |
| B1ポイント標高          | h2 (m)  | 85.1   |                                         |
| C1ポイント標高          | hp1 (m) | 59.11  | = (h1*d2+h2*d1)/(d1+d2)-(d1*d2)/(2*K*a) |
| 高低差(C1-M1間)       | CS1 (m) | 145.89 | = hm1-hp1                               |

## 周波数に依存するパラメータ

| 項目               | 記号      | 値           |                                 |
|------------------|---------|-------------|---------------------------------|
| 伝送周波数            | f (MHz) | 23600       |                                 |
| 信号波長             | λ (m)   | 0.0127      | = 300/f                         |
| M1ポイントでの第1フレネル半径 | Rm1 (m) | 12.28       | = √((λ*d1*d2)/(d1+d2))          |
| M1回折パラメータ        | U1      | 11.88       | = CS1/Rm1                       |
| M1ポイントでの回折損失     | Z1 (dB) | 37.50       | = 16+20*LOG(U1)                 |
| 自由空間伝搬損失         | Γ0 (dB) | 155.9263143 | = 32.44+20*LOG(f)+20*LOG(d1+d2) |
| 伝搬損失             | Γ (dB)  | 193.42      | = Γ0+Z1                         |

| パラメータ          | 値     |
|----------------|-------|
| 送信周波数f (MHz)   | 23600 |
| 送信給電線損失Lt (dB) | 0     |
| 受信給電線損失Lr (dB) | 0     |

自由空間伝搬損失 Lp (dB) =  $32.44 + 20\log(f(\text{MHz})) + 20\log(D(\text{km}))$   
 総伝搬損失 Γ (dB) = Γ0 (dB) + Z (dB)

|    | 天文台       | 送信点    | 送受信間直線距離D (km) | 自由空間伝搬損失Γ0 (dB) | 回折損失Z (dB) | 総伝搬損失Γ (dB) | スワリ/入空中線電力 (dBm/MHz) | 送信局空中線利得 (dBi) | 干渉値 (dBm/MHz) | 干渉閾値 (dBm/MHz) | 干渉マージン (dB) |
|----|-----------|--------|----------------|-----------------|------------|-------------|----------------------|----------------|---------------|----------------|-------------|
| 1  | VERA水沢20m | 追加送信点1 | 44.9           | 152.94          | 95.21      | 248.15      | -33                  | 40             | -241.15       | -191           | 50.15       |
|    |           | 追加送信点2 | 63.3           | 155.93          | 37.5       | 193.43      | -33                  | 40             | -186.43       | -191           | -4.57       |
| 2  | VERA入来    | 追加送信点1 | 14.7           | 143.24          | 33.6       | 176.84      | -33                  | 40             | -169.84       | -191           | -21.16      |
|    |           | 追加送信点2 | 23.6           | 147.36          | 44.39      | 191.75      | -33                  | 40             | -184.75       | -191           | -6.25       |
| 3  | VERA小笠原   | 追加送信点1 | 2.48           | 127.79          | 89.63      | 217.42      | -33                  | 40             | -210.42       | -191           | 19.42       |
|    |           | 追加送信点2 | 50.3           | 153.93          | 97.46      | 251.39      | -33                  | 40             | -244.39       | -191           | 53.39       |
| 4  | VERA石垣島   | 追加送信点1 | 8.1            | 138.07          | 44.8       | 182.87      | -33                  | 40             | -175.87       | -191           | -15.13      |
|    |           | 追加送信点2 | 120.5          | 161.52          | 47.41      | 208.93      | -33                  | 40             | -201.93       | -191           | 10.93       |
| 11 | NRO野辺山    | 追加送信点1 | 8.7            | 138.69          | 42.43      | 181.12      | -33                  | 40             | -174.12       | -191           | -16.88      |
|    |           | 追加送信点2 | 32.2           | 150.06          | 96.23      | 246.29      | -33                  | 40             | -239.29       | -191           | 48.29       |

## 無線伝送システムの利用可能範囲の検討（エリアマップ）

天文台での干渉エリアマップについて検討した。

天文台におけるスプリアス受信電力  $Prs$  が干渉しきい値となる所要伝播損失  $Lp$  は以下となる。

$$Lp = Pts + Gat\theta - Lft - Lfr - Til \\ = -33 \text{ (dBm/MHz)} + 40 \text{ (dBi)} + 0 \text{ (dBi)} - 0 \text{ (dB)} - 0 \text{ (dB)} + 195 = 201.2 \text{ (dB)}$$

ここで、

$Pts$  : 妨害を与える無線局のスプリアスの空中線電力  $-33 \text{ dBm/MHz}$

$Gat\theta$  : 地点 1 当該無線局空中線利得  $40 \text{ (dBi)}$

$GAr\theta$  : 電波天文業務の受信設備の空中線利得  $0 \text{ (dBi)}$

$Lft$  : 送信給電線損失  $0 \text{ (dB)}$

$Lfr$  : 受信給電線損失  $0 \text{ (dB)}$

$Til$  : 干渉しきい値  $-195 \text{ dBm/MHz}$

従って、伝播損失が、 $201.2 \text{ (dB)}$  以上であれば妨害を与えない。

# 〈電界強度計算ソフトによるエリアシミュレーション方法〉

電界強度計算ソフトは、ある地点から送信した場合の電界強度を表示するものであるが、計算結果は伝播損失を計算したものであり、以下の考え方で干渉エリアを求めた。

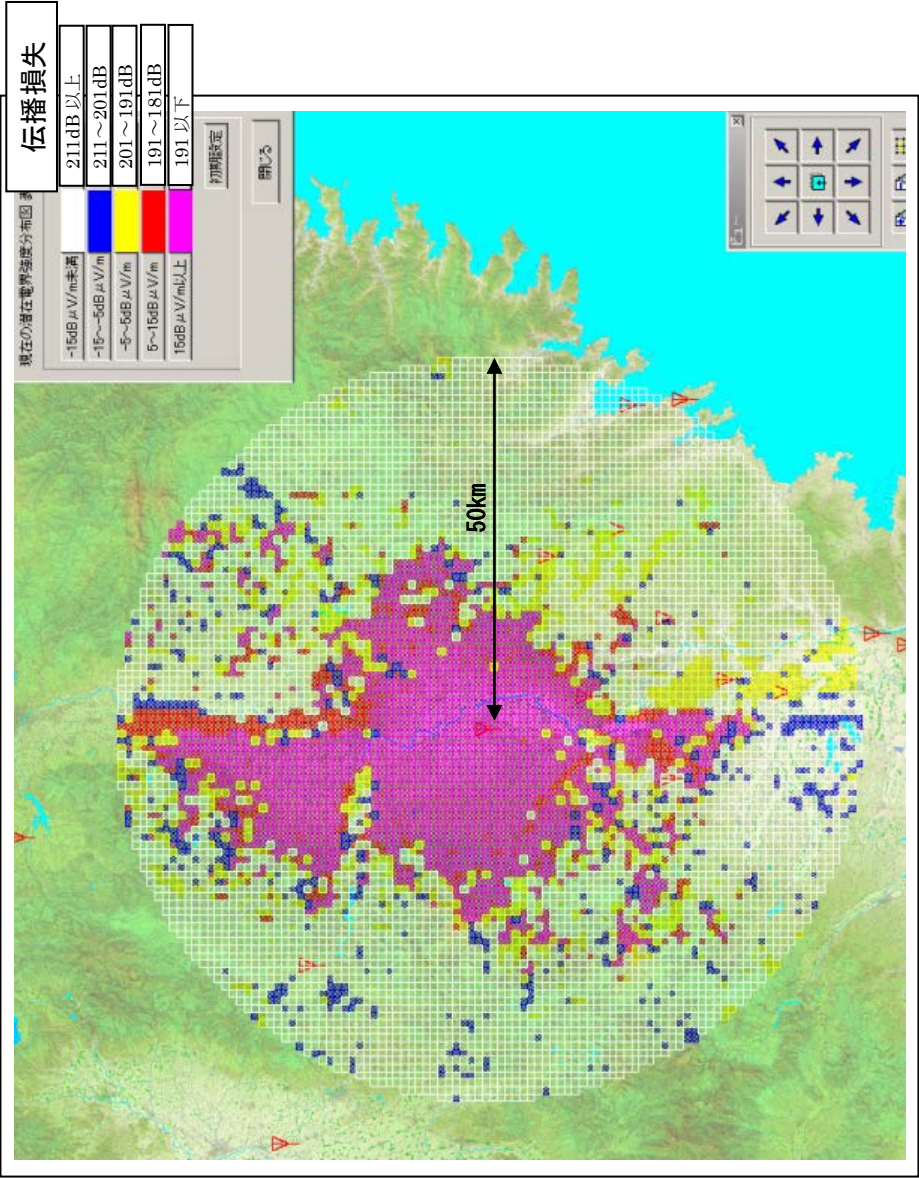
天文台地点から空中線電力  $1W$ 、無指向性アンテナ利得  $0\text{dB}$  で輻射したとき、周知の伝播距離による自由空間損失と電界強度の計算式で、自由空間損失が干渉所要伝播損失の  $201\text{dB}$  となる地点の電界強度を求めると、約  $-5\text{dB}\mu V/m$  となる。

電界強度計算ソフトの電界強度計算しきい値を  $-5\text{dB}\mu V/m$  としてエリア計算し、これを、色分けして干渉エリアマップとした。

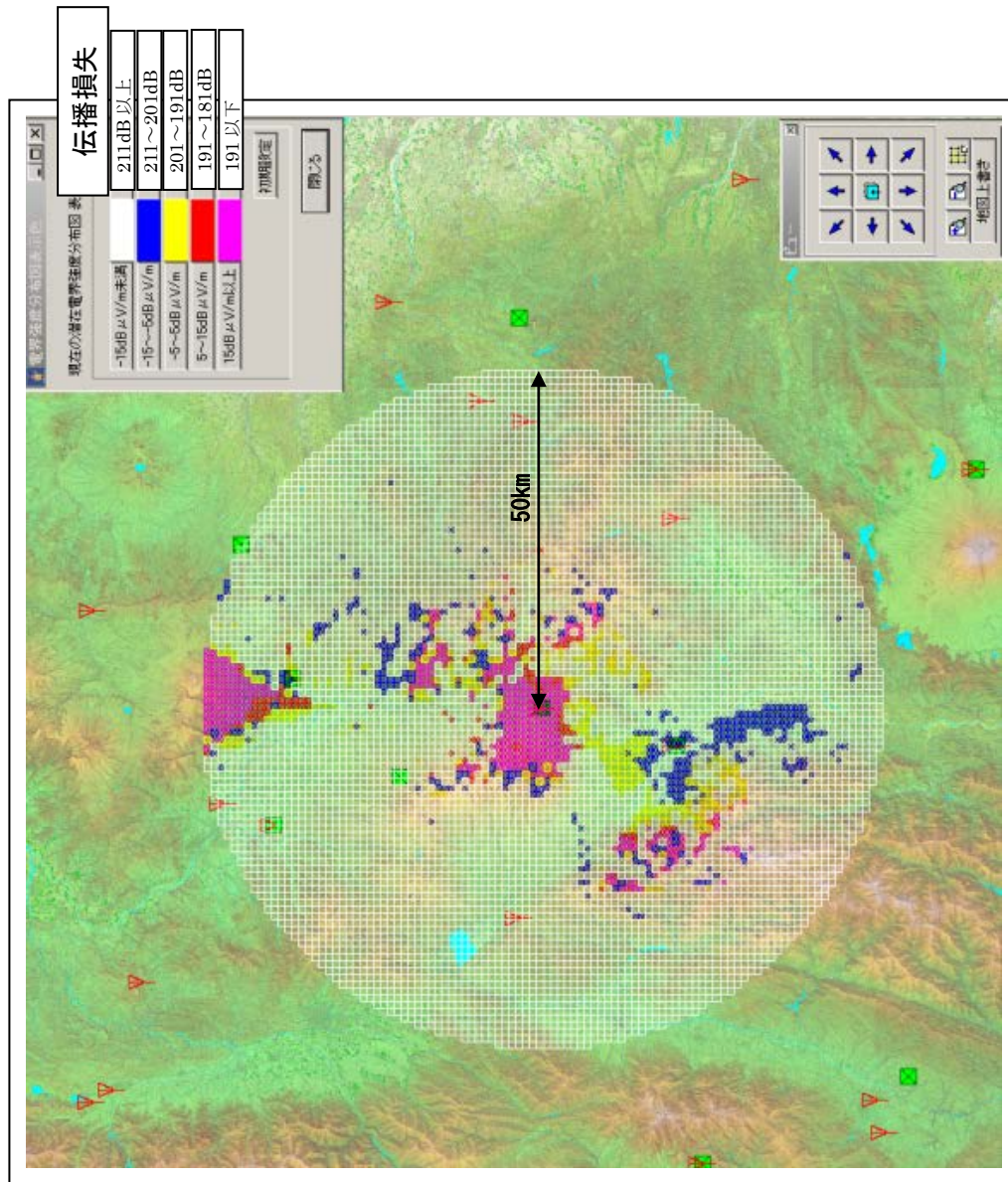
注：電界強度計算ソフトの精度や計算メッシュが誤差となる。

シミュレーションの結果（青および白の地域では、電波天文台妨害を与えない。

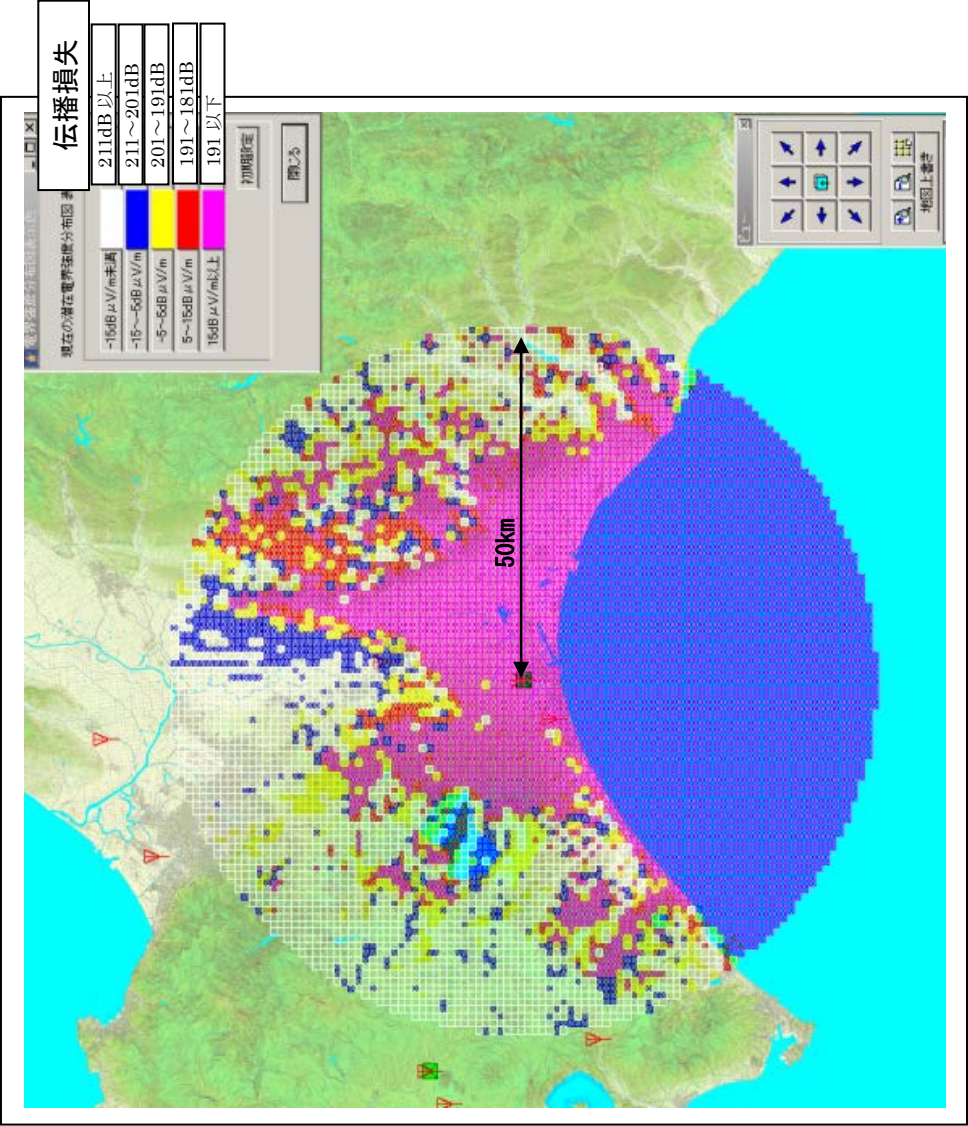
○ 水沢天文台



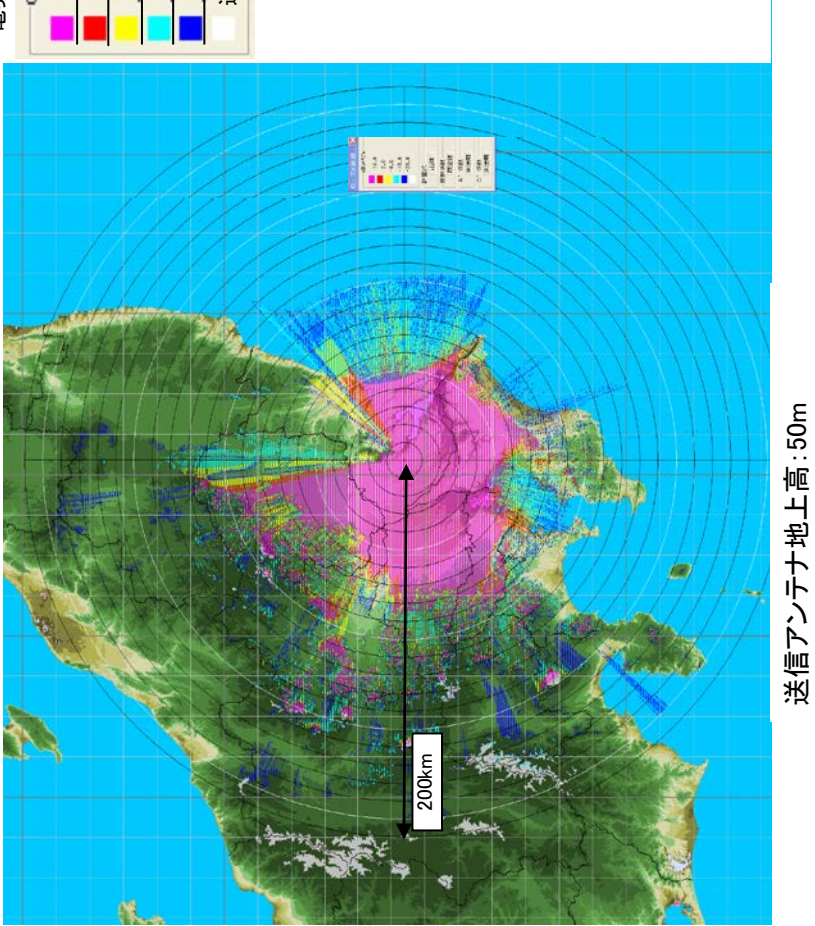
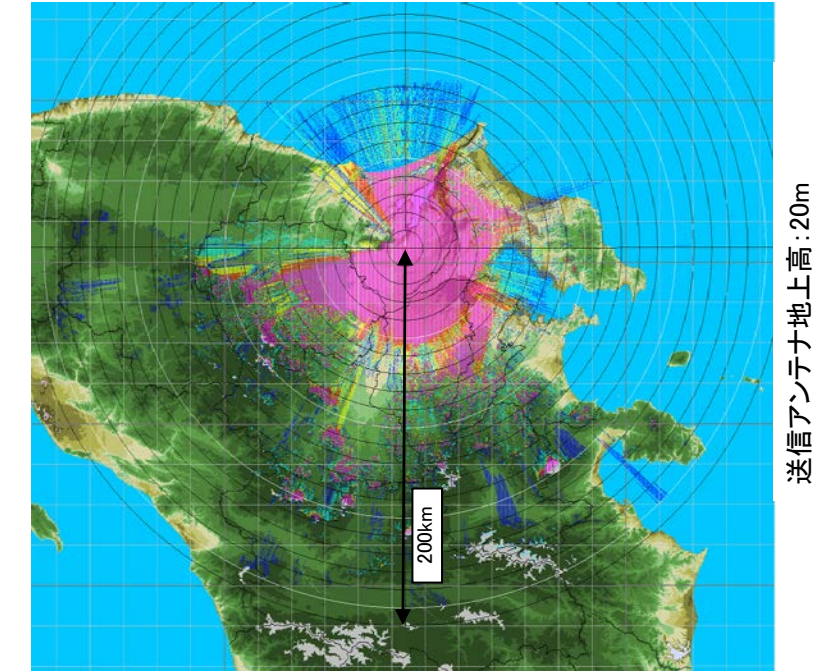
○ 野辺山天文台



○ 苫小牧天文台



国土地理院つくば  
電波天文アンテナ地上高: 35m



「エリアかくべえ」によりシミュレーション (ミスター電波では、半径 50km 以上の計算ができない。)