

別紙2 X-MP、C-MPレーダ RAW・1次処理データ説明資料

1. X-MPレーダ基地局一覧(2021年10月時点)

番号	基地局名	所在地	緯度	経度	地上高 (m)	アンテナの 海拔高度(m)	偏波の種類
1	石狩	北海道石狩市	43° 12' 02"	141° 19' 55"	49.5	52.7	二重偏波
2	北広島	北海道北広島市	42° 59' 46"	141° 35' 04"	13.0	24.8	二重偏波
3	盛岡	岩手県盛岡市	39° 45' 17"	141° 08' 45"	54.0	230.0	二重偏波
4	鷹巣	秋田県北秋田市	40° 13' 57"	140° 21' 39"	13.8	40.8	二重偏波
5	涌谷	宮城県遠田郡	38° 33' 30"	141° 10' 40"	41.0	250.0	二重偏波
6	岩沼	宮城県亶理郡	38° 04' 38"	140° 51' 44"	22.0	32.0	二重偏波
7	伊達	福島県伊達郡	37° 51' 04"	140° 33' 50"	20.0	68.5	二重偏波
8	田村	福島県田村市	37° 25' 34"	140° 34' 04"	36.0	750.5	二重偏波
9	氏家	栃木県さくら市	36° 41' 03"	139° 56' 51"	30.3	197.0	二重偏波
10	八斗島	群馬県伊勢崎市	36° 15' 53"	139° 11' 50"	65.0	112.0	二重偏波
11	関東	埼玉県さいたま市	35° 53' 34"	139° 37' 59"	160.9	172.1	二重偏波
12	船橋	千葉県船橋市	35° 41' 45"	140° 00' 26"	70.0	87.9	二重偏波
13	新横浜	神奈川県横浜市	35° 30' 45"	139° 35' 58"	56.5	61.5	二重偏波
14	京ヶ瀬	新潟県阿賀野市	37° 49' 17"	139° 09' 54"	12.2	24.2	二重偏波
15	中ノ口	新潟県燕市	37° 37' 53"	138° 55' 08"	52.7	67.5	二重偏波
16	水橋	富山県富山市	36° 42' 20"	137° 16' 43"	15.0	35.0	二重偏波
17	能美	石川県能美市	36° 27' 32"	136° 33' 04"	9.0	49.0	二重偏波
18	尾西	愛知県一宮市	35° 17' 58"	136° 44' 04"	54.2	62.0	二重偏波
19	富士宮	静岡県富士宮市	35° 14' 26"	138° 37' 00"	26.8	208.8	二重偏波
20	香貫山	静岡県沼津市	35° 05' 33"	138° 52' 40"	16.5	209.5	二重偏波
21	静岡北	静岡県静岡市	34° 58' 10"	138° 21' 51"	53.0	73.0	二重偏波
22	鈴鹿	三重県四日市	34° 54' 30"	136° 35' 51"	40.0	42.0	二重偏波
23	安城	愛知県安城市	34° 53' 27"	137° 04' 04"	17.9	32.9	二重偏波
24	浜松	静岡県磐田市	34° 43' 44"	137° 48' 43"	29.0	40.5	二重偏波
25	鷲峰山	京都府相楽郡	34° 50' 05"	135° 54' 52"	47.3	711.3	二重偏波
26	田口	大阪府枚方市	34° 49' 33"	135° 41' 32"	50.0	97.0	二重偏波
27	六甲	兵庫県神戸市	34° 46' 12"	135° 15' 43"	51.4	908.4	二重偏波
28	葛城	和歌山県紀の川市	34° 20' 52"	135° 26' 14"	34.3	879.3	二重偏波
29	熊山	岡山県赤磐市	34° 45' 27"	134° 07' 07"	43.7	538.7	二重偏波
30	常山	岡山県玉野市	34° 31' 30"	133° 53' 13"	43.7	339.7	二重偏波
31	牛尾山	広島県広島市	34° 30' 18"	132° 33' 00"	45.7	797.2	二重偏波
32	野貝原	広島県廿日市	34° 22' 23"	132° 16' 36"	49.2	761.2	二重偏波
33	風師山	福岡県北九州市	33° 55' 58"	130° 57' 25"	32.1	311.6	二重偏波
34	古月山	福岡県鞍手郡	33° 48' 18"	130° 38' 29"	32.1	216.1	二重偏波
35	菅岳	福岡県糟屋郡	33° 39' 32"	130° 34' 28"	23.5	622.5	二重偏波
36	九千部	福岡県筑紫郡	33° 25' 09"	130° 26' 55"	54.0	824.0	二重偏波
37	山鹿	熊本県山鹿市	33° 00' 39"	130° 41' 34"	57.0	89.1	二重偏波
38	宇城	熊本県宇城市	32° 40' 07"	130° 37' 01"	35.0	445.0	二重偏波
39	桜島	鹿児島県垂水市	31° 29' 18"	130° 41' 45"	36.2	44.0	二重偏波

## 2. C-MPLレーダ基地局一覧(2021年12月時点)

番号	基地局名	所在地	緯度	経度	地上高 (m)	アンテナの 海拔高度(m)	偏波の種類
1	函岳	北海道中川郡	44° 39' 56"	142° 24' 42"	20.5	1147.5	二重偏波
2	ピンネシリ	北海道樺戸郡	43° 29' 31"	141° 42' 23"	19.5	1107.5	単偏波
3	霧裏山	北海道釧路市	43° 00' 56"	143° 43' 14"	19.0	624.0	単偏波
4	乙部岳	北海道爾志郡	42° 02' 23"	140° 16' 27"	16.8	1028.8	二重偏波
5	西岳	岩手県二戸郡	40° 05' 09"	141° 10' 18"	22.3	1033.3	単偏波
6	物見山	岩手県気仙郡	39° 12' 04"	141° 24' 09"	25.5	888.5	単偏波
7	白鷹山	山形県西置賜郡	38° 13' 36"	140° 09' 52"	32.7	1015.7	二重偏波
8	高鈴山	茨城県常陸太田市	36° 37' 13"	140° 35' 15"	54.3	674.9	二重偏波
9	赤城山	群馬県前橋市	36° 32' 24"	139° 10' 34"	28.4	1696.4	単偏波
10	三ツ峠	山梨県南都留郡	35° 33' 14"	138° 48' 29"	41.7	1816.7	二重偏波
11	大楠山	神奈川県横須賀市	35° 15' 00"	139° 37' 30"	49.5	261.5	単偏波
12	薬師岳	新潟県長岡市	37° 28' 35"	138° 42' 54"	19.8	367.8	単偏波
13	宝達山	石川県羽咋郡	36° 46' 54"	136° 48' 48"	35.4	666.7	二重偏波
14	聖高原	長野県長野市	36° 29' 17"	137° 59' 51"	28.2	1448.4	二重偏波
15	蛇峠	長野県下伊那郡	35° 20' 33"	137° 41' 11"	19.0	1669.0	二重偏波
16	御在所	三重県三重郡	35° 01' 13"	136° 25' 29"	15.3	1218.3	単偏波
17	深山	大阪府豊能郡	35° 02' 30"	135° 22' 38"	18.7	804.7	二重偏波
18	城ヶ森山	和歌山県田辺市	34° 02' 10"	135° 30' 29"	26.4	1291.4	二重偏波
19	大和山	岡山県上房郡	34° 49' 30"	133° 41' 28"	29.0	632.0	二重偏波
20	羅漢山	山口県岩国市	34° 21' 22"	132° 04' 07"	17.4	1117.4	二重偏波
21	高城山	徳島県那賀郡	33° 53' 31"	134° 14' 32"	32.0	1649.0	二重偏波
22	明神山	愛媛県上浮穴郡	33° 34' 31"	133° 02' 46"	21.1	1555.1	二重偏波
23	釈迦岳	大分県日田市	33° 11' 14"	130° 53' 20"	19.2	1248.0	二重偏波
24	八本木山	長崎県五島市	32° 41' 38"	128° 45' 25"	39.0	454.0	二重偏波
25	国見山	鹿児島県肝属郡	31° 18' 40"	131° 00' 48"	14.5	902.5	二重偏波
26	八重岳	沖縄県名護市	26° 38' 02"	127° 55' 39"	26.0	456.0	二重偏波

レーダ基地局では、アンテナが1回転するたびに得られる観測データをローデータ(以下、RAWデータと表記)と呼び、次に示す「8要素(種類)のデータ」の内容になります。

本配信サービスでは、X-MPLレーダ、C-MPLレーダ基地局で観測される次の観測データ(RAWデータ)を基地局単位で配信します。

No.	要素表記	要素名
1	Prh-NOR	水平偏波の受信電力 (目標物から返ってきた水平偏波の受信電力値を表す。)
2	Prv-NOR	垂直偏波の受信電力 (目標物から返ってきた垂直偏波の受信電力値を表す。)
3	Prh-MTI	MTI処理(クラッタエコー除去)された水平偏波の受信電力 (地形エコーを除去した水平偏波の受信電力値を表す。)
4	Prv-MTI	MTI処理(クラッタエコー除去)された垂直偏波の受信電力 (地形エコーを除去した垂直偏波の受信電力値を表す。)
5	V	ドップラー速度 (レーダサイトに近づく/遠ざかる速度を表す。)
6	W	速度幅 (観測ボリューム内のドップラー速度の分散を表す。)
7	$\phi_{dp}$	偏波間位相差 (垂直偏波と水平偏波の位相差を表す。)
8	phv	偏波間相関係数 (観測ボリューム内の粒子の不揃い度を表す。)

国土交通省では、レーダ基地局で観測された観測データ(RAWデータ)は、関東地整と近畿地整にある、レーダ合成処理局に配信されている。

レーダ合成処理局では、各レーダ基地局から受信されたRAWデータから各種データ処理を行って、次に示す5要素(種類)の1次処理データを生成している。

本配信サービスでは、X-MPLレーダ、C-MPLレーダ基地局で観測される次の観測データ(RAWデータ)を基地局単位で配信します。

No.	要素表記	要素名
1	Kdp	偏波間位相差変化率 (偏波間位相差の電波進行方向の変化量を表す。)
2	Zh	減衰補正済み水平偏波のレーダ反射強度 (MTI処理後の水平偏波受信電力からKdpによる降雨減衰補正を行って算出したレーダ反射強度を表す。)
3	Zdr	レーダ反射強度差 (水平偏波と垂直偏波のレーダ反射強度の差を表す。)
4	Rr	降雨強度 (Kdp-R関係式とZ-R関係式を閾値で切り替えて算出した降雨強度を表す。)
5	QF	品質管理情報 (降雨推定式や欠測などの品質情報を表す。)

C-MPLレーダは、方位方向(360度)を512分割し、距離方向(300km)を250m間隔で区切った極座標形式のメッシュデータとなっている。

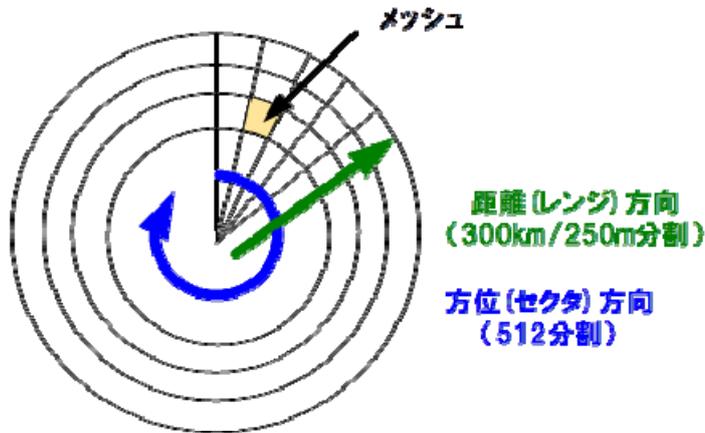


図1-1 C-MPLレーダのメッシュ分解

RAWデータは8要素(種類)ある。各要素とも、1メッシュあたり2バイトのデータで表されるため、RAWデータ(8要素)のデータ量は、次式で計算される。

$$\begin{aligned} & \text{レンジ数} \times \text{セクタ数} \times \text{データサイズ} \times \text{要素数} \\ &= (300[\text{km}]/250[\text{m}]) \times 512 \times 2[\text{バイト}] \times 8 \\ &\doteq 9.8 [\text{MB}] \end{aligned}$$

C-MPLレーダは、1分間で1仰角(アンテナ回転速度は1.5rpm)を観測するため、1分間当たりのデータ量は、次式で計算される。

$$\begin{aligned} & \text{RAW 8要素} \times \text{1分間の仰角数} \\ &= 9.8 \times 1 \\ &\doteq \mathbf{9.8 [\text{MB}/\text{min.}]} \end{aligned}$$

RAWデータは5要素(種類)ある。品質管理情報(QF:Quality Flag)は1メッシュ当たり1バイトのデータ、これ以外の4要素は1メッシュ当たり2バイトのデータで表されるため、一次処理5要素のデータ量は、次式で計算される。

$$\begin{aligned} & \text{QF}(\text{レンジ数} \times \text{セクタ数} \times \text{データサイズ}) \\ &+ \text{QF以外}(\text{レンジ数} \times \text{セクタ数} \times \text{データサイズ}) \times \text{要素数} \\ &= (300[\text{km}]/250[\text{m}]) \times 512 \times 1[\text{バイト}] + (300[\text{km}]/250[\text{m}]) \times 512 \times 2[\text{バイト}] \times 4 \\ &\doteq 5.5 (\text{MB}/5\text{要素}) \end{aligned}$$

1分間当たりのデータ量は、次式で計算される。

$$\begin{aligned} & \text{一次 5要素} \times \text{1分間の仰角数} \\ &= 5.5 \times 1 \\ &\doteq \mathbf{5.5 (\text{MB}/\text{min.})} \end{aligned}$$

全国のC-MPLレーダサイトから1分間当たり配信されてくるRAW・一次処理データのデータ量は、以下の通りとなる。なお、現在整備されているC-MPLレーダは17基であるが、将来的に26基すべてのCバンドレーダがマルチパラメータ化されたものとして計算する。但し、いずれも非圧縮データとして計算したものである。

○RAWデータ : 9.8[MB/min.] × 26[サイト] ≒ **254.8 [MB/min.]**  
 ○一次処理データ : 5.5[MB/min.] × 26[サイト] ≒ **143.0 [MB/min.]**

実際の伝送データは、tar形式で圧縮されたものとなる。降雨状況によっては圧縮効率が変わるため、データ量は可変だが、概ね非圧縮時と比較して7割程度となっている。

X-MPLレーダは、方位方向(360度)を300分割し、距離方向(80km)を150m間隔で区切った極座標形式のメッシュデータとなっている。

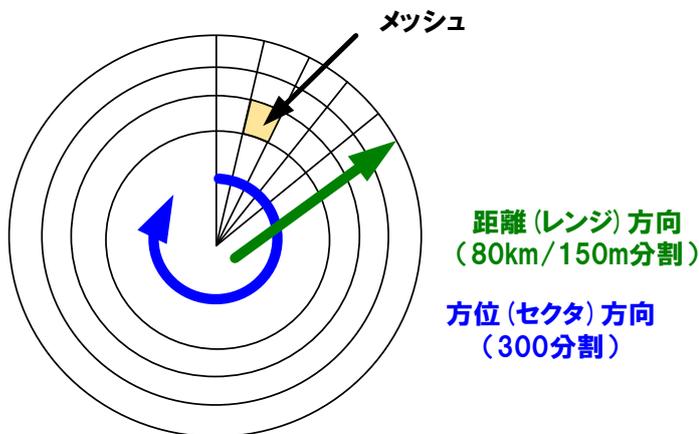


図1-2 X-MPLレーダのメッシュ分解

RAWデータは8要素(種類)ある。各要素とも、1メッシュあたり2バイトのデータで表されるため、RAWデータ(8要素)のデータ量は、次式で計算される。

$$\begin{aligned} & \text{レンジ数} \times \text{セクタ数} \times \text{データサイズ} \times \text{要素数} \\ &= (80[\text{km}]/150[\text{m}]) \times 300 \times 2[\text{バイト}] \times 8 \\ &\doteq 2.6 [\text{MB}] \end{aligned}$$

X-MPLレーダは、1分間で3仰角(アンテナ回転速度は3.5rpm)を観測するため、1分間当たりのデータ量は、次式で計算される。

$$\begin{aligned} & \text{RAW 8要素} \times \text{1分間の仰角数} \\ &= 2.6 \times 3 \\ &\doteq \mathbf{7.8 [MB/min.]} \end{aligned}$$

RAWデータは5要素(種類)ある。品質管理情報(QF:Quality Flag)は1メッシュ当たり1バイトのデータ、これ以外の4要素は1メッシュ当たり2バイトのデータで表されるため、一次処理5要素のデータ量は、次式で計算される。

$$\begin{aligned}
& QF(\text{レンジ数} \times \text{セクタ数} \times \text{データサイズ}) \\
& + QF\text{以外}(\text{レンジ数} \times \text{セクタ数} \times \text{データサイズ}) \times \text{要素数} \\
& = (80[\text{km}]/150[\text{m}]) \times 300 \times 1[\text{バイト}] + (80[\text{km}]/150[\text{m}]) \times 300 \times 2[\text{バイト}] \times 4 \\
& \doteq 1.4 \text{ (MB/5要素)}
\end{aligned}$$

1分間当たりのデータ量は、次式で計算される。

$$\begin{aligned}
& \text{一次 5要素} \times \text{1分間の仰角数} \\
& = 1.4 \times 3 \\
& \doteq \mathbf{4.2 \text{ (MB/min.)}}
\end{aligned}$$

全国39基のX-MPLレーダサイトから1分間当たり配信されてくるRAW・一次処理データのデータ量は、以下の通りとなる。但し、いずれも非圧縮データとして計算したものである。

○RAWデータ	: 7.8[MB/min.] × 39[サイト]	≐ <b>304.2 [MB/min.]</b>
○一次処理データ	: 4.2[MB/min.] × 39[サイト]	≐ <b>163.8 [MB/min.]</b>

実際の伝送データは、tar形式で圧縮されたものとなる。降雨状況によっては圧縮効率が変わるため、データ量は可変だが、概ね非圧縮時と比較して7割程度となっている。

レーダ合成局では、各レーダサイトから1分間隔で送信されるRAW・一次処理データをリアルタイムで配信する必要がある。前項で算出したデータ伝送量から、リアルタイムで配信するために必要な通信回線の帯域について検討した。

1分間当たりのRAW・一次処理データのデータ量は、以下のとおりである。

RAWデータ(C-MP)	254.8 [MB]
RAWデータ(X-MP)	304.2 [MB]
一次処理データ(C-MP)	143.0 [MB]
一次処理データ(X-MP)	163.8 [MB]

$$\text{合計}(\text{①} + \text{②} + \text{③} + \text{④}) = 865.8 \text{ [MB]}$$

伝送マージンを約1.5倍として、このデータ量を伝送するために必要となる帯域は、以下のとおりである。

$$865.8[\text{MB}] \times 8[\text{ビット}] / 60(\text{s}) \times 1.5 \doteq \mathbf{173.2 \text{ [Mbps]}}$$