

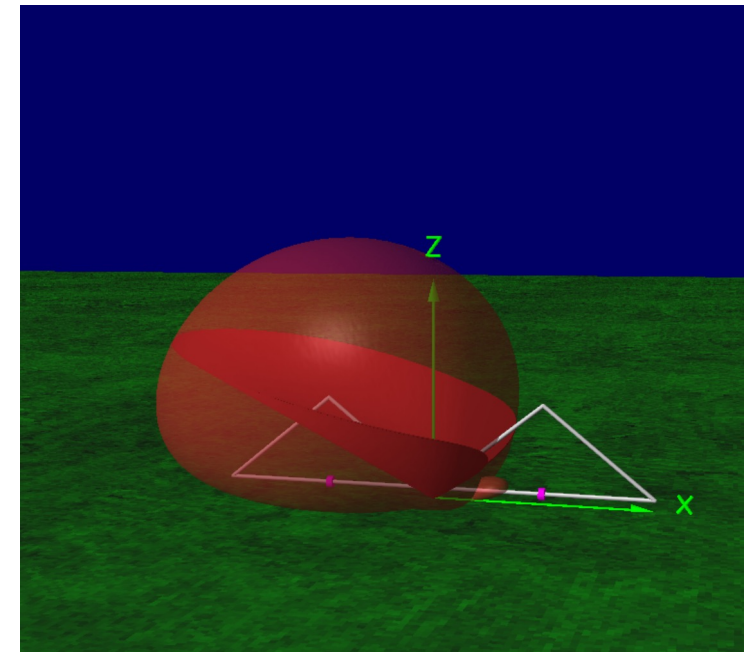
# デルタループアンテナアレイの 設計と運用

峯松 史明



# 本日の発表内容

- このアンテナを作ってみようと思ったきっかけ
- デルタループアンテナアレイについて
- 実際の設営に必要なノウハウ
- 実際に運用してみたの手応えと感想



# このアンテナを作ってみようと思ったきっかけ

## • Shared Apex Loop Antennaの存在を知ったこと (2019年)

- Mark Bauman(KG7BF)さんが開発したもの (特許出願)
- 既に市販もされている
- 1本のマスト (支柱) で2つのデルタループを支えている
- 給電点に電流トランスを採用しており、給電点の移動が容易
- 給電点の位置を変化させることで利得や指向性パターンを可変可能
- 片側のループアンテナ出力の位相を変えて合成することで指向性を作り出している (古典的なアレーアンテナ)



1本の支柱で設置できるのはいいなあ

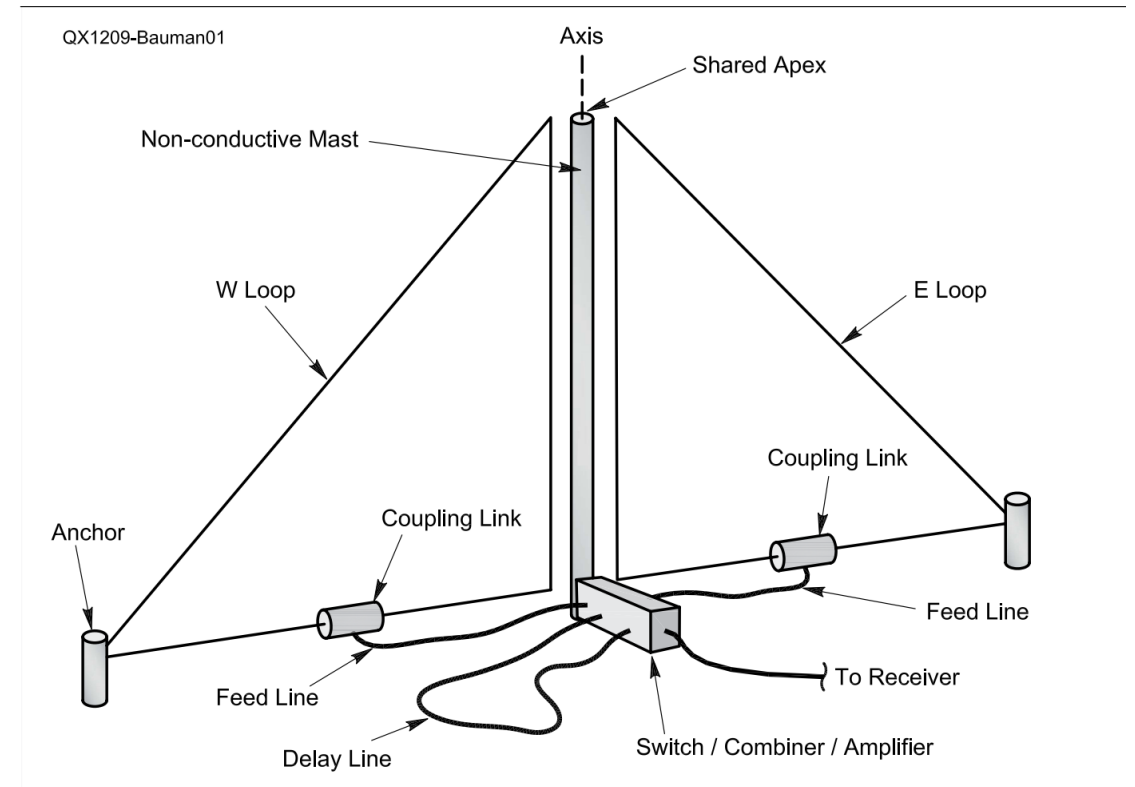
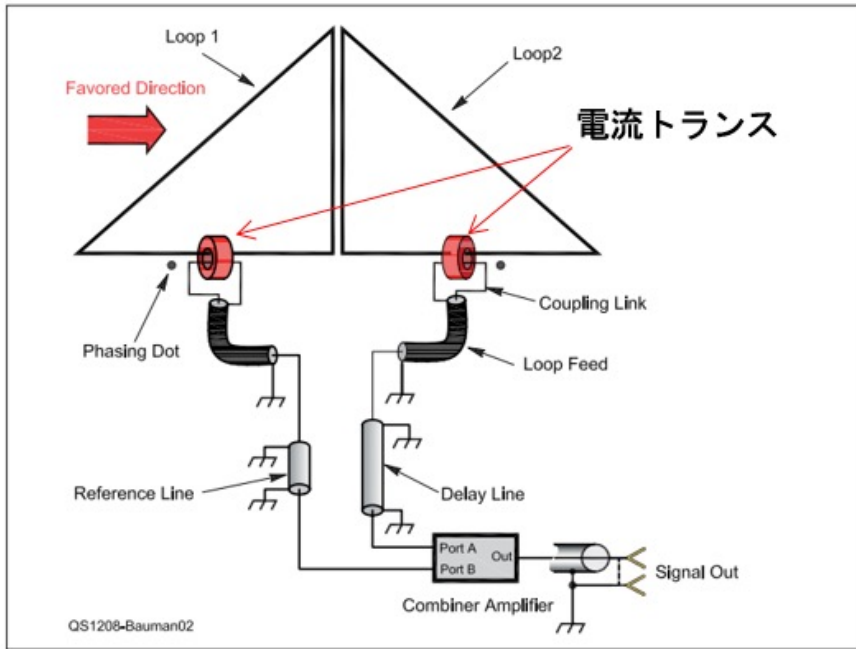


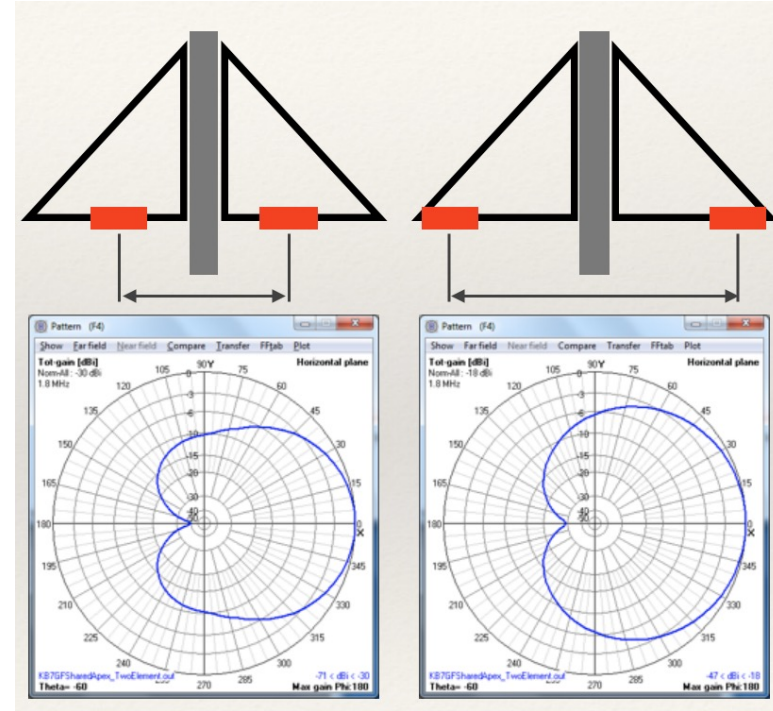
Figure 1 — This drawing shows a two element shared apex loop antenna.



# Shared Apex Loop Antenna



フェライトビーズを連結して作成された電流トランス

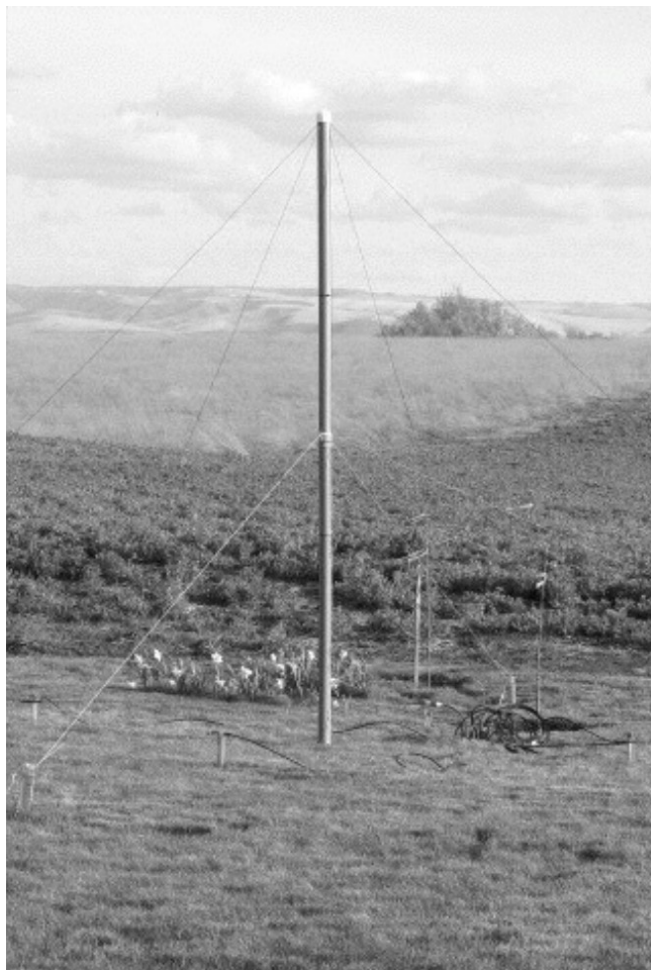


給電点の位置で指向性が変わる

(引用分献) Mark Bauman, KB7FG, The Shared Apex Loop Array, QST, Oct.2012, ARRL  
[http://www.arrl.org/files/file/QEX\\_Next\\_Issue/Sep-Oct\\_2012/Bauman\\_QST\\_10\\_12.pdf](http://www.arrl.org/files/file/QEX_Next_Issue/Sep-Oct_2012/Bauman_QST_10_12.pdf)



# 支柱をシェアするには“太く固く”が必要



グラスファイバーロッド (W-GR-540H Mini)  
は強度不足だった→見事に折れました



支柱のシェアは断念しました





# デルタループアンテナアレイについて

結局のところ、**Shared Apex Loop** アンテナは

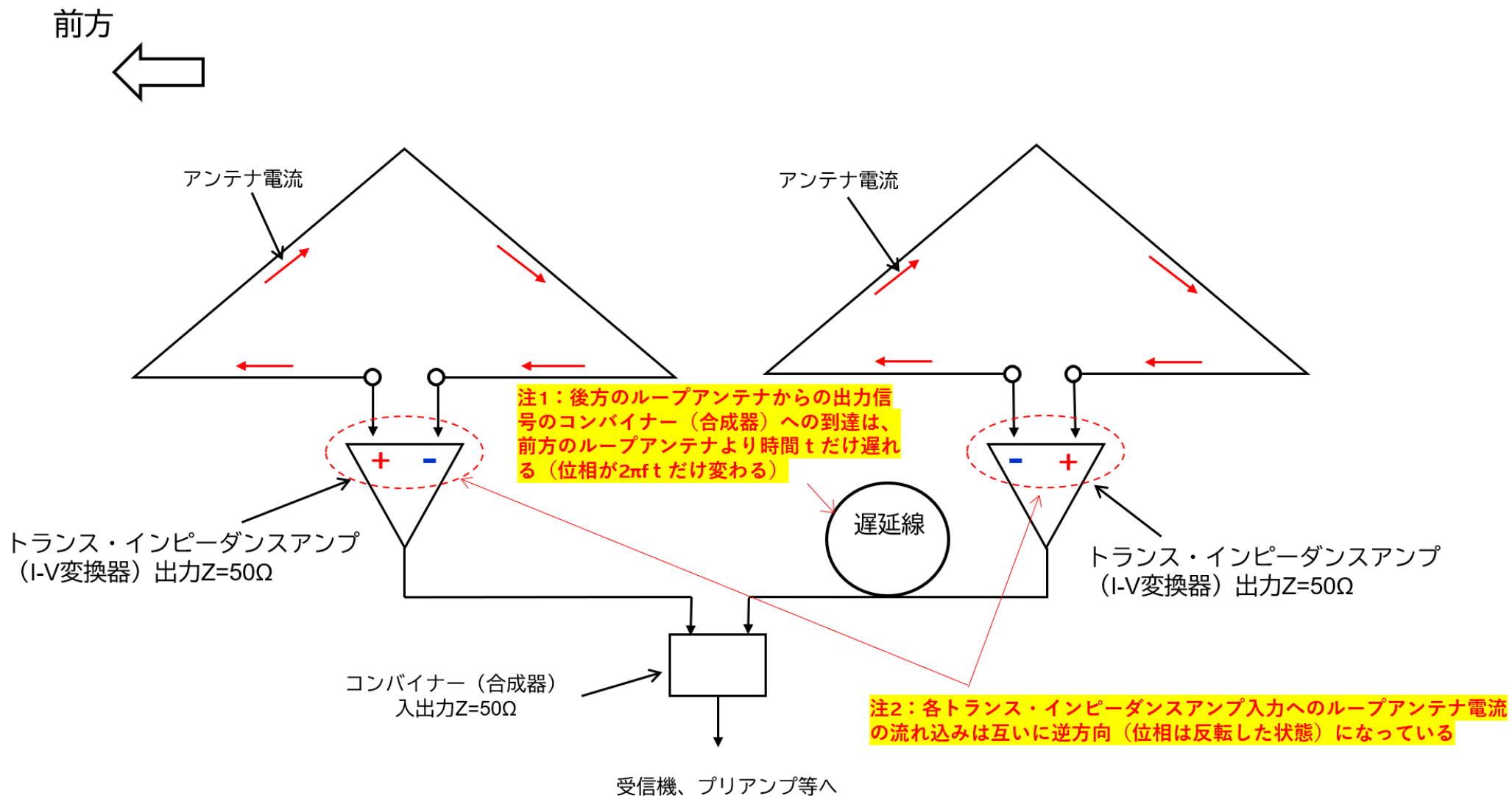
- 1本の支柱で設営でき、
- 給電点を自在に動かせる

という特徴をもった**デルタループアンテナアレイ**にすぎない

2本の支柱による2つのデルタループアンテナの設営は、これまでも**TDDF**アンテナ（**D-KAZ**アンテナ）で何度も経験済みだったことから、支柱2本のデルタループアンテナアレイの製作に着手しました



# デルタループアンテナアレイについて

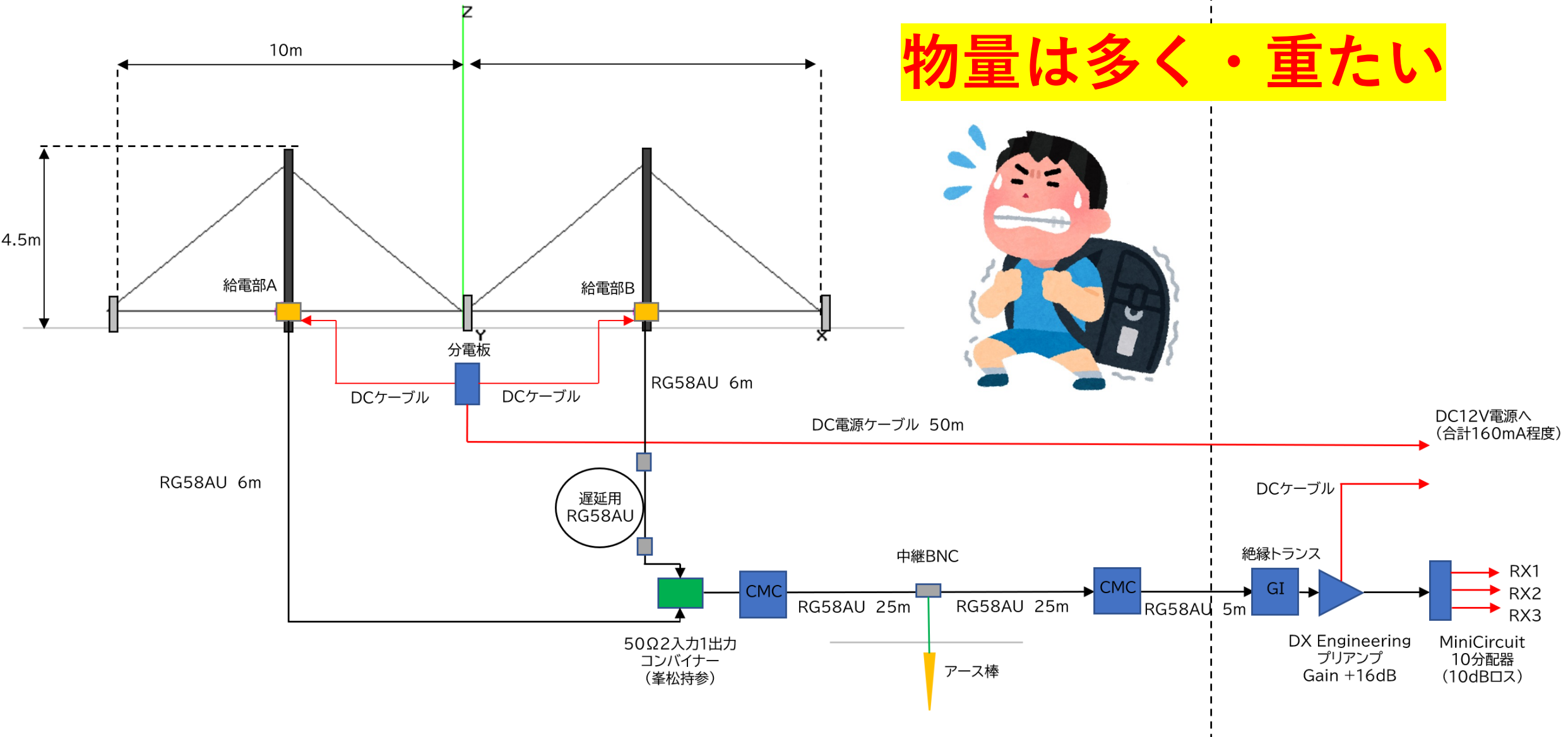




Front方向  
←

屋外 屋内

物量は多く・重たい



4.5m

10m

給電部A

給電部B

分電板

DCケーブル

DCケーブル

RG58AU 6m

DC電源ケーブル 50m

RG58AU 6m

遅延用  
RG58AU

50Ω2入力1出力  
コンバイナー  
(峯松持参)

CMC

中継BNC

RG58AU 25m

RG58AU 25m

CMC

RG58AU 5m

絶縁トランス

DCケーブル

DX Engineering  
プリアンプ  
Gain +16dB

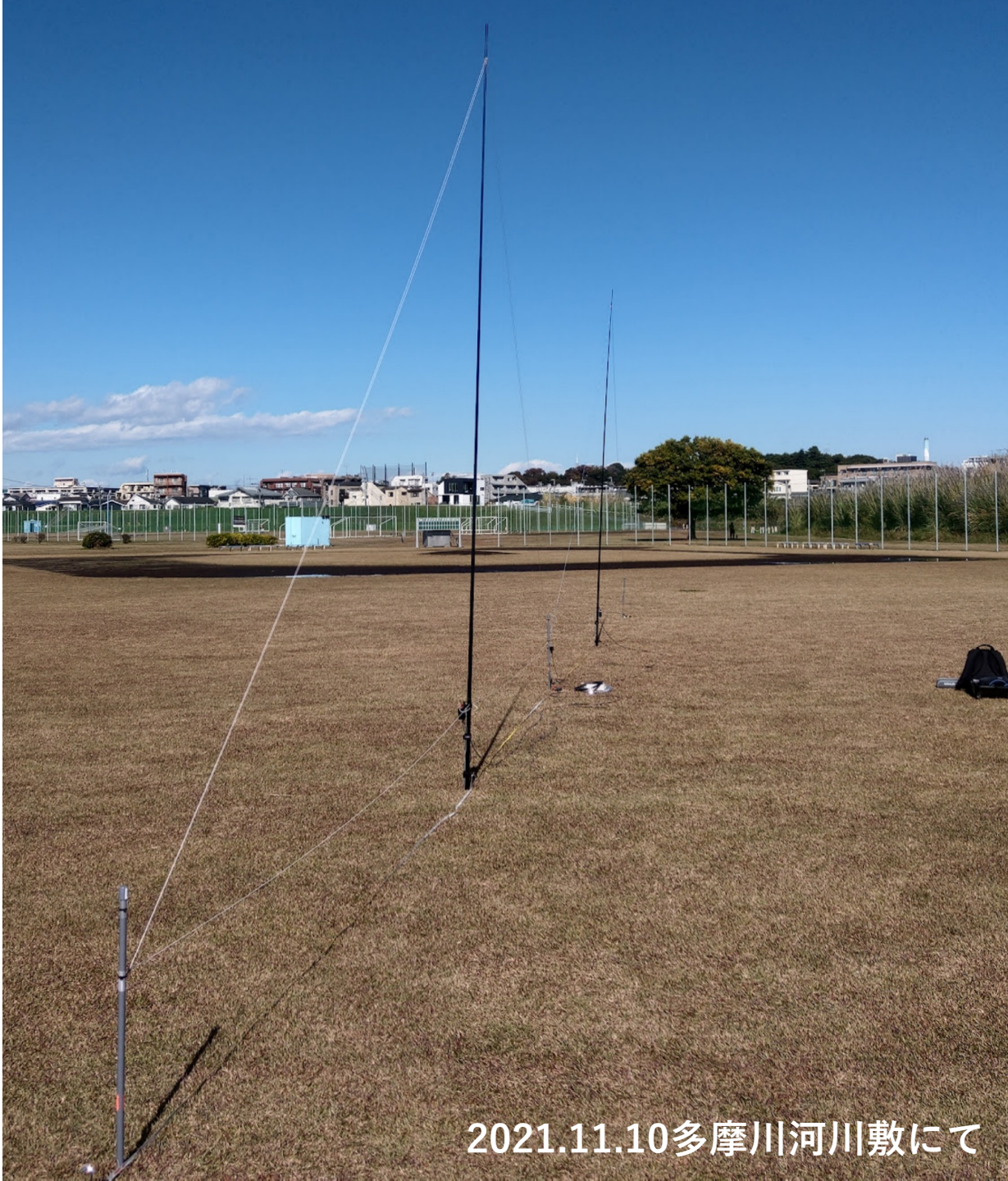
RX1  
RX2  
RX3

MiniCircuit  
10分配器  
(10dBロス)

DC12V電源へ  
(合計160mA程度)

アース棒





2021.11.10多摩川河川敷にて

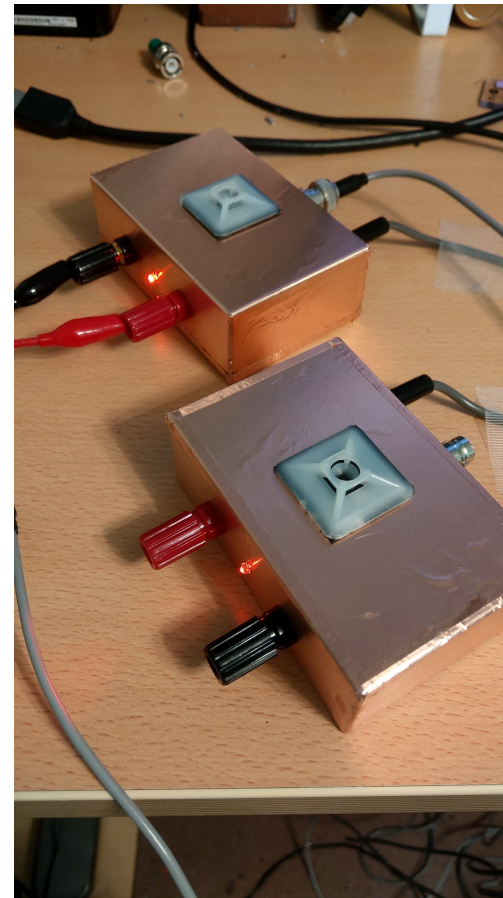
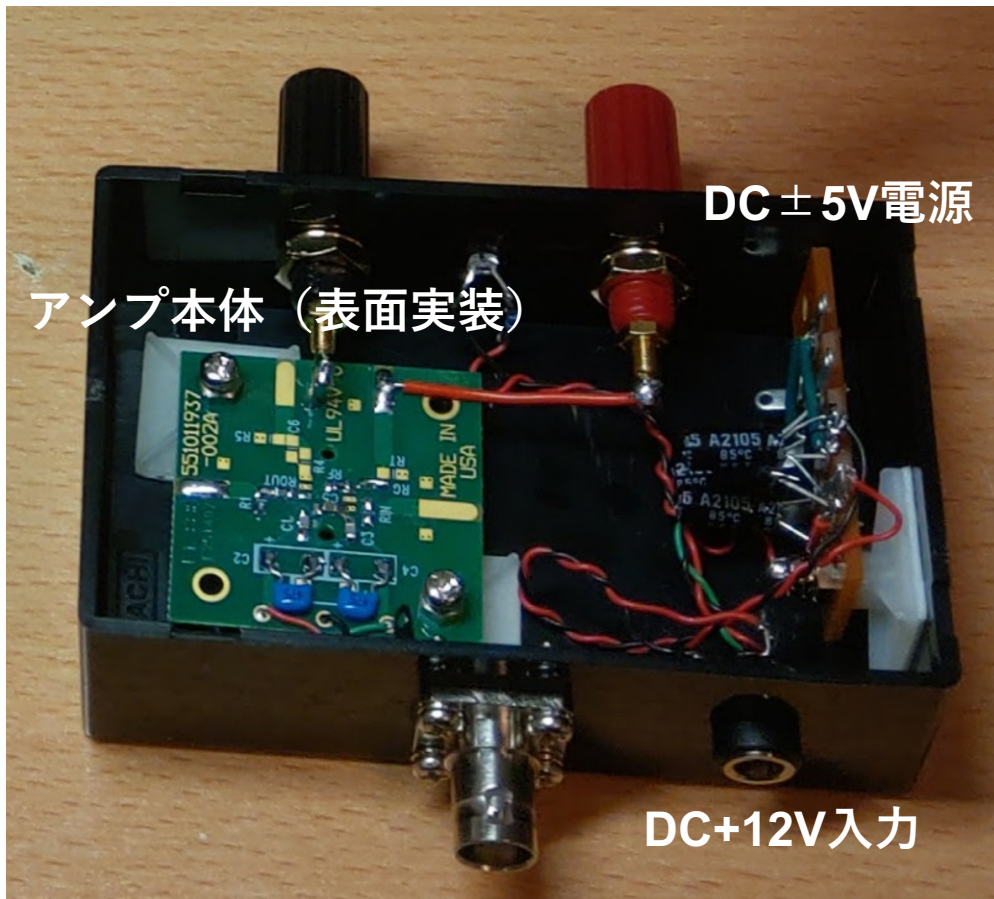




2022.1.9 千葉県いすみ市Ship Rock Pointにて



# 給電部（トランス・インピーダンスアンプ）



- 低雑音・高速オペアンプLMH6702を採用
- 発振しやすいので、評価用基板を別途購入し、その基板上に回路構築
- 表面実装は実装部品が大変小さいため目を酷使う（目の周りがシワシワに）
- TLE2426を用いてDC+12V（単電源）からDC±5Vを生成
- ケース加工は、加工が容易なプラケースを用いて、加工後に銅箔テープを貼り付けてシールド加工
- 通電状況が屋外でもわかるように高輝度LED（赤）を取り付けた



# 給電部 (トランス・インピーダンスアンプ)

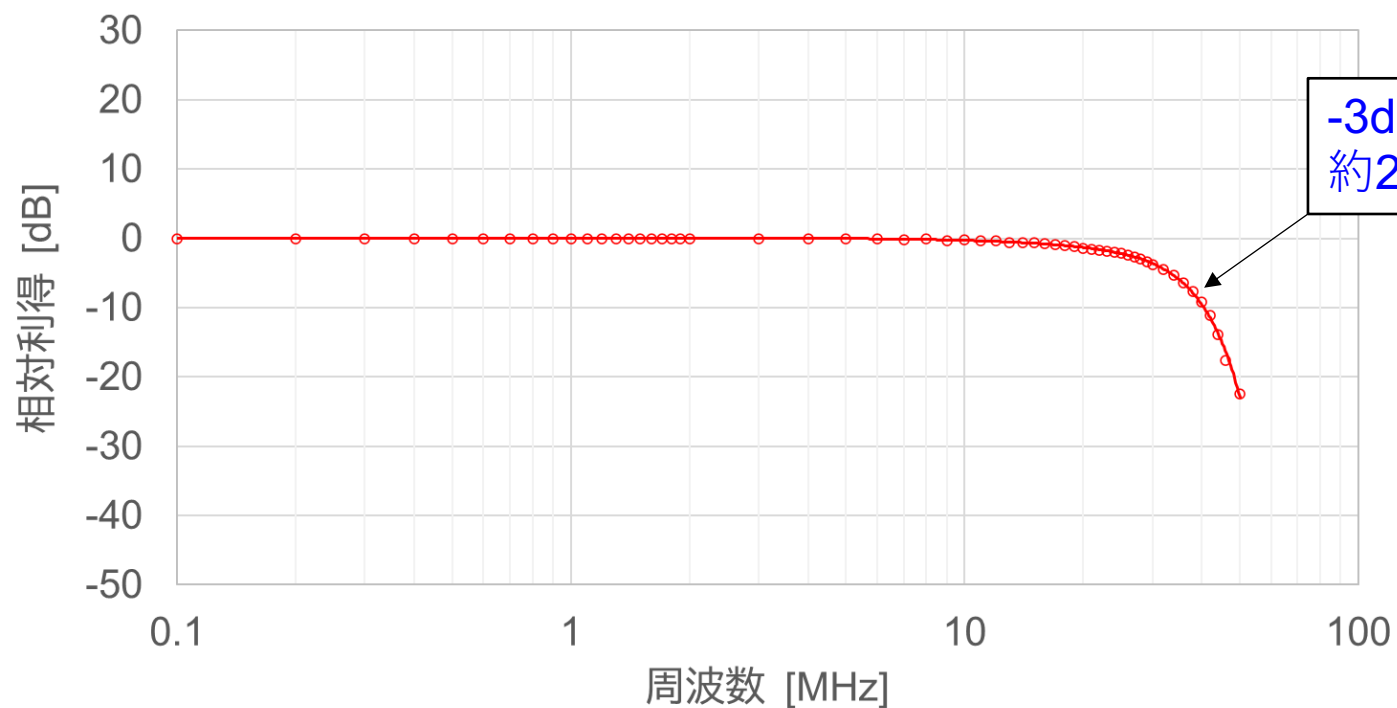




# 給電部 (トランス・インピーダンスアンプ)

参考データ

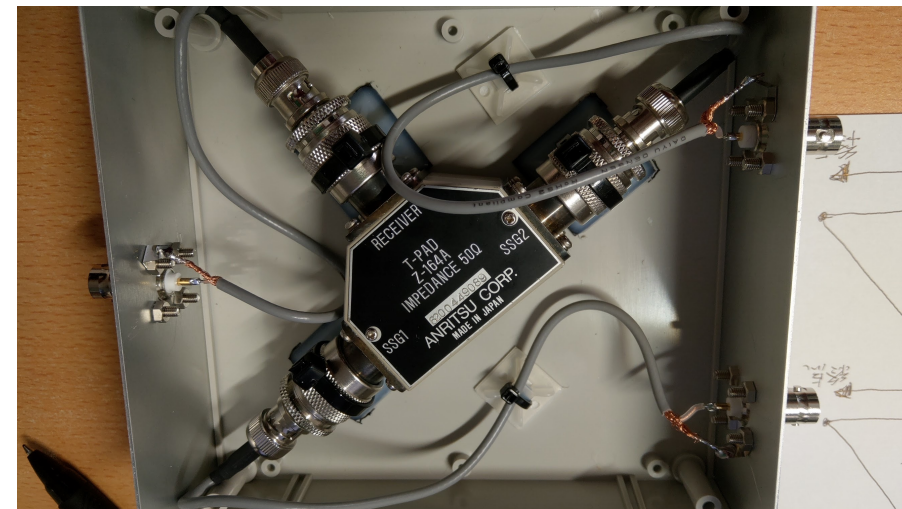
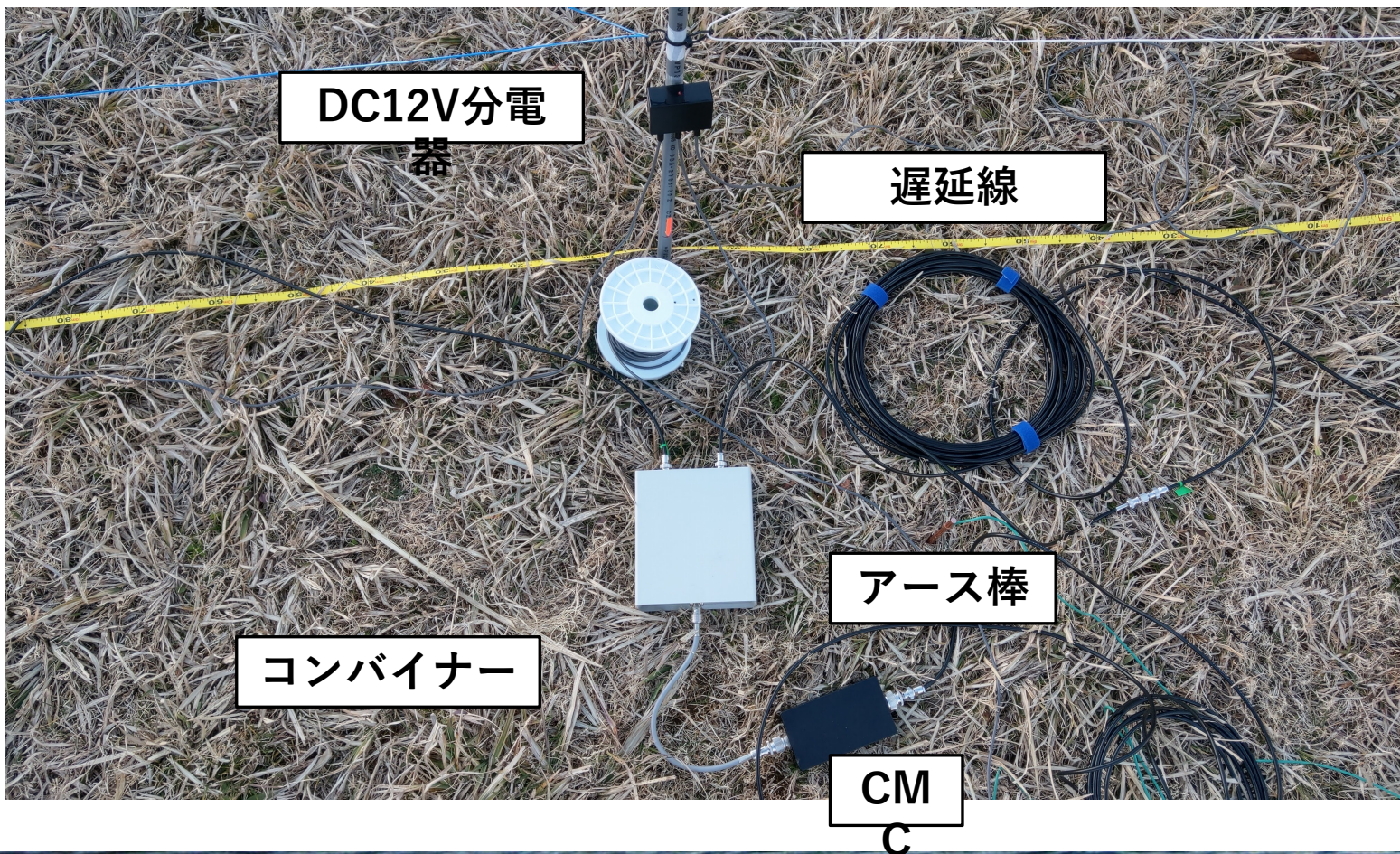
トランス・インピーダンスアンプの帯域特性  
(電流→電圧変換利得：750倍の時)



-3dBポイントは  
約28MHz



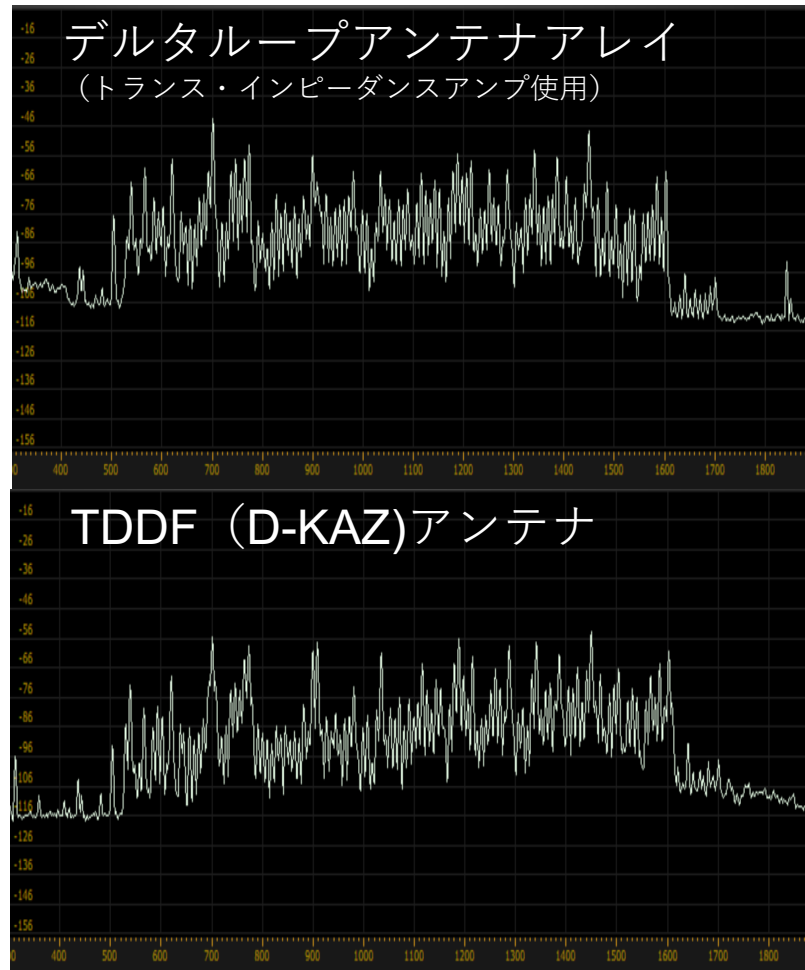
# 給電部（遅延線、コンバイナー等）



コンバイナー（合成器）は自作も可能だが、精度が保証されているものを使ったかったので、たまたま受信機の相互変調歪測定用にヤフオクで購入していた中古のアンリツ性のT-パッドを活用した



# トランス・インピーダンスアンプの利点



左の図は、昨年11月に北の大地の中波DXペディションにて40m長のTDDF (D-KAZ)アンテナと20m長のデルタループアンテナアレイによる同時間帯（数分差）の受信スペクトルを比較したもの

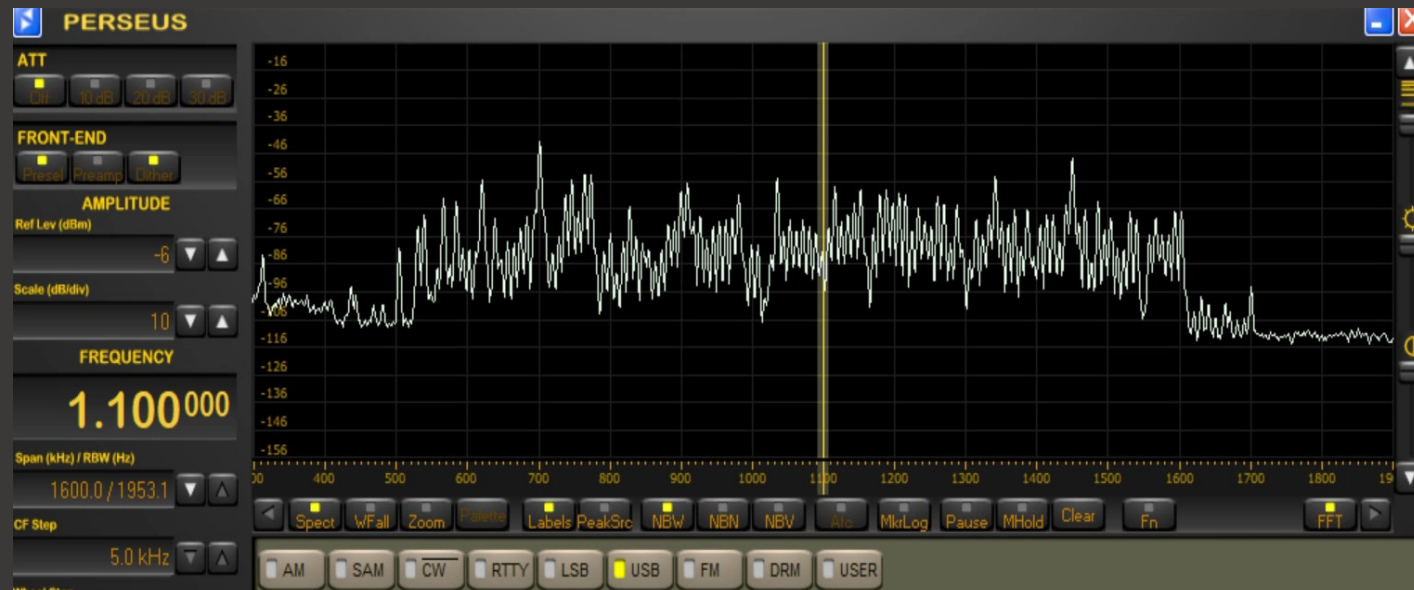
デルタループアンテナアレイの受信スペクトルはほぼ平坦担っているのに対し、TDDF (D-KAZ) アンテナの受信スペクトルは、全体的に左側（周波数が低い方）が下がっていることがわかる

今回製作したデルタループアンテナアレイは、アンテナに誘起した電流を取り出して、トランス・インピーダンスアンプで電圧に変換している。**アンテナ電流は周波数に関係なく一定値となるため、トランス・インピーダンス出力結果の電圧も一定値となる**

一方、TDDF (D-KAZ) アンテナは、**アンテナに誘起した電圧を取り出しているため、出力電圧は周波数に比例してしまう**



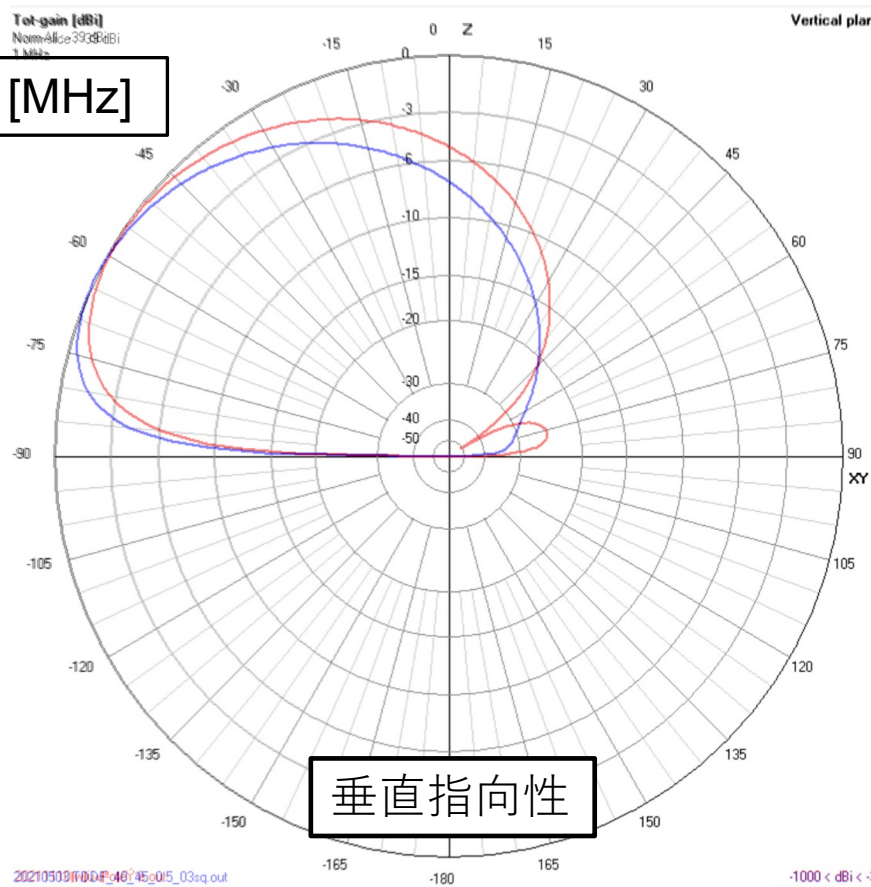
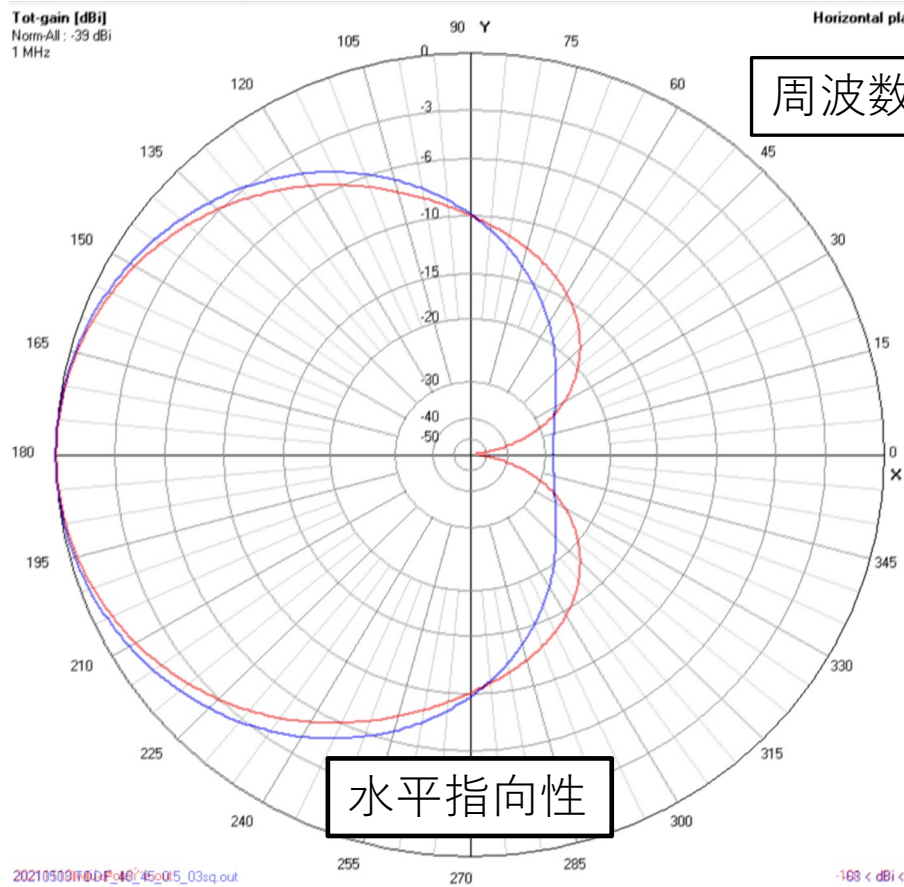
# トランス・インピーダンスアンプの利点



上の写真をクリックすると動画を再生できます



# アンテナ利得と指向性パターン



赤：デルタループアンテナアレイ  
青：TDDF(D-KAZ)アンテナ

指向性パターンは垂直 + 水平の合成パターンを描画

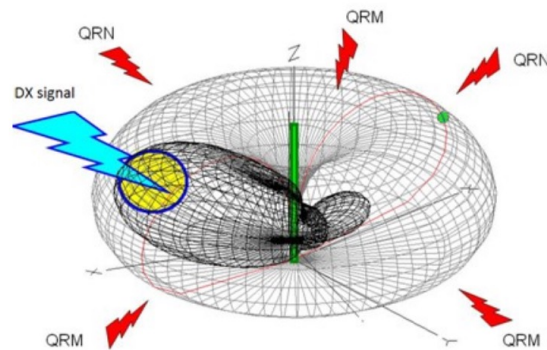
電離層反射波は一般に楕円偏波となるため、垂直 + 水平の合成パターンでの評価が適切と考えられる



# アンテナ利得と指向性パターン

| アンテナ          | 全長 [m] | アンテナ利得 [dBi] | RDF [dB] |
|---------------|--------|--------------|----------|
| デルタループアンテナアレイ | 20     | 39           | 9.3      |
| TDDFアンテナ      | 40     | 39           | 9.3      |

※4NECによるシミュレーション@1MHz



モーメント法によるシミュレーションでは、全長20mのデルタループアンテナアレイは、全長40mのTDDF (D-KAZ) アンテナと**同一のアンテナ利得とRDF (Relative Directivity Factor) を達成**

TDDF (D-KAZ) アンテナより小型なアンテナで同等のアンテナ利得、RDFを達成できる

RDFは、アンテナの最大利得方向から高度、方位角ともに $\pm 10$ 度の範囲における平均信号レベルと、全方向からの平均信号レベルの比[dB]として定義される。

**この値が大きければ大きいほど、混信やノイズに強いと言える**



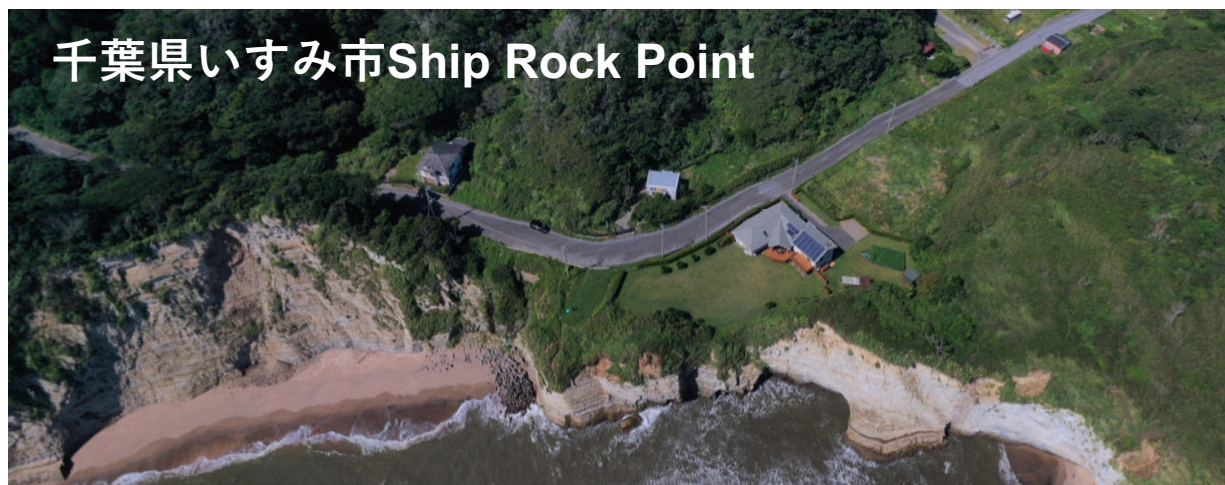
# 北の大地での40m長TDDFアンテナと20m長デルタループアンテナアレイを比較した印象

- 微弱な信号の受信では、TDDFアンテナよりデルタループアンテナアレイの方が、**聴感上、“わずかに”ノイジーに感じる場合があった**
- TDDFアンテナはSVF (Super Charger Voltage Follower)を1台使用し、デルタループアンテナアレイは2台のトランスインピーダンスアンプを使用しその出力を合成している。**アンプの雑音の観点からはTDDFアンテナが有利か**
- トランスインピーダンスアンプの変換利得を**低めにする検討も必要**か



# デルタループアンテナアレイの実戦投入結果

千葉県いすみ市Ship Rock Point



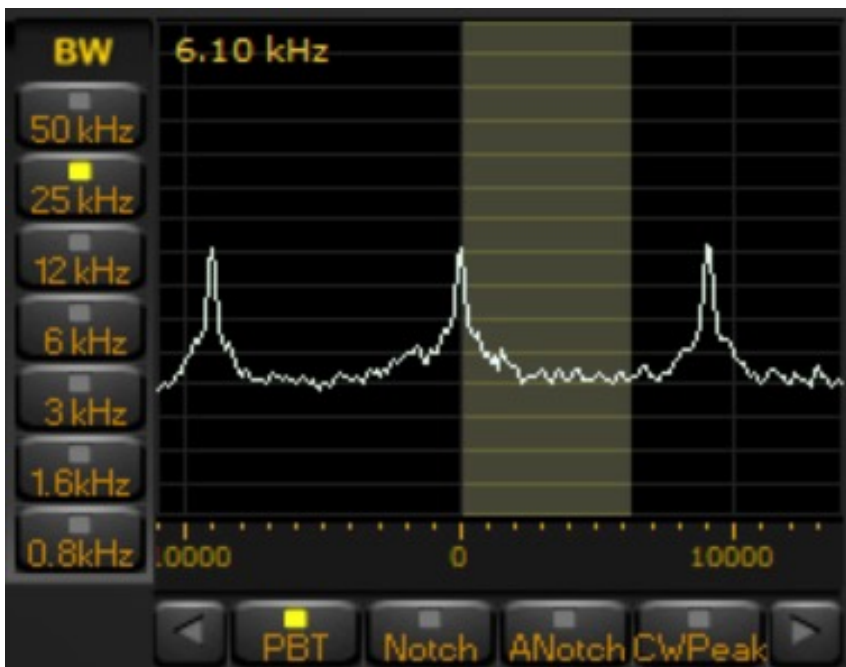
2022年1月10日（月）早朝にオーストラリア局をメインに78局の英語局をこのアンテナで受信



# デルタループアンテナアレイの実戦投入結果

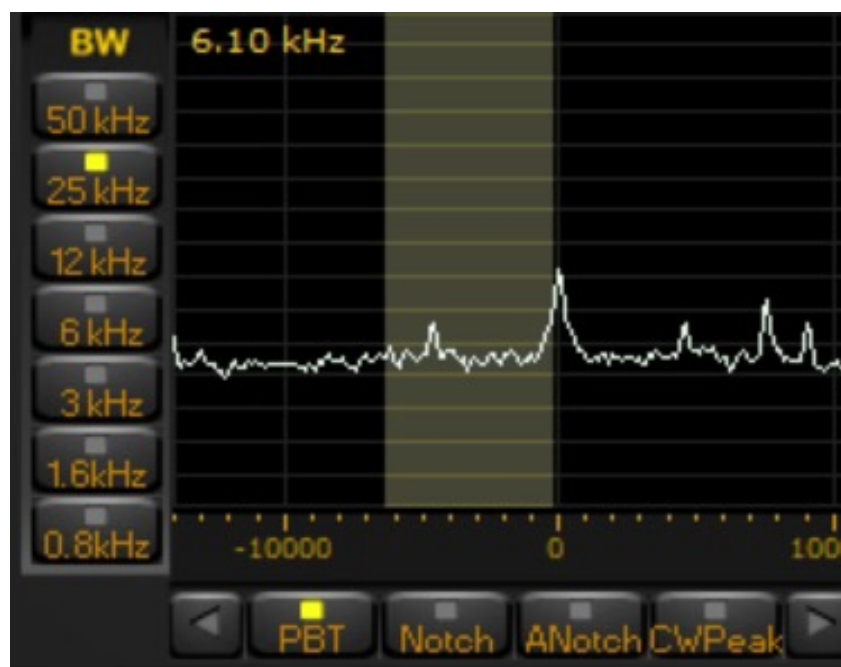
ABC 8GO (Radio Darwin) 990kHz **0.5kW**

1月10日 (月) 16:00UTCに受信

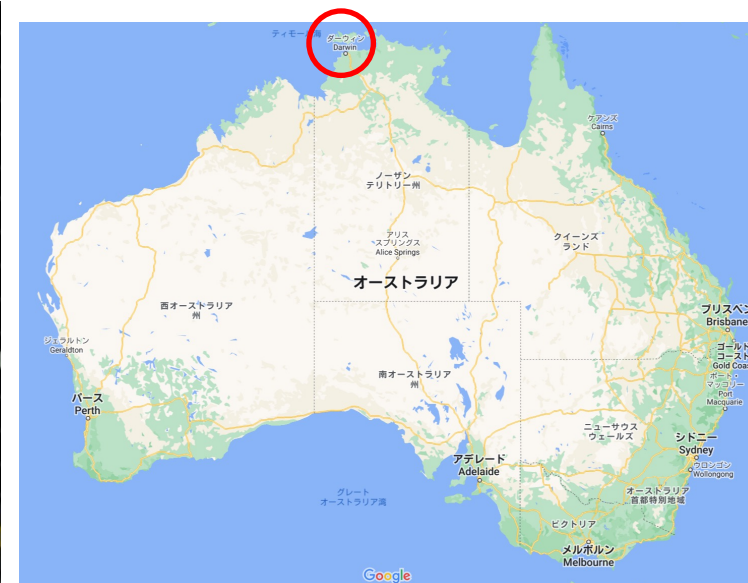


2MM 1656kHz **0.4kW**

1月10日 (月) 17:35UTCに受信



ABC 8GO, 2MM共にノーザンテリトリーのダーウィンのラジオ局



上の写真をクリックすると動画を再生できます



# デルタループアンテナアレイ設営のノウハウ



- ①使用する電線とまとめ方
- ②巻き尺で設営方向を可視化
- ③実際のループの形に注意
- ④ポールを支えるペグについて
- ⑤ポールへの電線の固定方法



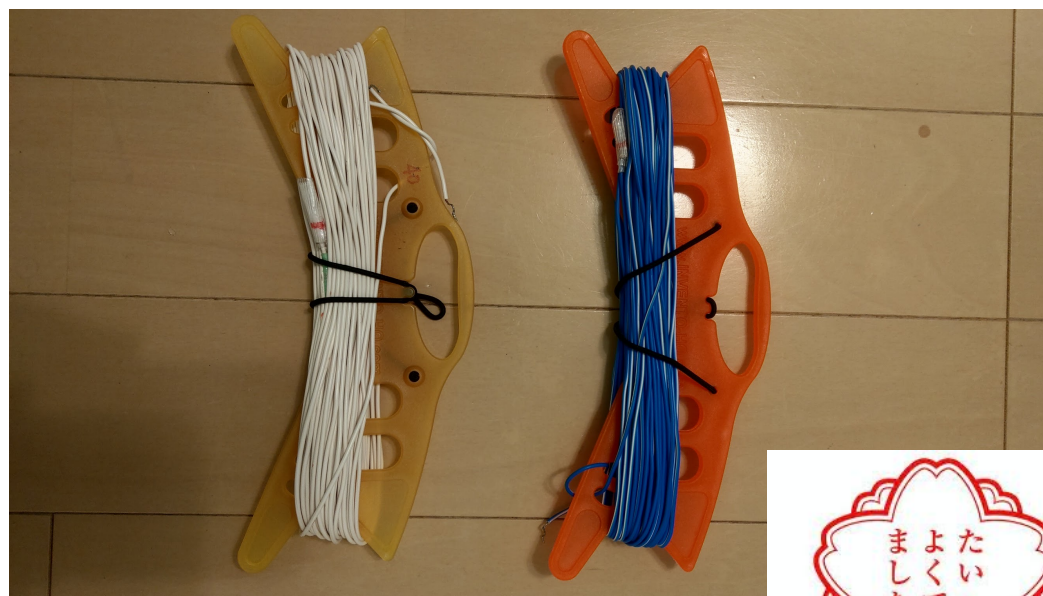
# デルタループアンテナアレイ設営のノウハウ

## ①使用する電線とそのまとめ方

電線は**0.3sqのVFF線（スピーカーコード）**が、グラスファイバーロッド**W-GR-540H Mini**にはベスト



オヤイデで買えます





# デルタループアンテナアレイ設置のノウハウ

## ②巻き尺で設置方向を可視化

巻き尺を伸ばして置きっぱなしにする。設置方向がはっきり可視化できる

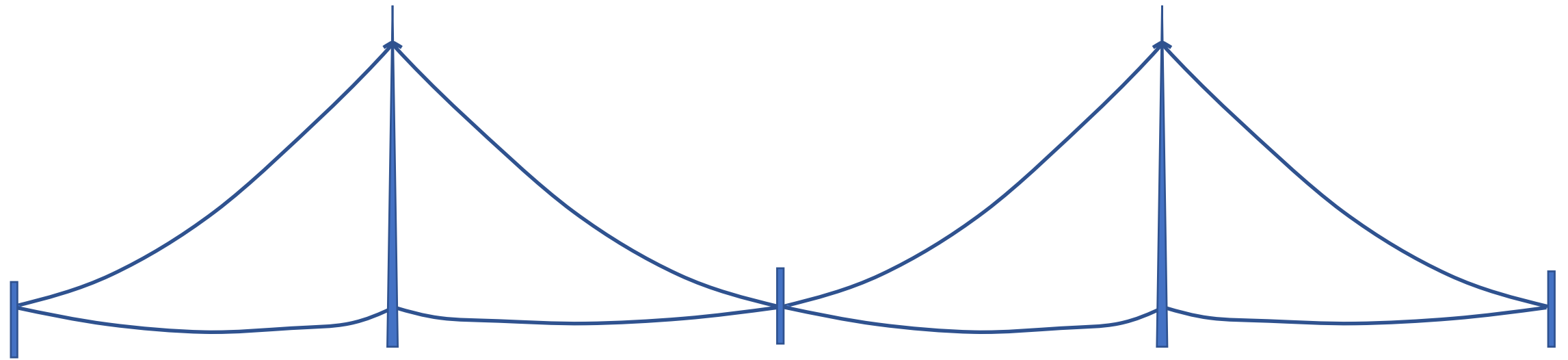




# デルタループアンテナアレイ設置のノウハウ

## ③実際のループの形に注意

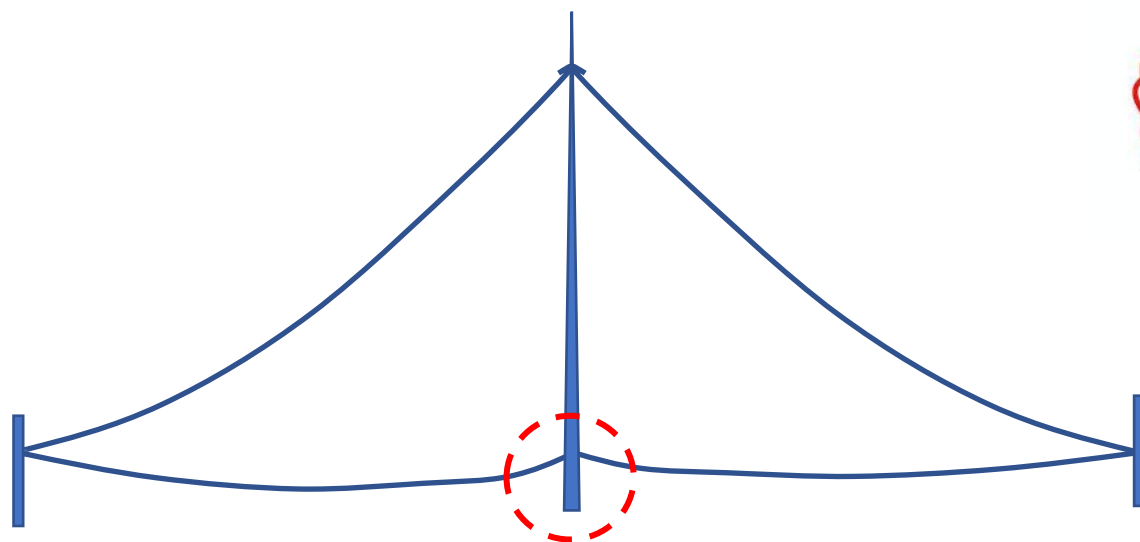
実際のデルタループアンテナに必要なケーブル長は、**直線で考えた長さより長い**  
**ケーブルの自重によりケーブル自体がたわむ**ため、直線の1.5倍程度長めに切った**ケーブルの midpoint を中央のポールの先端に先に取り付けて**、**左右の長さを同長にしながら、長さを現場で合わせる**。一つのループに必要なケーブル長が決まったら、もう一つのループはそれと同長のケーブルで作る





# デルタループアンテナアレイ設置のノウハウ

## ④頂点ポールをささえるペグ



キャプテンスタッグ サンドスチールペグ50cm M-8741

グラスファイバーロッド **W-GR-540H Mini** にピッタリ合う

大変頑丈で、かなりの強風でもポールを支えてくれる

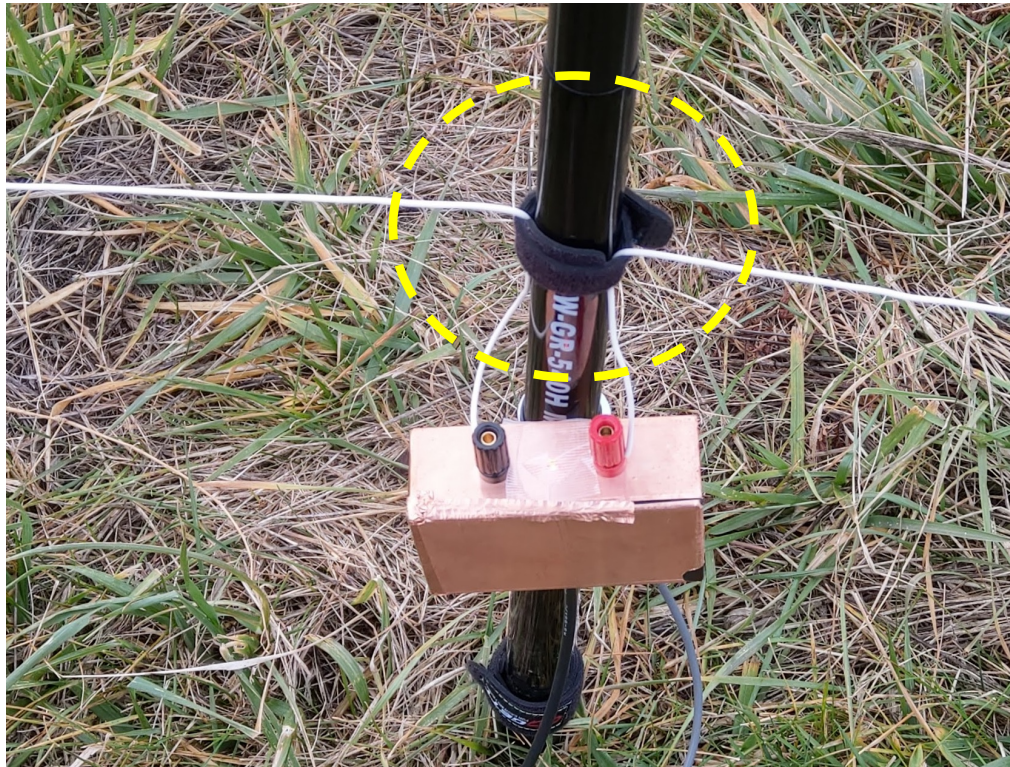
ポールとの固定は釣り竿用の **ロッドバンド** を使用する (ネオプレンゴム製)

重たいのが玉にキズ



# デルタループアンテナアレイ設置のノウハウ

## ④ポールへの電線の固定方法（1）



ポールとの固定は釣り竿用のロッドバンドを使用する（ネオプレンゴム製）

釣りの上州屋やアマゾンで購入可能

“大変いい塩梅”でケーブルを締めつけてポールに固定してくれる

ケーブルを引っ張る時も極端に緩むことなく、**テンションを保ちつつ調整ができる**





# デルタループアンテナアレイ設置のノウハウ

## ④ポールへの電線の固定方法（2）



ループアンテナの角は、インシュロックで輪っかを作ってその中を通す

インシュロックとケーブルに“いい塩梅”の摩擦力がかかり滑らず、鋭角を作りながら“ピシッ”と張れる

ポールに養生テープを巻き、その上からインシュロックで締めるとインシュロックが滑らないし、マジックでのマーキングも楽





# デルタループアンテナアレイは 中波DXペディションに向いているか？

- 実戦で使えることは使える
- 物量が多く、重量も相当あるため持ち運びが簡単ではない
- 設営は、TDDF (D-KAZ) アンテナの方が格段に楽
- 位相調整用のケーブル長を自在に可変することは實際上無理  
連続調整をしたくなり位相調整回路の深淵な世界に脚を突っ込む羽目に
- TDDF (D-KAZ) アンテナの半分の大きさと同じアンテナ利得とRDFを得られるのは大変魅力的







ご清聴ありがとうございました