

受信機のDレンジ

1. Dレンジとは
2. 方探精度はなにで決まる？
3. Dレンジ調整がない受信機（Dレンジ広）
4. Dレンジ調整がある受信機（Dレンジ狭）
5. Dレンジ広狭の比較
6. Dレンジ調整回路の工夫（広狭ハイブリッド）
7. Dレンジ広狭シミュレータ

2025年7月1日 安島

簡略化のため、このドキュメントでは、耳Sを扱わず、モールス音量で方探する前提とします。

1. Dレンジとは

入力信号の大小に応じて、モールス音量が変化するが、例えば入力信号が大きすぎると回路が飽和してしまい、モールス音量はそれ以上大きくはならない。つまり、**モールス音量の変化が伴う入力信号の範囲**がある。この範囲を本ドキュメントではDレンジ（ダイナミックレンジ）と呼ぶ。

TXとの距離が変わっても、ゲインを変えても、アンテナを振っても、Dレンジ範囲外の場合はモールス音量は変化しない。

類似例

例1 双眼鏡で景色を見る時、最初から双眼鏡を覗かず、まずは肉眼でターゲットを見つけ、その方向に双眼鏡を向けてから双眼鏡を覗く。双眼鏡は拡大できるが、見える範囲が狭いので、ターゲットが画角外だと探すのが大変だからである。

例2 地図で詳細を知りたいとき、最初から詳細地図を見ずに、まずは広域地図で大体の場所を把握し、その後、対応する詳細地図をみる。詳細地図は細かな情報が分かるが、表示範囲が狭いからである。

「肉眼 vs 双眼鏡」、「広域地図 vs 詳細地図」、「Dレンジ広 vs Dレンジ狭」は似ている。

2. 方探精度はなにで決まる？

◇方探の仕方の一例

- ① 360度回って、大体のピーク方向を見定める。
- ② そのピークにANTを向け、左右にANTを振り、モールス音が小さくなった左右の角度の中央がTXの方向。

→音量低下を認識できる振り幅が、小さければ小さいほど方探精度は上がる。

◇音が小さくなったと認識できるANT振り幅

結論から言えば±60[deg]ほど振る必要がある。

これは、「個人の耳の能力」と「ANTの指向性」に依存する。
個人の耳の能力については、個人差はあるが、音量が半分になればほとんどの人は音量が小さくなったと認識できると言われている。

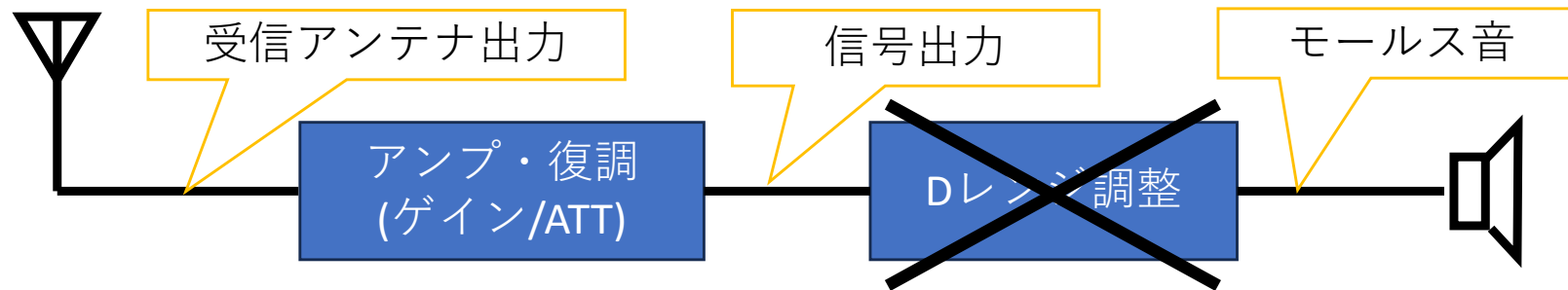
代表的なANTの指向性を右に示したが、これでは、±60[deg]も振らなくてはならず、その中央の方向を見出す精度は高くない。これが±20[deg]で音量低下が認識できたとすれば、その中央の方位精度はかなり高くなるが、そのためには、高能力の耳や、超指向性ANTが必要である。

3エレヤギ指向性

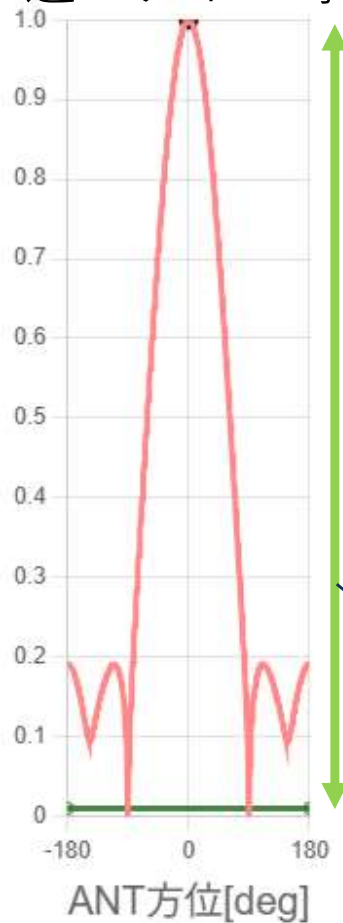
ANT出力	ANT方向
1	0[deg]
0.9	25[deg]
0.8	37[deg]
0.7	46[deg]
0.6	54[deg]
0.5	62[deg]

→ 見かけ上であっても指向性を鋭くすることができれば、方探精度は上がるはず

3. Dレンジ調整がない受信機



適正ゲイン時



信号出力 = モールス音量

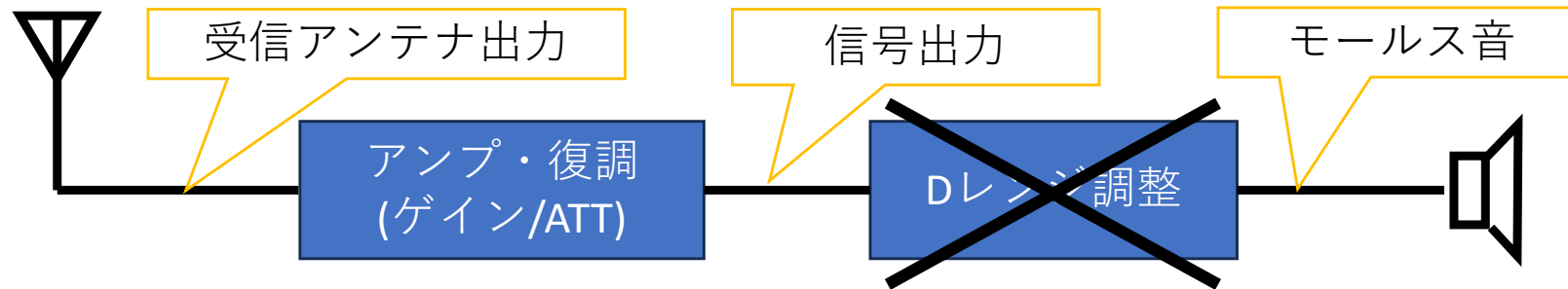
安価でシンプルな受信機にはDレンジ調整がなく (=Dレンジ広)、
信号出力 = モールス音量である。

左図は、アンテナを振ったときの信号出力。
ゲインを適正にしているので、0[deg] (TX方向) でちょうど最大音量となっている。

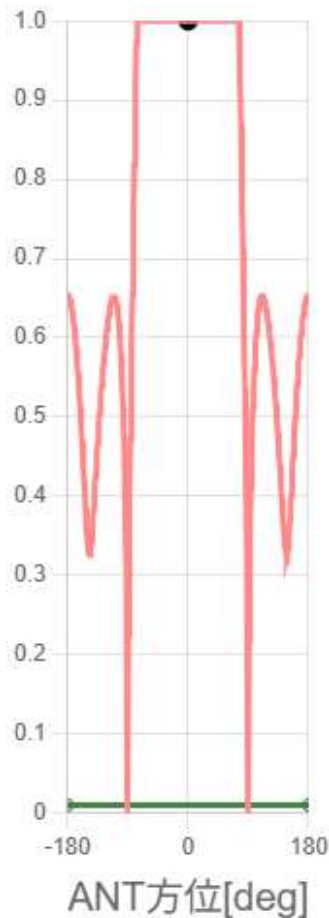
±60[deg]ほど振るとモールス音量が半減することがわかる。

Dレンジ

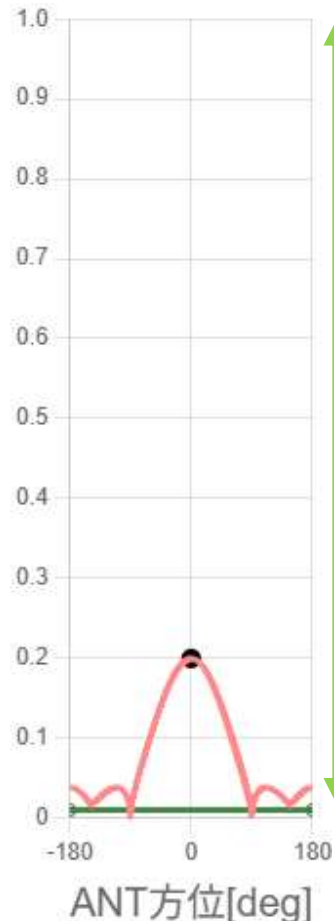
3. Dレンジ調整がない受信機



ゲイン過大



ゲイン過少



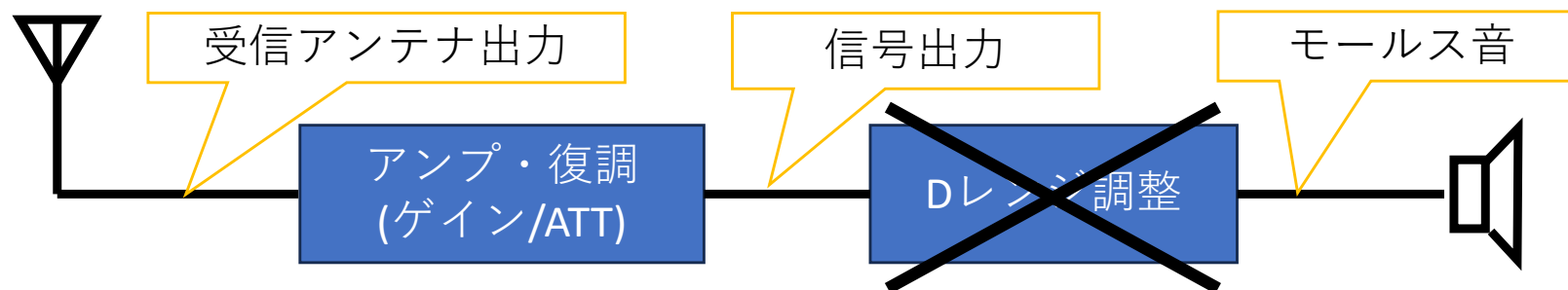
ゲイン過大の場合は、出力が最大音量で頭打ちとなり、方探に支障がでる。

ゲイン過少の場合は、全体的に音量が小さくなるものの、 $\pm 60[\text{deg}]$ で半減という関係はそのままであるので、音は小さくなくても聞こえている限り方探ができる。

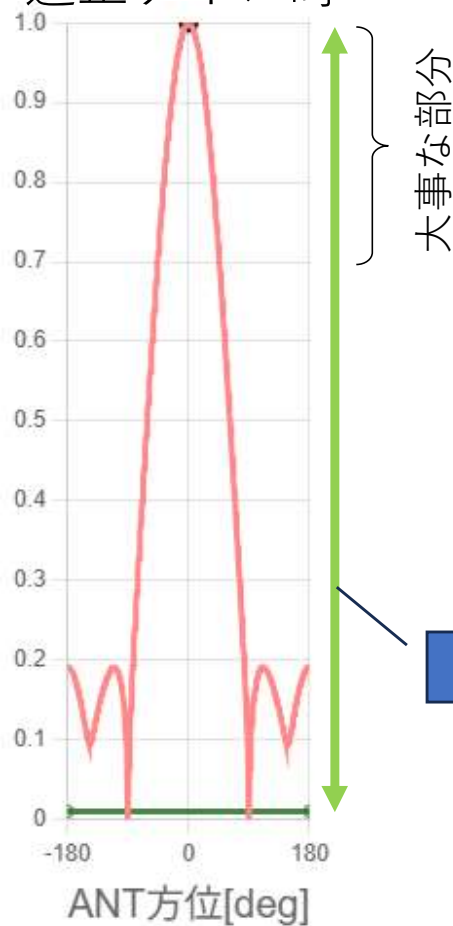
Dレンジ広 (Dレンジ調整なし) の場合にゲイン調整をほとんどしなくて良い理由がここにある。

Dレンジ

3. Dレンジ調整がない受信機



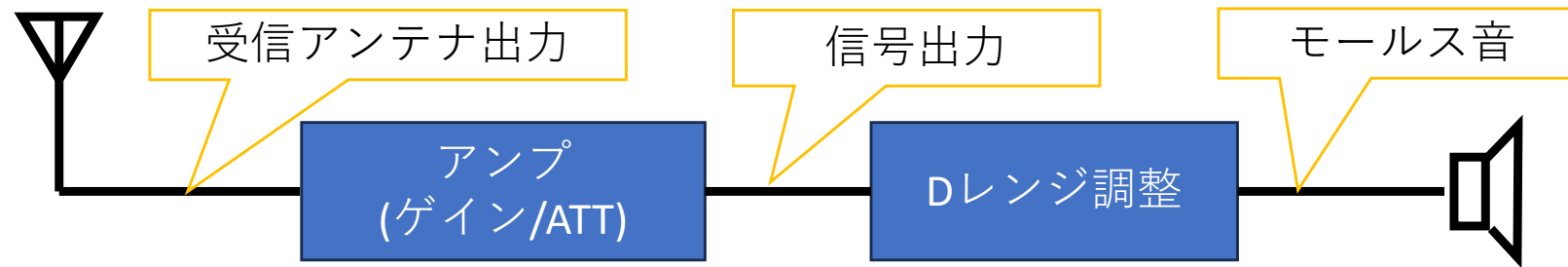
適正ゲイン時



見かけ上の指向性を上げる方法を考える。
端的に言えば、左図の大事な部分を拡大することを考える。

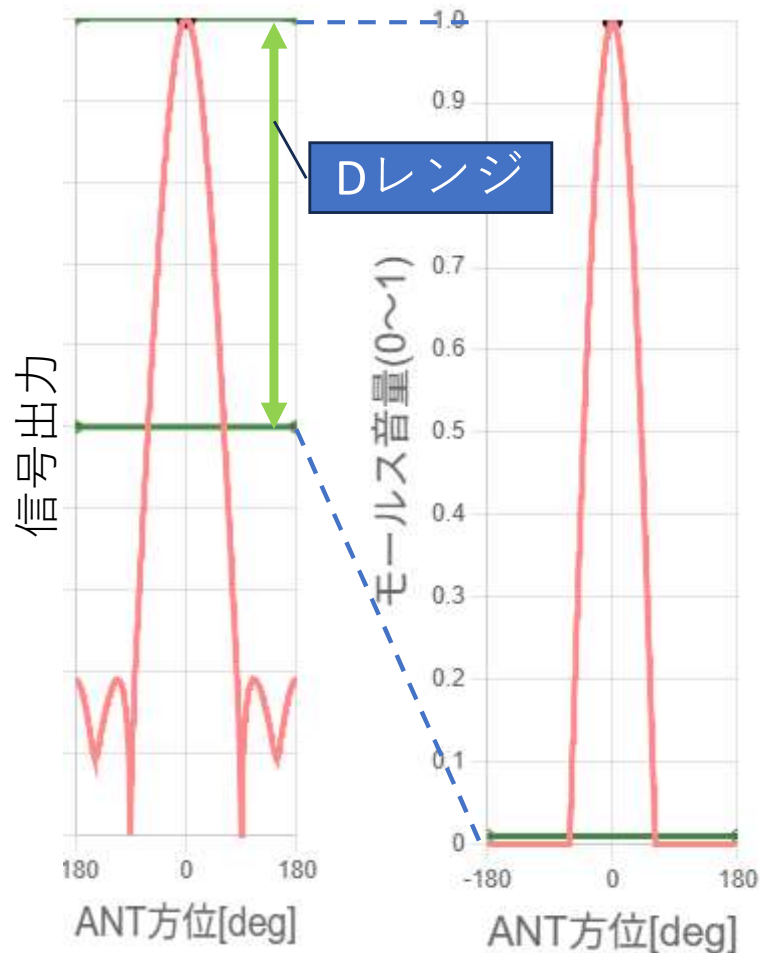
つまりDレンジを狭めて大事な部分にフォーカスすることである。

4. Dレンジ調整がある受信機

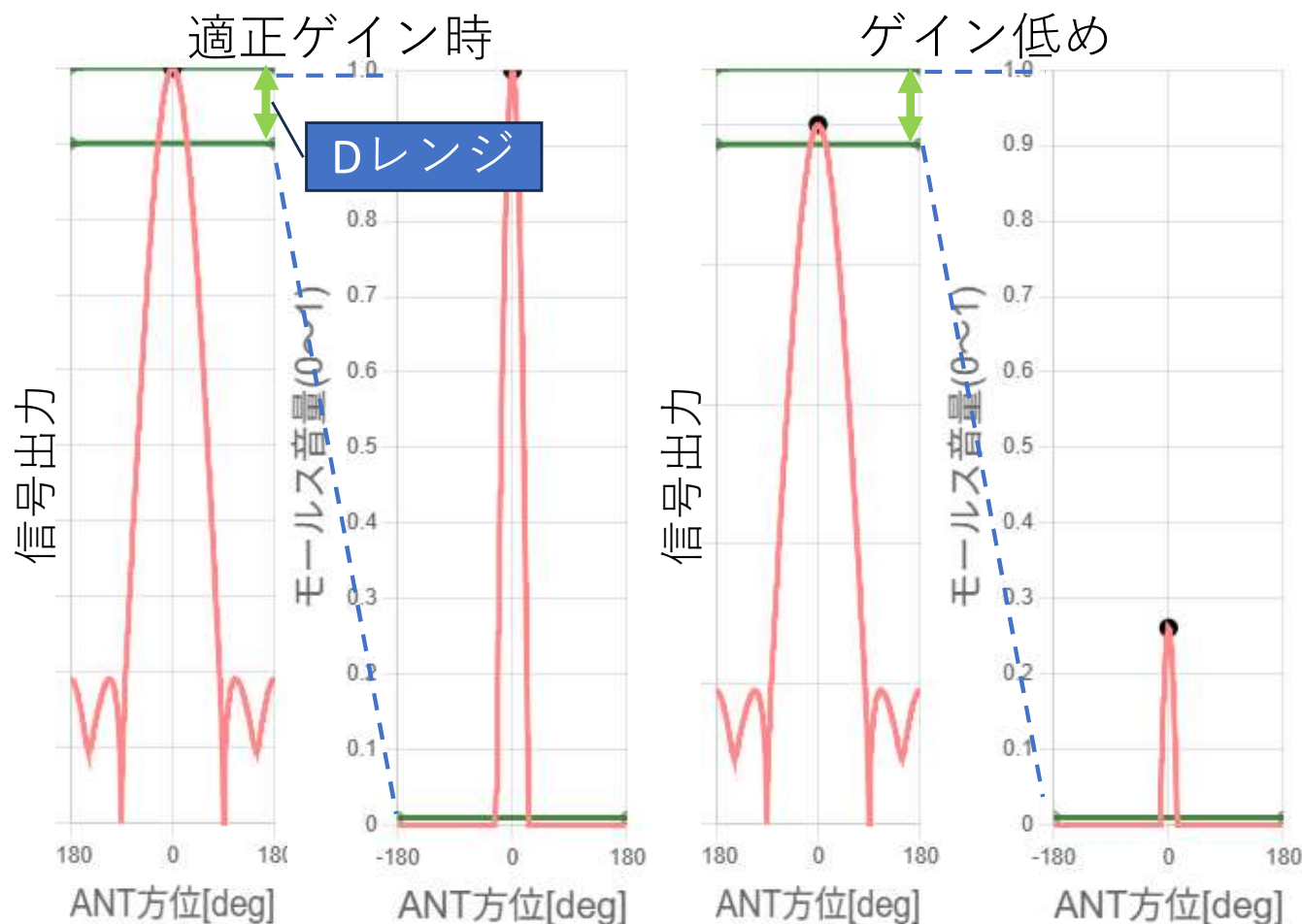
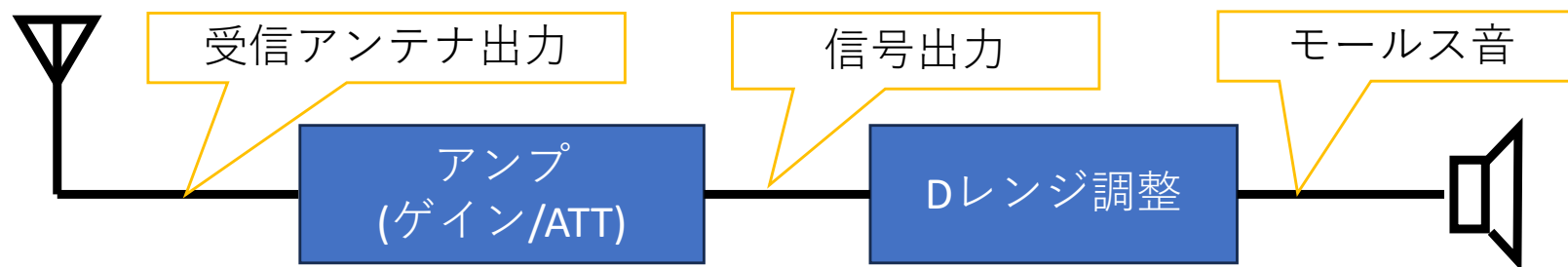


左図は、Dレンジを半分(0.5)にした場合である。
見かけ上の指向性が鋭くなっている。

具体的には、 $\pm 40[\text{deg}]$ 程度で音量が半減している。



4. Dレンジ調整がある受信機



Dレンジ極狭(0.1)にした場合である。

見かけ上の指向性は、 $\pm 18[\text{deg}]$ 程度で音量半減と非常に鋭くなっている。

適正ゲインから少し下げると、音量は急激に低下し、さらに下げると全く聞こえなくなる。

つまりゲイン調整をしっかりとしないと方探ができないということである。

5. Dレンジ広狭の比較

一長一短がある。

	広いDレンジ	狭いDレンジ
最大メリット	ゲイン調整する煩わしさが無い。 (2・3段階切替でOK)	方探精度が高く、距離直読
方探精度	悪い	良い
距離推定	基本的に音量（レベルメータを見るか、耳の感覚[瞬時]）による	調整したゲイン目盛がほぼ距離に相当する
方探速度	速い	遅い
無探索移動中の他TXワッチ	操作無しに常時信号が聞こえ、音量で遠近もわかる。必要に応じてアンテナを振るだけ。	都度、要ゲイン調整 さもなくば、無音か最大音量。
TXゲットアプローチ	アンテナを振りながら走り込むのみ	走りながらもゲイン調整が必要。調整に失敗すると無音になってあせる。（※）
ゲイン操作イメージ	「遠」：通常はこれで固定。 「近」：100m程度に近づいたら。 「至近」：数mでも方向を出したい場合のみ	常に細かくゲイン調整しながら方探する
向いているタイプ（私見）	ものぐさ（受信機を見たり操作したくない）。特にTXゲットアプローチで、高速方探して走り込みに専念したい人	走力があり、4分間でTX近傍に到着し、目視ゲットが得意な人。 方探精度が良いので入門機に適している。
応用（おまけ）		鈍指向性ANT（少ele数、超短縮）でも実用可能性あり

反射波影響下での、広狭の違いは未検討。

※TXに近づくほど信号レベルが急激に上がることが自明なので、どうしても適正ゲインより低めに設定しがちだが、Dレンジの下限ギリギリまで下げると、わずかなレベル変動で、無音状態に陥る危険性有。

5. Dレンジ広狭の比較

長所を活かし短所を別方法で補う方法を考えるために両者の短所をまずまとめる

	広いDレンジ	狭いDレンジ
基本短所	①方探精度が悪い。 ②距離推定は耳頼り（距離感）。	①都度ゲイン調整が必要 ①ー1 高速方探ができない。特にTX近傍アプローチ時は煩わしい ①ー2 無探索移動中に無操作だと他のTXが聞こえない ②ゲイン目盛を見なければ距離が分からない。

◇広いDレンジの短所克服方法

①方探精度が悪い

- ・最もポピュラーなのが耳S。
音量だと±60[deg]振らなければならないが、**耳Sだと±19[deg]ですむ。**（※1）
- ・狭いDレンジ併用
近距離では方探精度より高速アプローチの方が重要だが、
遠距離では方探精度が極めて重要なので、時間がかかっても正しい方向・距離を求める。

②距離推定は耳頼り（距離感）

瞬時判断が可能で、通常時は支障ないが、初期方探などまじめに方探する場合には感覚に頼らない距離推定も重要。次の対策案がある。

- ・電界強度（電波の強さ）に合わせた耳S利用（※2）
出力信号のみならず、ゲイン情報も加味した耳Sとし、耳S情報が距離に相当するようにする。
ただし、耳S方探精度は落ちる。
- ・狭いDレンジ併用（①と同じ）

5. Dレンジ広狭の比較

長所を活かし短所を別方法で補う方法を考えるために両者の短所をまとめる

	広いDレンジ	狭いDレンジ
基本短所	①方探精度が悪い。 ②距離推定は耳頼り（距離感）。	①都度ゲイン調整が必要 ①ー1 高速方探ができない。特にTX近傍アプローチ時は煩わしい ①ー2 無探索移動中に無操作だと他のTXが聞こえない ②ゲイン目盛を見なければ距離が分からない。

◇狭いDレンジの短所克服方法

①ー1 高速方探ができない。特にTX近傍アプローチ時は煩わしい

- ・自動ゲイン調整

一般に自動調整（特にゲイン上昇）はわけがわからなくなるという問題があるので、ここでは押し釦を押している間だけ、ゲインダウンのみの自動ゲイン調整を推奨する。（※3）

- ・広いDレンジ併用

精度よりもスピード重視の場合は広いDレンジをもちいる。

①ー2 無探索移動中に無操作だと他のTXが聞こえない

- ・広いDレンジ併用

移動中は、広いDレンジにして、全てのTXをモニタリングしながら進む。

- ・Dレンジ調整回路の工夫（次章で説明する広狭ハイブリッド方式）

② ゲイン目盛を見なければ距離が分からない。

- ・電界強度（電波の強さ）に合わせた耳S利用（※2）

前述したものと同じだが、広いDレンジ時よりもニーズは高いと思われる。

- ・広いDレンジ併用は却下 ∵切替操作をするくらいだったら、目盛りを見た方が速い。

5. Dレンジ広狭の比較

※1

実はこれ、耳Sの回路でいかようにも工夫が可能であるが、実現性を重視するために、市販汎用chipの標準回路データシートを参照したところ、 $f[\text{kHz}] = \text{入力電圧}[\text{V}]$ であった。一方ほとんどの人間は半音（周波数にして $2/12$ 倍）の違いを認識できることから、上記回路の入力電圧に換算すると $2/12$ 倍となる。これをアンテナ指向性ゲインにあてはめると $19[\text{deg}]$ となった。

※2

回路製作上の難易度が高い。RFとAFにまたがるのでアイソレーションが問題で、対策できても部品点数が増える。

また耳S周波数($100 \sim 3000\text{Hz}$)をTX距離($10 \sim 3000\text{m}$)にちょうど当てはめたとすると、人間の周波数分別能力($2/12$ 倍)は受信信号レベル換算で $20/12$ 倍と大きくなり、耳Sでの高精度方探能力を失ってしまう（アンテナ振り幅換算だと $\pm 54[\text{deg}]$ ）。

※3

◇方探するとき

ボタンを押してぐるっと回転すれば、適正ゲインに調整されるため、その後は、狭いDレンジのメリットがそのまま活かせる。ゲイン調整結果はゲインVRに機械的に反映させることは困難なのでLEDなどで表示することになる。ゲイン目盛りとLEDのどちらを見るべきか迷うようであれば、ゲイン目盛りをLEDに常に表示させておけばよい。消費電流の問題がある場合は、LEDでなく液晶表示とする。

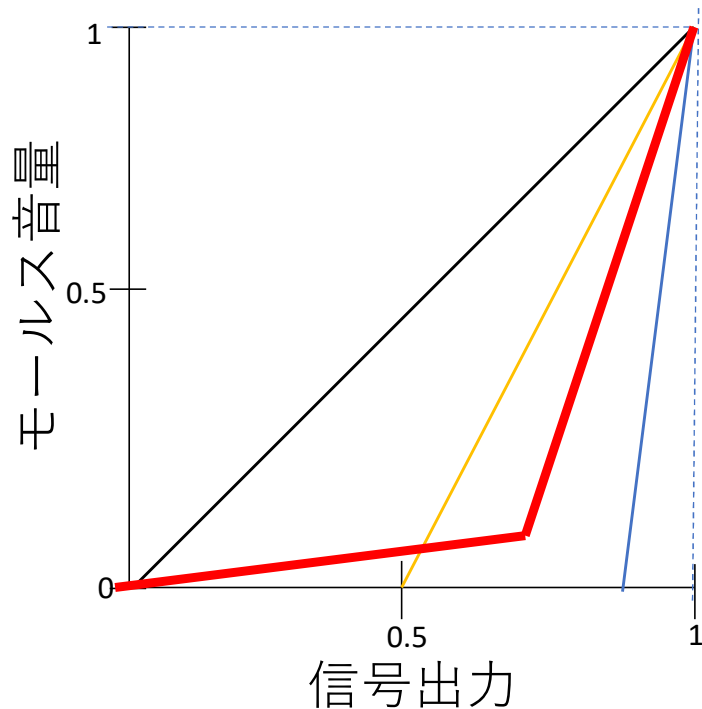
方探終了したら押し釦を離すことで、通常のマニュアルゲイン調整に戻る。

◇TX近傍でのアプローチ

押し釦を押しっぱなしにしてアプローチする。広いDレンジと同様に、アンテナを振るだけで走り込める。さらに広いDレンジより方探精度が良いのでGOOD。

6. Dレンジ調整回路の工夫

Dレンジ調整回路の入力（信号出力）と出力（モールス音量）のレベルについては前述したが、ここでDレンジ調整回路の動作概念を図示する。



- Dレンジ広(1) Dレンジ調整無し
- Dレンジ狭(0.5)
- Dレンジ極狭(0.1)

Dレンジを狭くしたときにはグラフの傾きが急になる。これにより、出力信号が微小に変化しても、モールス音量が大きく変化することになる。反面、出力信号が小さい場合は無音になってしまうという問題が発生する。

このために赤線（広狭ハイブリッド）を考える。

出力信号が大きい領域では、グラフの傾きが急で、狭いDレンジ効果がある。
出力信号が小さい領域では、Dレンジ広よりも音量は小さくなるものの、無音にならないため、方探が可能である。

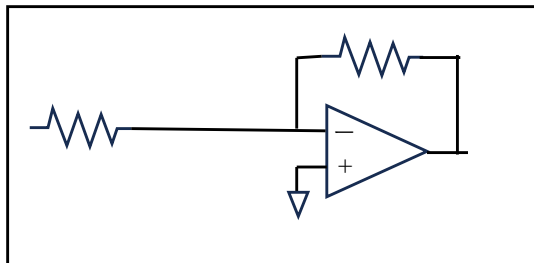
狭いDレンジ受信機では、ゲインを低くしてしまうと何処に向けても無音になってしまい、特にアフロー千時はあせる。

本赤線方式の場合は、その場合でも無音にならず方探できるのでTXの方向にアンテナを向けてゲインを上げればよい。また、移動中でも全てのTXのモニタリングが可能である。

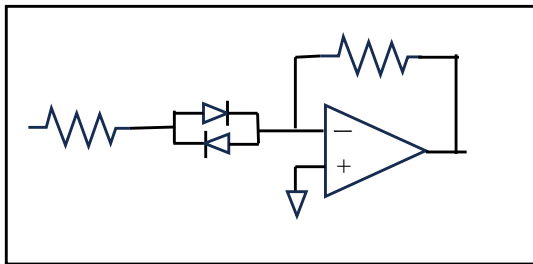
6. Dレンジ調整回路の工夫

Dレンジ調整基本回路例をしめす。

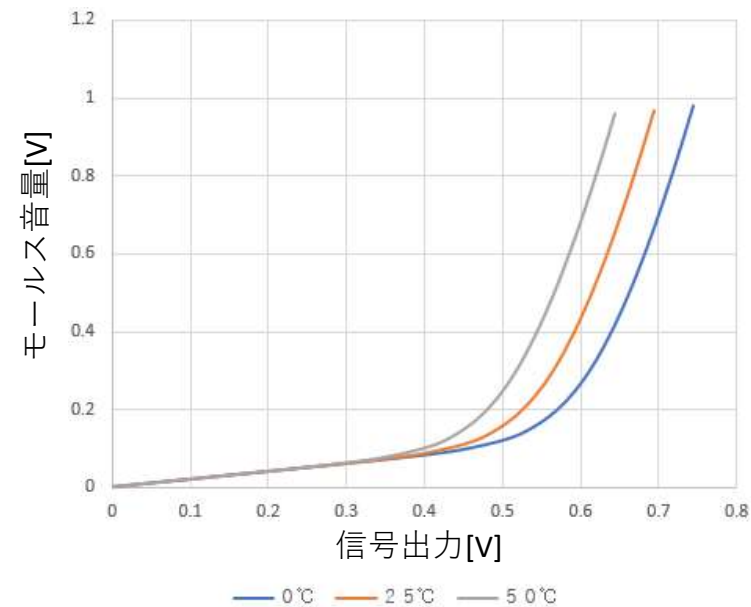
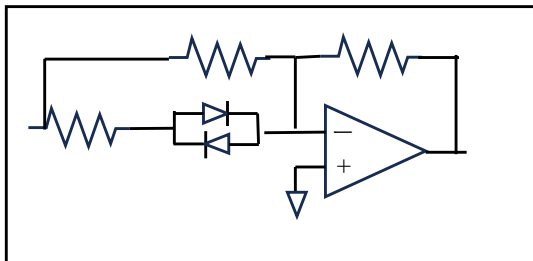
広いDレンジ
(Dレンジ調整無し)



狭いDレンジ



赤線Dレンジ



上のグラフは汎用の1S1588を使用した場合の動作例である。

赤線Dレンジを実現している。

この傾きだと、 $\pm 30[\text{deg}]$ 程度で音量半減である。

ダイオードのVFは温特を持つが、これくらいならば許容範囲であろう。

7. Dレンジ広狭に関する一提案

Dレンジ広狭に関する考察をしてきたが、では一体どうするのが良いのか？
解は人それぞれだが、徒歩ARDFerの私が最適と思うやり方を提案として示す。

前提：「耳Sが無い場合」「反射波影響下無視（未検討のため）」

- ・ 通常状態：
Dレンジ広に設定し、Dレンジ広のメリットを享受する。
- ・ 方探時：
方探押し釦（Dレンジ狭かつ自動ゲイン調整）で
Dレンジ狭のメリットを享受する。
- ・ アプローチ時：
方探押し釦もしくはDレンジ広。

なお、Dレンジ狭は、無音を避けるため広狭ハイブリッド（赤線）を用いる。

競技中の各状況における対応詳細を次ページに示す。

7. Dレンジ広狭に関する一提案

状況	対応
標準状態	Dレンジ広で、ゲインは「遠」固定
無探索移動中	Dレンジ広かつゲイン「遠」なので、全てのTXが聞こえ、およその距離もわかる。 気になったTXがあれば、方探する。
方探時	押し釦を押すと、Dレンジ狭に切り替わり自動ゲイン調整が入る。 そのまま1回転すると自動ゲイン調整で最適ゲインとなるので、 Dレンジ広と同等の高速方探が可能で、さらにDレンジ狭のメリットを活かし、高い 方探精度と距離推定をおこなう。 押し釦を離すと、Dレンジ広に戻り、自動ゲイン調整も切れる。 なお、一回転はDレンジ広でおこない、TXの大体の方向に向けてから押し釦を押して も構わない。
ターゲットTX ロックオン	100m程度の距離にきたらターゲットTXロックオン。Dレンジ広だが、ターゲットTXはうるさく、他のTXは聞く必要が無いので、ゲインは「近」に落とす。
TXゲットアップ ローチ	方法1：方探押し釦を押しながらアプローチする。高速方探するとともに、ゲイン調整する手間も無く、TXに走り込める。Dレンジ広よりも方探精度が高いのでアプローチはしやすい。 方法2：Dレンジ広のままでアプローチする。視線を動かさずに方向・距離がわかり、確実にTXに近づいているのを実感しながら安心して走り込める。

方探押し釦：マイコン利用の方が回路規模は小さくできる。釦が押されるとDレンジ狭（広狭ハイブリッド）かつ最大ゲインにセットし、自動ゲイン調整機能をONする。

自動ゲイン調整機能は、信号出力を常時監視し、ある閾値を超えているとゲインを下げるるとともに下げたことを音で競技者に伝える動作を繰り返す機能である。

究極の方探は、ジャイロを搭載し、一回転したときのピーク方位を記憶し、現在のANT方位とのずれを、LEFT,JUST,RIGHTの3つのLEDで表示する方法である。一回転した後では、LEDに従ってANTを向けるだけで、音を聞く必要がない。

6. Dレンジ広狭シミュレータ

■Dレンジ広狭シミュレータ（簡易版）

「Dレンジの意味なんかどうでもいい」「とりあえず結果だけを知りたい」という人向けです。

■Dレンジ広狭シミュレータ

TXまでの距離、ゲイン、Dレンジを任意に設定でき、アンテナを振ったときのモールス音の変化を実体験できます。

◇説明モード

Dレンジ広狭により、何がどう変わっていくのかを順番に体験できるモードです。「Dレンジ狭での超指向性」「Dレンジ狭でゲイン目盛と距離との高い相関」「Dレンジ広ではゲインがアバウトで良いこと」などを実体験できます。

◇マニュアルモード

自由にいじれるモードです。説明モードにないヌル探も体験できます。ヌル探の方探精度の良さや、ヌル探でも距離がある程度わかることもわかるでしょう。鈍指向性の代表であるダイポールアンテナでもDレンジを狭くすると鋭い指向性となることもわかります。

◇方探チャレンジモード

実際に方探していただき、方探精度と方探時間を表示します。自分に合ったDレンジがある程度わかります。一方向自動ゲイン調整も用意してみましたので、お試しください。個人的には結構有用と思っています。

おわり