わかるかな？

できるかな！

初心者でもわかる！？ ダイナミックレンジ大研究

～ダイナミックレンジって何だ？？～

JAIA技術委員会

目次

1. ダイナミックレンジとは・・・・ 3－ 8

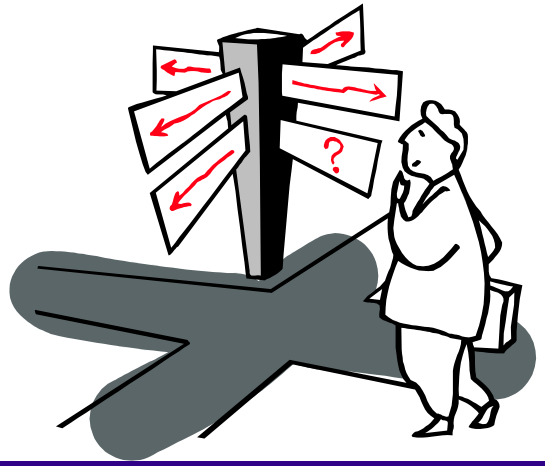
2. 不思議な体験・・・・・・・・・・・・ 9－15

3. 三つの信号の関係・・・・・・・ 16－21

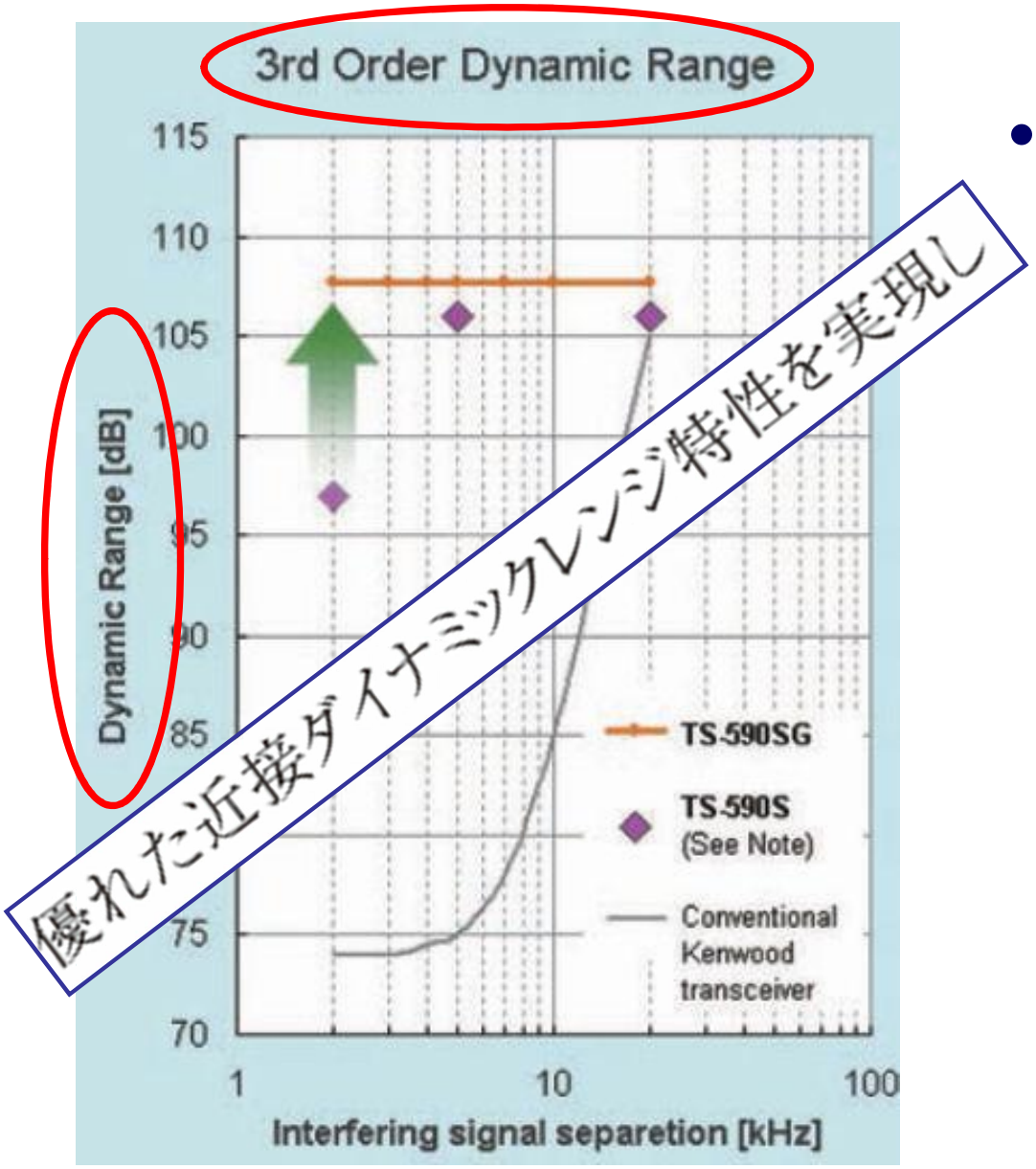
4. 測定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・22－31

5. ダイナミックレンジまとめ・・32－40

1. ダイナミックレンジとは



ダイナミックレンジとは



- HFトランシーバーのカタログでは、受信部の説明で必ずといっていいほど、

「ダイナミックレンジ」

の説明があります。

でも・・

ダイナミックレンジとは

- 「―【名詞】ダイナミックレンジ
《録音・再生が可能な最強音と最弱音との間の範囲; デシベルで表わす》」

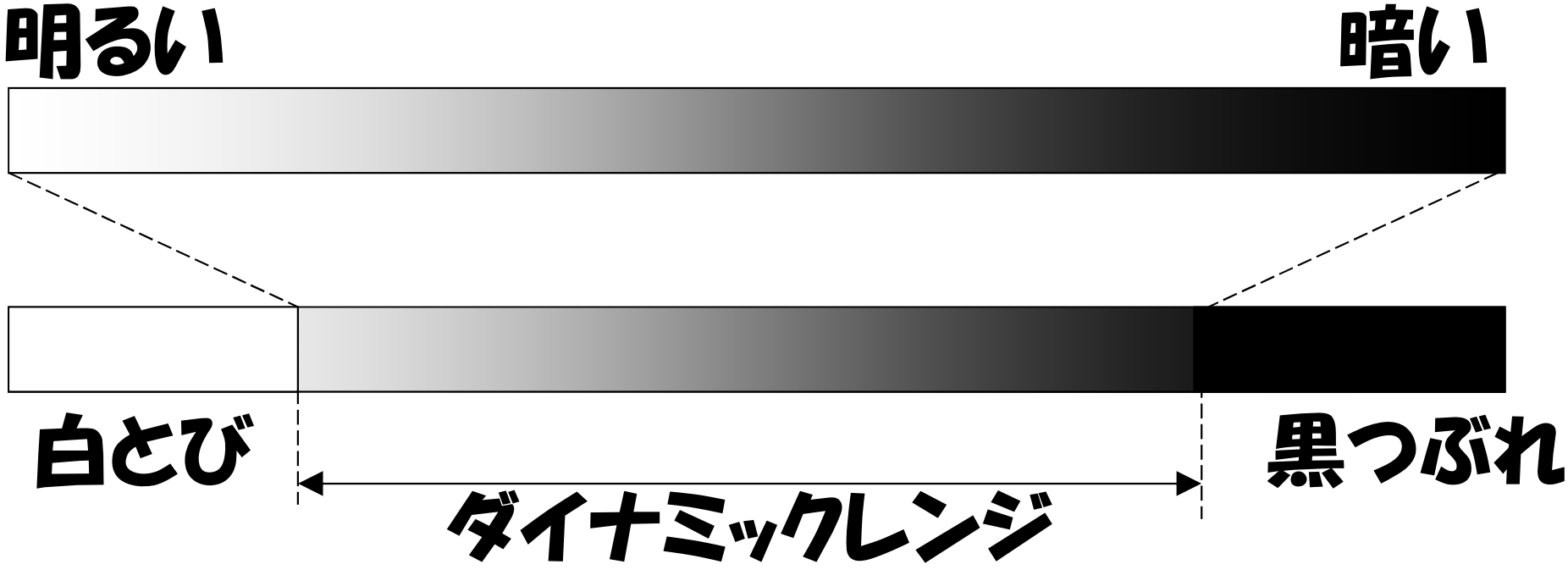
（研究社 英和コンピューター用語辞典）

アナログレコード：65dB
CD：96dB

ダイナミックレンジとは

デジタルカメラの場合

「明るい」から「暗い」の再現範囲



ダイナミックレンジとは

- ダイナミックレンジとは、
  その製品が目的の対象を
  きちんと扱える範囲
  を意味しているようです。

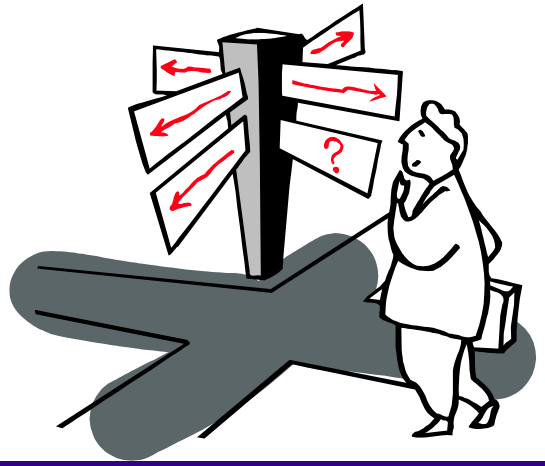
- HF受信機のダイナミックレンジは、
  単純に一つの信号を受信した時の
  特性ではありません。

ダイナミックレンジとは：受信機

- 以下のような計算式が登場し、少し憂鬱になります。でも大丈夫！？

f(t)=
A：**直流**
+Bcos(2πf1t)+Ccos(2πf2t)：**基本波**
+Dcos{2π(2f1t)}+Ecos{2π(2f2t)}：**基本波の2倍**
+Fcos{2π(f1+f2)t}+Gcos{2π(f2-f1)t}：**基本波の和と差**
+Hcos{2π(3f1)t}+Icos{2π(3f2)t}：**基本波の3倍**
+Jcos{2π(2f1-f2)t}+Kcos{2π(2f2-f1)t}：**2倍と基本波の差**
+Lcos{2π(2f1+f2)t}+Mcos{2π(2f2+f1)t}：**2倍と基本波の和**
+・・・・・・

2. 不思議な体験



不思議な体験

- 40年位前、フィールドデーだったと思いますが、コンテスト中に不思議な体験をしました。
- 7MHzで運用中、何気に7．1MHz以上の周波数を受信すると、CQコンテストを出す局や、ナンバー交換をしている局が受信できました。
- でも、様子が少し変なのです。→動画1

不思議な体験：動画1

「不思議な電波」

周波数
7．14MHz付近です。

Sメーター
ピークでS7くらいです。

不思議な体験：実験のセットアップ

TS-590VG
10W
7.02MHz
CW送信

TS-590V
10W
7.08MHz
SSB送信

ATT
40dB

ATT
40dB

二つの信号を合成

PAD
6dB

ATT
40dB

10W = ＋40dBm
ATT = **合計**86dB

TS-520X**の入力**
-46dBm **2波**

TS-520X
7.14MHz
SSB受信

不思議な体験

- このセットアップで、TS－520Xの受信周波数を変えて、バンドの中を受信してみます。
- 7．14MHzの不思議な信号以外に、
  7．08MHzでSSB信号が、
  7．02MHzでCW信号が、
  それぞれ受信できるはずです。→動画2

不思議な体験：動画2

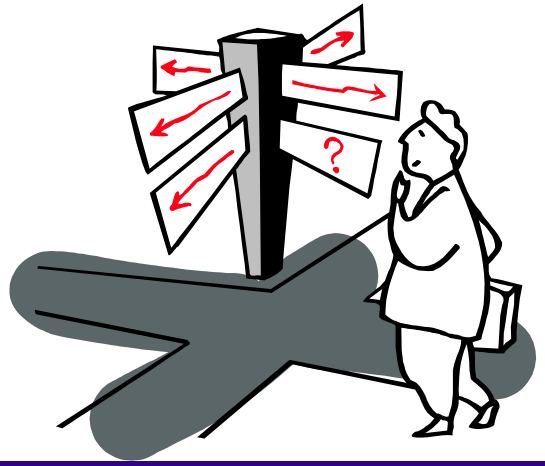
CW信号	SSB信号	不思議な信号
7．02MHz	7．08MHz	7．14MHz
S 9＋15dB	S 9＋15dB	S 7

この三局が受信できました。

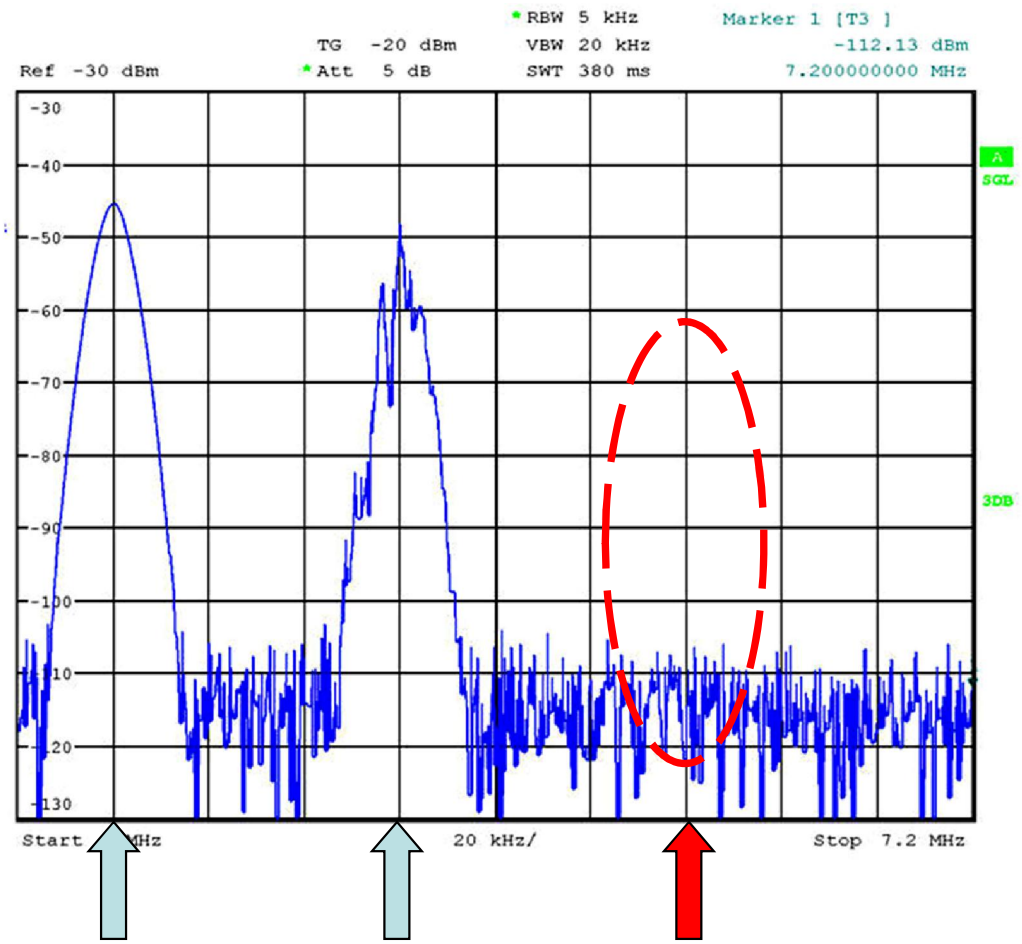
不思議な体験：おさらい

- 私の**不思議な体験を**
  皆さんと共有できました。
- 不思議な信号⇒送信されていない
  ⇒**本来 存在しない信号**

3. 三つの信号の関係



三つの信号の関係



7. 02MHz CW信号

7. 08MHz SSB信号

7. 14MHz 不思議な信号を受信

- スペアナを使って、TS－520Xのアンテナに入力される信号を見ると、7. 14MHzの不思議な信号が見えません！なぜ？

三つの信号の関係

- 次に、7．08MHzのSSB信号と7．02MHzのCW信号の送信を止めて、不思議な信号がどうなるのか、様子を見ます。

- 最初に両方を止め、次に、片方づつ止めます。動画3

三つの信号の関係：動画3

両方止めます。

不思議な信号は消えました。これは当然・・。

片方づつ止めます。

片方が止まると、同様に消えました。

三つの信号の関係

ここまでの実験で分かったこと。

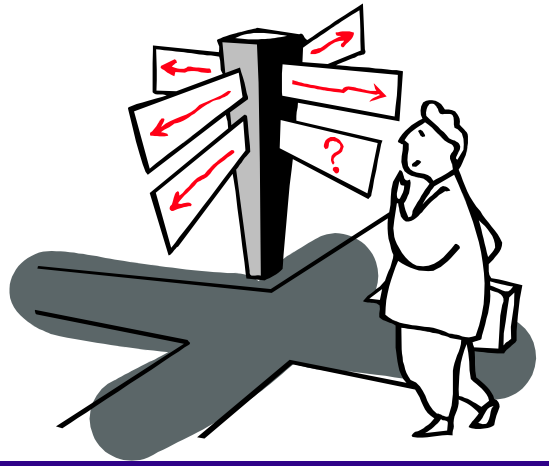
- 不思議な信号は、受信機である
  TS－520Xが作っていました。
- SSBとCWの送信を、同時に止めた場合だけでなく、片方が止まっても、不思議な信号はなくなりました。
  つまり、同時に二つの信号が必要です。

三つの信号の関係

- 約40年前に私が経験した現象は、実はコンテストに参加していた局の信号によって受信機が作り出した、本来存在しない信号⇒聞こえてほしくない信号でした。

- 実験で再現したように電波が途切れ途切れに聞こえていたのは、二つの信号の一つがCW（断続信号）だったからです。

4. 測定



測定

・二つの信号を受信機に与えることで、別の周波数で本来存在しない信号を作る性質を利用し、信号の強さを可変しながら受信できるレベルを記録してみます。

・条件を単純にするため、二つの信号のレベルは、常に同時に同じ大きさで変わるものとします。

測定

シグナル
ジェネレーター1

SG1
7.02MHz
連続信号

シグナル
ジェネレーター2

SG2
7.08MHz
連続信号

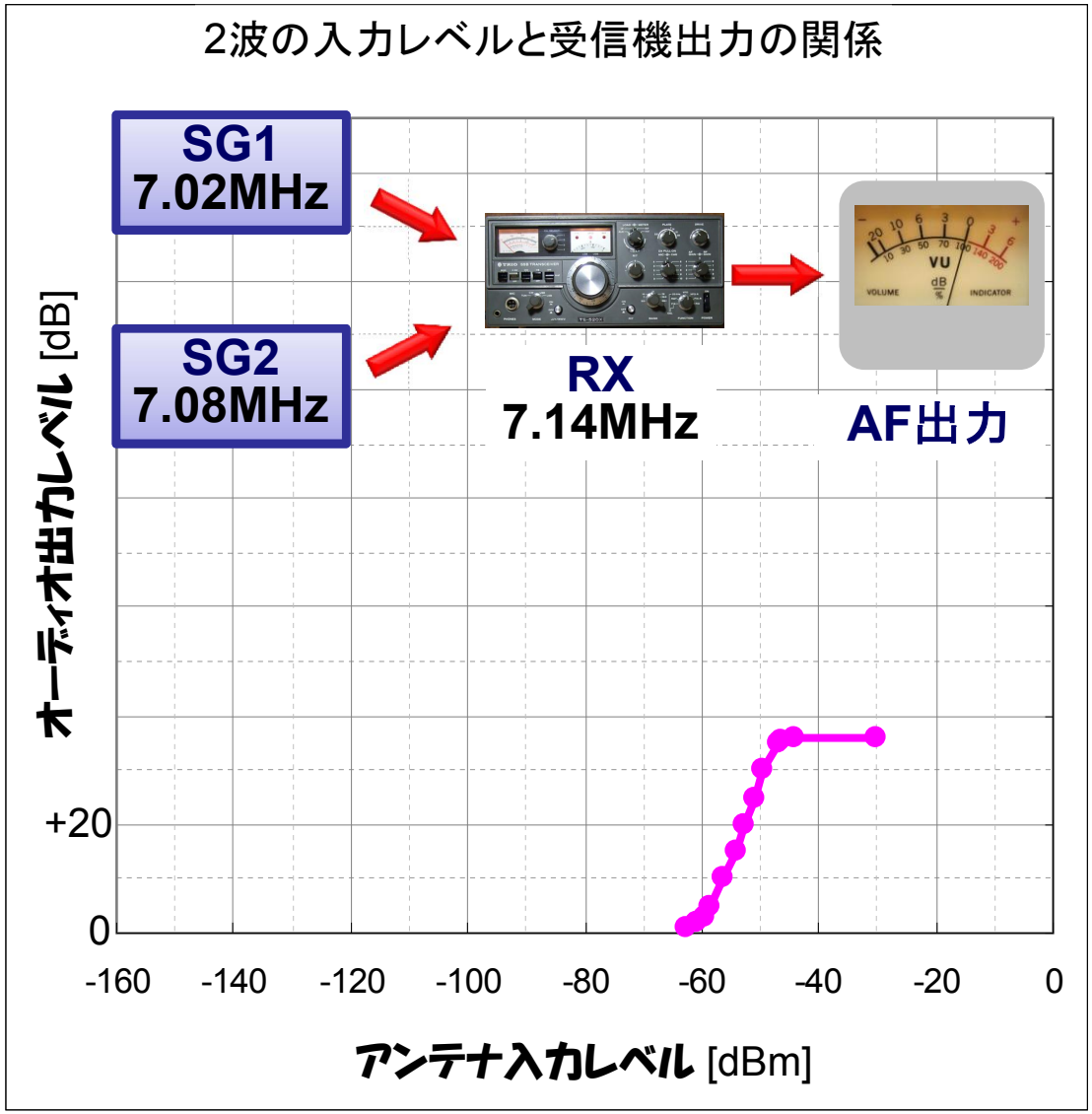
二つの信号
を合成

PAD
6dB

TS-520X
7.14MHz
受信

2台のトランシーバーをシグナルジェネレーターに置換えます。

測定



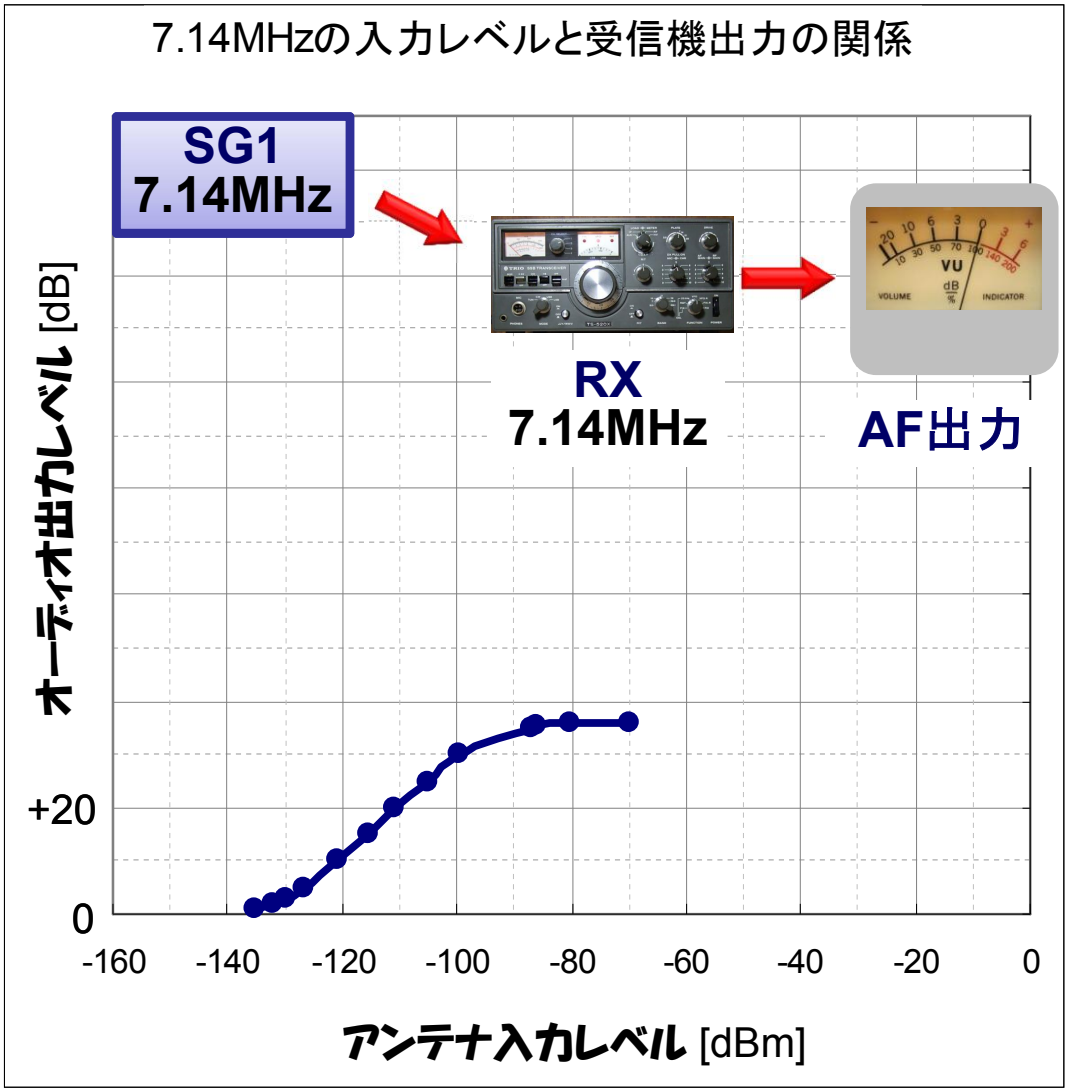
ヨコ軸

ANT入力レベル
7．02MHzと
7．08MHzの信号を
同じ出力レベルで同時
に増加、

タテ軸

7．14MHzを
受信して得られる
オーディオ出力。

測定



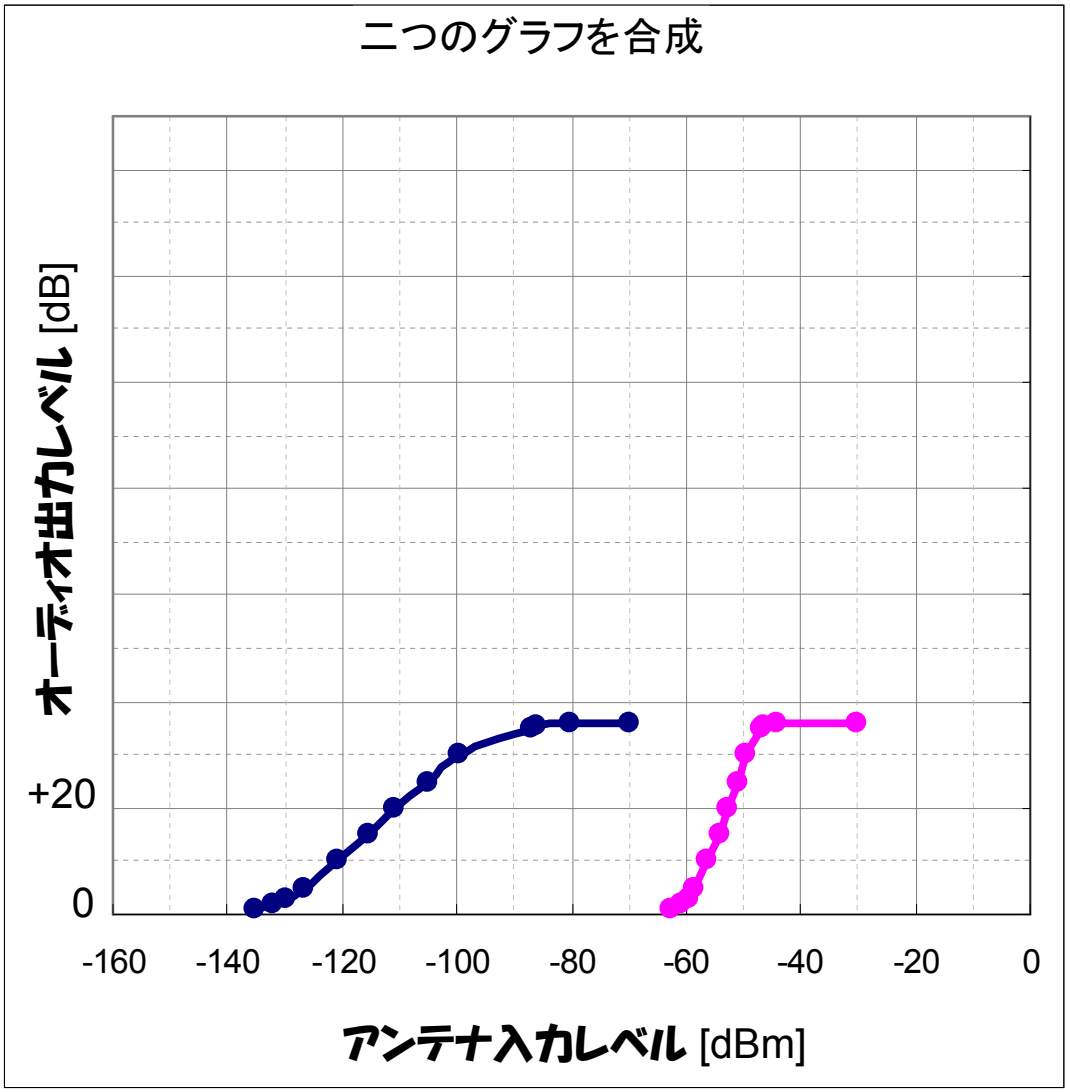
ヨコ軸

ANT入力レベル
7．14MHzの信号
を1台のSGから与え、

タテ軸

7．14MHzを
受信して得られる
オーディオ出力。

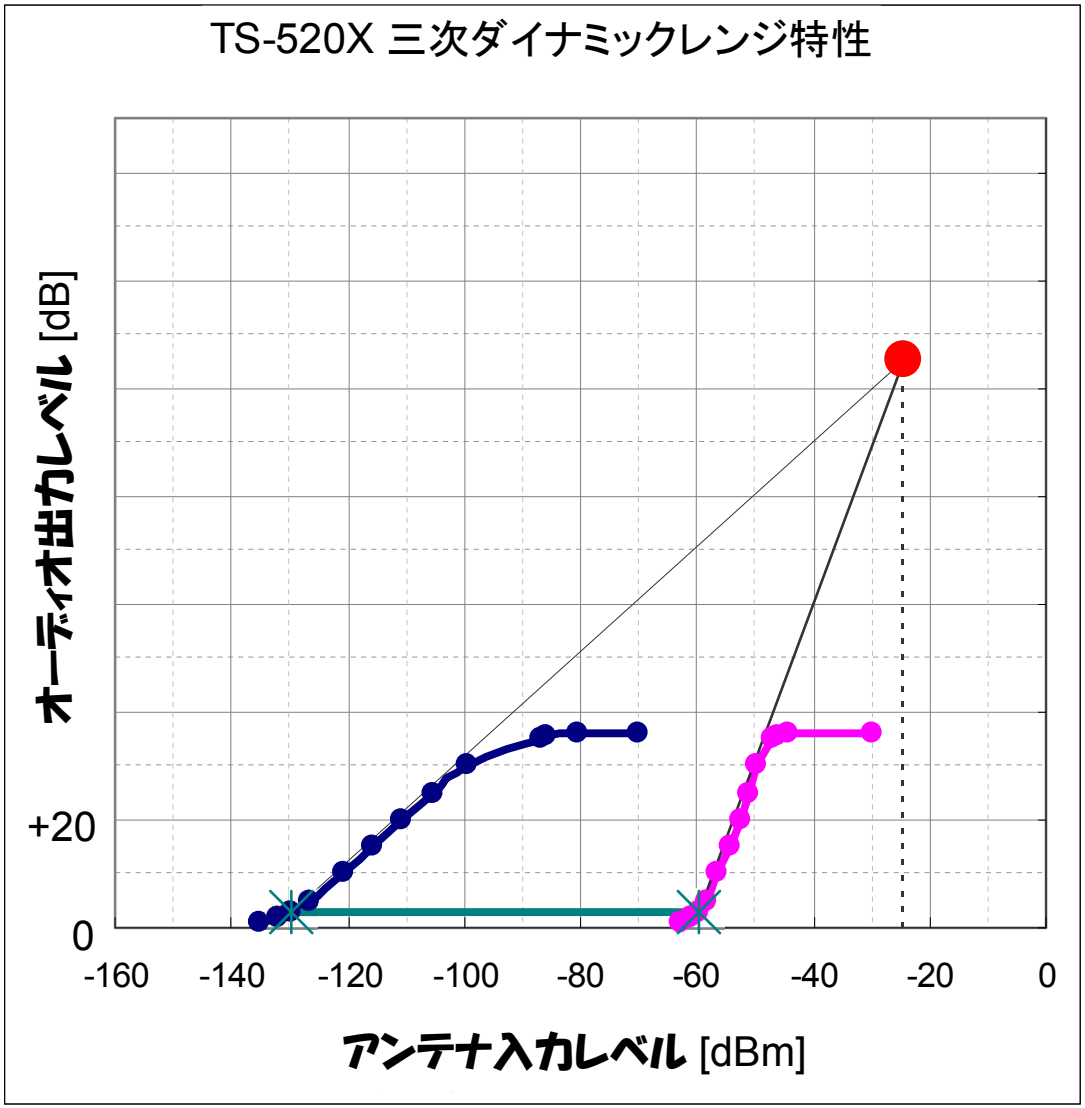
測定



二つのグラフを重ねてみました。

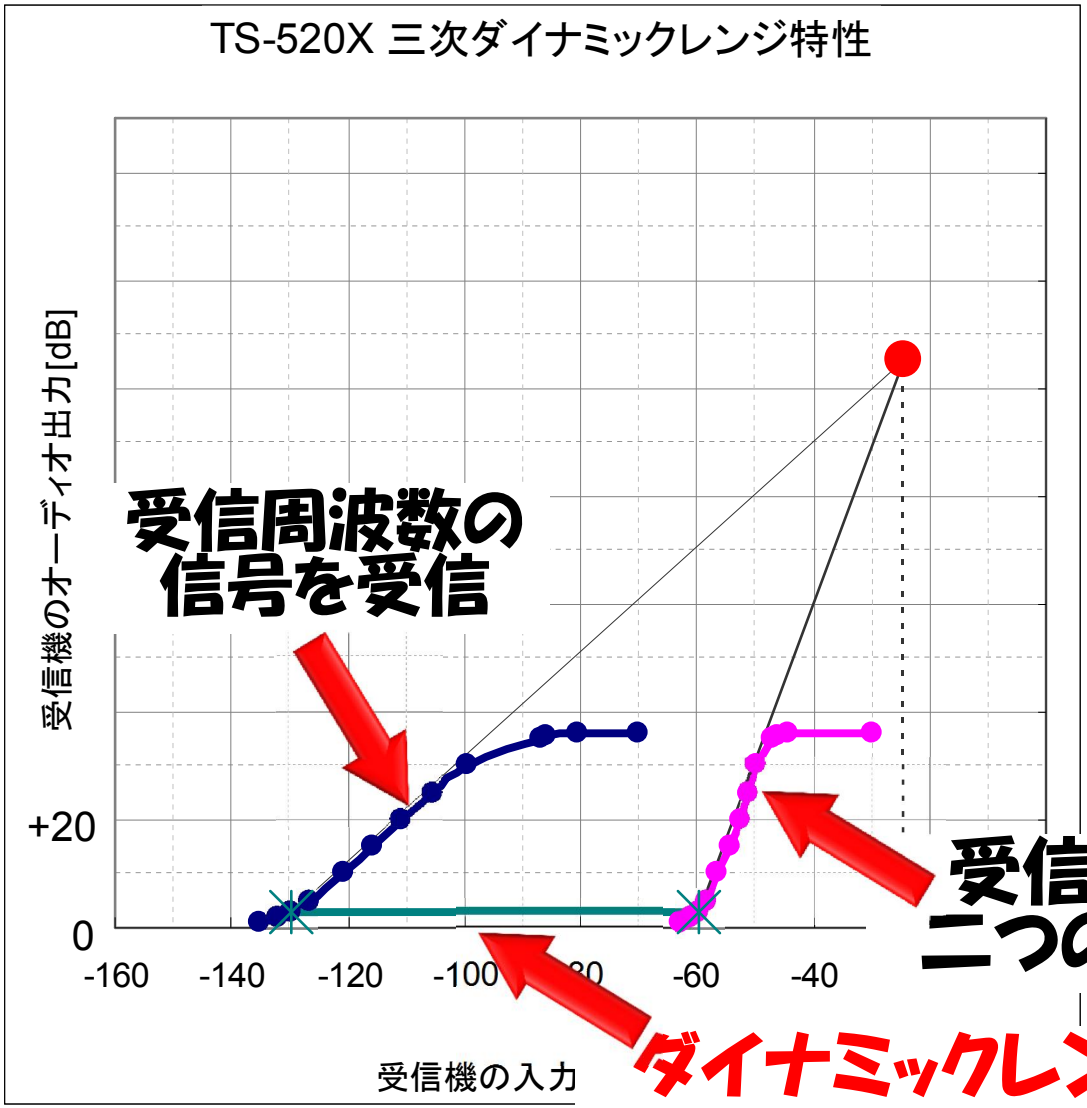
この形のグラフを、どこかで見たことがありませんか？

測定



説明のための補助線が入ると、このグラフが、「ダイナミックレンジ」のグラフと同じであることがお分かりになると思います。

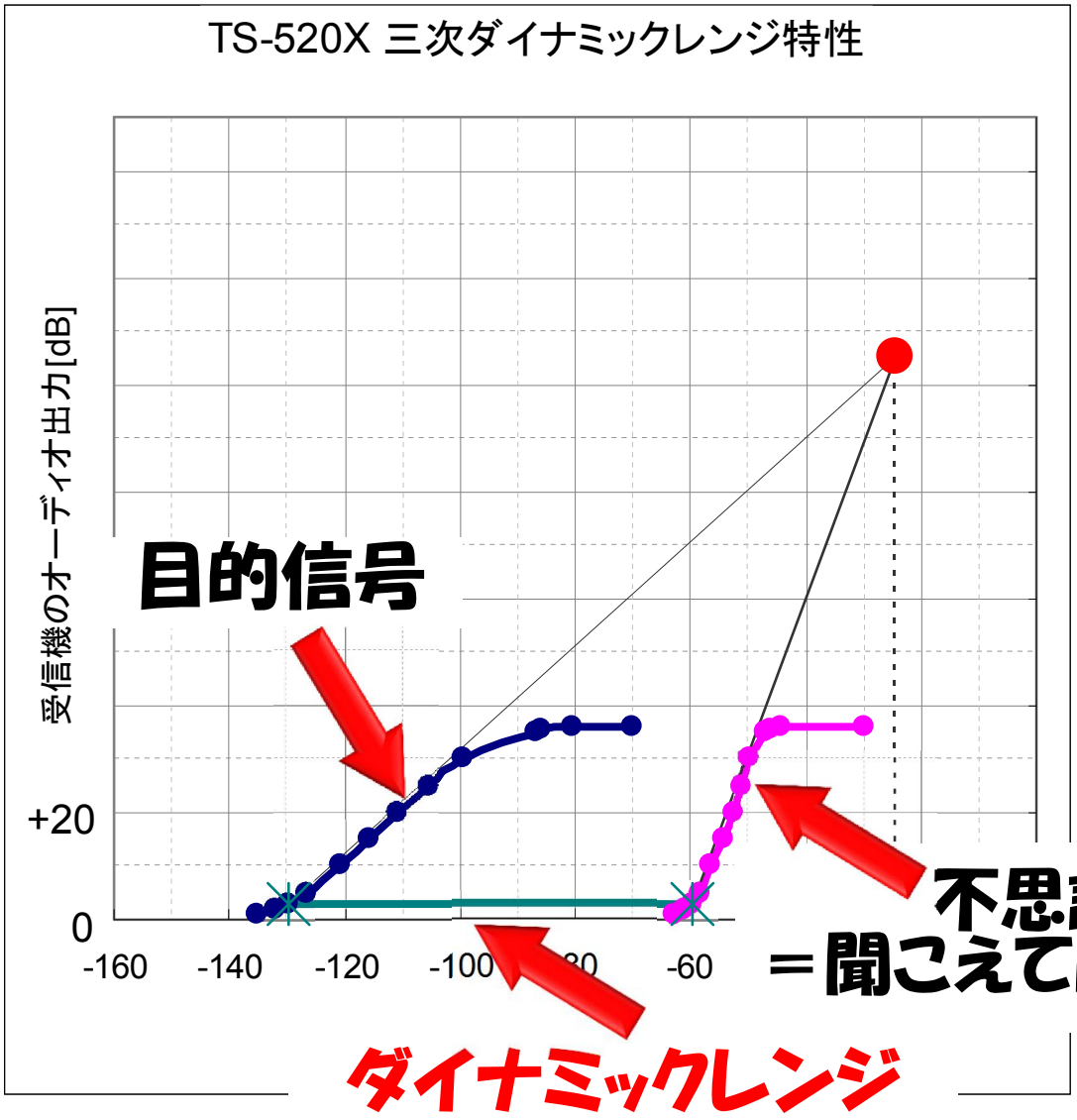
測定



まず、青いグラフとピンクのグラフを結ぶ緑色の線に注目します。

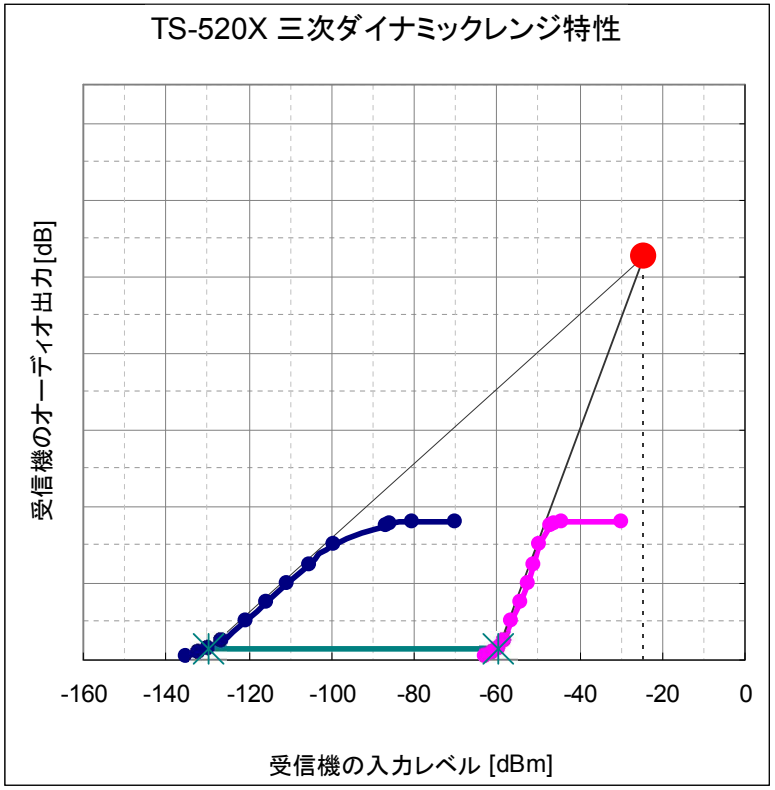
図では、この長さが「ダイナミックレンジ」を表しています。

測定



不思議な信号を排除したい。
⇒ピンク色のグラフが右にあるほど良い。
⇒ダイナミックレンジが大きい。

測定

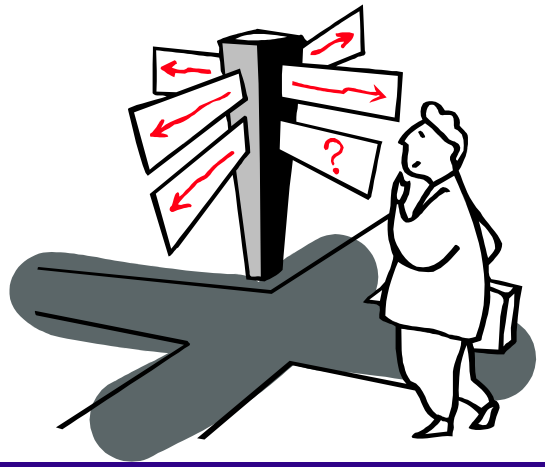


このグラフの結果を数値としてまとめると‥

TS－520X
ダイナミックレンジ 70．3dB

測定条件
受信周波数：7．14MHz
妨害波：7．08／7．02MHz
モード：CW、帯域幅：500Hz
AGC：OFF‥

5. ダイナミックレンジまとめ



ダイナミックレンジまとめ

・オーディオやカメラのダイナミックレンジ
　一つの信号の最小値と最大値で定義。

・HF受信機のダイナミックレンジ
　今回の測定法では、**希望信号**と、
　二つの別の信号で作られる**妨害信号**で
　定義。

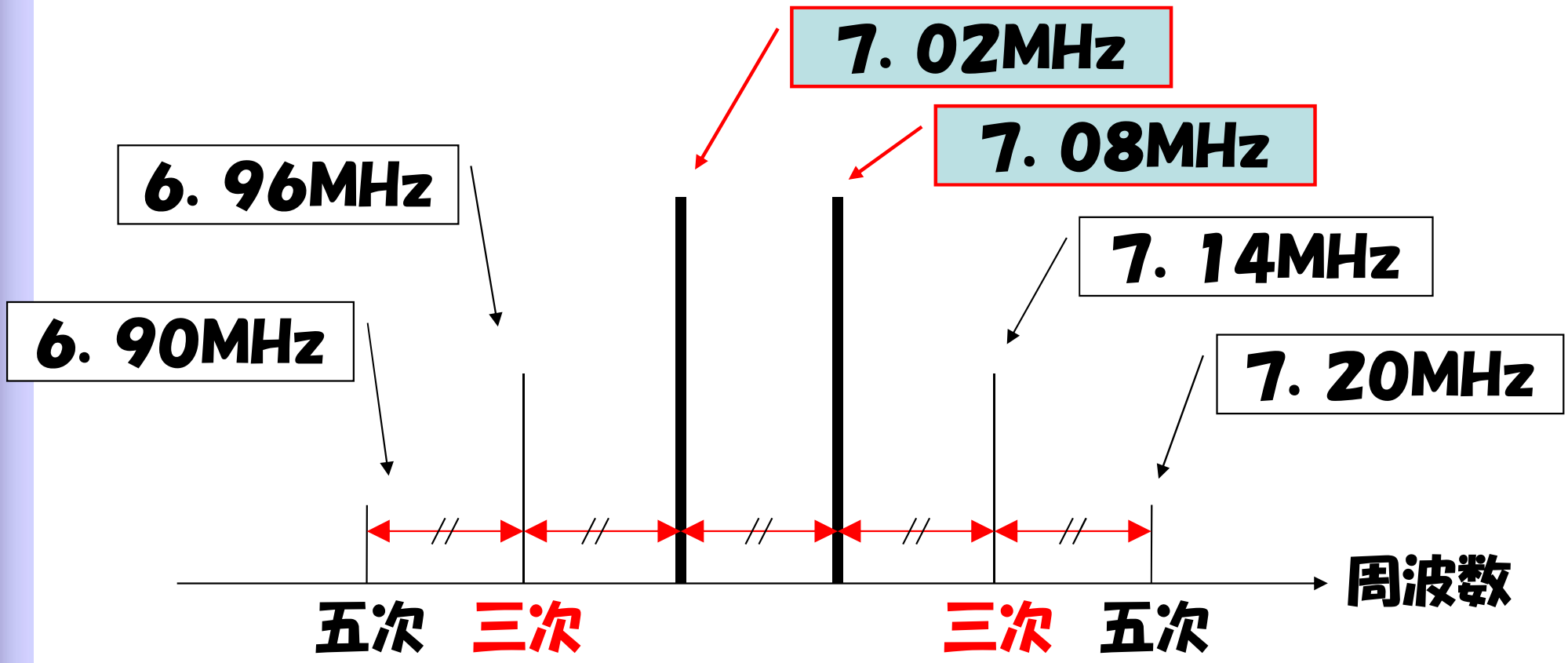
ダイナミックレンジまとめ

この講演で説明した「ダイナミックレンジ」は「三次相互変調歪」に関する現象で、「**三次ダイナミックレンジ**」などと呼ばれています。

（他には、「ブロッキング・ダイナミックレンジ」や「レシプロカルミキシング・ダイナミックレンジ」などがあります。）

ダイナミックレンジまとめ

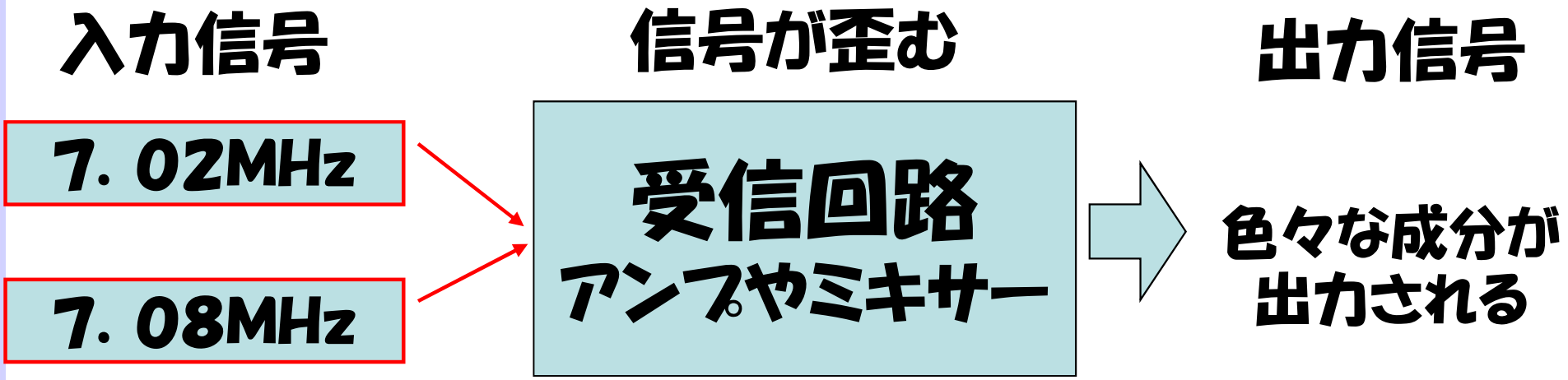
「三次ダイナミックレンジ」の「三次」とは



二つの信号の間隔で歪が発生

ダイナミックレンジまとめ

二つの信号の間隔で歪が発生する理由



A：**直流**
+Bcos(2πf1t)+Ccos(2πf2t)：**基本波**
+Dcos{2π(2f1t)}+Ecos{2π(2f2t)}：**基本波の2倍**
+Fcos{2π(f1+f2)t}+Gcos{2π(f2-f1)t}：**基本波の和と差**
+Hcos{2π(3f1)t}+Icos{2π(3f2)t}：**基本波の3倍**
+Jcos{2π(2f1-f2)t}+Kcos{2π(2f2-f1)t}：**2倍と基本波の差**
+Lcos{2π(2f1+f2)t}+Mcos{2π(2f2+f1)t}：**2倍と基本波の和**
+……

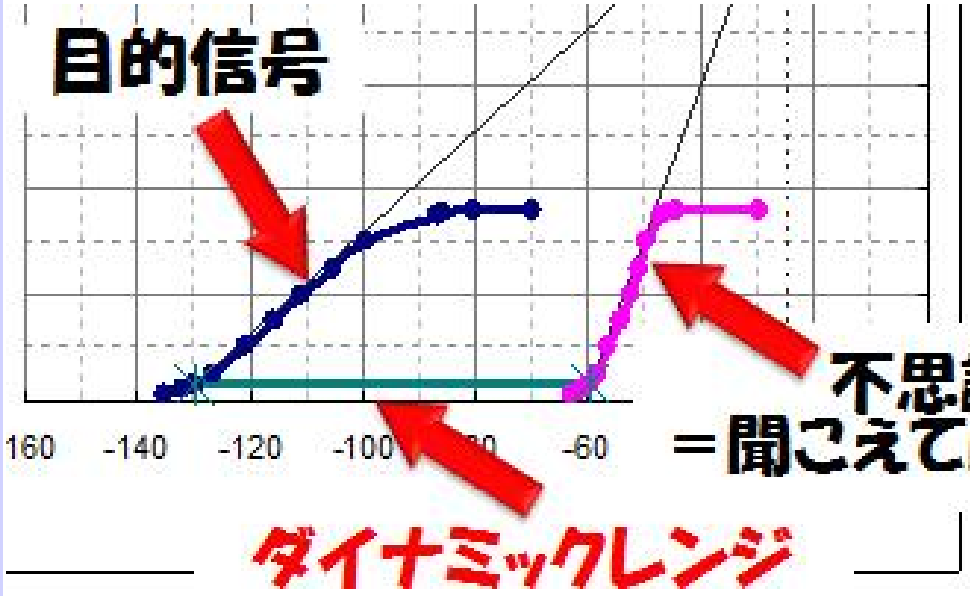
ダイナミックレンジまとめ

ダイナミックレンジとは？

不思議な信号＝三次歪み成分

⇒二つの信号で作られる歪み信号

と　目的信号のレベルの差



ダイナミックレンジが大きい⇒

妨害が発生しにくい

ダイナミックレンジまとめ

疑問：自分のトランシーバーも不思議な信号が聞こえないか心配です。

⇒今回使用したトランシーバーは40年以上前に設計された製品です。現代のトランシーバーは回路構成も異なっており、今回の条件では同じ現象は起きないと思います。

確かめてみましょう。動画4

ダイナミックレンジまとめ：動画4

TS-590VG
10W
7.02MHz
CW送信

ATT
40dB

TS-590V
10W
7.08MHz
SSB送信

ATT
40dB

二つの信号を合成

PAD
6dB

ATT
40dB

TS-590SG
7.14MHz
SSB受信

不思議な信号は聞こえるかな？

ダイナミックレンジまとめ

結果：TS－590SGでは、不思議な信号は、受信できませんでした。

数字で比較

測定条件：PRE AMP オン、BW：500Hz
受信周波数：7．14MHz、
妨害を与える信号：－60／－120kHz

ダイナミックレンジ（実測値）

・TS－520X　　70．3dB
・TS－590SG　101．3dB

本日はご来場いただき
ありがとうございました。

また来年お会いしましょう！

73 & 88

©JAIA