

正常区間反射光割合算出式 について

ビー・ビー・バックボーン株式会社



はじめに

JANOG57発表資料にて登場させた
瞬断時における正常区間の反射光割合を求める式の成り立ちと
理論の土台となる知識について記載する

$$1 - \frac{1 - 10^{-x/10}}{1 - 10^{-y/5}}$$

x=全反射減衰量の変動量(dB) y=損失の変動量(dB)

なお、この資料においては曲げなどによる損失増大・反射光減少の場合
についてのみ記載し、半刺し・抜去などによる反射光の増大については
記載しない

目次

- 全反射減衰量について
- 損失が反射光に与える影響
- 失われた反射光の割合
- 正常区間反射光割合算出

全反射減衰量について

全反射減衰量

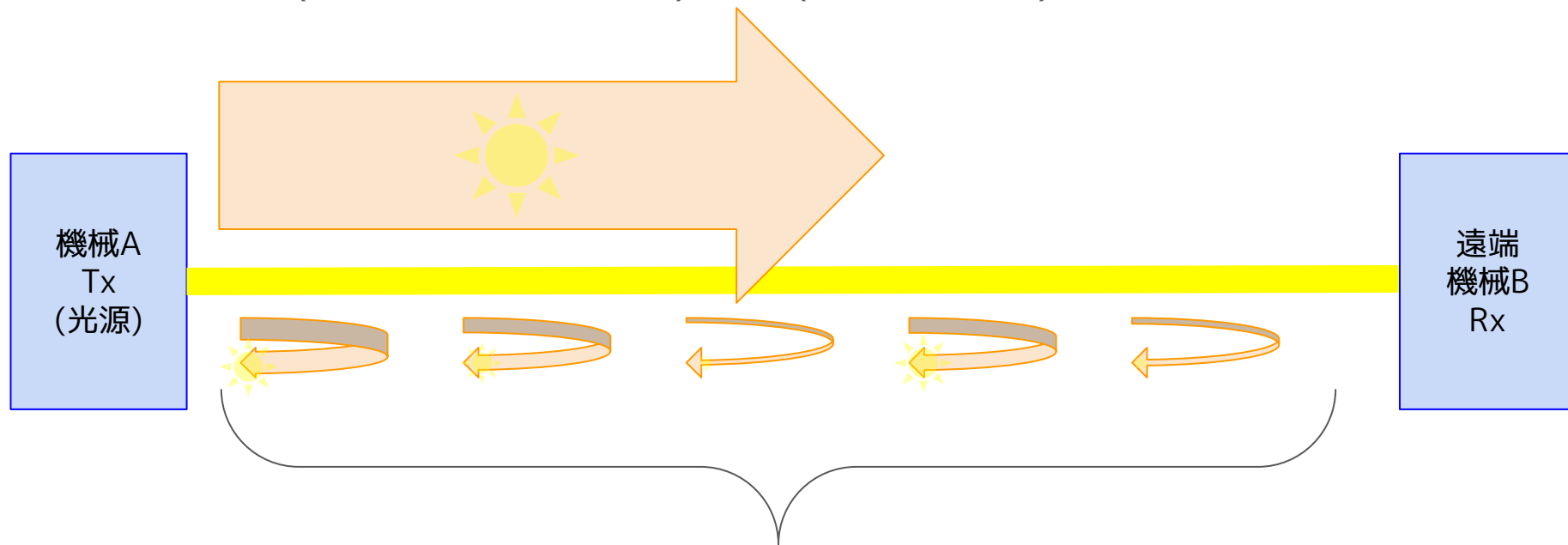
- 送信光レベルに対する
送信ポートに戻ってきた反射光のレベルの比率に
マイナスをかけたもの(dB)

$$-10 \log_{10} \left(\frac{\text{反射光パワー}}{\text{送信光パワー}} \right)$$

- 全反射減衰量40dBの場合、
-40dB(送信光の1万分の1、0.01%)が戻ってきた光
- 値が大きいほど反射光が少なく、
値が小さいほどより多くの光が反射してきている

全反射減衰量のイメージ

基本的にTx(光源・送信ポート)→Rx(受信ポート)に光が進んでいく



様々な箇所、様々な要因で光が反射してTxポートに戻ってくる
→全ての反射光を合わせて全反射減衰量は計算される

全反射減衰量のイメージ

送信光0dBmの時

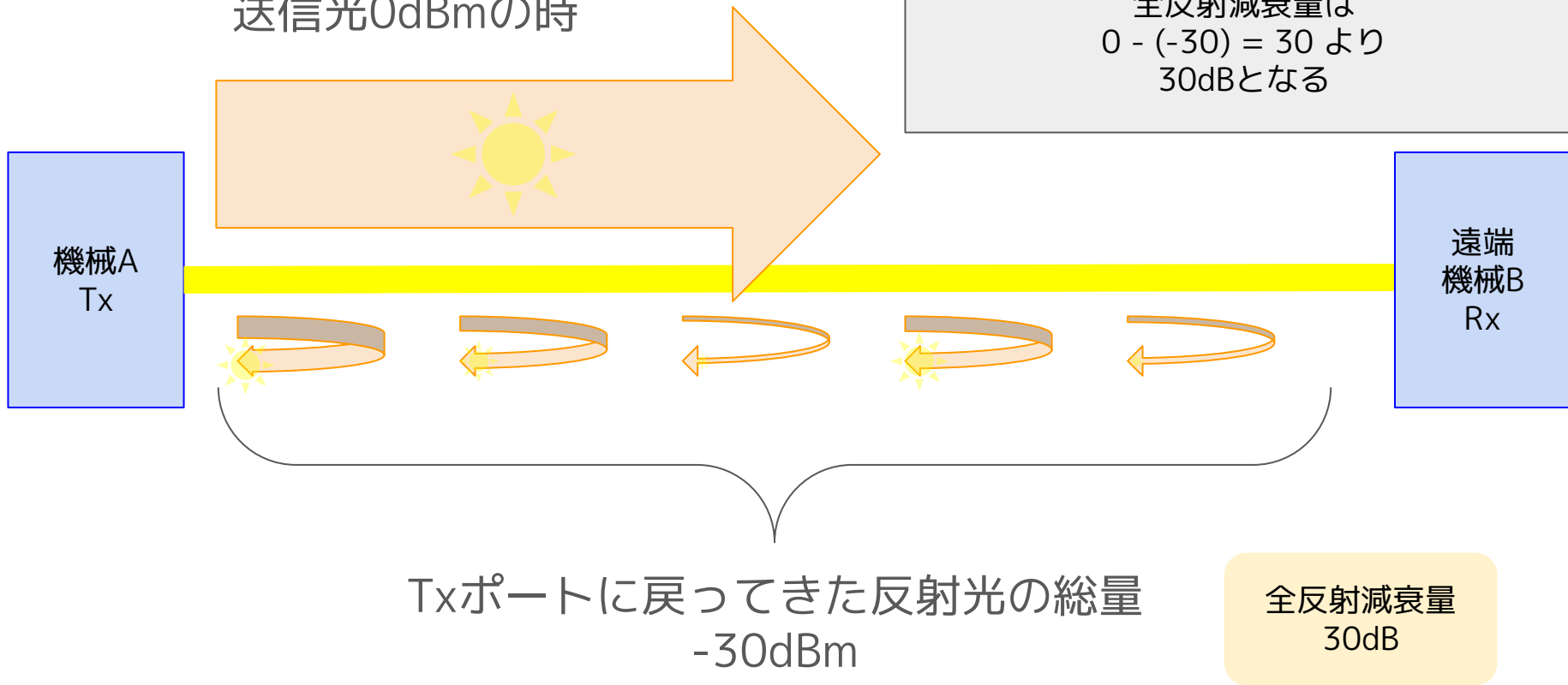
送信光が0dBm、反射光が-30dBmの際
全反射減衰量は
 $0 - (-30) = 30$ より
30dBとなる

機械A
Tx

遠端
機械B
Rx

Txポートに戻ってきた反射光の総量
-30dBm

全反射減衰量
30dB



全反射減衰量のイメージ

送信光-15dBmの時

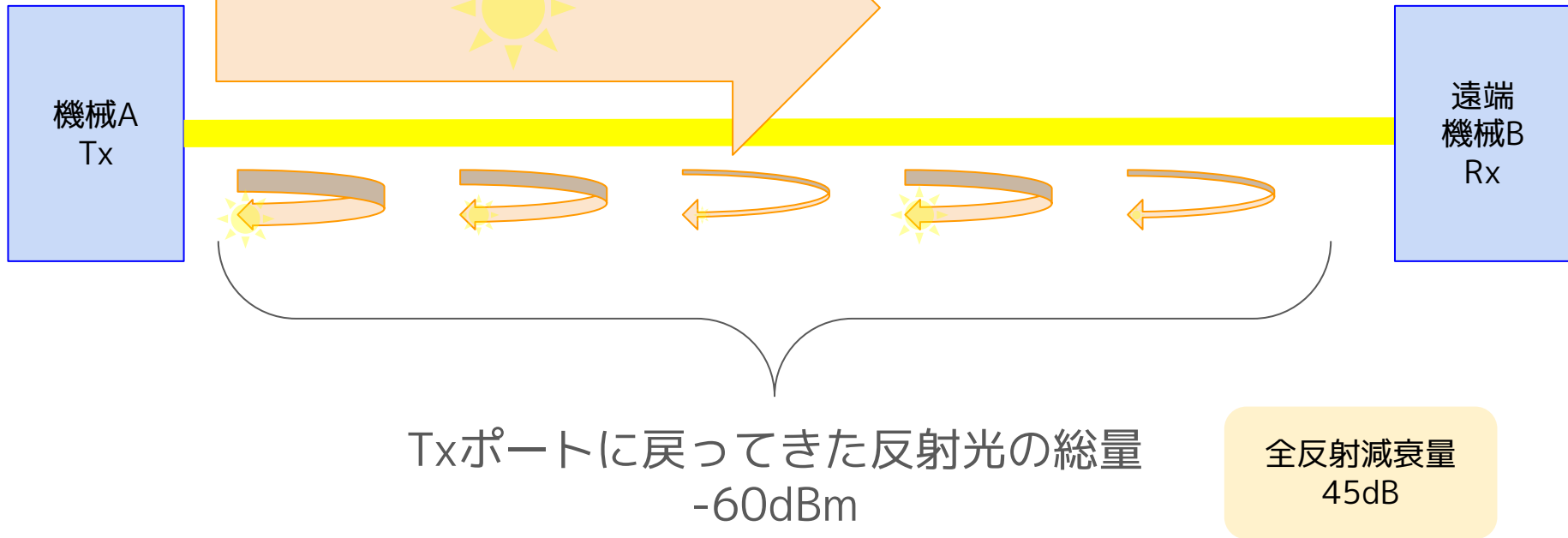
送信光が-15dBm、反射光が-60dBmの際
全反射減衰量は
 $-15 - (-60) = 45$ より
45dBとなる

機械A
Tx

遠端
機械B
Rx

Txポートに戻ってきた反射光の総量
-60dBm

全反射減衰量
45dB



故障による全反射減衰量への影響

正常時

送信光0dBmの時

故障による全反射減衰量への影響について

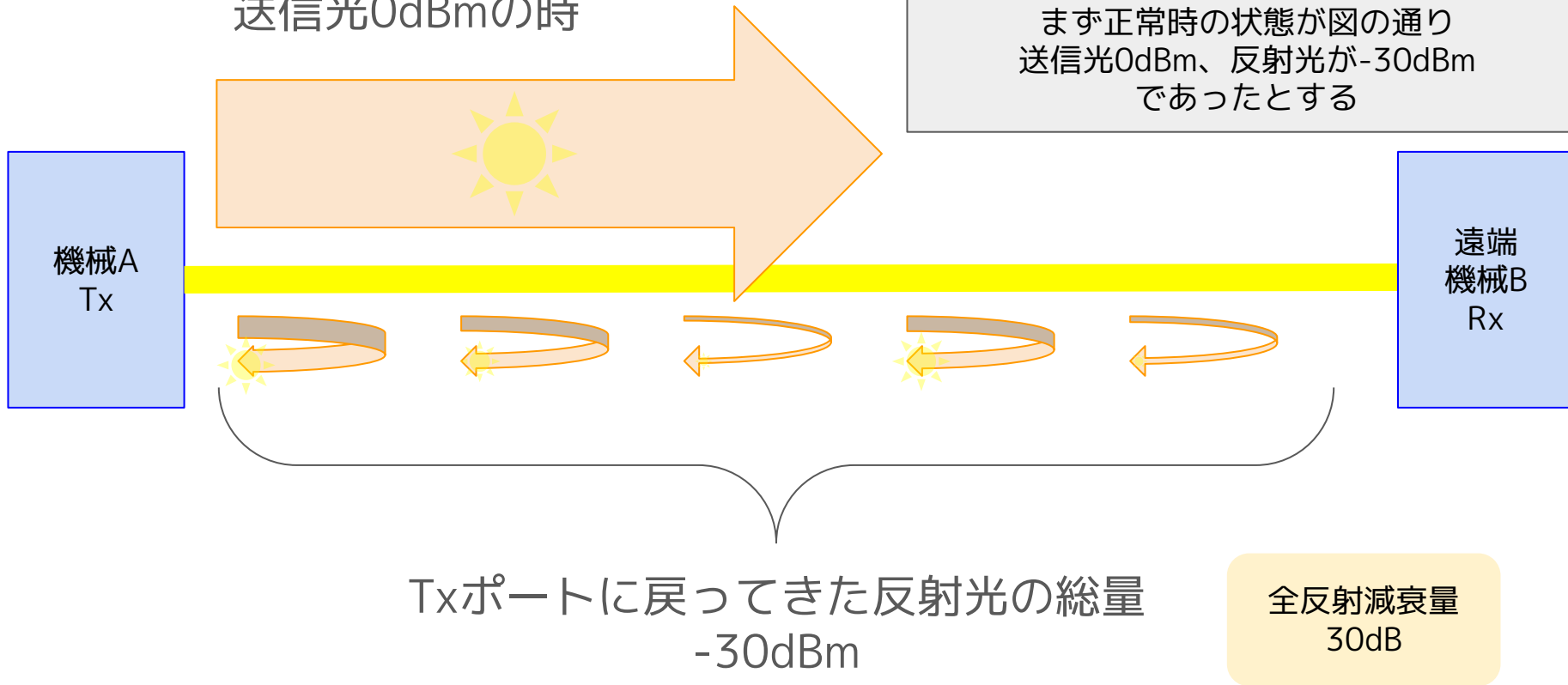
まず正常時の状態が図の通り
送信光0dBm、反射光が-30dBm
であったとする

機械A
Tx

遠端
機械B
Rx

Txポートに戻ってきた反射光の総量
-30dBm

全反射減衰量
30dB



故障による全反射減衰量への影響

故障時

送信光0dBmの時

ある地点で損失増大が発生した場合、
その地点を超えて進む光はレベルが減少し、
また反射光のレベルも減少する

結果、送信光は0dBmのまま変わらずとも
反射光のレベルが落ちることにより
全反射減衰量の値は増加する

機械A
Tx

× 損失増大

遠端
機械B
Rx

損失の影響で戻ってくる光レベルが弱くなる
Txポートに戻ってきた反射光の総量
-40dBm

全反射減衰量
40dB

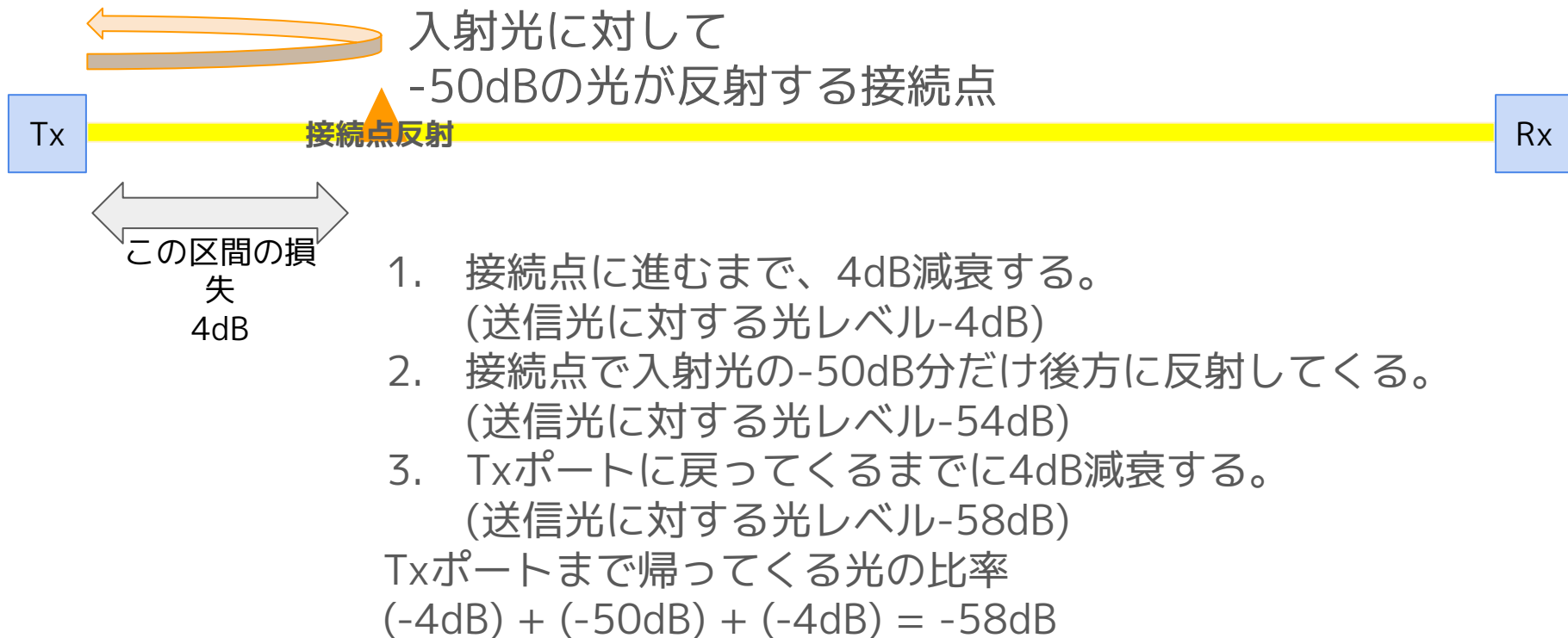
損失が反射光に与える影響

損失が反射光に与える影響

この項番では下記特徴についての話をする

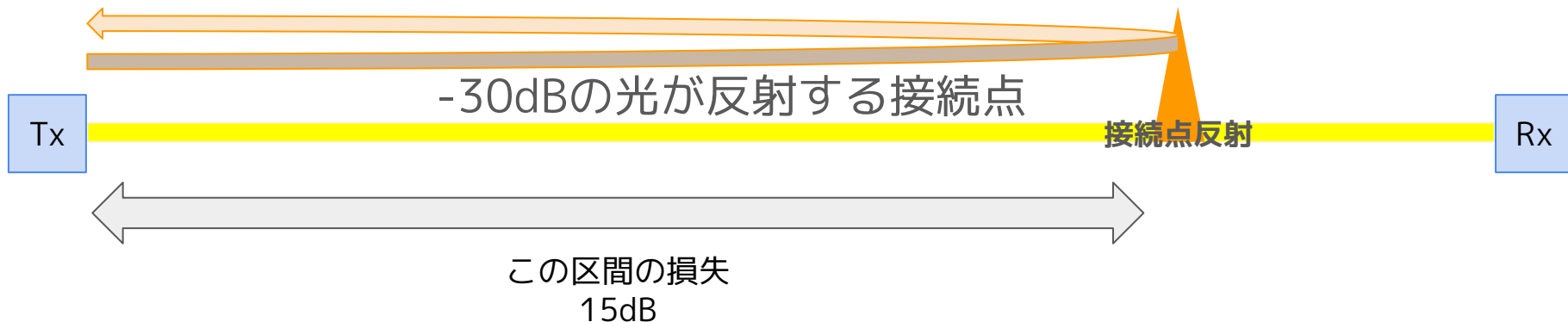
- 故障点以降の区間にて発生する反射光は
損失変動量の2倍だけ反射光レベルが小さくなる
- 故障点より手前の区間にて発生する反射光は
正常時も故障時も変わらない

接続点によってポートに戻る反射光



区間損失の2倍だけ、反射光は小さくなる

おまけ知識：遠方の高反射イベント



Txポートまで帰ってくる光の比率

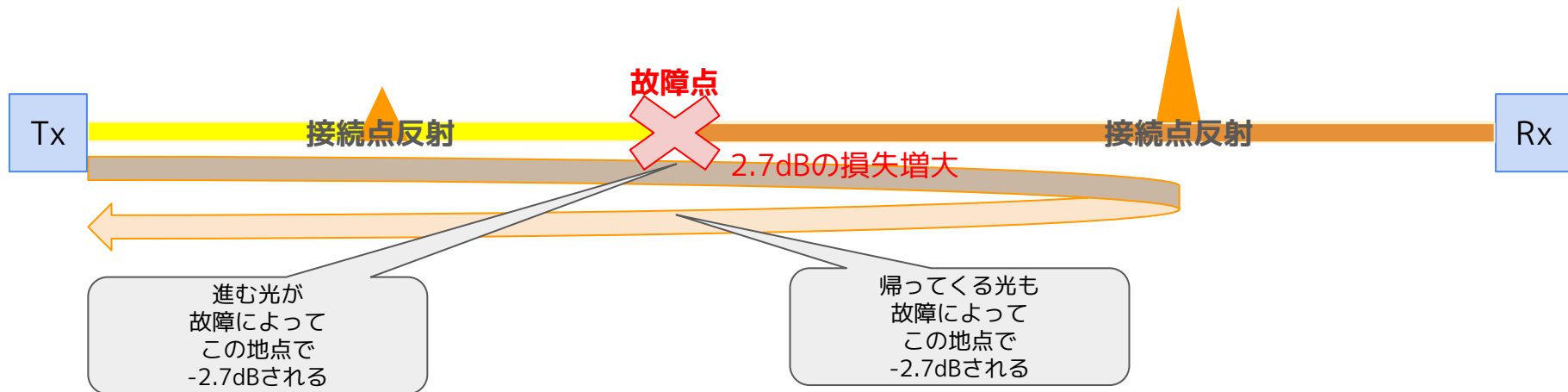
$$(-15\text{dB}) + (-30\text{dB}) + (-15\text{dB}) = -60\text{dB}$$

遠方になるほど、(区間損失が大きくなるほど)
高い反射点でも影響は非常に小さくなっていく

※あくまで全反射減衰量に対しての影響が小さいだけであり、信号品質が悪化しないわけではない

区間損失が大きくなる遠端は全反射減衰への影響が小さい。
逆に近端は全反射減衰への影響が大きい

損失増大の反射光への影響



1. 接続点に進むまで、15dBと2.7dB減衰する。
2. 接続点で入射光の-30dB分だけ後方に反射してくる。
3. Txポートに戻ってくるまでに15dBと2.7dB減衰する。

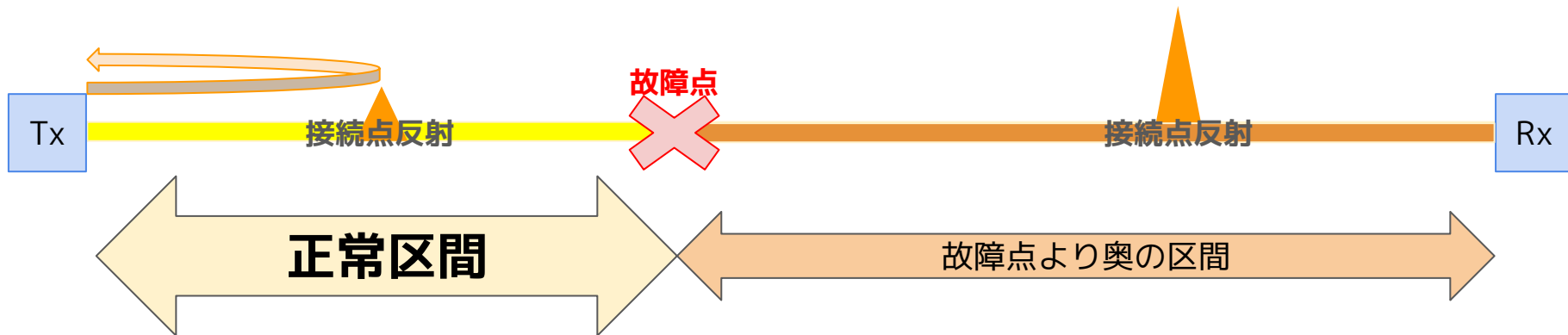
Txポートまで帰ってくる光の比率

$$(-15\text{dB}) + (-2.7\text{dB}) + (-30\text{dB}) + (-15\text{dB}) + (-2.7\text{dB}) = -65.4\text{dB}$$

正常時に対して、-5.4dBの光になる

**故障点以降の区間にて発生する反射光は
損失変動量の2倍だけ反射光レベルが小さくなる。**

故障点手前区間の反射光



故障点よりもTxポートに近い区間の反射光は
故障発生時も影響を受けず、正常時と同様の反射光となる

この故障点より手前の区間を便宜的に正常区間と呼ぶ

失われた反射光の割合

失われた反射光の割合

この項番では下記特徴についての話をする

- 全反射減衰量の変動量から故障によって失われた反射光の割合が求められる。

たとえ話

実際は非常に桁が小さいので大きな数字での例。

正常時は送信光の50%の光が反射して帰ってきていた。

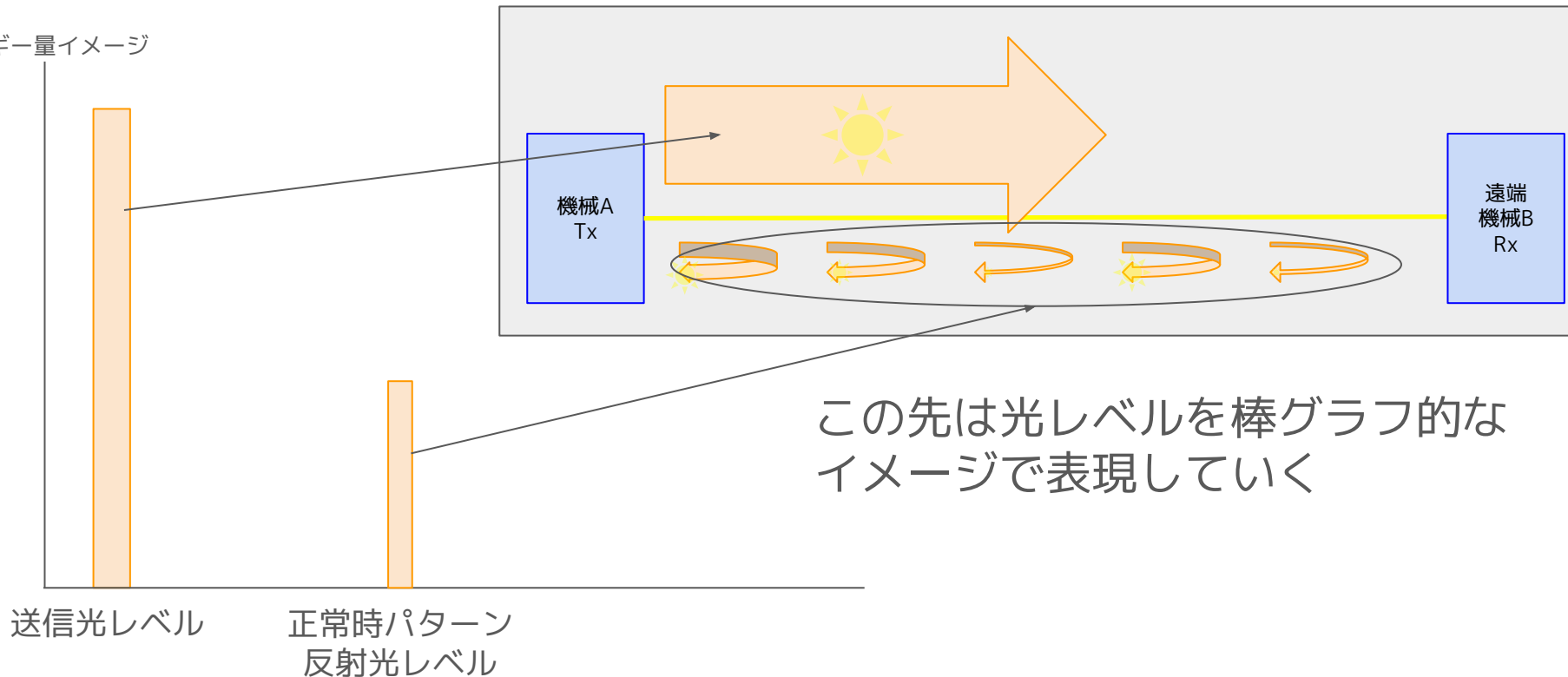
故障時は送信光の30%しか光が反射して帰ってこなかった。

→正常時に比べて故障時は反射光が60%しか帰ってこなかった。
40%の反射光が失われた。

という話を図を用いて説明する。

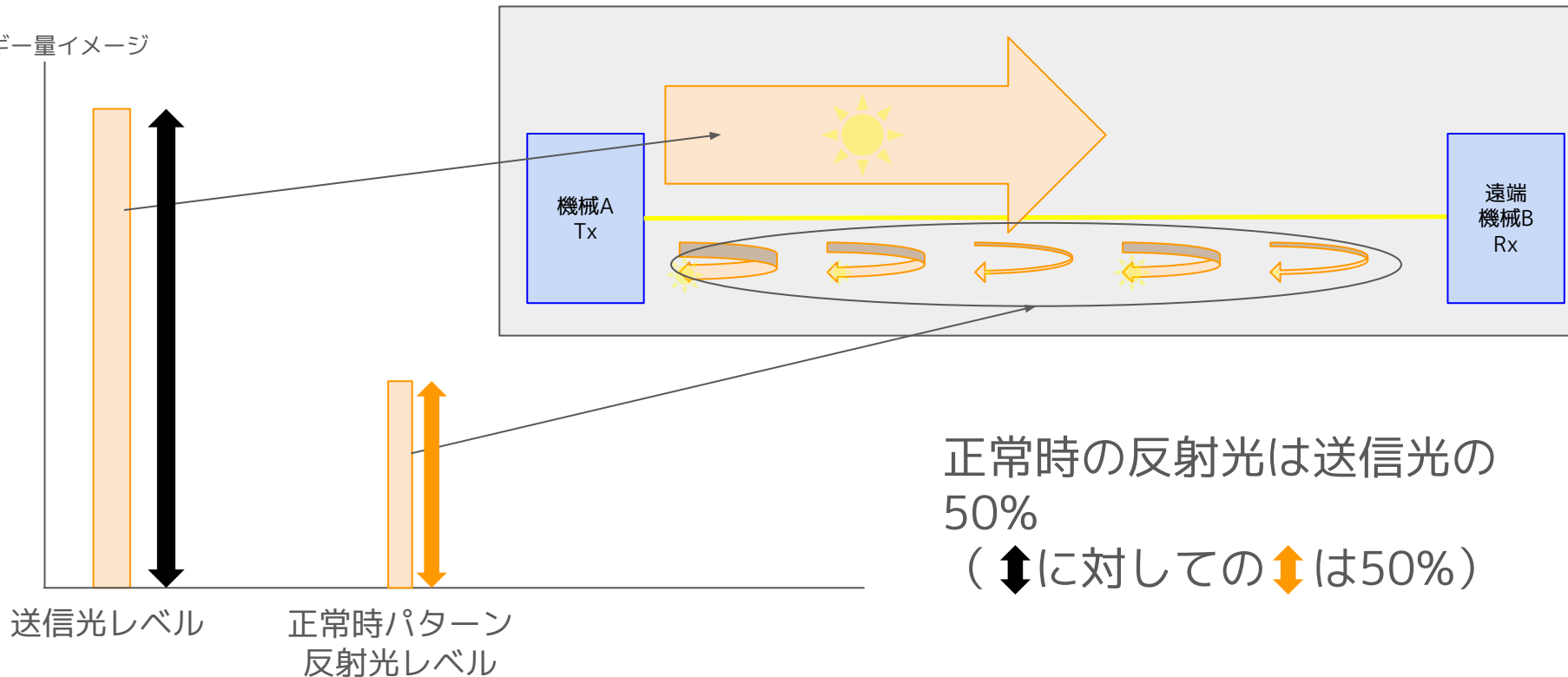
たとえ話

エネルギー量イメージ



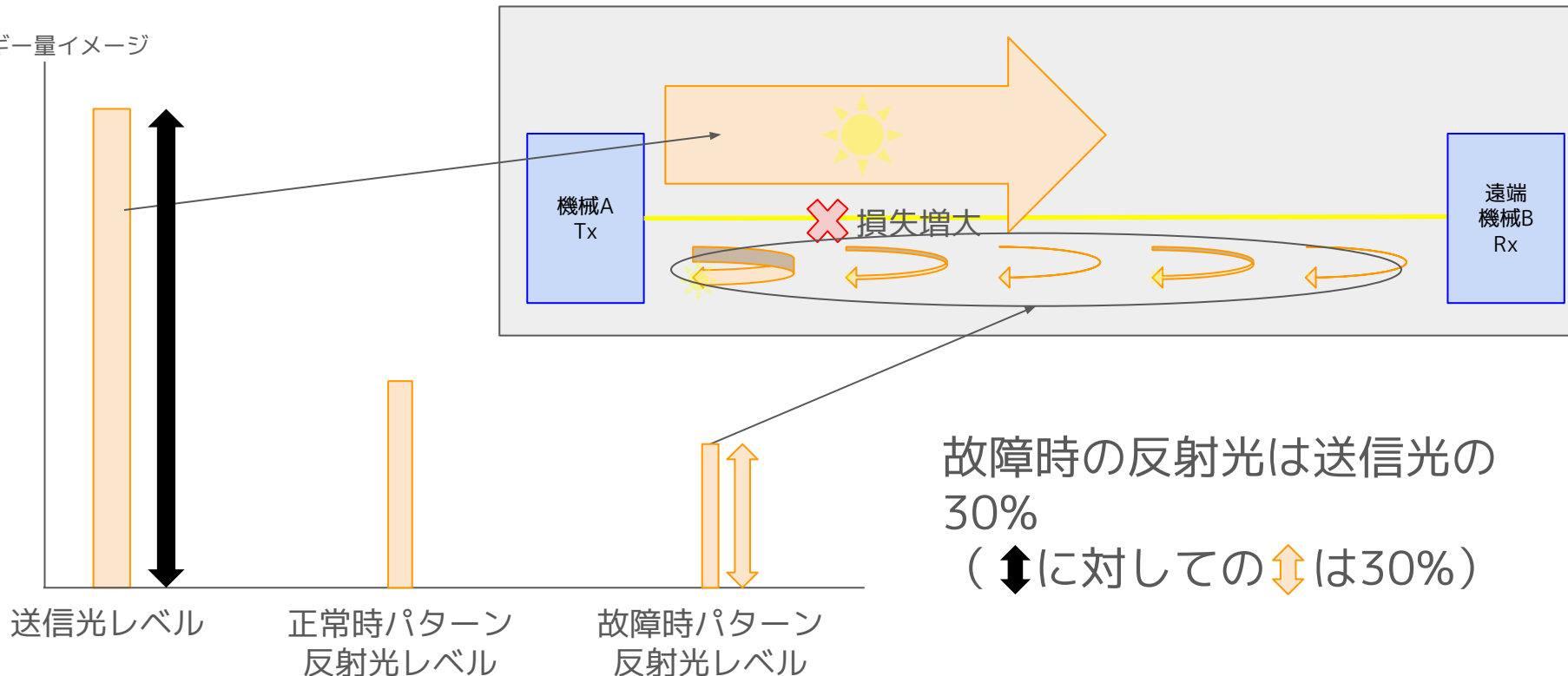
たとえ話

エネルギー量イメージ



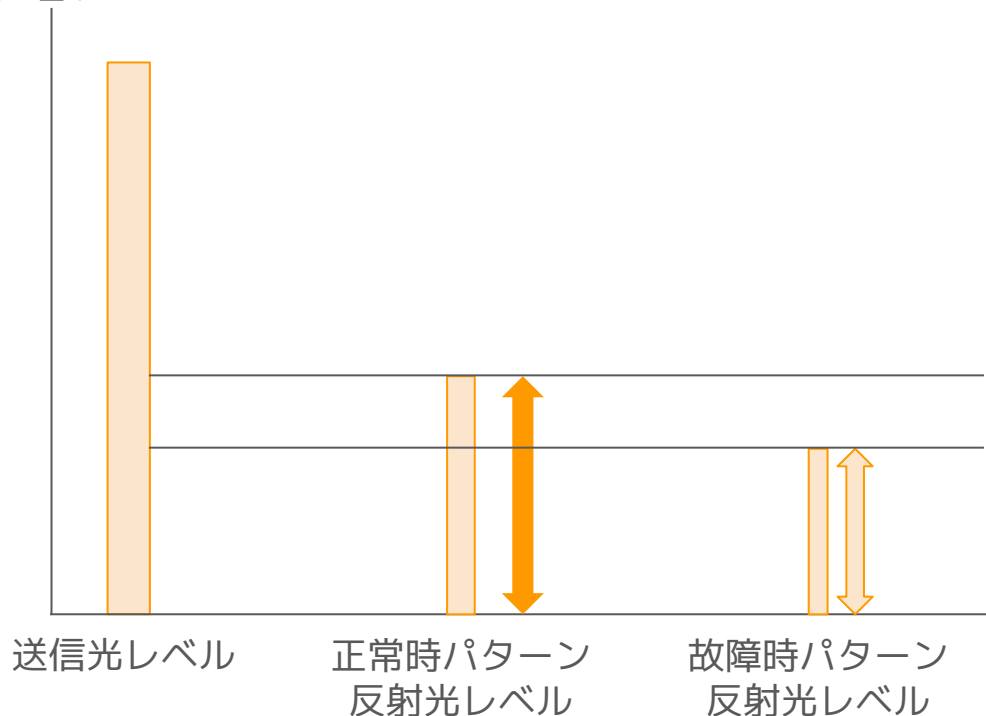
たとえ話

エネルギー量イメージ



たとえ話

エネルギー量イメージ



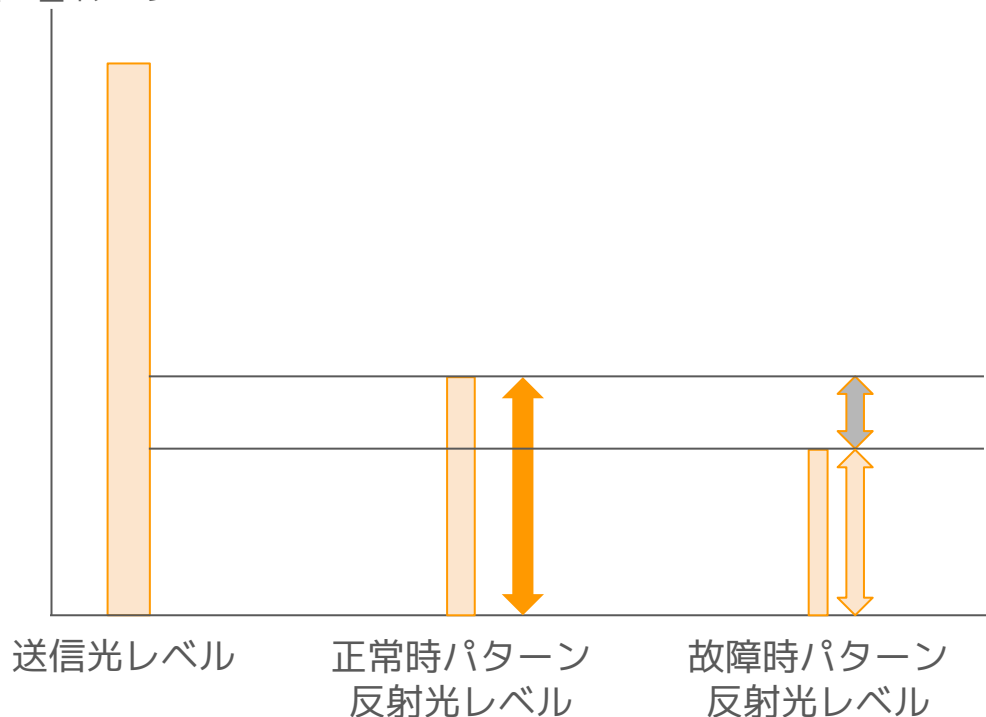
正常時の反射光に対して、
故障時の反射光は

$$\frac{\updownarrow 30\%}{\updownarrow 50\%} = 0.6 = 60\%$$

(\updownarrow に対しての \updownarrow は 60%)

たとえ話

エネルギー量イメージ



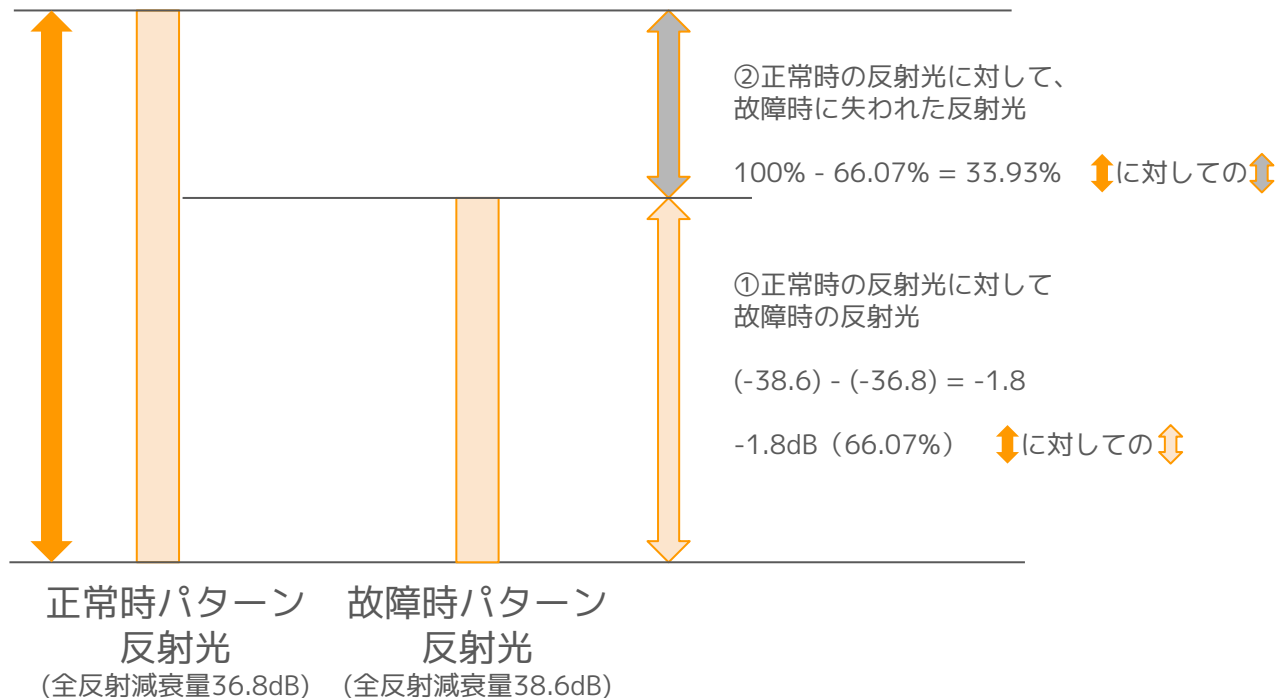
正常時の反射光に対して、
故障時に失われた反射光は

$$100\% - 60\% = 40\%$$

(に対してのは40%)

現実の例

例：全反射減衰量が36.8dB→38.6dBに変動



全反射減衰量の変動量から失われた反射光の割合が求められる

正常区間反射光割合算出

ここまでのポイント

- 故障点以降の区間にて発生する反射光は
損失変動量の2倍だけ反射光レベルが小さくなる
- 故障点より手前の区間にて発生する反射光は
正常時も故障時も変わらない
- 全反射減衰量の変動から故障によって失われた反射光の割合が求められる

例

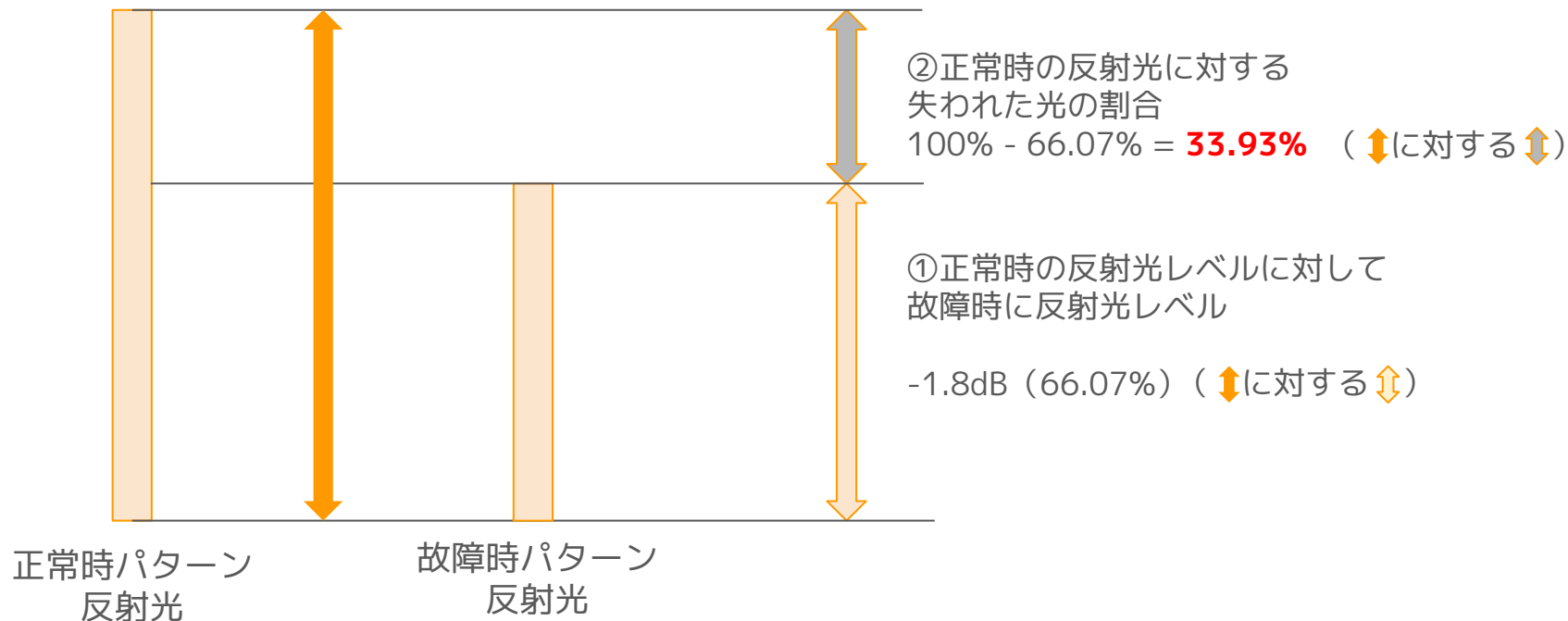
イメージを掴みやすいよう小さめの数値を例として、
正常区間反射光割合の算出を行う

区間損失変動：2.7dB増加

全反射減衰量変動：1.8dB増加

全反射減衰量の変動量(1.8dB)より

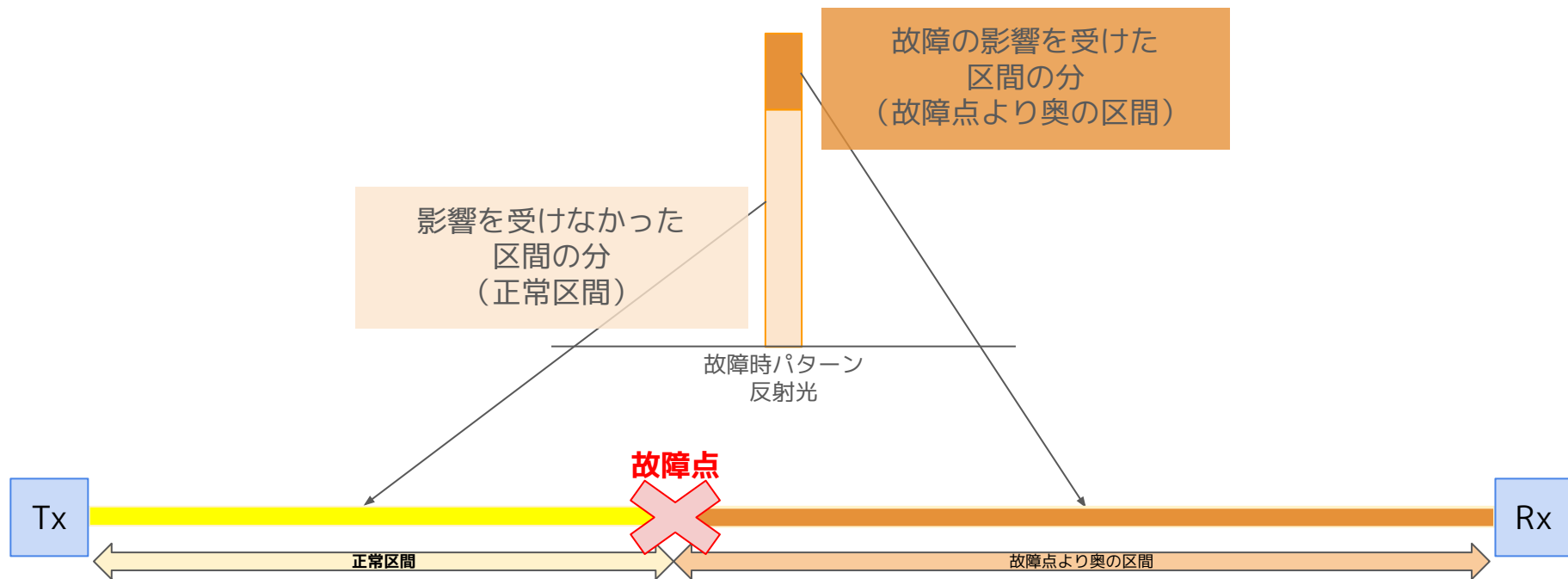
全反射減衰量の変動量より、失われた反射光の割合を求める



区間損失の変動量(2.7dB)より

ここからは反射光を下記二つの成分に分けて色を変えて表現する

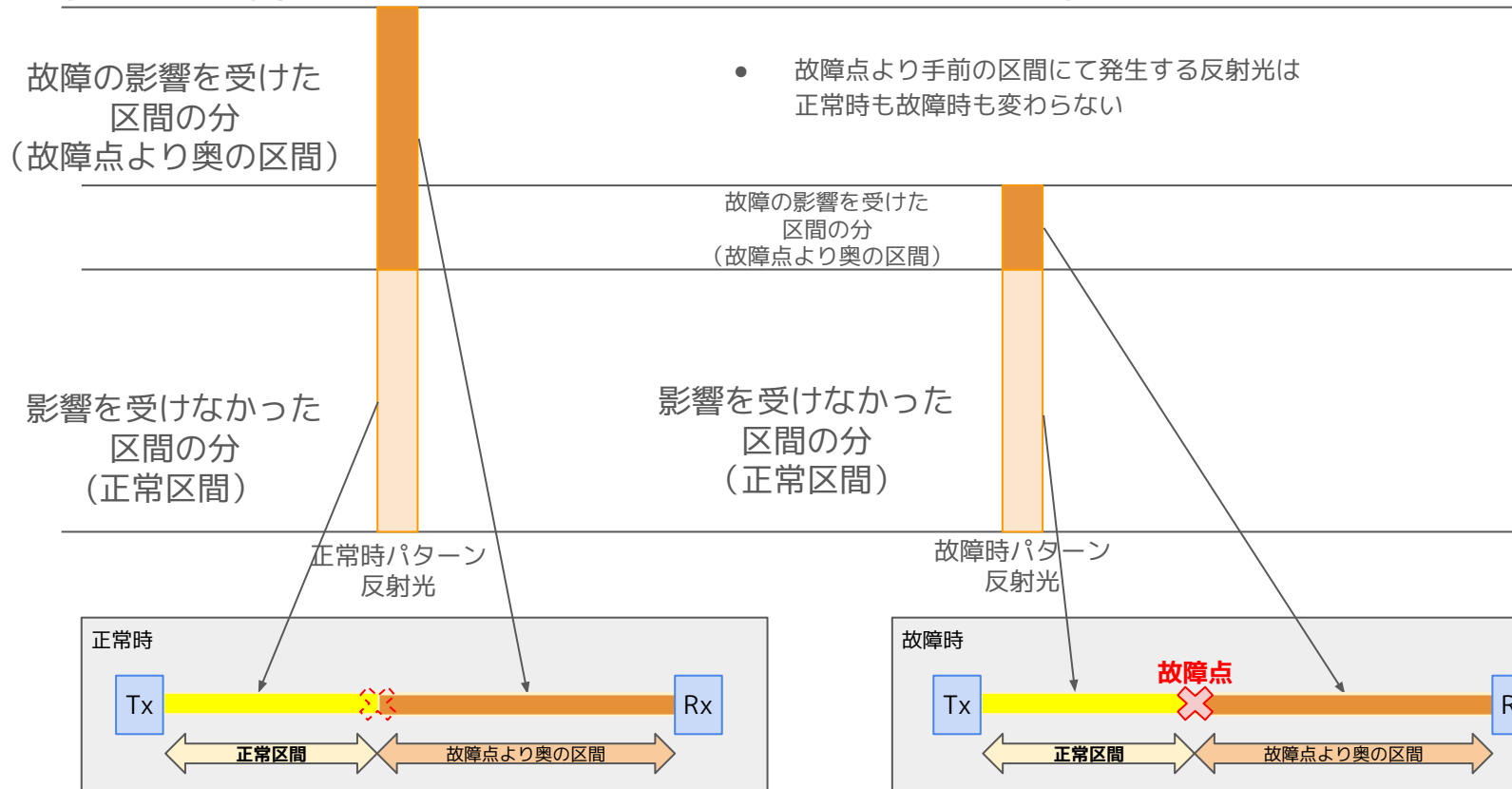
- 故障点より手前であり、損失増大の影響を受けない区間(正常区間)
- 故障点より奥であり、損失増大の影響を受けた区間



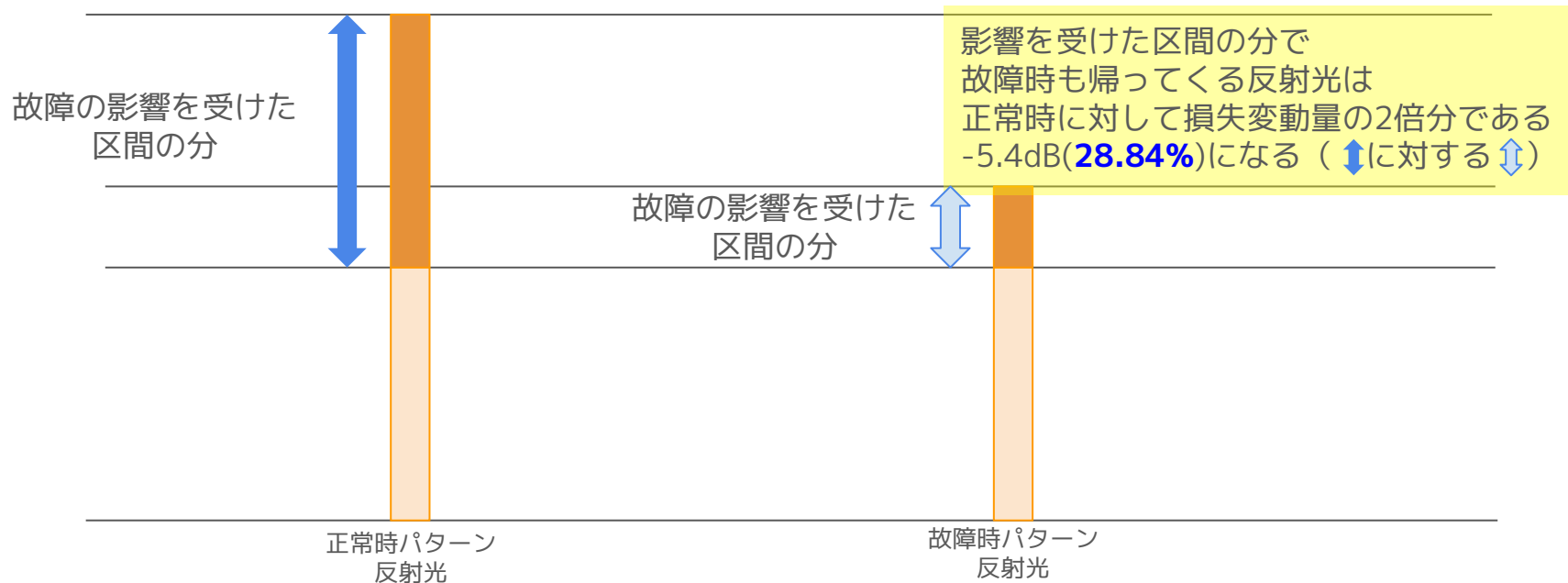
区間損失の変動量(2.7dB)より

正常時と故障時の反射光イメージを色分けして再掲

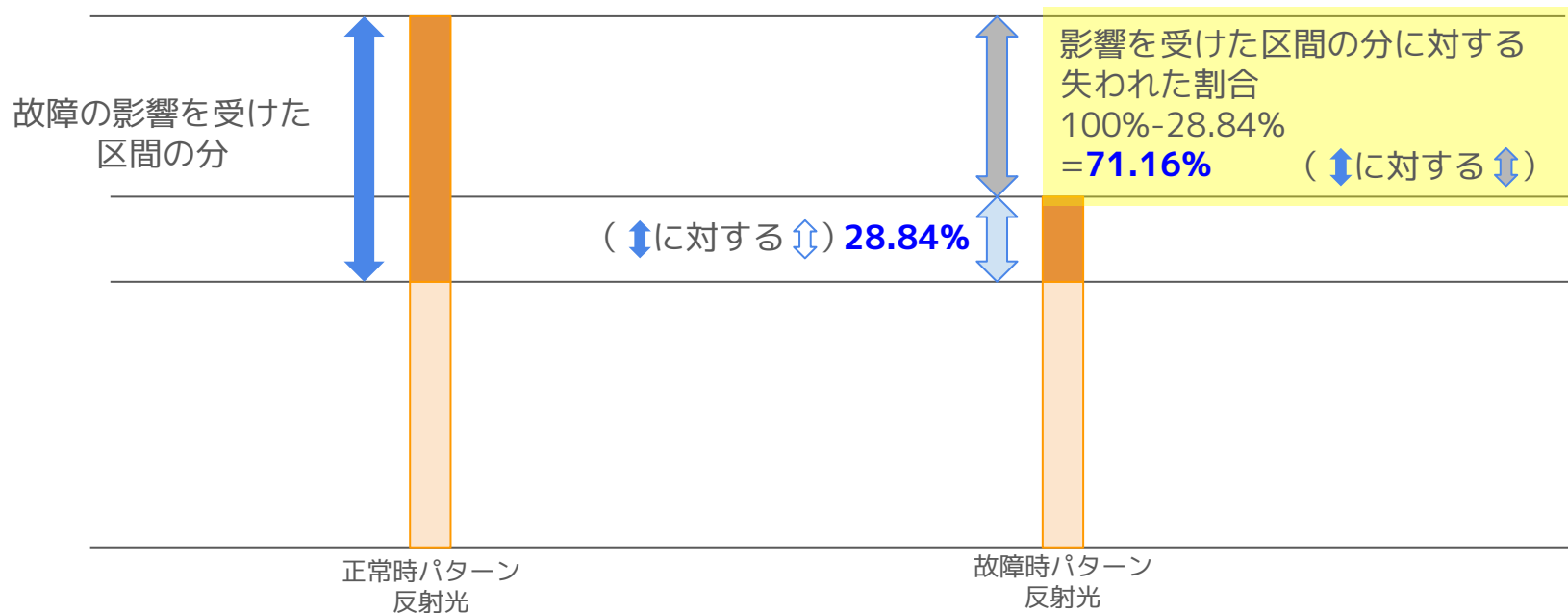
- 故障点より手前の区間にて発生する反射光は
正常時も故障時も変わらない



区間損失の変動量(2.7dB)より



区間損失の変動量(2.7dB)より

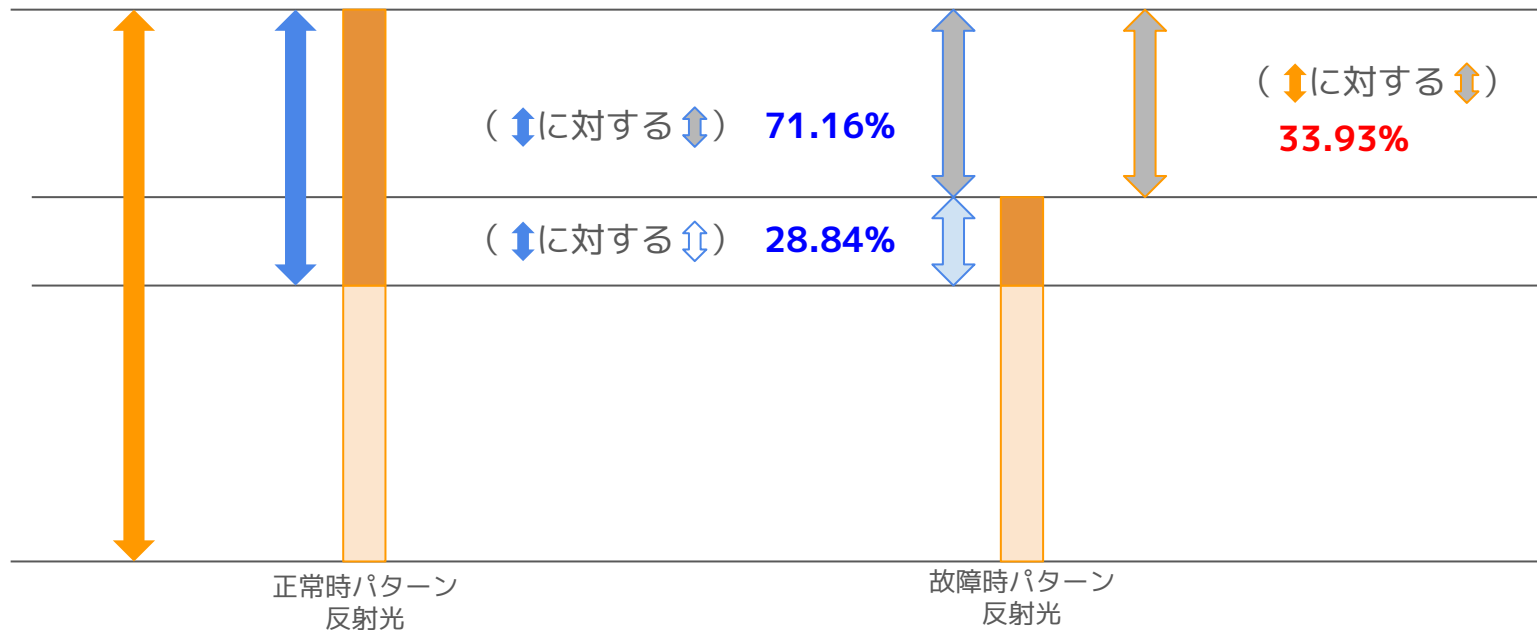


数値まとめ

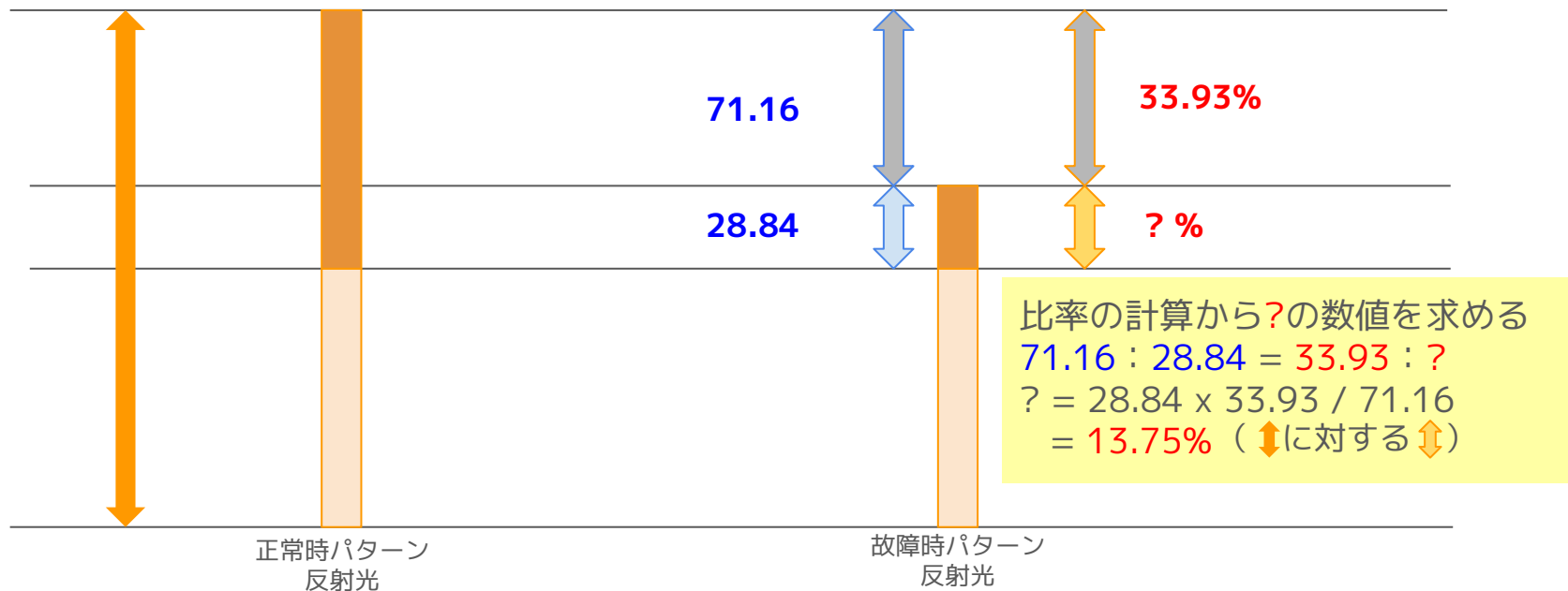
ここまでで登場し、この後も使う数値をまとめて記載。

全反射減衰量の変動量からの情報は青色

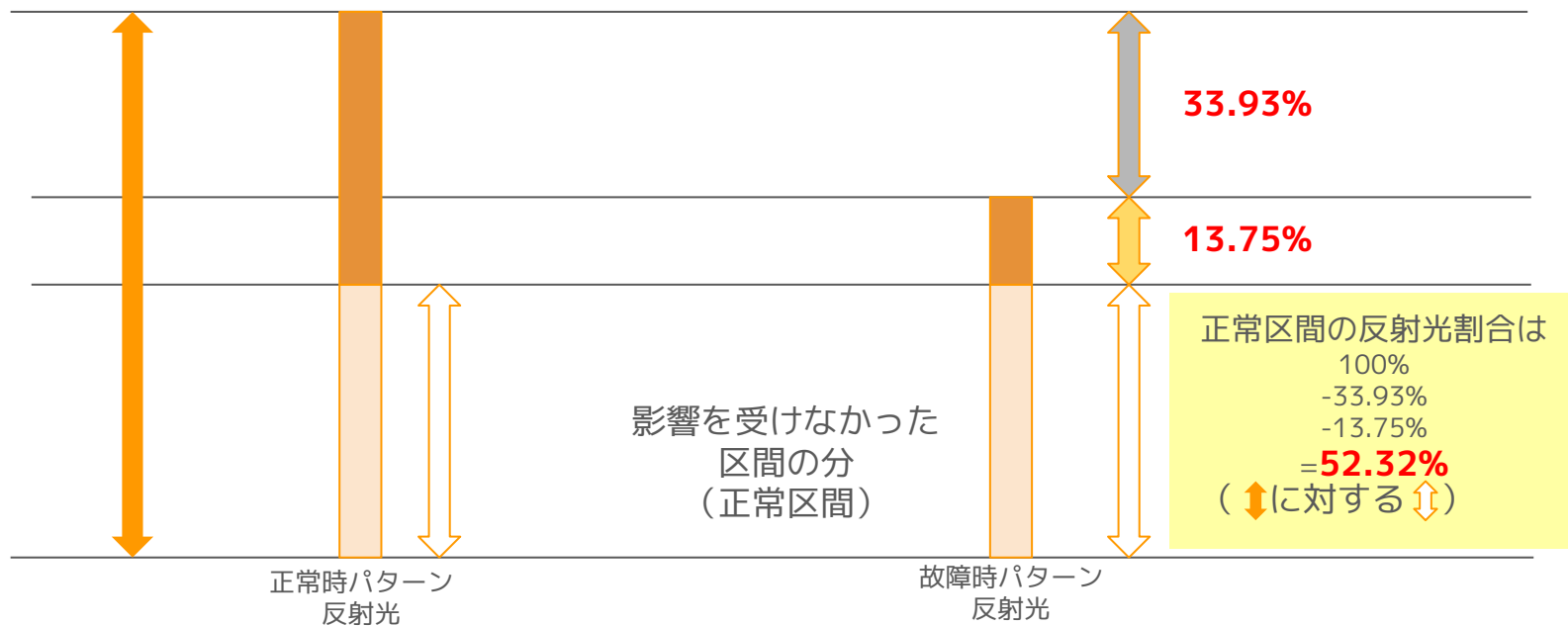
損失の変動量からの情報は赤・橙色



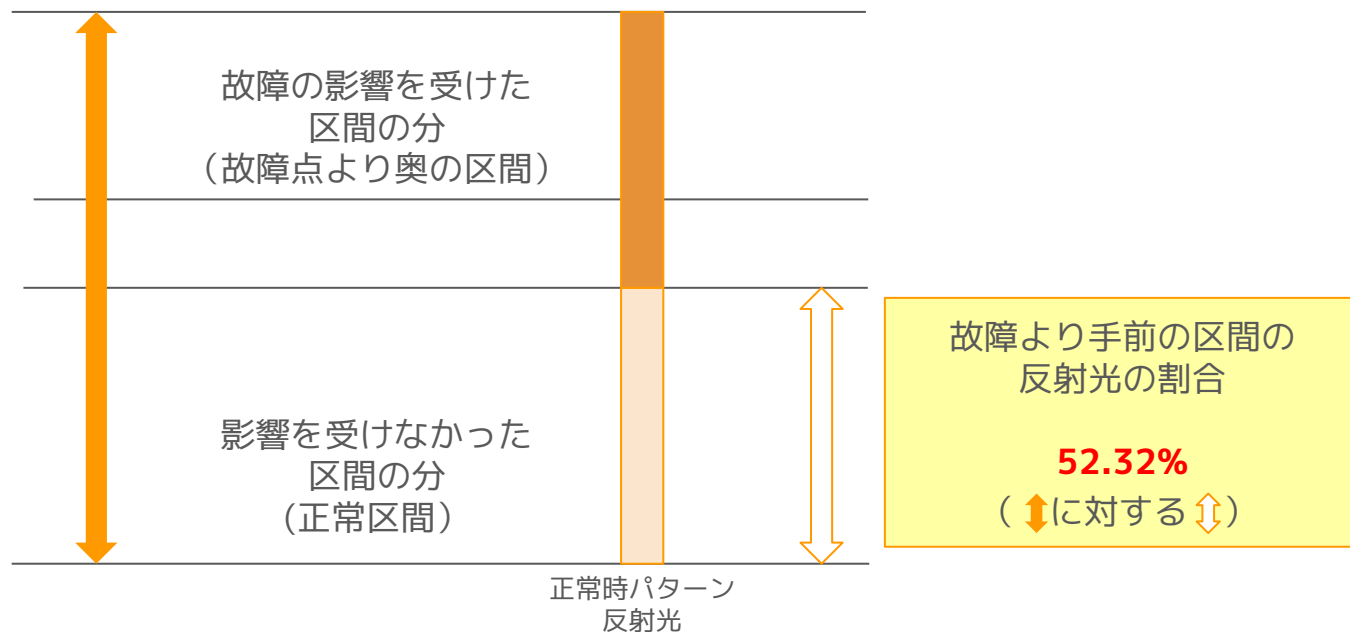
比率計算



影響を受けなかった光の割合



影響を受けなかった光の割合



正常区間反射光割合算出式

これまでの計算をまとめると、
全反射減衰量の増加量を $x(\text{dB})$ 、損失の増加量を $y(\text{dB})$ と置くと
正常区間区間の反射光の割合は下記の通り求まる

$$1 - \frac{1 - 10^{-\frac{x}{10}}}{1 - 10^{-\frac{y}{5}}}$$

x =全反射減衰量の変動量(dB) y =損失の変動量(dB)