

# スペクトル拡散を利用した 低速・長距離無線通信技術

東京工業高等専門学校

情報工学科 教授 土居 信数

# 研究背景

- 原子力発電所事故による放射性物質の拡散により、広範囲の放射線モニタリングが必要となっている。
- 現状のモニタリングポスト，係員による直接測定では不十分。
- 小型センサーを広域散布し，リアルタイムモニタリングにより課題解決。

# 新技術の基となる研究成果・技術

- スペクトル拡散通信を利用した  
長距離無線通信技術の研究
- 伝送距離を無限にできる新たな効果
- 微弱無線に応用すると伝送距離を  
数km～数10kmに拡大

# スペクトル拡散通信

$s_i$  : 信号振幅

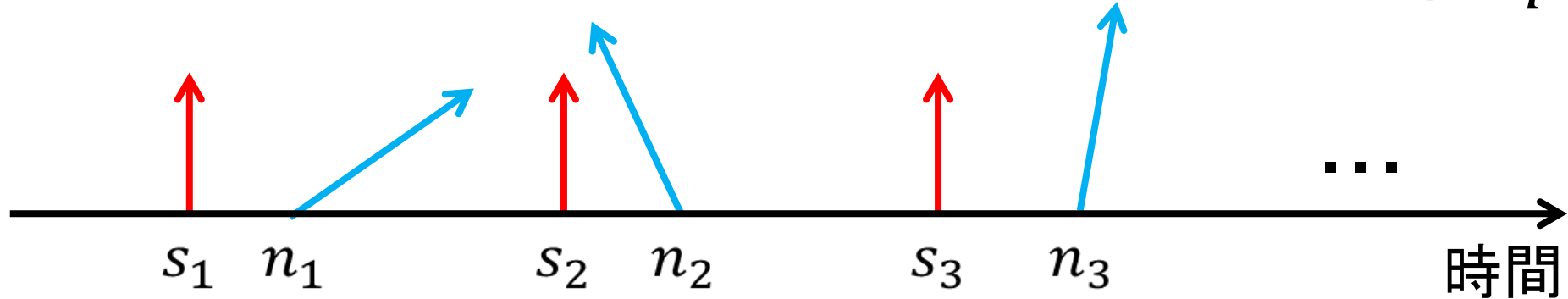
$n_i$  : 雑音振幅

信号電力 : (振幅加算)<sup>2</sup>  
雑音電力 : 電力加算

$$S/N = 10\log \frac{(2s_i)^2}{2n_i^2}$$

$$= 10\log \frac{s_i^2}{n_i^2} + \underline{\underline{10\log 2}} \text{ [dB]}$$

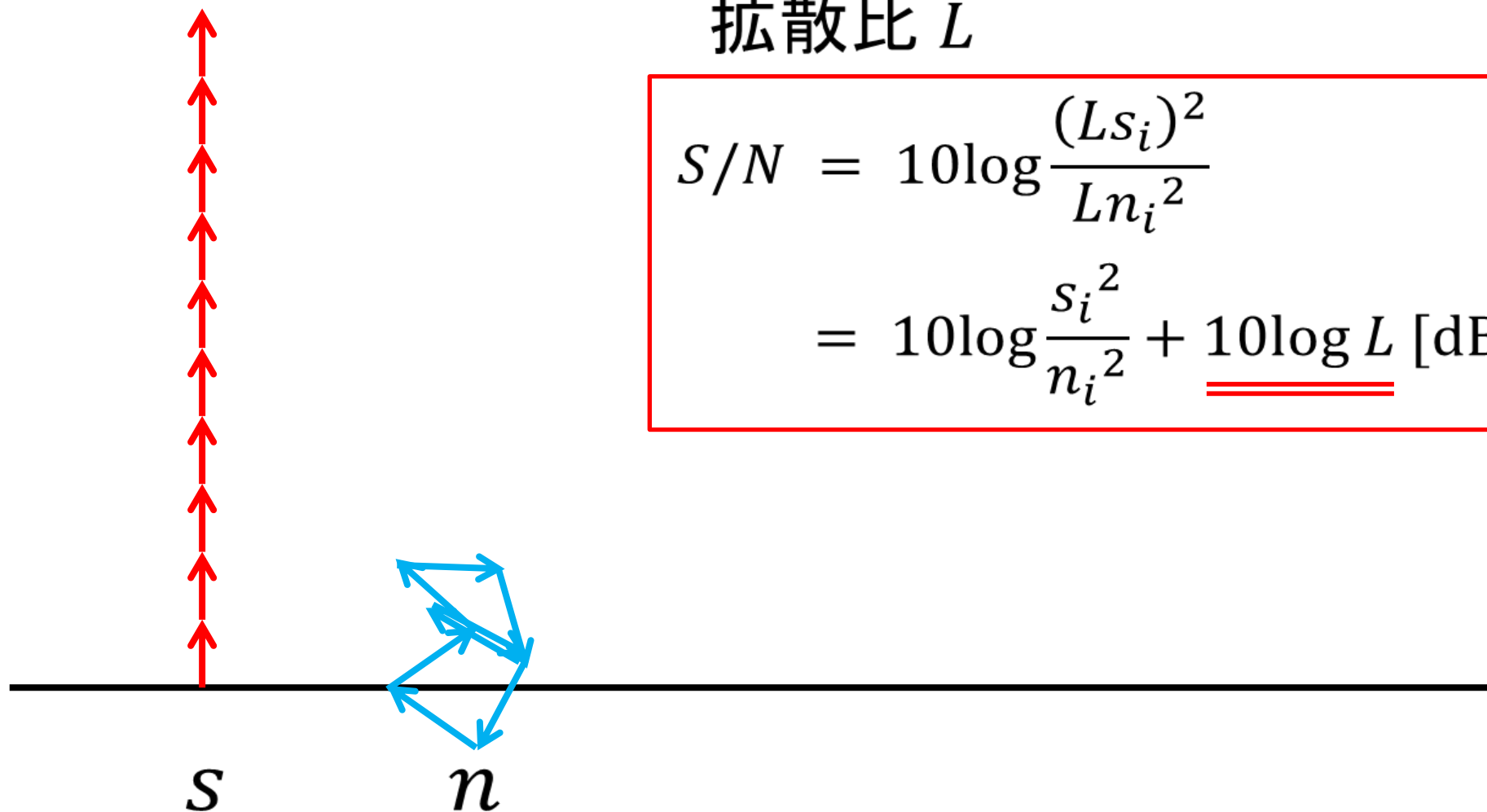
↑  
処理利得  $G_p$



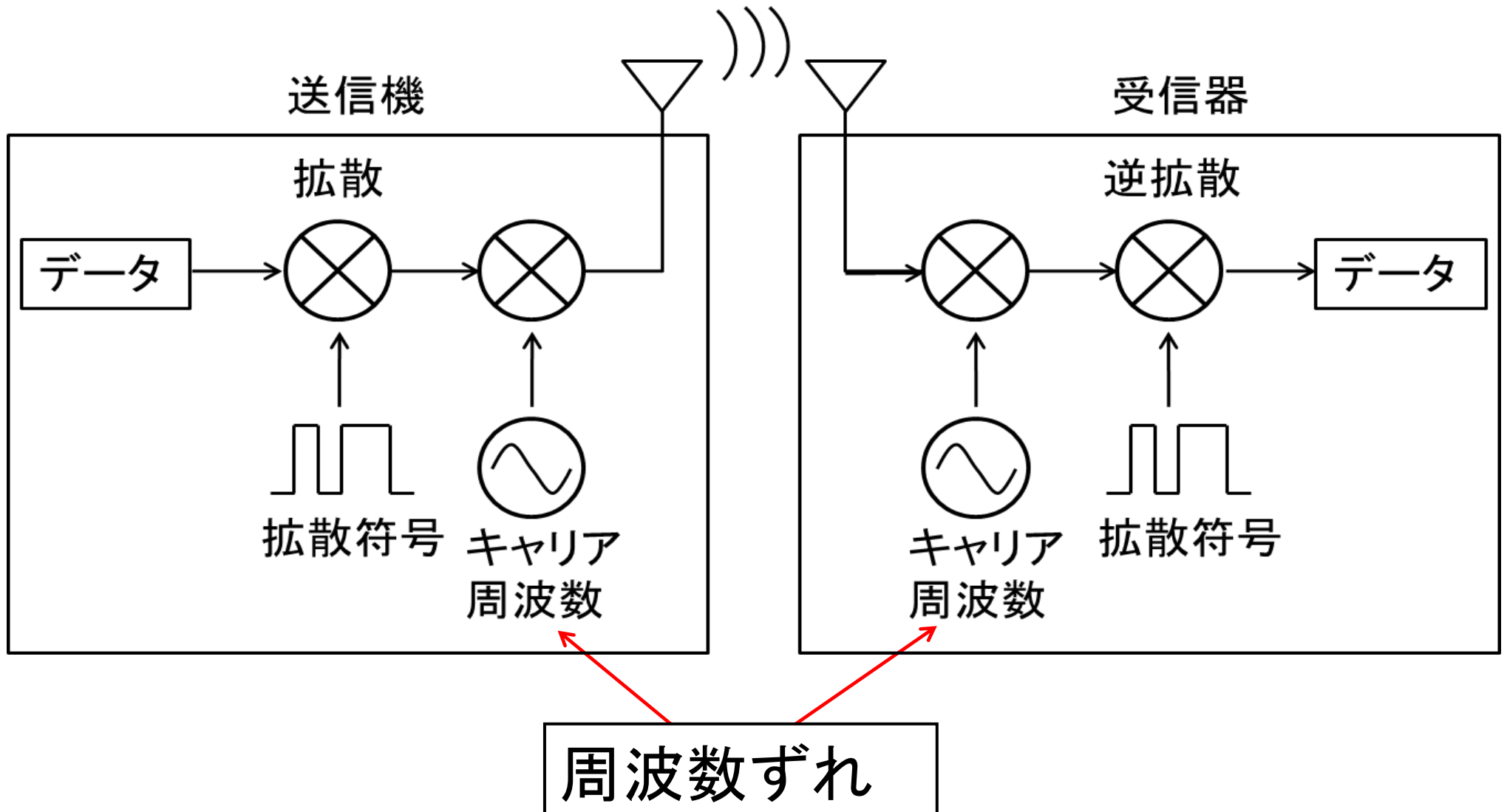
# スペクトル拡散通信

拡散比  $L$

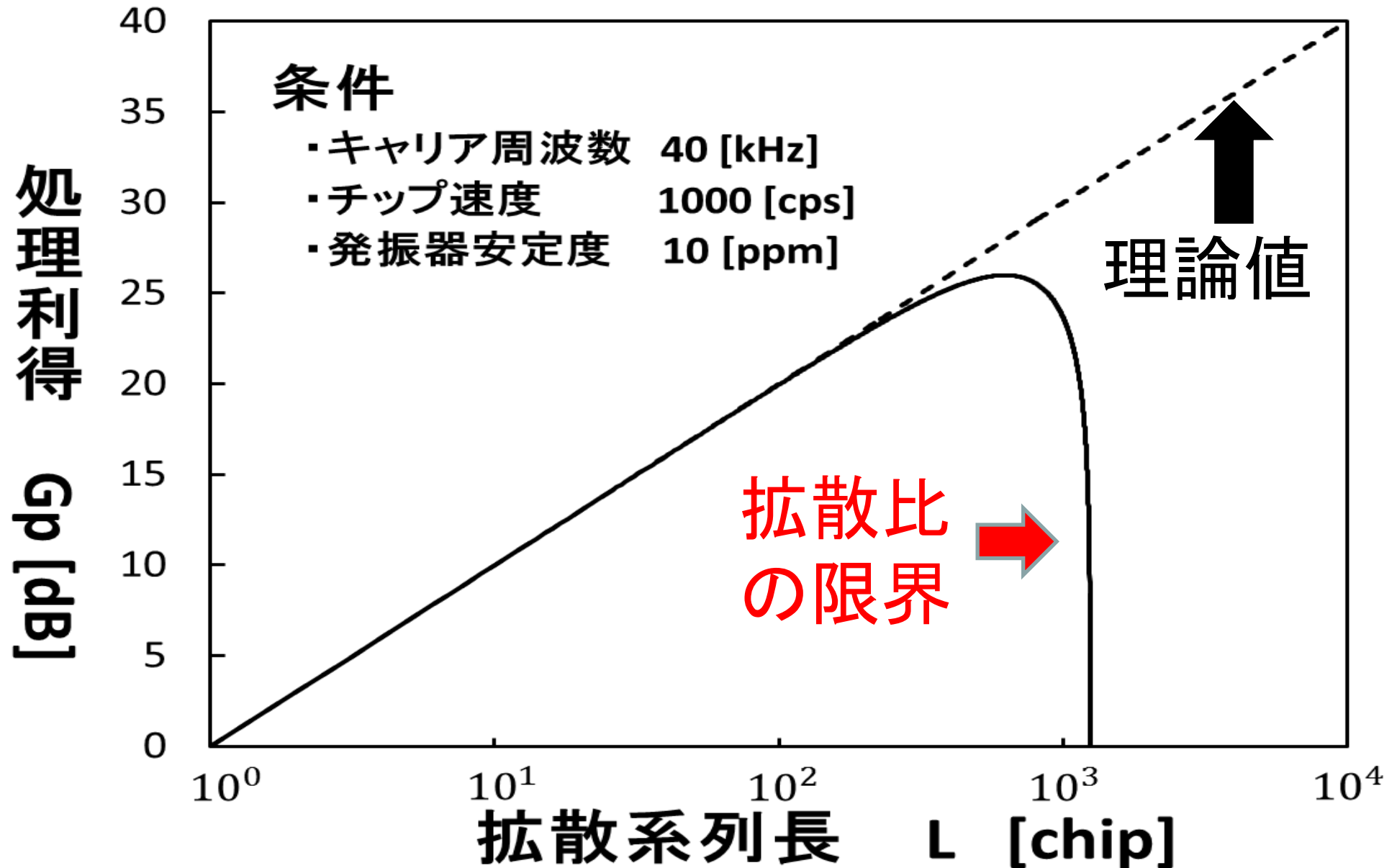
$$\begin{aligned} S/N &= 10\log \frac{(Ls_i)^2}{Ln_i^2} \\ &= 10\log \frac{s_i^2}{n_i^2} + \underline{\underline{10\log L}} \text{ [dB]} \end{aligned}$$



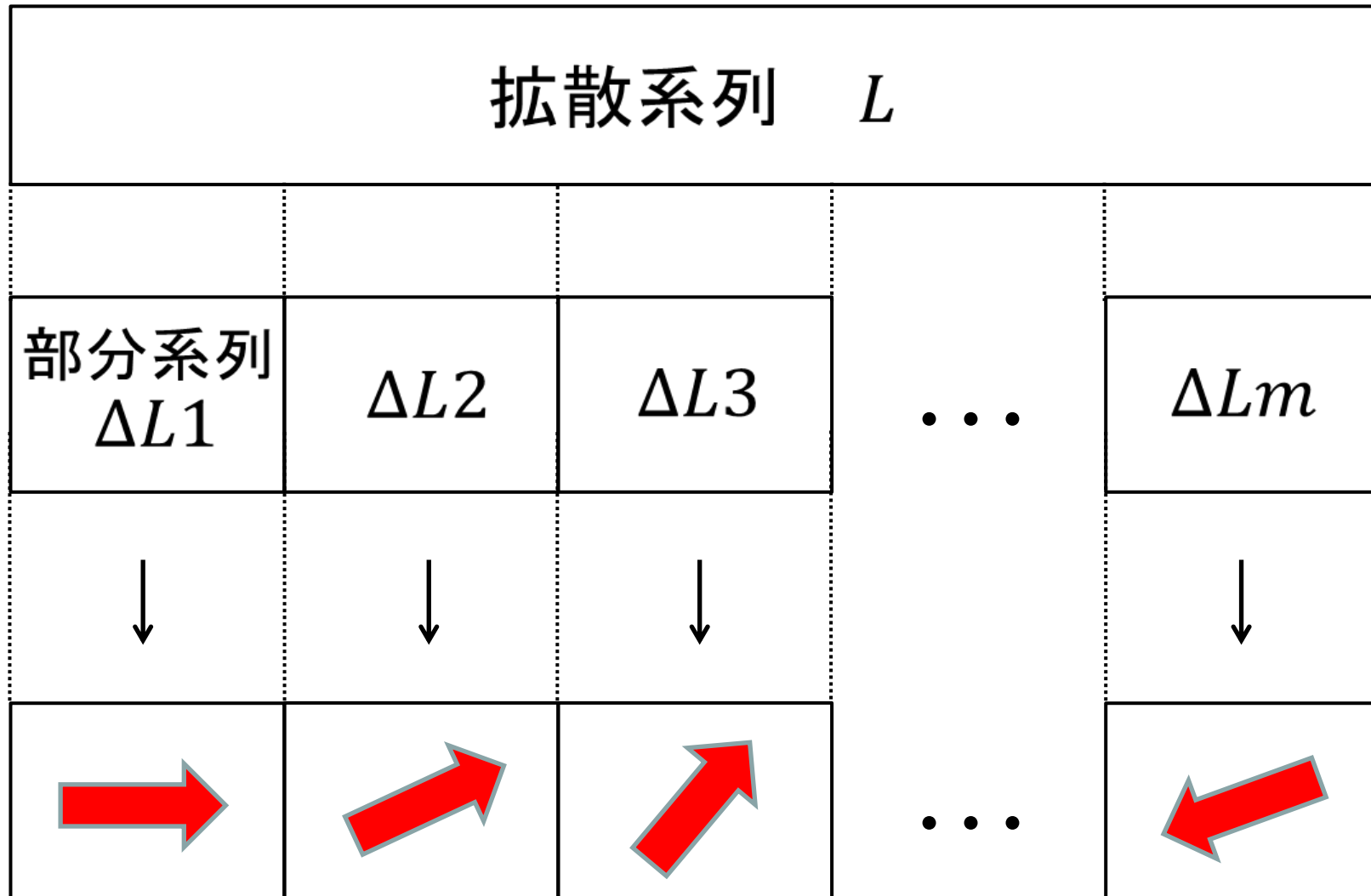
# スペクトル拡散通信の課題



# スペクトル拡散通信の課題



# 周波数ずれ補償 (時間軸)

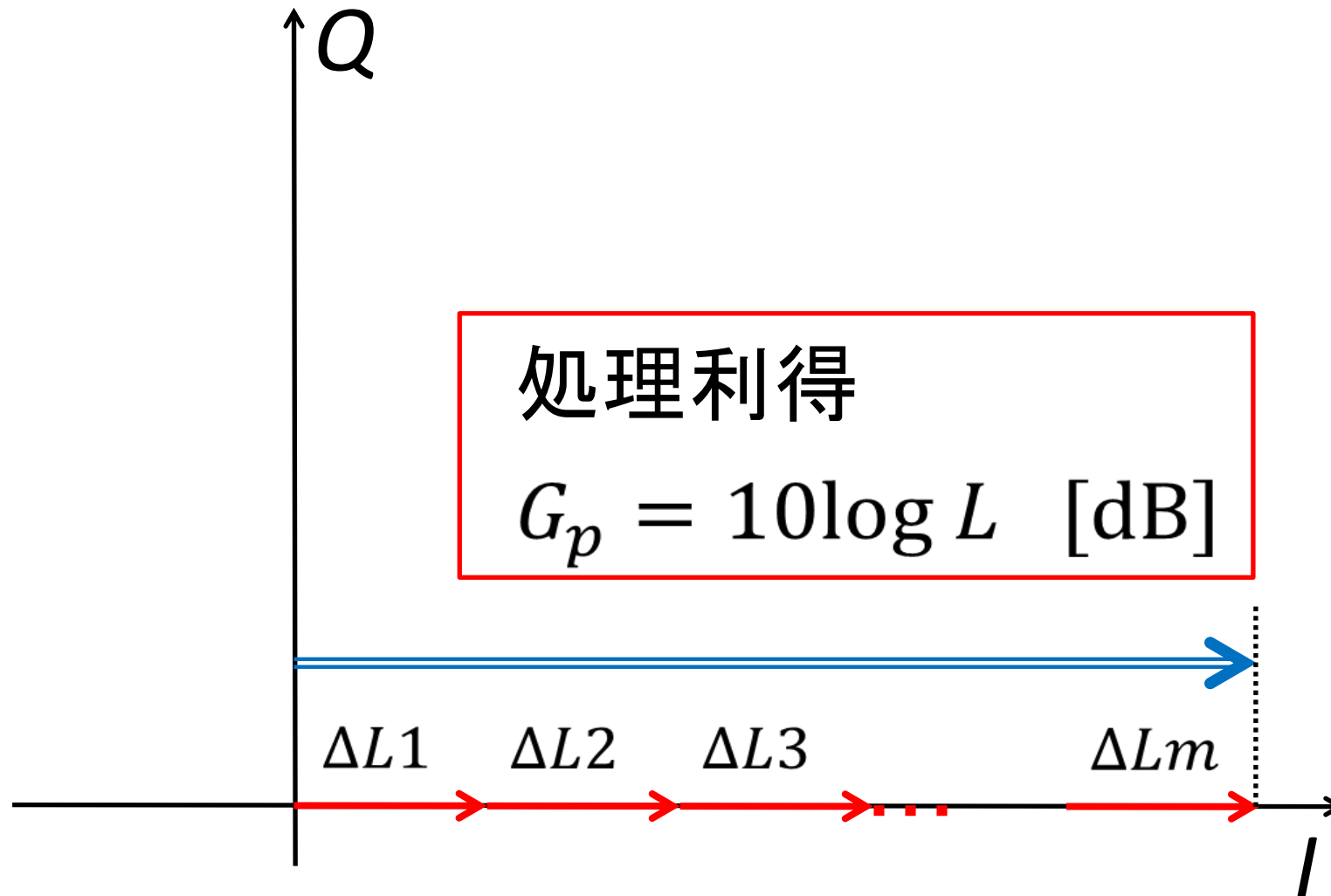


部分逆拡散ベクトル



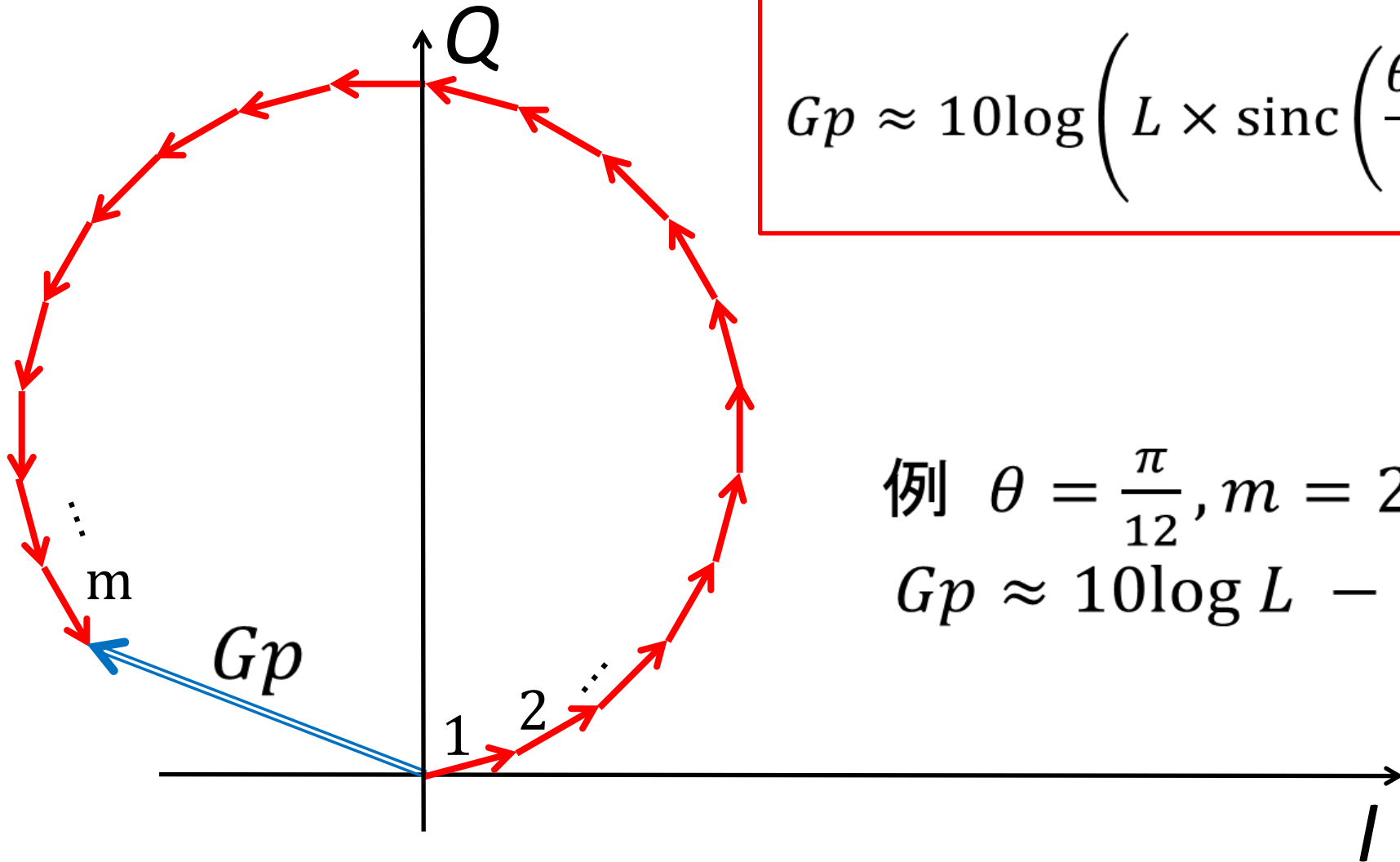
# 周波数ずれ補償 (時間軸)

- 周波数ずれなし



# 周波数ずれ補償 (時間軸)

- 周波数ずれあり



$$Gp \approx 10 \log \left( L \times \text{sinc} \left( \frac{\theta m}{2} \right) \right) \text{ [dB]}$$

例  $\theta = \frac{\pi}{12}, m = 20$  のとき

$$Gp \approx 10 \log L - 7.2 \text{ [dB]}$$

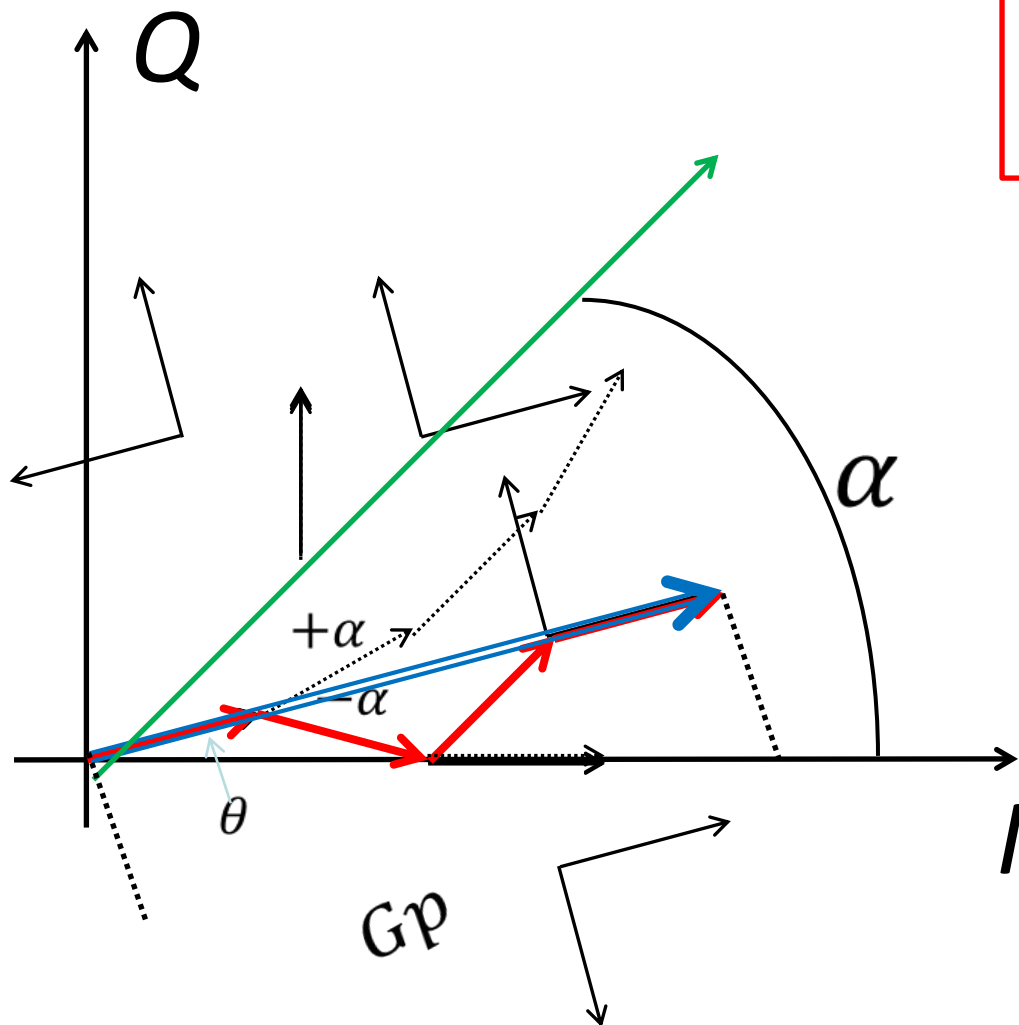
# 周波数ずれ補償 (時間軸)

$$G_p \approx 10 \log(L \times \text{sinc}(\alpha)) \text{ [dB]}$$

$\alpha$  : 許容位相回転

例  $\alpha = \frac{\pi}{4}$  のとき

$$G_p \approx 10 \log L - 0.5 \text{ [dB]}$$



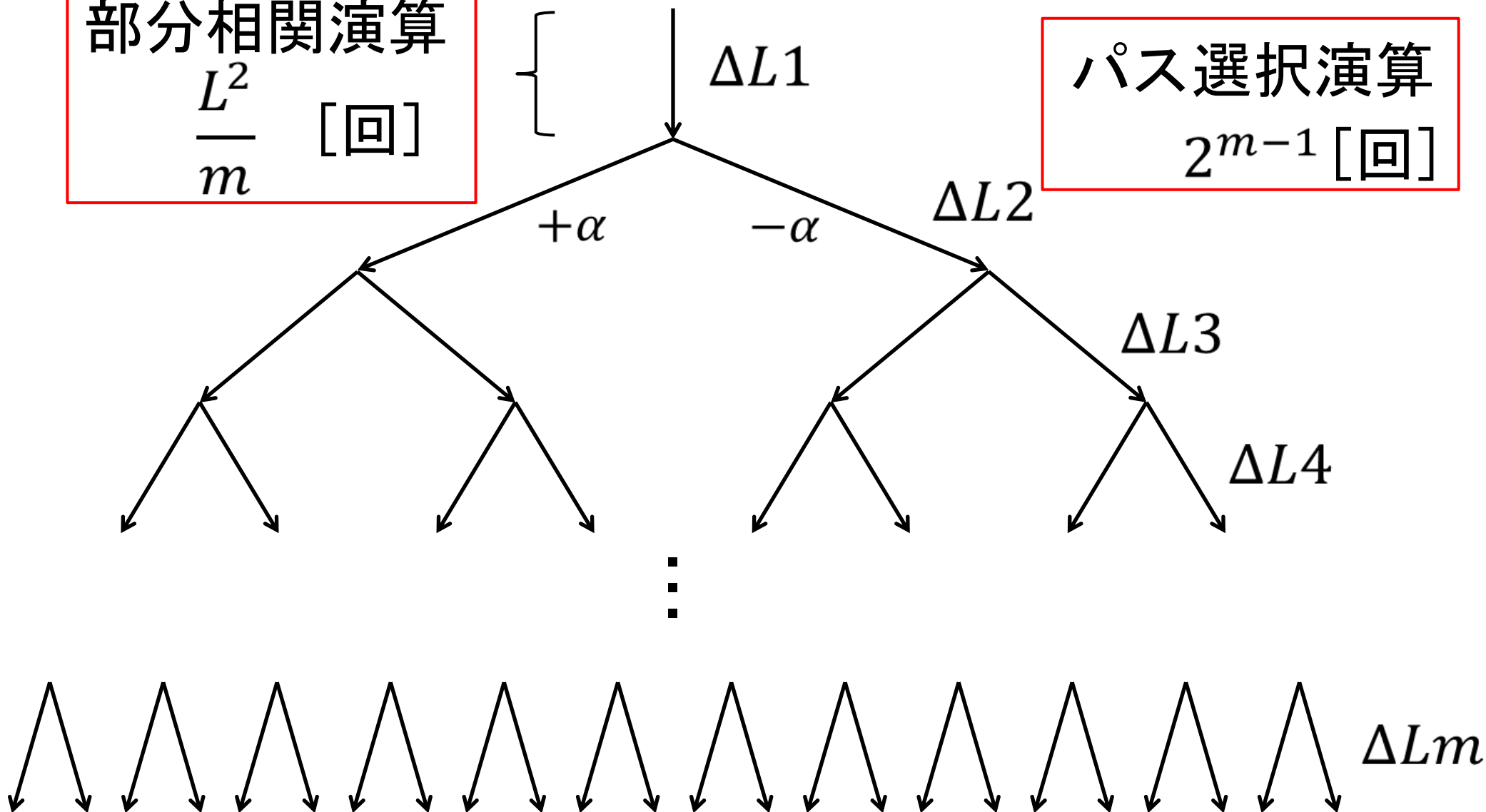
# 周波数ずれ補償 (時間軸)

部分相関演算

$$\frac{L^2}{m} \text{ [回]}$$

パス選択演算

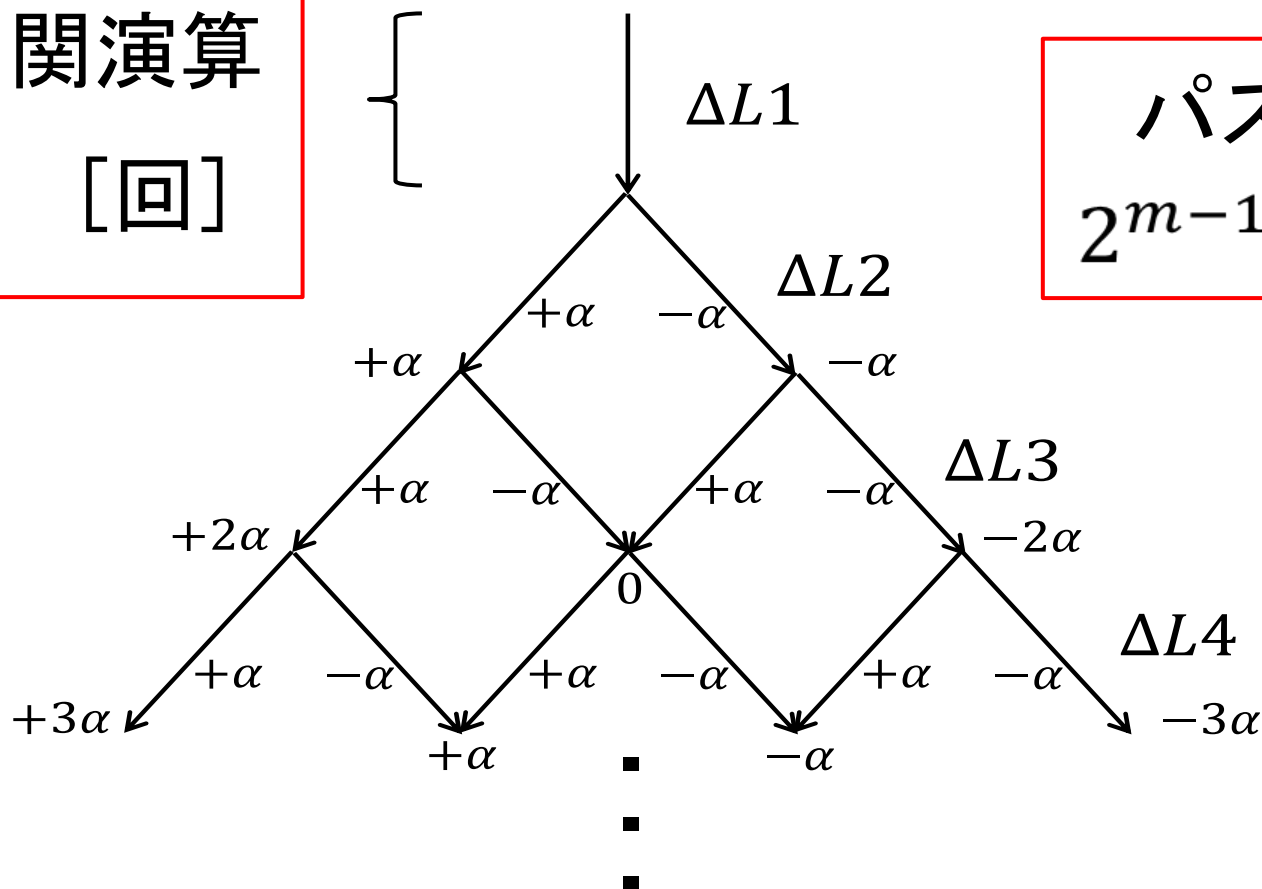
$$2^{m-1} \text{ [回]}$$



# 周波数ずれ補償 (時間軸)

部分相関演算

$$\frac{L^2}{m} \text{ [回]}$$



パス選択演算

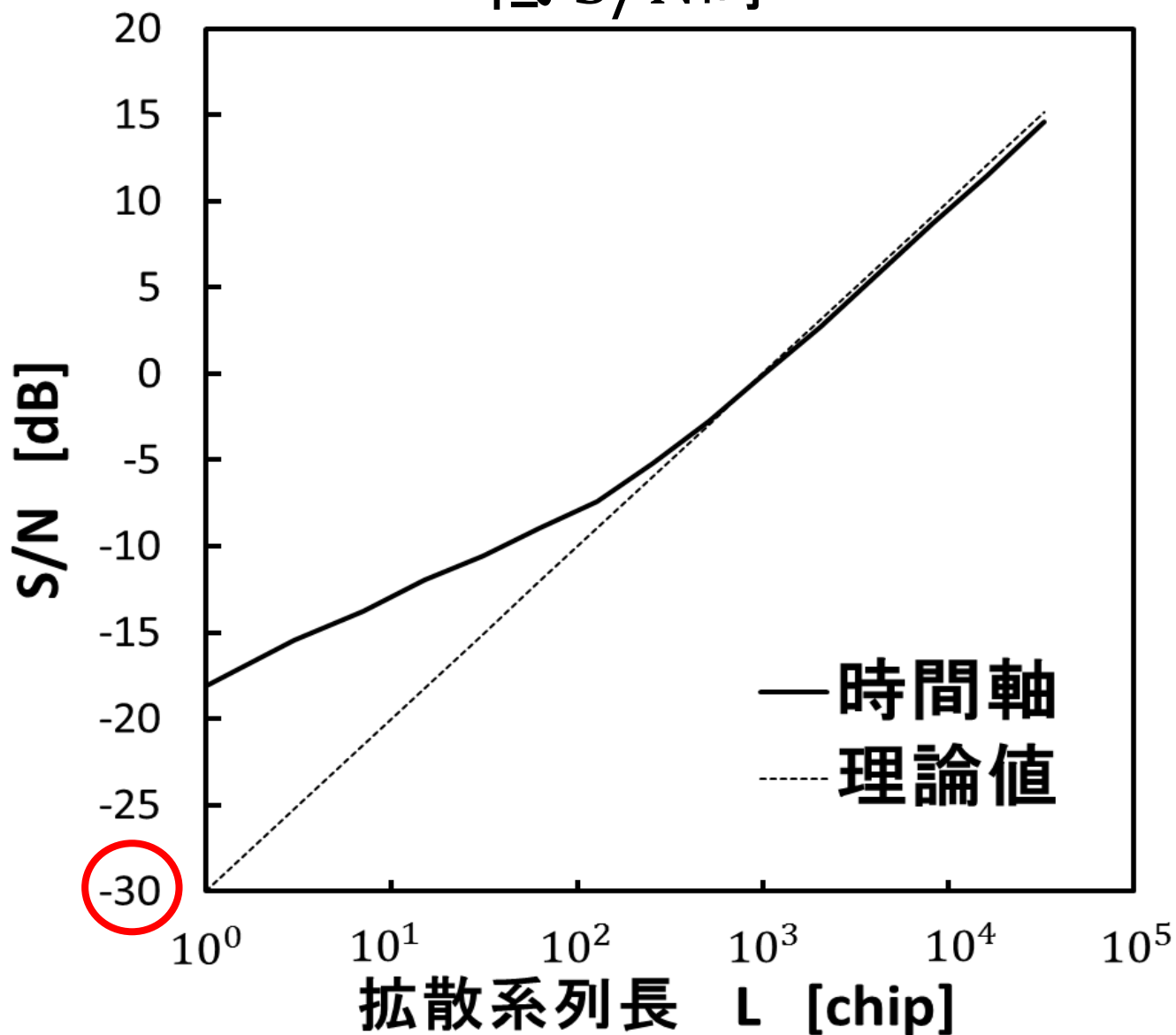
$$2^{m-1} \rightarrow m \text{ [回]}$$

$$\begin{aligned} \text{演算} &\approx \frac{L^2}{m} \times m + m \\ &\approx L^2 \text{ [回] 式(8)} \end{aligned}$$

$L$  : 拡散系列長

# 無線実験 ( $\alpha = \pi/4$ )

低 S/N 時



# 無線実験 (L=16, 383)

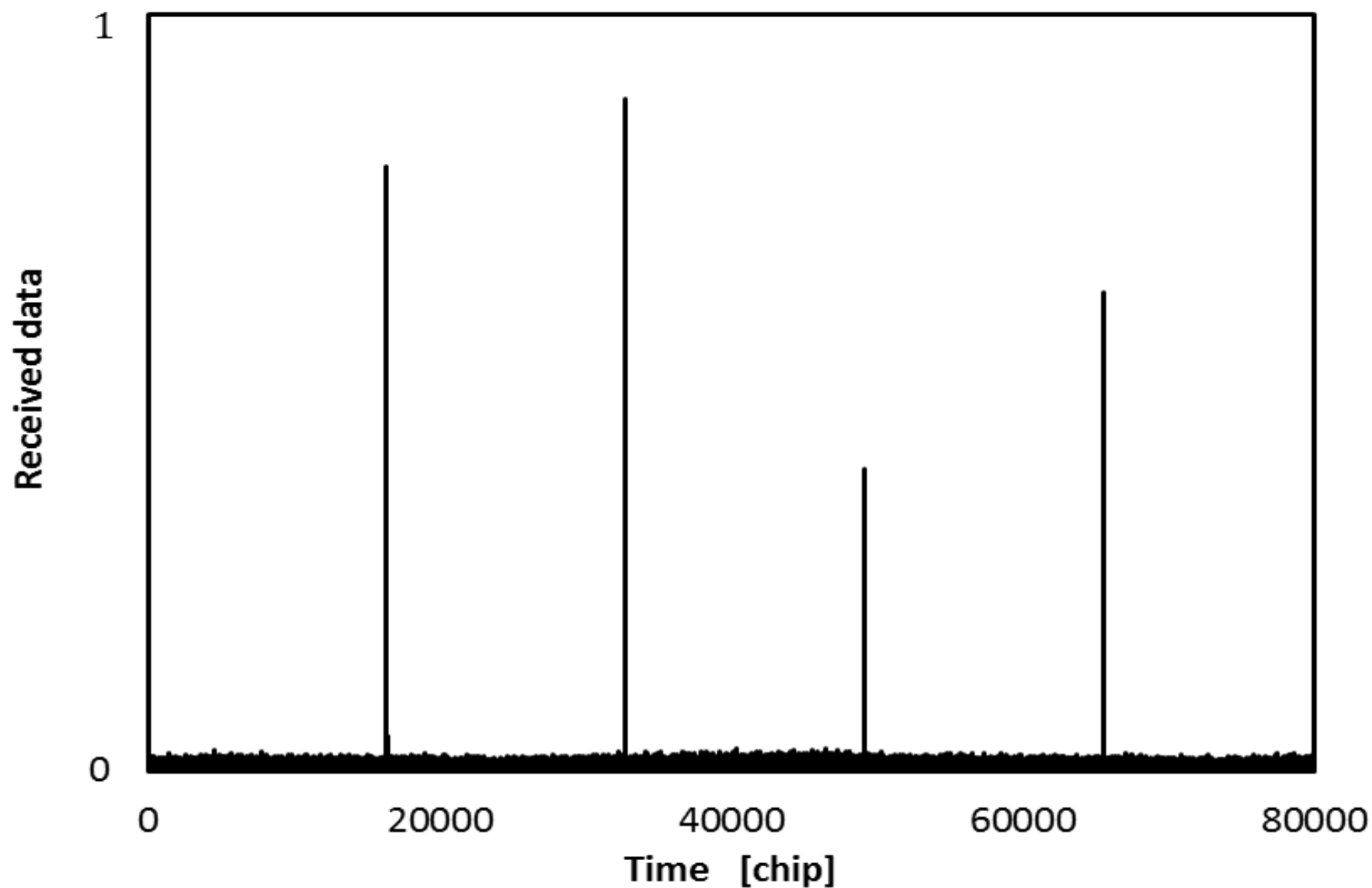


図 20[m]のスペクトル

# 無線実験 (L=16, 383)

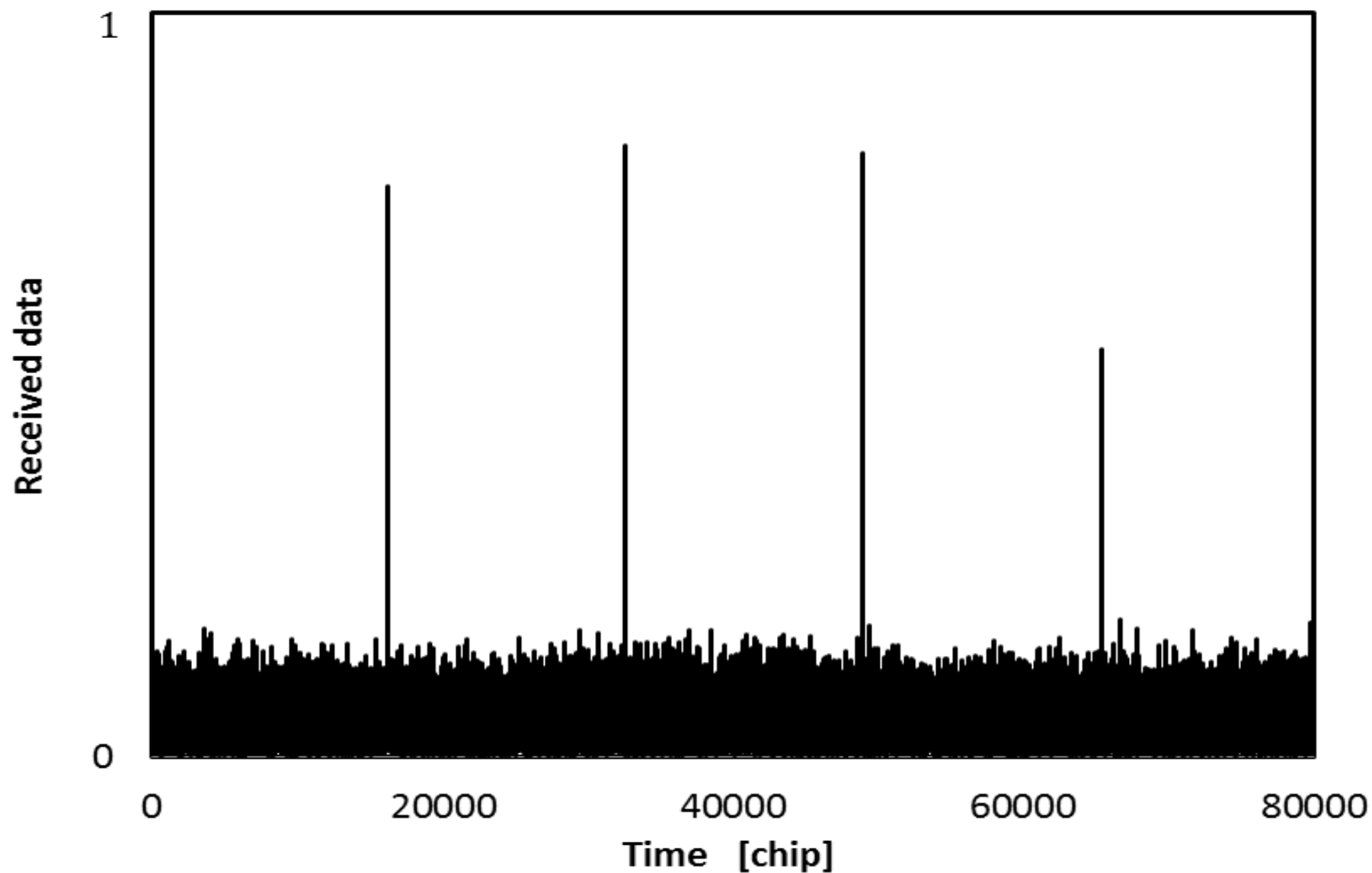


図 35 [m] のスペクトル



# 従来技術とその問題点

無線通信技術には、RF-ID、微弱無線、特定小電力、携帯電話、無線LAN、マイクロ波等がある。

しかし、広域で多数のセンサー情報を収集するシステムでは、通信距離の拡大と無線機の小型・低コスト化が必要であり、従来技術では対応できていなかった。

# 新技術の特徴・従来技術との比較

## ● 新技術の特徴

周波数ずれ補償技術により，長周期のスペクトル拡散系列が利用可能。その結果，小型・低コスト微弱無線機を用いた長距離通信を実現。

## ● 従来技術との比較

	通信距離	通信速度
新技術	10km	1ビット/秒
従来技術	10m	1Mビット/秒

# 想定される用途

## ● 環境情報モニタリング

放射線, 気温・湿度,  
雨量, 日照度, GPS情報  
(気象予測, 土石流予知,  
野生動物監視)

## ● 産業応用

産業プラント, 在庫管理,  
テレメータ(ガス・水道メータ等)



# 想定される業界

## ● 利用者・対象

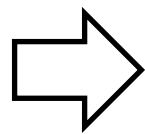
国・地方自治体・農業・産業プラント・ガス・水道

## ● 市場規模

### (例) 放射線モニタリング

- ・ 福島県内の幼・小・中数 約1,000園(校)  
システム単価 100万円 ⇒ 10億円  
運営コスト 10万円/年 ⇒ 1億円/年
- ・ 広域モニタリング (30km圏内)

センサー数  
: 数10万個



システム	数100万億円
運営コスト	約10億円/年

# 実用化に向けた課題

- 現在，微弱電波を使用した長距離無線通信技術は開発済み（実証実験を含む）。
- 今後，放射線モニタリング実験システムを構築し，性能検証・課題抽出
- 小型・低コストセンサーの開発
- 広域多元接続方式の開発，  
等の課題がある。

# 企業への期待

- 10センサー程度の放射線モニタリングシステムを構築し、被災地の学校等で早期に運用試験したい。
- 運用試験に興味を持つ企業との共同研究を希望。
- 環境情報モニタリングシステムの可能性に興味を持つ企業との共同研究を希望。
- なお、提案技術は特別な無線技術は不要で、信号処理はすべてソフトウェアで実行可。

# 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : スペクトル拡散通信システムの受信方法および受信装置
- 出願番号 : 特願2011-048247
- 出願人 : 国立高等専門学校機構
- 発明者 : 土居信数, 滝澤尚也

# お問い合わせ先

**東京工業高等専門学校（東京高専）**  
**総務課企画係**

**TEL 042-668-5111**

**FAX 042-668-5090**

**e-mail [kikaku@tokyo-ct.ac.jp](mailto:kikaku@tokyo-ct.ac.jp)**