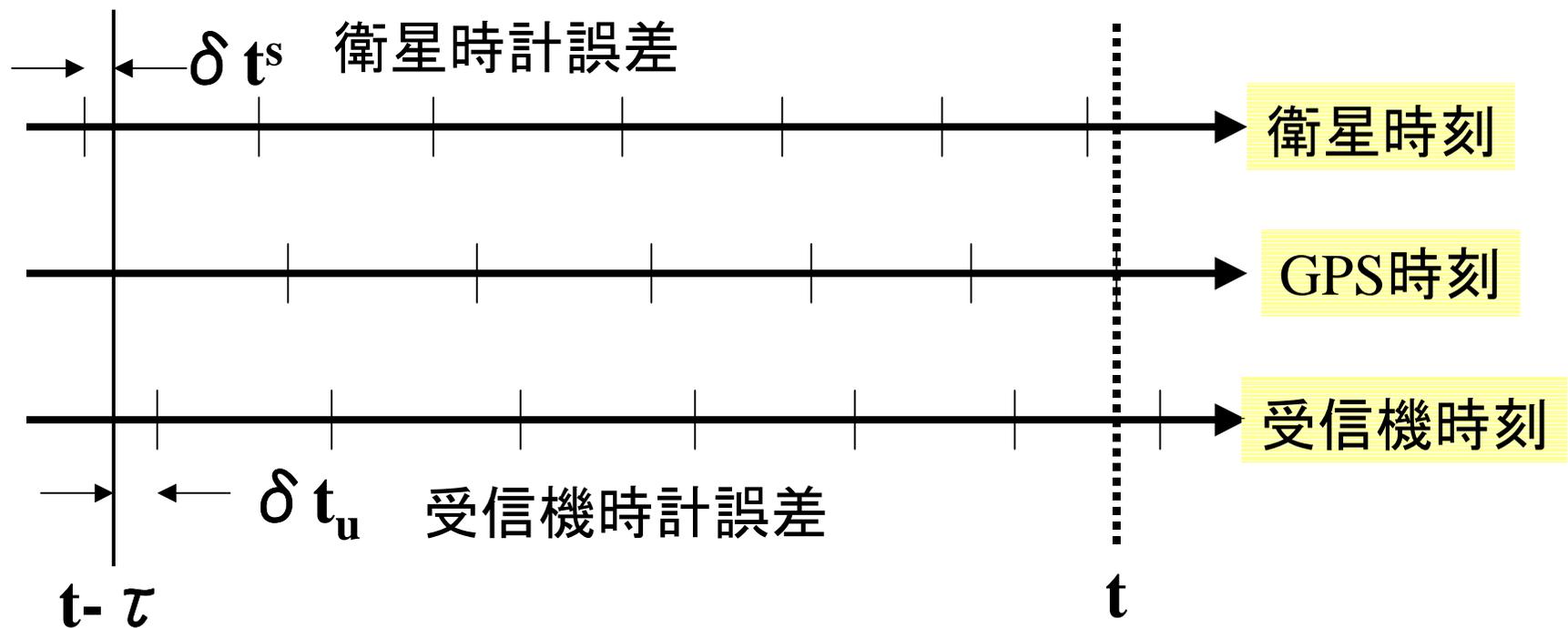


# コードを用いた擬似距離測定

電波発射時刻

電波到達時刻



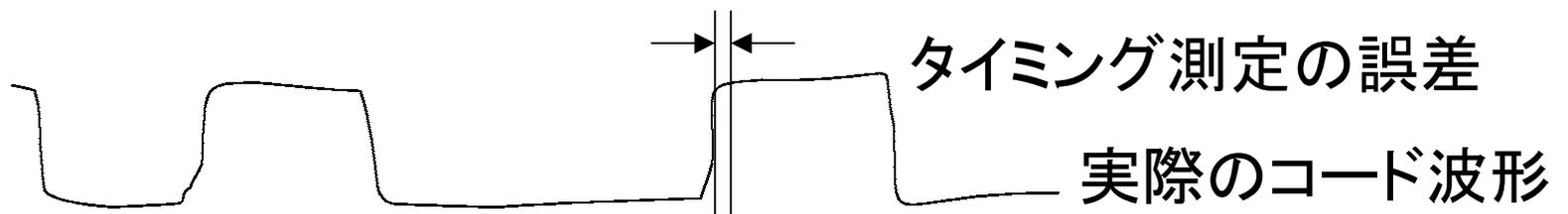
$$\text{擬似距離 } \rho(t) = c\tau + c[\delta t_u(t) - \delta t^s(t - \tau)] + \varepsilon_\rho(t)$$

$$\text{擬似距離 } \rho(t) = c\tau + c[\delta t_u(t) - \delta t^s(t - \tau)] + \varepsilon_\rho(t)$$

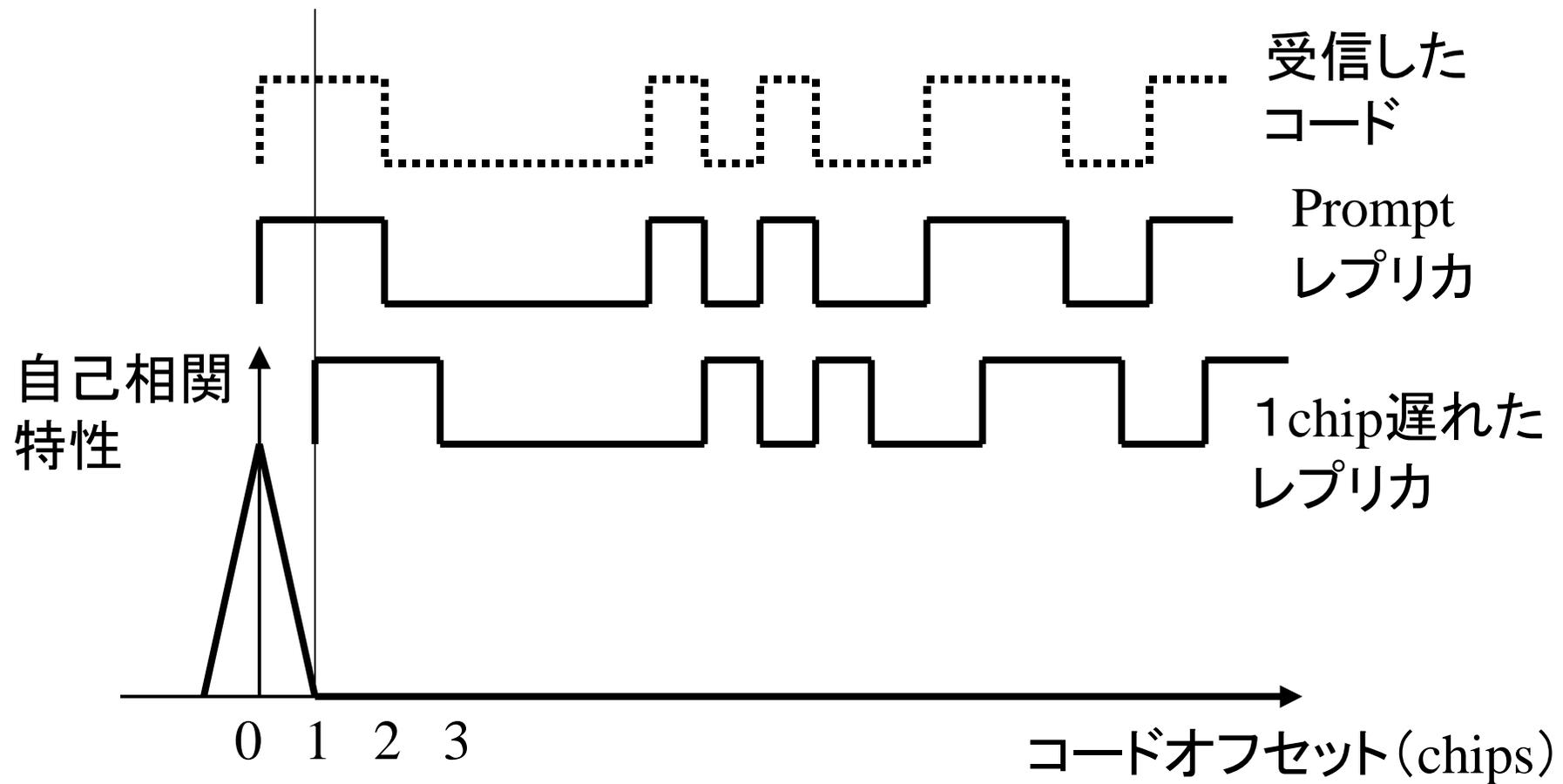
理想的には $c\tau$ のみを測定したいが、現実には時計の誤差、電離層、対流圏、マルチパス、受信機ノイズ等の誤差を生じる

衛星と受信機間の距離は約2万km～2万6千kmである。伝搬時間にすると約70ms～90msである。C/Aコードは1msごとに繰り返されており、コード相関処理において、**伝搬時間を1msで割った余りの時間**が算出される。1msで約300km進むので地上であいまいさの問題は起きない。

ここで**余りの時間の精度はチップ周期の1/100～1/300程度**である。チップ周期は $1\mu\text{s}$ 弱なので、3～10nsである。距離にすると1～3mとなる。Pコードでは単純に0.1m～0.3mとなる。1995年のテキスト参照



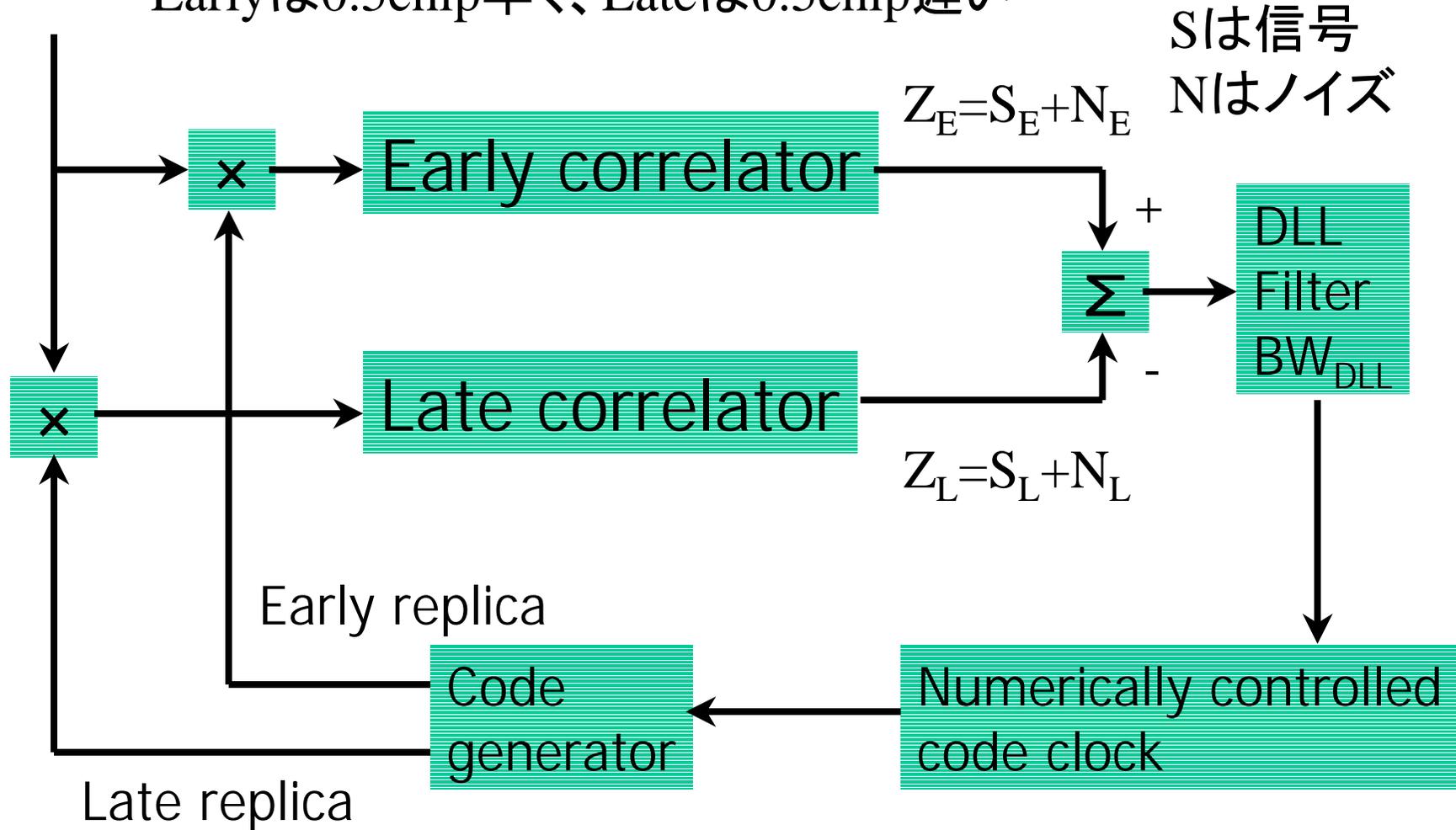
# コード相関処理



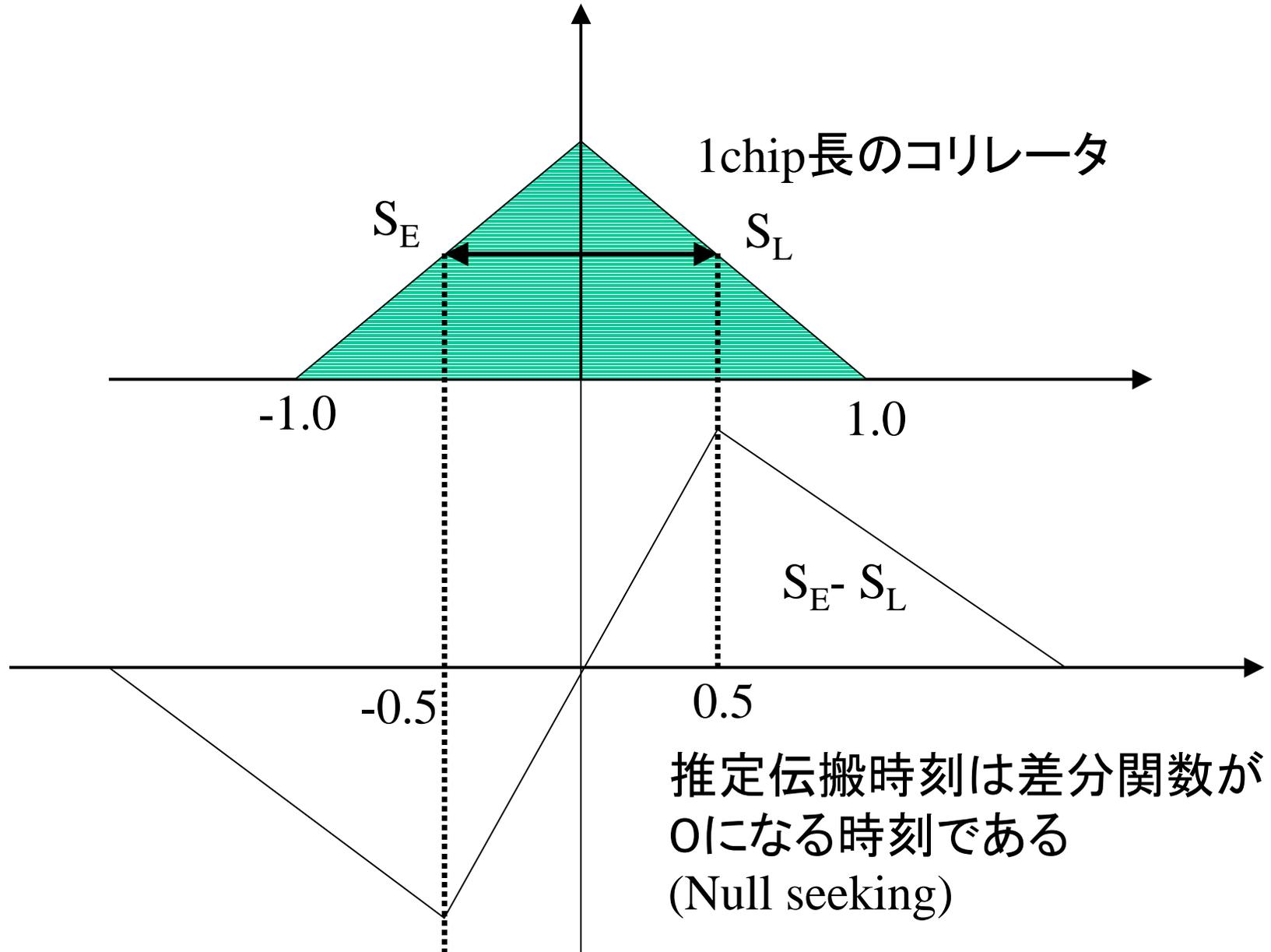
GPSコードの自己相関はきれいなピークをもち、2番目のピークは  
かなり小さい。自己相関関数の傾きと測距精度の関係は？

# DLLと測距精度

Correlator spacingが1チップの場合  
Earlyは0.5chip早く、Lateは0.5chip遅い



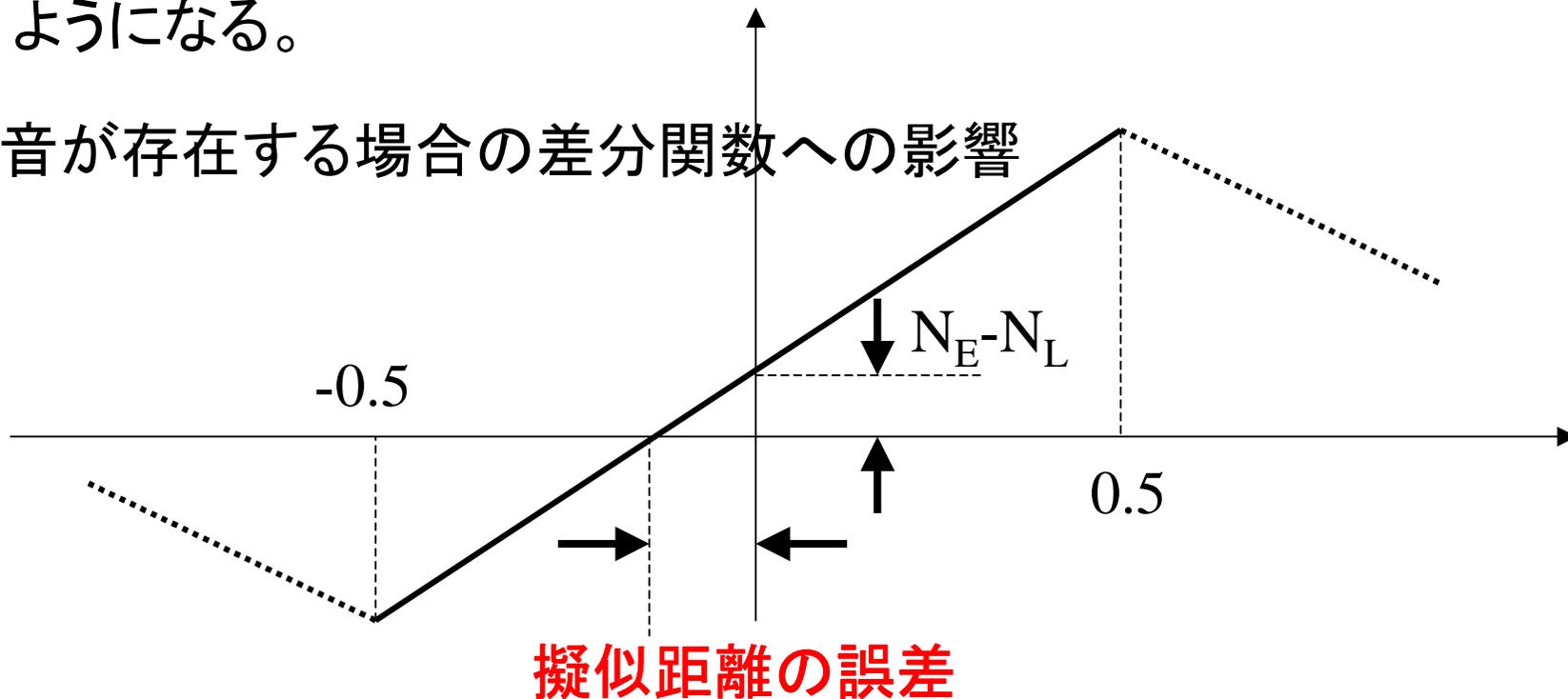
# 相関ピーク関 (雑音なし)



# 相関ピーク図(雑音あり)

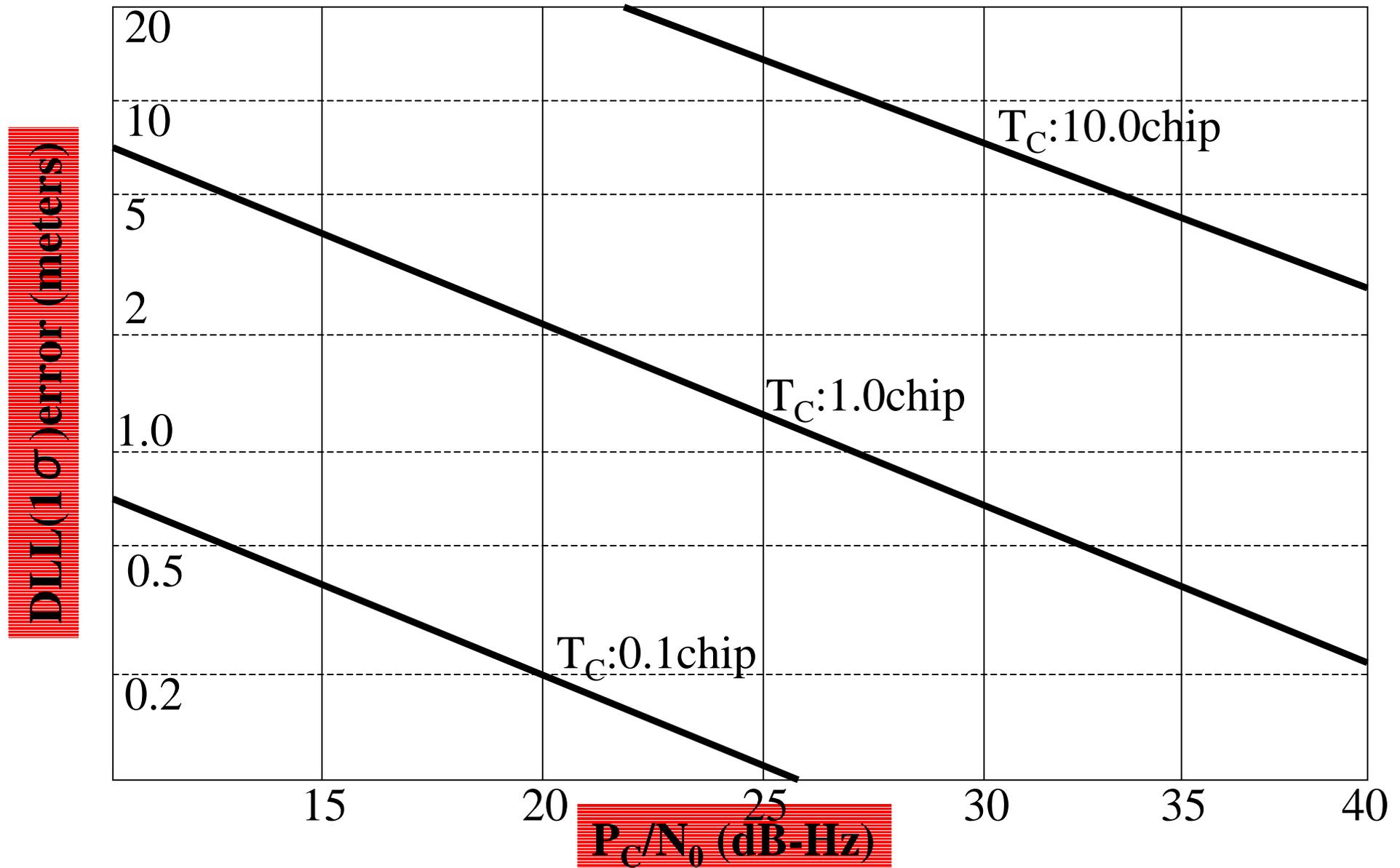
雑音は自然電波雑音、マルチパス波、他の衛星の電波、人工的な干渉波等。雑音を白色雑音と過程した場合相関図は次のようになる。

雑音が存在する場合の差分関数への影響



擬似距離誤差 =  $(N_E - N_L) / \text{slope} = (N_E - N_L) / (2.0 * \sqrt{P_C} / T_C)$   
は  $T_C$  チップ長、 $P_C$  は信号の電力である。

# DLLの白色雑音に対する性能



# GPS測位における誤差要因

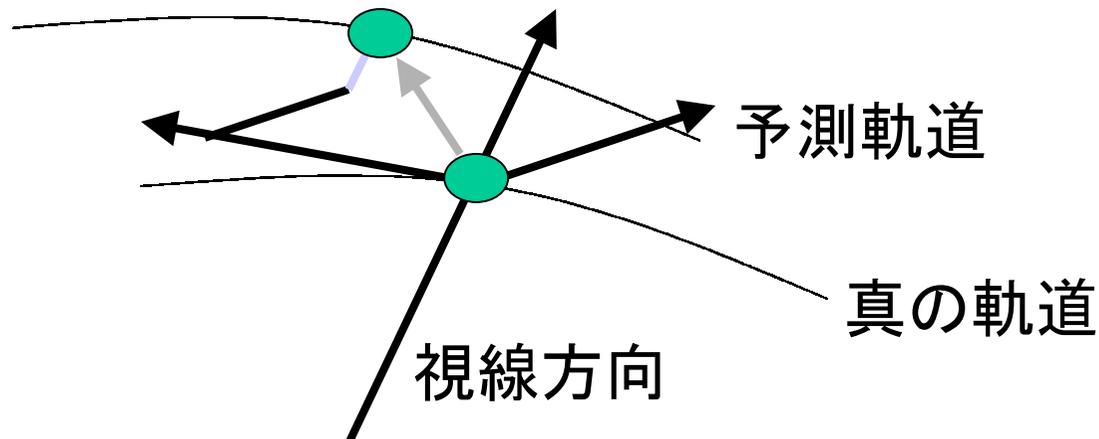
- 衛星時計誤差モデルの限界
- エフェメリスによる予測の限界
- 電離層遅延
- 対流圏遅延
- マルチパス
- 受信機ノイズ

# 衛星時計誤差モデルの限界

- 観測する衛星の時計は完全に同期していない。これは航法メッセージの中にある時計の補正係数(時計のゆるやかな変化を2次係数まで利用して補正)で2m以内まで補正される。
- DGPSでは完全に除去される。

# エフェメリスによる予測の限界

- エフェメリスは約2時間ごとに更新されており、その誤差は最大で2m程度である。
- 注意すべき点は、測位に影響を与える誤差は視線方向の誤差のみであることである。またDGPSではほとんど除去される。



# 電離層遅延による誤差

- 電離層遅延はGPS電波が通過した全電子密度による。天頂方向で約2-10m。仰角に応じて係数をかける(30度で1.8、5度で3)。
- 電離層モデルで1-5m程度に削減。2周波のデータで1m程度に削減。DGPSでは100km離れても0.2m程度までだが、活発なときは1mを超える報告も。

# 対流圏遅延による誤差

- 対流圏遅延はGPS電波が通過した乾燥空気及び水蒸気により起こる。海面レベルで天頂方向に約2.5m。電離層と同様仰角に応じて係数を掛ける(30度で2、15度で4、5度で10)。モデルで0.5m程度まで削減。
- DGPSでは0.2m程度まで削減されるが、2地点の気象条件(水蒸気量)や高度が大きく異なる場合はそれ以上になる。

# マルチパスと受信機ノイズ による誤差

- これらの誤差はサイト固有に起こるものなのでDGPS等で削減不可能。ゆえに注意深いサイト選定とマルチパス除去機能をもつアンテナ及び受信機が求められる。
- マルチパスの誤差はコードで0.5-1.0m程度、搬送波で0.5-1cm程度。受信機ノイズはコードで0.25-0.5m程度、搬送波で1-2mm程度（アンテナ周囲が開けている環境で）。