

測距誤差推定による GPS劣化信号検出について

齊藤真二, 吉原貴之, 福島荘之介, 藤井直樹

電子航法研究所 通信・航法・監視領域



GPS を用いた航空機航法システム



GBAS (地上型補強システム)



DGPS 技術の応用



高い信頼性の要求



GPS 衛星故障の検出・警報



1993 年 … SVN19

(SVN; space vehicle number)



RF 回路故障による信号劣化



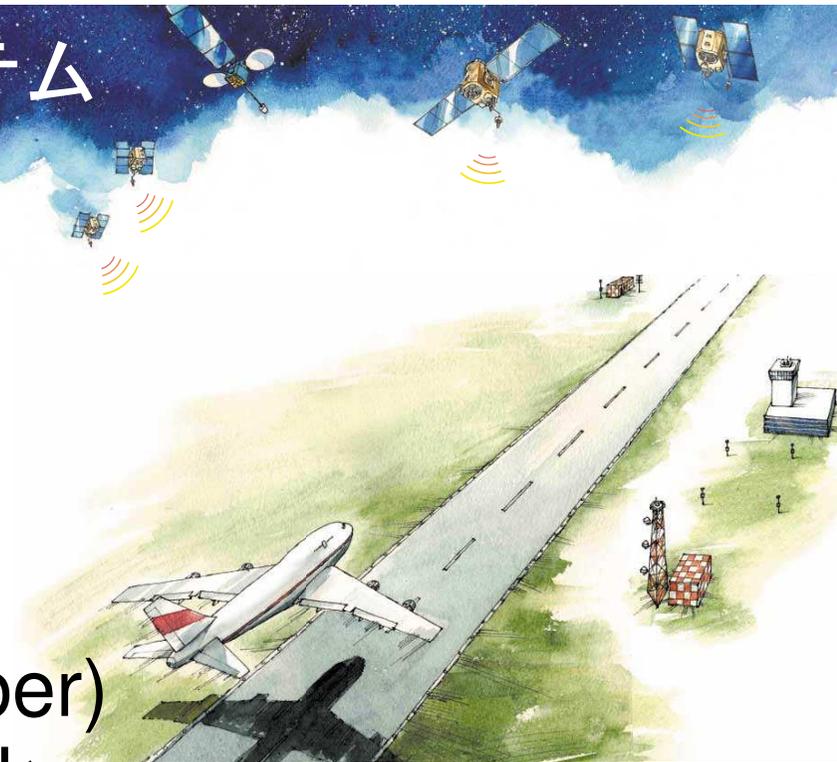
DGPS 利用者への影響



GPS 信号品質監視の実現



SQM(Signal Quality Monitoring) の開発





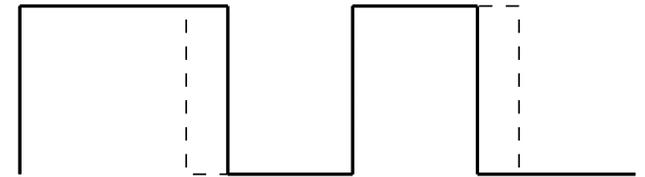
モデルA



信号の立下がりの遅れ(進み)



デジタル部故障



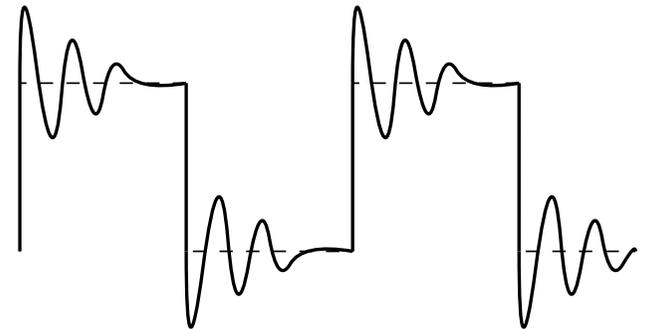
モデルB



振幅の変動・減衰



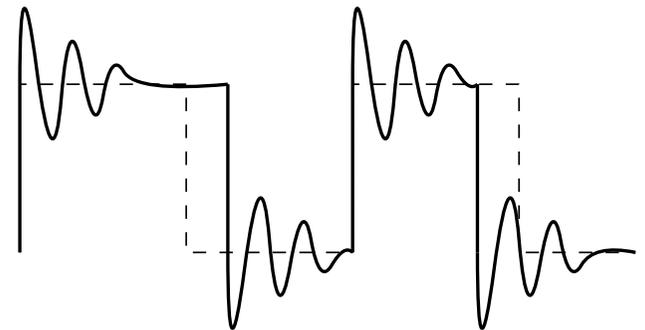
アナログ部故障



モデルC

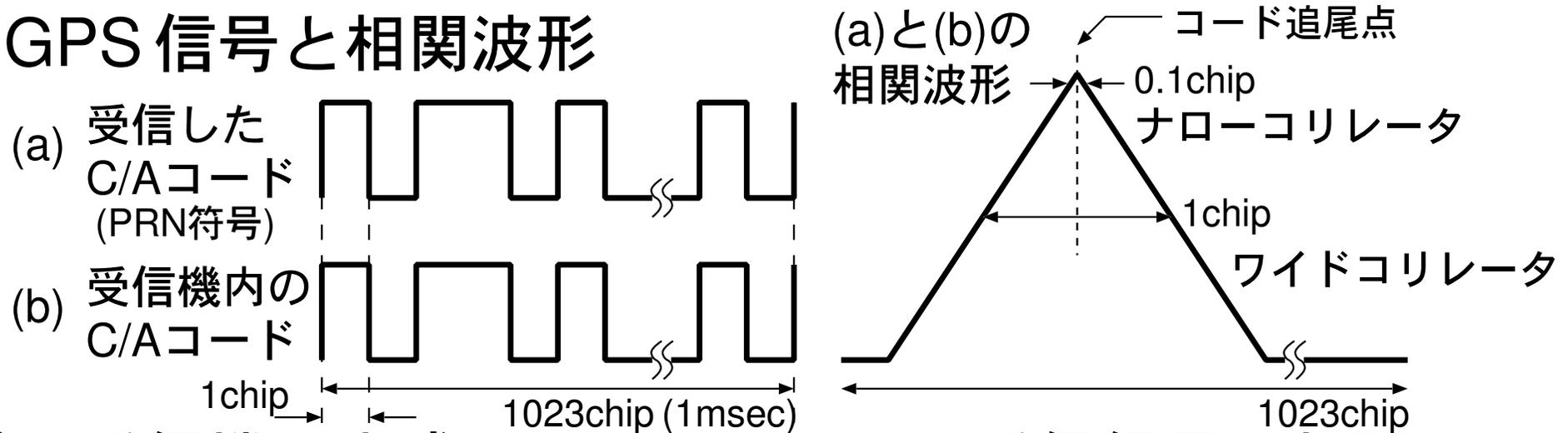


モデルA・Bの組合せ





GPS 信号と相関波形



受信機で生成した C/A コードと受信信号の相関

- ✦ C/A コード…衛星毎に異なる PRN 符号
- ✦ 相関値のピークを追尾し測距



相関波形の形状は左右対称

- ✦ 相関器ペアの出力が同レベルの中心を追尾

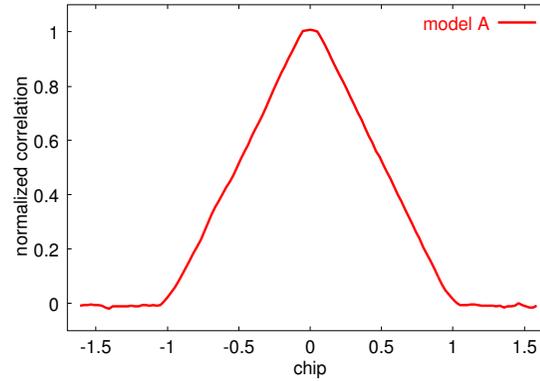
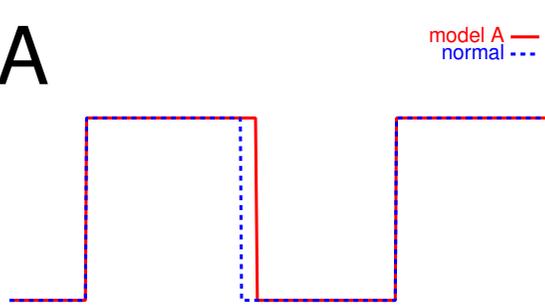


劣化信号による相関波形の歪み

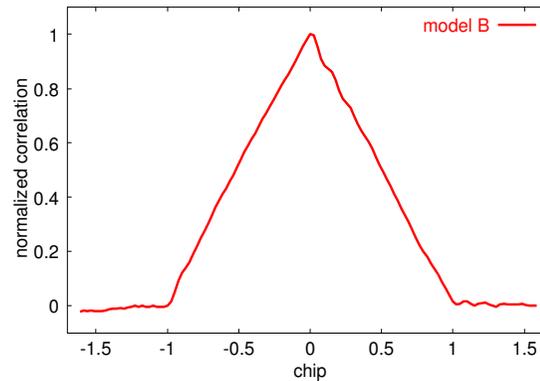
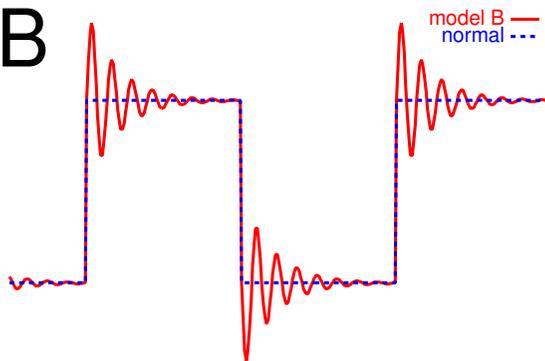
- ✦ 相関器の種類 (相関器幅) により異なる測距値



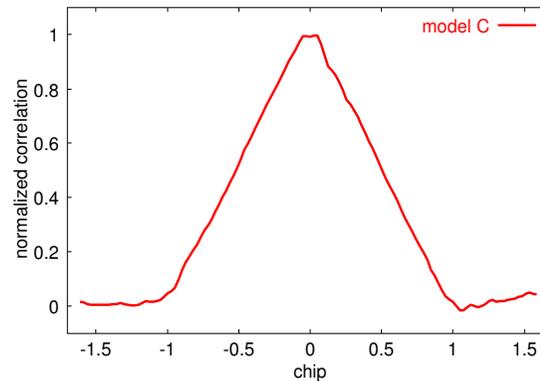
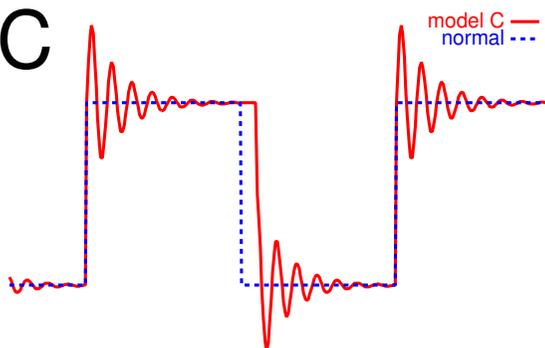
model A



model B



model C



SQM 受信機の特徴

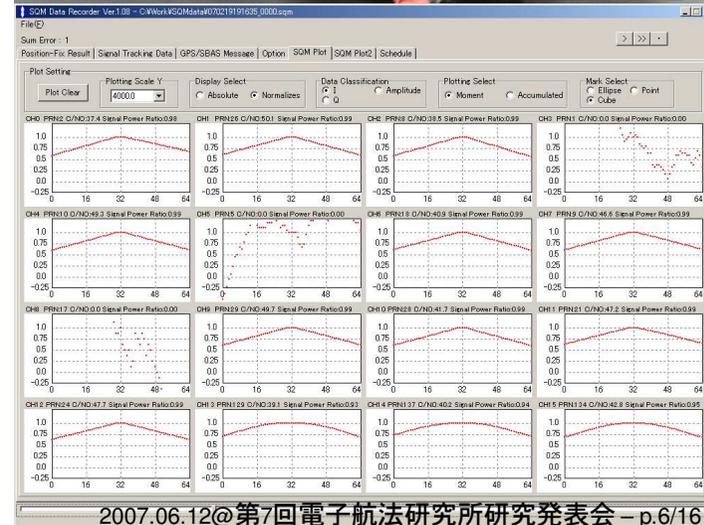
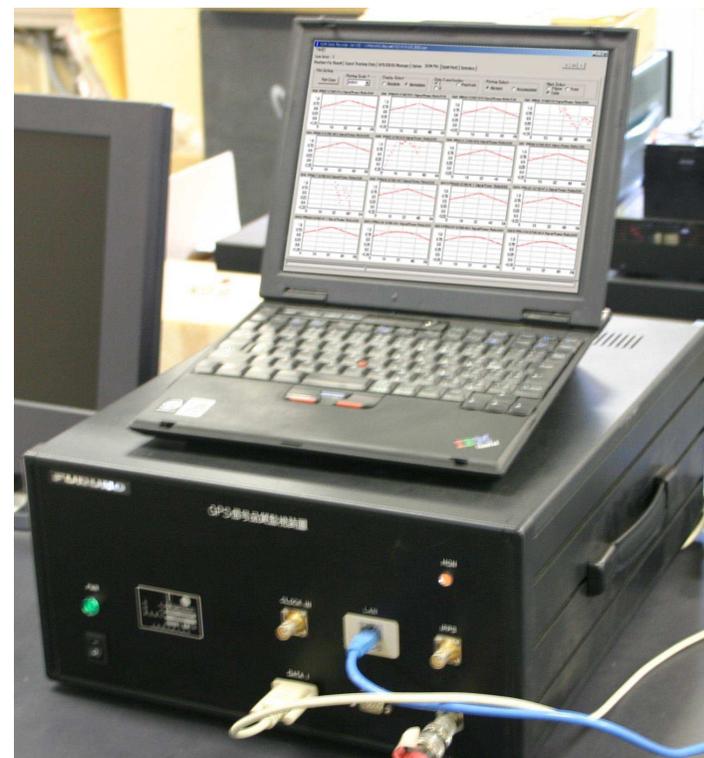
 L1-C/A, GPS:13ch, SBAS:3ch
0.1chip ナローコレクタ

 IF 信号を最大 80MHz で
サンプリング
0.0127875chip 毎の相関値

 4ch, 257 点の相関出力
8ch, 129 点の相関出力
16ch, 65 点の相関出力

データ収録ソフトウェア

 リアルタイムで相関波形を
可視化可能



 GBASなどで問題となるのは...

 基準局と利用者受信機との間で相関器の種類が異なることなどにより, 十分な補正が出来ない場合

 測距差の推定による検出手法を検討

 SQM 受信機で取得可能な複数点の相関値を利用

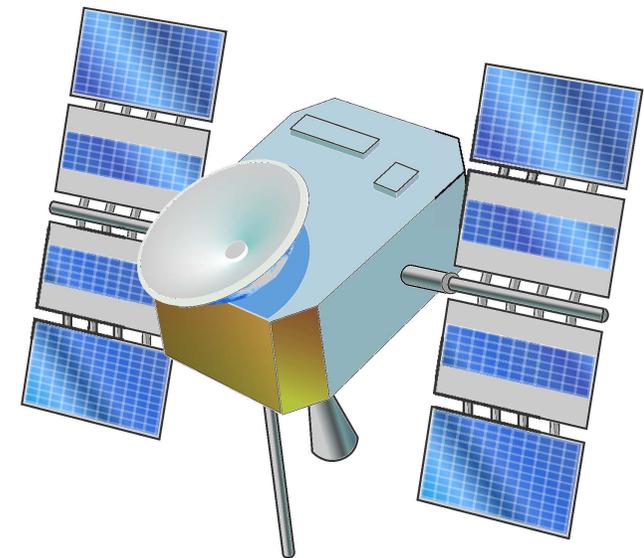
 波形歪みを距離 (m) で表現

 提案手法を擬似劣化信号に適用

 任意波形発生器による信号生成

 SQM 受信機でデータ取得

 判別の可否を調査





変数の定義

I_n^+ : 追尾点 (I_p) より n 点後の相関値

I_n^- : I_p より n 点前の相関値

I_m^+ : I_p より m 点後の相関値

I_m^- : I_p より m 点前の相関値

T : 相関値出力レート (sec)

→ $1/80\mu\text{sec}$

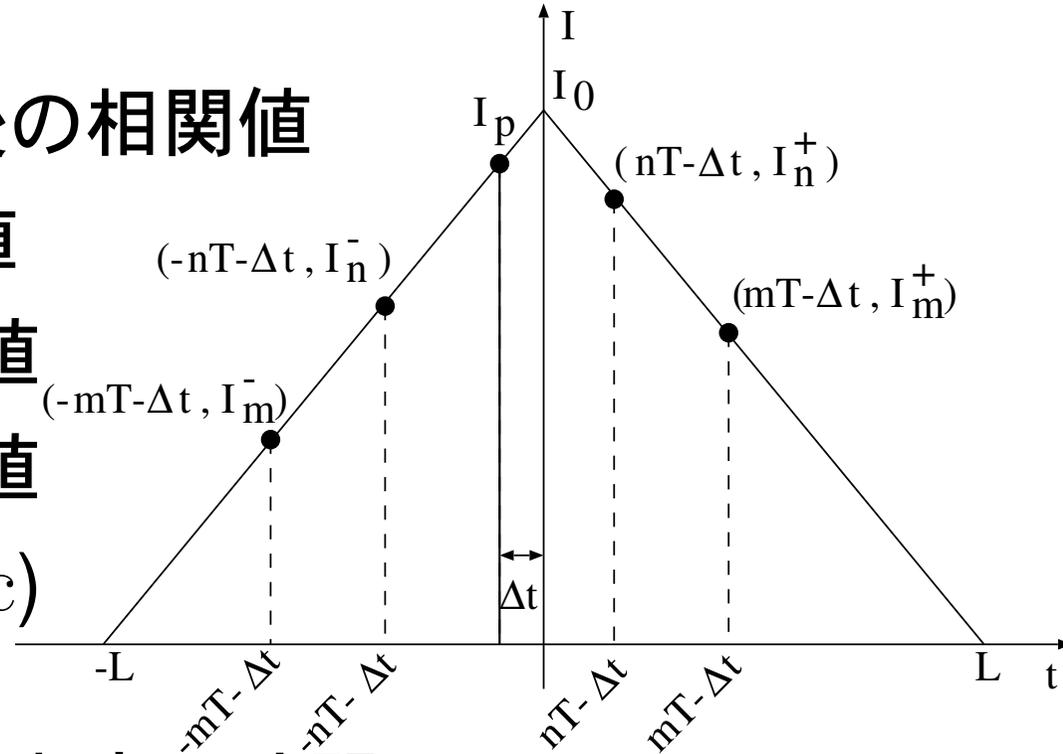
L : C/A コード 1chip に相当する時間 (sec)

→ $1/1.023\mu\text{sec}$

$\Delta t \cdot c$: 推定測距差 (m) (推定された追尾点 (I_0) と

c : 光速 m/s

SQM 受信装置の追尾点との差)

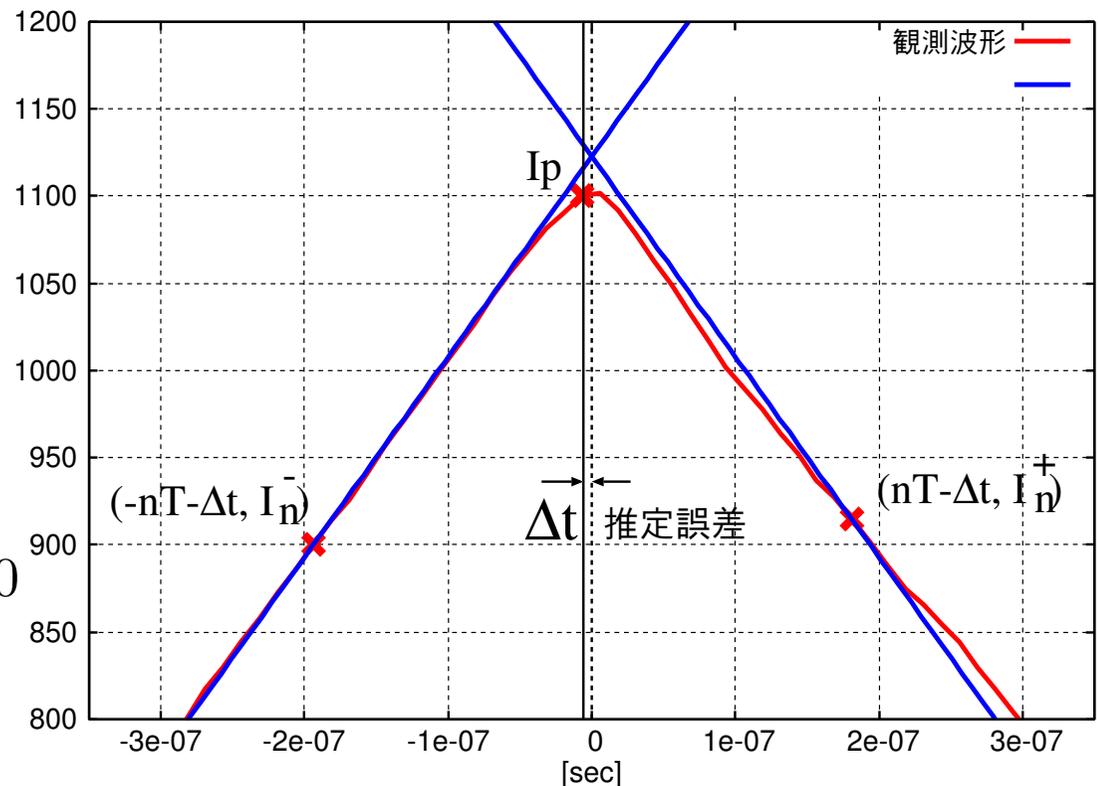




$$\Delta t = \frac{(I_n^+ - I_n^-)}{(I_n^+ + I_n^-)} \cdot (L - nT) \quad [\text{sec}]$$

傾きが $\frac{I_0}{L}$ で
 $(-nT - \Delta t, I_n^-)$ を
 通る直線と
 傾きが $-\frac{I_0}{L}$ で
 $(nT - \Delta t, I_n^+)$ を
 通る直線の交点 $\rightarrow I_0$

追尾点 (I_0) と
 誤差 (Δt) を推定





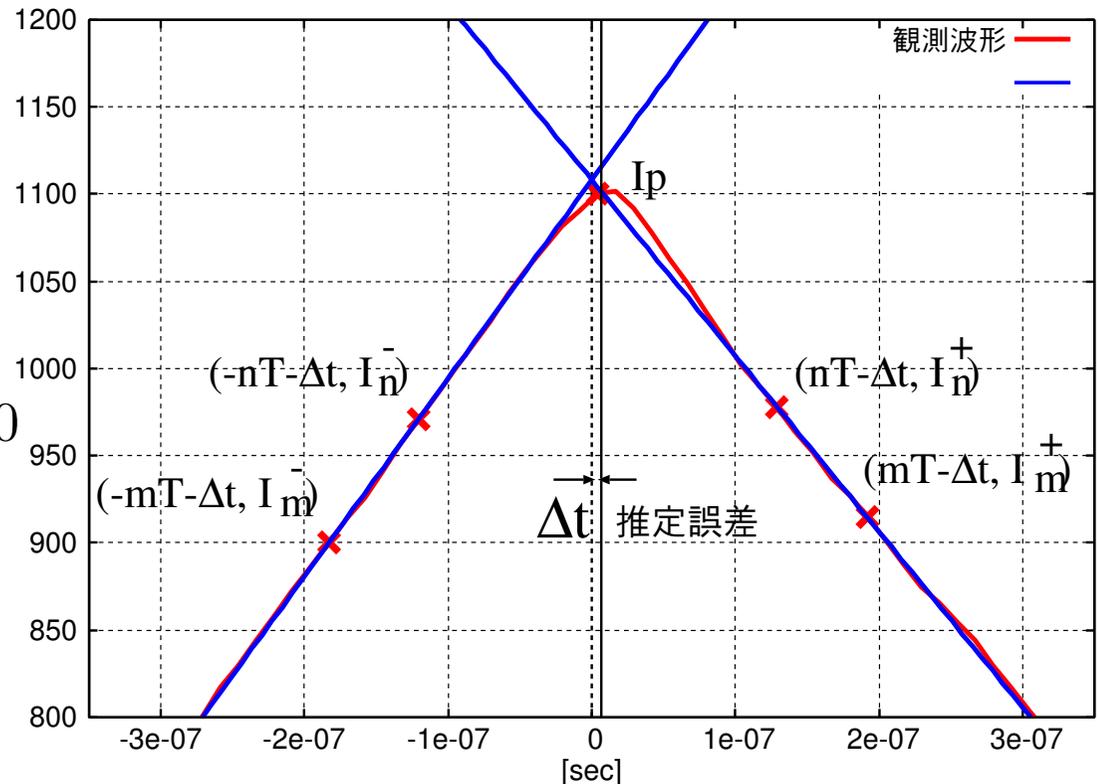
$$\Delta t = \frac{n(I_m^+ - I_m^-) - m(I_n^+ - I_n^-)}{(I_m^+ + I_m^-) - (I_n^+ + I_n^-)} \cdot T \quad [\text{sec}]$$



$(-nT - \Delta t, I_n^-)$ と
 $(-mT - \Delta t, I_m^-)$ を
 通る直線と
 $(nT - \Delta t, I_n^+)$ と
 $(mT - \Delta t, I_m^+)$ を
 通る直線の交点 $\rightarrow I_0$



追尾点 (I_0) と
 誤差 (Δt) を推定





model A



0.3chip 遅延



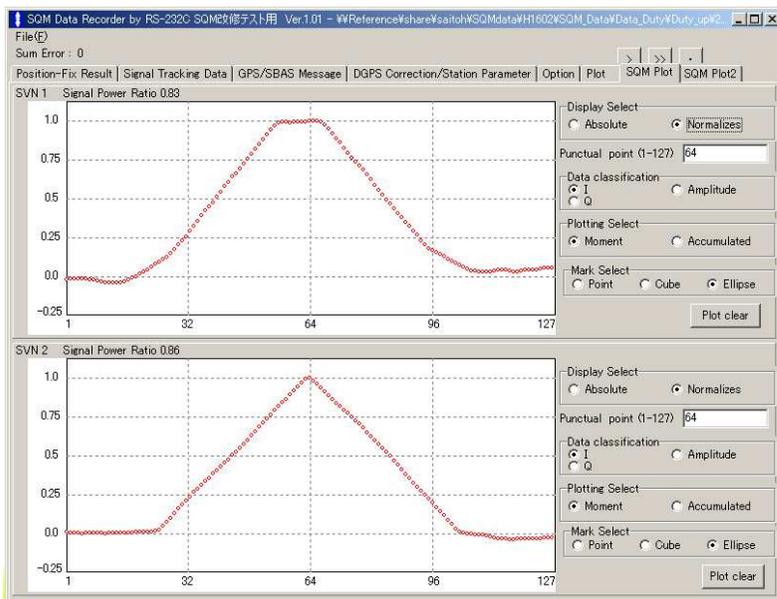
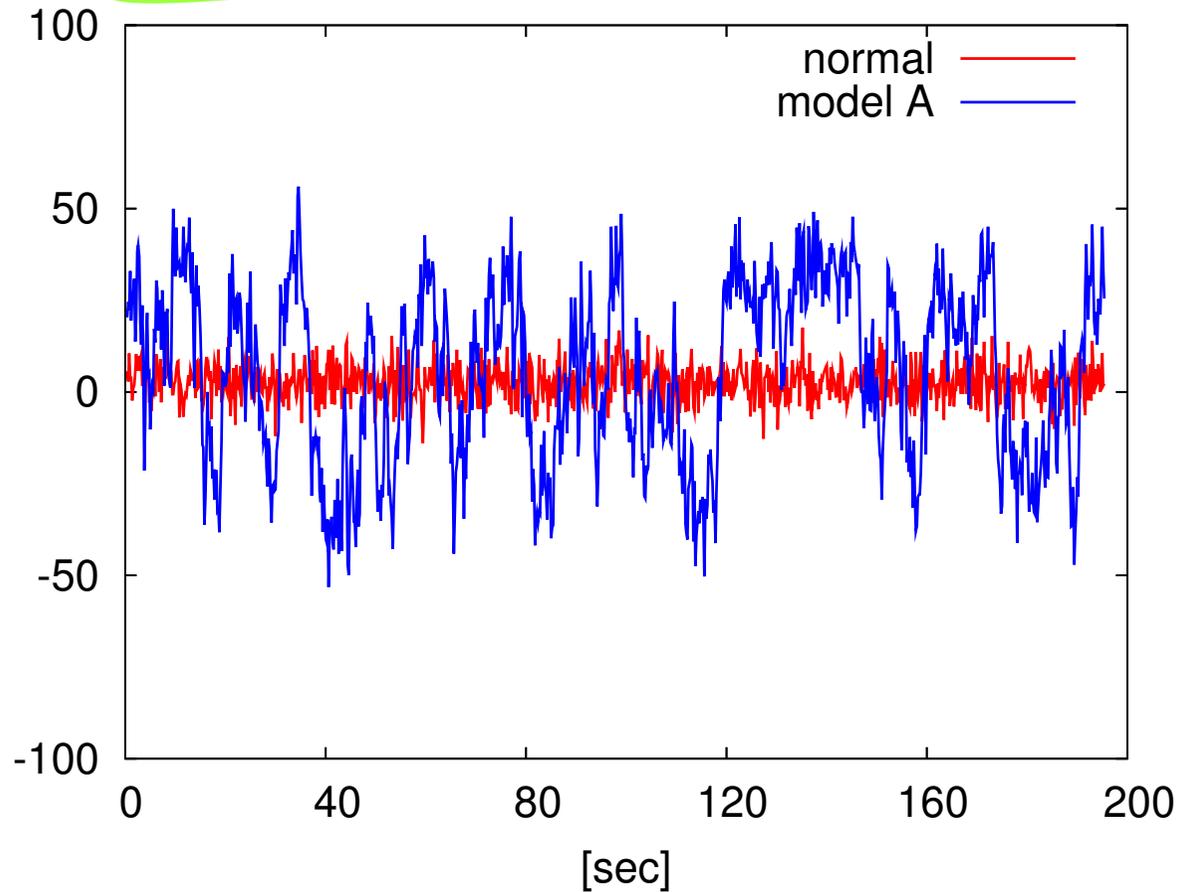
手法 1



$n = 40$

(1.023chip)

estimate value [m]





model C



0.1chip 遅延



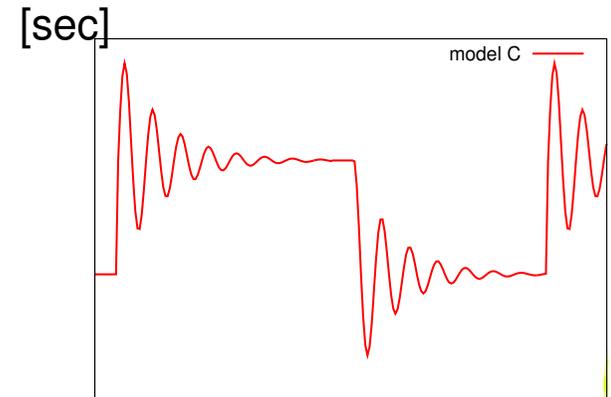
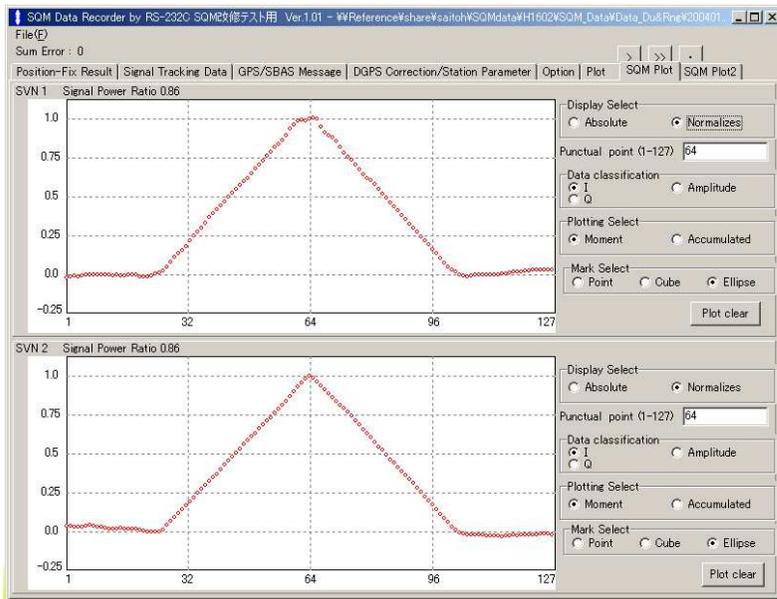
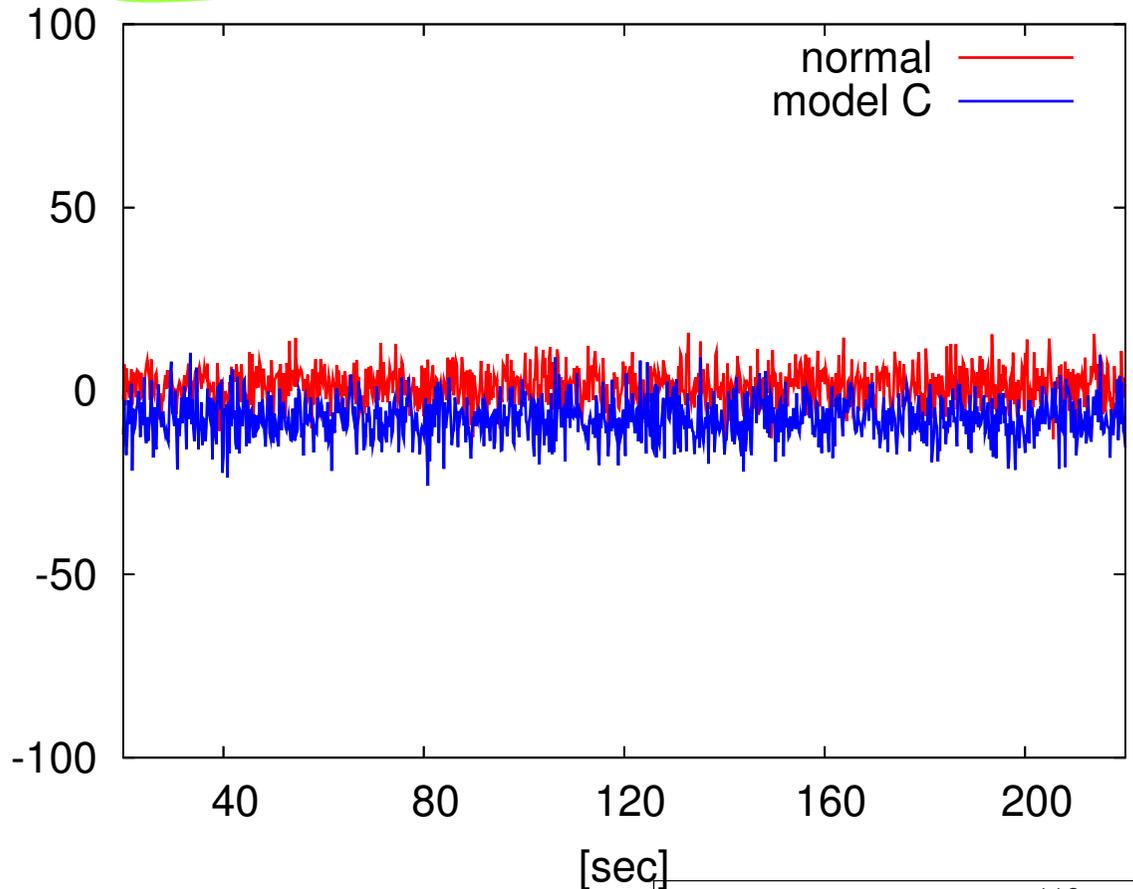
手法 1



$n = 40$

(1.023chip)

estimate value [m]





model B



手法 1



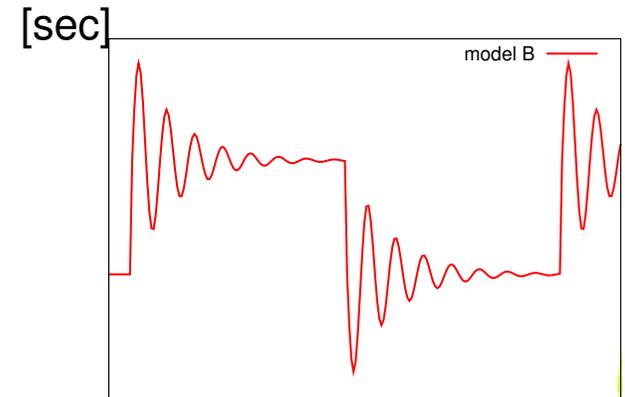
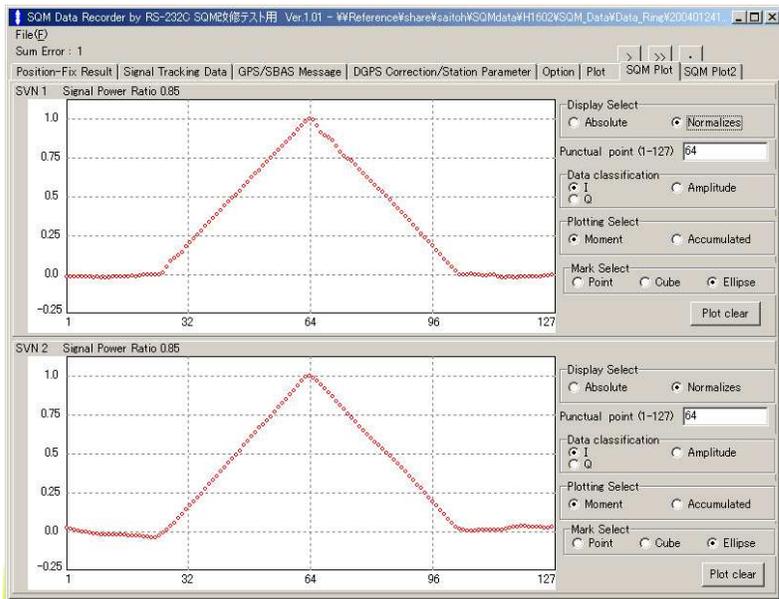
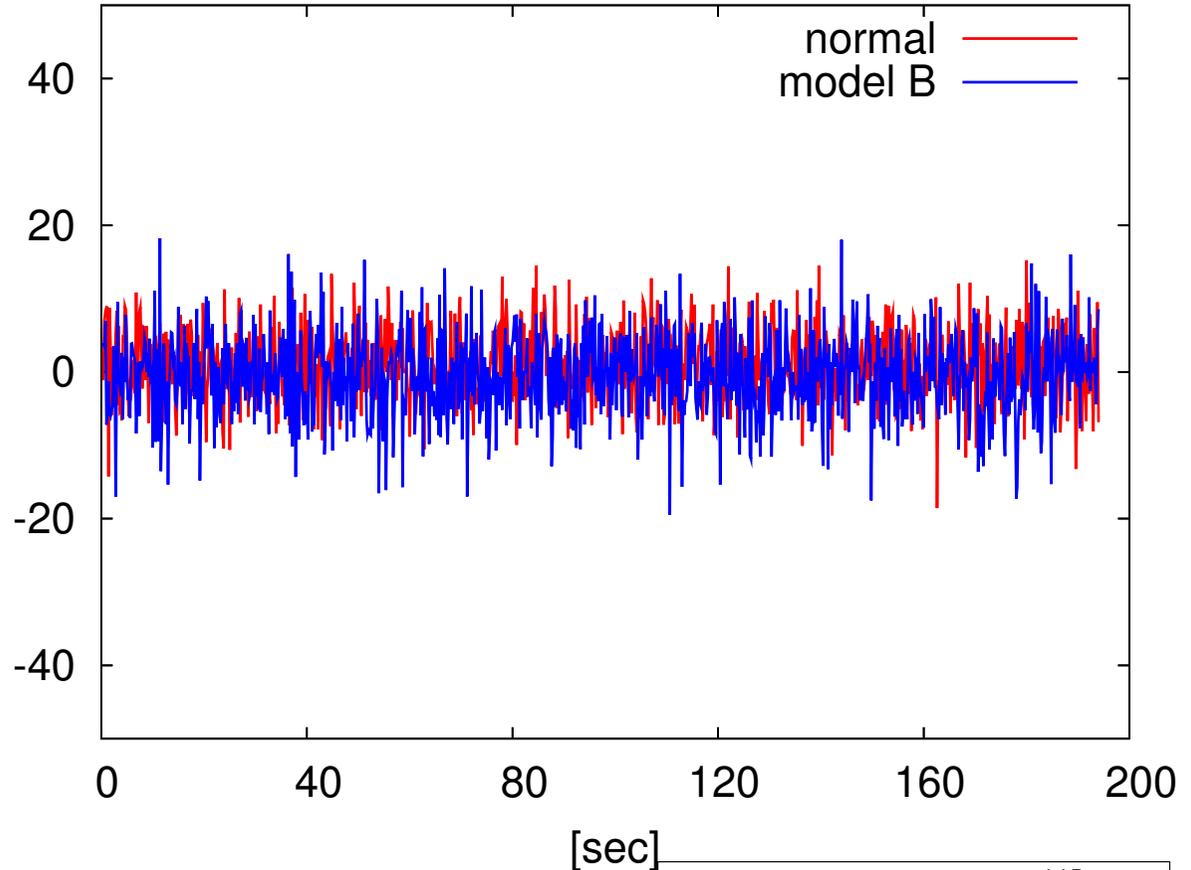
$n = 40$

(1.023chip)



判別困難

estimate value [m]





model B



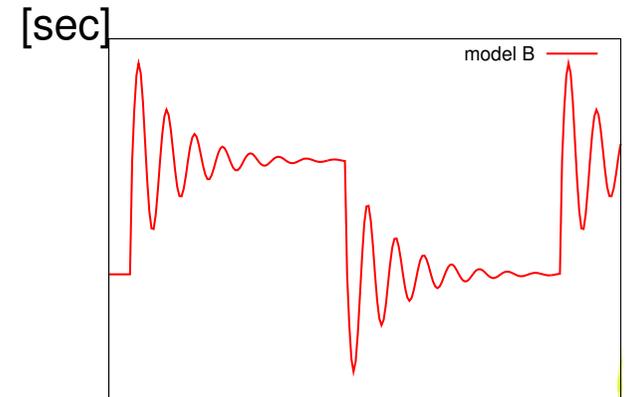
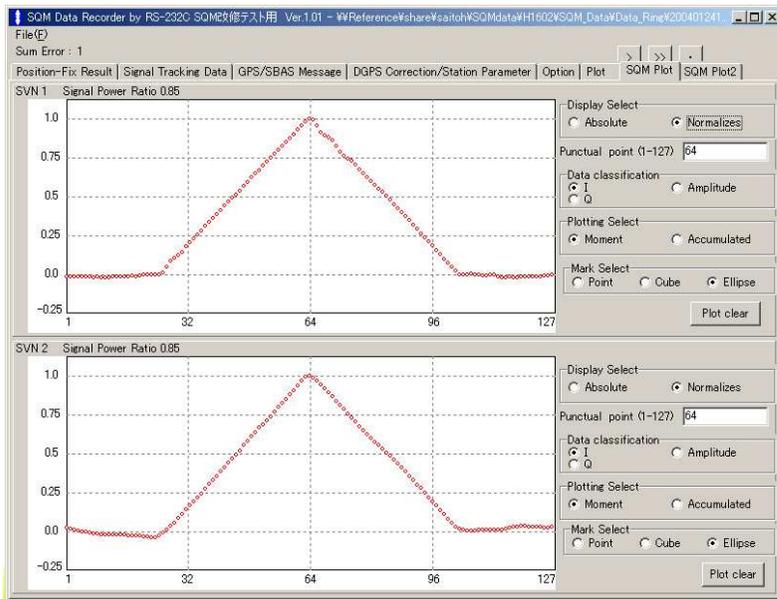
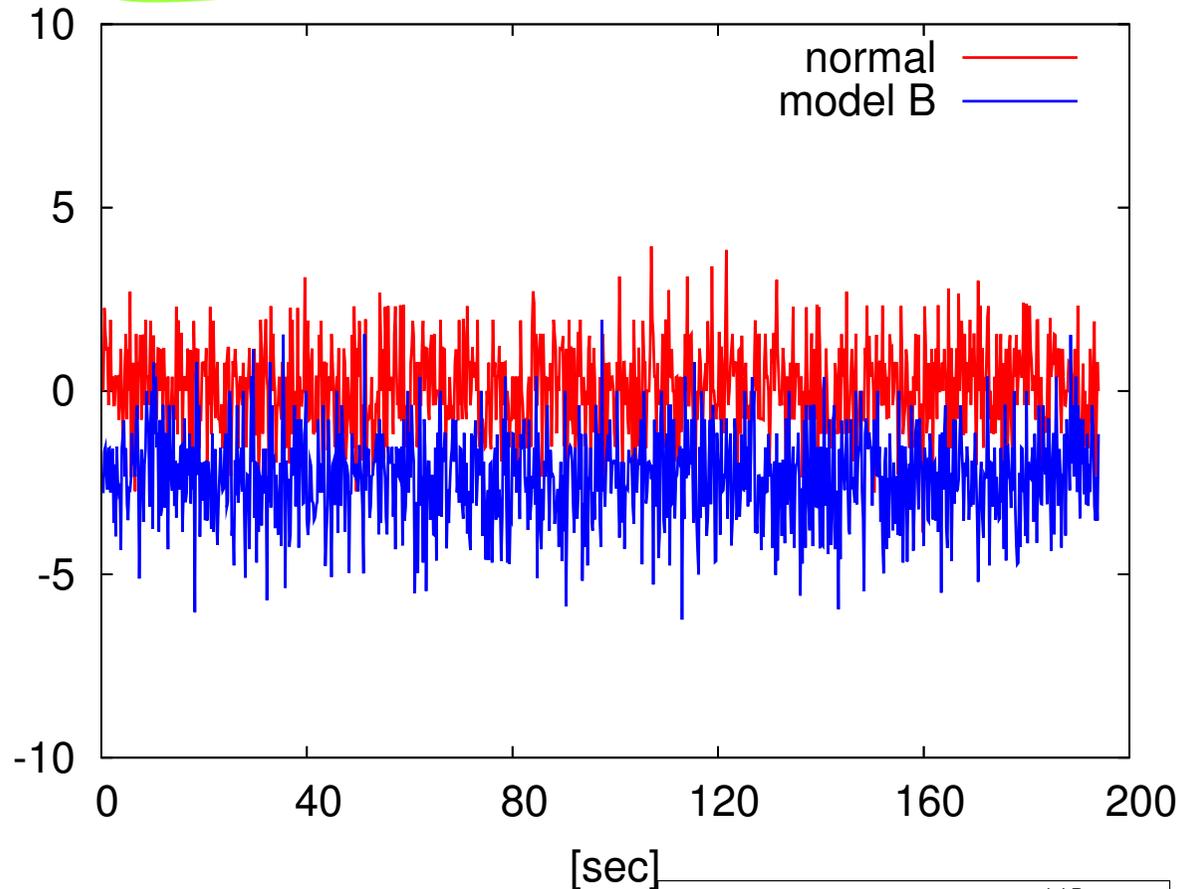
手法 1



$n = 8$

(0.2046chip)

estimate value [m]





model B



手法 2



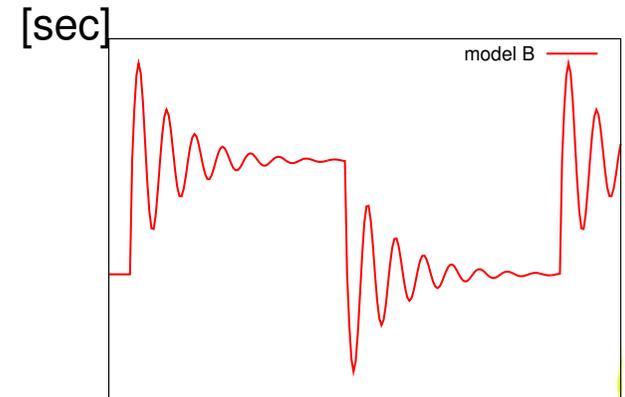
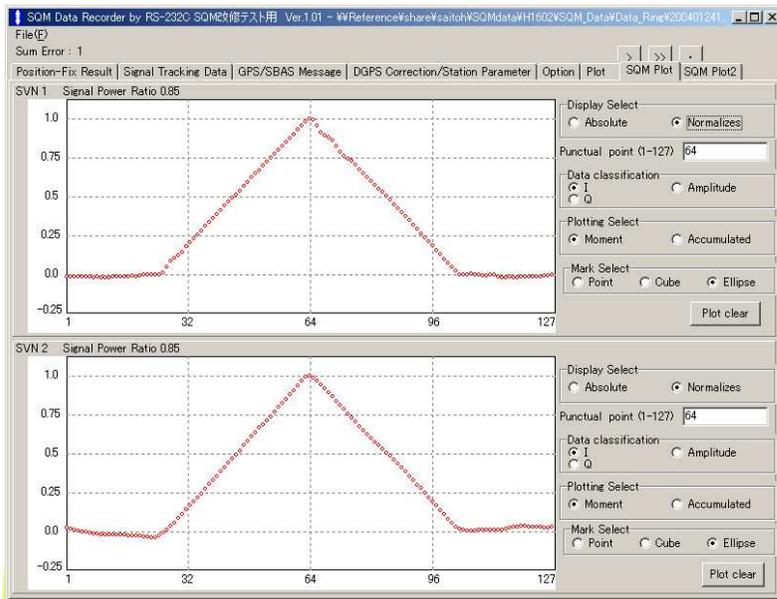
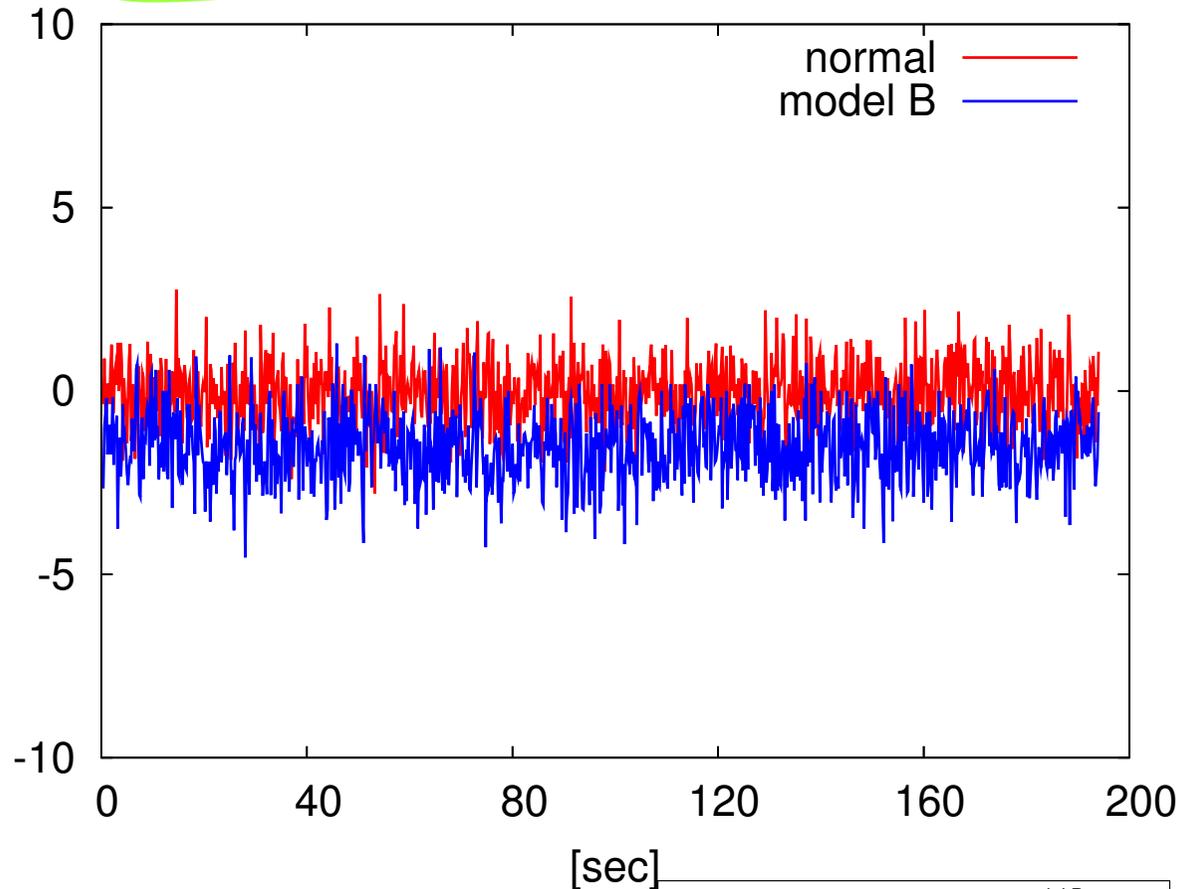
$n = 8$

(0.2046chip),

$m = 16$

(0.4092chip)

estimate value [m]





まとめ



複数の相関値から測距差を推定する方法を提案



劣化擬似信号に適用



故障による劣化信号の判別が可能



今後の課題



n, m の最適値を調査



判別方法の検討

移動平均



しきい値の決定

