

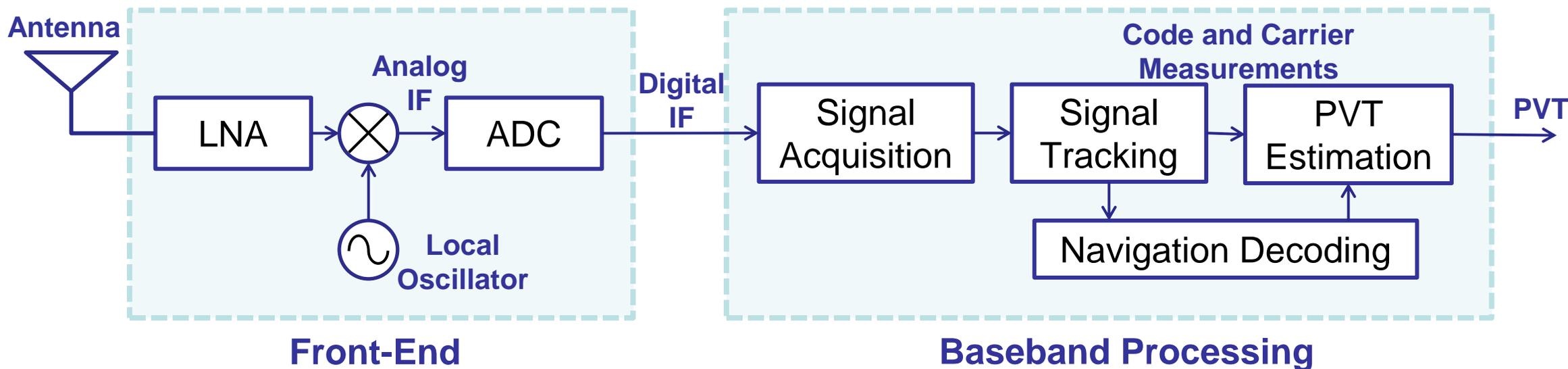


MATLAB/Simulinkによる 教育用ソフトウェアGNSS受信機の モデルベース開発

千葉工業大学 鈴木太郎



• ソフトウェア受信機/SDR (Software Defined Radio)



- AD変換後のすべての信号処理を汎用PC上のソフトウェアで実行
- アルゴリズム/プログラムを**自由に変更できる**
 - ➡ 信号追尾手法の変更, 新しい信号/後方メッセージの受信/デコード...
- 研究/開発用途として非常に有用



- **ソフトウェア受信機はGNSSの理解に有用**
 - GNSSは様々な技術/学問の複合
 - 測地学, 宇宙, 情報通信, 信号処理, 数学, ...
 - 初学者にはハードルが高い
- **GNSSソフトウェア受信機で網羅的にGNSSを学ぶことができる**
 - オープンソースのソフトウェアGNSS受信機

GNSS-SDR

ソースコード: 15万行...



gnss-sdr.org

GNSS-SDRLIB

ソースコード: 1万行...



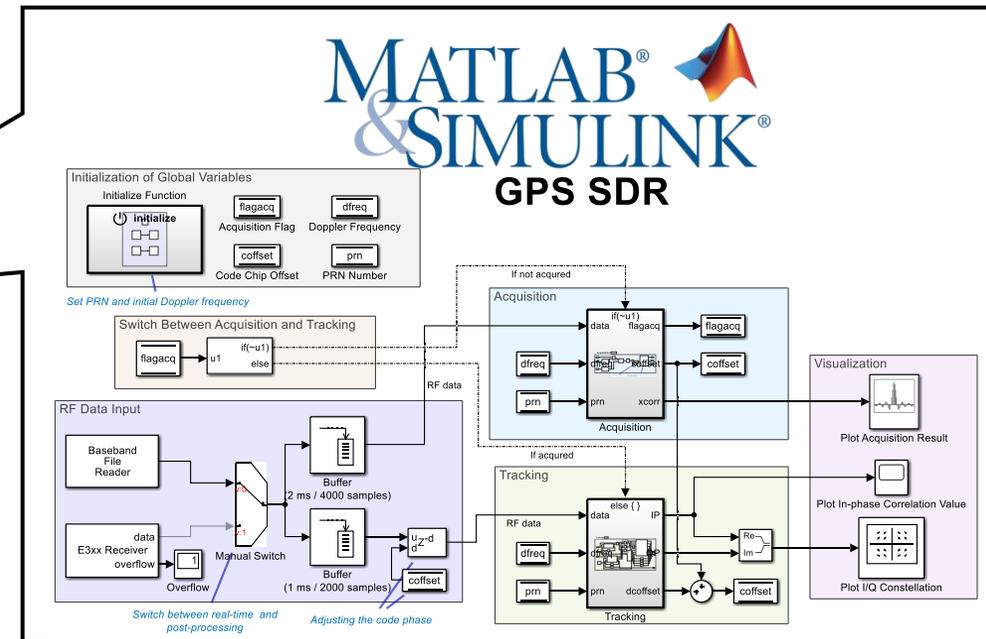
github.com/taroz/GNSS-SDRLIB

➡ C/C++ベースのソフトウェアGNSS受信機では信号処理を俯瞰するのは困難. . .



• Matlab/Simlinkで**モデルベース開発**でのGNSSソフトウェア受信機の構築

- モデル（ブロック）の組み合わせでGNSS信号処理を記述
- 信号処理の流れの把握が容易
- 理解しやすく教育用途として最初のハードルが低い
- 信号の可視化が容易





• USRP E310

- Matlab/Simulinkでサポート
 - イーサネット経由でRFデータをリアルタイムに取得可能
- Rx:1ポート, Tx:1ポート
 - 複数周波数への対応は難しい, 1周波GNSS受信機
- FPGAを搭載
 - SimulinkモデルからのFPGAへの自動実装が可能 (いくつかの制限あり)
 - FPGA化できればスタンドアロンで動作するGNSS受信機が作成可能に



• RTL-SDR

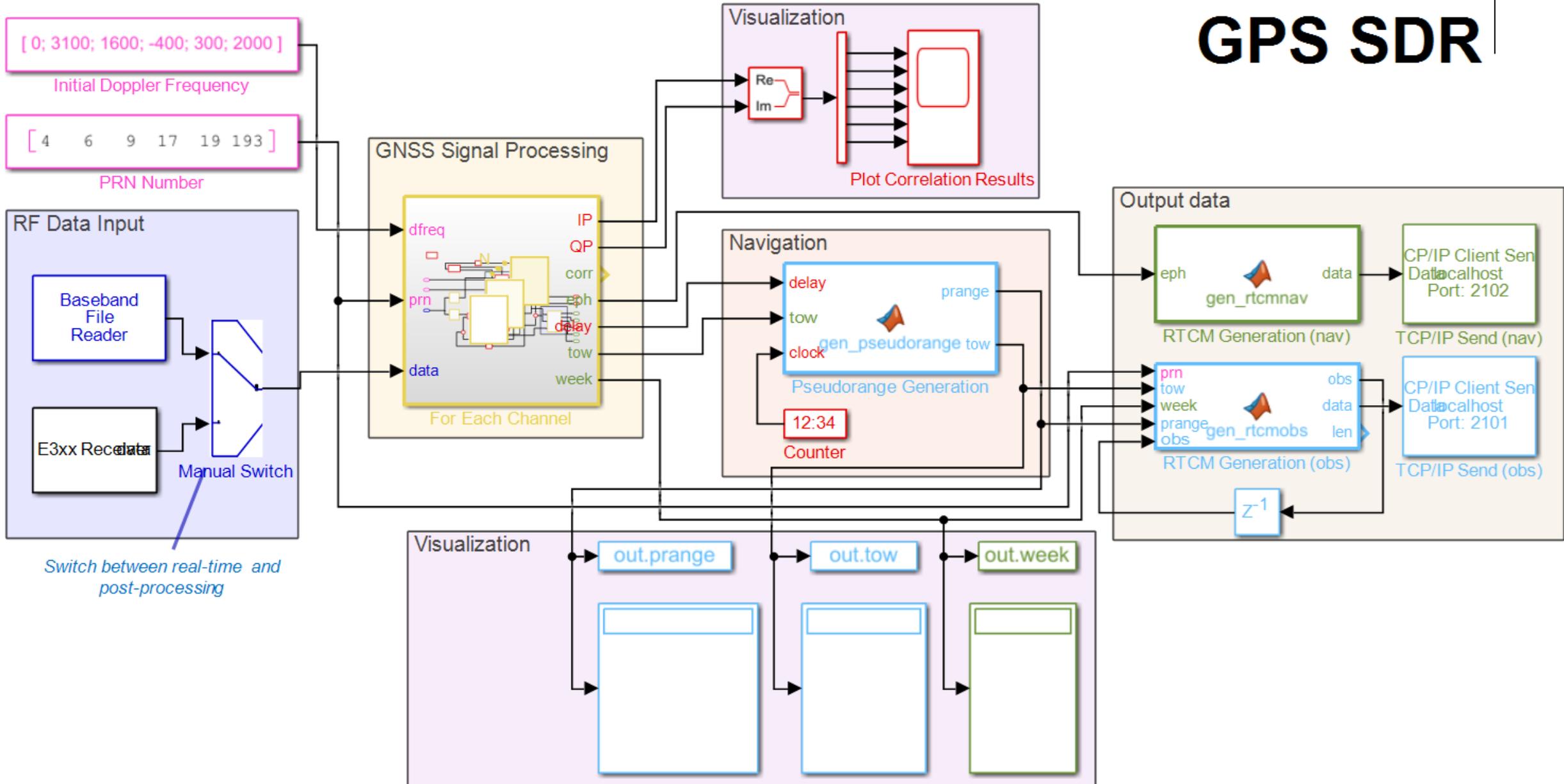
- 非常に安価
 - 2000円程度, 入手性が非常に高い
- Rx:1ポート
 - 複数周波数への対応は難しい, 最大サンプリングレート:2.048MHz
- 教育用途として配布するのには適している



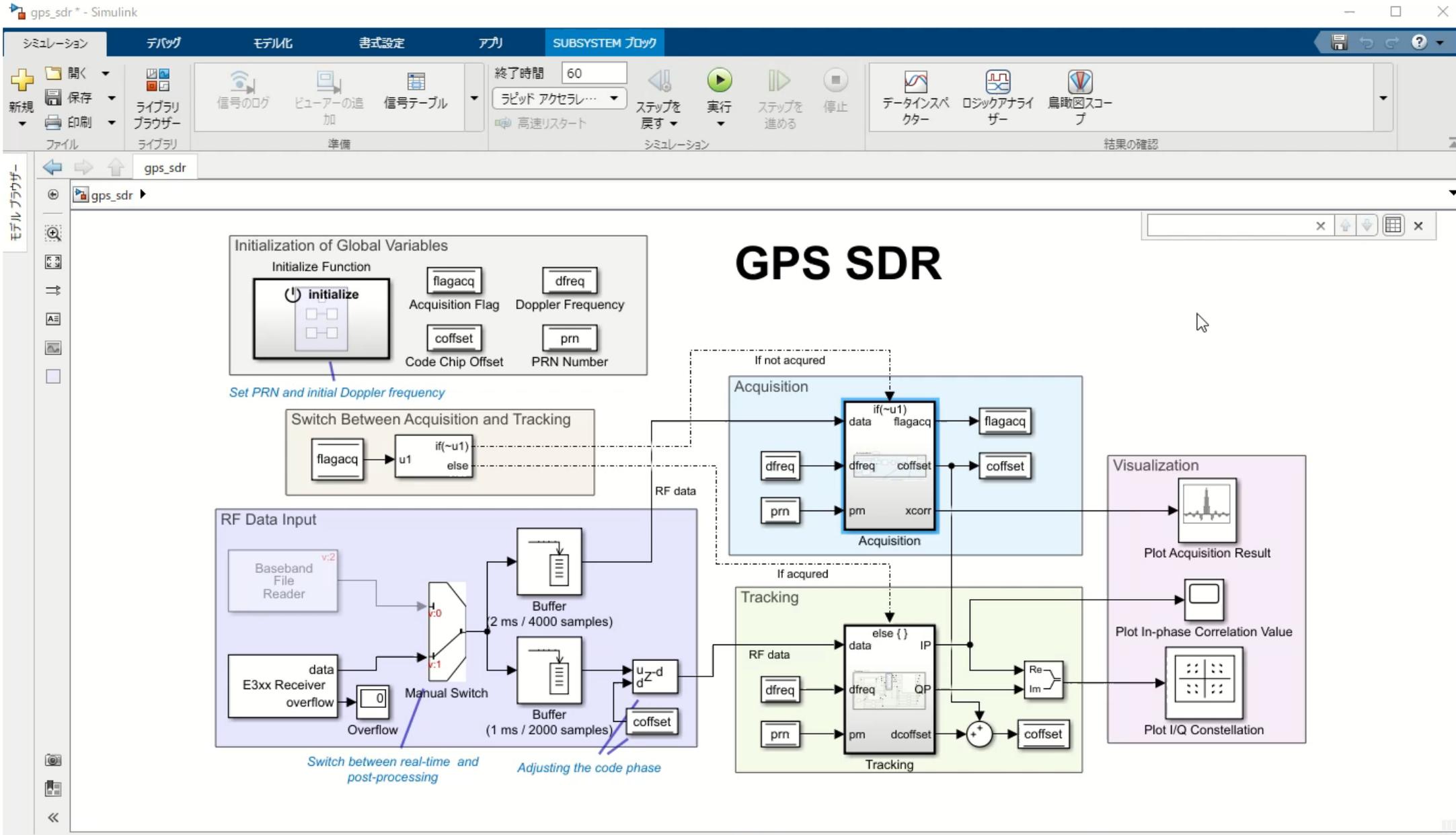
Simulinkブロック図 (全体)



GPS SDR

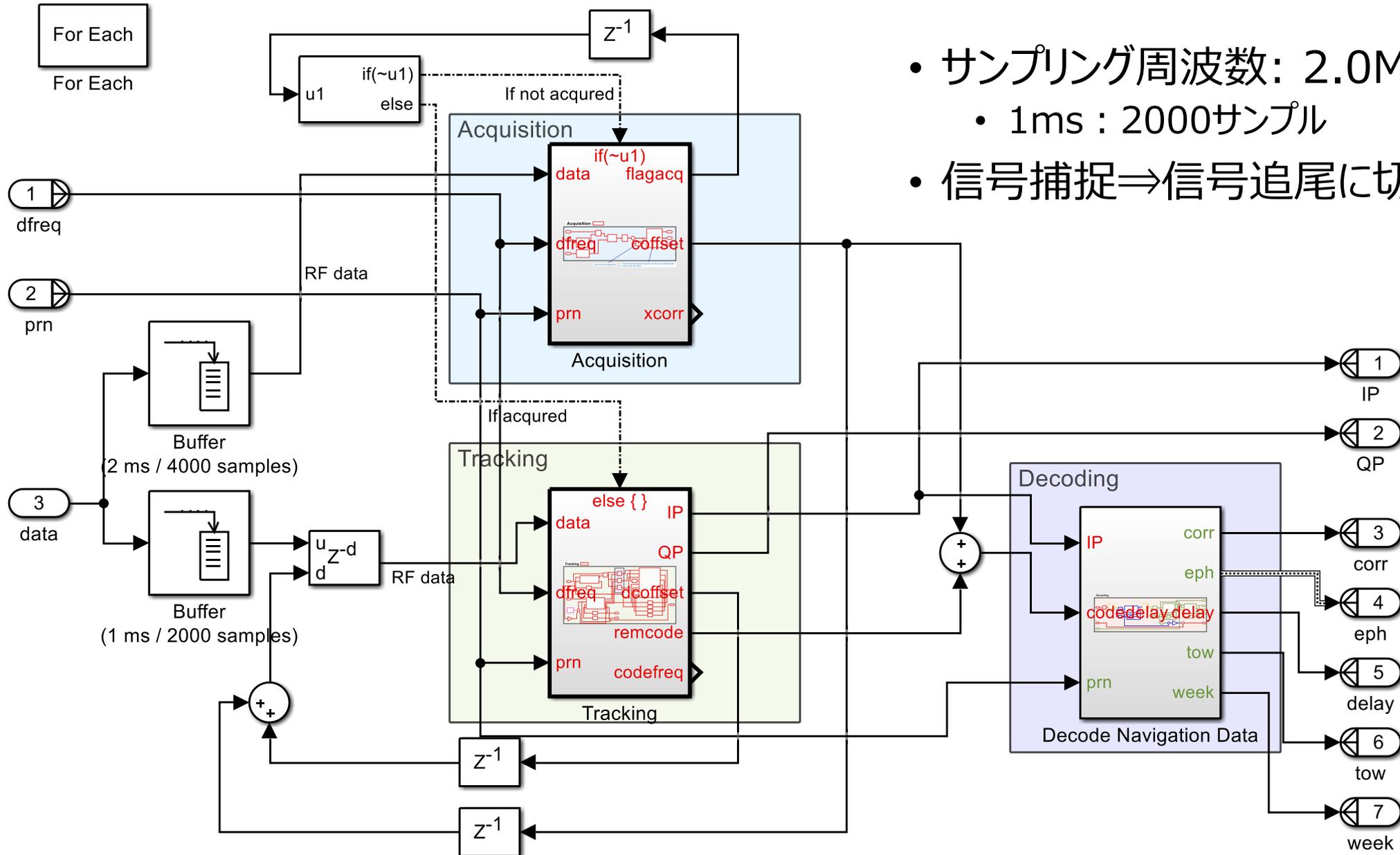


リアルタイム動作の様子（1衛星のみ）



Simulinkブロック図 (1chの信号処理)

-7/16-

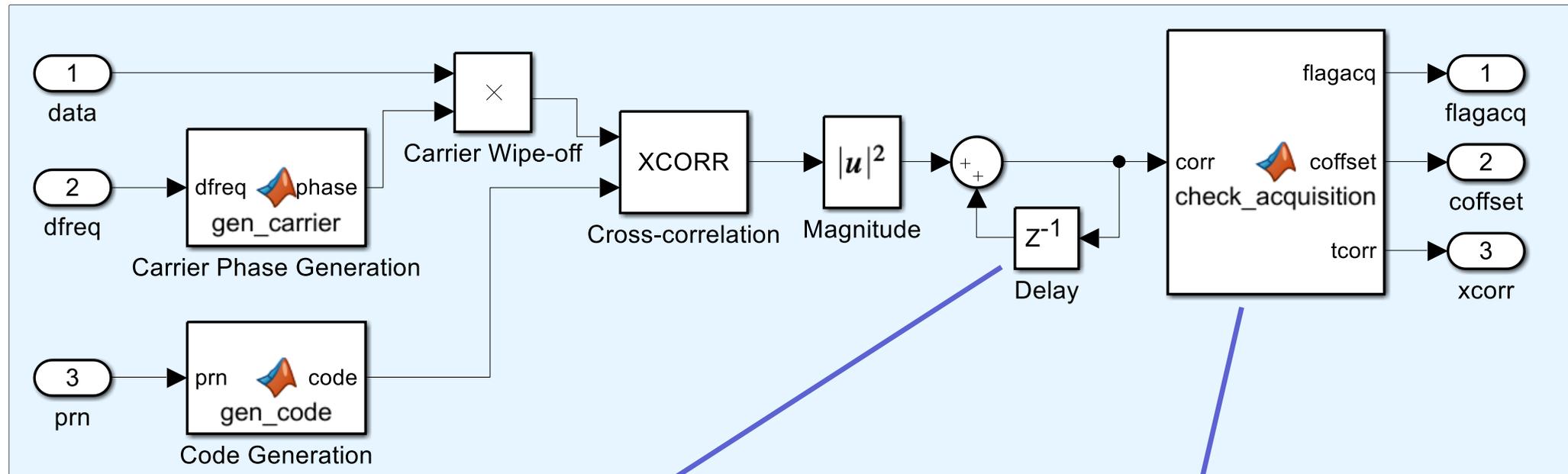


- サンプル周波数: 2.0MHz
 - 1ms : 2000サンプル
- 信号捕捉⇒信号追尾に切り替え



- 2msの入力信号を利用
 - Zero Padding FFT
 - Non-coherent積分

Acquisition if(~u1)



Non-coherent integrations

- Find the highest peak and compare it to the second highest peak
- Output code chip offset



gen_carrier

```
function phase = gen_carrier(dfreq, sf)
nsamp=2*2000;
ts=1/sf;
t=(0:(2*nsamp-1))*2*pi*ts;
t=t(1:nsamp);
phase=exp(1i*dfreq*t)';
```

Check_acquisition

```
function [flagacq, coffset, tcorr] = check_acquisition(corr)
nsamp=2000;
n1=2*nsamp;
n2=nsamp;
peak_th=3; % Threshold of peak ratio

% trim cross-correlation result
tcorr=zeros(2000, 1);
tcorr(1:nsamp)=corr(n1:(n1+n2-1));

% find highest peak
[peak1, coffset]=max(tcorr);

% compute peak ratio
ind=[1:coffset-10 coffset+10:n2]; % exclude the
peak2=max(tcorr(ind));
peakr = peak1/peak2;

if peakr<peak_th
    coffset=-1;
    flagacq=false;
else
    coffset=n2-(coffset-2);
    flagacq=true;
end
```

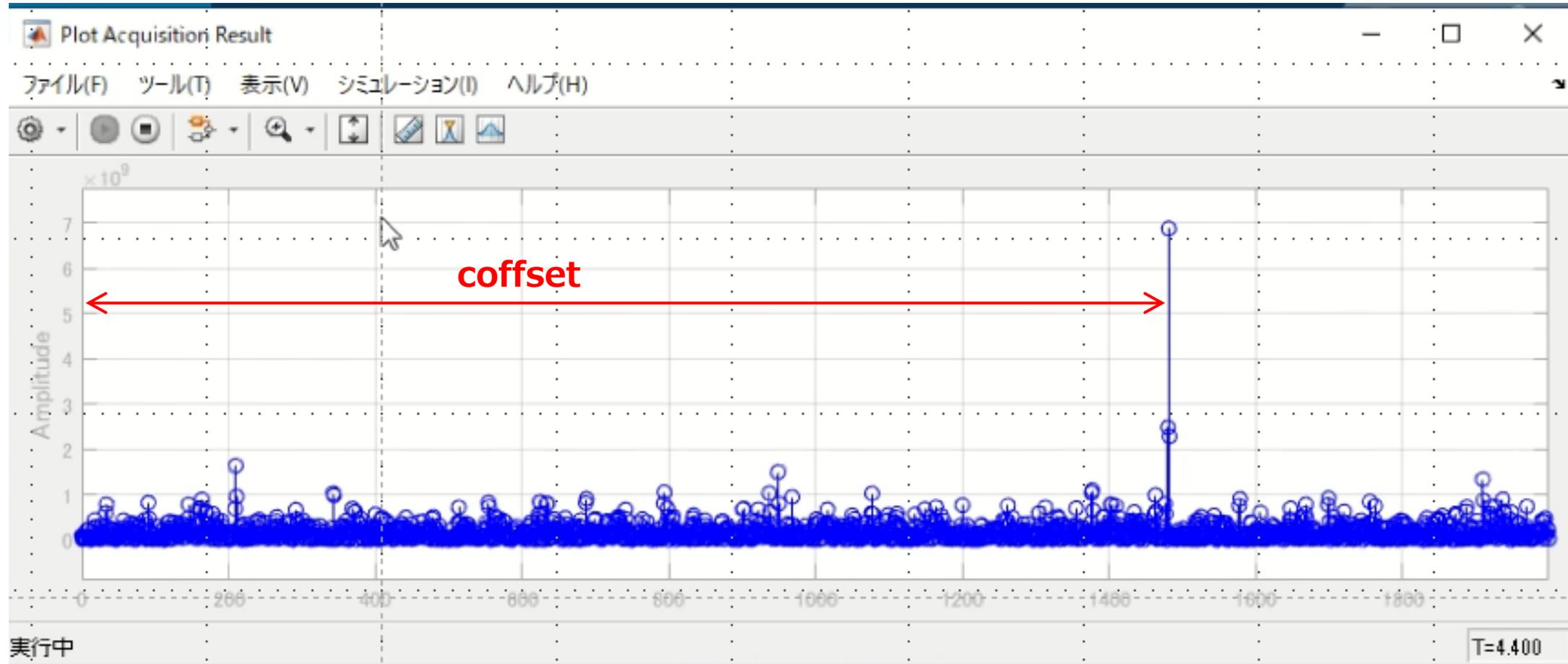
gen_code

```
function code = gen_code(prn, sf)
ts=1/sf;
nsamp=2000;
[c, clen, crate]=generateCAcode(prn);

% resample
tc=1/crate;
indcode = ceil((ts*(1:nsamp))/tc);
indcode(end) = clen;
code=zeros(2*nsamp, 1);
code(1:nsamp)=c(indcode)';
```

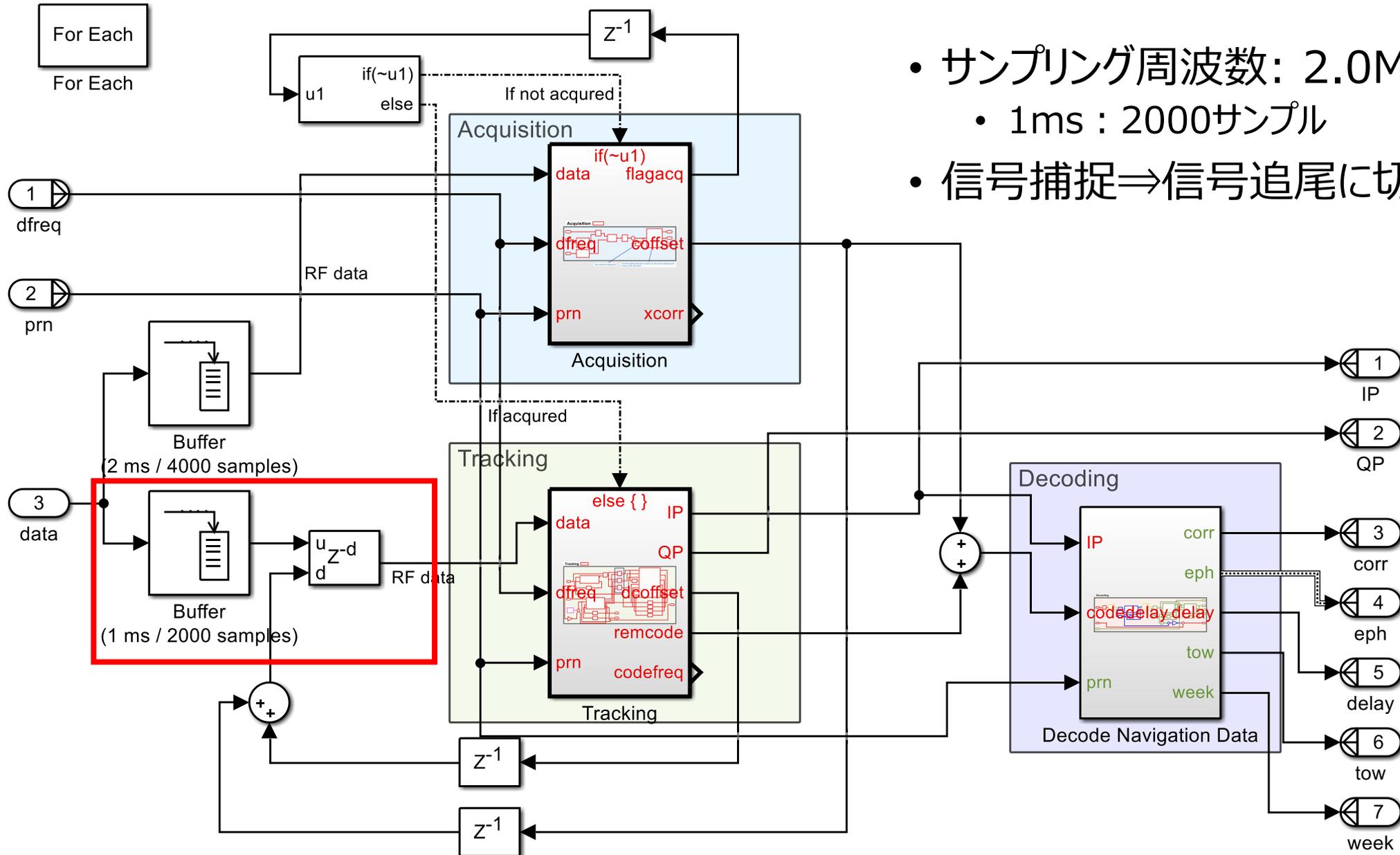


- Codeのオフセット(sample)を推定



Simulinkブロック図 (1chの信号処理)

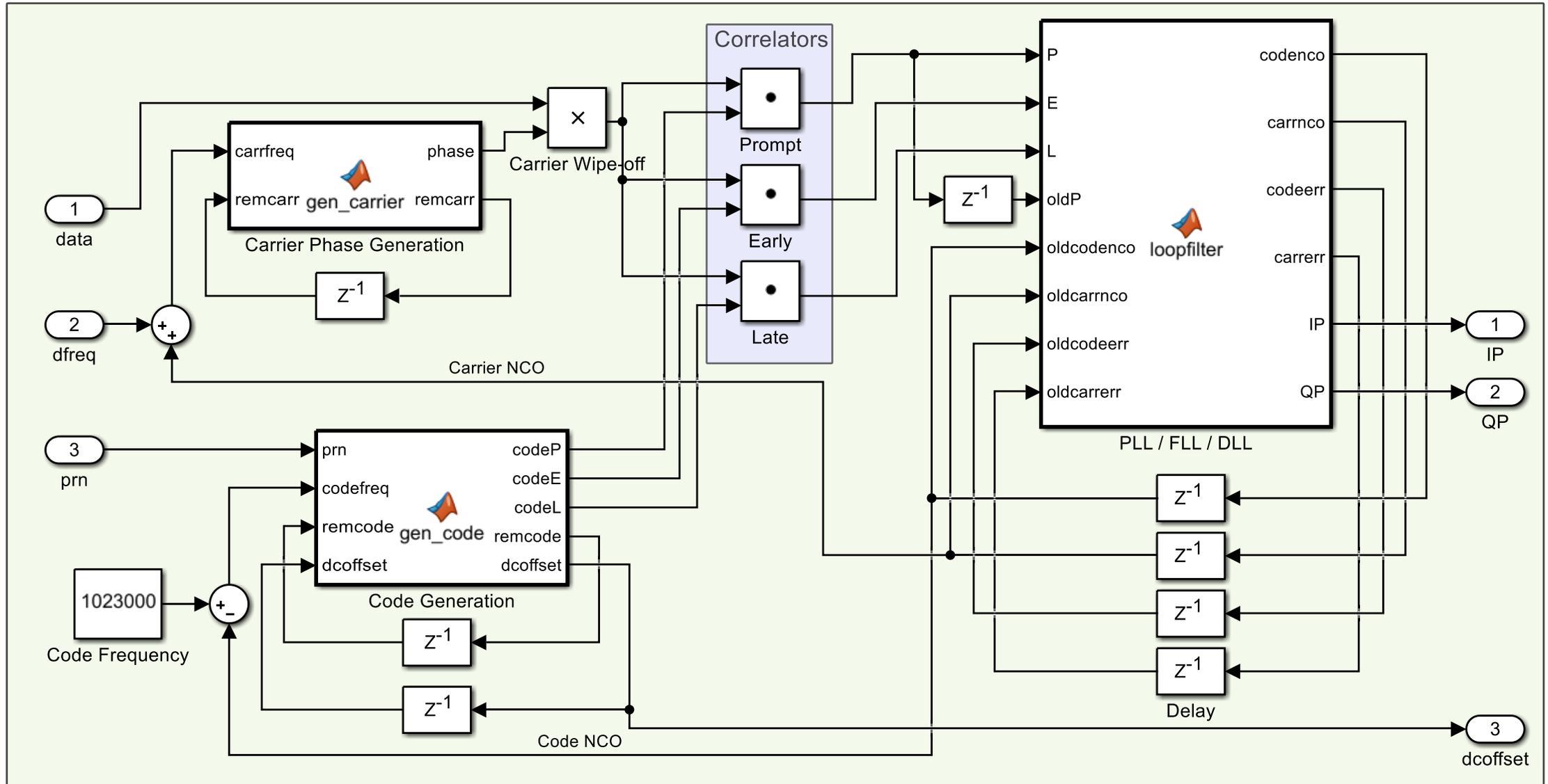
-11/16-



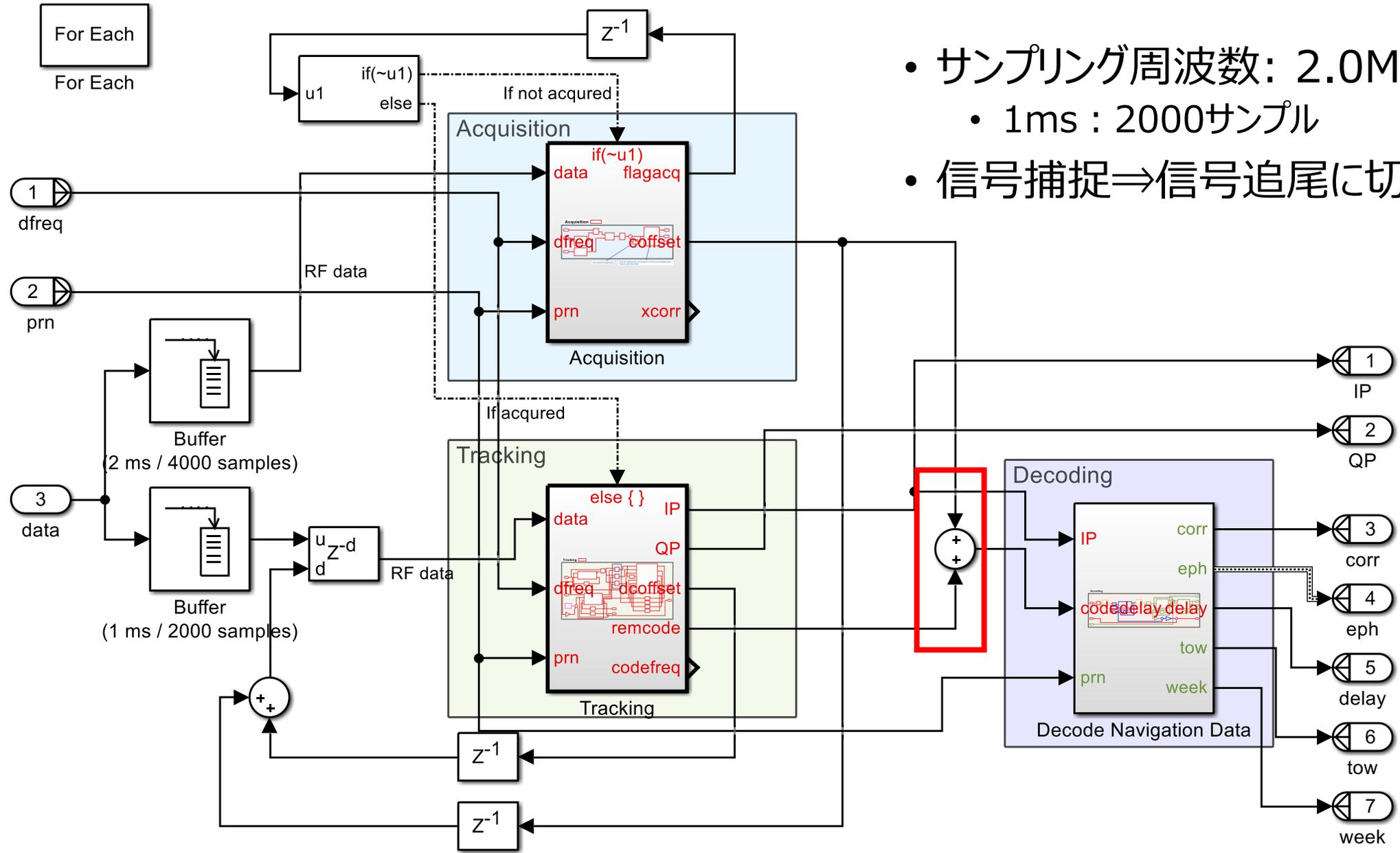
- サンプル周波数: 2.0MHz
 - 1ms : 2000サンプル
- 信号捕捉⇒信号追尾に切り替え



Tracking else {}



Simulinkブロック図 (1chの信号処理)



- サンプル周波数: 2.0MHz
 - 1ms : 2000サンプル
- 信号捕捉⇒信号追尾に切り替え



Matlab/Simlinkで**モデルベース開発**でのGNSSソフトウェア受信機の構築

- GPS以外の衛星への対応
 - Galileo E1, BeiDou B1I, GLONASS G1...
- L5への対応
 - リアルタイム処理はサンプリング周波数的に難しい？
- GPSシミュレータ（GNSS信号送信）モデルの作成
- GNSSセミナー用の教材の作成
- オープンソースで公開
- FPGA化に挑戦



- **Communications Toolbox** : 必須
- **DSP System Toolbox** : cross correlationブロックを利用 : 必須
- **Instrument Control Toolbox** : TCP/IPブロックのみ, 削除可能
- **Simulink Coder** : リアルタイム動作の場合 必須