

ASTRO-Hにおける SpaceWireの時刻コード 抜けに対する堅牢性

~2012~ 天文・天体物理若手 夏の学校

埼玉大学 M1 杉本 樹信

ASTRO-H

ASTRO-H・・・2014年打ち上げ予定の日本で6番目のX線天文衛星
その衛星内の通信プロトコルにはSpaceWireが使われる。

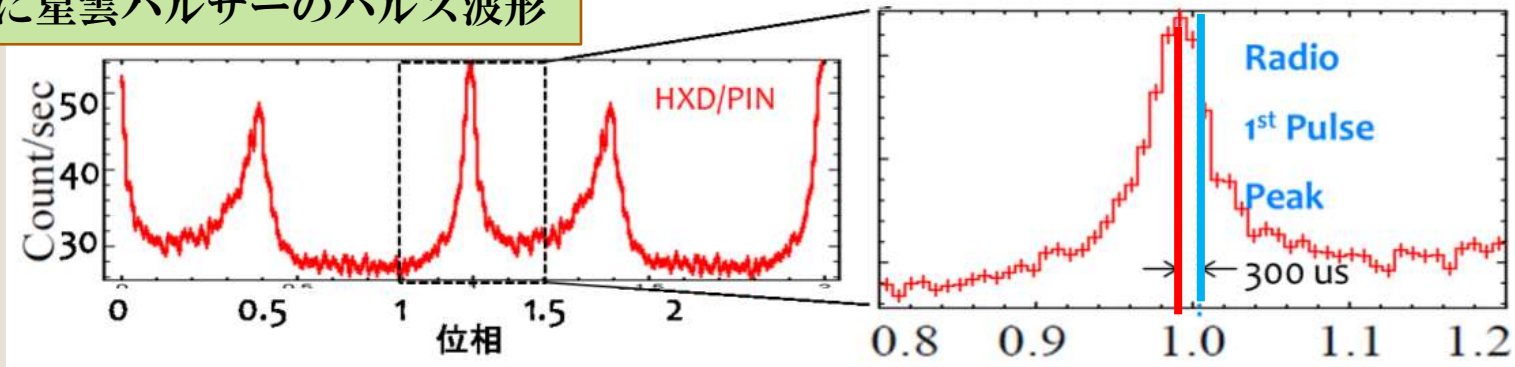
今後の衛星はこれに統一の流れ
⇒コストや製作時間の抑制になる

ASTRO-Hの絶対時刻精度目標は『 $30\mu\text{s}$ 』

→この精度があれば地上での電波観測データと

ASTRO-HのX線観測データより、両者の**発生時刻の差**を比較できる

かに星雲パルサーのパルス波形



ライトカーブ・・・X線パルス

青線・・・電波のピーク



衛星時刻

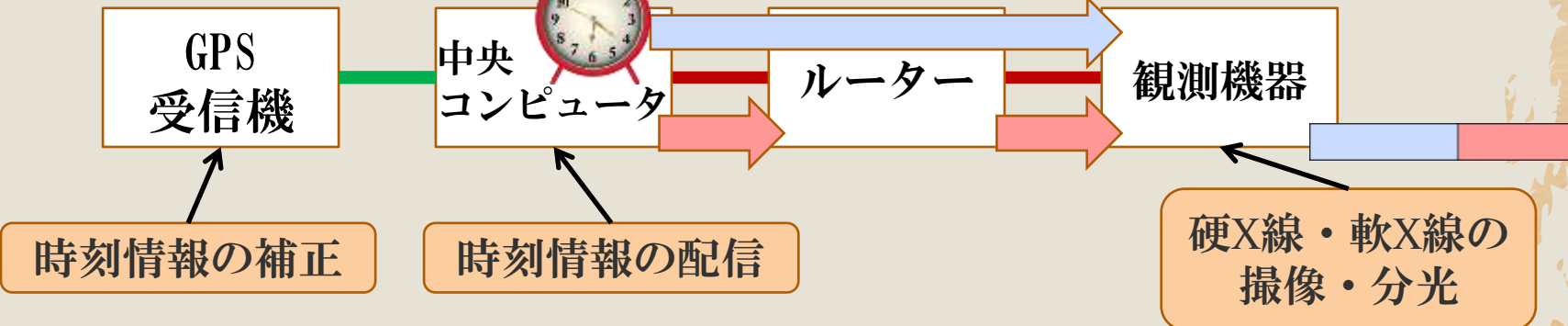
ASTRO-Hは中央コンピュータからツリー状のネットワーク構成
中央コンピュータからTI(衛星時刻)を下位ノードへ配信する。

TI：衛星自身の時計。15.625ミリ秒～約136年が時刻範囲。

- TI(上位)：秒以上をカウント。末端機器に直接書き込む
- TimeCode：秒以下をカウント。SpaceWireで繋がれた機器に自動的に配信。
カウンター0～63が15.625ミリ秒で1カウントアップする。

しかしこれでは目標の30 μ sに
到底及ばない

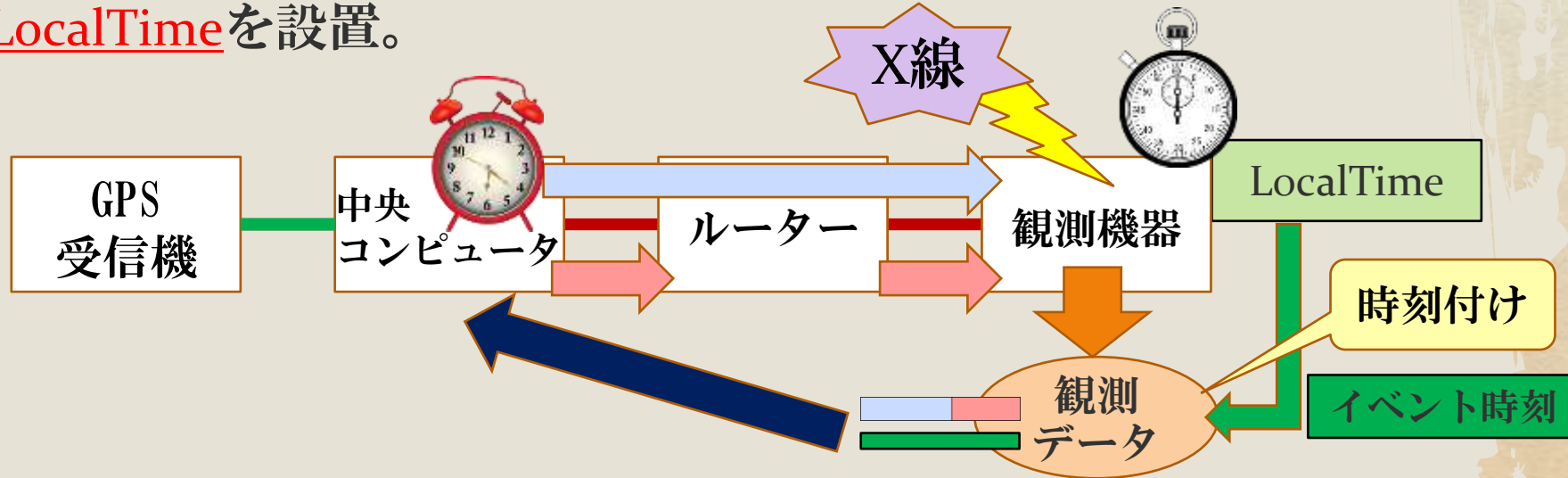
ASTRO-Hのネット
ワーク構成図(概要)



時刻付け

前述のTIでは刻みが粗すぎて観測には不向き

そこで各観測機器により細かな時間分解能($25.6\mu\text{s}$)のカウンター
LocalTimeを設置。

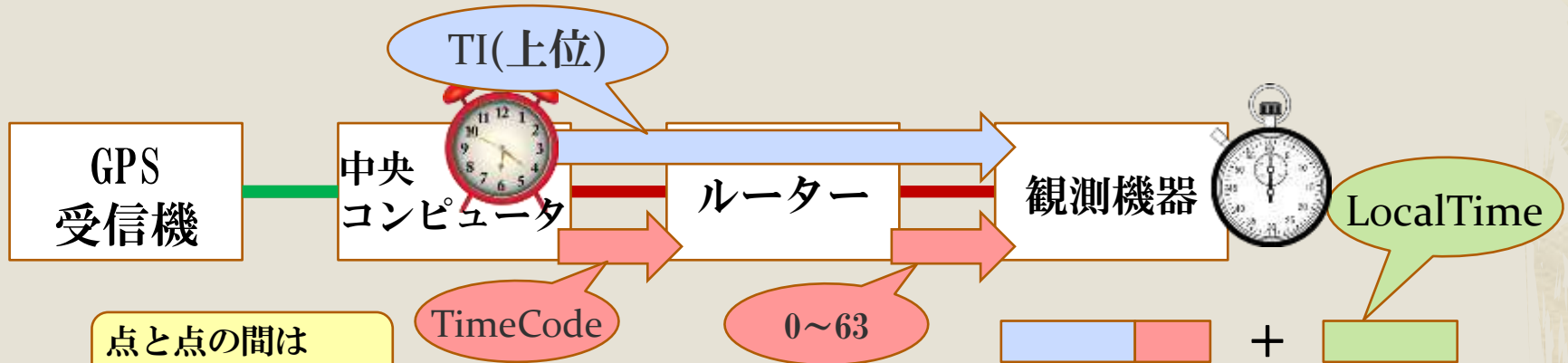


しかしLocalTimeはカウンターがすぐに回り切ってしまうため、年月日データは与えれない。

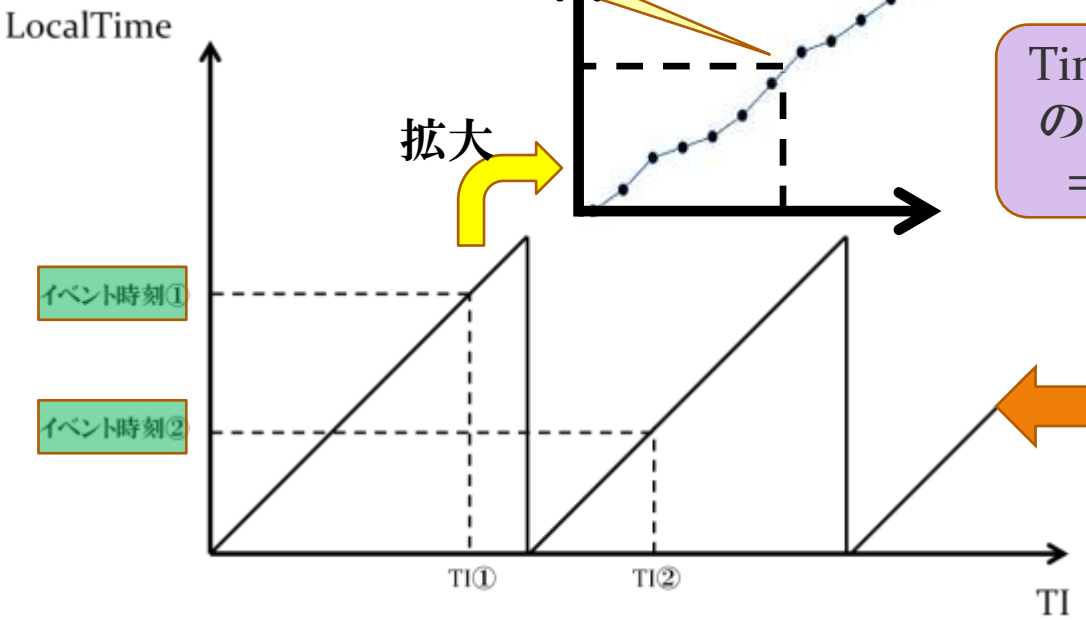
TIとLocalTimeを組み合わせれば高精度かつ長時間の時刻情報を得られる。

しかし2つは非連動のため、このままでは不可能。

データにどのように時刻を与えるか



TimeCodeが'0'
のタイミング
=1秒に1回

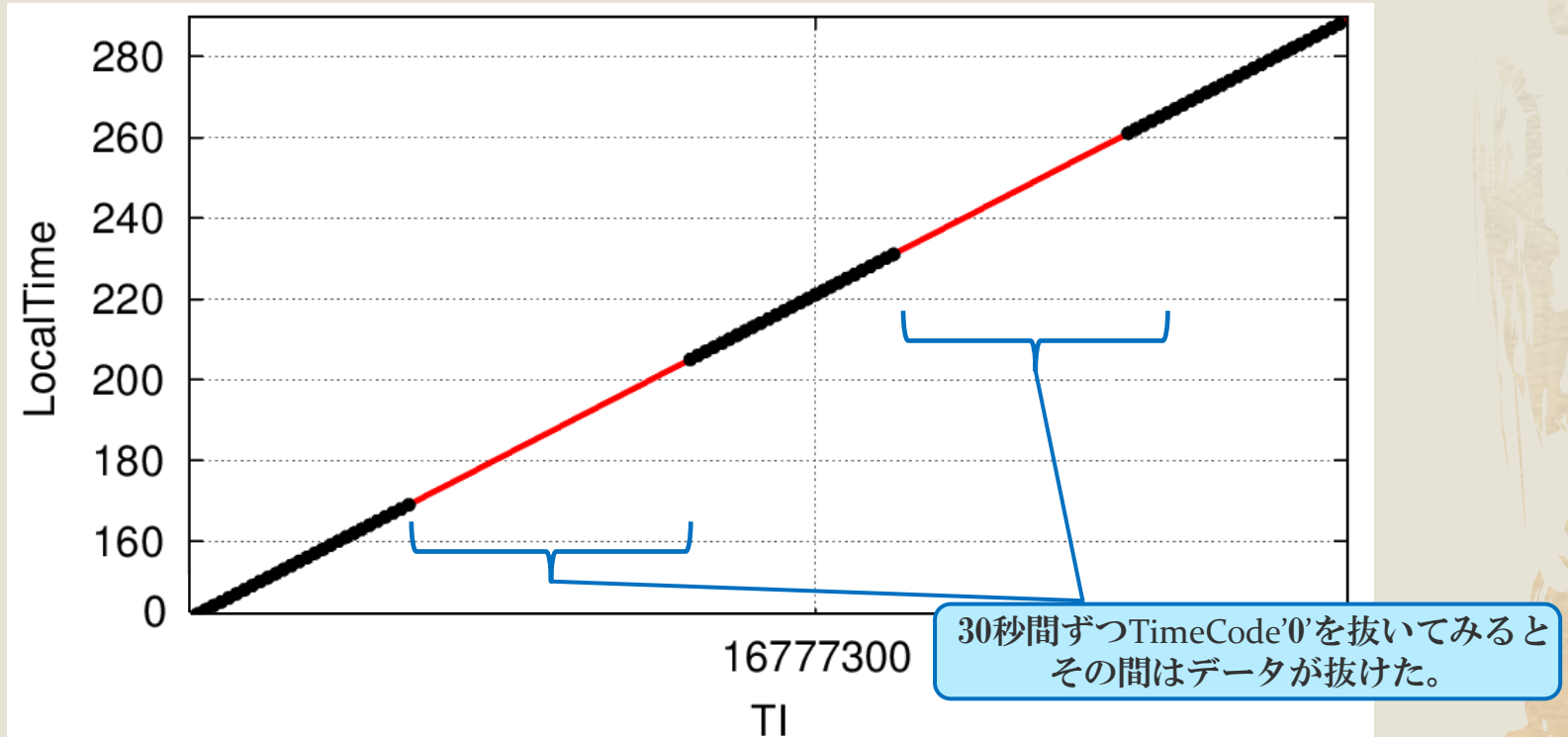


TI	LocalTime
1073742016	534936688
1073742080	536186723
1073742144	537436759
⋮	⋮

- ①TIとLocalTimeを組み合わせてあらかじめグラフを作る
- ②イベント時刻をグラフに照らし合わせて正確な時刻を得る

TimeCode'0'が欠けると表が作られない

TimeCodeが欠けたとき



ドット8個ごとに最小二乗法より近似直線を引く
⇒データが抜けているところに引かれる直線は誤差が大きいことが予想される

長時間TimeCodeが抜けてしまうと
絶対時刻精度目標『30 μ s』を達成できないおそれがある。

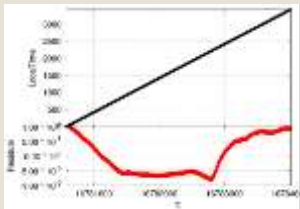
実験

セットアップ

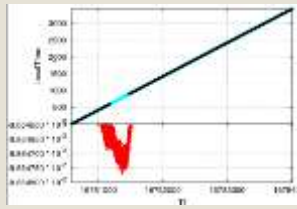


- ① TimeCodeを抜かず
完全な状態の測定データを得る...(a)
- ② TimeCode抜けを仮定し、
任意の時間のデータを欠落させる
(欠落部分は1次関数で近似)...(b)

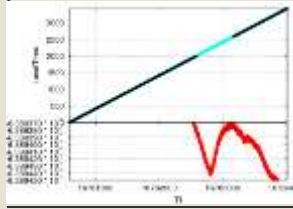
抜きなし



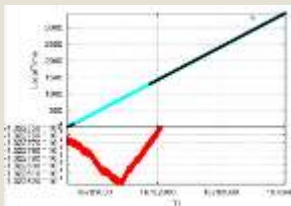
5分抜き



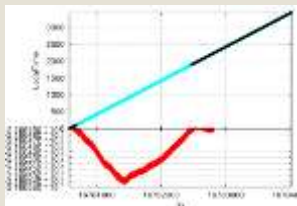
10分抜き



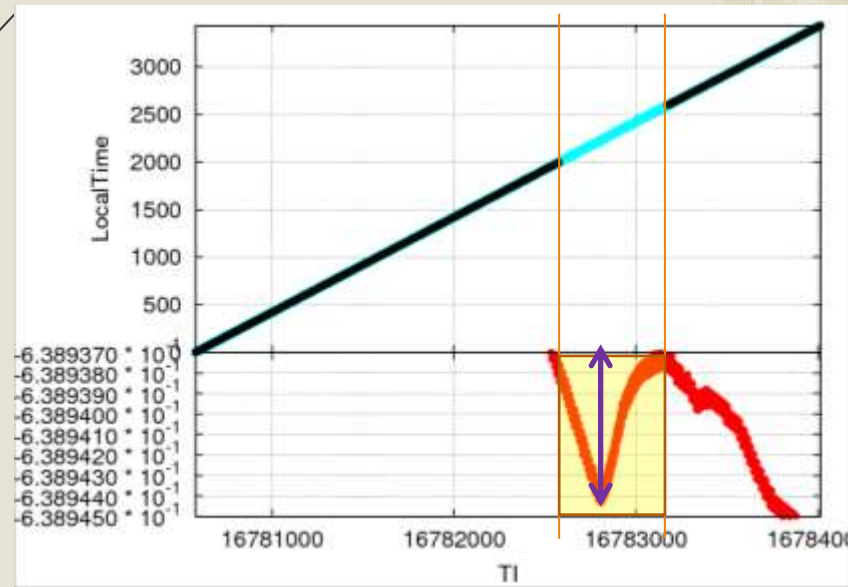
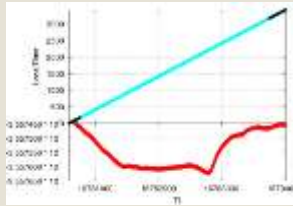
20分抜き



30分抜き



50分抜き

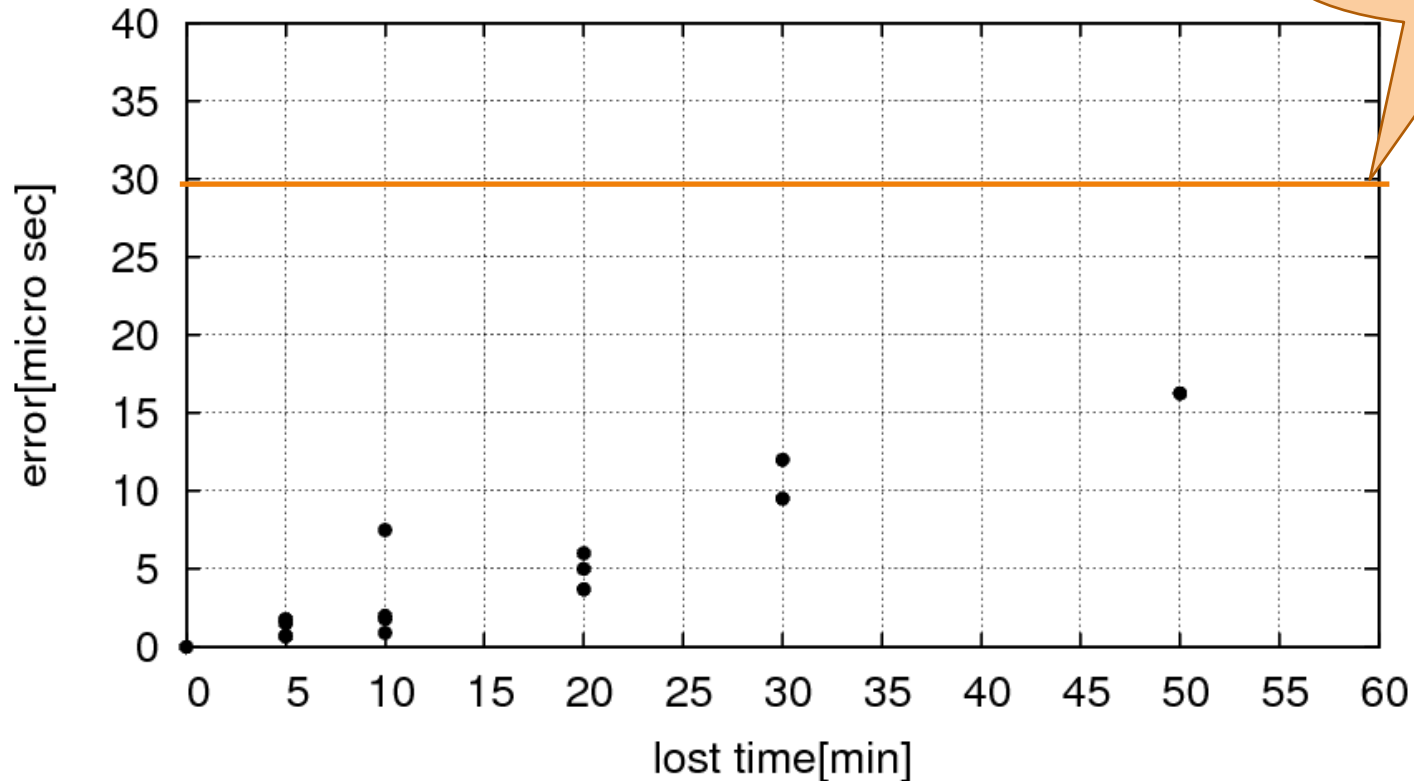


- ③ (a)と(b)を比較し、
抜けている範囲で残差が
最大の部分を読み取る

なお、5分、10分、20分、30分抜けについては、抜く位置を変えて複数回測定した。

結果

横軸…TimeCodeの欠落時間 (分)
縦軸…最大残差 (マイクロ秒)



30 μ sのボーダー

欠落時間が長いほど、誤差も大きくなっていくことが分かる。
しかし50分間の欠落時間でも誤差が30 μ sを上回ることはなかった。

まとめ

パターン① TimeCode が50分以上の長時間欠落

30 μ s以上の誤差が生じる恐れがあるが、通常の運用でTimeCodeが長時間欠落することは考えにくく、仮にそのような場合、衛星の運用自体が非常に困難な状態だと考えられる。

パターン② TimeCodeが数個欠落

パケットのバッティング等の影響で想定されるが、その場合は時刻付けに影響がないことが分かった。

通常の衛星運用において、TimeCodeが抜けた場合でもASTRO-Hの絶対時刻精度目標『30 μ s』を十分に達成できる。