

VERA20m 電波望遠鏡 駆動制御系 時刻同期制御部の改修

○平野賢、上野祐治、砂田和良、佐藤克久、柴田克典
(国立天文台 水沢 VLBI 観測所)

概要

時刻同期制御部(TSU: Time Synchronous Unit)は、望遠鏡指向指令値を基準時刻信号に同期し、下位駆動制御装置群へ送る装置である。TSU は VERA 専用品で、部品は製造中止され、予備品が枯渇すると運用不可能となる。この問題を解決し運用を継続するため、TSU と同等機能の代替機を開発している。経費削減と技術力向上のため、設計からコーディングまで一貫して内製する。開発の進捗と計画を述べる。

1. VERA20m 電波望遠鏡 駆動制御系の概要

VERA(VLBI Exploration of Radio Astrometry)は、銀河系内電波天体の距離と運動を高精度で計測し、3次元立体地図を作るプロジェクトである。望遠鏡は国内に4局あり、2002年から全局での観測が始まった。最大の特徴は2つの天体を同時に観測できる2ビーム機構である。

望遠鏡の駆動機構は、方位角(AZ: Azimuth)、仰角(EL: Elevation)、視野回転角(FR: Field Rotation)、2ビーム機構(2B: 2 Beam)の4つに分けられる。図1-1にAZ、EL、FRの駆動軸及び駆動方向と、2Bの駆動範囲(離角)のイメージを示す。2ビーム機構は6本の脚を持つスチュワートプラットフォームで、2つのステージそれぞれに受信機を搭載している。図1-2に2ビーム機構の工場試験中の様子を示す。2つの天体を同時に観測するため、脚の長さを変え、ビームの離角を調節する機構となっている。

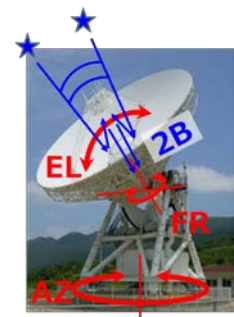


図1-1 駆動機構のイメージ



図1-2 工場試験中の2ビーム機構

2. 時刻同期制御部の概要

時刻同期制御部の現在の構成図を図2-1に示す。望遠鏡の運用者は運用ソフト VFS(VERA Field System)を用いて、局運用計算機からTSUに対して望遠鏡指向指令値を送る。VERAでは、望遠鏡が駆動する時刻を正確に合わせるための基準信号源として水素メーザーを使っている。水素メーザーとは、水素原子の共鳴周波数に基づいて正確な時間間隔を刻む装置である。時刻装置は、水素メーザーからの正確な時間間隔(5MHz)からタイムコードを生成する。TCG/Tは、AZ/EL駆動を司るACU、FR駆動を司るFRCU、そして2B駆動を司る2BCUへそれぞれ同期クロック信号を送る。TSUは局運用計算機とACU等間にあり、4項で詳しく述べる制御/監視信号を送受信する。

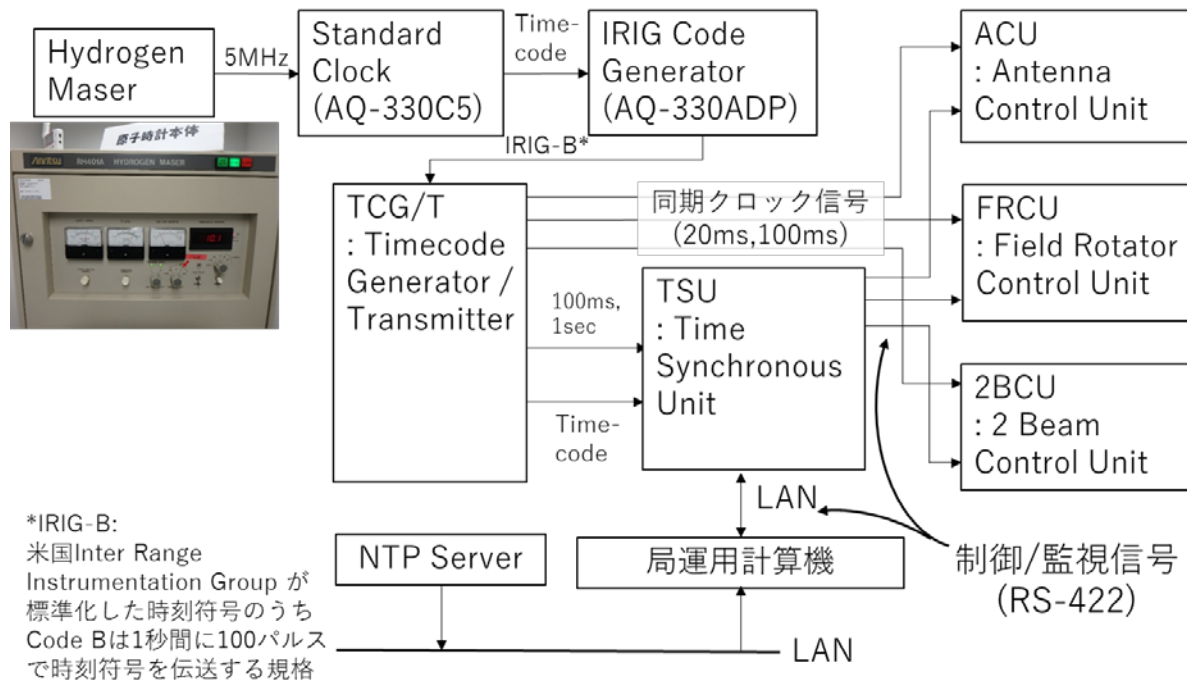


図 2-1 時刻同期制御部構成図（現況・改修前）

3. 改修の背景と目的

1) TSU の予備品枯渇

時刻同期制御部を構成する装置類は建設当初から17年余稼働しており、故障フェーズに入っている。ACU、FRCUについては、すばる望遠鏡旧型制御システムと共通であるため、予備品入手可能である。2BCUとTCG/Tについては、修理専門業者により延命が可能である。しかし、TSUはVERA特有の装置であり、予備品を入手できず、現有予備品が枯渇した場合は運用停止となる。今回の改修はTSUの予備品枯渇を解消することがひとつの目的である。

2) 経費削減と技術力向上を目的とした内製化

TSUの代替機製造については、過去に製造業者からACU等の後継機種置き換えを含めた改修提案を受け検討したものの、予算面で折り合いがつかず見送った。そこで、経費削減と台内技術力向上のため内製で進めている。

3) TSU OFFLINE 障害原因の切り分け

運用中に不定期に発生するTSU OFFLINE障害への対策も必要である。観測中に障害が発生すれば、TSUと局運用計算機間の通信が途絶え、望遠鏡の駆動が停止して観測停止となるが、障害の原因は不明である。TSU自体に起因する可能性も考えられ、本改修によってTSUを使わない構成とすることで障害の原因特定に道筋を付ける。

4. 設計方針

TSU代替機能は、局運用計算機にソフトウェアとして導入する。主な機能は、制御コマンド送信機能と監視ステータス受信機能である。制御コマンドは、指令コマンドと角度情報コマンドから構成される。

例えば駆動機構部の DRIVE ON/OFF は指令コマンド、AZ/EL の位置指定は角度情報コマンドとして記述する。これらは送信のタイミングをクロック信号に同期させる必要がある。監視ステータスは、装置状態と実角度で構成される。装置状態は、駆動角度のリミットやインターロック等のステータス情報である。同期クロック信号については TCG/T に代わる基準信号源を導入し、新しい信号系統と装置に置き換えることで長期安定性を確保する。また、改修によって運用者への負担を生じないように、運用ソフト VFS のユーザインタフェースを変更しない方針とした。

以上の方針に基づき作成した、改修後の構成図を図 4-1 に示す。

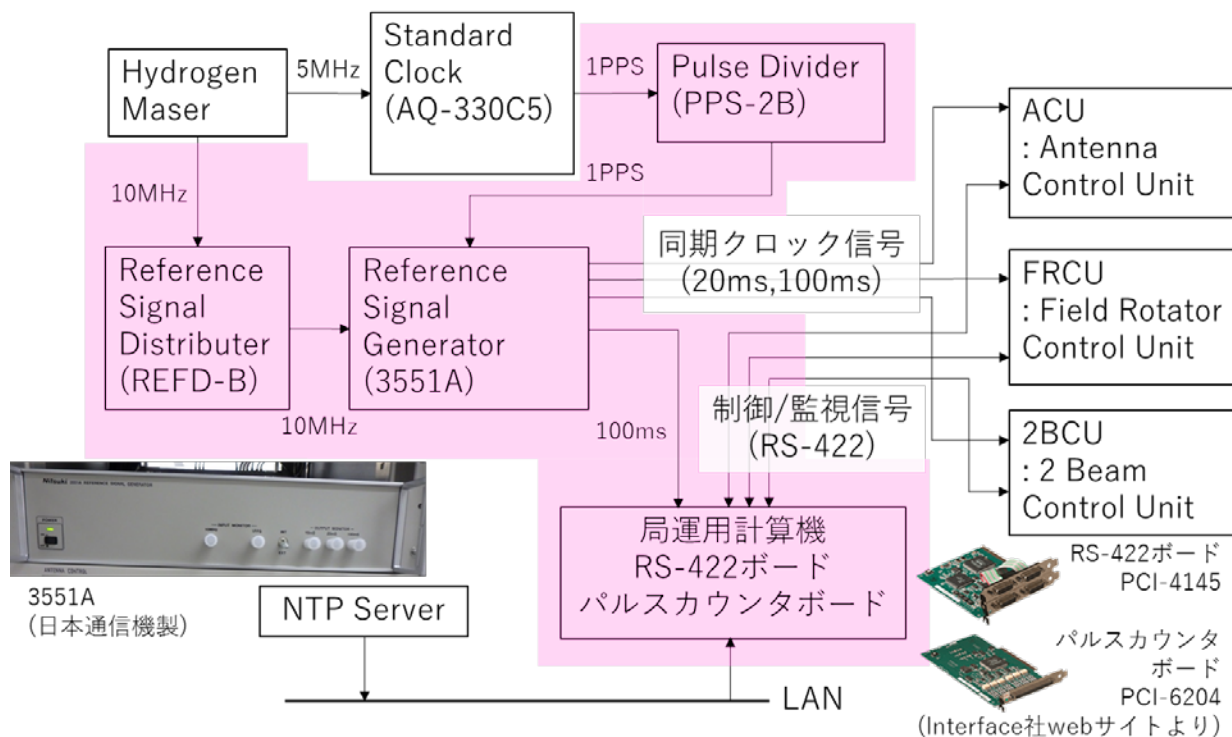


図 4-1 改修後の構成図 (赤枠内：現況からの変更予定箇所)

水素メーザーからの基準信号は、現在の 5MHz に加え 10MHz も利用する。また、TCG/T 経由の IRIG 信号に代わり、時刻装置からの 1PPS を使用する。10MHz と 1PPS を、新たに導入する基準信号発生器へ入力し、20ms、100ms の同期クロック信号を生成する。同時に局運用計算機にも 100ms を入力し、計算機と ACU 等の基準時刻を合わせる。制御/監視信号は、局運用計算機に RS-422 ボードを導入し、ACU 等に対して直送する。以上により、TSU、TCG/T を使わない機器構成とする。

5. コーディングの進捗状況

2017 年 11 月までの進捗状況を以下にまとめる。

1) シリアル通信の確立 (～2017.1)

- ・ RS-422 ボード(Interface 社製 PCI-4145)による制御コマンド送信・監視ステータス受信

2) 同期クロック信号の取り込み (～2017.4)

・パルスカウンタボード(Interface 社製 PCI-6204)による

同期クロック信号入力をトリガーとした制御コマンド送信

3) ACU 予備機と基準信号発生器 3551A を用いた制御コマンド送信・

監視ステータス受信(~2017.6)

4) ACU 実機、開発用計算機、基準信号発生器を用いたクロック信号同期下での

望遠鏡 AZ/EL 駆動に成功 (2017.7)

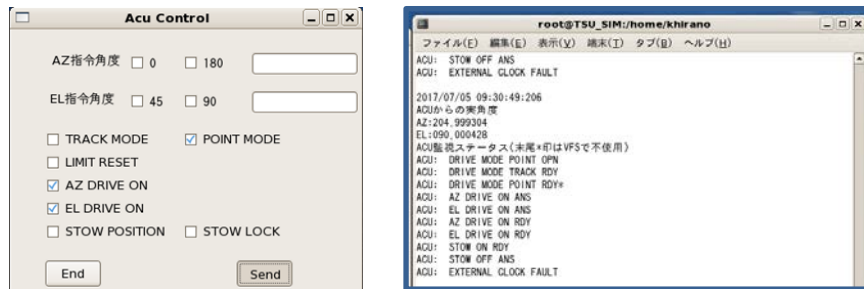


図 5-1 制御コマンド送信用(左)と監視ステータス受信用(右)テストプログラムの画面

5) pthread による制御コマンド送信処理のマルチスレッド化(~2017.11)

6. 今後の課題

これまで ACU のみに対する制御/監視信号の送受信について取り組んできたが、今後は FRCU、2BCU に対する処理を作成し、駆動制御試験を行う。ACU、FRCU、2BCU 全てに対して同期クロックに基づいた通信を行う必要があるため、計算機負荷はこれまでの ACU 単体との通信と比較して大きくなると予想する。この負荷影響も確認する必要がある。

次に、運用ソフト VFS とのデータ受け渡し処理の記述も必要である。これまでは TSU から下流に対する送受信のみを考慮してきたが、TSU の上流部の通信についても代替機能を盛り込んでいく。

また、コーディング作業にあたっては、保守性の高いコードを記述することを目指す。台内研修の一貫として、技術推進室の支援を受け、他プロジェクト所属のソフトウェア技術者によるコードレビューを受ける体制を整えている。合わせて、プロジェクト管理ツールである Redmine や、プログラムバージョン管理ソフト Git 等のツールも活用する。コーディング作業は 2018 年 7 月に終了予定である。

改修の最終段階では、実際に天体を望遠鏡の感度を持つ範囲に収めながら追尾することが可能か、またその時 TSU OFFLINE 障害が発生するかも確認する必要がある。これらの動作確認を経て 2018 年 8 月に水沢局での運用開始を目指している。

7. まとめ

時刻同期制御部の TSU は VERA 特有の装置で、予備品入手不可である。予備品枯渇を解消するため、TSU 代替機を開発中である。製造業者による改修費用が高額で予算確保困難であるため、経費削減と技術力向上のため内製する。現在まで仕様検討・設計・試験用部品調達・コーディングと作業を進めた。2017 年 7 月にはテストプログラムによって ACU と制御/監視信号を送受信し、AZ/EL 駆動に成功した。今後は FRCU/2BCU との送受信、運用ソフトとの送受信、天体追尾等の課題に取り組む。