

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、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。現在最終段階の実運用試験中である。進捗と計画を述べる。

1. 駆動制御系 時刻同期制御部の概要

VERA(VLBI Exploration of Radio Astrometry)20m 電波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)と、2ビーム機構(2B: 2 Beam)から成る。駆動機構のイメージを図 1-1 に示す。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あり、各ステージに搭載した受信機により、2つの天体を同時に観測する。脚の長さを変えてステージの位置を調節することにより、2つのビームの離角を 0.3° ~ 2.2° の範囲で変更できる。また、一方のステージのみを中央に移動し、Single Beam 観測を行うこともできる。

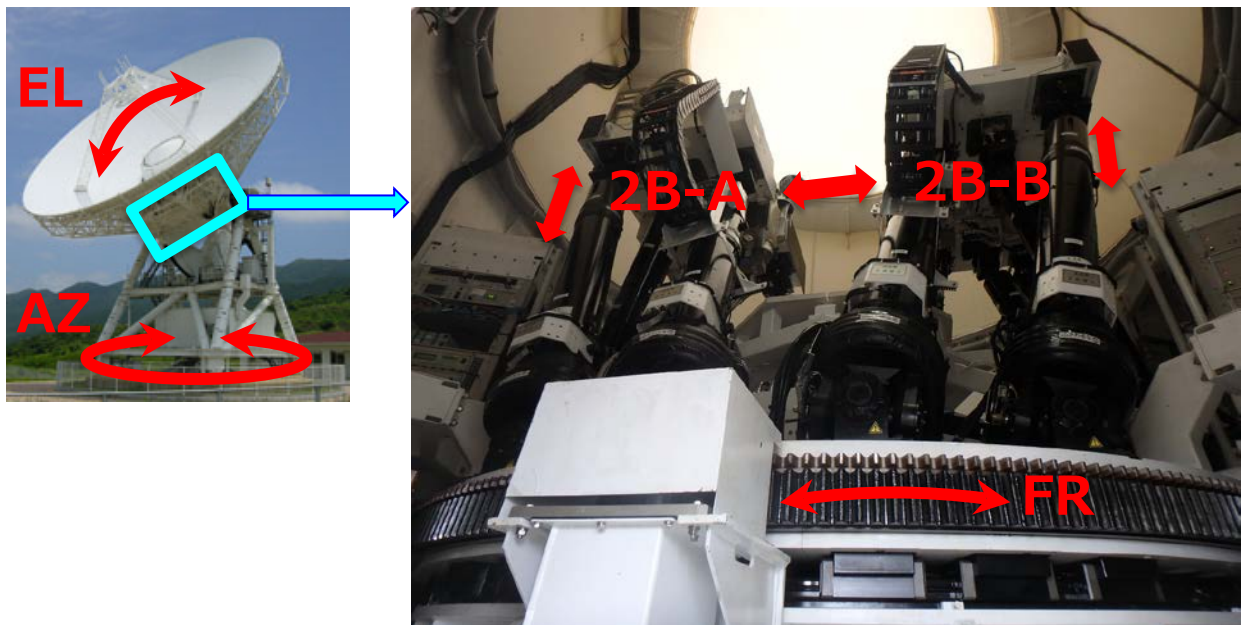


図 1-1 駆動機構のイメージ (左: 望遠鏡外観 (水色囲みは上部機器室の位置)、右: 上部機器室内部)

時刻同期制御部の現在の構成を図 1-2 に示す。局運用計算機で稼働する運用ソフト VFS(VERA Field System)から TSU を経由し、ACU 等の駆動制御装置群との間で制御・監視信号を送受信する。TCG/T は、時刻を正確に合わせるための基準信号源である水素メーザーからの基準信号(5MHz)から作られる

タイムコードを受信し、TSUへ送る。また、駆動制御装置群へ同期クロック信号を送ることで、正確な時刻に基づいた駆動を実現している。

2. 改修の背景と目的

駆動制御系全体としては2015年度にメーカーによる更新を検討したが、予算配分されず断念した。

代替策として、TSUに改修範囲を絞ることで経費を削減するとともに、技術力向上を目的として内製する方針とした。本改修により予備品の枯渇を解消し、運用停止の事態を避けることを目指す。

また、観測中に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するTSU OFFLINE障害が不定期に発生するが、原因不明である。TSU起因の可能性もあるため、本改修を実施することによってTSUを使わない構成とし、原因の特定に道筋を付ける。

3. 改修内容

TSUの内部情報はブラックボックスであるため、納入文書記載の設計情報を基に代替プログラムを新規開発する。主な機能は、制御コマンドと監視ステータスの転送機能である。制御コマンドは、駆動制御装置へのDRIVE ON/OFF等の指令コマンドと、角度情報コマンドから成る。コマンドの送信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、装置状態と実角度から成る。装置状態は、各軸のリミットやインターロック等のステータス情報を含む。

同期クロック信号については、IRIG Code GeneratorからのIRIG-B信号出力が時折低下することから、TCG/Tとともに基準信号発生器3551Aに置き換え、安定化を図る。改修後の構成を図3-1に示す。

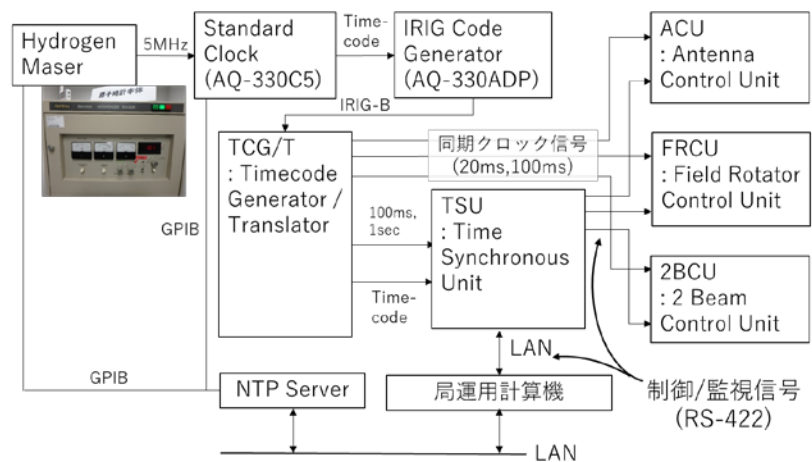


図 1-2 時刻同期制御部構成図 (現況・改修前)

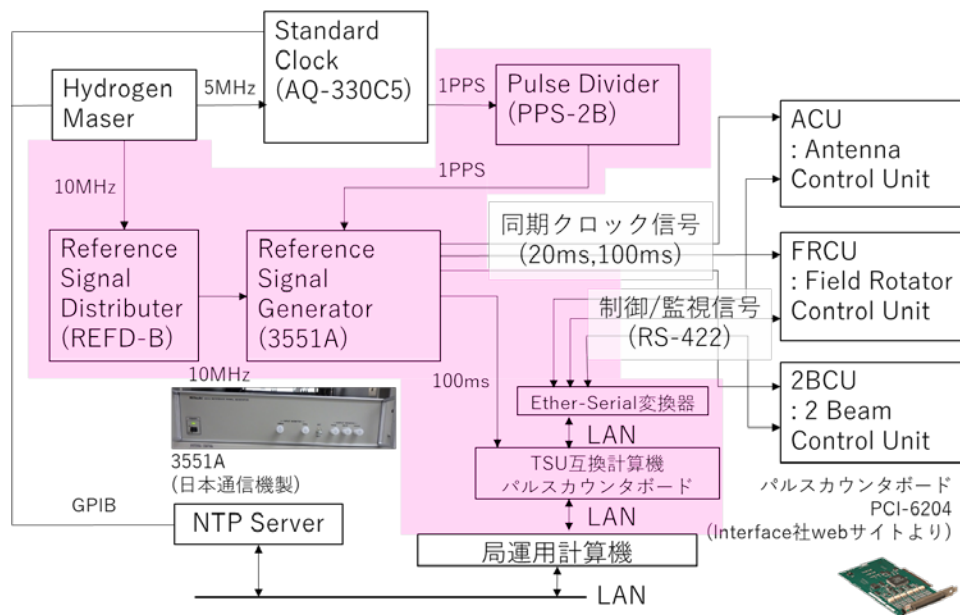


図 3-1 改修後の構成図 (赤枠内：現況からの変更予定箇所)

4. コーディングの進捗状況

2019年12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)

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に成功した。

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) 小規模テストプログラムを用いた AZ/EL 駆動(2017.7)

ACU 実機、開発用計算機、基準信号発生器を接続し、実機への制御コマンド送信と監視ステータス受信を確立した状態で、AZ/EL 駆動に成功した。

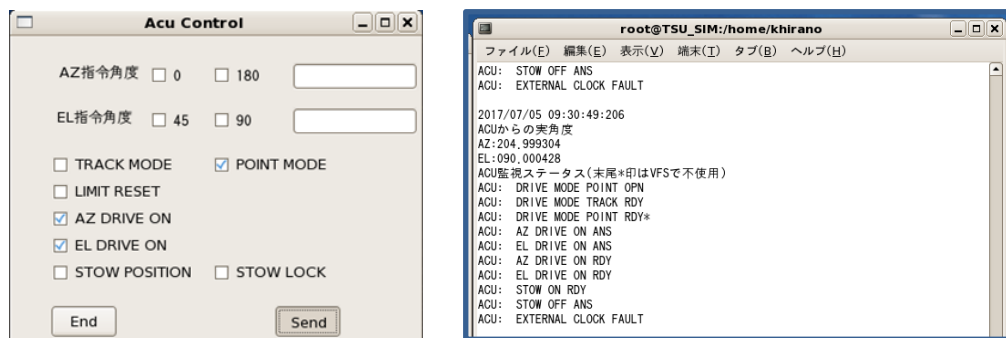


図 4-1 テストプログラムの画面 (左：制御コマンド送信用、右：監視ステータス受信用)

5) シリアル通信機器を RS-422 ボードから Ether-Serial 変換器に変更、ソケット通信(2018.3)

RS-422 ボードと Ether-Serial 変換器それぞれのデータ転送時間を比較したところ、有意な差は見られなかったため、性能上はいずれも使用可能と判断した。保守性の観点では、RS-422 ボードが製造中止となった場合、他製品に変更するとドライバも変更となりソースコードの改修の必要が生じ、これに伴う作業時間の確保や、改修による不具合発生リスクが想定される。一方、Ether-Serial 変換器の場合はドライバに依存しないソケット通信が可能であるため、将来製品を変更する必要が生じた場合でも改修の作業量を少なく抑えられる。さらに、野辺山宇宙電波観測所 45m 電波望遠鏡においても駆動制御系にて使用実績があることから、コーディング工程以降は RS-422 ボードに代わり、Ether-Serial 変換器を用いたソケット通信を採用した。

6) 台内ソフトウェア技術者による開発体制強化(2018.5～)

VFS と駆動制御装置群をつなぐデータの切り出し・並び替え、各装置との処理実行タイミングの取り方等をふまえた総合的なコードを組み立てるにあたり、台内ソフトウェア技術者を開発体制に加え、体制を強化した。各軸を制御する ACU 等に対する信号の送受信は各装置独立に実施する必要があることからマルチスレッド構成とし、データ構造の取り扱いが内部で干渉しないよう排他制御を盛り込んだ。ソフトウェア技術者は、大枠のプログラム構成を示すスケルトンコードの作成と、コーディングの各段階でのコードレビューを担当した。コードレビューにあたってはツール (Redmine+Git) を活用し、開発の促進を図った。

5. 実機試験結果

夏季の定期保守期間（6～8月）及び月例保守日（毎月3日間）の空き時間を利用し、水沢局にてTSUを代替機につなぎ変え、実機試験を進めている。途中、Ether-Serial変換器側でのソケット通信設定やデータフォーマット記載の誤りによる通信不良等を克服し、これまでに以下の機能を実現した。

1) 制御コマンド（指令コマンド+角度情報コマンド）変換転送機能

（局運用計算機 ⇒ ACU/FRCU/2BCU）

- ・指令コマンドと、固定値の角度情報コマンドについて機能実現に成功した。
- ・天体追尾に用いる、変化のある角度情報コマンドの変換転送機能は継続して開発中である。

2) 監視ステータス（装置状態+実角度）変換転送機能

（ACU/FRCU/2BCU ⇒ 局運用計算機）

- ・機能実現に成功した。

これらの機能を実現したことにより、局運用計算機からVFSを用いて、全軸全範囲の任意の指定角度への駆動に成功した。図5-1に実機試験中のVFS画面を示す。図中点線部分に表示された”CMD”が制御コマンド送信を、”STS”が監視ステータス受信を示している。角度情報の送信機能が不十分であるため、一定時間間隔で固定の角度へ向くのみで、滑らかな天体追尾は実現できていない。

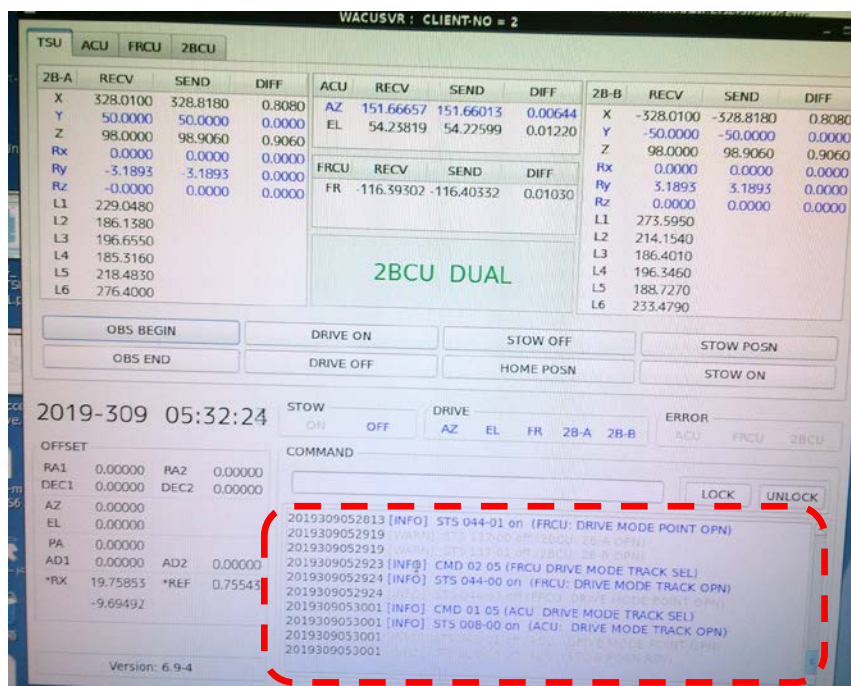


図 5-1 実機試験中の VFS 画面

6. まとめ

VERA20m 電波望遠鏡駆動制御系時刻同期制御部の TSU は VERA 特有の装置であり、予備品が入手できず、一部の部品は既に枯渇した。同部品の故障がさらに発生した場合、望遠鏡の運用が停止し、観測不可能となる。予備品枯渇の解消と、経費削減及び技術力向上を目的として TSU 代替機を内製している。現在はコーディングの工程を経て、実機試験中である。天体追尾機能は開発中であるが、これを除く制御コマンド及び監視ステータス変換転送機能を実現し、局運用計算機から任意の指定角度への駆動に成功した。2019 年度中の天体追尾機能完成と、その後の運用開始を目指す。