

MUレーダー送受信モジュール制御機能の再開発

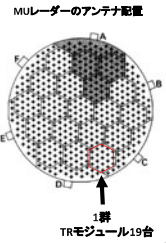
2019/9/9

黒川浩規・山本衛・橋口浩之
(京都大学生存圏研究所)



研究背景

MUレーダーでの観測において、観測に先立ってTRモジュール(全475台)に位相補正值や観測方向などの情報をセットする必要がある。この役割(1群19台のTRユニットの制御)は、完成当初の1984年から8085CPUとハードウェア論理回路の組み合わせで実現されてきた。しかし、老朽化+ICチップの製造中止のため、最新のCPUボードを活用した新しい制御系を再開発したい。



研究目的

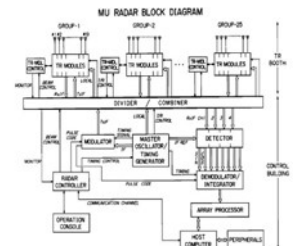
- CPUボード(ESP32)による8085CPUの同等機能の実現
- TRモジュール制御の信頼性向上と情報セットのための所要時間短縮などの実現
- ソフトウェアによってはさまざまな機能を持たせられる可能性がある
- 本研究では、TRモジュールコントローラを試作し、既存のSIO制御装置と同等の機能が実現できることの確認を目指した。



MUレーダーの動作

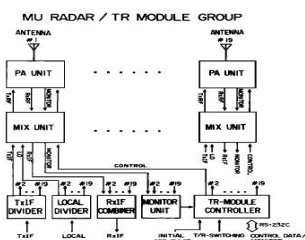
全475台のTRモジュールは、25の群に分割されている。それぞれの群に対して、1台のCPUコントローラが装備されている。

各群のコントローラは、ホストコンピュータにSIO (1200baud/リアルライン)で接続されており、ホストコンピュータからの命令に従って、TRモジュールを制御する。



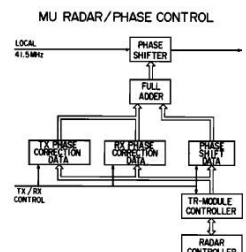
位相補正值の設定

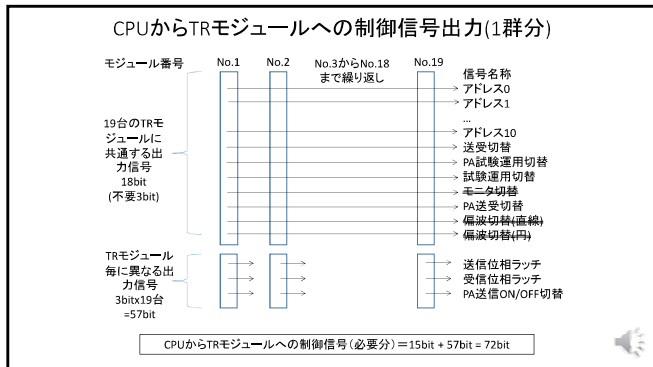
MUレーダーの起動時には、各TRモジュールの位相がバラバラであるため、1群すべてのモジュールの位相をそろえる必要がある。1つのアンテナを基準とする位相補正データが作成されている。コントローラは、そのデータをホストから受けとり、各モジュールに送出してメモリに保存させる必要がある。



アンテナビーム方向の制御

アンテナビーム方向は各アンテナに正しい位相差の信号を送信・受信することで制御される。具体的には、ビームを観測方向へ方向させる位相と位相補正值を加算させることで、各アンテナの正しい位相値を生成する。アンテナ方向は、INITIAL SETで最初のビーム方向にセットされており、TR SWITCHINGで次の方向にセットされる。





マイコンESP32

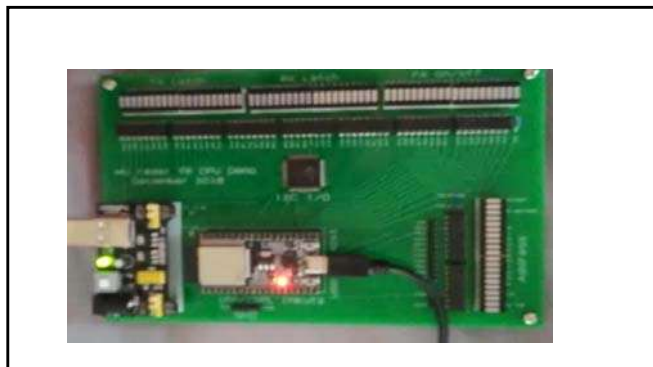
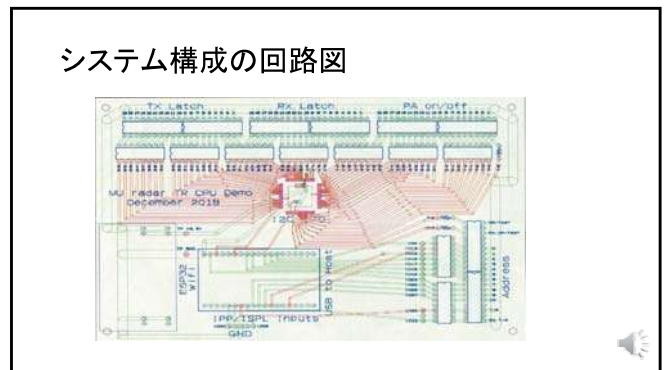
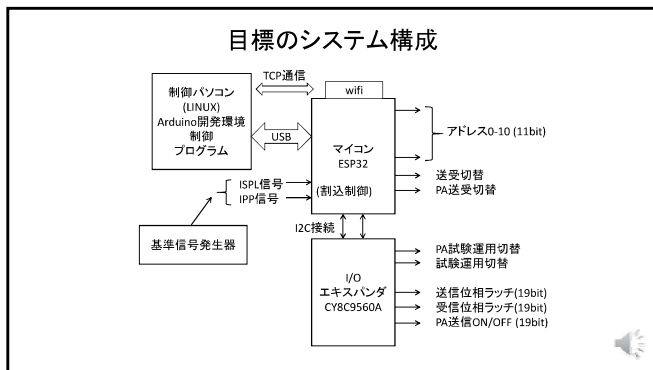
Espresif Systems (中国・上海)製

ESP32ボードの諸元

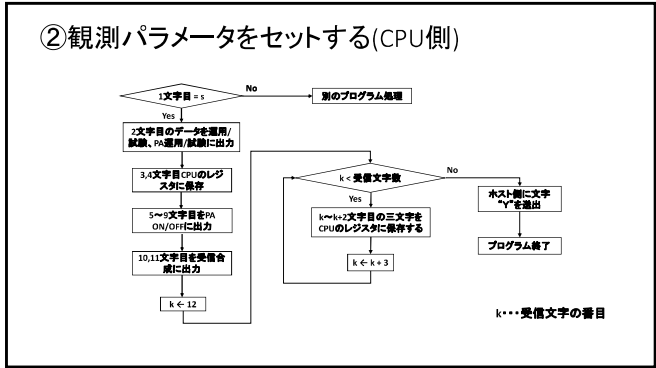
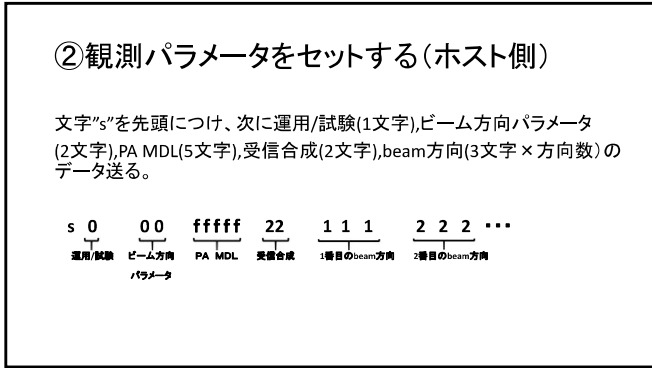
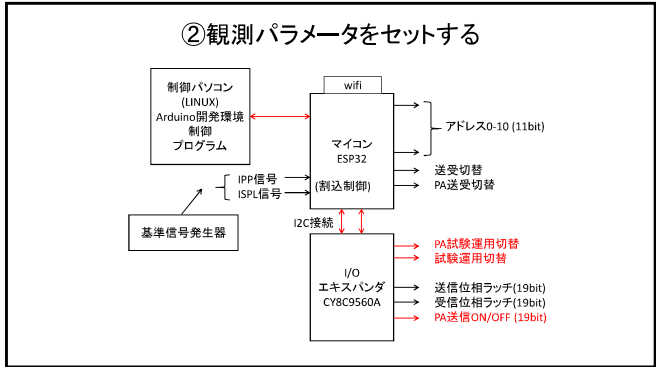
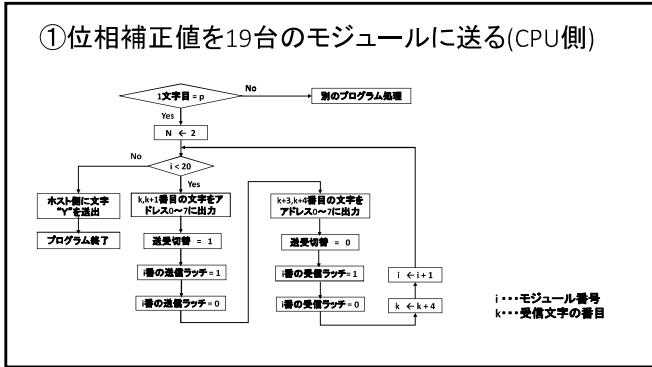
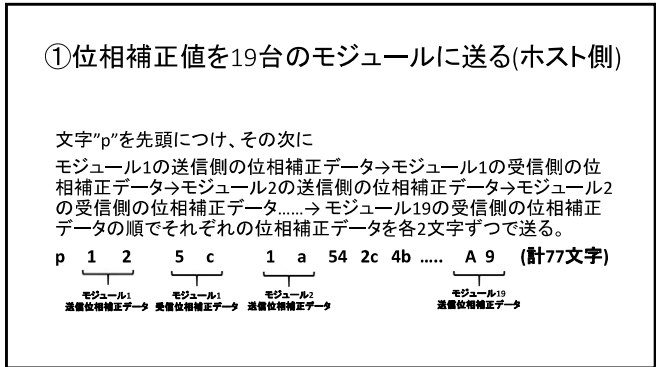
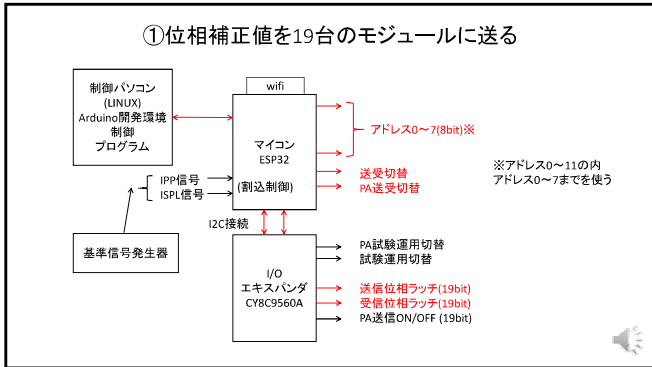
CPUコア	Xtensa LX6 デュアルコア 240MHz
Wi-Fi	IEEE802.11b/g/n (2.4Ghz)
デジタル入出力	入出力ピン15本 入出力ピン2本
通信機能	I2C,UART,SPI
開発環境	Arduino言語 python 他

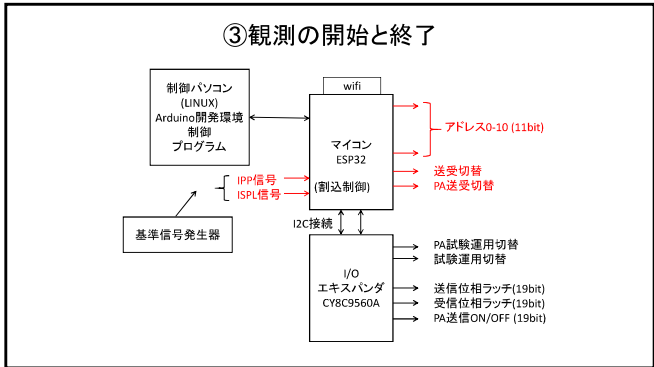
入出力ピン
 入出力ピン6本
 入出力ピン

入出力ピン I2C
 入出力ピン2本
 入出力ピン3本



- ### プログラム作成 (Arduino IDE)
- ①位相補正值を19台のモジュールに送る
 - ②観測パラメータをセットする
 - ③観測の開始と終了を割り込み信号ISPLとIPPIによって制御する
 - ④ホストから送られた直前のデータを返す





③観測の開始と終了

観測開始の時にISPLを立ち上げて、観測終了時にISPLを立ち下げる。

観測中はIPP信号を送信パルスごとに同期して送出する。

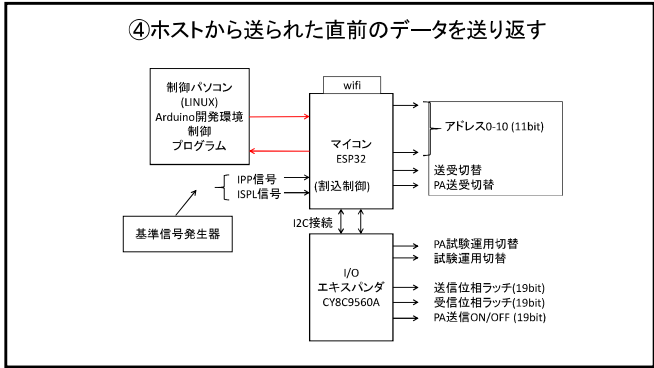
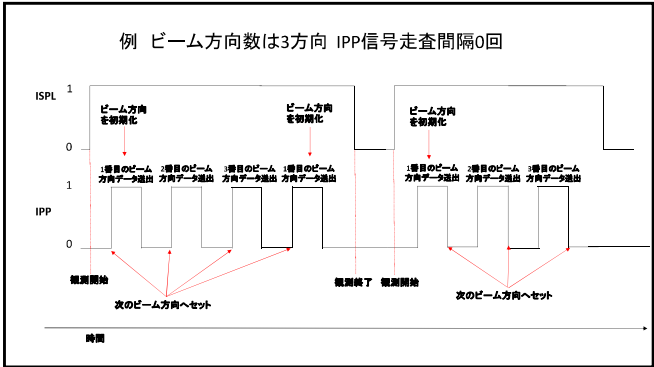
ビーム方向を変えたい時は、ビーム方向パラメータによってIPPのパルスを送るか、ISPLのパルスを送る。

③観測の開始と終了 (CPU側)

割り込み制御として、ISPL信号とIPP信号を監視する。

②で保存したビーム方向パラメータを読み取り、適切なタイミングでレジスタに保存したビーム方向番号データ(11bit)をAddress0~10に出力し、IPP信号の割り込みによって、送受切替とPA送受切替を同期させて制御する。

ビーム方向は観測開始時に初期化し、変更のタイミングごとにセットされたビーム方向総数の範囲で周期的に変更させる。



④ホストから送られた直前のデータを返す

- ホスト側のプログラム
文字"m"が送られる
例 m → CPU から s451872...1263 が送られてくる
- CPU側のプログラム
文字"m"を読み取り、Hostから送られた直前のデータを返す。

まとめと今後の課題や可能性

- 新しいマイコンESP32を使用したTRモジュールコントローラを試作し、基本的な動作ができることを確認した。
- ISPL信号とIPP信号の外部割込みや、CPUからの制御信号の出力が実際のMUレーダーの動作に見合う速度で正確に動作するかを確認する。
- WifiによるCPUとホスト間通信の実現
- 今後の制御機能の向上として、観測中にビーム方向を随時変更し目標を追尾する機能などの追加が考えられる。