

国際宇宙ステーション「きぼう」船内における 氷結晶成長実験装置のための制御シミュレータの製作

福士 博樹

技術部先端技術支援室

はじめに

2012 – 2013 年に国際宇宙ステーション（以下、ISS）「きぼう」船内実験室において、生体高分子の関与する氷結晶成長実験を開始する。これは凍結抑制タンパク質のようなマクロ分子が作用する氷の結晶成長機構を説明するために、新たな結晶カイネティクスモデル・二段階可逆吸着モデルを提案し、これを実験的に検証することを目的としている。このため、2012 年 7 月に日本の宇宙ステーション補給機・HTV3 号機によって、低温科学研究所技術部装置開発室で開発された実験装置 Ice2 セルを打ち上げる予定である。

Ice2 セルには、結晶方位観察用にキャピラリー方位軸を回転させるステップモータとカメラ撮影のための Y 軸(フォーカス)動作のステップモータが取り付けられている。この 2 つのステップモータの制御は、地上から電波によって行う。氷結晶成長過程を反射型顕微鏡により捕捉するためには、できるだけ速くキャピラリー方位軸を撮影カメラに対して正対させ、フォーカスを調整しなければならない。しかし、筑波からケネディ宇宙センター経由での指令はリアルタイムによる微妙な制御は期待できない。あらかじめ地上でのシミュレーションによって回転方向、回転クロック数およびギアのバックラッシュを検証するために動作クロック周波数を把握する必要がある。そこで、地上でのシミュレーション用に 2 軸ステップモータを駆動するシミュレータを設計・製作したので報告する。

シミュレータの概略

本シミュレータ（以下、本装置）は ARSAPE 社製ステップモータドライバ「ADV M_S」（以下、モータドライバ）を駆動することを目的としている。そのためモータドライバの入力信号仕様に合わせた CW / CCW 信号およびクロックパルス信号を本装置から出力する。

クロックパルスの発生は内蔵した水晶発振器（以下、発振器）およびロータリエンコーダによっている。モータを検証するため回転周波数を変える必要から、発振器はセイコーエプソン（株）製のプログラマブル水晶発振用 IC「8651A」を用いた。一方、ロータリエンコーダは東京測定器材（株）製の RE45B を使い、手動により CW / CCW 方向へ回転させている。出力したクロックパルスは、本装置に内蔵したアップダウン・パルスカウンタにより計数し、表示している。

本装置の概観を図 1 に示し、図 2 に回路ブロックを示す。モータドライバは別筐体に組み込んでいる。外観を図 3 に示す。



図 1 シミュレータ概観。

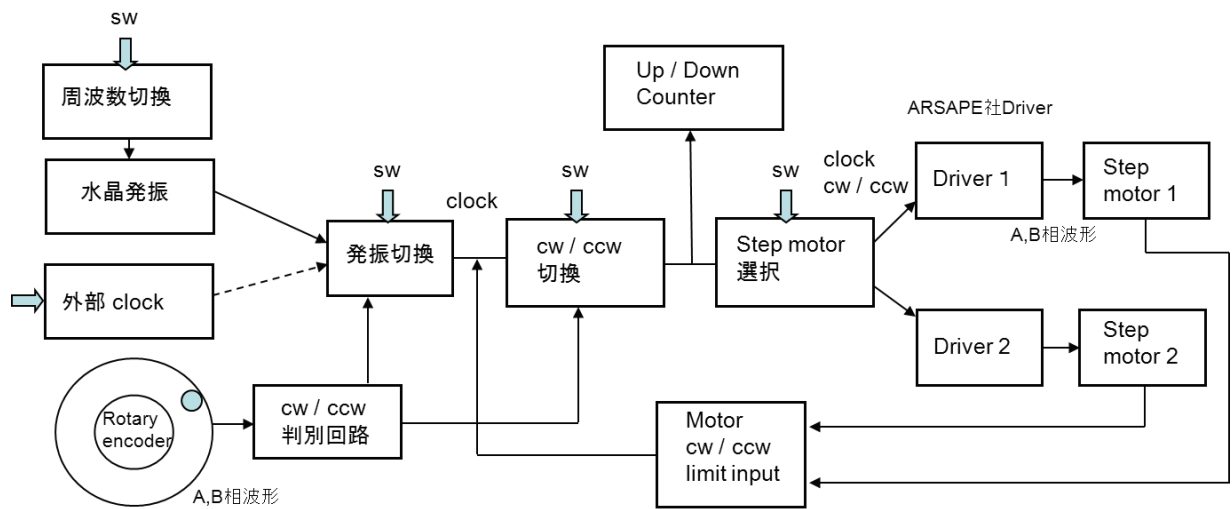


図 2 回路ブロック。

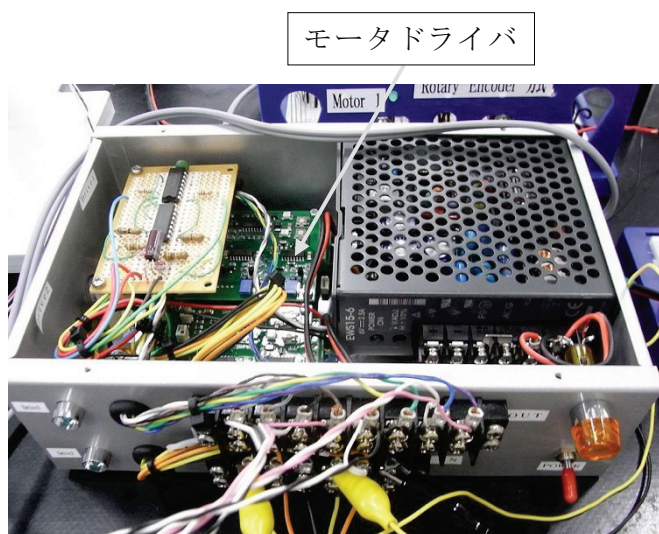


図 3 モータドライバ筐体外観。

回路動作

発振器とロータリエンコーダの選択は、操作パネルのスイッチにより行っている。発振器の場合、回転方向の決定は操作パネルの「CW / CCW」スイッチで切り替える。中間に OFF (Null) を設け、CW / CCW 切り替え時にクロックパルスを停止させることで、急激な反転によるモータへの過負荷を緩和している。発振器のメニューに無い周波数については、外部からのクロック入力を可能にしている。

一方、ロータリエンコーダの場合、CW / CCW 方向に手動回転させると A 相・B 相パルスが互いに遅れ/進みの位相差を保ちながら出力する。この位相差から回転方向を検出している[1]。出力クロックの周波数はエンコーダの回転速度により変化する。

2 つのステップモータ用ドライバの選択は操作パネルのスイッチで切り替える。またステップモータの回転が限界角度に達すると、リミット用マイクロスイッチが働き本装置のクロックパルスゲートを閉じ送出パルスを停止する。この時、アップダウン・パルスカウンタも停止する。反対方向への回転によりリミット用マイクロスイッチが外れた地点からカウントが再開する。パルスカウンタは 10 進数による 6 桁カウンタであり、送出パルスを±999999 まで計数可能である。CW でインクリメントし、CCW でデクリメントする。計数値はリセットボタンで「0」クリアするまで保持される。

図 4 に本装置と搭載装置（試作機）を接続し動作テストを行っている様子を示す。

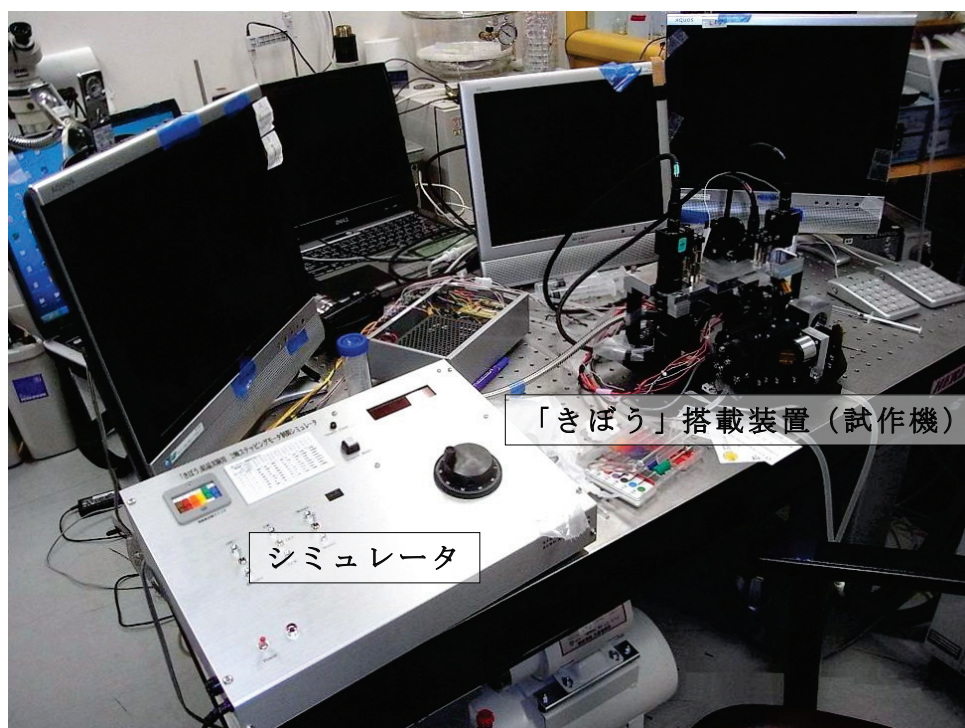


図 4 搭載装置を動作させている様子。

おわりに

本装置からモータドライバを介し、2つのステップモータを意図どおり制御することを確認した。今回、使用するステップモータを早い段階で特定する必要から、ギア比や回転可能周波数等を動作検証しながらの製作となった。そのため、立ち上げの早い基本ICによる増築設計となったが、当初考えていたワンチップマイコン等で設計するのも面白い。

参考文献

- [1] 井上誠一 趣味の電子工作によろこそ、電子回路工作 素材集、デジタル・ダイヤル
http://www.piclist.com/images/www/hobby_elec/ckt10.htm