

# A-ZEUS 初期設定マニュアル

更新：2007.5.19 早水 勉

A-ZEUS は、ステッピングモータによる 2 軸全周モータドライブの経緯台式望遠鏡を、フリーソフト「Yoc (ようくん)」により、自動導入をはじめ多機能に制御するための汎用コントローラです。このマニュアルは、A-ZEUS をエンドユーザーに引き渡す前の調整のために、ある程度の電気機械の知識のある方を前提として記しています。

**※ A-ZEUS の使用は全責任をユーザーが受け持ってください。A-ZEUS の使用に伴うトラブルに関して、早水は一切の責任を負いません。**

## A-ZEUS 初期設定マニュアル 目次

0. E-ZEUS(赤道儀用)基板 とのおもな違い .....	P 2
1. A-ZEUS 基板 各部の名称と役割 .....	P 4
1-1. 基板全図 .....	P 4
1-2. A-ZEUS Base 基板 .....	P 5
(1) 外部接続コネクタ .....	P 6
(2) 内部ボリューム .....	P 7
(3) ジャンプリード(JP1, 2) .....	P 7
(4) チェック端子 .....	P 8
1-3. A-ZEUS micon 基板 .....	P 9
(1) 外部接続コネクタ .....	P 9
(2) 追尾周波数表示 .....	P 10
(3) ジャンプリード(JP3) .....	P 10
(4) チェック端子 .....	P 11
1-4. ハンドボックス .....	P 11
2. 最高速度とスローダウンの調整 .....	P 12
(1) 高速駆動の設定 .....	P 12
(2) スローダウンの設定 .....	P 12
3. 周回パルス数の設定 .....	P 15
(1) 各軸の周回パルス数の算出 .....	P 15
(2) Y o c の設定 .....	P 16
4. オートガイダー .....	P 17
5. 接続図 .....	P 18
6. 主仕様 .....	P 19
7. 添付品リスト .....	P 19
8. 調整表 .....	P 20

## 0. E-ZEUS(赤道儀用)基板 との主な違い

この項は、E-ZEUS(赤道儀用自動導入)との相違点を示します。多くの点は E-ZEUS と同じですから、既に E-ZEUS を熟知の場合には理解が早いでしょう。

### (1) 対応するソフトは Yoc のみ

2007 年 1 月現在で、A-ZEUS に対応するパソコンソフトは、瀬戸口貴司(東亜天文学会)作の「Yoc (ようくん)」のみです。

### (2) 方位(Azimuth), 高度(Alt) の両軸に追尾スピードが発生する

赤道儀では赤経軸のみで追尾しますが、経緯台では方位, 高度 の両軸に追尾スピードが発生します。このため、

- ・追尾スピードを生成するマイコン「POST」を方位, 高度の両軸に所有します
- ・追尾スピードを示す数字 LED を方位, 高度の両軸に所有します

### (3) 方位, 高度の追尾スピードは、連続的に変動する

赤道儀の追尾スピードは一定の速度ですが、経緯台では方位, 高度とも連続的に変化します。経緯台の物理的な問題として、天頂付近では方位軸の追尾スピードが無限大となり恒星追尾は事実上出来ません。これを「経緯台の天頂問題」といいます。このため、

- ・A-ZEUS では速度を折れ線近似で変化させる

Yoc では、1 秒毎に速度データを更新し、A-ZEUS に送っています。すなわち、A-ZEUS の速度曲線は、1 秒毎の折れ線近似です。この誤差はそのまま制御上の追尾誤差となります。またこの誤差は、望遠鏡の向きによって異なってきます。

- ・天頂付近では追尾を停止する

経緯台による追尾スピードは、方位, 高度とも非常に広い範囲で変動します。特に水平軸は「天頂問題」が存在し計算上速度は無限大となるため、恒星追尾は出来ません。どの高度までが追尾可能な範囲であるかは、設置位置の緯度と望遠鏡の機械的な性能に関わってきます。Yoc では「天頂警告」として、警告すべき高度をユーザーが指定できます。デフォルトでは、85 度とされています。

### (4) 方位軸, 高度軸とも低速調整ボリュームを所有しない

前述の理由から、低速も非常に広い範囲で変動します。よって、恒星追尾を微調整する目的の低速も赤道儀と異なり大きく変動させる必要があります。このため、

- ・ A-ZEUS では、水平、高度軸とも「2 倍速」と「-2 倍速」を低速と定義する
- ・ 低速は A-ZEUS が自動生成し、**低速調整ボリュームを所有しない**

方式として、「2 倍速」と「停止」を採用する考え方もありますが、追尾速度がほとんど 0 に近い領域では「停止」では目的の動作となりませんので「-2 倍速」を採用しています。また、等倍と 2 倍速の中間的な設定は出来ません。

#### (5) ドライバ部はコントローラと分離型

このようにした積極的な理由は特にありません。ドライバ部は設置される経緯台毎に異なります。従ってドライバ部の説明はこのマニュアルには記されていません。

#### (6) コントローラ部は「Base 基板」と「micon 基板」の 2 枚重ね

E-ZEUS よりも複雑な制御のために基板を「**Base 基板**」と「**micon 基板**」の 2 階建てとしました。「micon 基板」は単独でまとまった機能を有していますので、他の制御システムへの転用が可能です。

#### (7) 分周設定の違いによる周回パルス数の変更は不要

分周設定とは、ドライバからのマイコンへの帰りパルスに分周するものです。

E-ZEUS では、パソコン側の SuperStar や Yoc の周回パルス数として、

「周回パルス数÷分周値」を与える必要がありましたが、A-ZEUS では分周値を自身で判断しパルスを換算しますので、分周による周回パルス数の変更は不要です。すなわち **Yoc** には分周しないそのままの周回パルス数を教示します。

#### (8) 到着予告(Pre-Arrive)パルスの設定は特に必要としない

自動導入では、導入に要する時間分の日周運動を補正する必要があります。E-ZEUS では、E-ZEUS コントローラ自身がリアルタイムに補正しています。

一方、A-ZEUS+Yoc による制御では、「自動導入」→「補正」→「補正」の動作をします。ここで、

- ・「補正」は中速度で実行
- ・「補正」は導入が正しくおこなわれるまで繰り返す。(通常は 2～3 回)

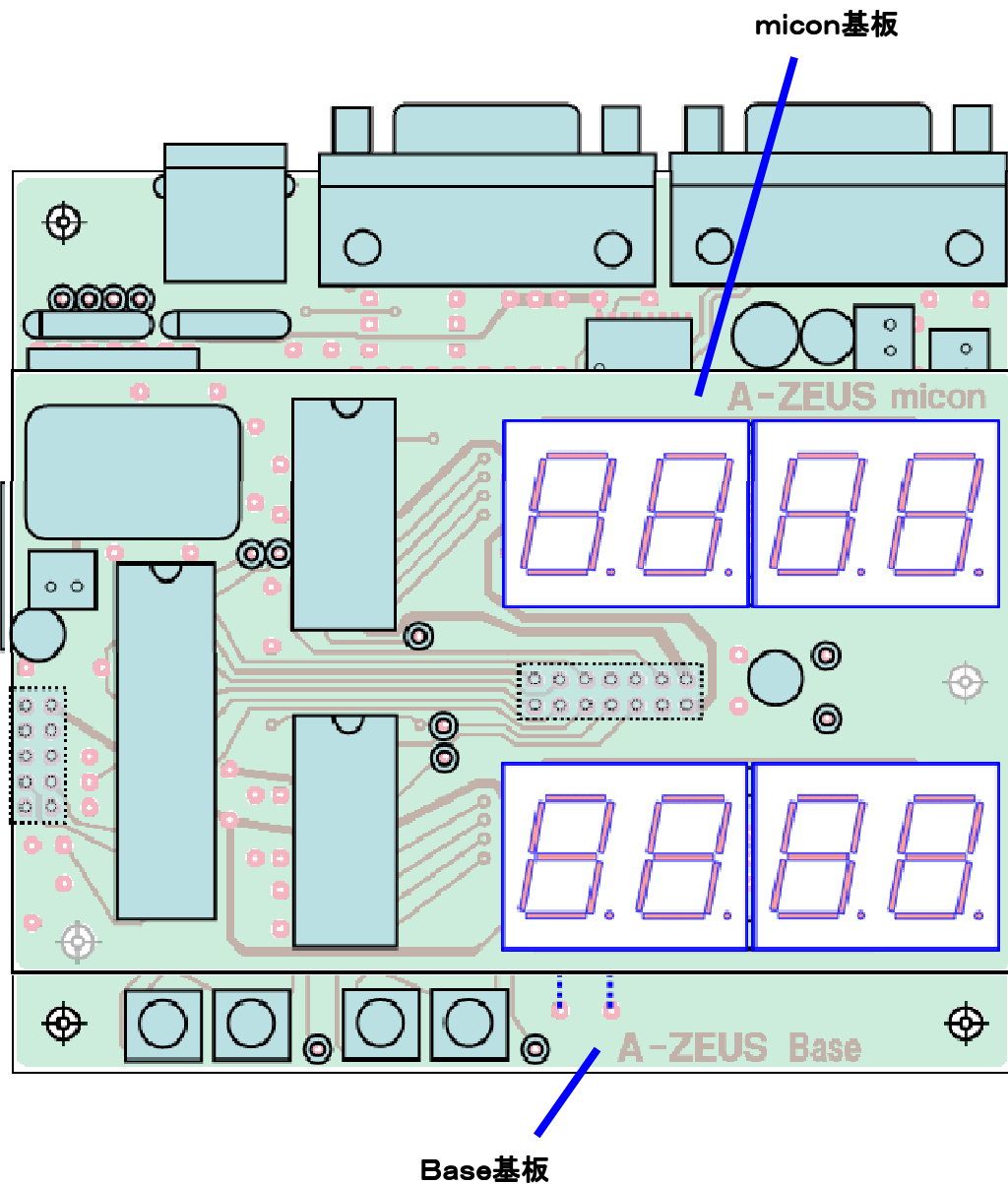
よって、**到着予告(Pre-Arrive)パルス**の設定は特に必要としません。「micon 基板」からもこの配線を出していません。このマニュアルでも説明しません。

## 1. A-ZEUS基板 各部の名称と役割

### 1-1. 基板全図

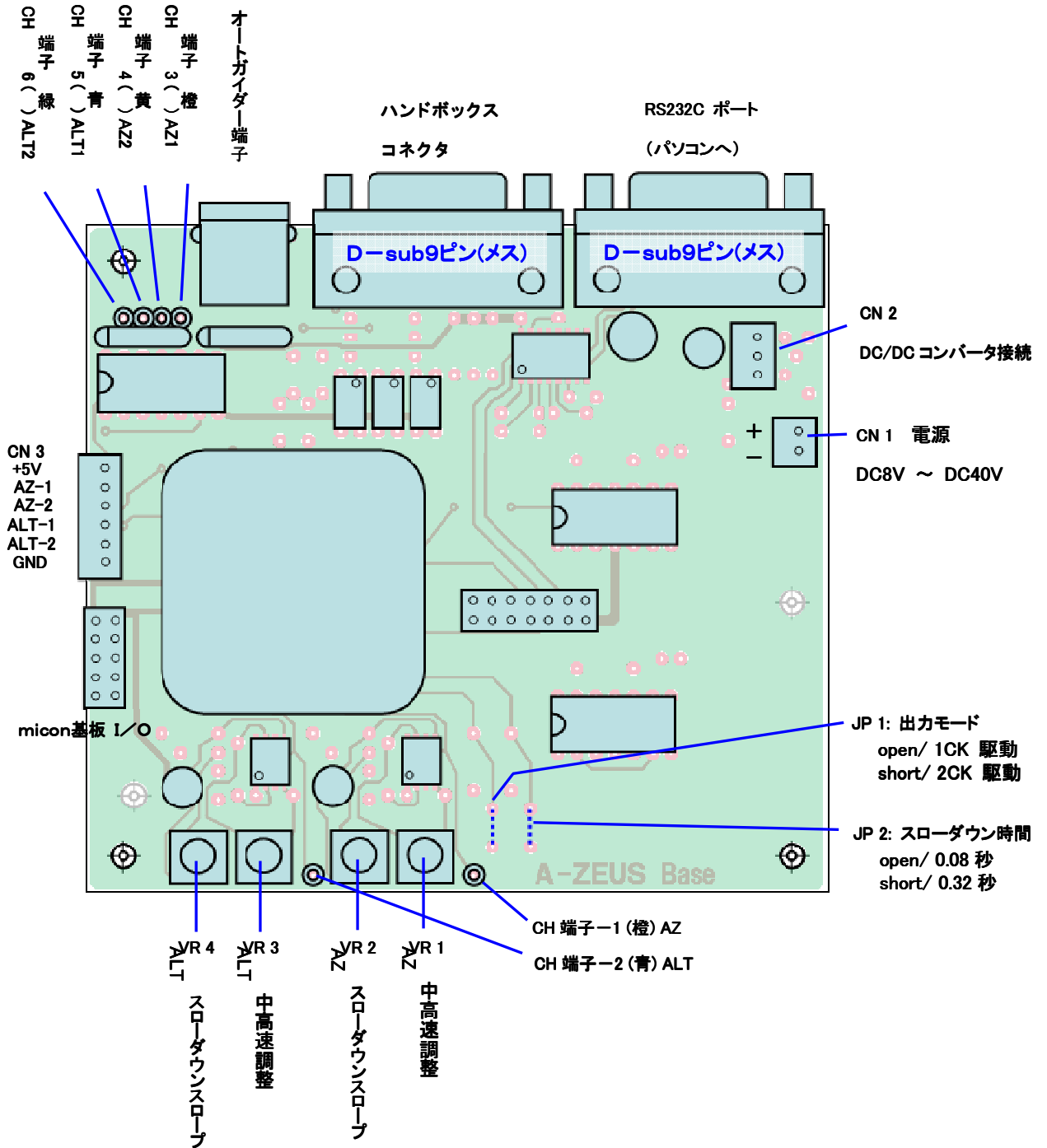
A-ZEUS基板は、「Base基板」と「micon基板」の2階建て構造です。このセットでコントローラとして機能します。ドライバ部はありませんので、外付けで適合するステップングモータ用ドライバを接続する必要があります。

下図は、「Base基板」と「micon基板」を組み合わせた状態です。



## 1-2. A-ZEUS Base 基板

マイコンを除くハードウェアと、外部との入出力を受け持ちます。



(1) 外部接続コネクタ

○ RS232C ポート

D-Sub9 ピン(メス)。このポートとパソコンのシリアルポートを接続します。  
接続には、D-Sub9 ピン延長ケーブル (片オス片メス, ストレート) を使用。

○ ハンドボックスコネクタ

D-Sub9 ピン(メス)。このポートと付属のハンドボックスを接続します。  
接続には、D-Sub9 ピン延長ケーブル (片オス片メス, ストレート) を使用。

※ RS232C ポートとハンドボックスのピンレイアウトは回路図を参照ください。

○ オートガイダー端子

モジュラー6ピンコネクタ。オートガイダーを併用する場合、このポートと接続  
します。接続には、市販の6極6芯モジュラーケーブルを使用します。  
ピンレイアウトなど詳細は後述の P17 「4. オートガイダー」を参照ください。

○ CN1 / 電源コネクタ

A-ZEUS 基板 に電力を供給します。A-ZEUS 基板の内部は DC5V 駆動です。

CN2 に接続される DC/DC コンバータで DC5V に降圧されます。

標準: DC 8V, 0.5A (4W)

最大: DC40V, 0.1A (4W)

供給する電源には、スイッチング電源 や バッテリーなどのリップルの少ない安定した  
電源を使用してください。電源の容量が少ないと、電力不足で A-ZEUS が稼動しない  
場合があります。

※**ドライバ側から CN3を通じて DC5V が供給される場合は、CN1からの電力供給は不要です。**

○ CN2 / DC/DC コンバータ接続コネクタ

CN1 から供給される電力を DC5V に降圧する DC/DC コンバータを接続します。

○ CN3

コントローラからドライバに送るパルス信号をまとめています。ステッピングモ  
ータのドライバは、一般的に 1クロック動作(1CK) と 2クロック動作(2CK) の  
2種類があります。

・[1CK]動作: クロック と、回転方向を定める H/L 信号で制御する方式

・[2CK]動作: CW 方向のクロックと、CCW 方向のクロックで制御する方式

A-ZEUS コントローラは「1CK」と「2CK」のどちらにも対応できます。

- ・[1CK]の時: JP 1 をオープンのまま使用します。
- ・[2CK]の時: JP 1 をショートしてください。

「1CK」と「2CK」各々の場合における CN2 各ピンの動作は下表の通りです。

CN3 ピン機能表

	1 CK 動作 (デフォルト)	2 CK 動作	チェック端子
+5V	電源 Vcc , DC5V		—
AZ-1	AZ モータ CW/CCW	AZ モータ CW クロック	CH3
AZ-2	AZ モータ クロック	AZ モータ CCW クロック	CH4
ALT-1	ALT モータ CW/CCW	ALT モータ CW クロック	CH5
ALT-2	ALT モータ クロック	ALT モータ CCW クロック	CH6
GND	グラウンド		—

## (2) 内部ボリューム

A-ZEUS は、4ケの内部ボリューム(VR1~4)を有します。これらは、エンドユーザーが調整すべきではないものです。

- ・VR-1 : AZ 側 高速 (および中速) 調整
- ・VR-2 : AZ 側 スローダウンスロープ調整
- ・VR-3 : ALT 側 高速 (および中速) 調整
- ・VR-4 : ALT 側 スローダウンスロープ調整

この調整方法は、後述の P12 「2. 最高速度とスローダウンの調整」を参照下さい。

## (3) ジャンプリード(JP1, 2)

ジャンプリードは、接続される相手の経緯台に相応しい動作を選択するためのものです。

- JP 1 : ドライバのクロックモードの選択 (参照 : P6 [CN3]の説明)

JP 1	ドライバのクロックモード
オープン	デフォルト。1 CK 動作
ショート	2 CK 動作

- JP 2 : スローダウンタイムの選択

ハンドボックスによる「高速駆動 → 停止 (または恒星時)」に移行する際のスローダウン時間を選択します。大型の赤道儀では慣性重量が大きいため、スローダウンタイムを 0.32 秒 に設定することを勧めます。ただし、ハンドボックスの高速スイッチから手を離して後、このスローダウン時間分だけオーバーランが発生します。

JP 2	スローダウンタイム
オープン	デフォルト。0. 08 秒
ショート	0. 32 秒

高速以外の速度間での移行においては、スローダウンタイムは無視されて即時切り替わります。

この詳しい説明は、後述の P12 「2. 最高速度とスローダウンの調整」を参照下さい。

#### (4) チェック端子

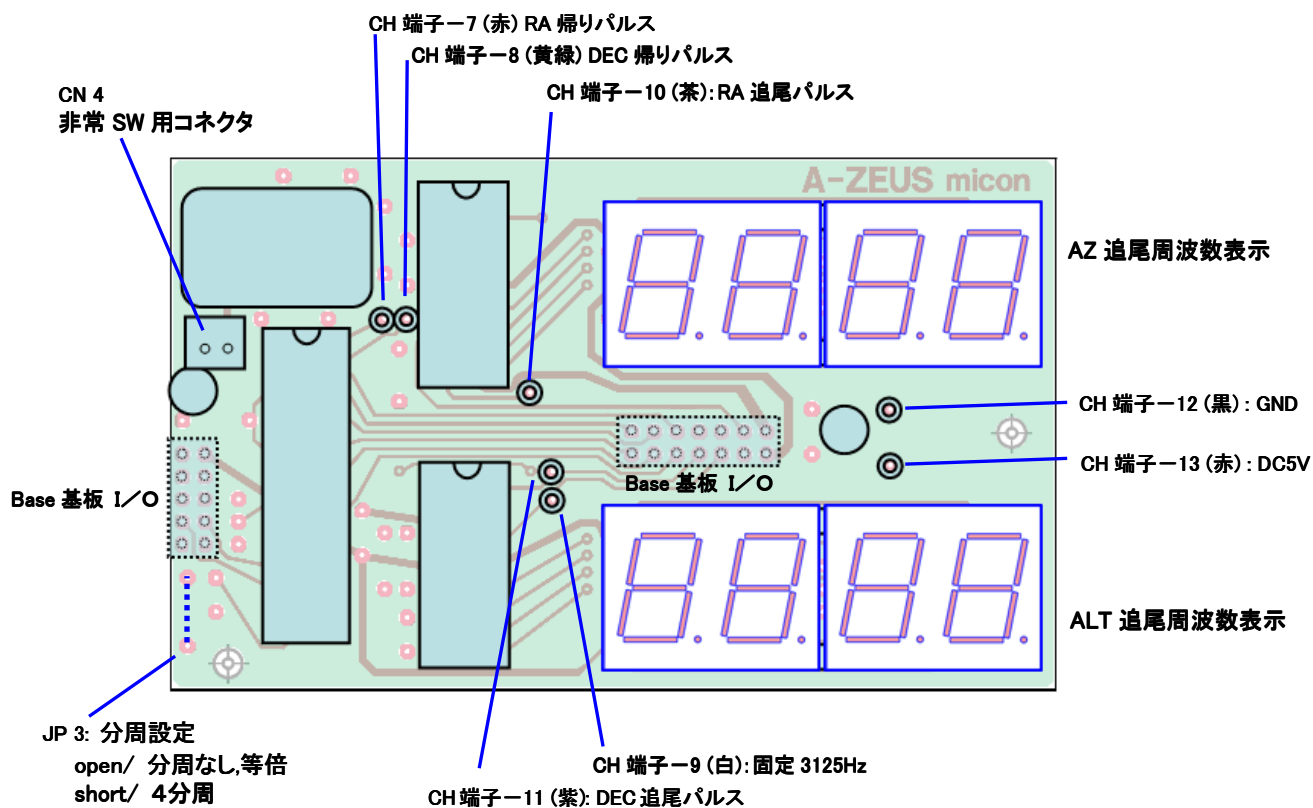
基板の各種設定のために、オシロスコープや周波数カウンタを接続する端子です。グランドは、micon 基板の「黒」の端子から取ってください。

端子番号	端子色	説明
CH-1	橙	AZ 側、高速中速パルス / VR1 と連動
CH-2	青	ALT 側、高速中速パルス / VR3 と連動
CH-3	橙	CN3 AZ-1 (P6 「CN3」の説明参照)
CH-4	黄	CN3 AZ-2 (P6 「CN3」の説明参照)
CH-5	青	CN3 ALT-1 (P6 「CN3」の説明参照)
CH-6	緑	CN3 ALT-2 (P6 「CN3」の説明参照)



### 1-3. A-ZEUS micon 基板

コントローラの頭脳に当たる、マイコンボードです。「micon 基板」は単独でまとまった機能を有していますので、他の制御システムへの転用が可能です。



#### (1) 外部接続コネクタ

##### ○ CN 4 / 非常 SW 用コネクタ

このコネクタの両芯をショートすることで、マイコンが初期化されます。ここに、押しボタンスイッチを取り付けることで、非常停止スイッチになります。特に大型経緯台においては、マイコンの暴走など予期せぬ誤動作で大きなトラブルを招きかねませんので、ユーザーの判断にて必要に応じて非常停止スイッチを設置してください。

## (2) 追尾周波数表示

4桁7セグメント LED で、恒星追尾の発振周波数を表示します。1000PPS 以上の場合には点滅します。

非点滅時: 「表示の数値」× 0.1 PPS

点滅時 : 「表示の数値」

上が水平軸(AZ 軸), 下が高度軸(ALT 軸)です。望遠鏡の向きにより Yoc からの指令で刻々と変化します。

## (3) ジャンプリード(JP3)

ジャンプリードは、接続される相手の経緯台に相応しい動作を選択するためのものです。

### ○ JP 3: マイコンにフィードバックするパルスの分周値を選択します。(重要)

マイコン(TGautoAA)はドライバからの帰リパルスをカウントして、現在位置を取得しています。しかし、この帰リパルスがマイコンの能力を超えて高速になると、処理が間に合わなくなりマイコンが暴走の主たる原因となります。具体的には、**マイコンに与える最高のパルス周波数が 16,000 PPS を超えないように設定する**必要があります。

しかしこれでは経緯台の高速時の動作が遅すぎる場合があります。A-ZEUS では、このような場合には、マイコンへの帰リパルスを**分周してマイコンの負担を軽減**する手法を採用しています。これにより**最高速度の制限を大きく拡張**できます。JP 3 では、この分周の設定を定めます。

マイコンへの帰リパルス分周設定表

JP 3	パルス分周値	最高速度制限
オープン	デフォルト。分周なし等倍。	16,000 PPS
ショート	4分周	64,000 PPS

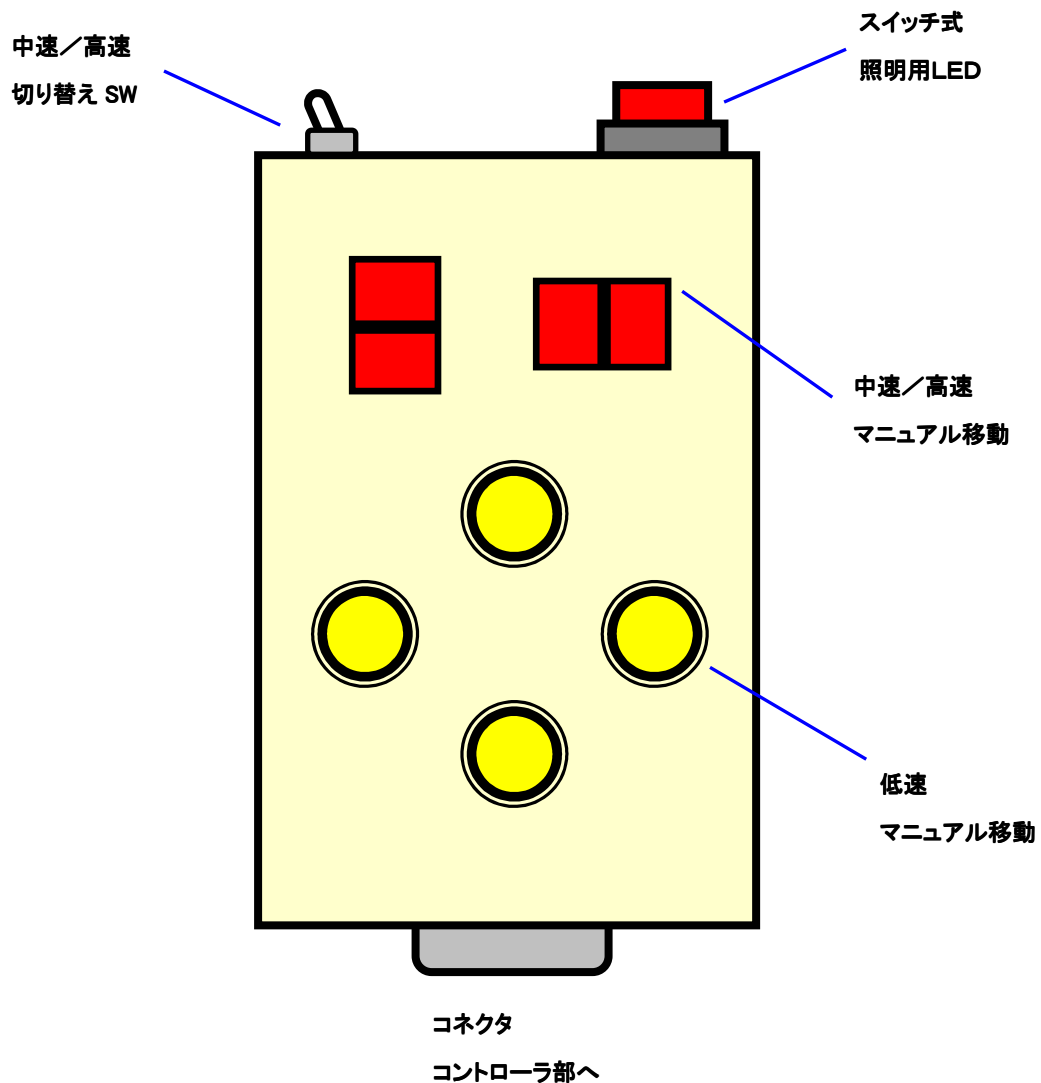
現実的には内蔵の発振 IC の能力の限界 (標準で搭載のコンデンサ定数では、およそ 35,000PPS が最高です。4分周の設定にした場合の弊害は、パルスのカウント誤差があります。4分周の場合は、一回の導入動作で最大4パルスの誤差が発生しえます。しかしながら、この程度では無視できるほど小さな誤差ですので、累積しても問題となる誤差にはまずなりません。

#### (4) チェック端子

基板の各種設定のために、オシロスコープや周波数カウンタを接続する端子です。グランドは、「黒」の端子から取ってください。

端子番号	端子色	説明
CH-7	赤	AZ 側、マイコンへの帰リパルス
CH-8	黄緑	ALT 側、マイコンへの帰リパルス
CH-9	白	汎用固定クロック 3125Hz
CH-10	茶	AZ 軸 恒星追尾クロック
CH-11	紫	ALT 軸 恒星追尾クロック
CH-12	黒	GND
CH-13	赤	DC5V

#### 1-4. ハンドボックス



## 2. 最高速度とスローダウンの調整

### (1) 高速駆動の設定

A-ZEUS の調整は、高速時の駆動スピードが重要です。高速駆動のためには、当然ながら高い周波数のパルスに調整しますが、次の2つの制限を考慮して下さい。

- ① マイコンの帰りパルス周波数が 16,000 PPS を越えないこと。

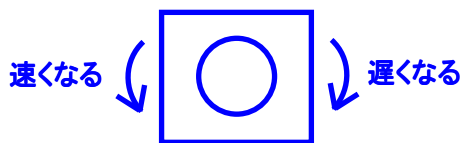
主に分周なし等倍の設定 (P10 JP 3 参照) の場合に関わってきます。4分周では、その倍数だけ制限が拡張されますから事実上無制限です。

- ② モータが脱調せず、かつ経緯台のメカが安全なスピードで動くこと。

高速駆動時のスピードは、通常で 対恒星時 250~500 倍速 が快適です。

高速駆動のパルス周波数の確認は、周波数カウンタを、チェック端子(CH-1, CH-2, CH-7, CH-8) 等につないで、ハンドボックスで高速駆動スイッチを操作します。(スイッチを操作しない間は、中速となります。) 調整は、内部ボリューム(VR1, VR3) で AZ 側、ALT 側 各々行って下さい。

高速調整ボリューム VR1(AZ 側), VR3(ALT 側)

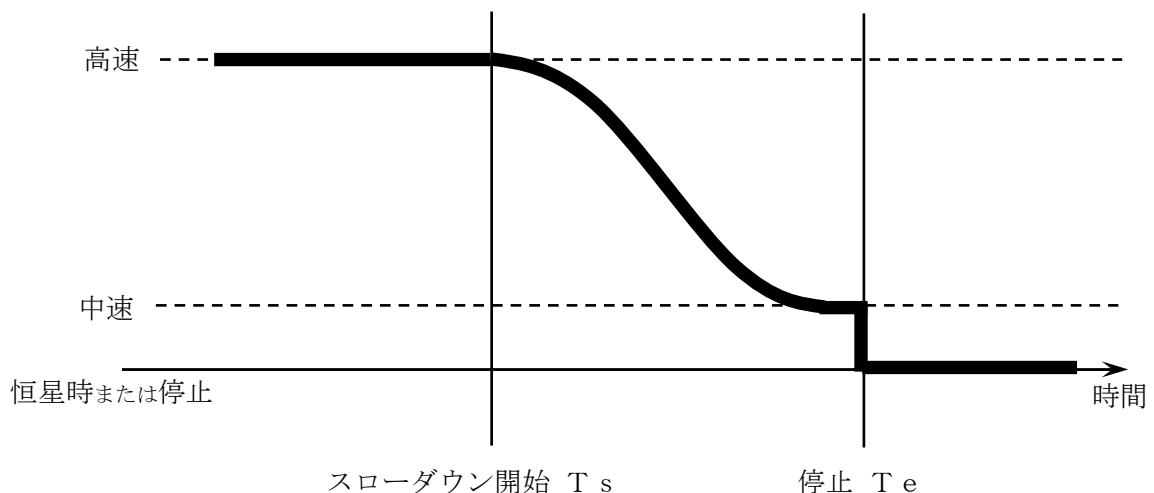


速すぎると、ステッピングモータが脱調しますので、遅いスピードから徐々に速い側に調整してください。

### (2) スローダウンの設定

この設定は慣性重量の大きな大型の赤道儀について考慮する項目です。小型中型の赤道儀の場合は通常は考慮する必要はありません。まず、A-ZEUS によるスローダウンの概念を示します。

以下は理想的なスローダウンのカーブです。「中速→恒星時(停止)」で不連続になるのは A-ZEUS 仕様で使用上も全く問題ありません。A-ZEUS では、スローダウンタイム長 ( $T_s \rightarrow T_e$ ) とスローダウンのスロープカーブの調整が出来ます。



※ スローアップは、A-ZEUS 内部の抵抗とコンデンサの定数で固定されていますので、ユーザによる調整は出来ません。

○ スローダウンタイムの仕様

① 高速移動後のスローダウン

$T_s \rightarrow T_e$ の時間を 0.08 秒（標準）と 0.32 秒で選択できます。この時間分は必ずオーバーランします。

（詳細）P7 「JP2 : スローダウンタイムの選択」を参照ください。

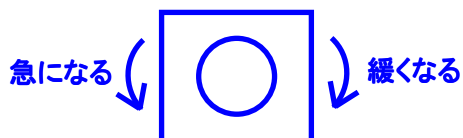
② パソコンの自動導入による移動

パソコンによる自動導入でも一旦はオーバーランが発生しますが、直後に修正動作を自動実行しますので、最終的にはオーバーランは発生しません。

○ スローダウンスロープの調整

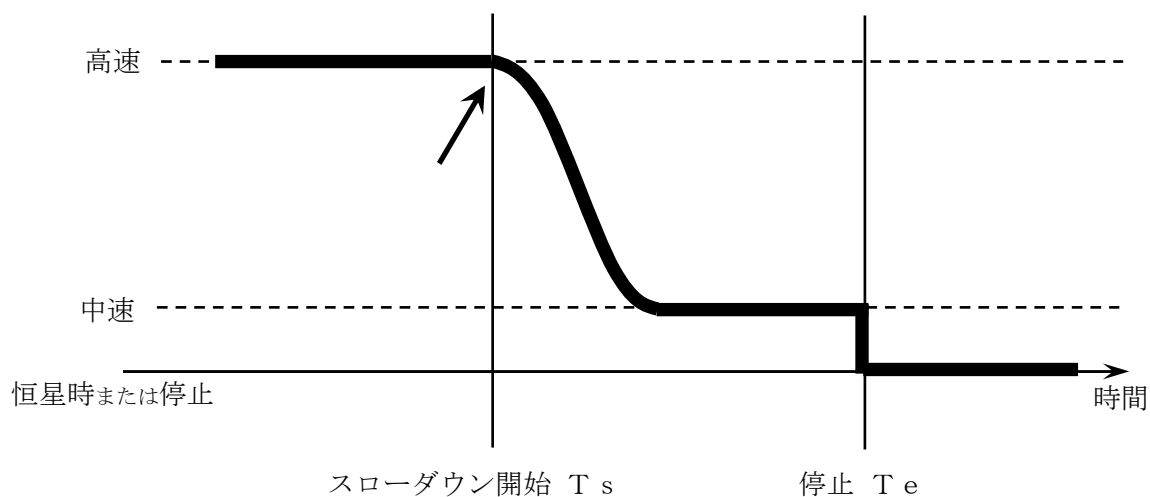
調整ボリューム VR2, VR4 の操作で調整します。ハンドボックスで、「高速→追尾速度」の操作をしてその効果を見てください。スロープが急すぎたり緩すぎる時は再調整します。（この調整はかなりアバウトでも大丈夫なことが多いでしょう。）

スローダウンスロープ調整ボリューム VR2(AZ 側), VR4(ALT 側)

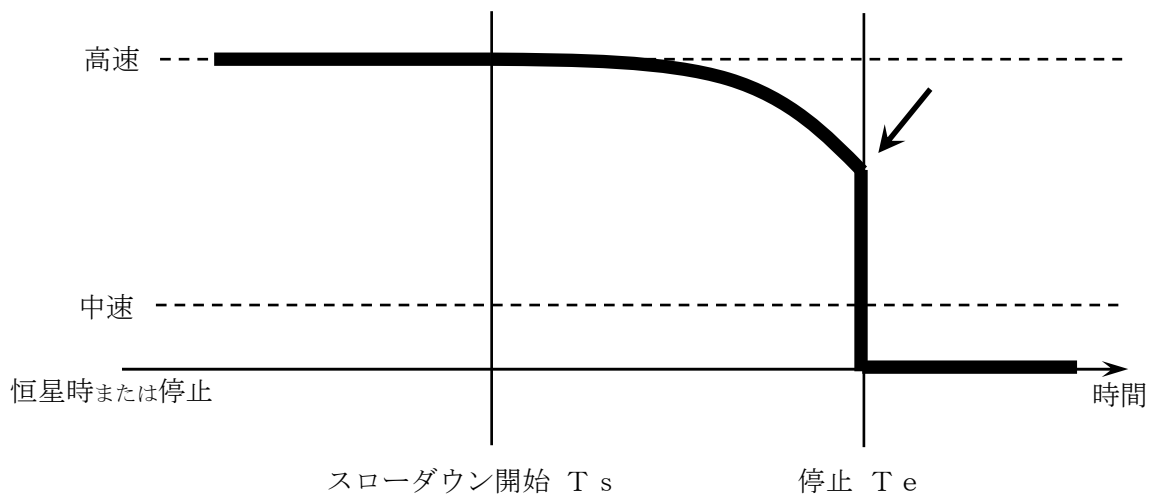


※ スローダウンスロープが急すぎる例

スローダウン開始時  $T_s$  で不連続感がでる



※ スローダウンスロープが緩すぎる例  
スローダウン終了時  $T_e$  で不連続感がでる



### 3. 周回パルス数の設定

経緯台の水平軸(AZ 軸)と高度軸(ALT 軸)の周回パルス数を、micon 基板に内蔵されるマイコン「TGautoAA」と「PostAA (Programable Oscillater for Siderial Time – Alt Azimuth)」に Yoc からで教示します。計算方法を以下に例示します。

#### (1) 各軸の周回パルス数の算出

経緯台の水平軸機械仕様の例

- ・ ウォームホイール歯数： 240
- ・ 減速ギア比： 60/24
- ・ モータギアヘッド減速： 18
- ・ ステッピングモータ仕様： 200パルス/周
- ・ マイクロステップ： 8分割

以上から、水平軸を一周するために必要なパルス数を計算する

$$\bigcirc \text{水平軸の周回パルス数} = 240 \times 60 / 24 \times 18 \times 200 \times 8 = \mathbf{17,280,000} \text{ パルス} \text{ --- (a)}$$

同様の手順で高度軸を計算します。ここでは仮に 10,368,000 パルス とします。

$$\bigcirc \text{水平周回パルス数} : 17,280,000 \text{ パルス} \text{ ----- (a)}$$

$$\bigcirc \text{高度周回パルス数} : 10,368,000 \text{ パルス} \text{ ----- (b)}$$

※ E-ZEUS では、4分周設定時には上記の数値を 1/4 としたものを採用しますが、A-ZEUS ではマイコン内部で判断しますので、分周設定に関わらず上記(a)(b)の数値をそのまま教示します。

## (2) Y o c の設定

手順(1)： A-ZEUS とパソコンの接続

A-ZEUS と パソコンをシリアル通信ケーブルで接続し、電源を投入します。

手順(2)： Y o c の設定

メニューの [制御] → [接続] で現れるウインドウの、右上「周回ステップ数」欄に、上述の(a)(b)値を記述します。「架台」と「COMM ポートの設定」も下図のように設定してください。

The screenshot shows the 'Yoc - 通信条件の設定' dialog box. The '周回ステップ数(L)' section is circled in red. The '赤経' (Right Ascension) field is set to 17280000 and the '赤緯' (Declination) field is set to 10368000. Other settings include: 望遠鏡(Q) set to ZEUS, 架台(M) set to 経緯台, 鏡筒位置(P) set to 東, 導入速度(S) set to 高速, 鏡筒方向(D) set to 天頂, 視野円(Y) set to 60 分角, and 天頂警告(W) set to 高度 85 度. The '設定' (Set) and '取消し' (Cancel) buttons are at the bottom.

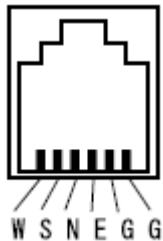
【Y o c の Web ページ】 by 瀬戸口貴司氏

<http://www7.ocn.ne.jp/~set/Yoc/Yoc.html>



#### 4. オートガイダー

オートガイダーとの接続は、6 極モジュラーコネクタと接続することにより行います。



##### ■ A-ZEUS のピンアサイン

左図のピンアサインを参照ください。本体向かって左から

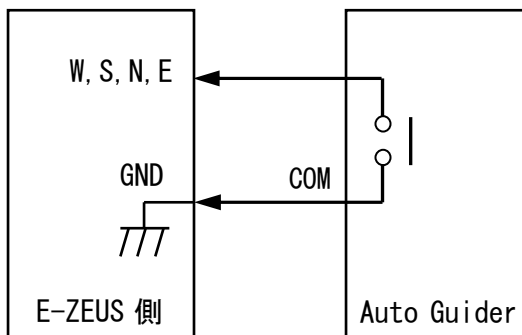
RA+(W), DEC+(S), DEC-(N), RA-(E), 接地(GND), 接地(GND)

オートガイダー端子には、**接点入力（リレー接点入力）**による信号を入力することを前提としています。

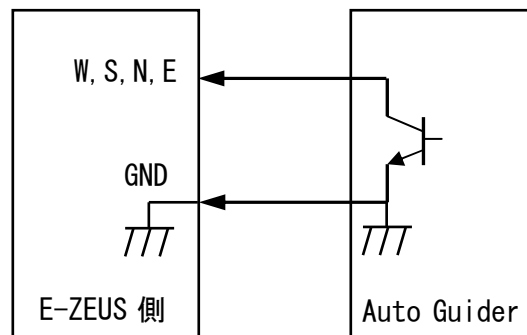
ON 時 / GND とショート

OFF 時 / GND とオープン

オープンコレクタ入力でも動作しますが、極性に注意ください。



接点(リレー)入力



オープンコレクタ入力

Meade,SBIG(ST-5c,237 等)とは 6 極 6 芯のモジュラーケーブルで接続します。

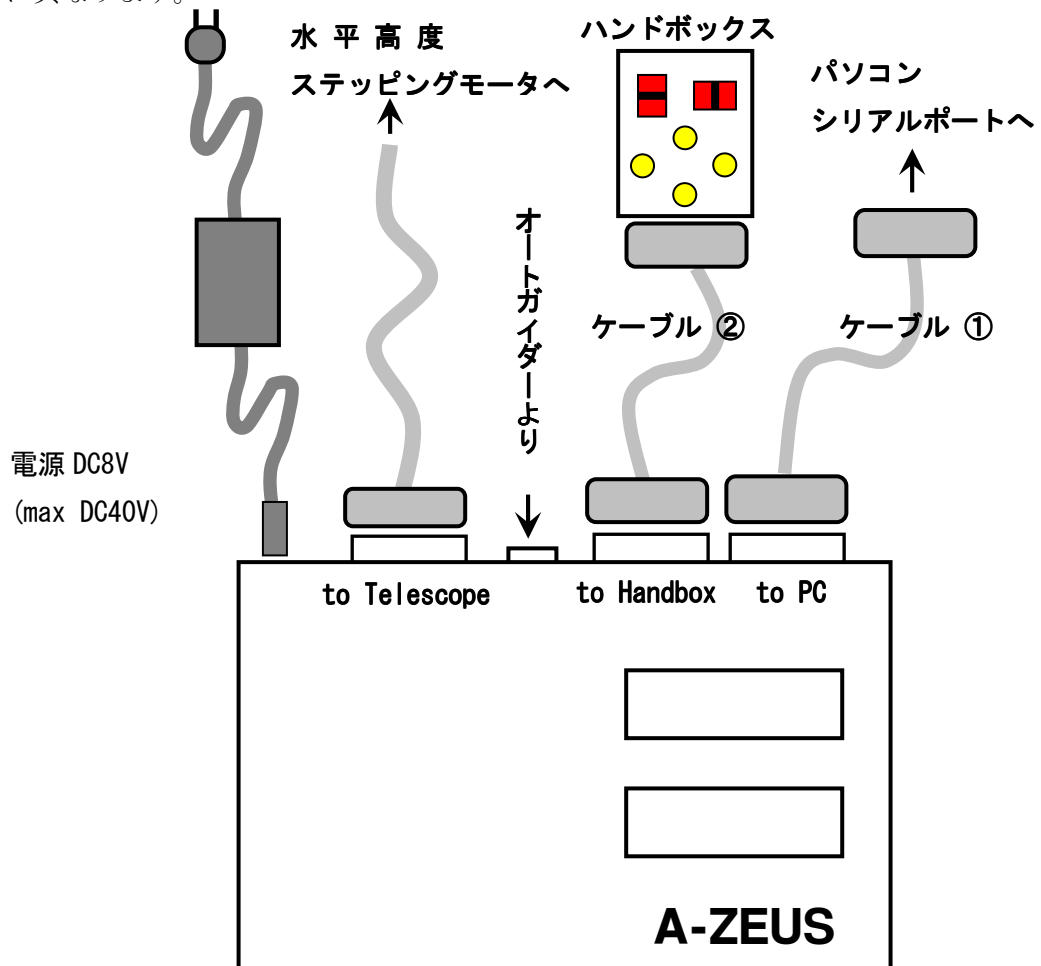
Meade はストレート, SBIG はリバース接続ケーブルを使用します。

##### [重要な注意] 原則として「リレーアダプタ」を仲介して接続してください

SBIG 製の製品では、6 番ピン (図の右端) に DC12V を供給するタイプのものがあります。このような製品で直接 E-ZEUS のモジュラー端子に接続すると**オートガイダー内の DC 電源とグランドがショートしてしまい、オートガイダーを破損する恐れ**があります。他社の製品でも仕様の変更があると同様の危険があります。

## 5. 接続図

以下は代表的な構成の接続図です。ドライバ回路を内蔵した例です。実際には経緯台の様毎に異なります。



※ ケーブル① と ② は D-sub9pin ストレートケーブルで互換です。

## 6. 主仕様

電源電圧	: 標準 DC8V (最大 DC40V)
消費電力	: 4W(0.5A)
対応恒星追尾周波数	: DC~3000PPS
同上精度	: 3ppm 以内
最高速パルスレート	: およそ 35 k PPS
ハンドボックス	: 中/高速, 低速。LED 照明付き
PC インターフェイス	: シリアル D-sub9 ピン コネクタ
オートガイダー	: モジュール6 ピン
適合する PC ソフト	: YOC

## 7. 添付品リスト

	品 名	数量
1	A-ZEUS 1 本体	1
2	ハンドボックス	1
3	非常スイッチ用コネクタ/日圧 XHP-2	1
4	D-sub9 ピン延長ケーブル	2
5	本体ボックス用ゴム足	4
6	E-ZEUS1 回路図	1
7	マイコン (TGautoAA, PostAA) 構成図	各 1
8	A-ZEUS 初期設定マニュアル (本片)	1
9	AC100V 用「DC V」出力スイッチング電源	1
	(以下は製作形態により添付)	
10	モータ接続用ナイロンコネクタ/日圧 XHP-4	2
11	モータ接続用 D-sub9 ピン(メス)コネクタ	1

## 8. 調整表

この A-Z E U S は以下の設定に調整して出荷しております。

### (1) ジャンプリード

- JP1 — ドライバのクロックモード ( 1CK , 2CK )
- JP2 — スローダウンタイム ( 0.08 秒 , 0.32 秒 )
- JP3 — マイコンへの帰りパルス分周 ( 等倍 , 4分周 )

### (2) 周回パルス数

#### ○ 水平軸 (Azimuth)

- ・ウオームホイール歯数： ( ) ①
- ・減速ギア比： ( ) ②
- ・モータギアヘッド減速： ( ) ③
- ・ステッピングモータ仕様： ( ) パルス/周 ④
- ・マイクロステップ： ( ) 分割 ⑤

以上から、水平軸を一周するためのパルス数を計算する

◇ 水平軸周回パルス数 = ① × ② × ③ × ④ × ⑤ = ( ) パルス

#### ○ 高度軸(Alt)

- ・ウオームホイール歯数： ( ) ①
- ・減速ギア比： ( ) ②
- ・モータギアヘッド減速： ( ) ③
- ・ステッピングモータ仕様： ( ) パルス/周 ④
- ・マイクロステップ： ( ) 分割 ⑤

以上から、高度軸を一周するためのパルス数を計算する

○ 高度軸周回パルス数 = ① × ② × ③ × ④ × ⑤ = ( ) パルス

この機種では、周回パルス数は以下の設定としてください

Y o c の設定値	
水平軸周回パルス数	( )
高度軸周回パルス数	( )

### (3) 高速パルスレート

- 水平軸： ( ) PPS → 対恒星時 ( ) 倍速
- 高度軸： ( ) PPS → 対恒星時 ( ) 倍速