

o-Psを用いたCPの破れの探索 - 実機製作 -

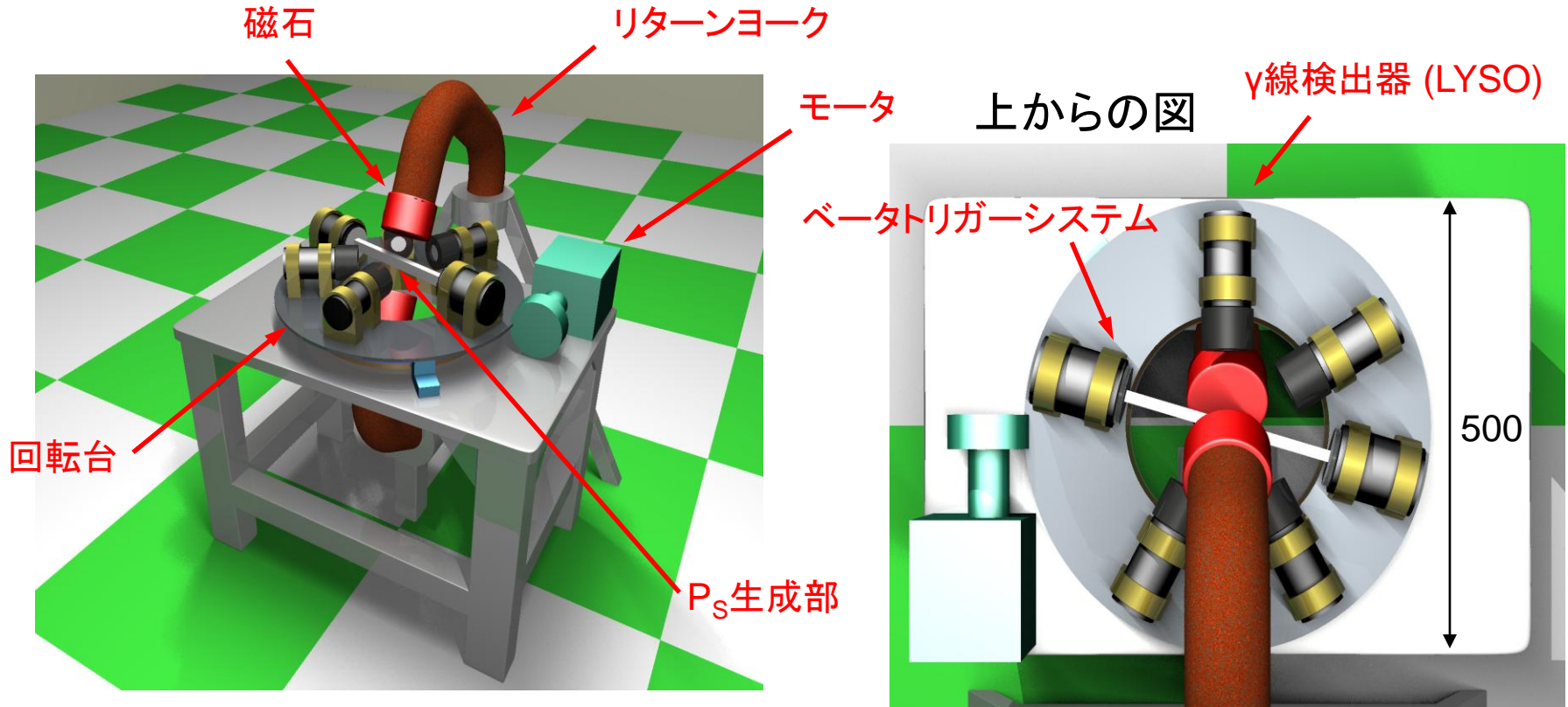
日本物理学会 第63回年次大会 @近畿大学
2008年3月25日

山崎高幸、西原一幸、難波俊雄、浅井祥仁^A、小林富雄

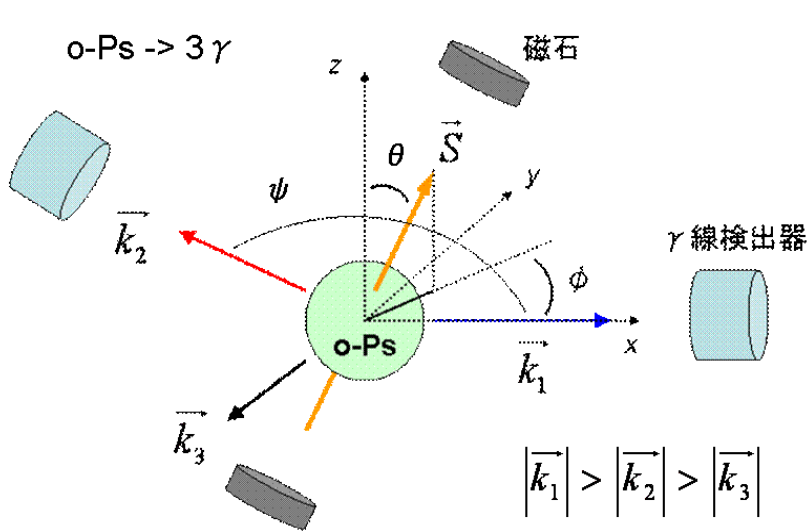
東京大学素粒子物理国際研究センター、東京大学理学部^A

実験装置外観

- 本発表では回転台について述べる



CPを破る項



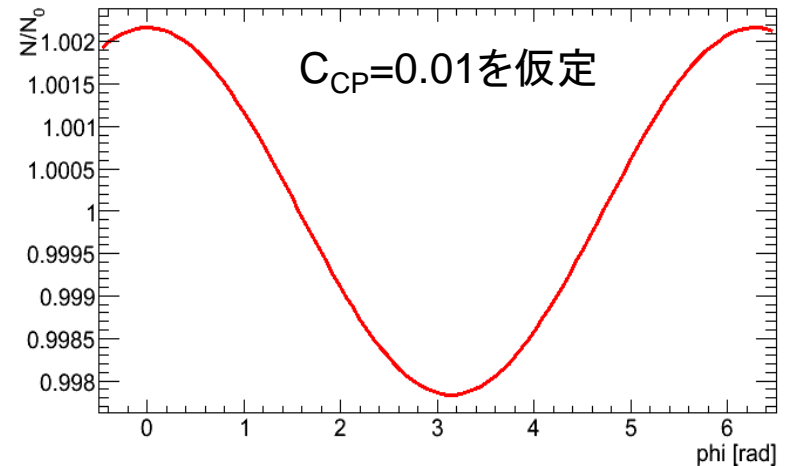
本番実験では $\theta=150^\circ$ 、 $\psi=30^\circ$ は固定させ、回転台を用いて ϕ を可変にする

イベント数 これを 10^{-3} で検証したい

$$N = N_0 \left(1 + C_{CP} (\hat{S} \cdot \hat{k}_1) \cdot (\hat{S} \cdot \hat{k}_1 \times \hat{k}_2) \right)$$

$$= N_0 \left(1 + \frac{1}{2} C_{CP} \sin 2\theta \sin \psi \cos \phi \right)$$

$C_{CP} \neq 0$ であれば非対称になる



回す理由

$$\text{CPを破る項} : \frac{1}{2} C_{CP} \sin 2\theta \sin \psi \cos \phi = \frac{\sqrt{3}}{8} C_{CP} \cos \phi$$

回転台を用いることで、

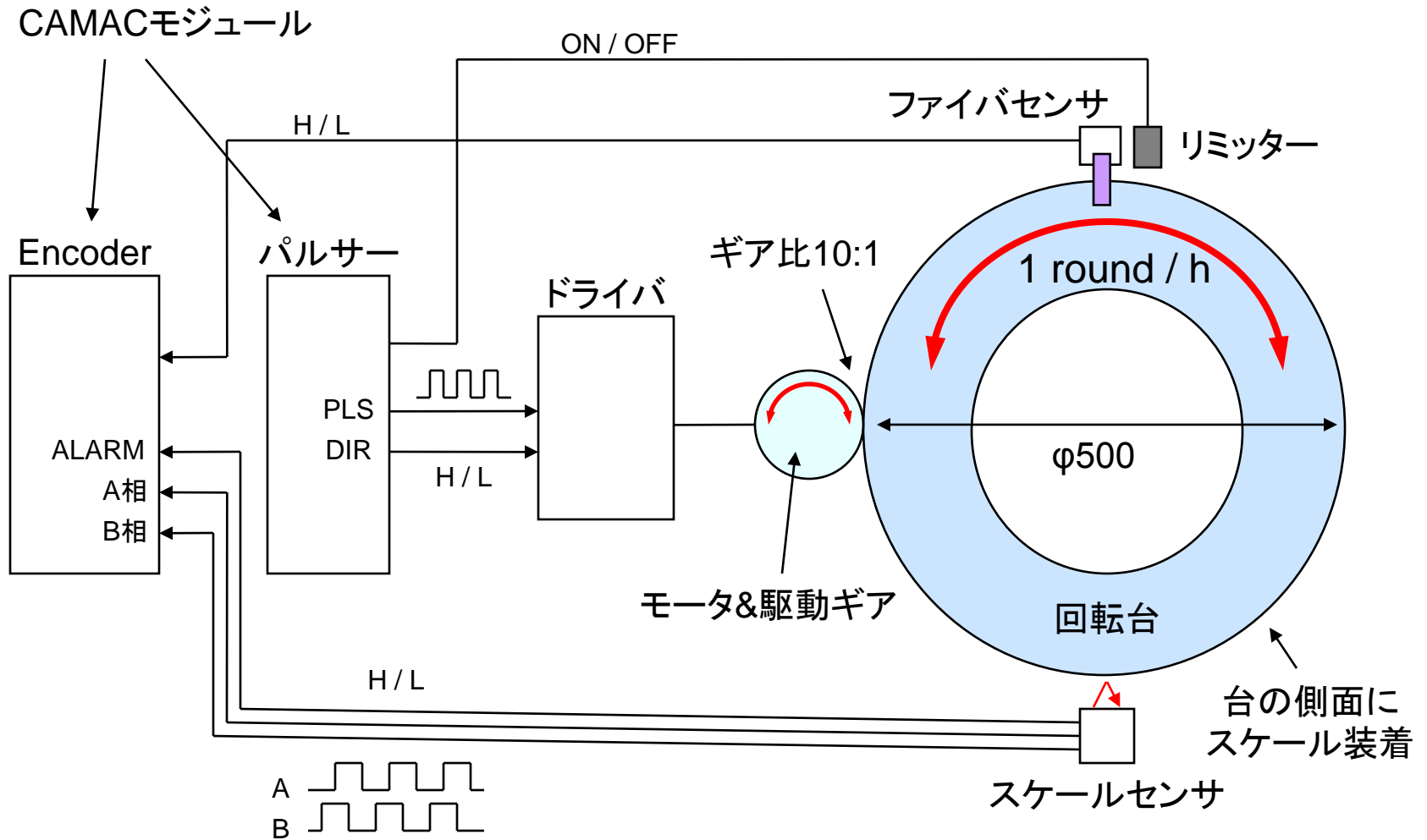
- 線源と検出器ペアの相対的な位置関係を全く変えずに測定可能
- θ は検出器間の角度なので全く変化しない (150° に固定)
- 回転台平面の水平を出すことで ψ も全く変化しない (30° に固定)
- ϕ のみを変化させて C_{CP} をチェックできる
- $\Delta N/N \sim 10^{-3} \Delta \phi$ なので、 ϕ の精度は 10^{-1} radでよい

線源の密度分布や検出器の個体差、装置のジオメトリから来る
systematic errorを除去できる

回転システムに必要なもの

- 回転させる
 - 回転台
 - モータ (ステッピングモータ)
 - パルサー：モータを制御するためのパルスを送る
- 角度を知る
 - スケールセンサ：回転台側面に取り付けたスケールの移動量を読み取る
 - ファイバセンサ：回転台の原点を決める
 - エンコーダ：スケールセンサ、ファイバセンサからの出力を受け取って現在位置を読み取る

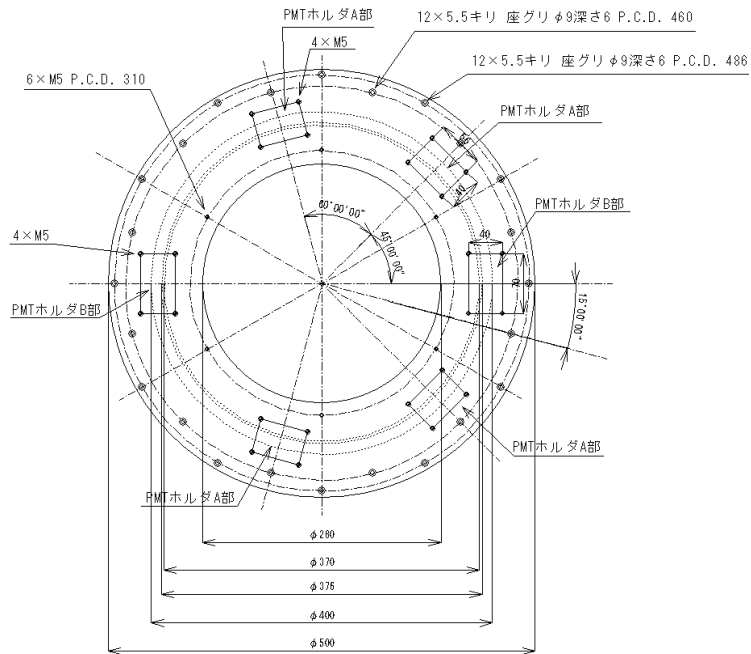
回転システム



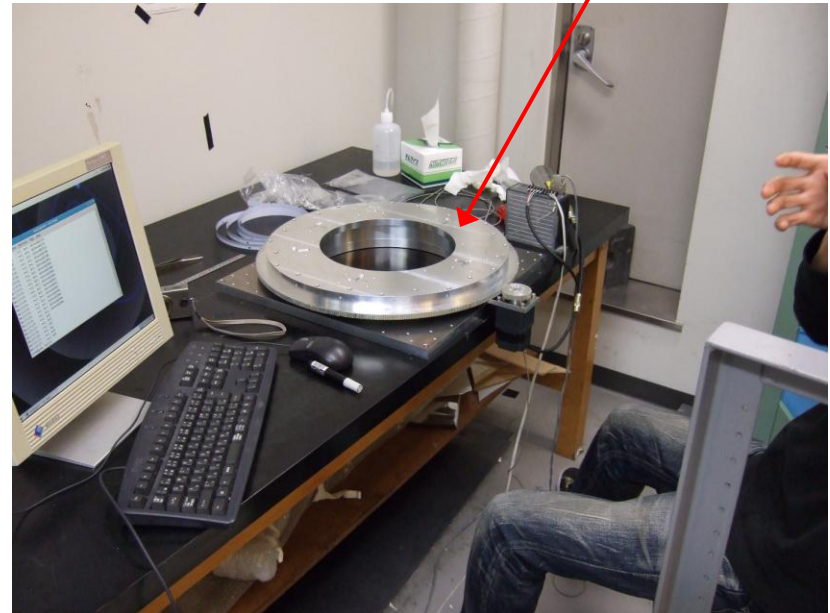
回転台

- 回転台はφ500の大物

回転台図面

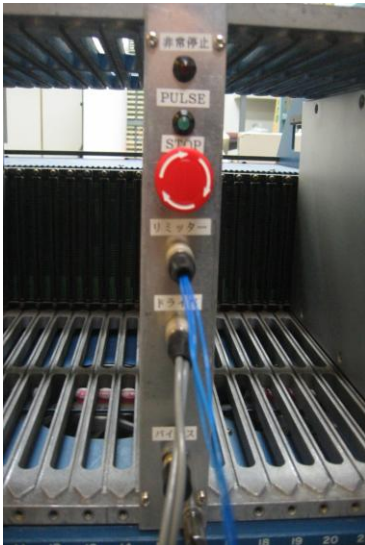


実物

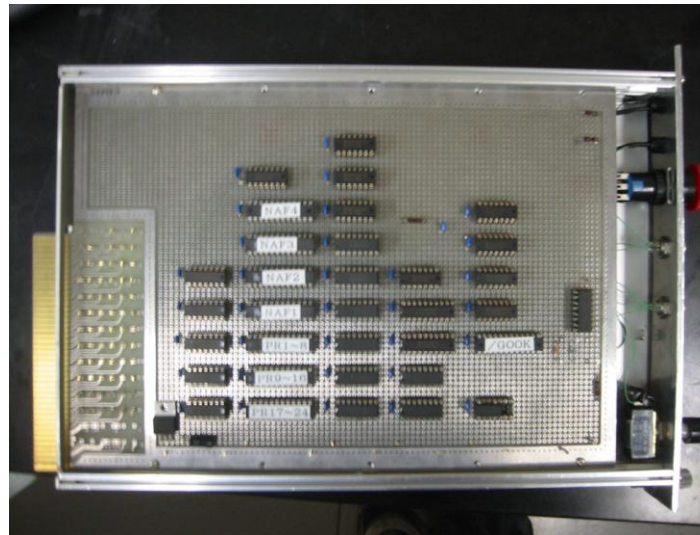


パルサー

- PLS出力：台の回転速度と回転量を制御
 - 1 round / h で回す予定
 - 送信パルスの周波数は30Hz～15kHzで可変 = 回転速度は1周30s～4.5hの間で可変
 - 1パルスで台は $7.2 \times 10^{-4}^\circ$ 回転 ($\sim 10^{-5}\text{rad}$ -> O.K.)
- DIR出力：台の回転方向を制御



パルサー



パルサー内部

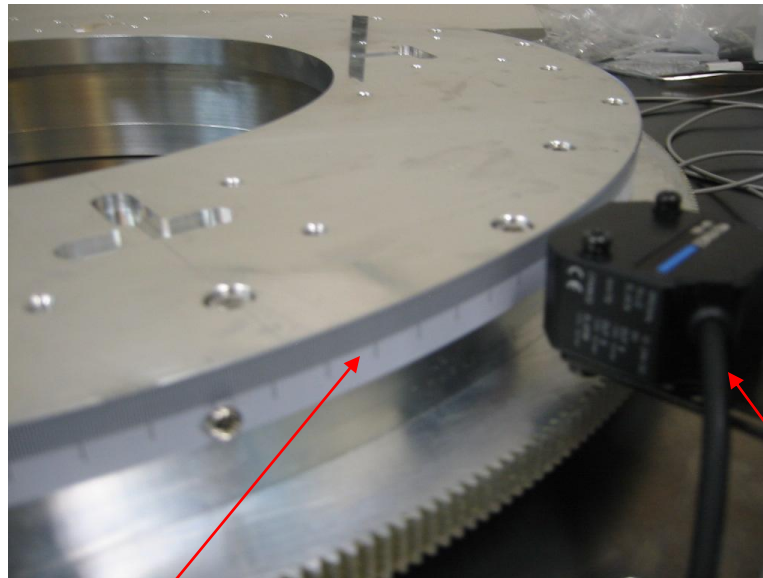
← TTLなどの
Standard Logicと
GAL(プログラマブル)
を用いて自作

Encoder

- 原点：ファイバセンサは台が原点位置にあるときに出力がH levelになるので、その間encoderの値を0にする
- スケールセンサが出力するA相、B相の2相パルスを受けて原点からの移動量を読む
 - スケールセンサの精度は0.1mm (台でいうと $\sim 4 \times 10^{-4}$ rad -> O.K.)



Encoder



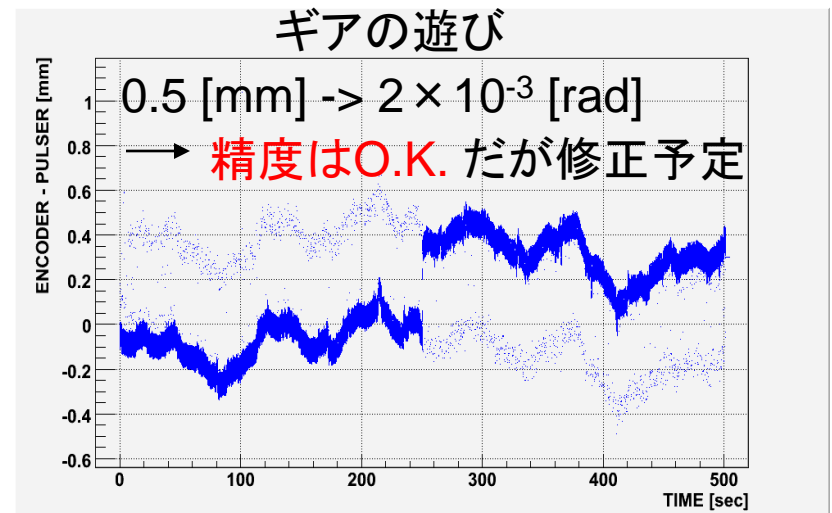
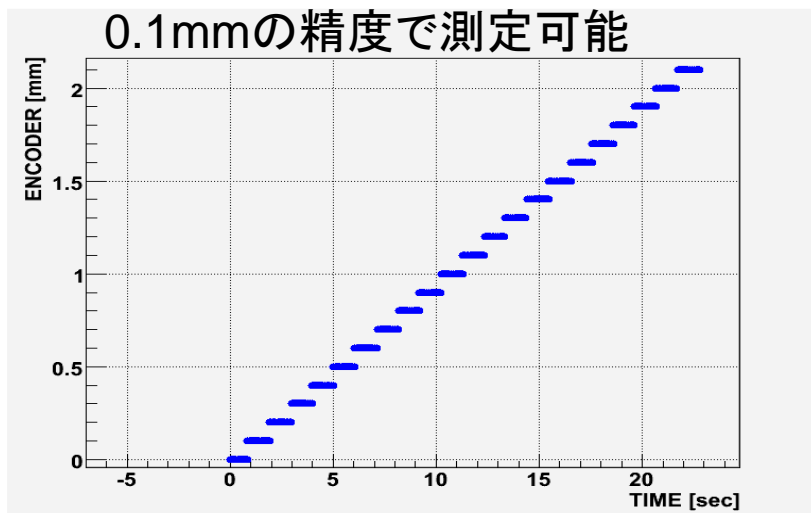
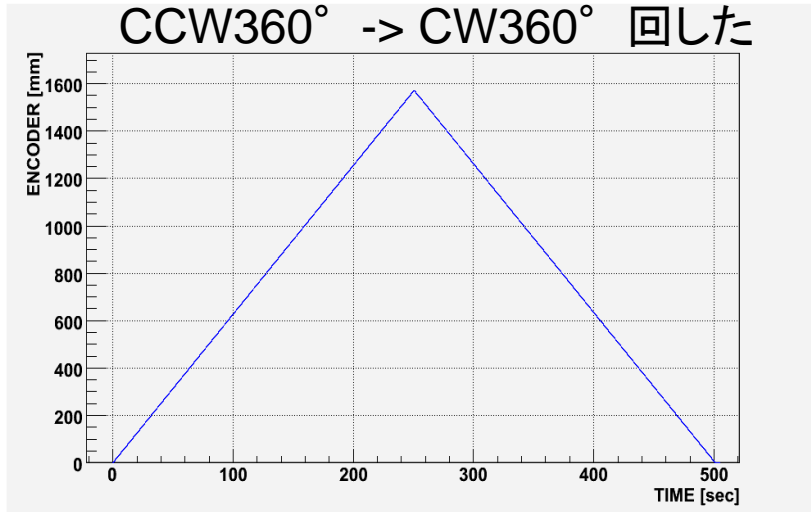
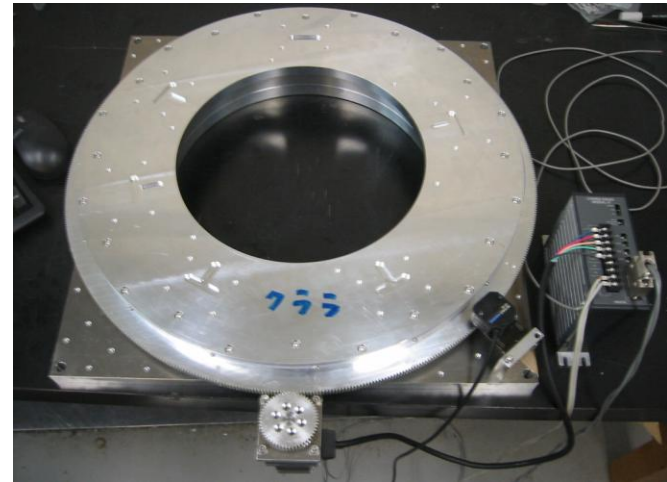
スケール

スケールセンサ

回った!!

- 組み合わせて動作確認

クラちゃんの写真



まとめと今後

- o- P_s を用いてレプトンセクターにおけるCPの破れを 10^{-3} の感度で検証したい
- 実験本番に向け、systematicの除去に重要な役割を果たす回転テーブルおよびその制御装置の製作を行い、動作およびその精度を確認した
- 実機における磁場システムをただいま設計中。今春中に本番実験を開始したい
- 本番で期待されるイベントレートは約10Hz -> 約100日間で 10^{-3} の感度の探索が可能

Backup Slides

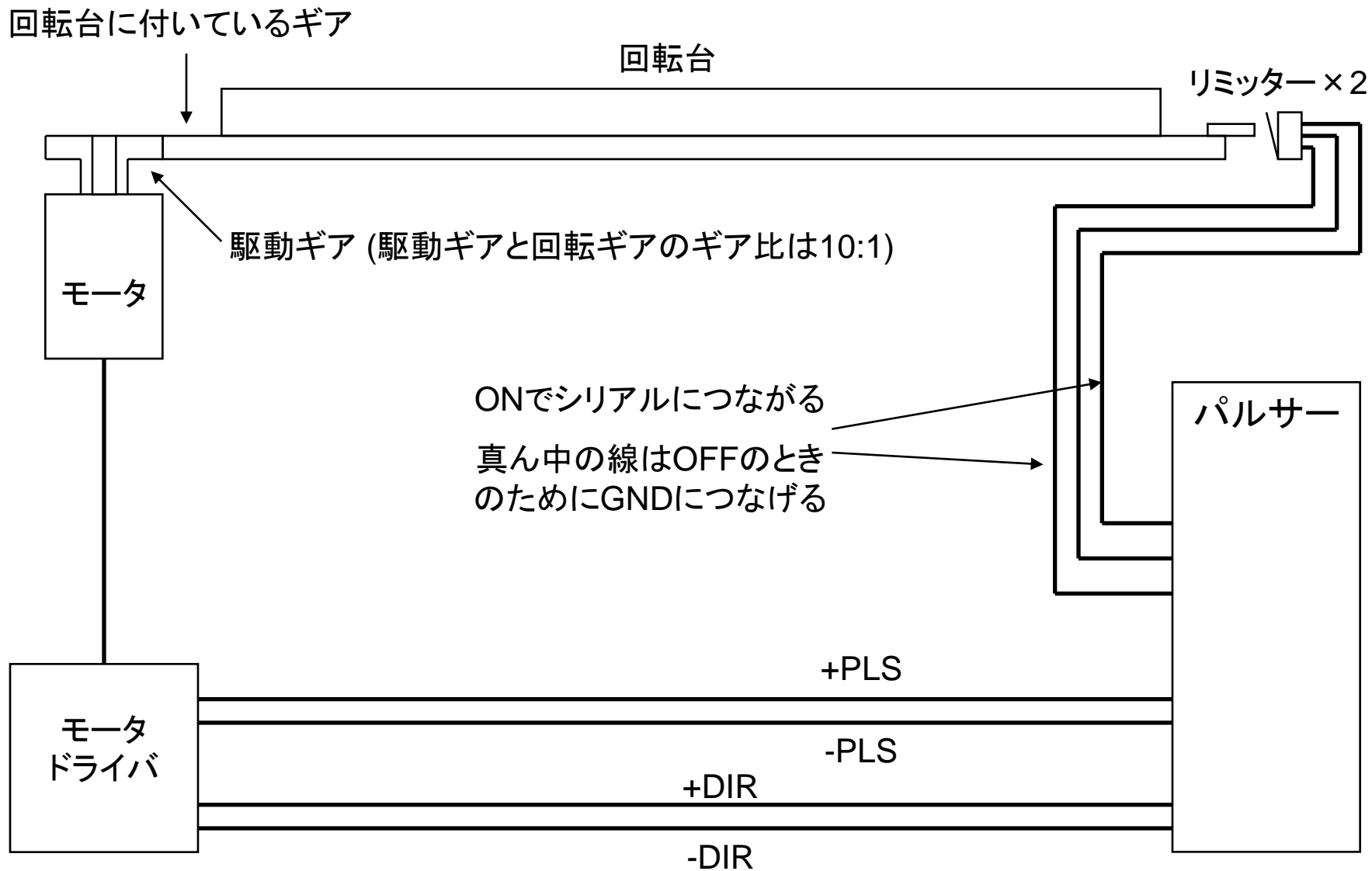
皮算用

- ^{22}Na (EC 9.5%) 線源強度 1MBq
- e+放出イベントのうち12.5%がプラシンを発光させ、かつエアロジェルで静止
- e+がエアロジェルで静止した際にPsができる確率が55%、スピンを考えると、o-Psはそのうちの3/4
- 3γ 放出イベントのうち、3通りのLYSOペアのいずれかに入り、Timing WindowおよびEnergy Windowのイベントセレクションをパスする割合が0.0273%

$$\longrightarrow 1 \times 10^6 \times 0.905 \times 0.125 \times 0.55 \times 3 / 4 \times 0.000273 = 12.7 \text{ Hz}$$

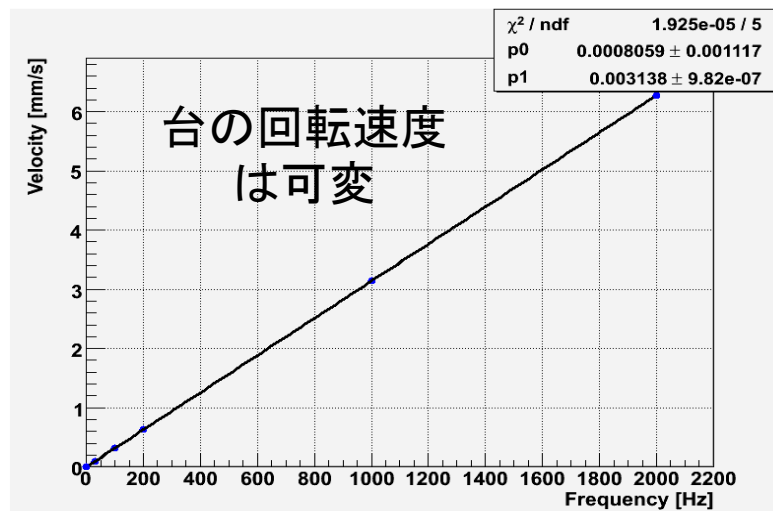
目標到達感度 10^{-3} には 10^8 イベント必要だが、約**100日**でたまる

全体図



仕様

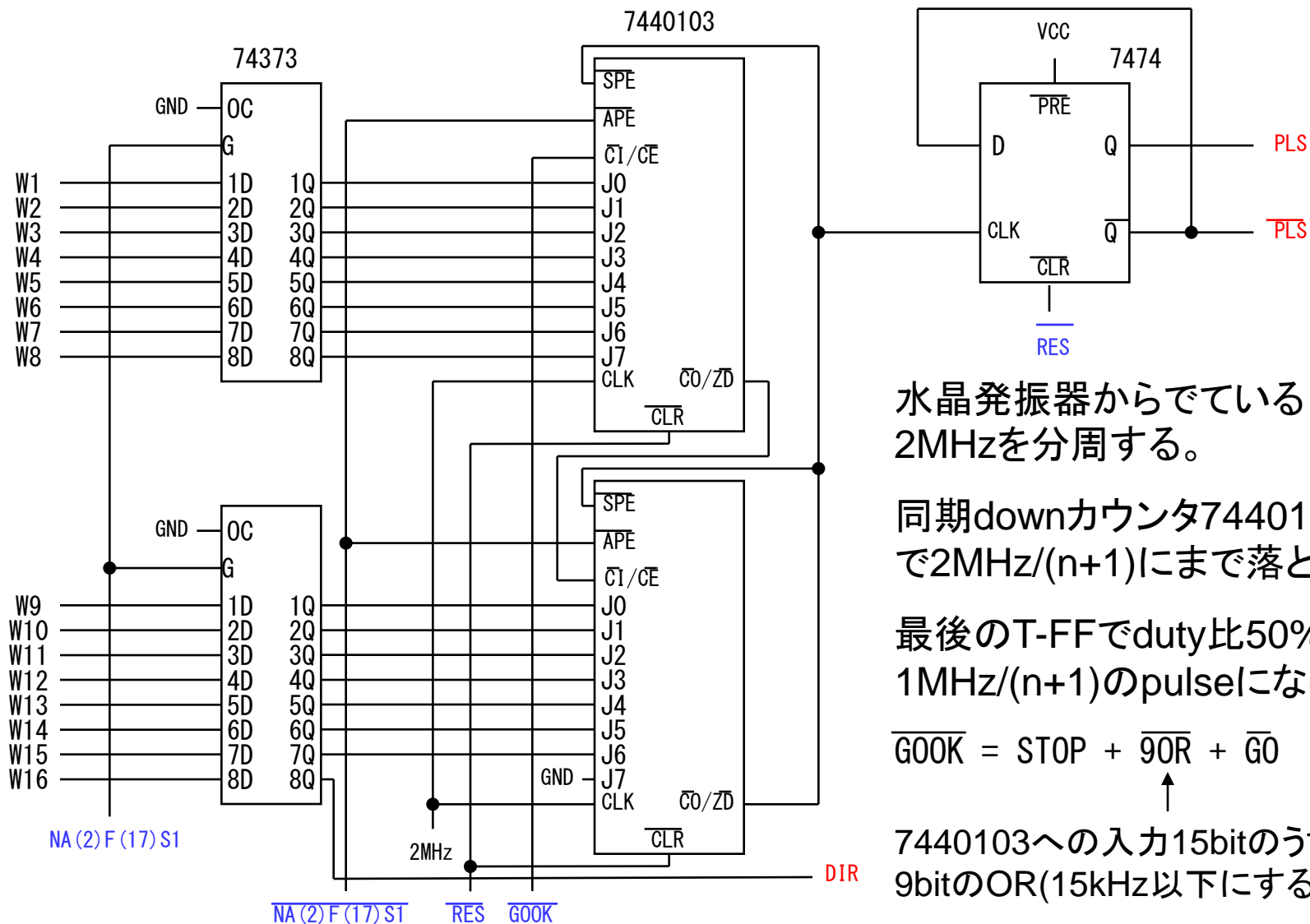
- モータにはPLSに0~29kHzまでのパルスを入力できる。パルスのduty比は50%。1pulseあたりモータは 0.0072° 回転する。
- 駆動ギアと回転ギアとのギア比が10:1
- 5×10^5 pulseで台が1回転
- 毎時1回転という低速でも動作でき、また測定時以外ではそれなりに速く動いてほしい (毎時1回転~100Hz)
- リミッターで強制停止。また、リミッターによる停止状態から復帰する際には注意が必要であり、人が実機のそばにいない限り動作しないようにする。



Function一覧

- NA(1)F(9) : Stop -> モータが止まる
- NA(1)F(10) : Stop LAM 解除 -> Stop LAMは命令出さないと消えない
- NA(1)F(11) : Stop 解除 -> Stop信号を解除する。NA(1)F(9)にのみ対応。スイッチ等によるStopは半ばresetであり、これらはNA(1)F(11)で再開できない。
- NA(1)F(27) : Stop LAM のチェック -> Stop LAM が出ているとQ=1を返す
- NA(2)F(0) : 残りパルス数を読む
- NA(2)F(10) : GO LAM 解除 -> GO LAMも解除命令を出さないと消えない
- NA(2)F(16) : パルス数を書き込んでパルス出力開始 ($0 \sim 2^{24}-1=2031615$)
- NA(2)F(17) : 分周比の書き込み
CW : $2^6 \sim 2^{15}-1$ (64~32767)、CCW : $2^{15}+2^6 \sim 2^{15}+2^{15}-1$ (32832~65535)
- NA(2)F(27) : GO LAM のチェック (GO LAM が出ているとQ=1を返す)

分周器



水晶発振器からでている
2MHzを分周する。

同期downカウンタ7440103
で2MHz/(n+1)にまで落とす。

最後のT-FFでduty比50%で
1MHz/(n+1)のpulseになる

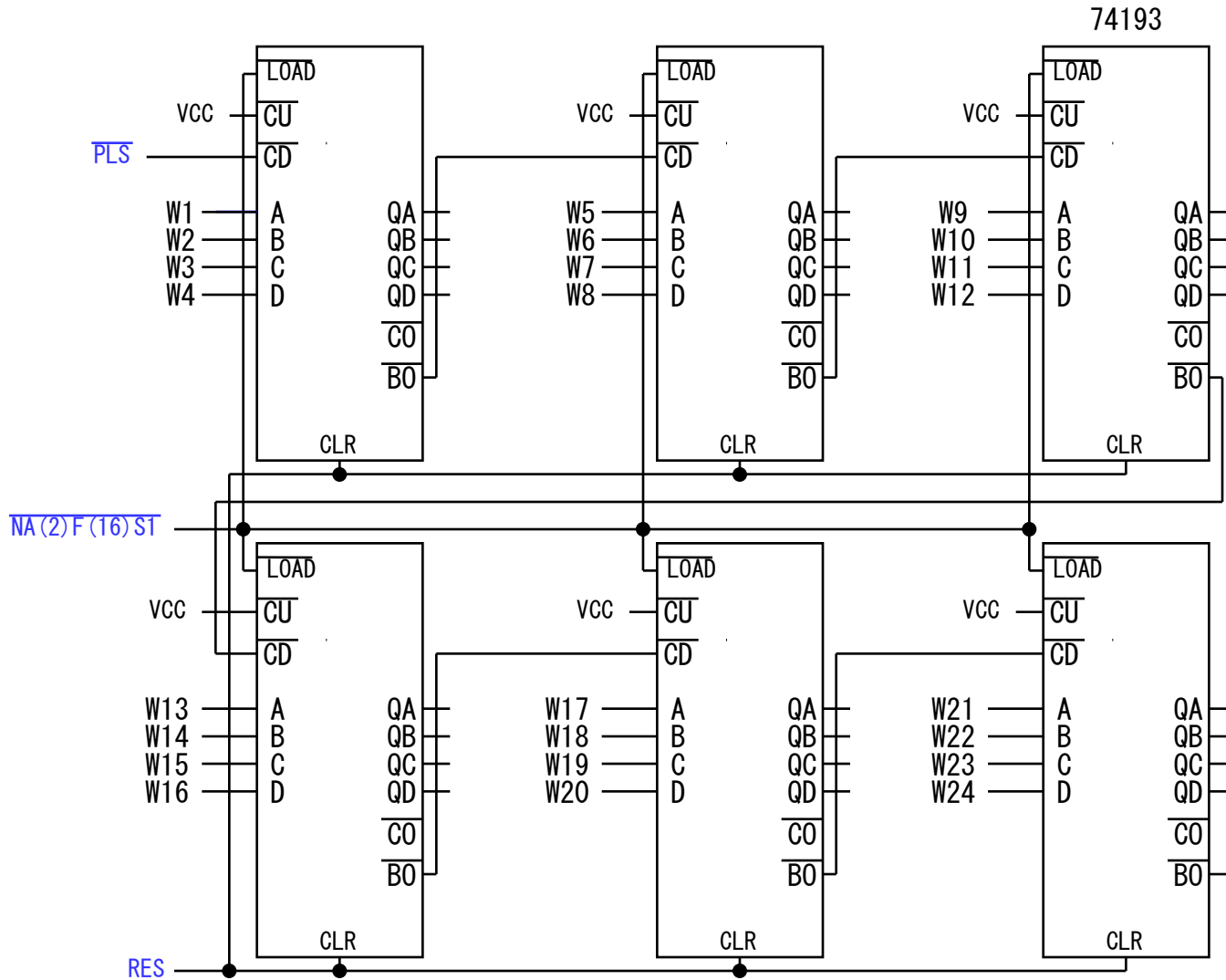
$$\overline{GOOK} = \overline{STOP} + \overline{90R} + \overline{G0}$$



7440103への入力15bitのうち上位
9bitのOR(15kHz以下にするため)

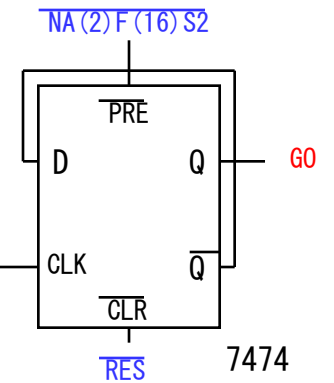
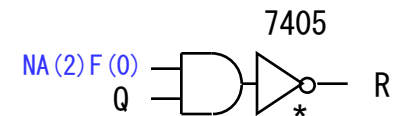
パルスカウンタ

パルサー



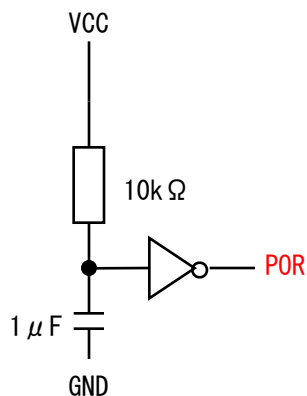
NA(2)F(16)で書き込んだ数のpulseがでるまでGOを出す。

GOが出てるとGOOKが出るので分周器からpulseが出る。



その他1

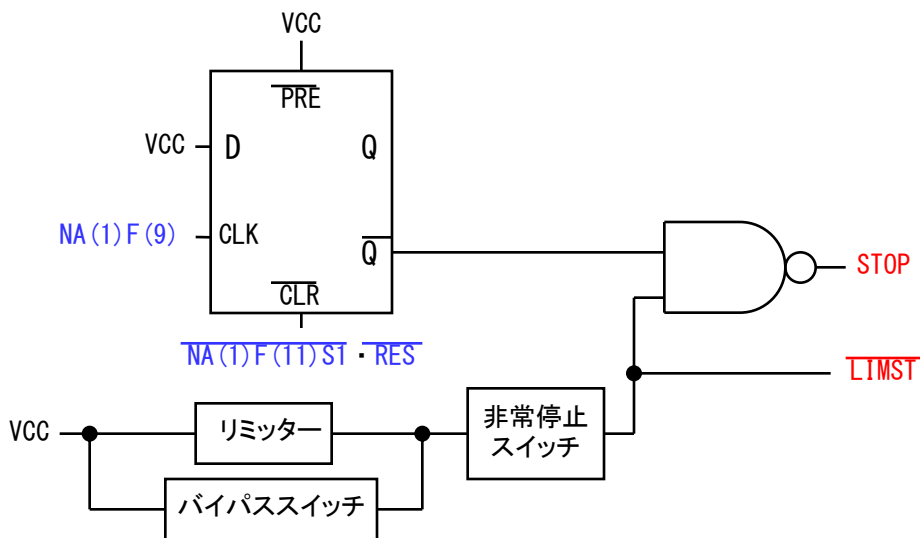
・ POR



$$\overline{RES} = \overline{POR} \cdot \overline{Z \cdot C} \cdot \overline{LIMST}$$

CAMAC Line からそのまま

・ STOP

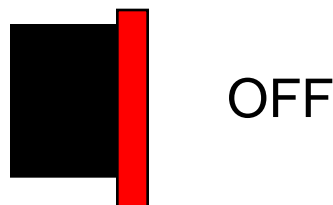
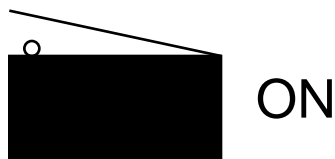
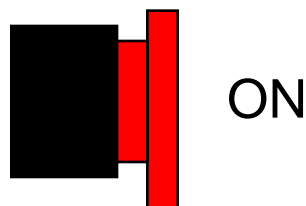


$$\overline{G00K} = \overline{STOP} + \overline{90R} + \overline{G0}$$

7440103への入力15bitのうち
上位9bitのOR

スイッチ

- モジュールについている非常停止スイッチは、押されていない状態がスイッチON状態で、押すとStop状態になる。押すと押されたままになるので、再開するときはスイッチを回してもとに戻してから再開する。
- リミッタースイッチについても、押されていない状態がスイッチON状態で、押し続けている間だけOFFになり、Stop状態になる。
- リミッター解除スイッチは非常停止スイッチと逆で、押し続けているときのみつながる。これは力を加え続けていないとダメ



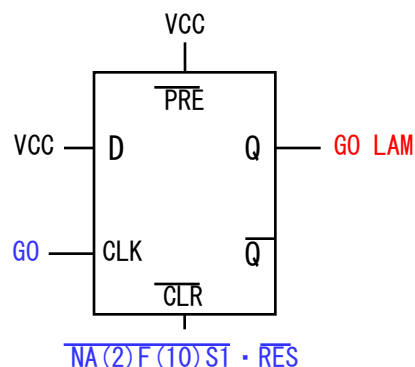
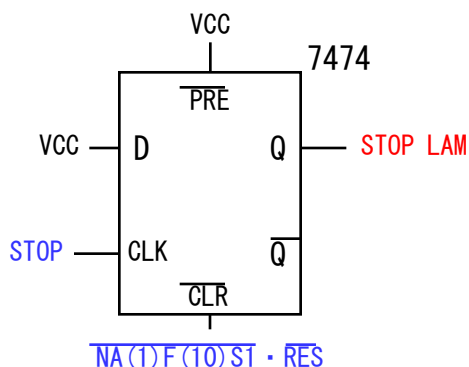
非常停止スイッチ

リミッタースイッチ

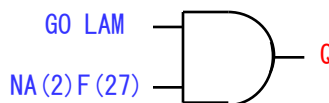
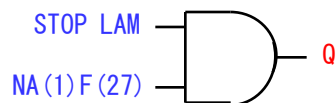
バイパススイッチ

その他2

- LAMについては、下図のSTOP LAM, GO LAMをORとったあとに、7405 (オープンコレクタのinverter) 通してからL (CAMAC Line) に入れる



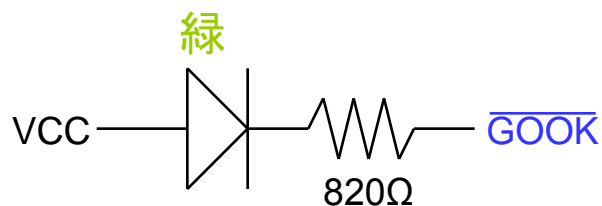
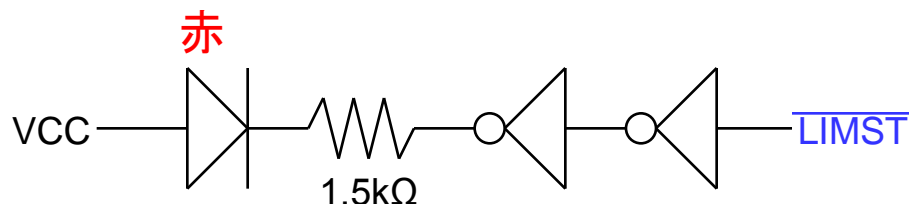
- どのLAMか知りたいので、check LAM=F (27) のQを調べる



- LAM以外のQはFunction一覧にあるNAFが来ればHになる。Q全部のANDをGALで組んでそれを7405通してからQ (CAMAC Line) に入れる
- XはNを7404 (inverter) → 7405を通してからX (CAMAC Line) に入れる

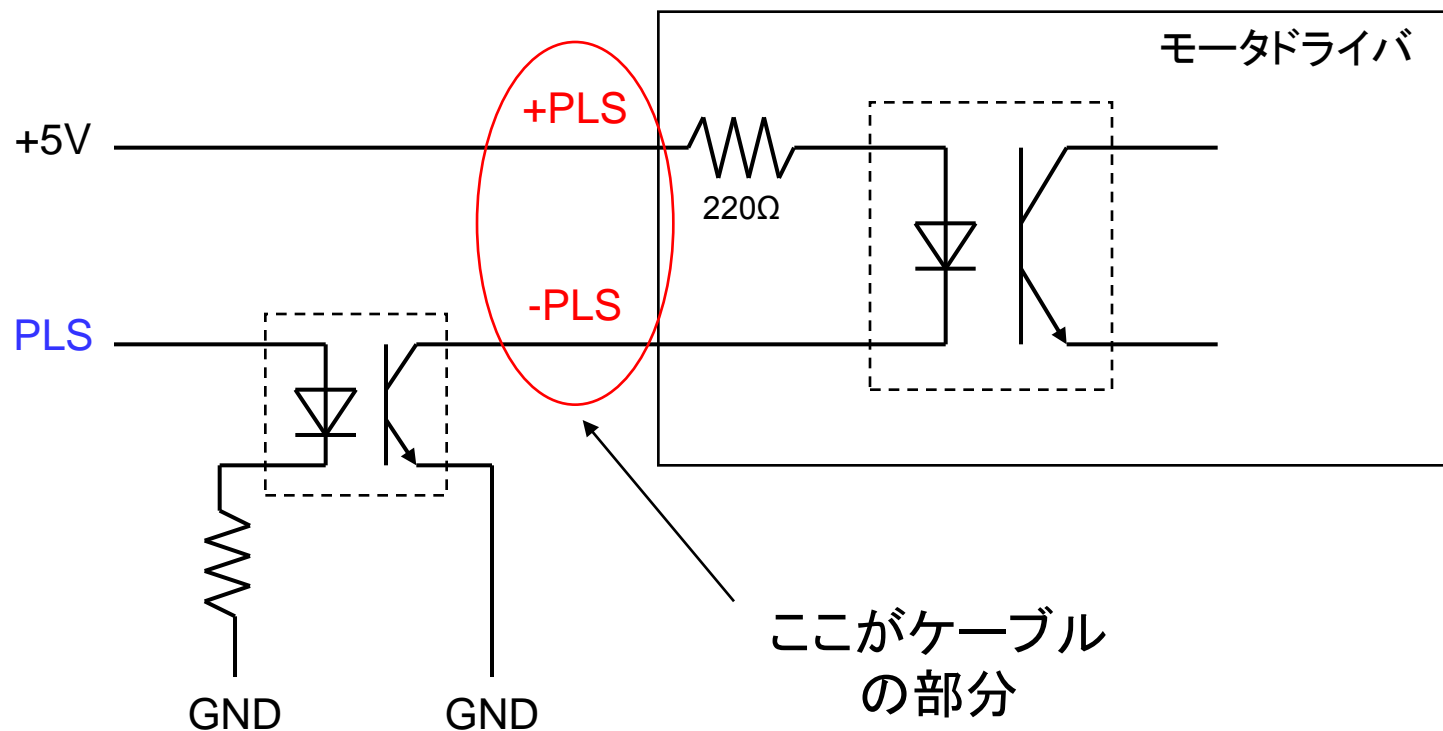
ランプ

- 赤：リミッターがかかっている or 非常停止スイッチが押された状態であると点灯。なお、リミッターがかかっているときにバイパスを通した場合は消える。
- 緑：Pulse 送信中に点灯

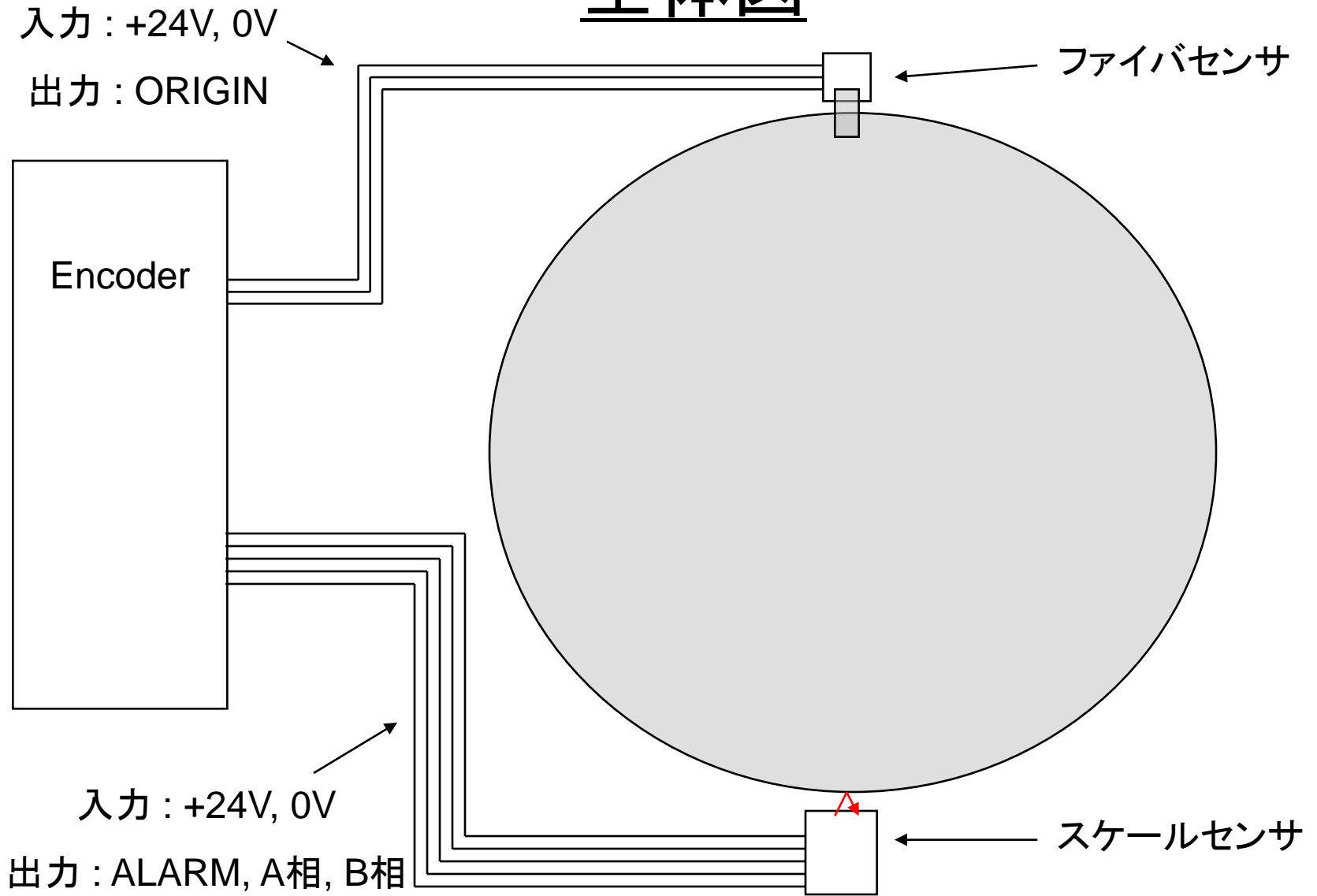


入出力

- PLS, DIR出力は以下の回路(電流シンク)



全体図



仕様

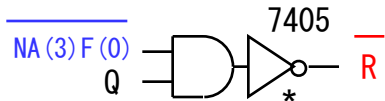
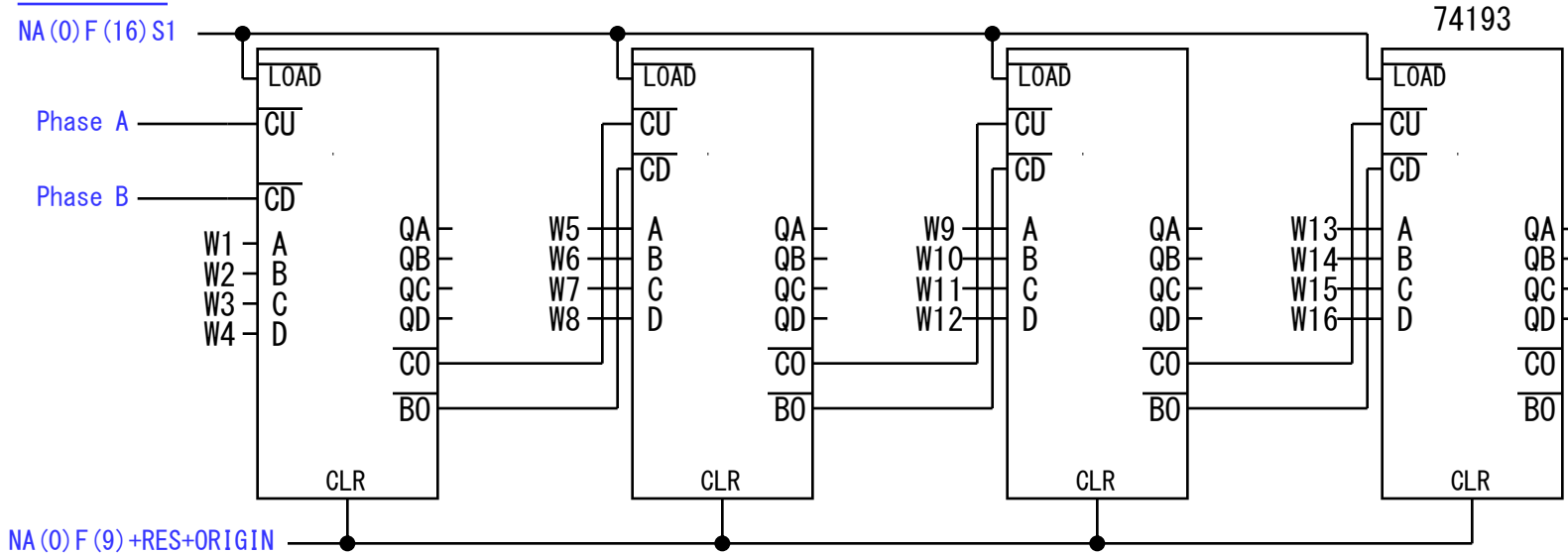
- スケールセンサは0.1mmあたり1pulseで12kHzまで読める
- 台は最速で64分周でこのときスケールセンサは500Hz出力
- 原点についてはファイバセンサでチェックする。原点にあるときにEncoderの読みが0になるようにする

Function一覧

- NA(0)F(0) : カウンタの値を読み出す
- NA(0)F(9) : カウンタのclear
- NA(0)F(10) : LAM(ALARM LAM)解除
- NA(0)F(16) : カウンタに値を書き込む
- NA(0)F(27) : 原点にあるときにQ=1をかえす

エンコーダ読み出し

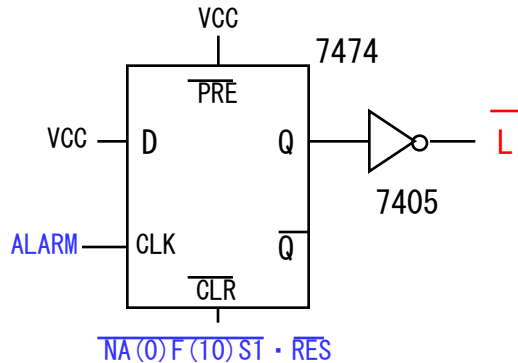
- エンコーダ読み出し=NA(0)F(0), LOAD=NA(0)F(16)S1



ORIGINは台が原点位置にあるとき(ファイバ
センサで光が遮られているとき)にHになる

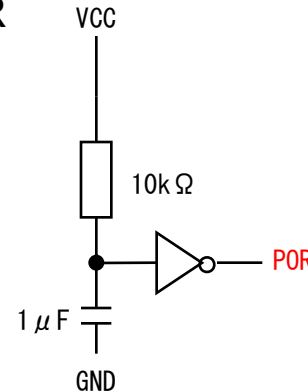
その他

- LAM (ALARM LAM)



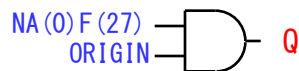
スケールセンサがALARM状態になるとLAMが出る。解除はNA(0)F(10)を送る

- POR



なお、 $\overline{RES} = \overline{POR} \cdot \overline{Z} \cdot \overline{C}$

- NA(0)F(27) : 原点にいるかのstateチェック



- QはFunction一覧にあるNAFが来ればHになる (NA(0)F(27)のみ例外)。Q全部のANDをGALで組んでそれを7405通してからQ(CAMAC Line)に入れる
- XはNをGALで一回invertしてから7405を通してX(CAMAC Line)に入れる

入出力

- ファイバセンサ、スケールセンサからの出力の取り込み部

