

ロボットを用いたATLAS SCT バレル モジュール設置法の開発

筑波大物理, 高エ研^A, 広島大理^B, 京都教育大理^C, 岡山大理^D

千石大樹

原和彦, 池上陽一^A, 岩田洋世^B, 氏家宣彦^A, 海野義信^A, 大杉節^B
高力孝^A, 近藤敬比古^A, 高嶋隆一^C, 田中礼三郎^D, 寺田進^A, 中野逸夫^C



LHC (Large Hadron Collider)計画

スイス, フランス両国にまたがっているCERNの地下にある一周約27 kmのLEPトンネル. 陽子を7 TeVまで加速衝突させて起こる事象を観測する. 2007年稼動予定.

重心系エネルギー

14 TeV

衝突頻度

40 MHz

ルミノシティ

前半3年

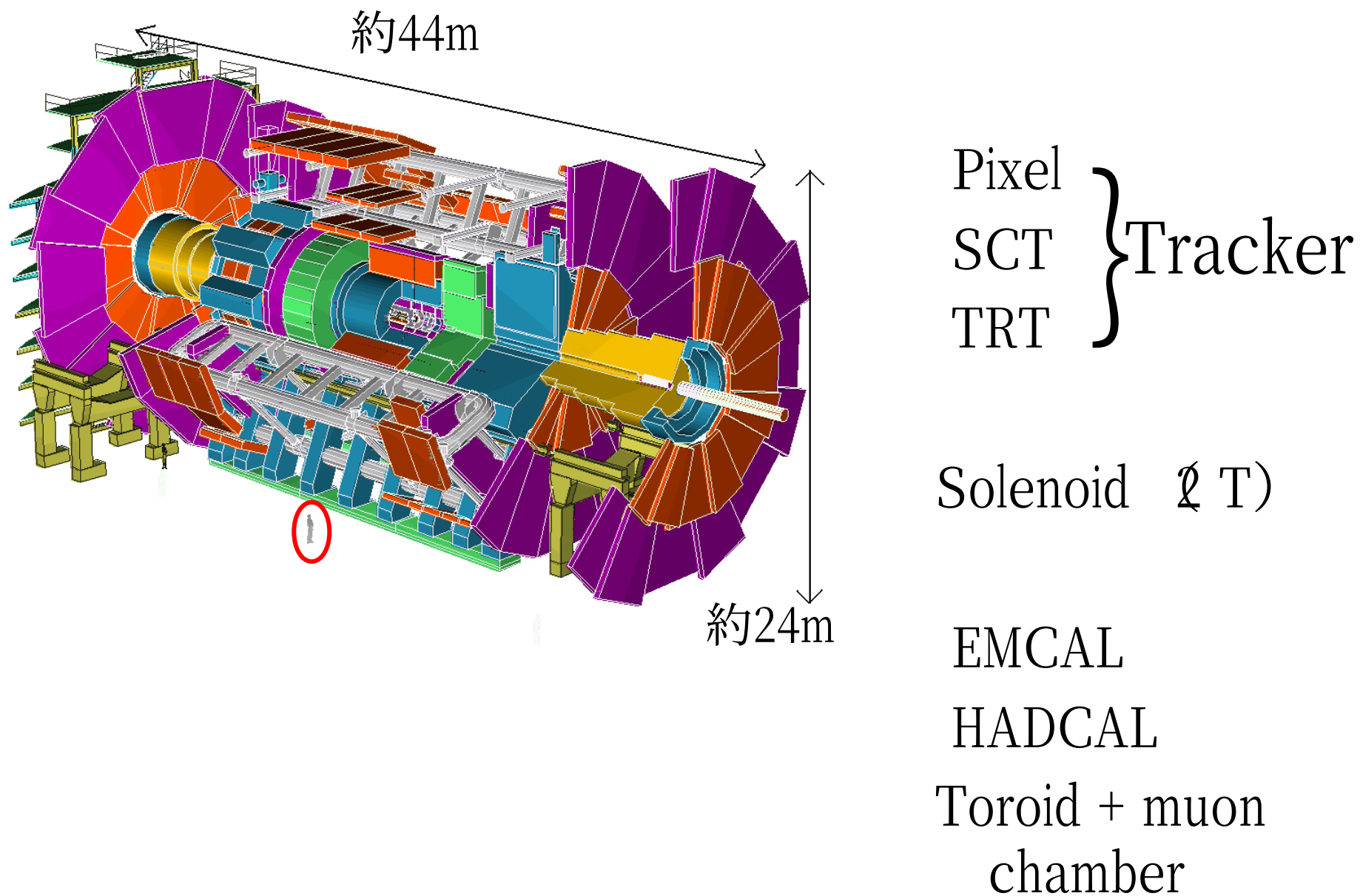
$10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

後半7年

$10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

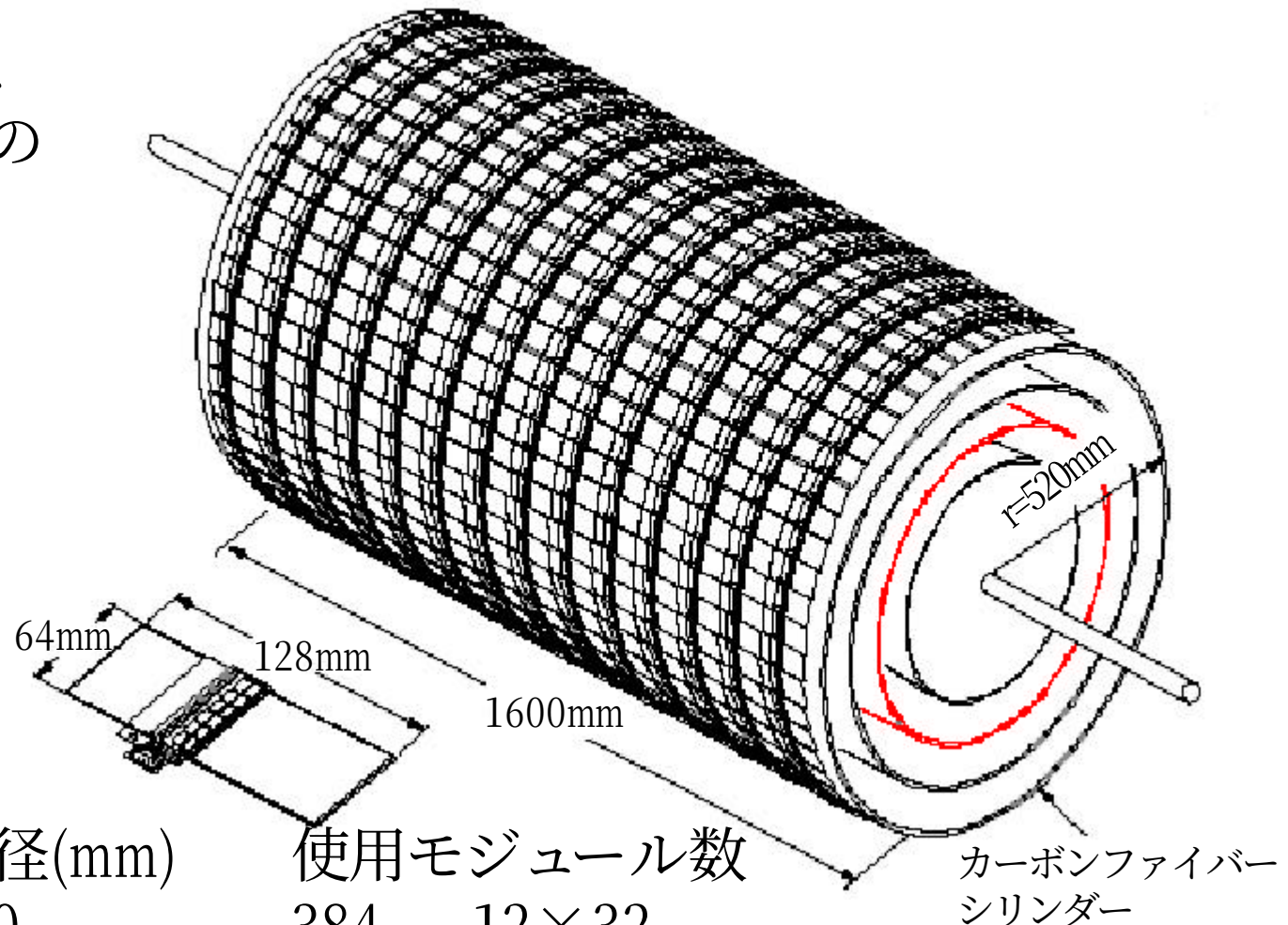


ATLAS検出器の構造



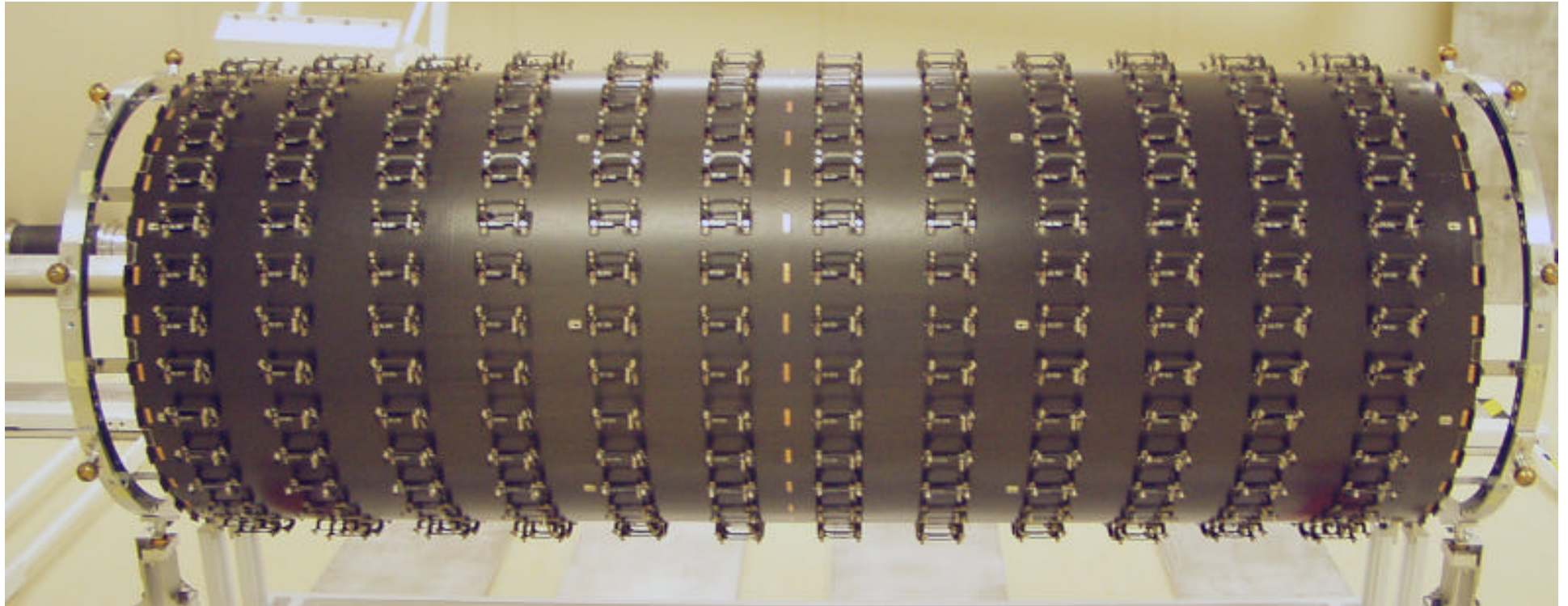
SCTバレル

日本Siグループは
SCTバレル第2層の
取り付けを行なう。



層	半径(mm)	使用モジュール数	
第1層	300	384	12×32
第2層	373	480	12×40
第3層	447	576	12×48
第4層	520	672	12×56
全層合計		2112モジュール	

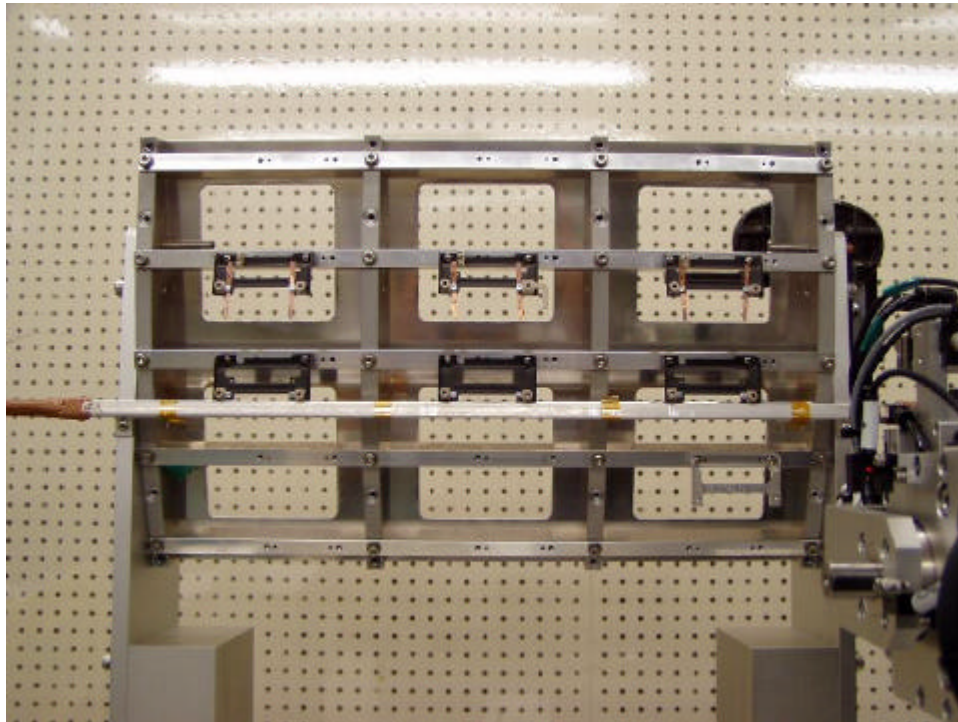
SCTバレル(第 1層)



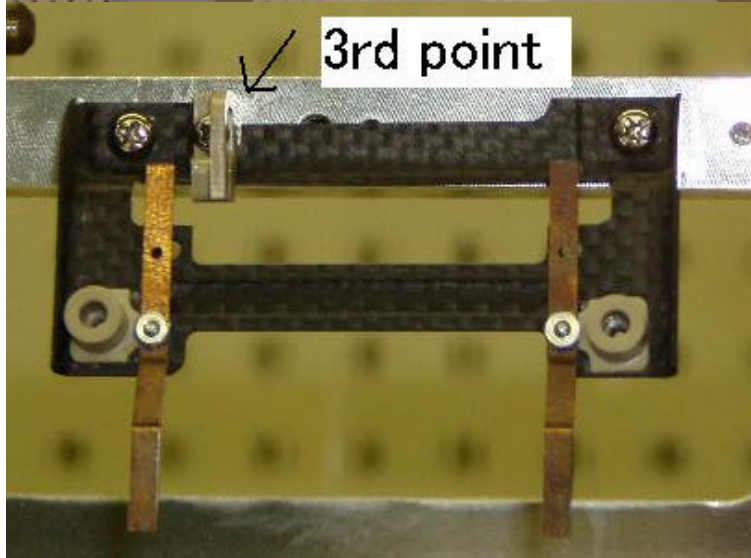
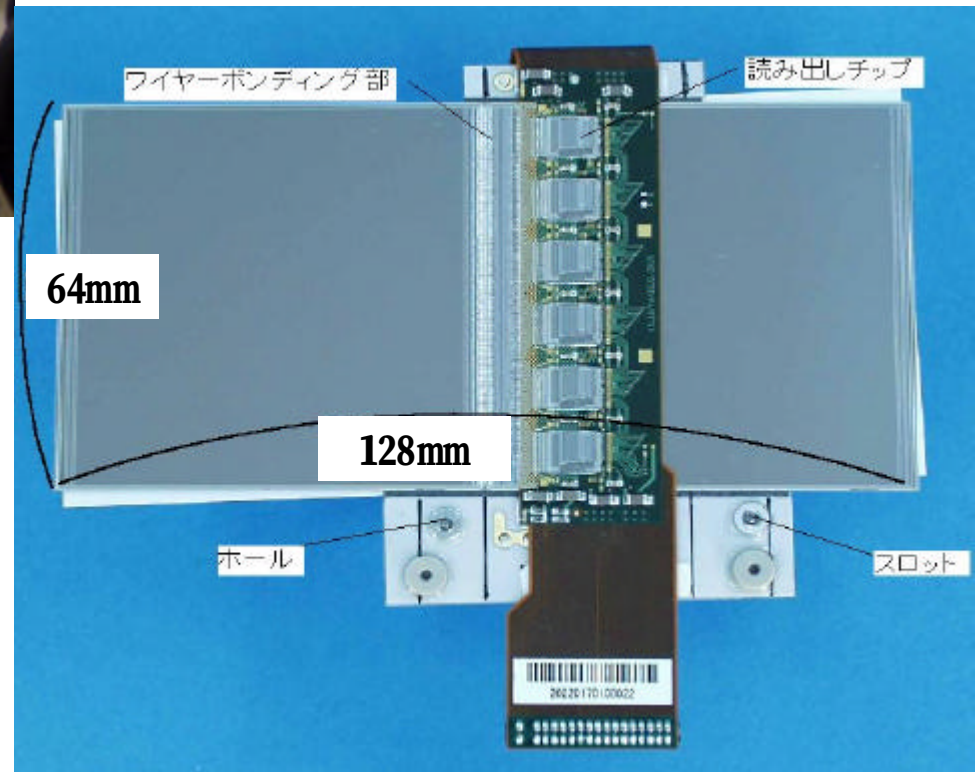
SCTバレルモジュール



←ダミーバレル



↓ SCTバレルモジュール

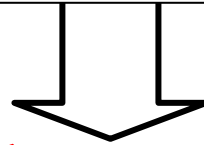


←
ブラケット

SCTバレルモジュール取り付け時の要求

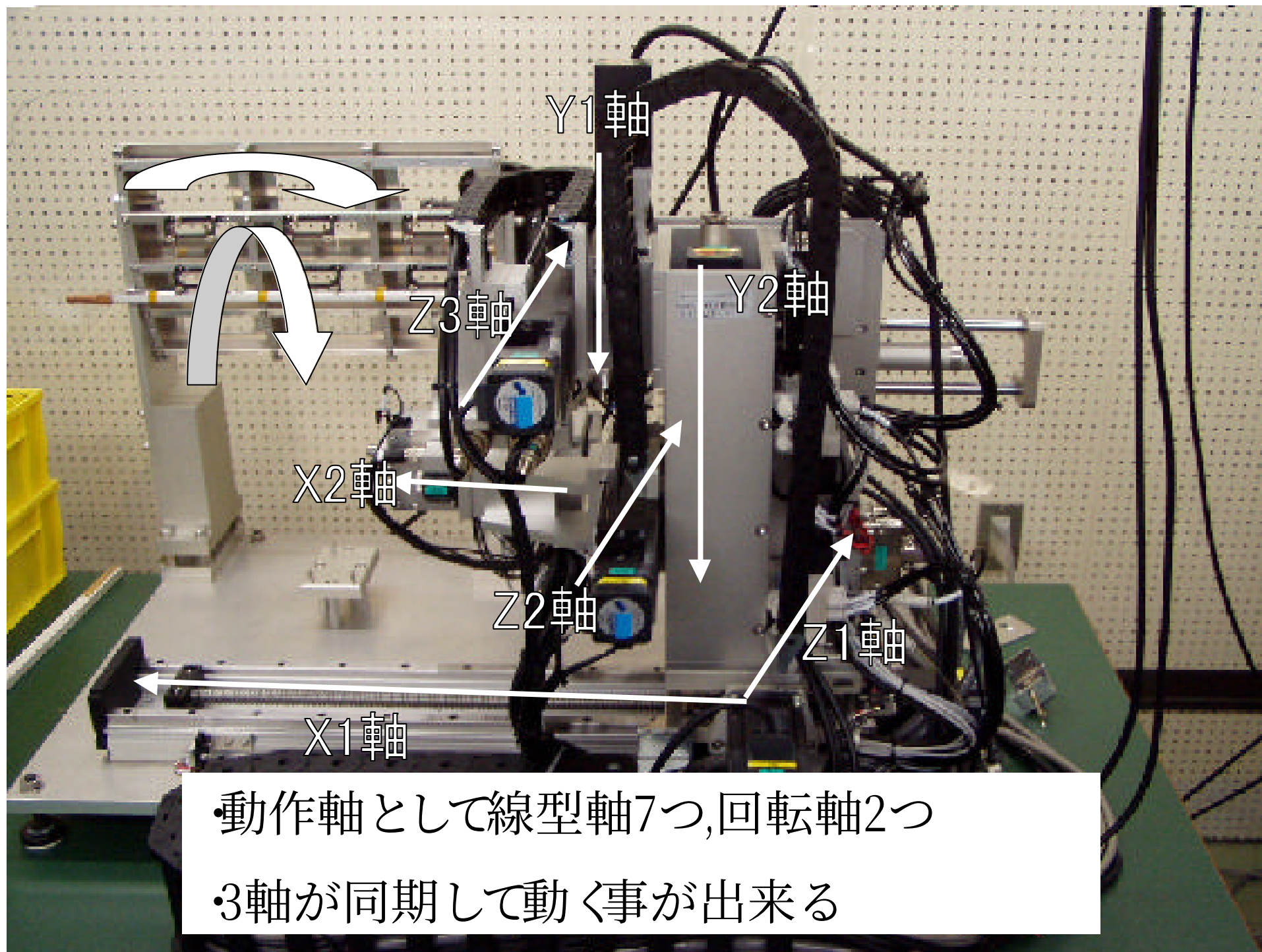
第2層に1列12台×40=480台のモジュールが設置される

モジュール同士の最近接距離約1.5mm
モジュールの表面に触れるのは厳禁
ワイヤーボンディングも剥き出し
取り付け位置精度は100 μ m以下

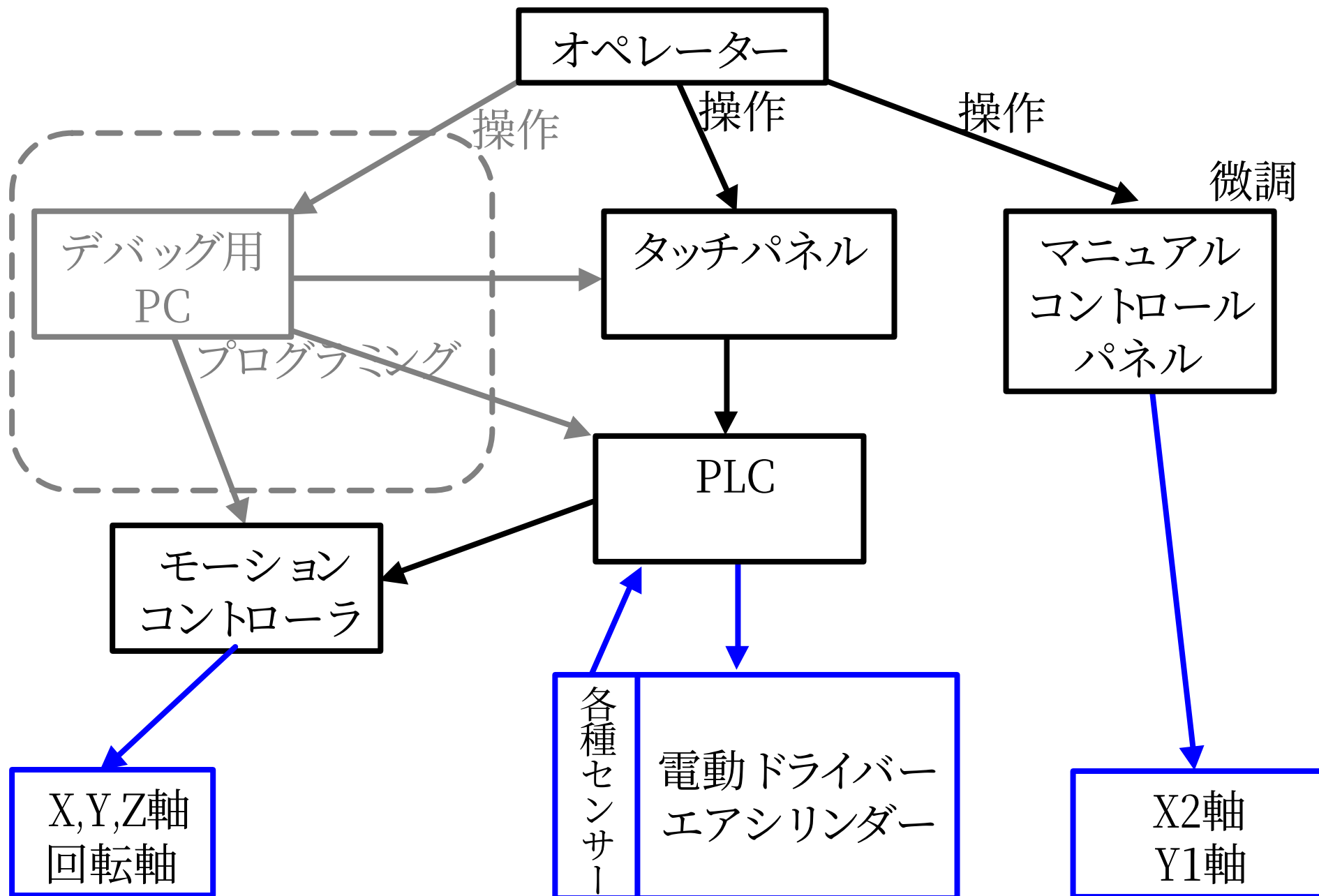


人の手では無理！

- 10 μ m単位の動作が可能
- ネジ穴 (1.8mm ϕ)の位置を確認する目 (カメラ)
- モジュールを掴み、保持できる手
- トルクがコントロール出来る電動ドライバー



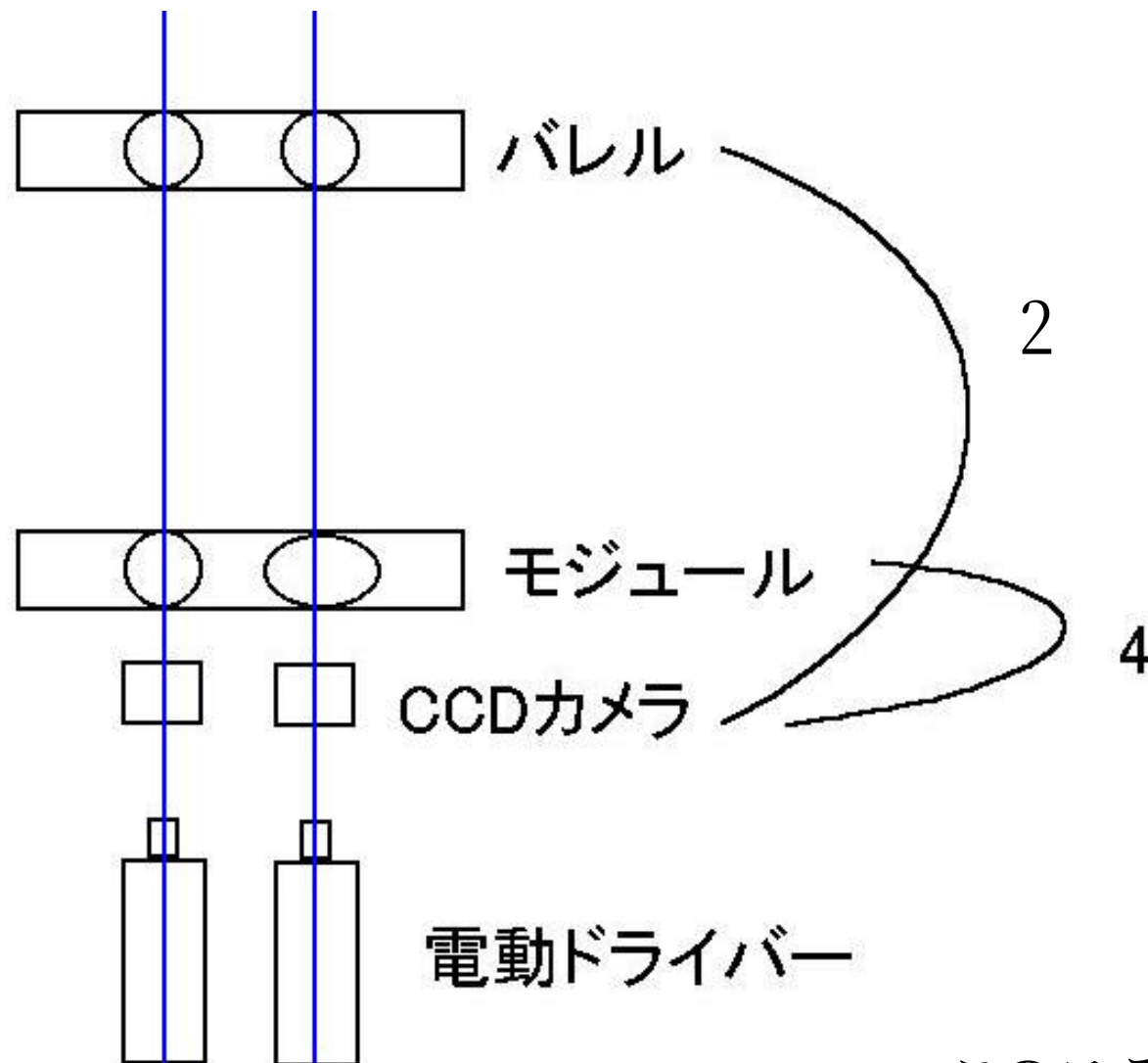
ロボットコントロールシステム



モジュールの取り付け方

- 1 モジュール取り付け位置を指定
No.01～No.12)
- 2 取り付け位置まで移動し、CCDカメラでバレルにあるネジ穴の場所を測定 3分
- 3 所定の場所に置かれたモジュールを取り上げ垂直に保持 20秒
- 4 モジュールのホール、スロットの位置がバレルのネジ穴と合うようにCCDカメラを見ながら調整 1分
- 5 周りのモジュールと接触しない軌道を描いて設置位置まで移動 2分
- 6 電動ドライバーでネジ締め 3分

バレル,モジュール,カメラの位置合わせ



ステップ2

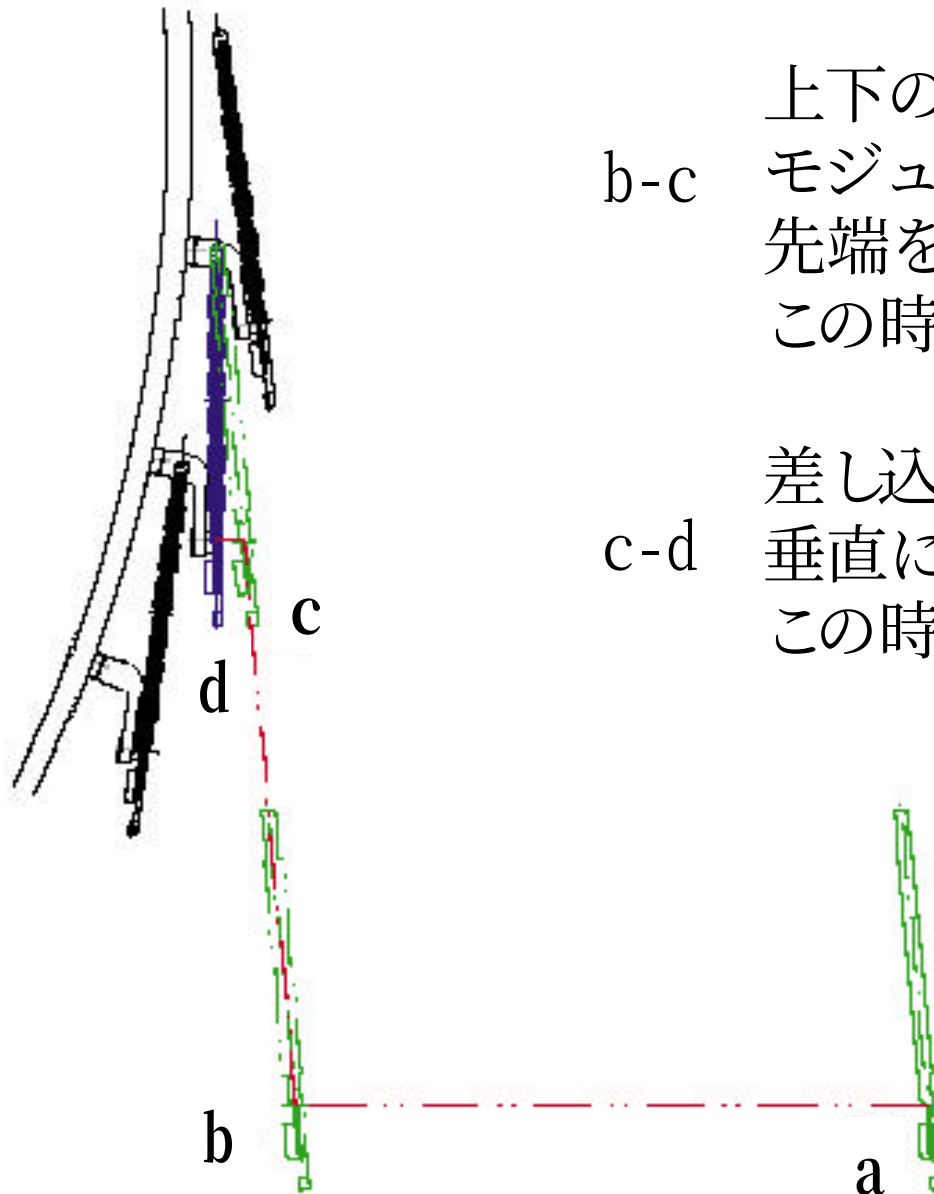
バレルネジ穴とカメラを
合わせる ($X1, Z1$)

ステップ4

モジュールとカメラを合
わせる ($X2, Y2, \theta1$)

このステップにより,モジュールを
バレルネジ穴に位置合わせできる

5 周りのモジュールと接触しない軌道を描いて 設置位置まで移動

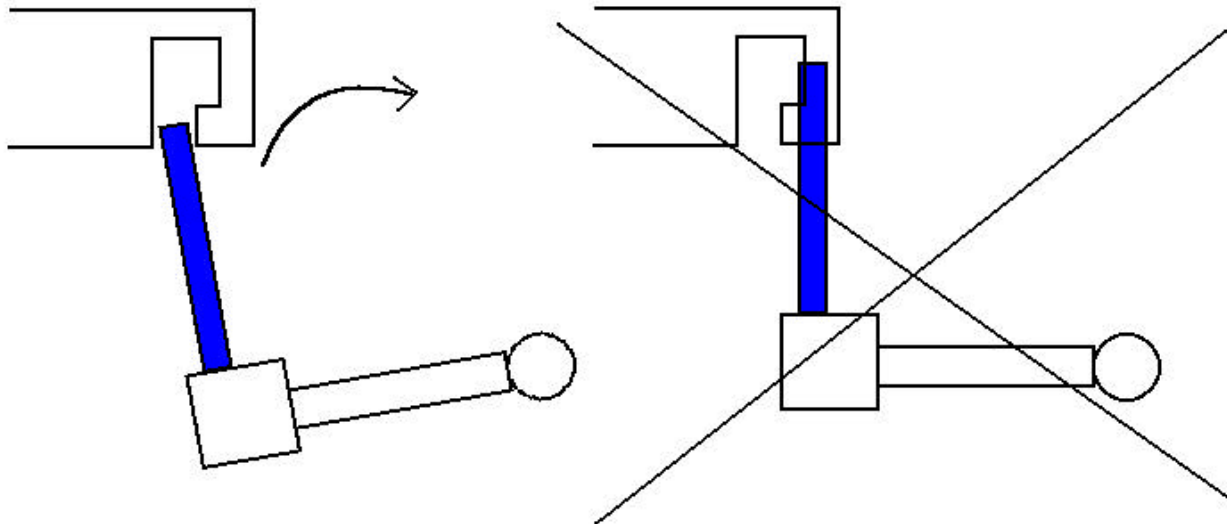


b-c 上下のモジュールと接触しない為
モジュールは角度を持ってモジュール
先端を差し込む.
この時2軸同期移動が必要.

c-d 差し込んだ後先端が動かないように
垂直に戻す.
この時3軸同期移動が必要.

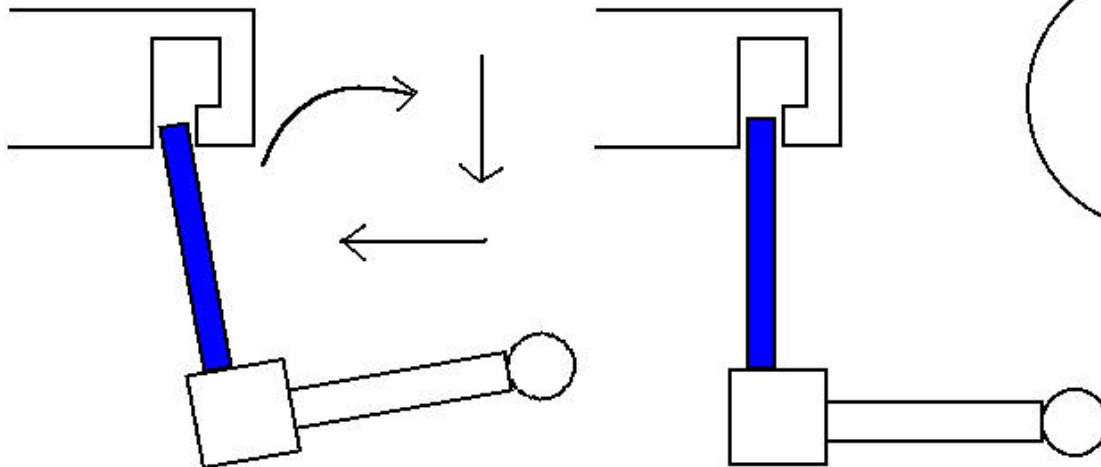
3軸同期移動の必要性

1つの軸しか動かさないとき



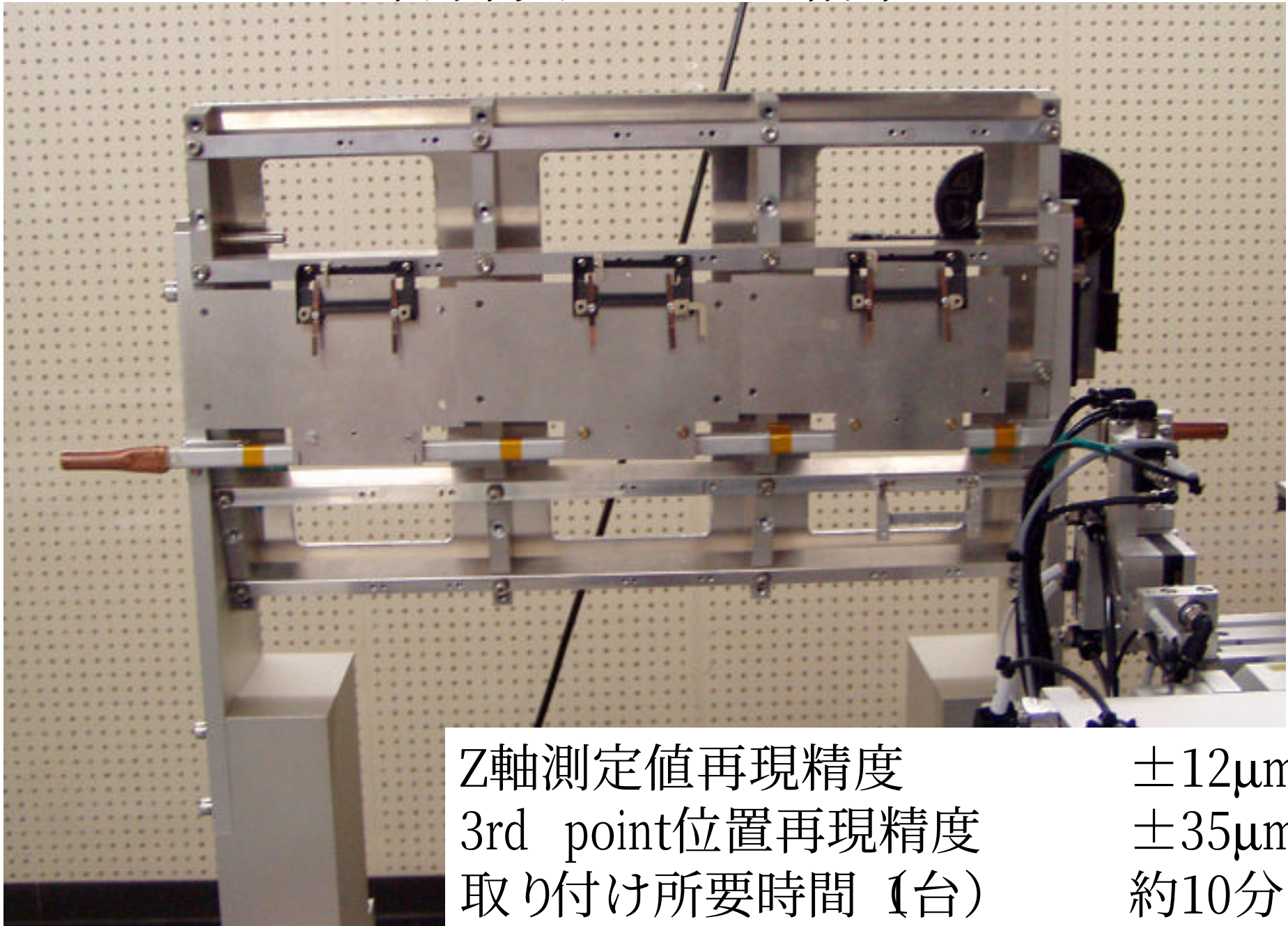
モジュールが
3rd Pointに
接触してしまう

3つの軸を同期して動かすとき



接触すること無く
移動させることが
出来る

取り付けテストの結果



Z軸測定値再現精度	$\pm 12\mu\text{m}$
3rd point位置再現精度	$\pm 35\mu\text{m}$
取り付け所要時間 (1台)	約10分

まとめと今後の予定

- ロボットによるSCTバレルモジュール3台の取り付けテストは成功.
- system fail (停電,エア圧力異常)の際の安全策を施した.
- 2軸,3軸同期移動時に緊急停止を行った場合,安全にモジュールを退避させるようプログラムを作成中.
- モジュールの取り外しも同ロボットを使用する予定であり現在プログラミング中.
- 実際のモジュール取り付けは2004年から開始予定.

付録

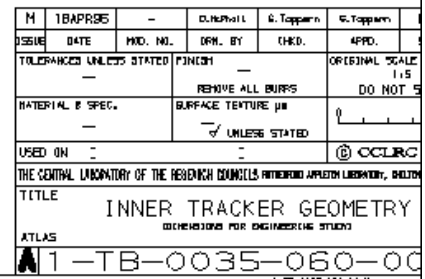
Appendix
from here

ロボットの軸

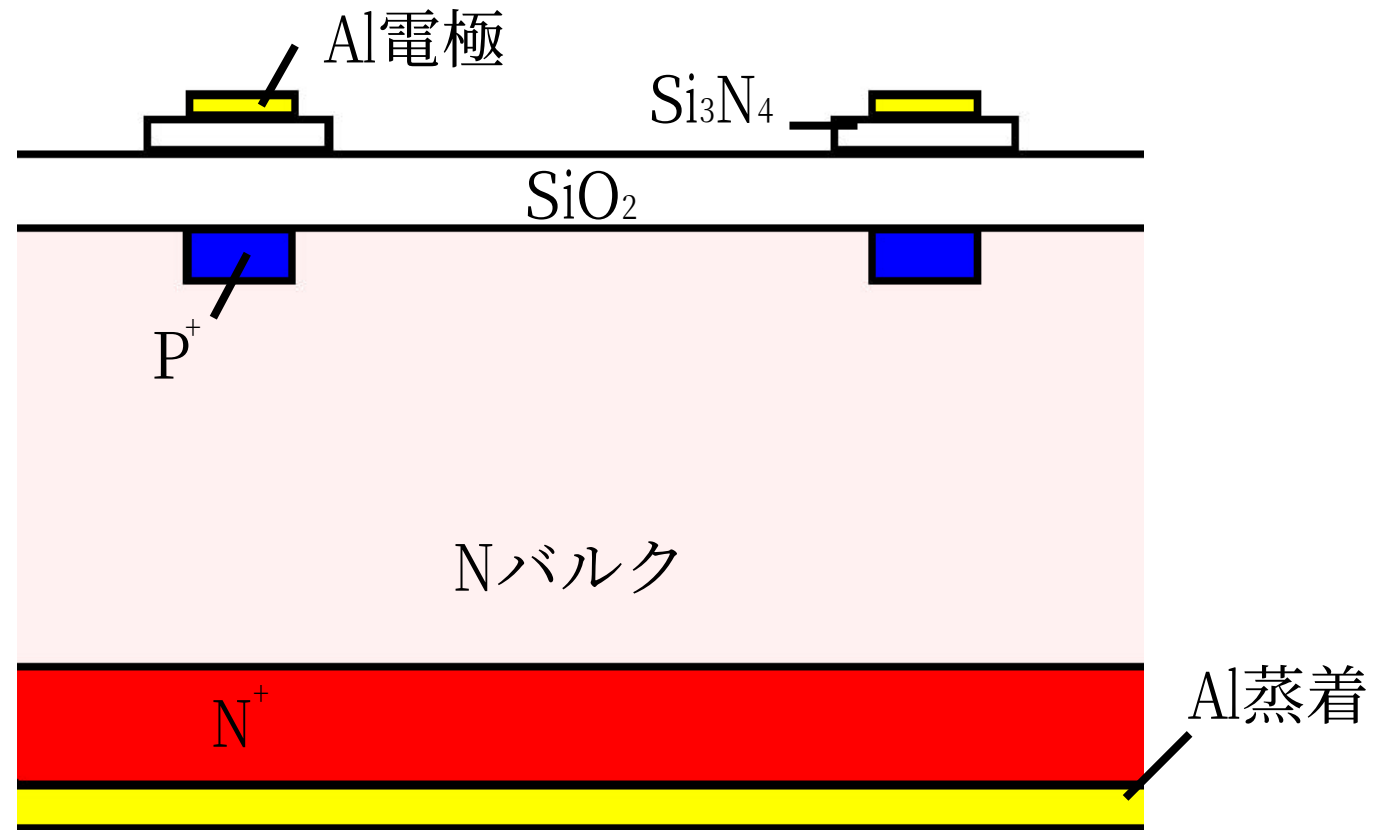
X1,Z1軸	ロボット全体を動かす軸.
X2,Y2,Z2軸	ヘッド部のみを動かす軸.
$\Theta 1, \Theta 2$ 軸	ヘッド部の角度を変える軸. それぞれY-Z平面,X-Y平面を動く
Y1,Z3軸	電動ドライバーを動かす軸.

このうち,X2軸とY1軸がモーションコントローラで動かすことが出来ない.

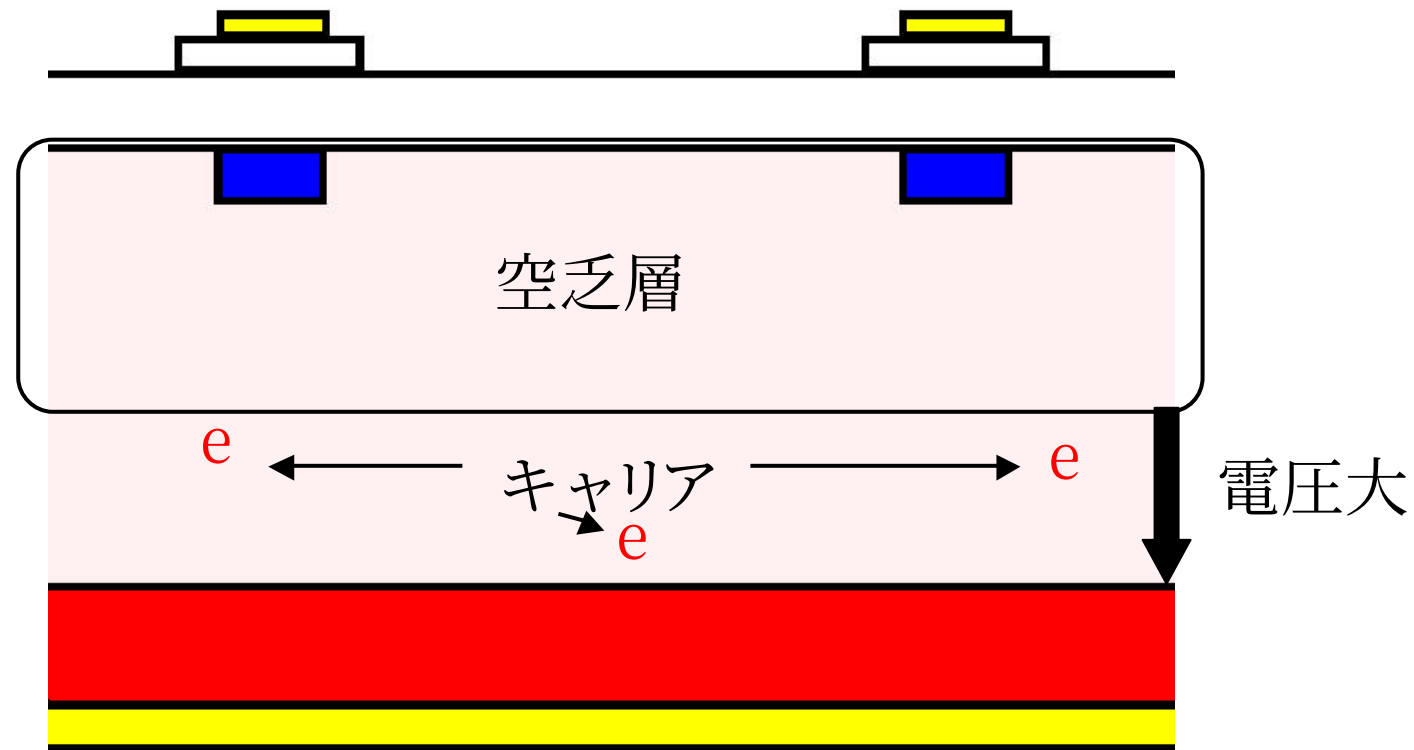
制御にはマニュアルコントローラを使っている



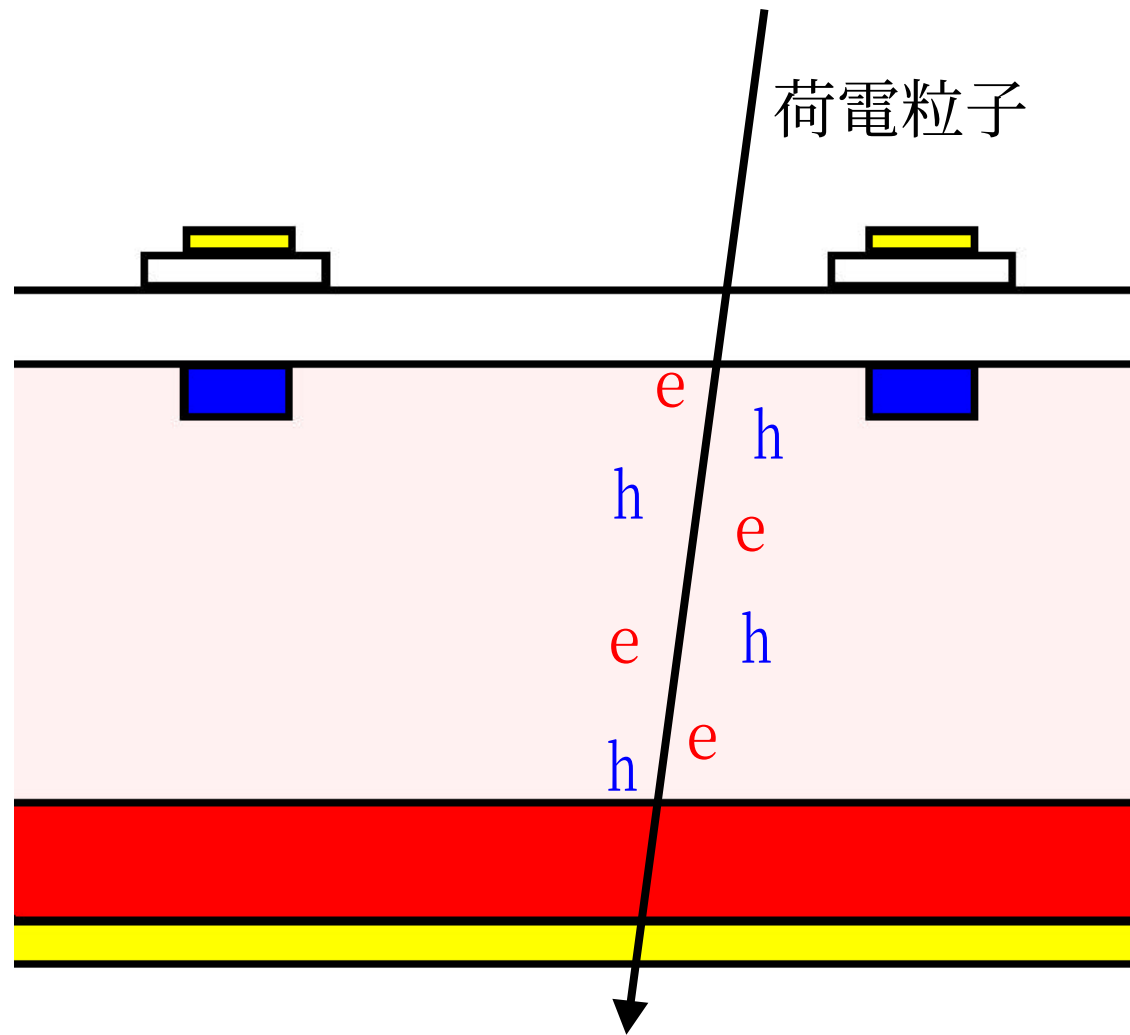
SCTモジュールの動作原理



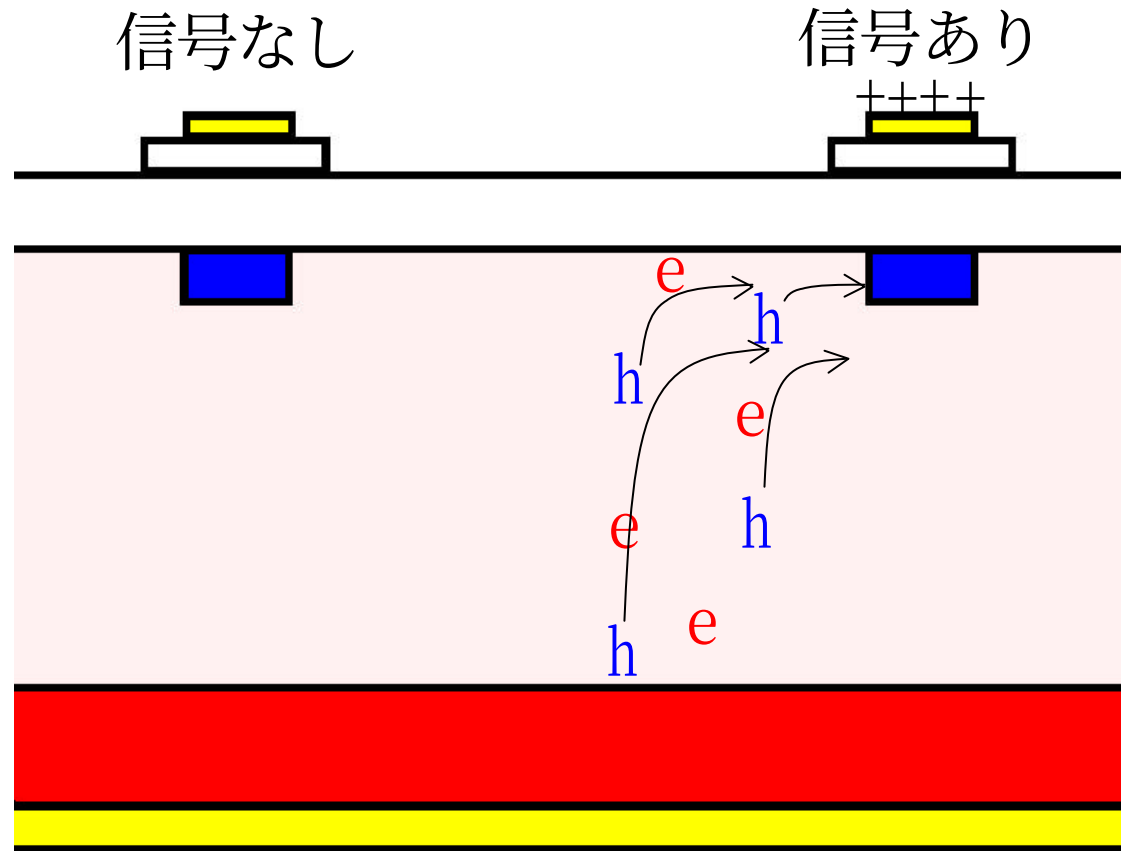
SCT(Semi Conductor Tracker)は、電流の流れない方向へ電圧をかける 逆バイアス電圧)事によって空乏層をつくり荷電粒子の飛跡を検出するものである。



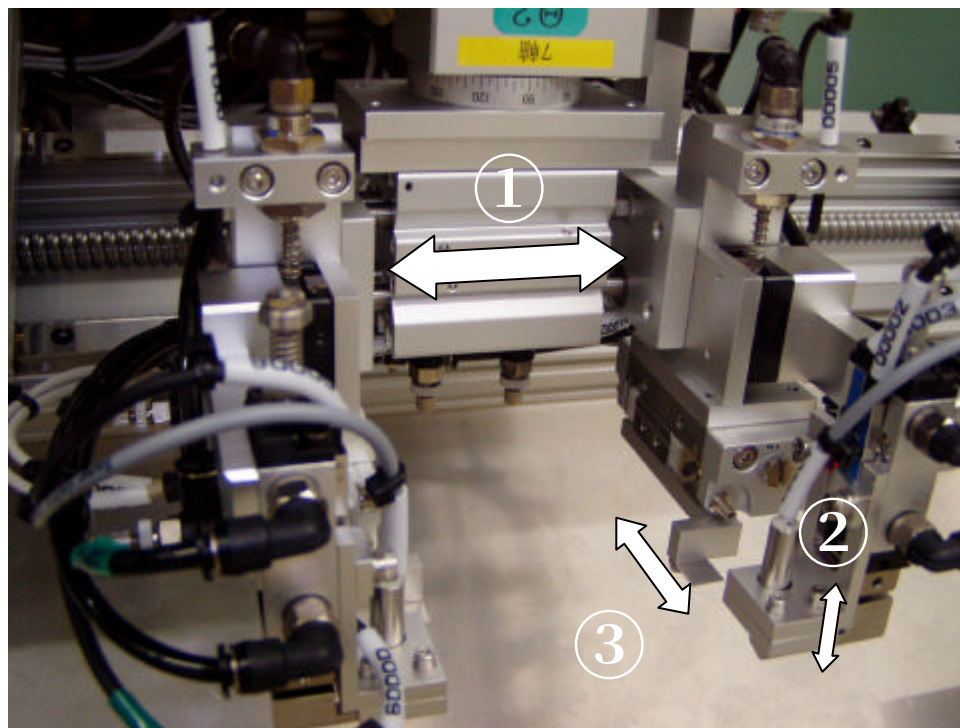
逆バイアス電圧をかけたシリコンセンサーは、PN接合面からキャリア (e,h) のない空乏層を作る。電圧を上げていくと、その空乏層は広がってゆき、反対側の N^+ まで達する。この時Nバルク内にはキャリアが全く無い「全空乏化」が達成される。



全空乏化したNバルク内を荷電粒子が通過すると電子-ホール対を生成する.厚さ300 μm のシリコンでは約32000対ほど生成される.電子は N^+ へ,ホールは P^+ へ移動してゆく



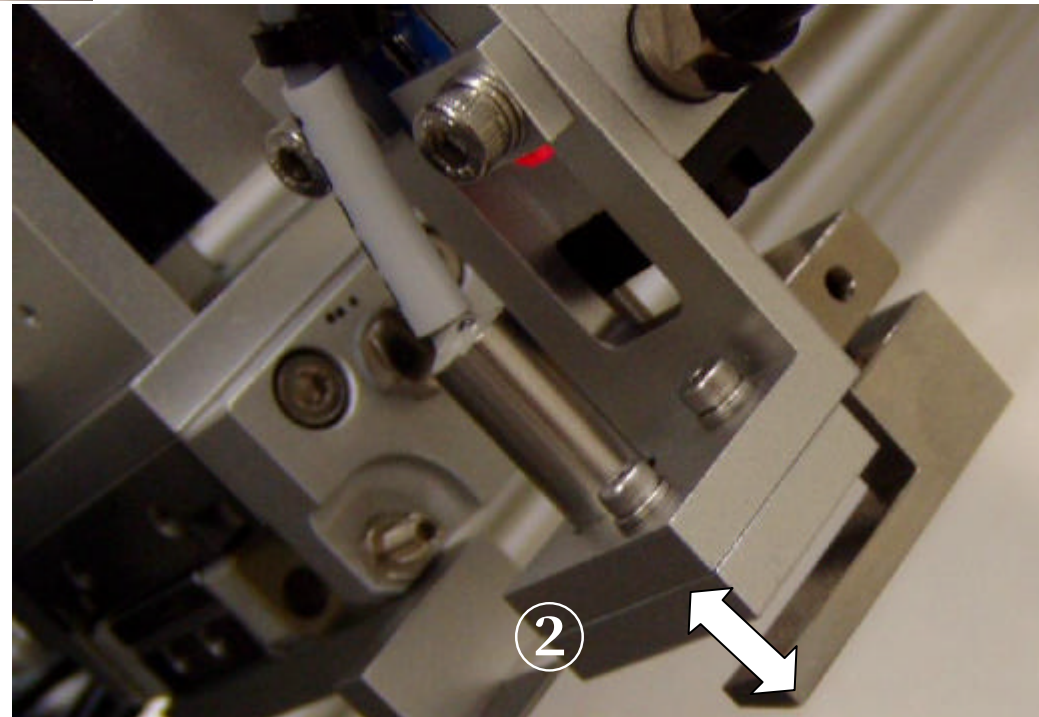
電荷が移動することによってA 電極に正電荷が誘起されるので、この信号を読み取る。信号を発したAl電極の場所から粒子の通過した位置を導出する。



- ①モジュールを保持する
チャック部 (手)
- ②モジュールを掴むノックシ
リンダ (指)
- ③モジュールをクーリングパ
イプから剥がすための爪



ノックシリンダの拡大図
写真はノックシリンダが
開いているところ。
閉じることでモジュールを
掴む事が出来る。





←

CCDカメラ (目)

この画像を見てモジュールの
ネジ穴 (ホール, スロット) と
バレルのネジ穴を合わせる.

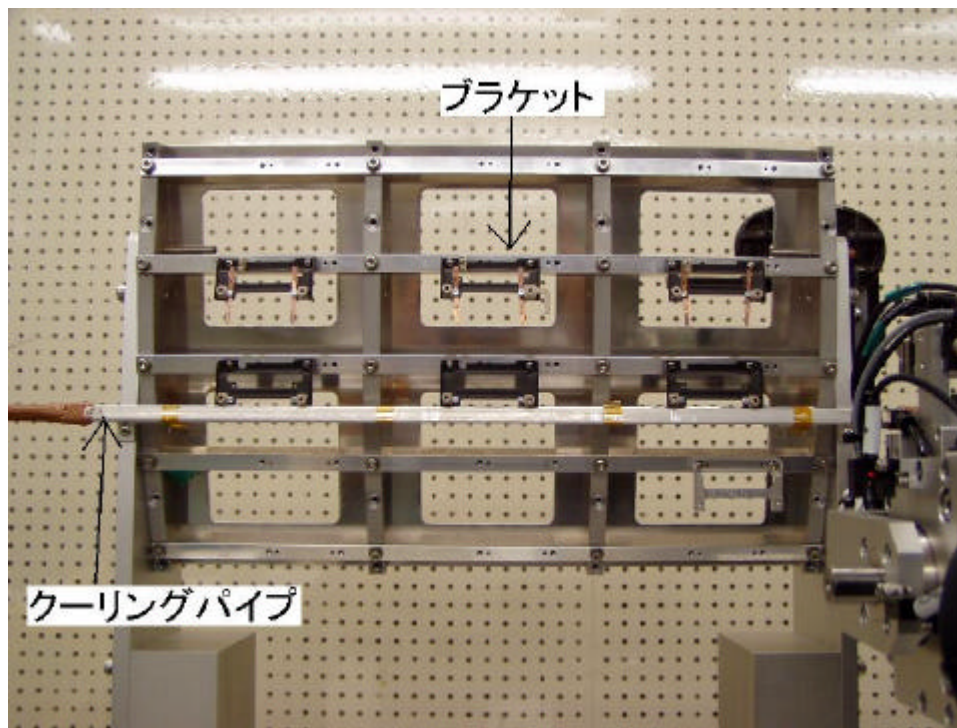
→

CCDカメラの映像
片方ずつしか表示できないが
画面をタッチすると表示面が
切り替わるので位置合わせ
に支障はない.



電動ドライバー
ネジを吸着することで
ネジを落とさずにネジ止め
をすることが出来る。





←

ダミーバレル

実際のものは横に12列だが
このダミーは3列のみである。
ブラケット部にモジュールが
取り付けられる。

→

ブラケット拡大図
モジュールを固定するた
めのネジ穴が2つと
3番目の固定場所
3rd pointがある。

