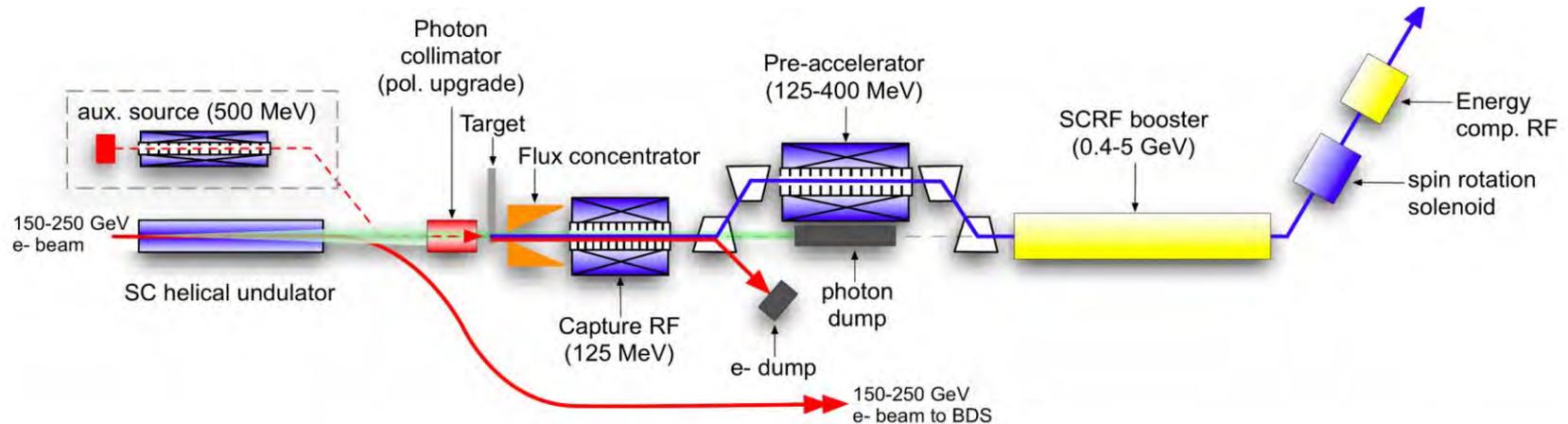


# 陽電子源の開発

ターゲットについては、大型・高速回転と高真空の両立が課題だが、過去の既存ターゲットや電子ビーム駆動用ターゲット等の経験を合わせることで、詳細な設計で高速回転・高真空・冷却技術において信頼性をもって実現できる見通しを持てる。

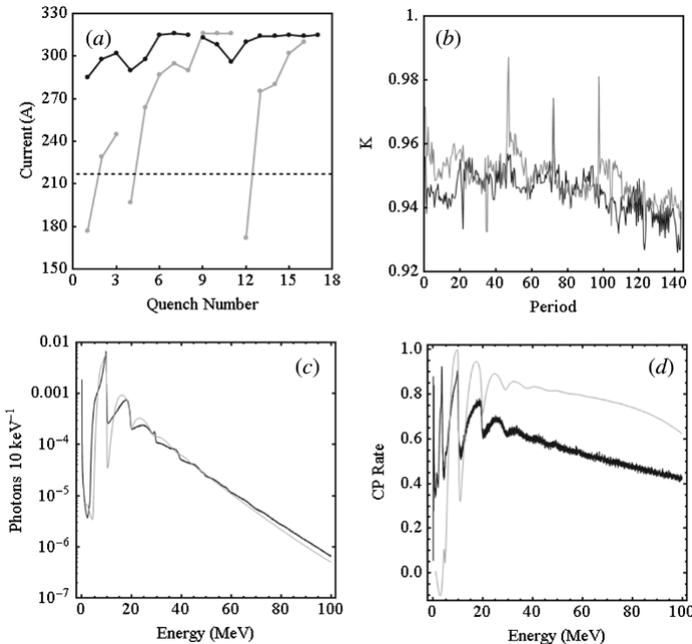


	電子駆動	アンジュレータ	既存X線生成
冷却方法/回転シール	水冷/磁性流体	放射・磁気浮上	水冷/磁性流体
半径(mm)	250	500	160
重量(kg)	65	50*	17
接線速度(m/s)	5	100	160
回転速度(rpm)	200	2,000	10,000
ビーム熱負荷(kW)	12	2	90
真空圧力(Pa)	$10^{-6}$	$10^{-6}$	$10^{-4}$

\*正確な重量はディスク部の設計および材質による

# Daresbury で試験された超伝導ヘリカルアンジュレーター

PHYSICAL REVIEW LETTERS 107 (2011) 174803



## Integrated field error

Parameter	$I_x$	$I_y$	$J_x$	$J_y$
M1, H1	$-0.49 \pm 0.32$	$-2.19 \pm 0.47$	$-1777 \pm 390$	$-1392 \pm 440$
M1, H2	$-0.73 \pm 0.27$	$-2.13 \pm 0.14$	$-1950 \pm 290$	$-1218 \pm 260$
M2, H1	$0.01 \pm 0.11$	$0.13 \pm 0.02$	$297 \pm 11$	$-1399 \pm 90$
M2, H2	$-0.02 \pm 0.07$	$-0.05 \pm 0.13$	$22 \pm 110$	$-1380 \pm 74$

125 GeV の電子ビームが通過すると、軌道が  $5 \mu\text{rad}$  , 変わる。

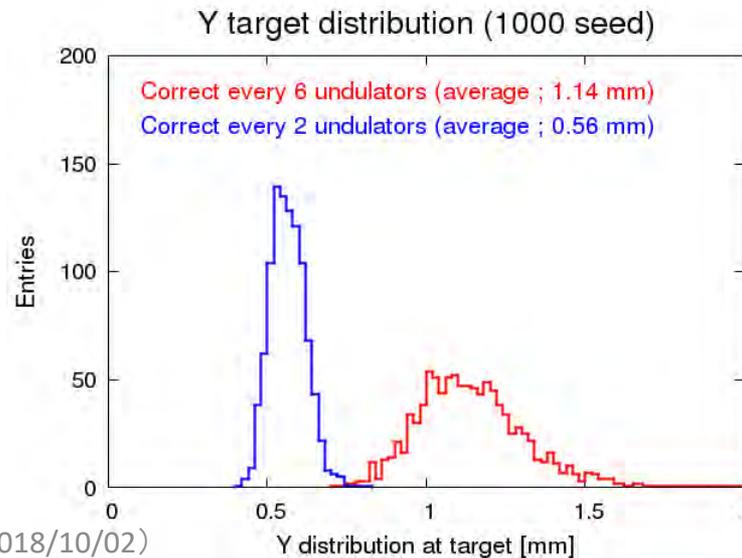
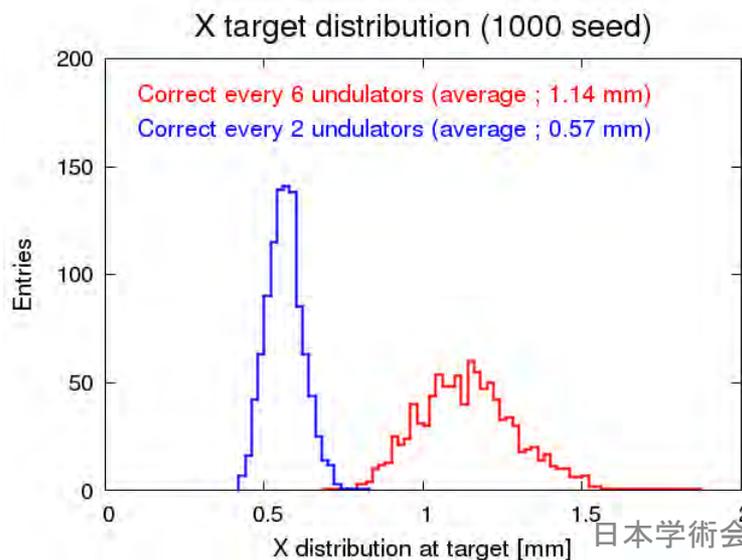
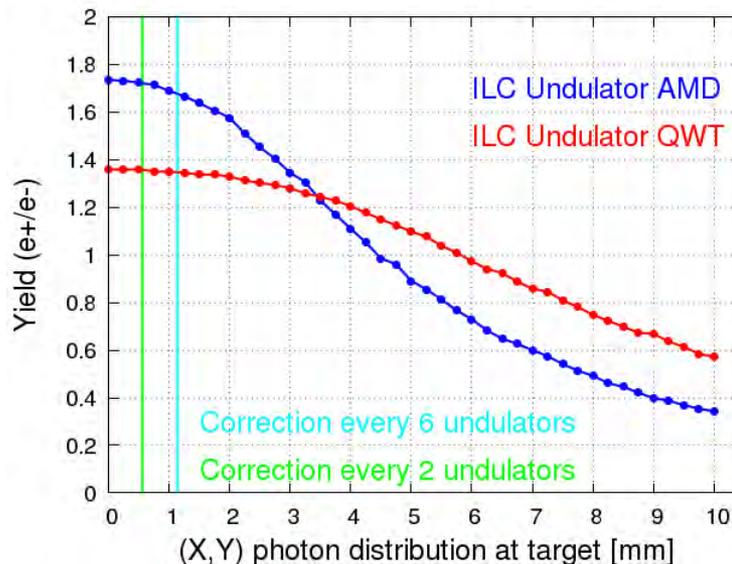
1台のクライオモジュールに入る2個のアンジュレーターを試験。

- ・共に  $K=0.92$  の磁場を達成(1台は更に高いK値も可能)。
- ・理想値通りの光子数を生成可能。
- ・光子の円偏光度は理想値よりも少なくなりそう(陽電子偏極に影響あり)。
- ・1台の Integrated field error は大きく、 $5\mu\text{rad}$  程度の電子軌道誤差を生みそう。

# 陽電子生成率への影響

## 光子の位置のバラつきと生成率

Daresbury で試作され、性能が悪かった方の超伝導ヘリカルアンジュレーターを使っても、放射光源で通常行われている軌道調整の手法で調整すれば、陽電子生成率は殆ど下がらない。

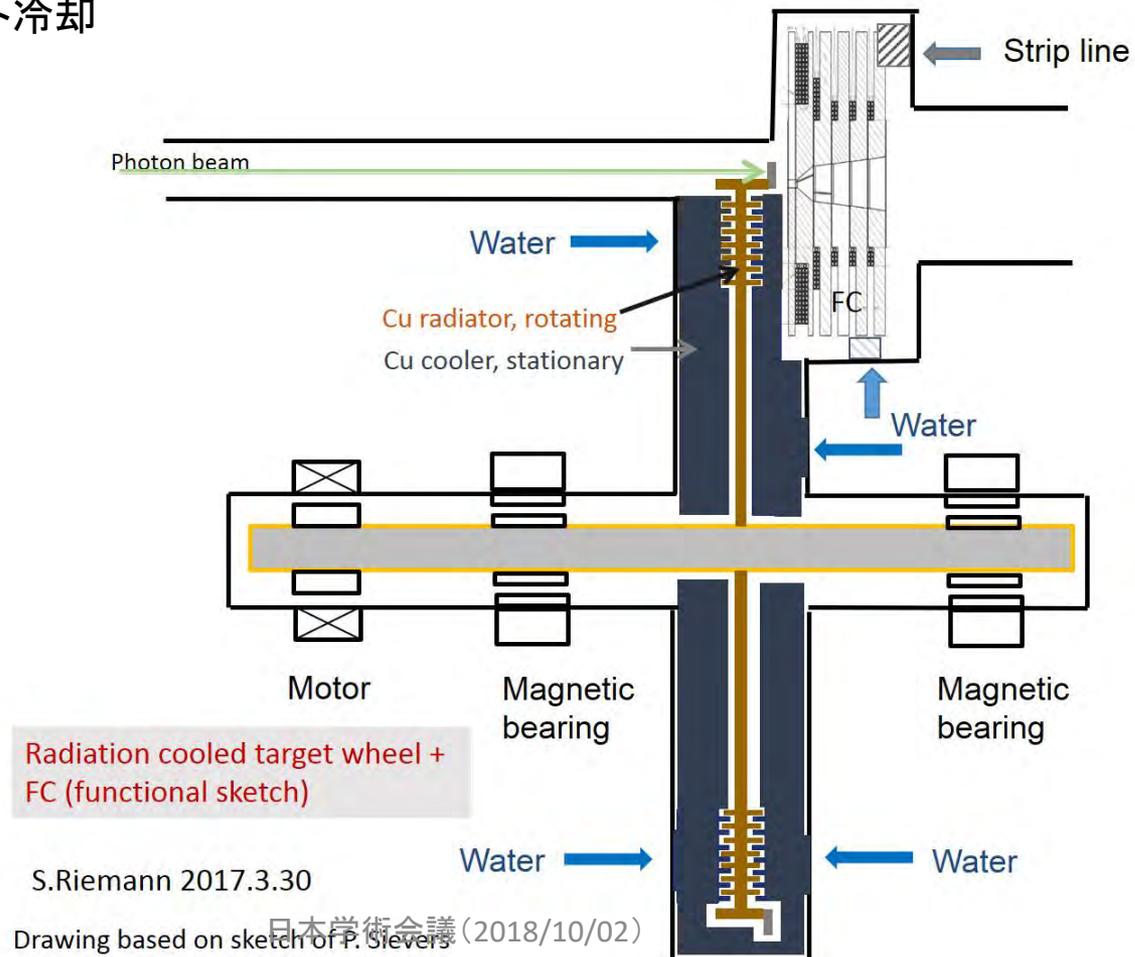


# アンジュレーター陽電子源のターゲット設計

ターゲットの軸に冷却水を通すため、軸を真空の外に出す必要により磁性流体シール軸受を想定していたが、アンジュレーター式では、発熱量が 1-5kW と低いので、冷却水管を外部に配置する必要が無い。

- ・軸受は磁気浮上軸受
- ・放射冷却でのターゲット冷却

といった既存の技術の応用で対応する。



S.Riemann 2017.3.30

Drawing based on sketch of P. Sievers (2018/10/02)

# 磁気浮上軸受の実例

磁気浮上軸受は世界各地のガスプラント等で使用実績がある確立した技術。

## Magnetic bearing feature

- Payload capacity
  - **Magnetic bearings can support a heavy rotor.**
  - Ex. 9 MW gas turbine
    - Speed: 6090 r/min
    - **Total rotor weight: 10 tons**
    - Total rotor length: 10 m
- Vacuum
  - **Oil free:** No lube oil system
  - **Vacuum sealing is simple.** Magnetic bearings and a motor can be hermetically sealed.
- High rotation speed
  - ex. Fermi chopper : Up to 600Hz.

The magnetic bearing is made of electromagnets which is attached to the rotor. The bearing is contactless with a radial clearance of 0.5 to 1mm.

### Radial bearing

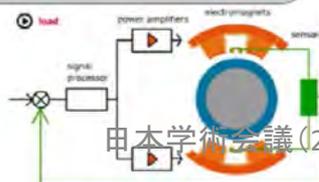
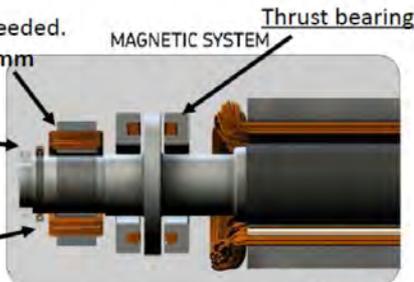
- At least two bearings are needed.
- Radial clearance: 0.5 – 1.0mm

### Touch down bearing

- Oil-free ball bearing
- The clearance is a half of that of the radial bearing to prevent the rotor touching sensors or magnets

### Position sensor

- The rotor position is measured and controlled by position sensors.
- **At least five sensors are needed to measure the position and the slope of the rotor.**  
(Two radial position(H,V) in two place, the axial position)



## Magnetic bearing applications

The neutron choppers are used in various laboratories.

**It is the most similar application to the positron rotating target.**

SKF global installations bring experience

Neutron chopper

- Payload capacity of 45 kg
- Operation up to 300 Hz (18,000 rpm)



g5 Systems  
Disk Choppers (0-300Hz): 10  
Spare Controllers: 16



g3 Systems  
Disk Choppers (0-300Hz): 62



150+ neutron choppers delivered and operational

S2M magnetic bearings are used in Neutron choppers of J-Parc.



重さ数トン、回転数が数万 rpm の磁気浮上軸受が世界各地で稼働中。  
( ILC 重さ 50kg, 回転数 2000rpm)

ガスプラント等で使われているので、電源も半分以上が UPS になっていたり、市販製品は安全性重視の設計になっている。

# 放射冷却の実例

J-PARC では 4kW の冷却能力を有する、冷却できる放射冷却グラファイトターゲットが稼働中。  
 (ILC の設計では 1-5kW の冷却能力が要求されている)

## J-PARC ミューオンターゲット (ターゲット物質:カーボングラファイト)

- Heat load: **4kW@1MW proton beam**  
 ⇒ **Max temperature of graphite:620°C@1MW**
- Material: Isotopic Graphite(IG-430U:toyo-tanso)
- Disk Size:  $\phi 330\text{mm} \times t20\text{mm}$
- Proton beam : 16mm( $2\sigma$ )

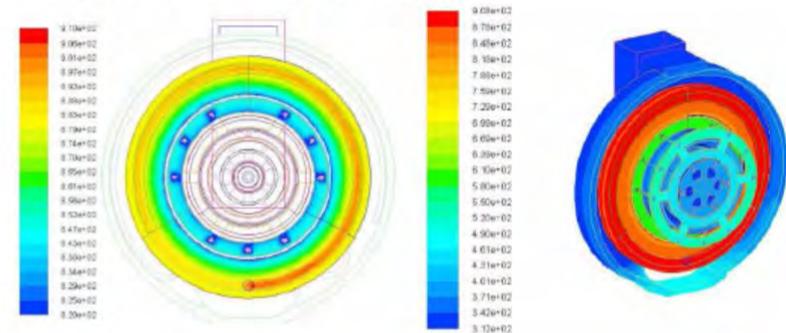
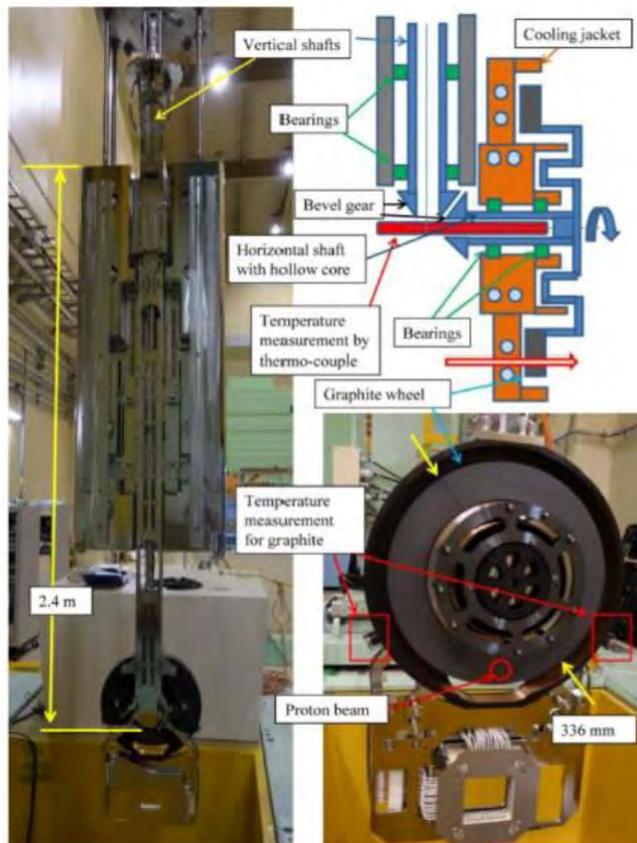


Fig. 2 The temperature distributions of the equilibrium condition obtained by the FEM

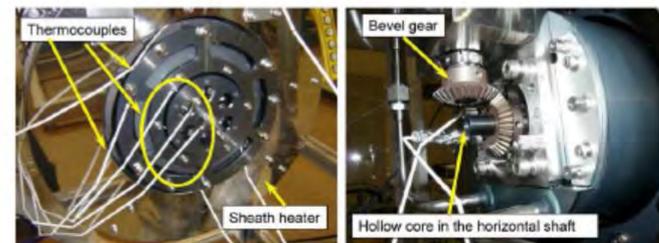


Fig. 3 Pictures of the mock-up. On the left, the picture of the heater, and several thermocouples attached to the rotating body. On the right, the picture of the bevel gears and the horizontal shaft with a hollow core for the thermocouples

# Backup Scheme : Conventional e+ 源 (E-Driven e+ Source)

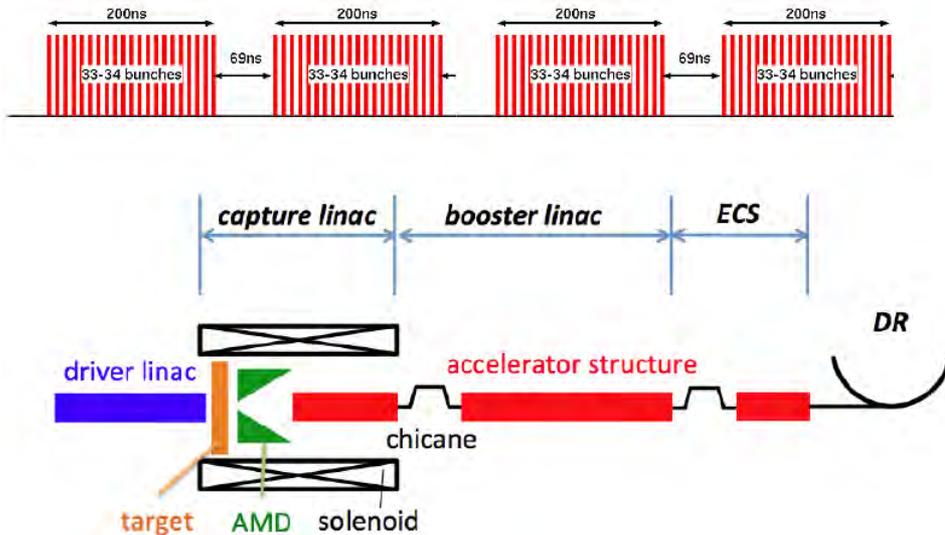
## 基本的な考え方

瞬間的な熱負荷を軽減するため、2600 バンチの陽電子を 20 回に分けて 63 ms かけてゆっくり作る。

cf. undulator e+ 源は 1 ms で作る

ターゲットの回転速度 5 m/s (undulator 用は 100 m/s)

E-driven ILC Positron Source Configuration



The beam handling and format

