

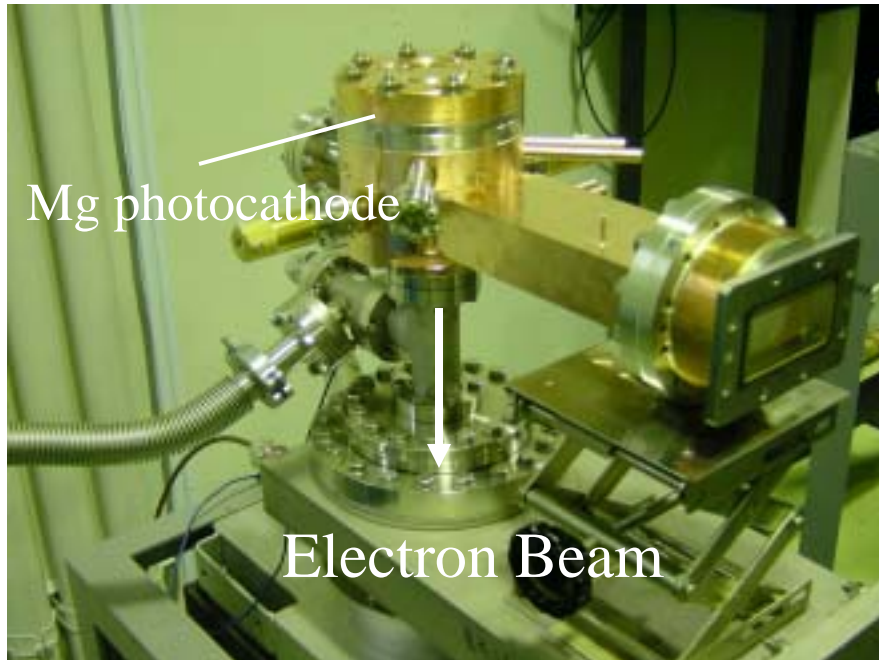
# Photo cathode RF gunにおける レーザー-ビーム同期不安定の 環境依存性

東大工原施

作美明<sup>\*</sup>), 上坂充, 室屋遊佐, 上田徹  
飯島北斗(日本原子力研究所)

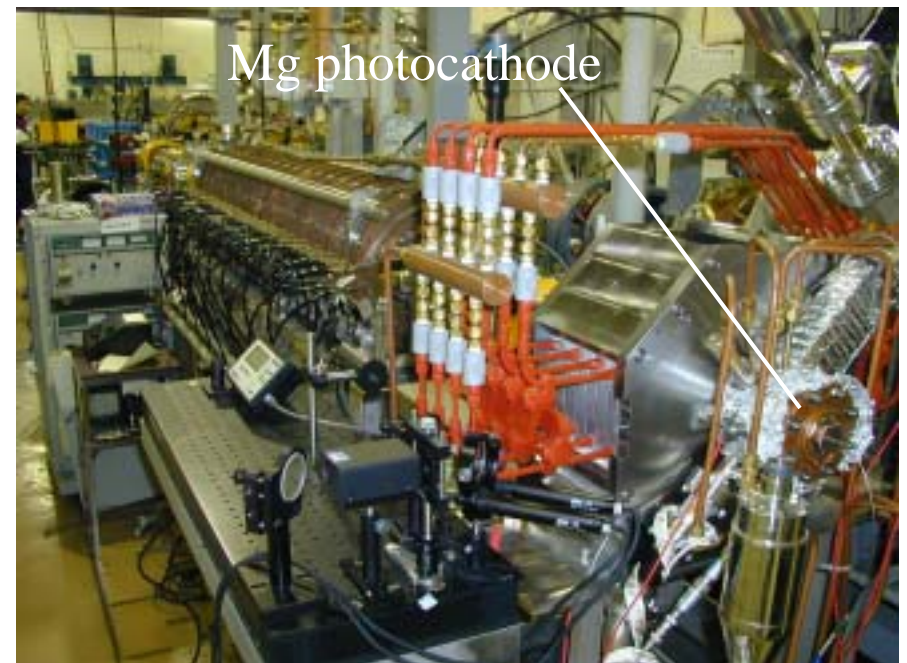
05 Nov. 2004 第二回高周波電子銃研究会  
(Spring8)

# UTNL Linac & Mg Photocathode RF Gun



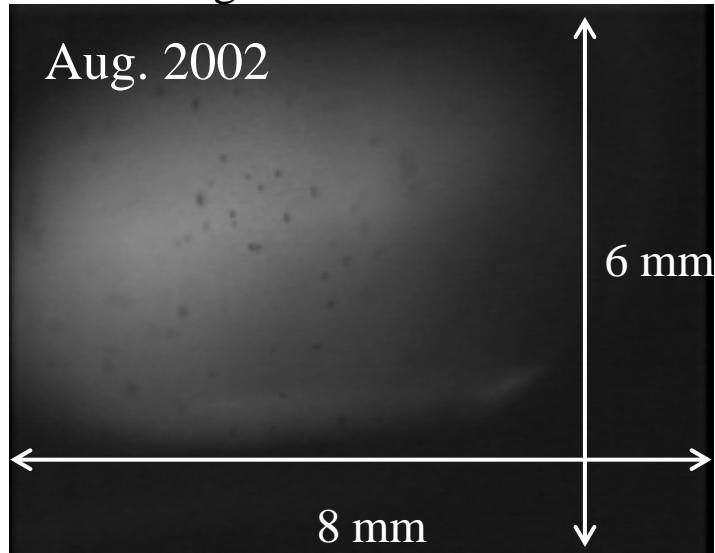
NERL, 18 MeV Linac  
and the RF gun

Mg photocathode RF gun  
of SPring8  
before installation



# Cathode Surface

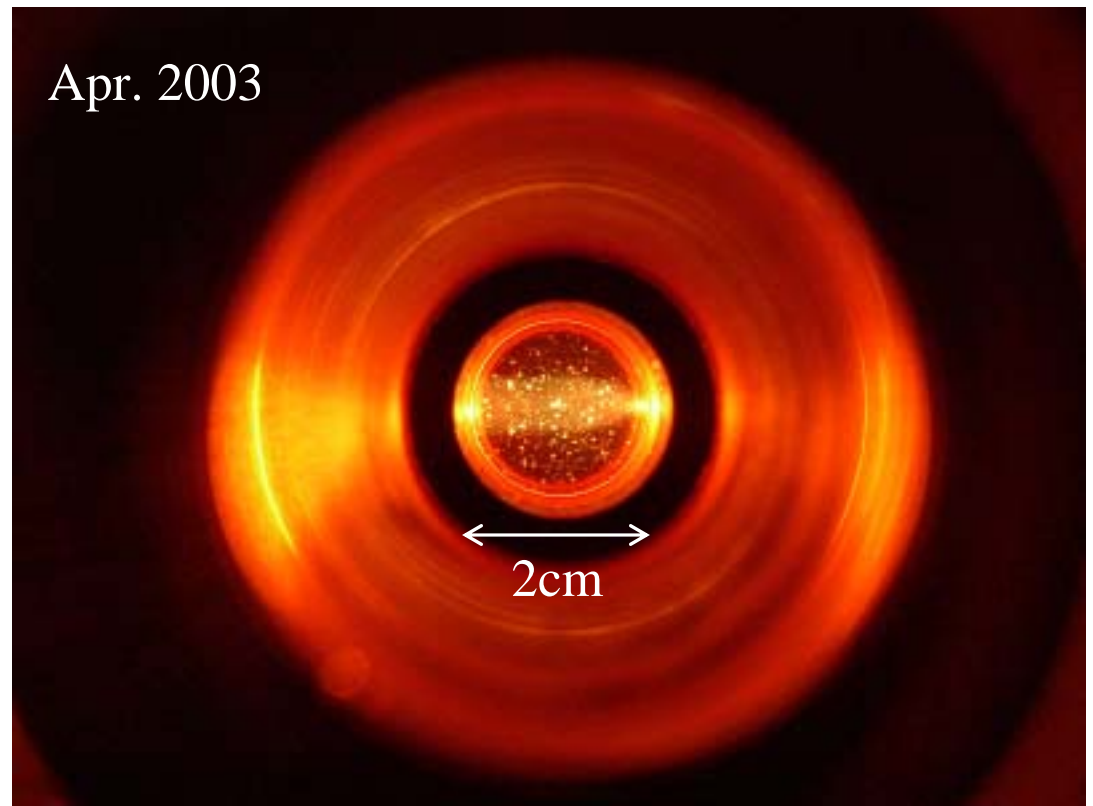
CCD Image of the cathode surface



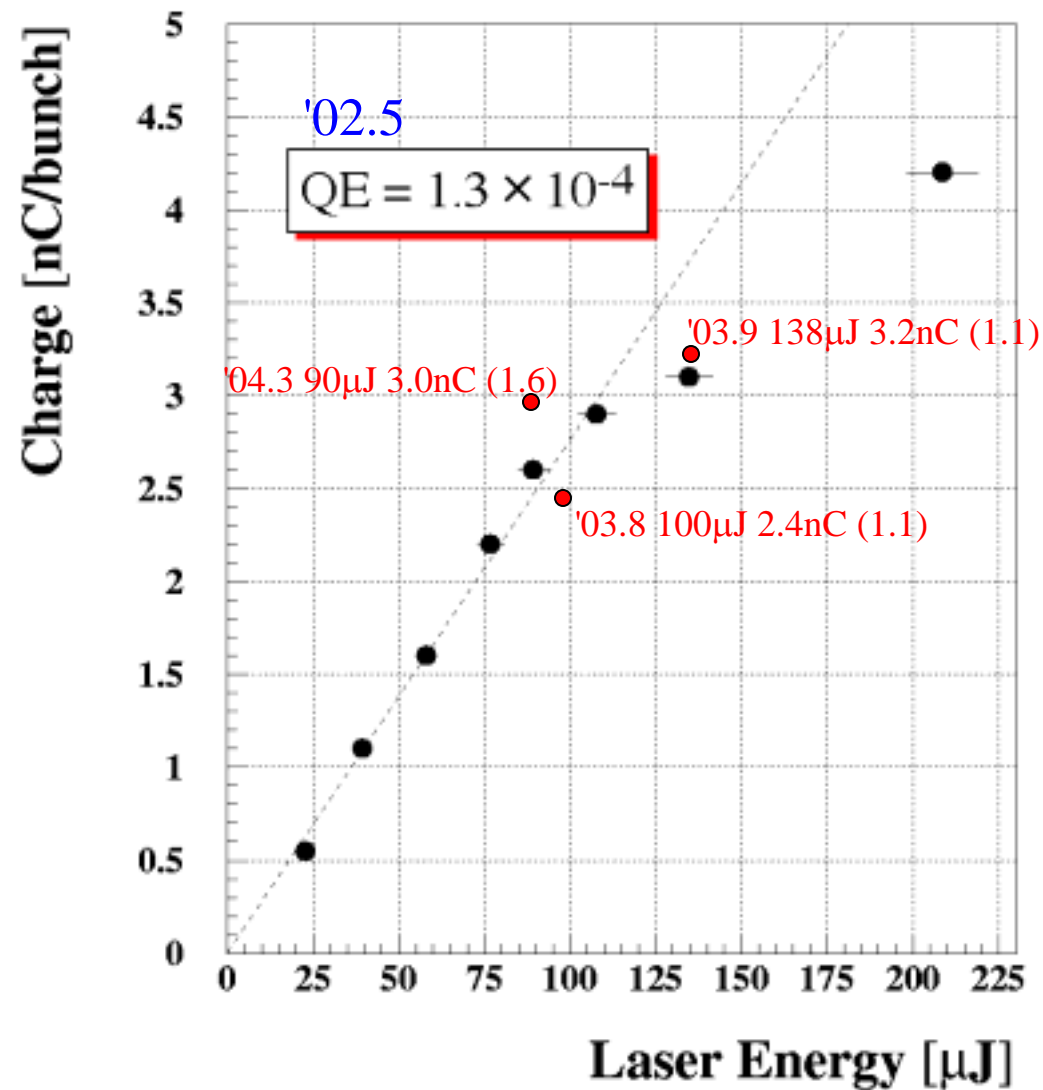
**Mg cathode (High QE,  $\sim 10^{-3}$ )**

*Our cathode...*       $QE = 1.3 \times 10^{-4}$  (at present)

Craters due to  
the RF discharge  
on the cathode surface



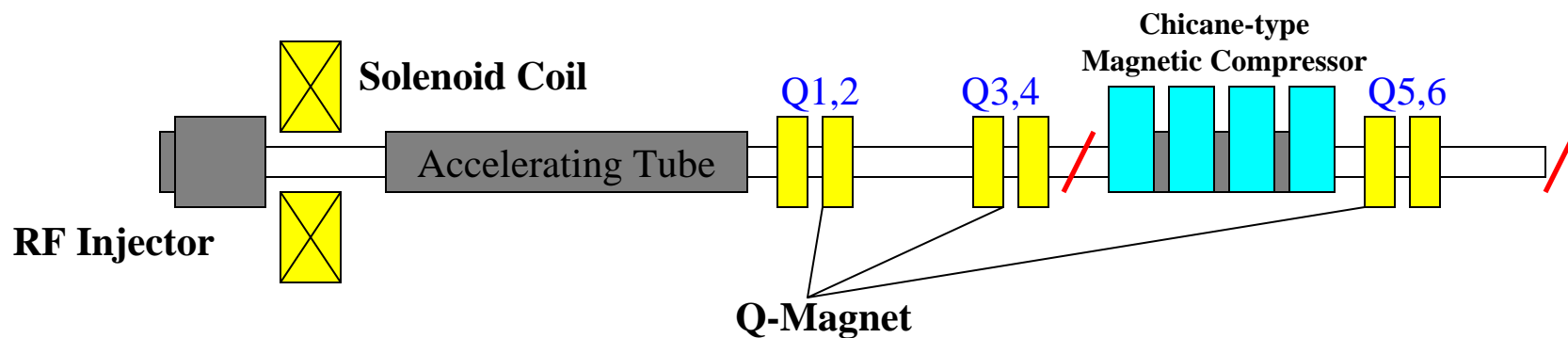
# Quantum Efficiency



# Emittance Data

Date	Horizontal	Vertical	
'02.10	26 $\pi$ mm.mrad	24 $\pi$ mm.mrad	(Q3,4)
'03.9	21 $\pi$ mm.mrad	29 $\pi$ mm.mrad	(Q1,2 Velocity Bunching, E=10MeV)
'03.9	22 $\pi$ mm.mrad	11 $\pi$ mm.mrad	(Q1,2 Solenoid)
'03.9	29 $\pi$ mm.mrad	34 $\pi$ mm.mrad	(Q1,2)
'04.01	35 $\pi$ mm.mrad	29 $\pi$ mm.mrad	(Q5,6 OTR method)
'04.01	34 $\pi$ mm.mrad	27 $\pi$ mm.mrad	(Q5,6)

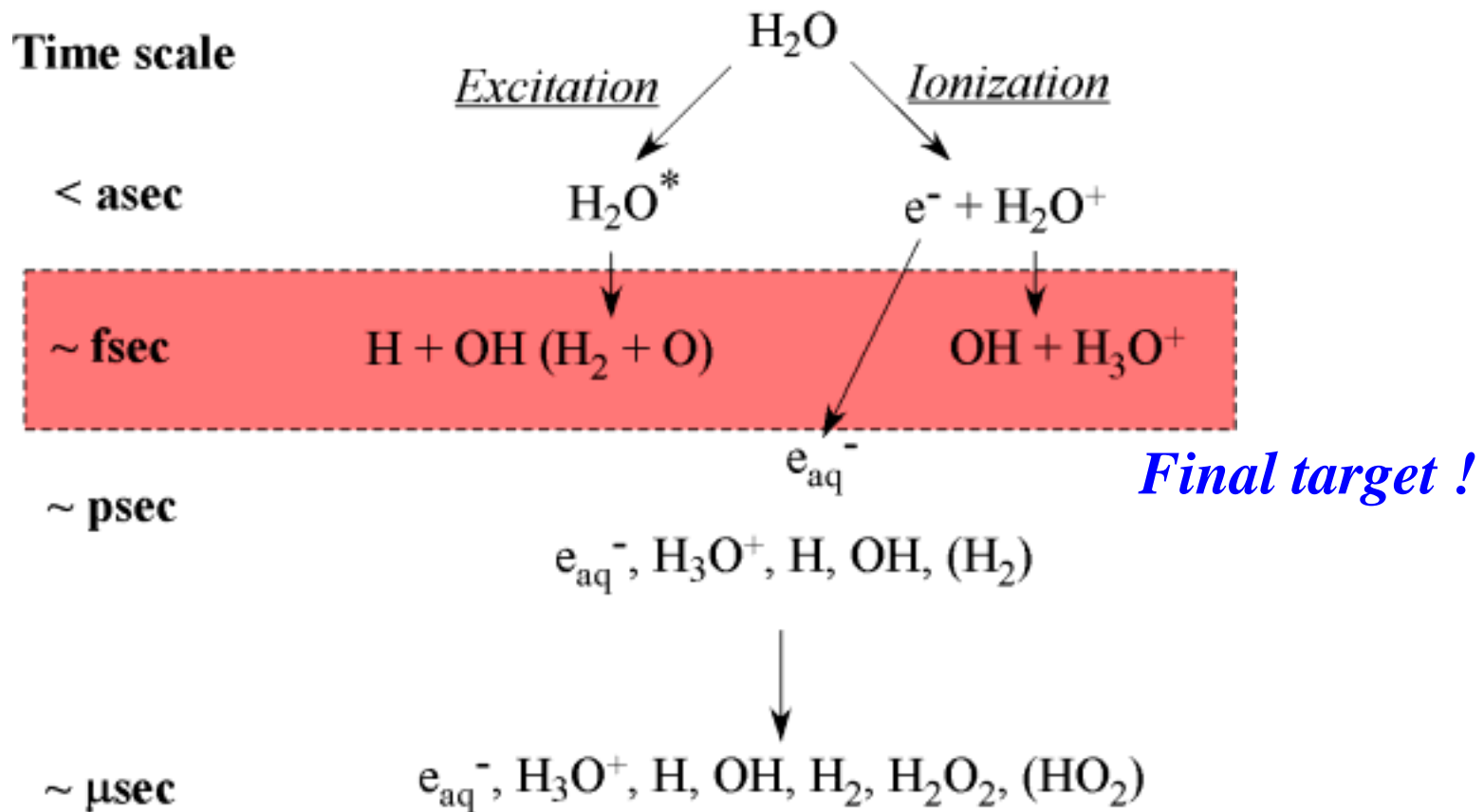
- Normalized, rms
- Energy 22MeV, Charge  $\sim 1$ nC



# Performance of RF Injector

RF Injector			RF	
Cathode		Mg	Power	6.0 MW
Q.E.		$1.3 \times 10^{-4}$	Pulse Duration	2 $\mu$ sec
Charge		1nC/bunch	Repetition	10 Hz
		Up to 3nC/bunch	<b>Laser</b>	
Dark Current		800 pC/bunch	Driven Laser	Ti:Sapp., THG
Emittance	Horizontal	26 $\pi$ mm $\cdot$ mrad	Laser Energy	100 $\mu$ J/pulse
	Vertical	24 $\pi$ mm $\cdot$ mrad	Laser spot size	3mm
Bunch Duration		0.7 ps (1.5 nC, FWHM)		
Beam Energy		22 MeV		

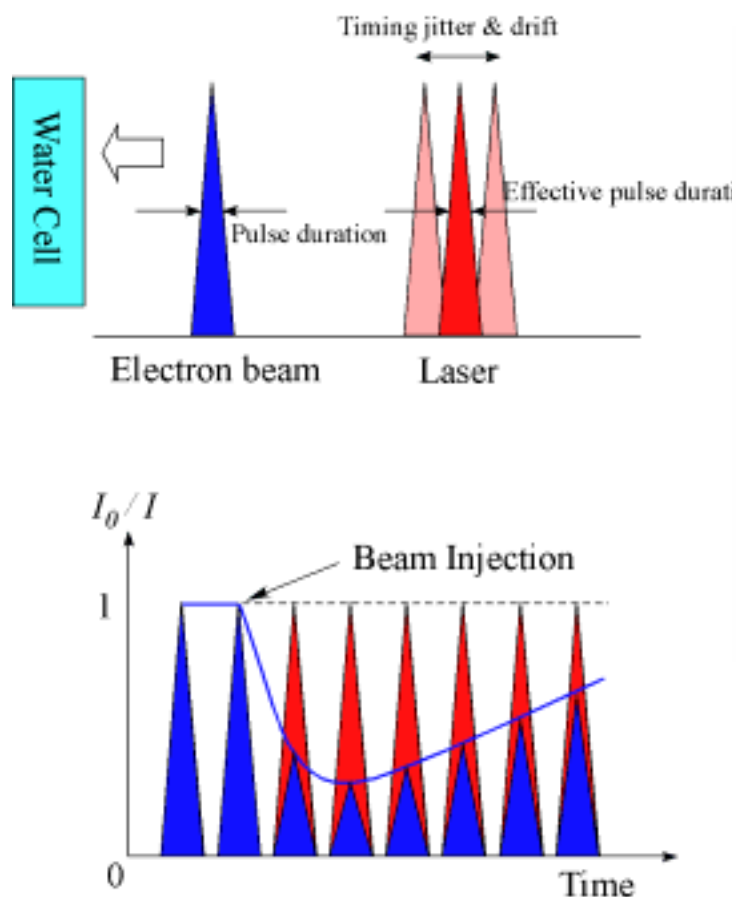
# 東大ライナックの利用目的



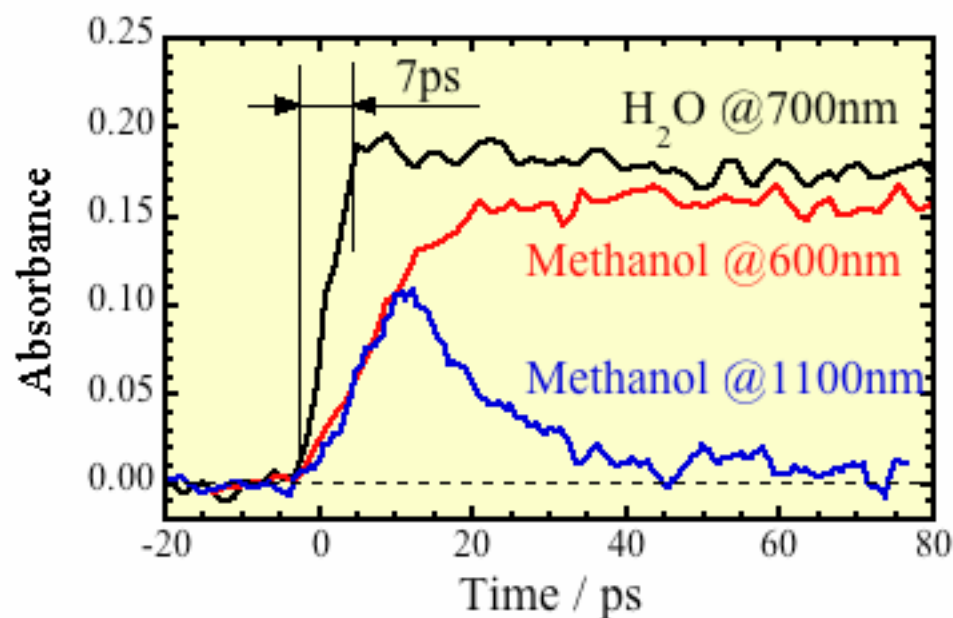
- 東大の18Lライナックは放射線化学実験に利用されている。
- サブピコ秒時間領域の放射線化学実験ではレーザー・電子バ  
ンチの短パルス化とともにそれらの時間同期精度が重要である。

# Radiation Chemistry

## Pulse radiolysis method



## Chemical reaction of water



東大工原施 勝村研 室屋裕佐

Systematic time-resolution  
is 7 psec !



# Requirements

---

*Pulse radiolysis in a time range of sub-picosecond*

## I Ultra-short bunch and laser

- Pump-beam: Utilization of a chicane-type magnetic compressor
- Probe-laser: Femtosecond laser

## II Stable synchronization

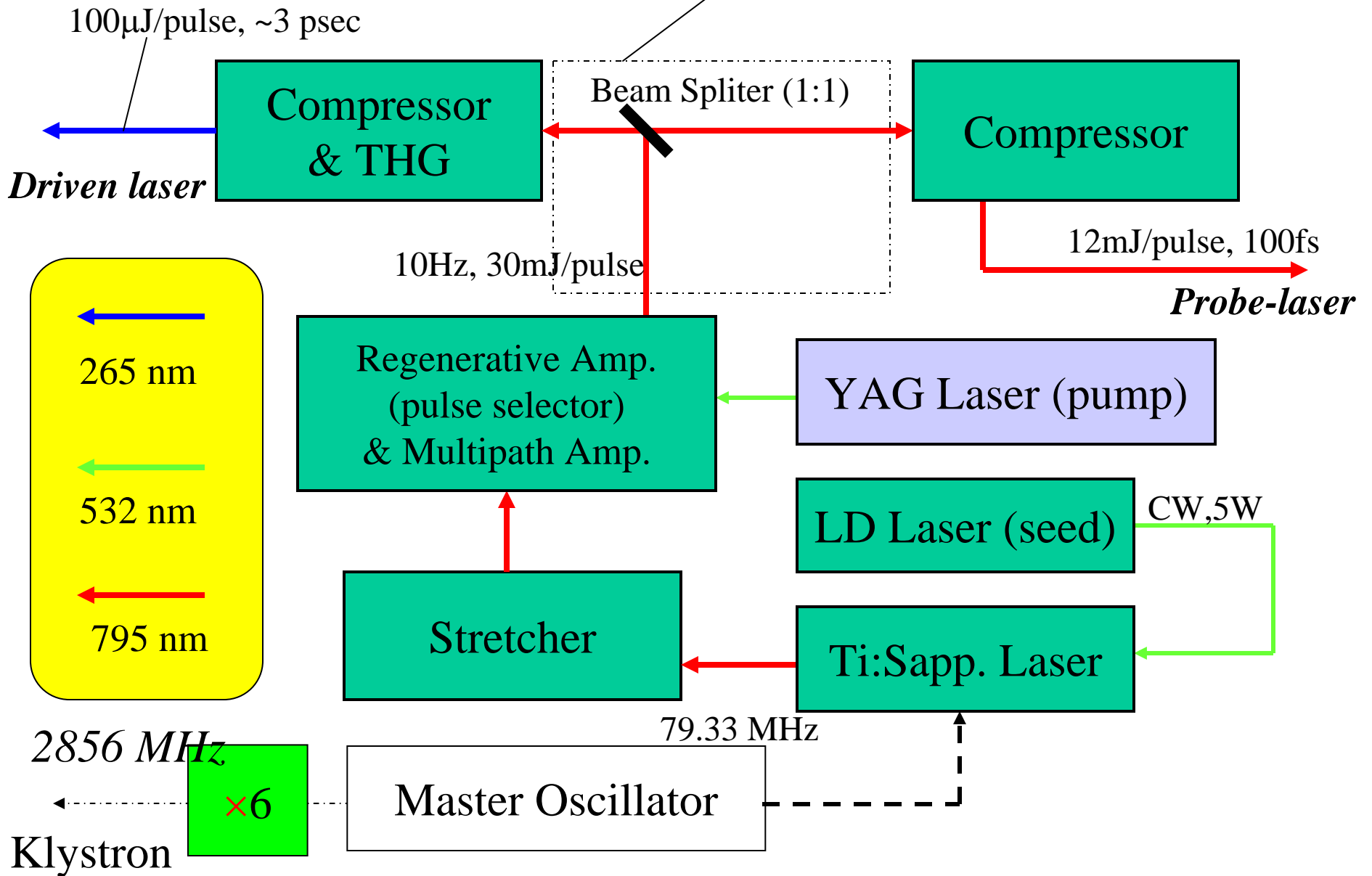
- Jitter: Synchronization lock frequency
- Drift: Laser transport line & Laser room temperature

## III Intense electron bunch

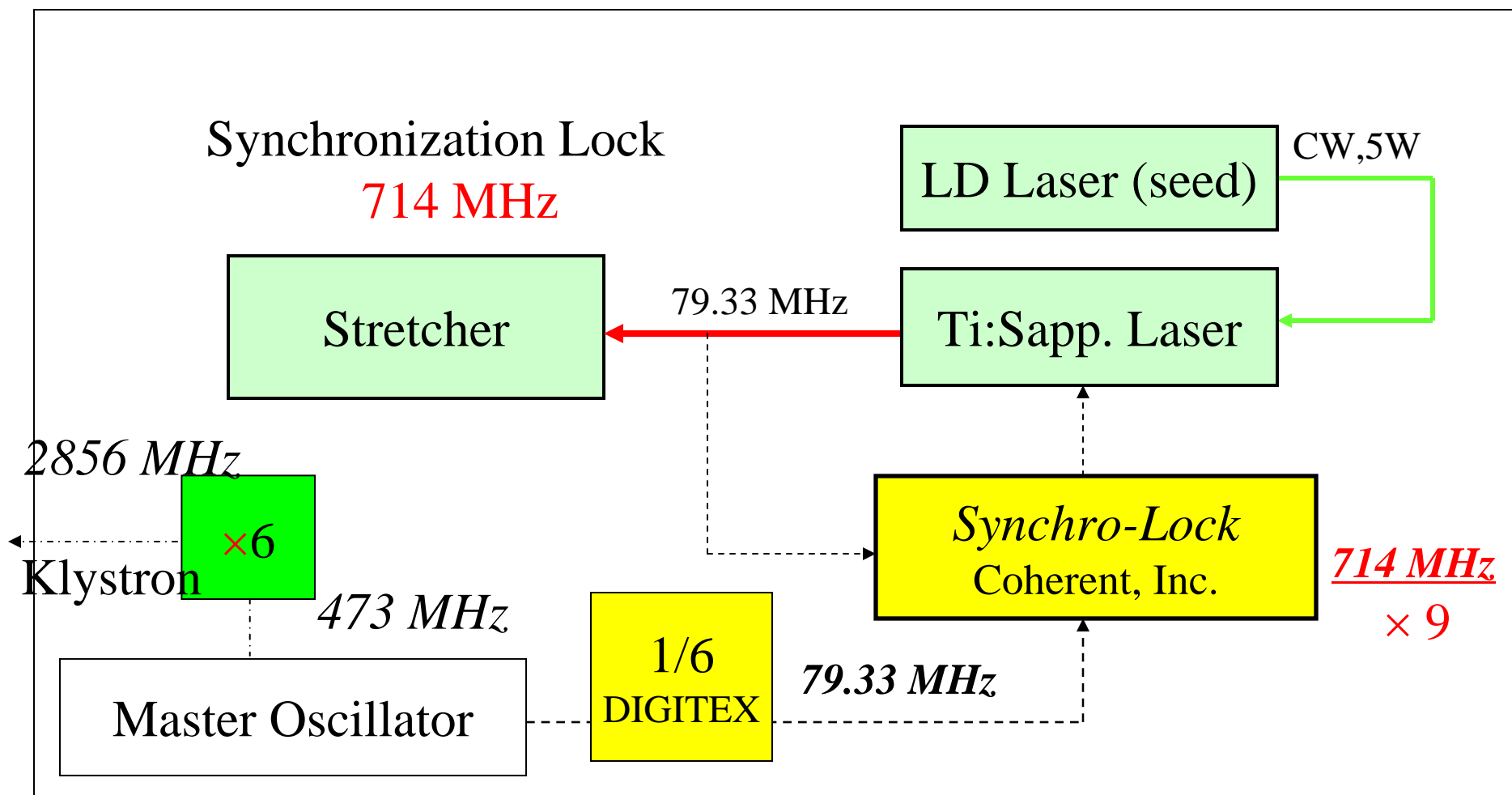
- High QE: Mg cathode & Laser cleaning (future plan)

# Laser System

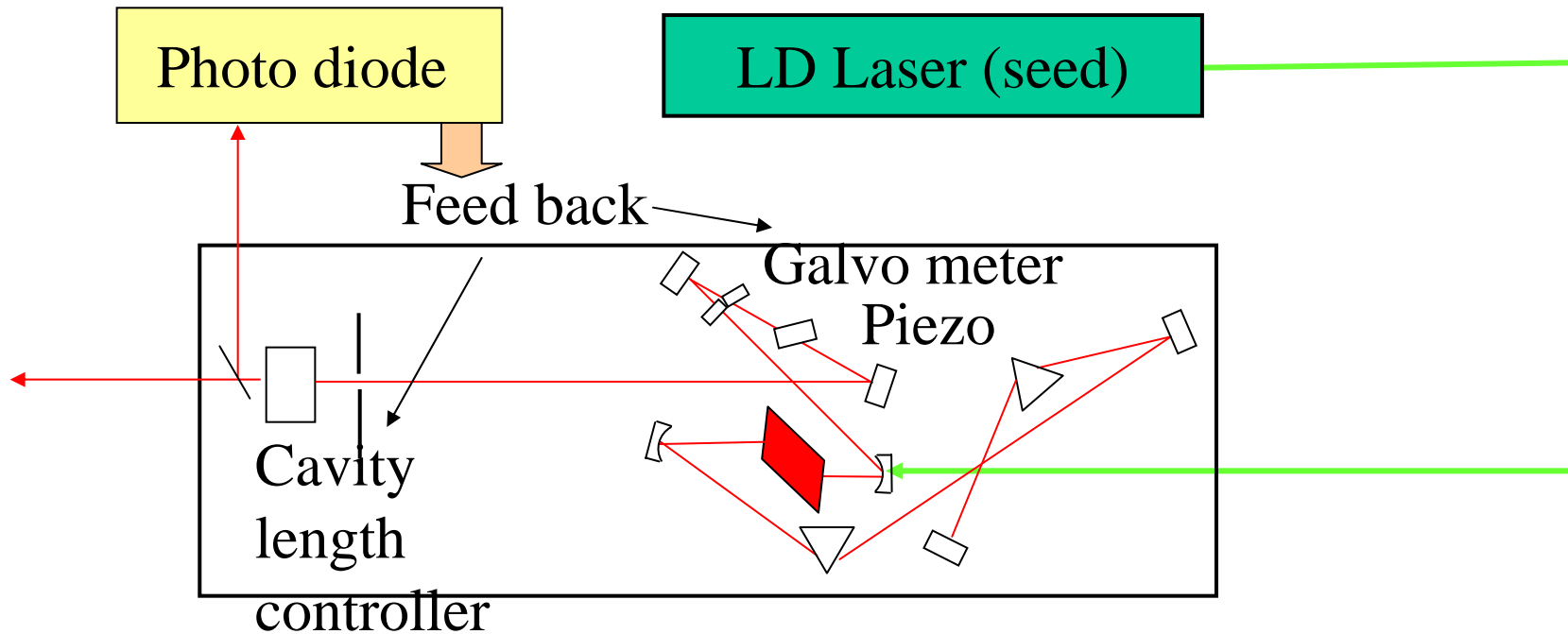
*Laser Transport Line (~50 m, 80%)*



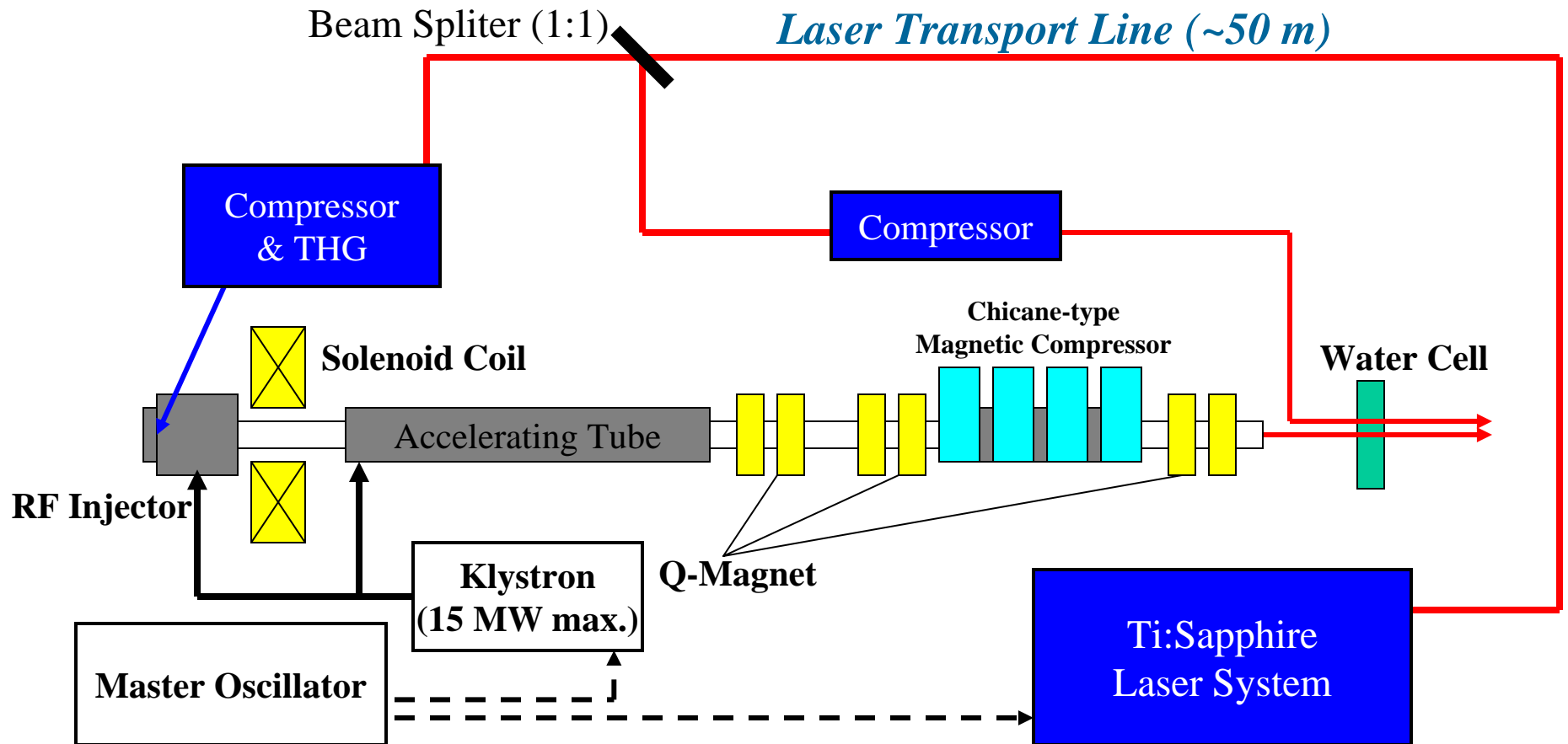
# レーザー・RF同期システム



# Oscillator feedback system



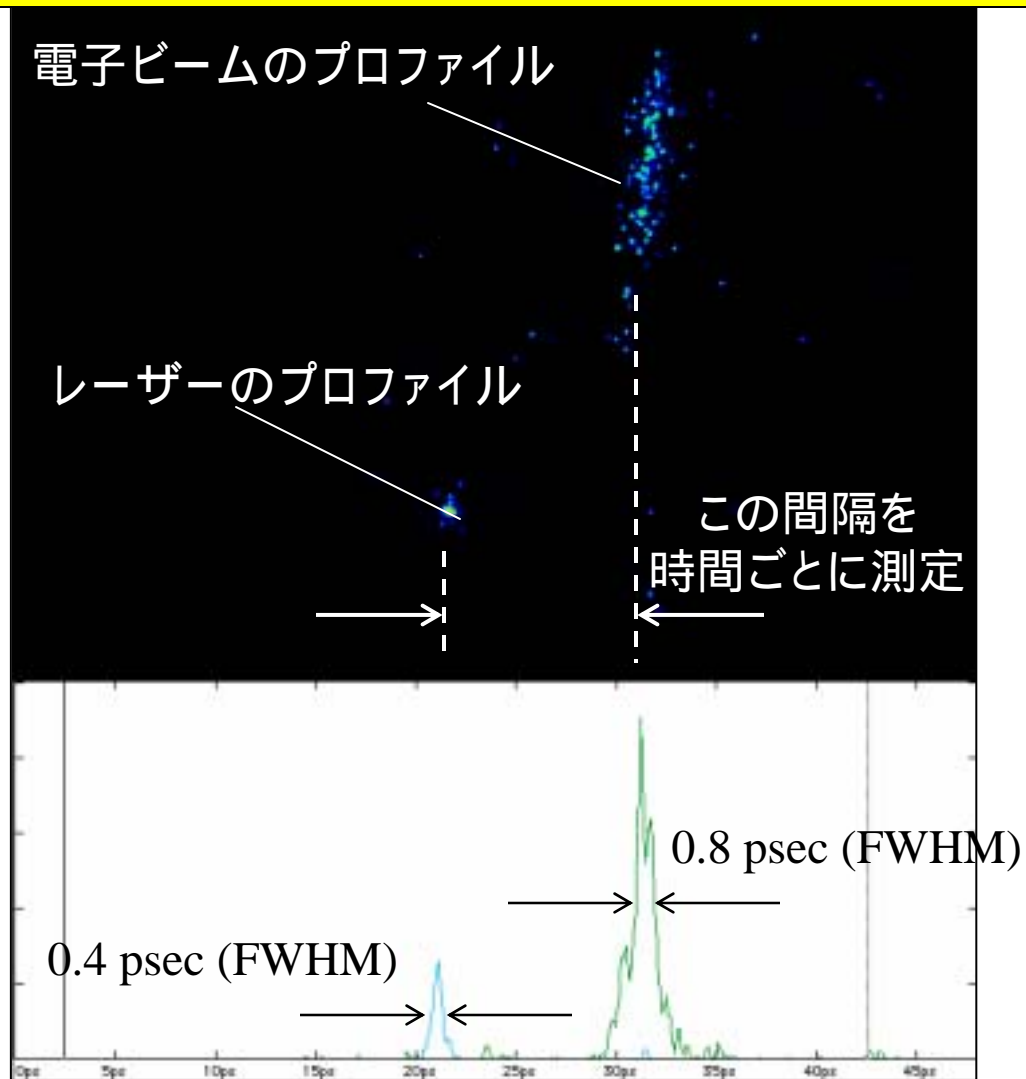
# Linac System



- The Mg photocathode is used as the injector.
- The electron is accelerated up to 22 MeV by a S-band accelerator.
- The electron bunch is compressed by a chicane-type magnetic compressor.
- The Ti:Sapphire laser is used for the driven laser of the injector and the probe-laser.

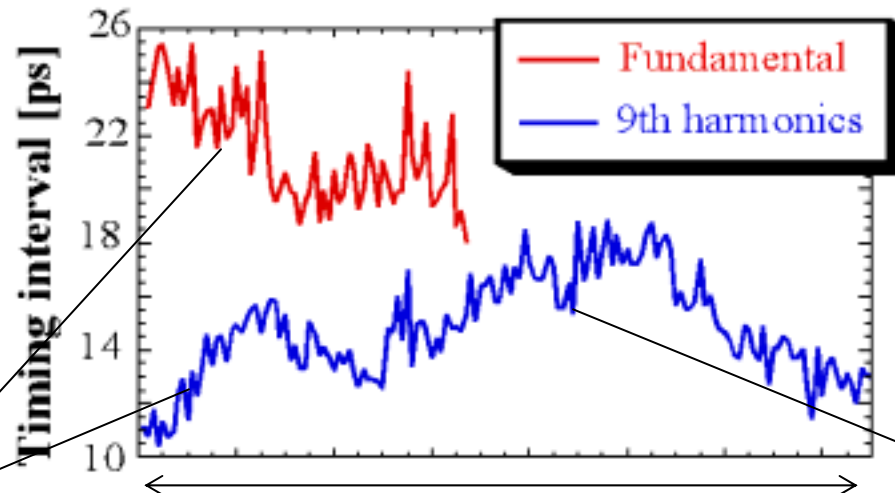
# 同期測定のためのストリークイメージ

ストリークイメージはXeガスをターゲットとし、そこからのチェレンコフ光を測定



# 最初の同期

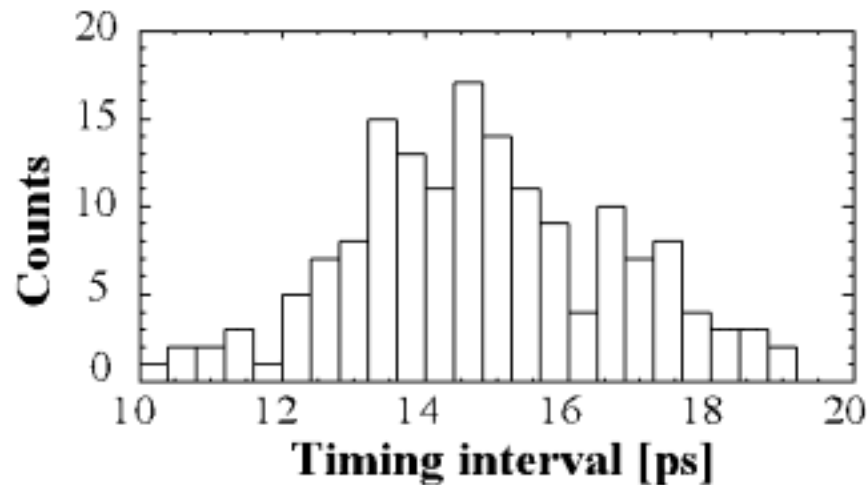
Timing interval between RF and laser



Timing jitter was suppressed.

2 hours

Timing drift of long term was left.



Lockがかからない。レーザーがどこかに行ってしまう。

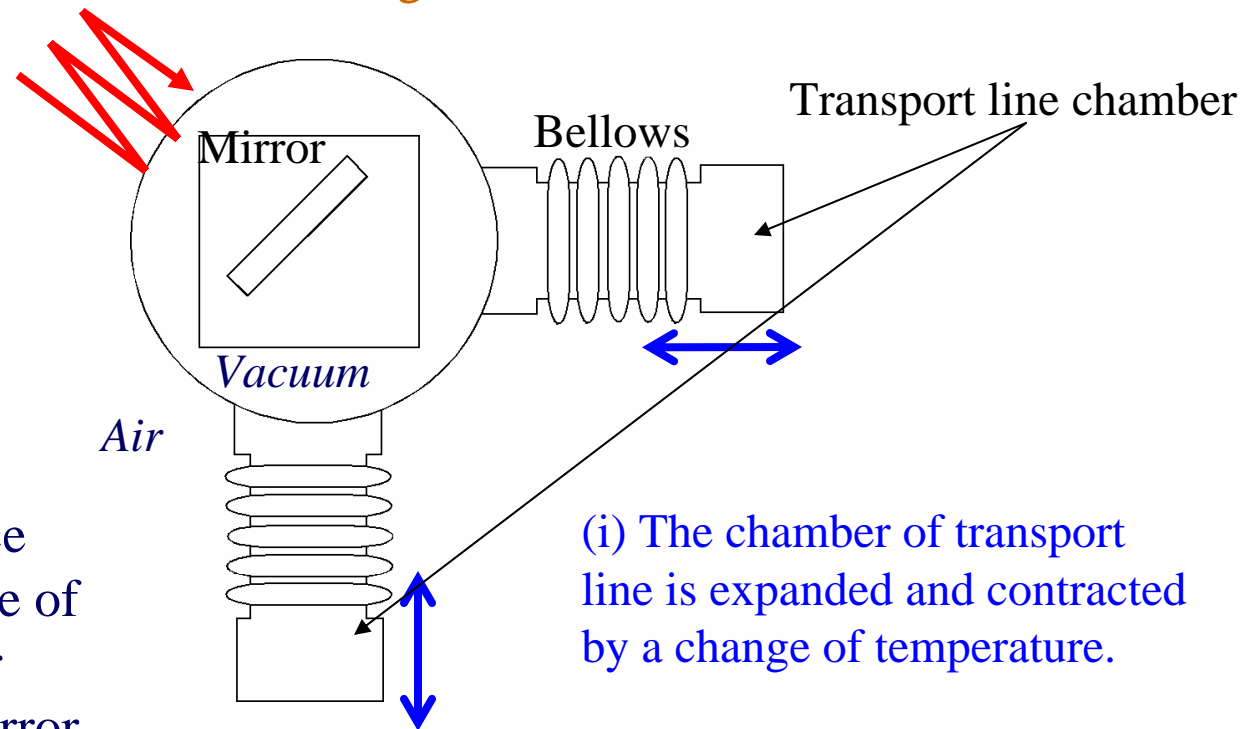
# Timing Drift

## Mechanism of timing drift

The laser transport line is 50 m long, and 14 bellows are used.

(iii) The mirror chamber with flexibility due to the bellows is moved by the pressure.

(ii) The pressure difference between inside and outside of the transport line chamber applies the force to the mirror chamber.

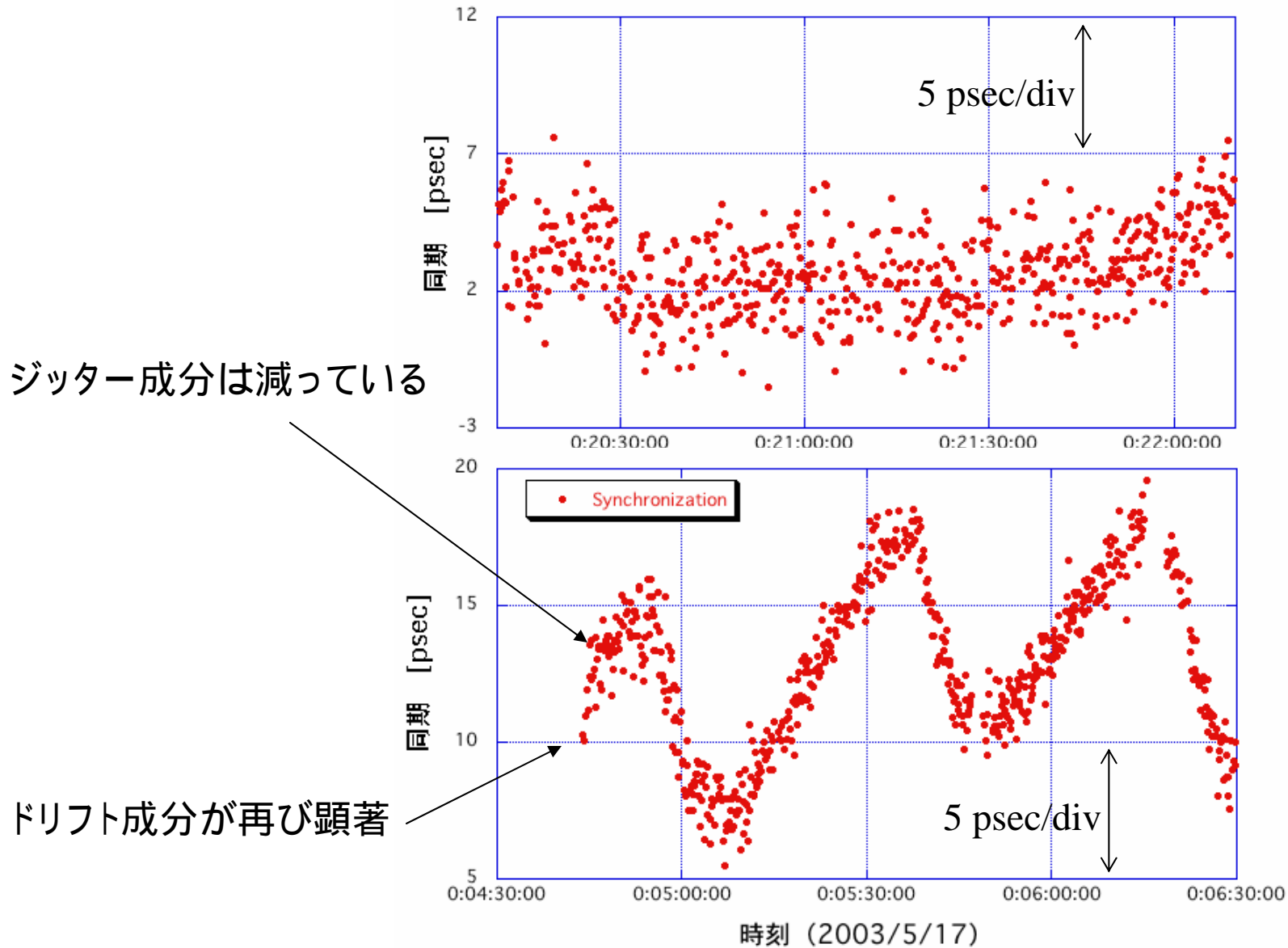


(i) The chamber of transport line is expanded and contracted by a change of temperature.

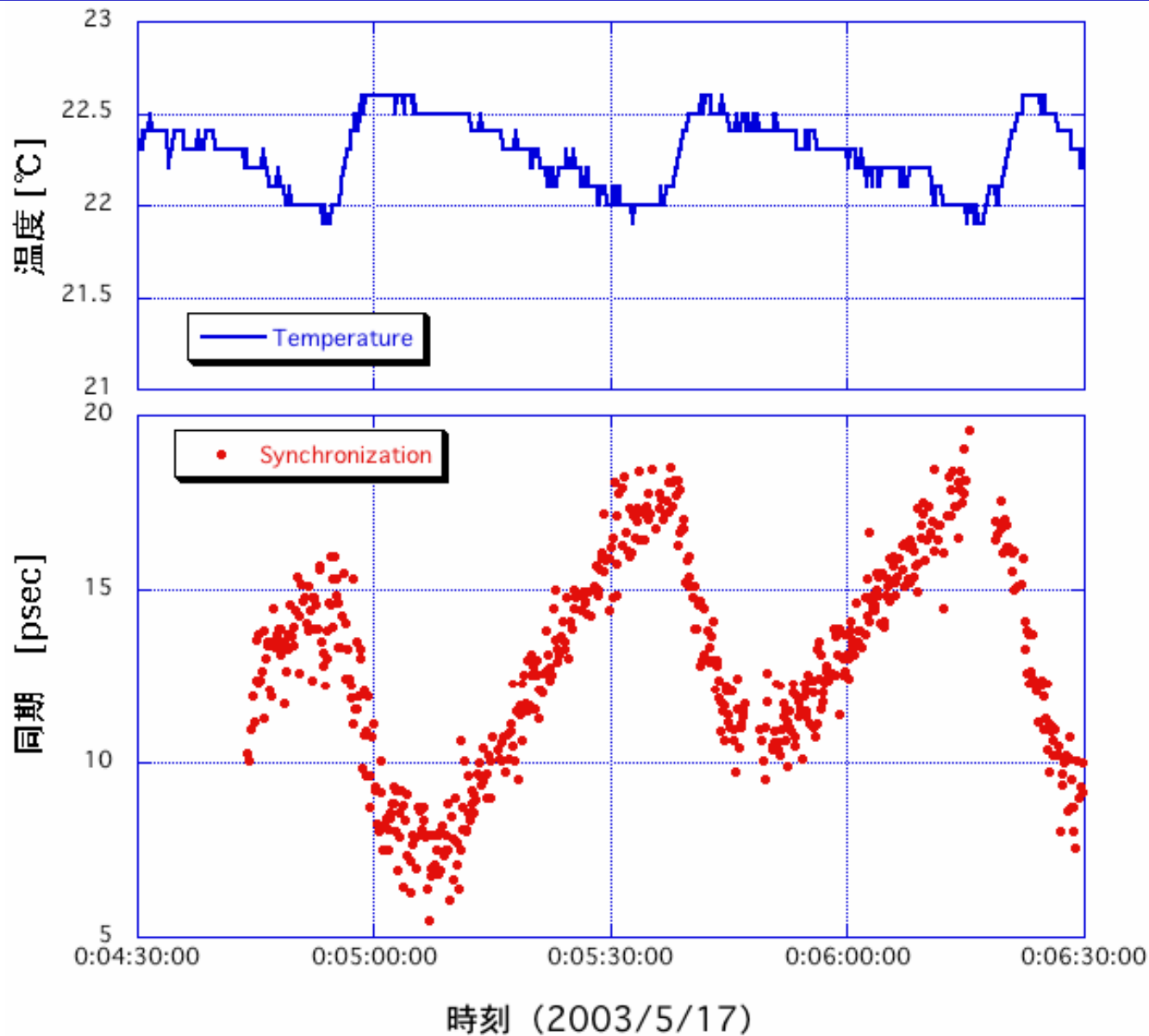
- ライナック本体室の空調工事  $\pm 3$   $\pm 0.5$
- チェンバー内を真空から窒素封じに変更



# DIGITEX同期回路改善後の同期

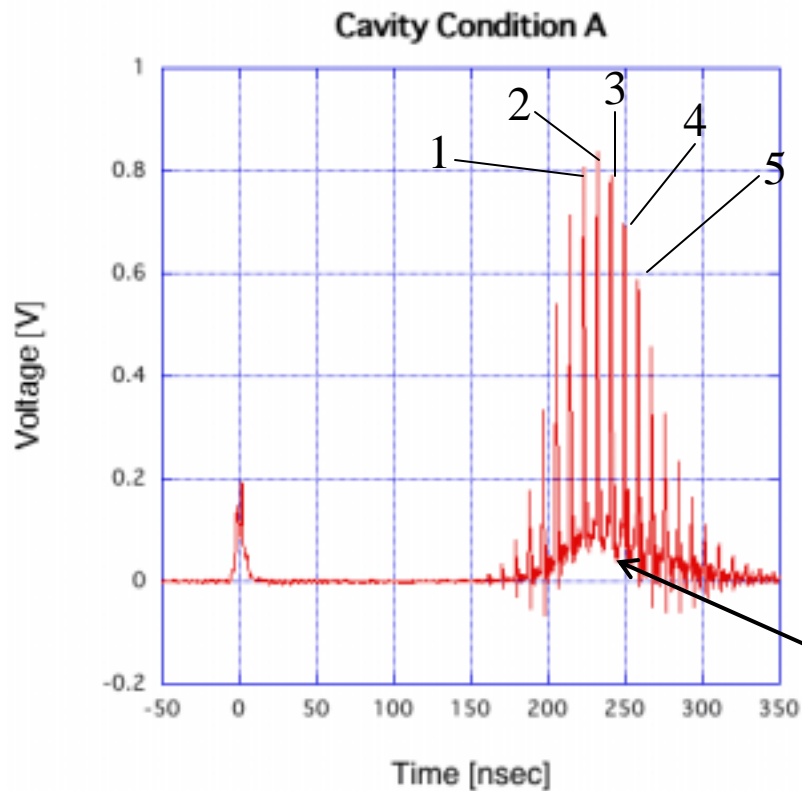


# レーザー室温度変化と同期

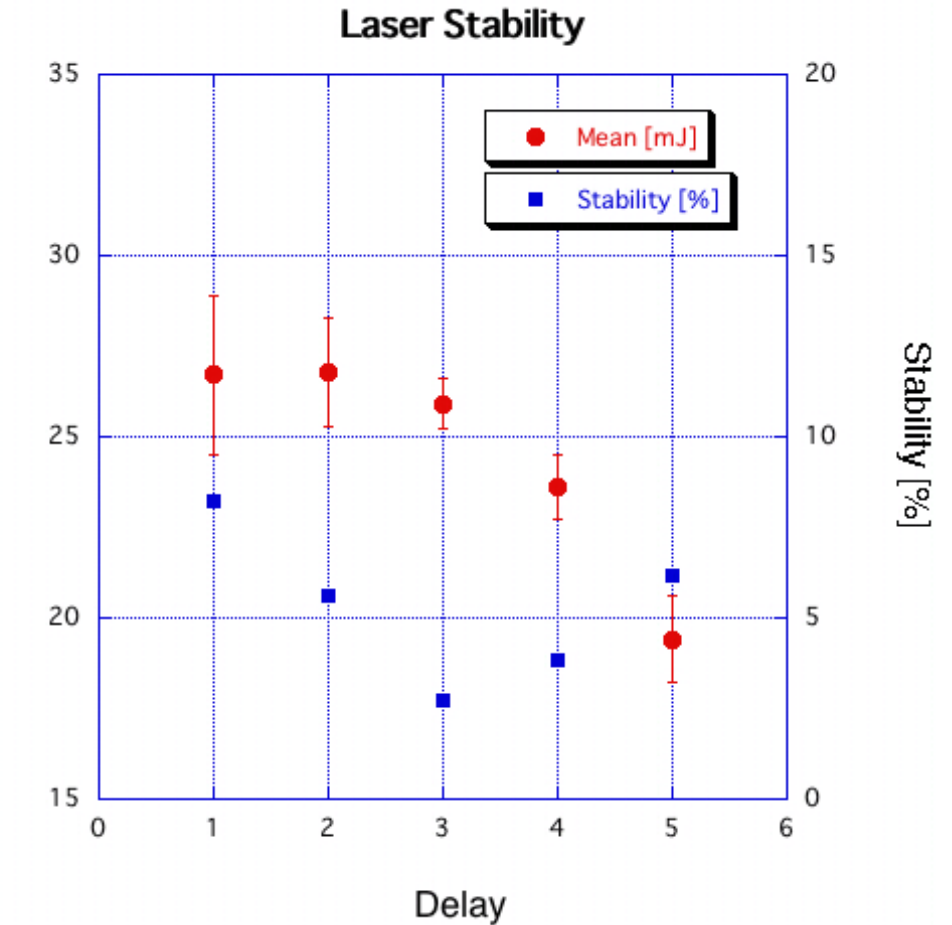


# Stability of Regenerative Amp.

*These results indicate the fluctuation of the fundamental laser.*

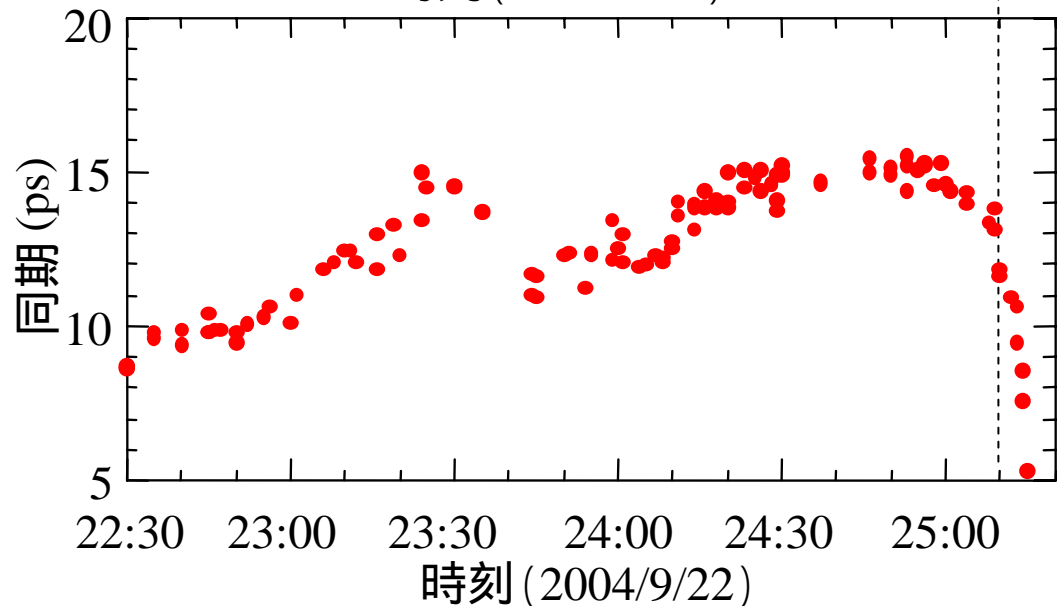
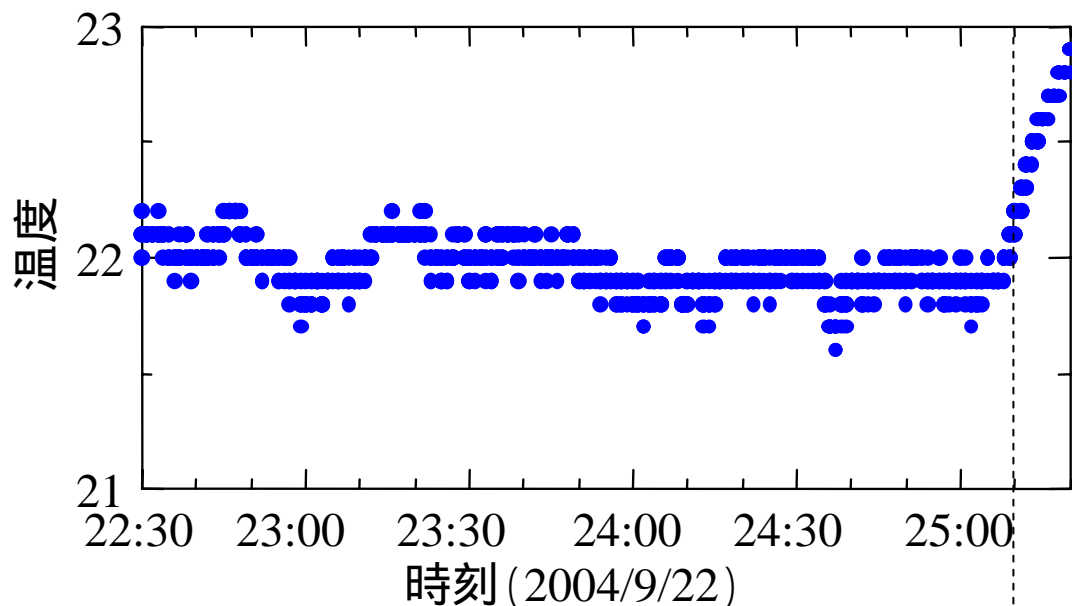


Mean [mJ]



Growth of the light in the cavity

# レーザー室温温度変化と同期 2



・温度変化を  $\pm 0.2$  に設定

最大6ピコドリフトが存在

25:10 空調OFF

同期がドラスティックに変化  
3倍高調波レーザーも減少

ストレッチャーからコンプレッサー・  
THGまでの光路が大きくずれた

何らかの角度変調によるもの？

5ps 1.5mm/50m  $\sim$  30  $\mu$ rad

微小変動の影響??

# 同期精度を向上させるために、、、

---

## 温度変化を抑える

- 筐体を恒温槽に入れる、もしくは、水冷にする

## レーザー・RF系を改造する

- 同期回路 (DIGITEX、Synchro-Lock) を改造？
- より質のよいオシレーターを使用

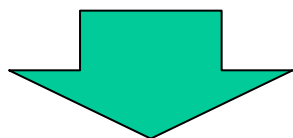
## レーザーに新たなフィードバックをかける

- 加速器室内のレーザー光の位置変動をCCDで検出、  
フィードバックをかけて位置変動を抑える  
(位置変動は三倍高調波の強度に強く影響を与える)
- 位相のドリフト・ジッターを検出、  
フィードバックをかけて位相差を抑える

# まとめとこれからの課題

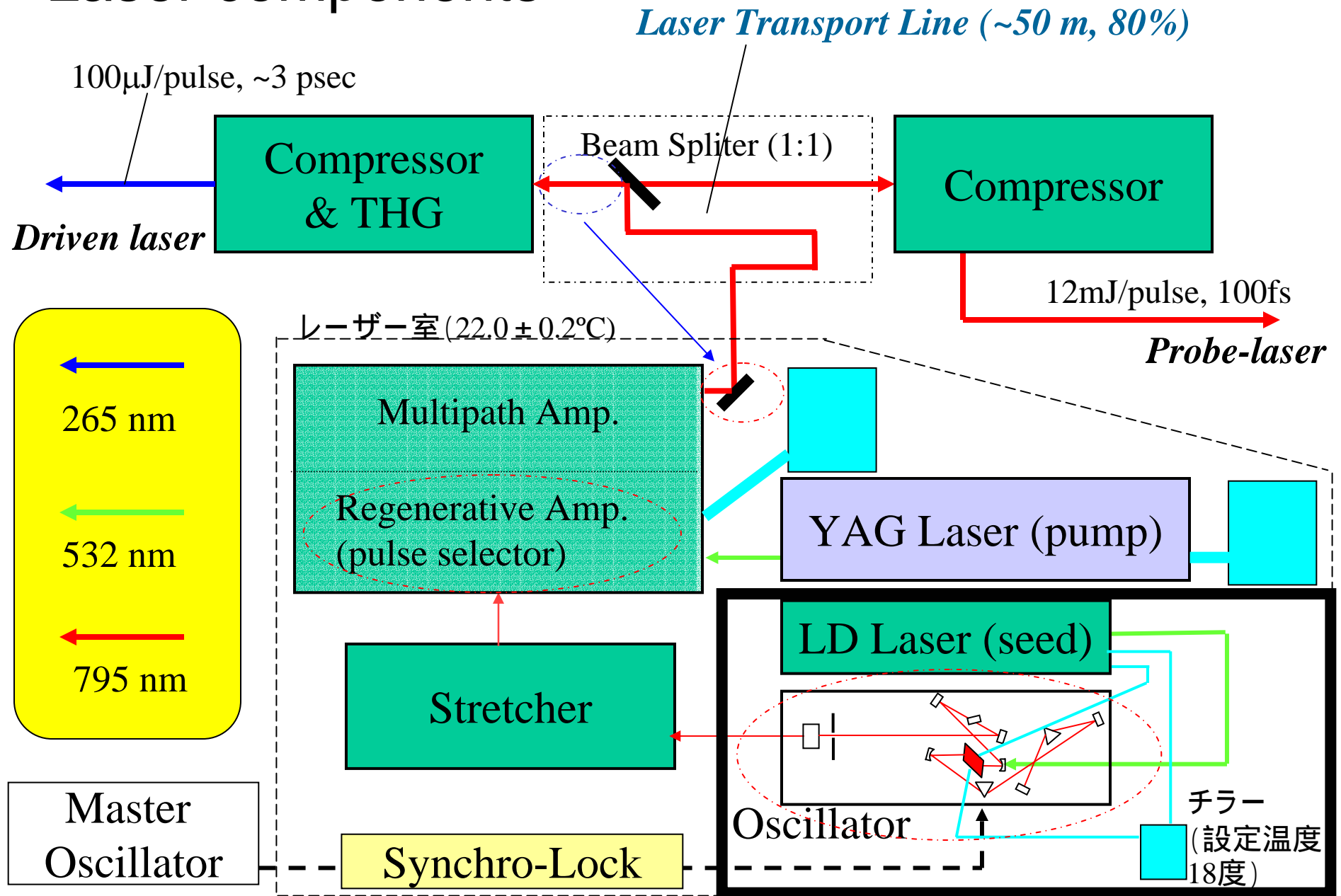
---

- 東大の18Lライナックは放射線化学実験に利用されている。
- サブピコ秒時間領域の放射線化学実験ではレーザー・電子バッチの短パルス化とともにそれらの時間同期精度が重要である。
- また、この同期は測定時間程度(1～数時間)維持される必要がある。
- 現状の我々には同期における長周期成分(1時間前後)のドリフトが最も問題となっている。
- 同期のドリフトはレーザー室の温度変化に強く依存する。
- レーザー室の温度コントロールを更にすすめるとともに…

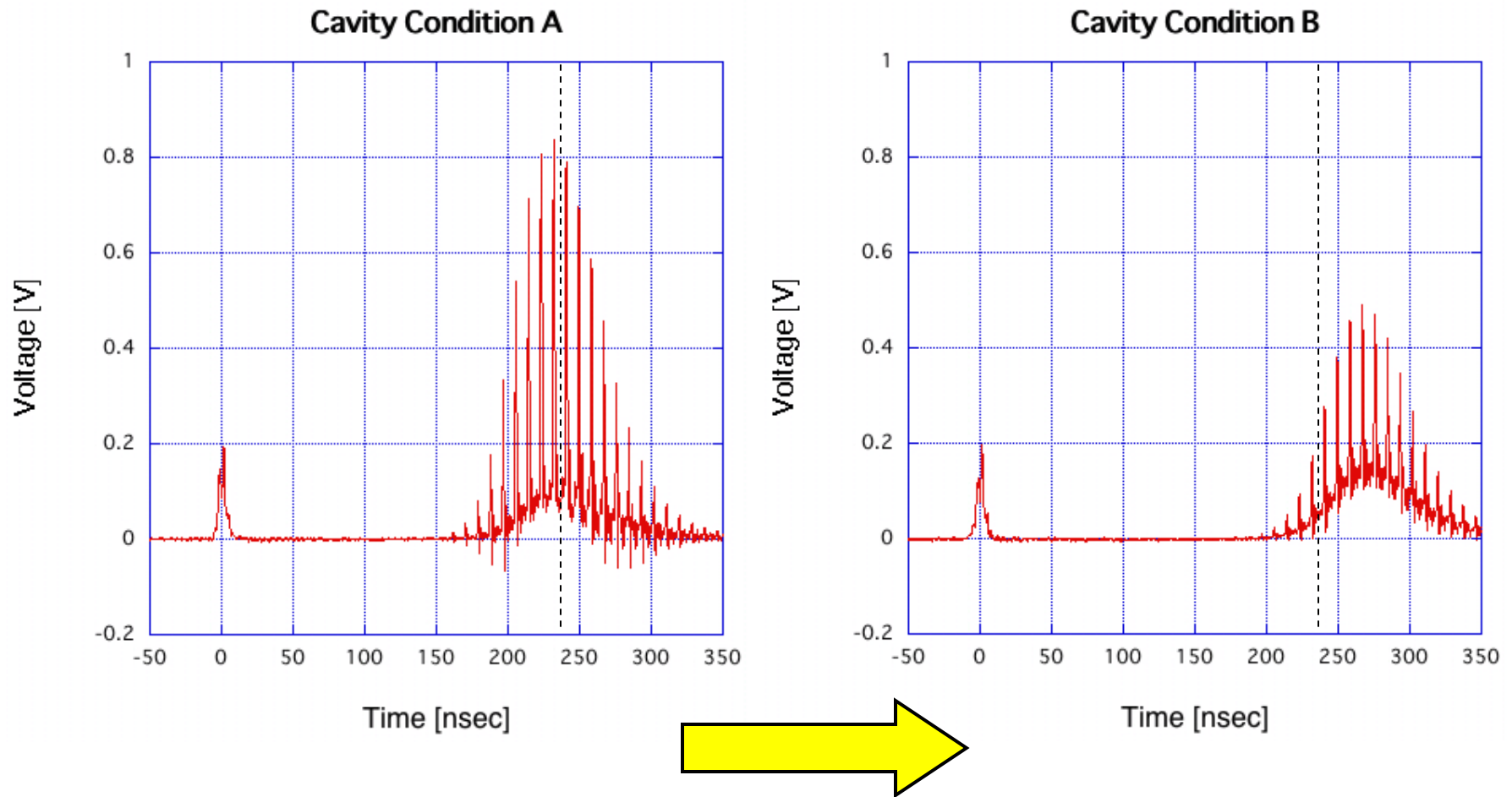


- 新たなフィードバックシステムを構築し、位置・位相を同期させる

# Laser components



# Regenerative Amp. depending on Temperature



*The timing of laser-growth in the cavity also depends on the laser-room temperature. This process causes the laser-power fluctuation.*



# New feedback system (案)

