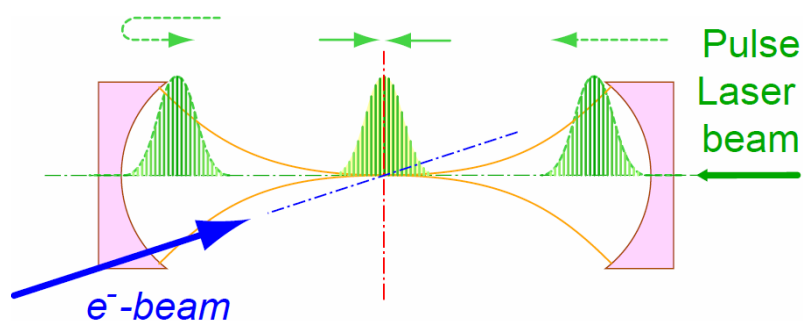
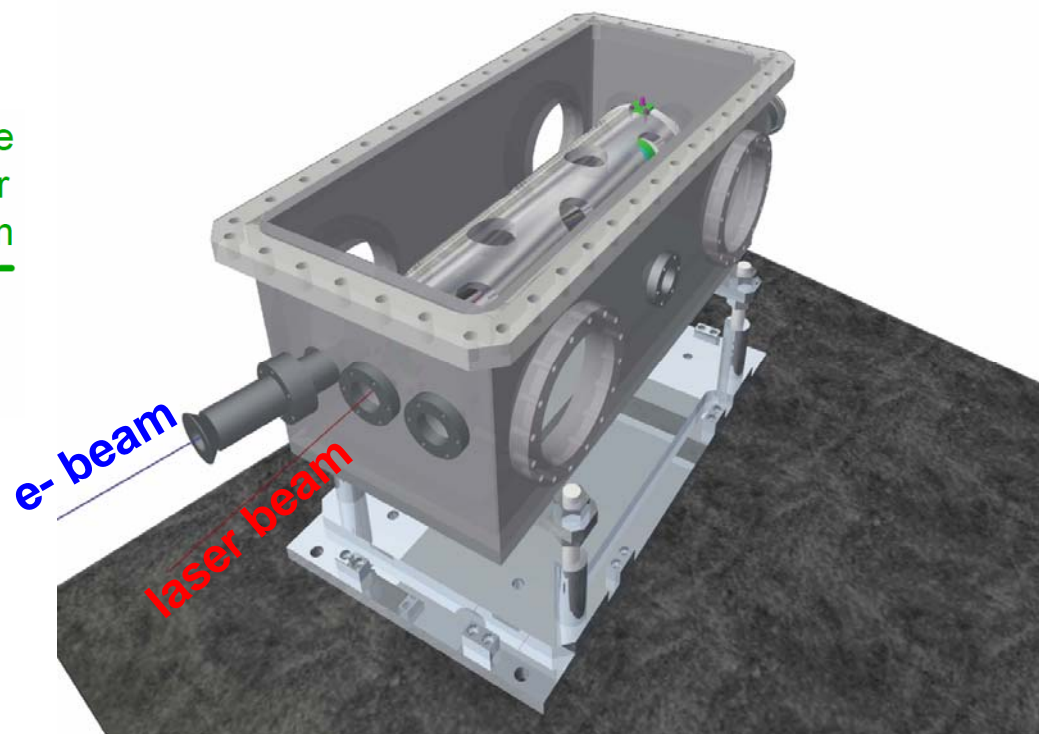


レーザー蓄積装置を活用した国際リニアコライダービーム診断技術に関する融合研究

浦川順治、高エネルギー加速器研究機構



Make a first prototype
2-mirror cavity, $L_{cav} = 420$ mm



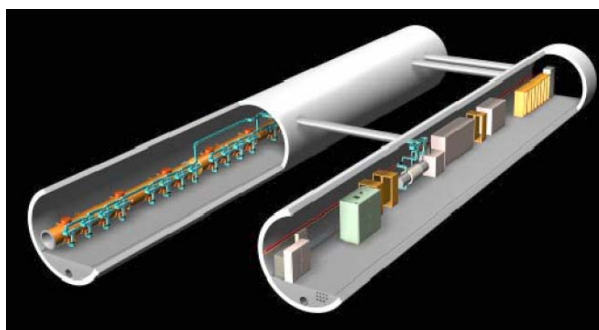
1. 本研究の目的
2. 要素技術開発の手法と現状
3. 成果への展望
4. 本研究の意義

1. 本研究の目的

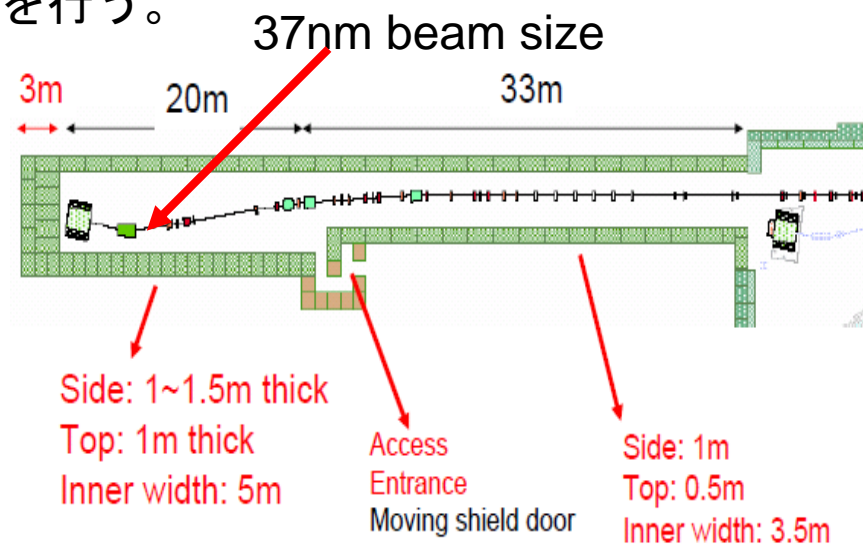
1. レーザーワイヤを使ったビームサイズ測定装置によりILC設計書を2010年末までに完成させる。(国際協力によってビーム診断に関する設計書を書き上げる。)
2. 光共振器中点でサブミクロン、1mJ/pulseを高繰り返し(357MHz)で安定に実現できる小型スーパー光共振器を製作して、その性能を実証する。
3. より実用的な装置開発のために、レーザー絞込みサイズを5 μ m(rms)まで許容することによって、100mJ/pulseを高繰り返し(357MHz)で安定に実現できる小型スーパー光共振器製作を目指す。
4. 国際協力によって、従来型のパルスレーザーワイヤ装置の性能確認と37nm電子ビーム絞込み試験装置のためのレーザーワイヤシステム設計・製作を行う。
5. 安定レーザー干渉モニター製作・試験を行う。

ILC:国際リニアコライダー計画

ILC概念図
(全長35km以上)
ICFA, ILCSC, GDE
宇宙の起源、余剰次元、時空概念の解明



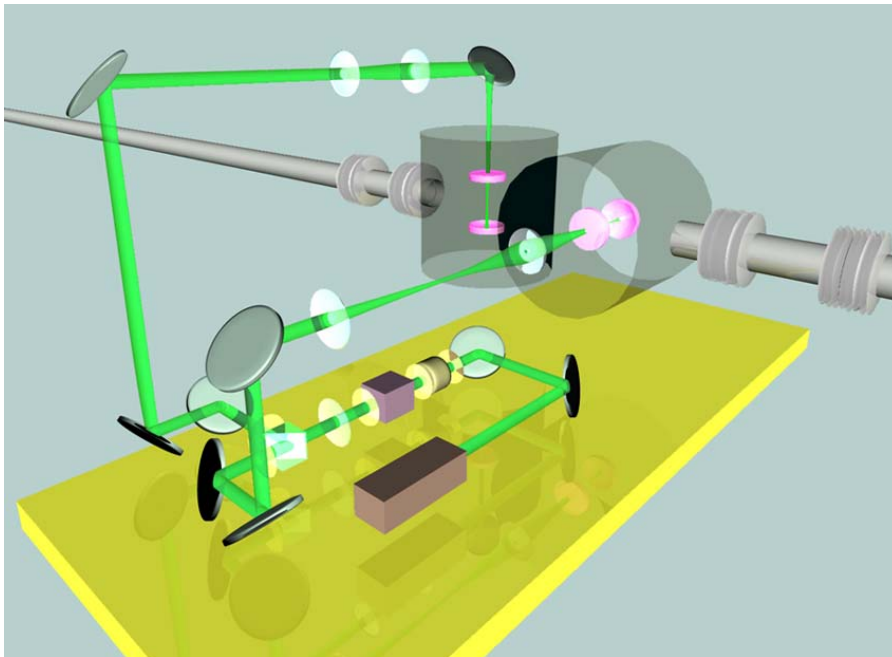
ILC概念図



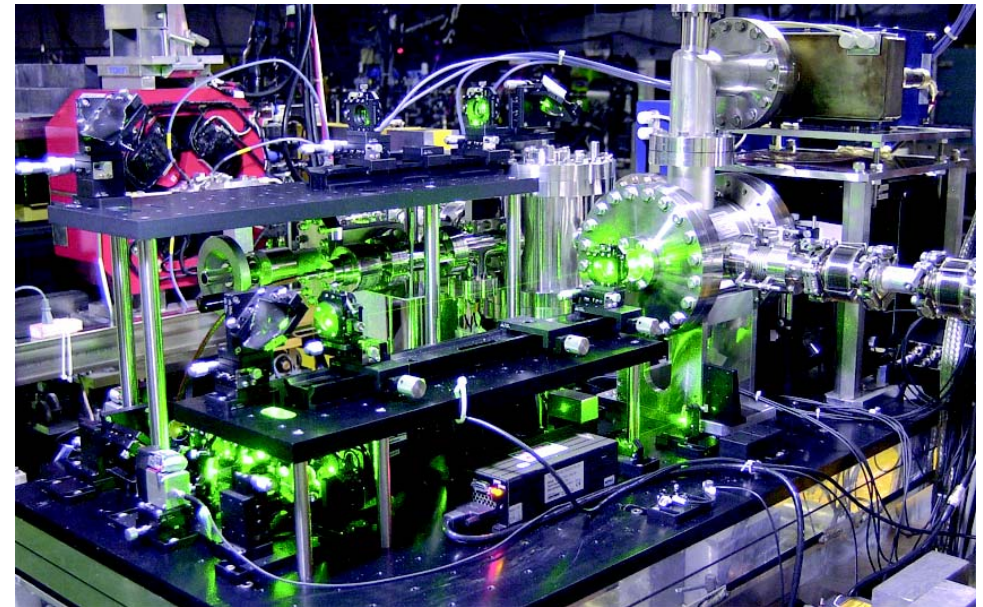
ATF2 Final Focus Beam Line 2

CW laser wire と 40mm光共振器

CW Laser wire beam size monitor in DR

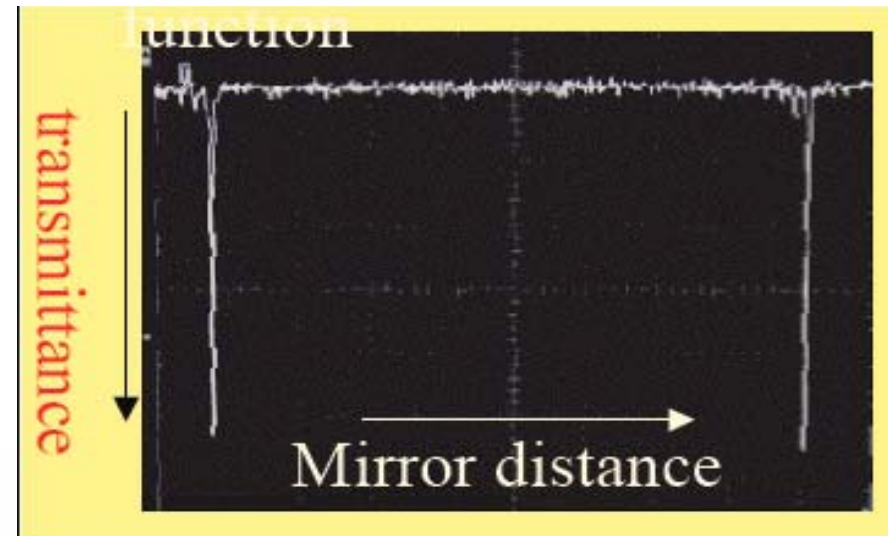
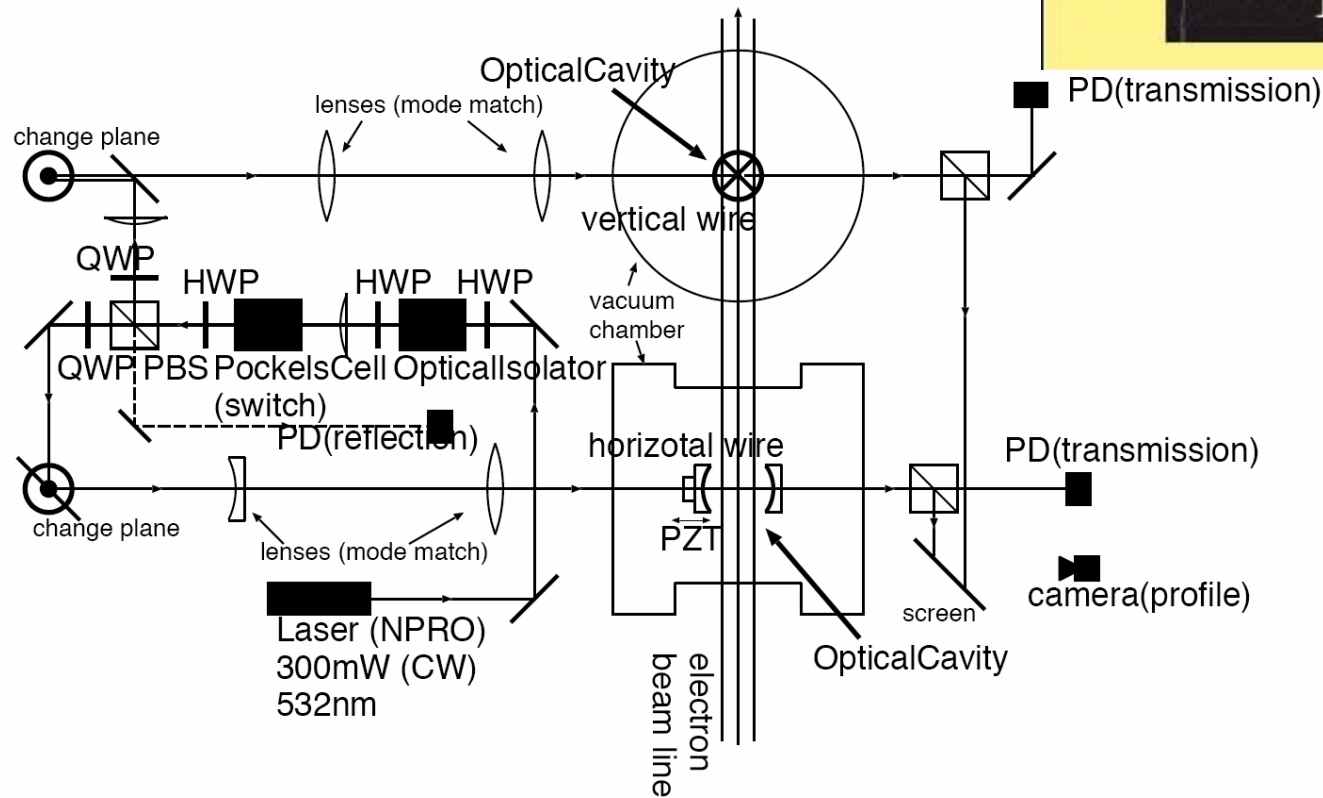


*300mW 532nm Solid-state Laser
fed into optical cavity*

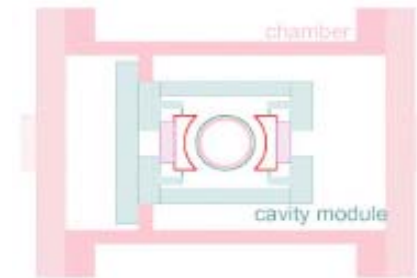


*14.7 μ m laser wire for X scan
5.7 μ m for Y scan
(whole scan: 15min for X,
6min for Y)*

Laser wire block diagram



Free spectral range
: $532\text{nm}/2 = 266\text{nm}$
Line width = 0.3nm



optical cavity resonance is kept by piezo actuator

2. 要素技術開発の手法と現状

Storage of laser pulse

Resonance condition :

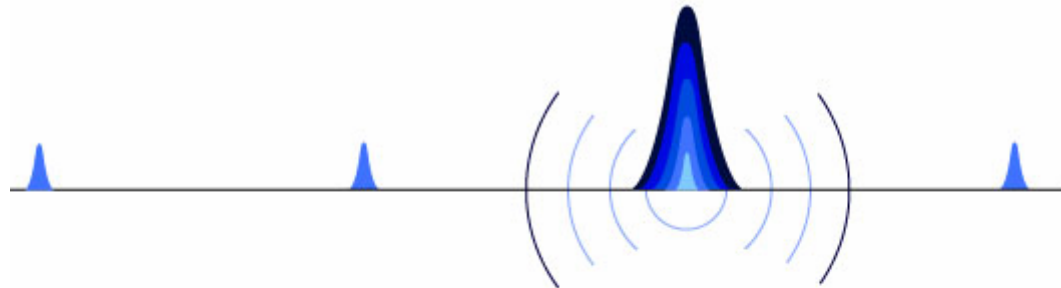
The relationship with
laser and cavity :

$$L_{cav} = n \cdot \frac{\lambda}{2},$$

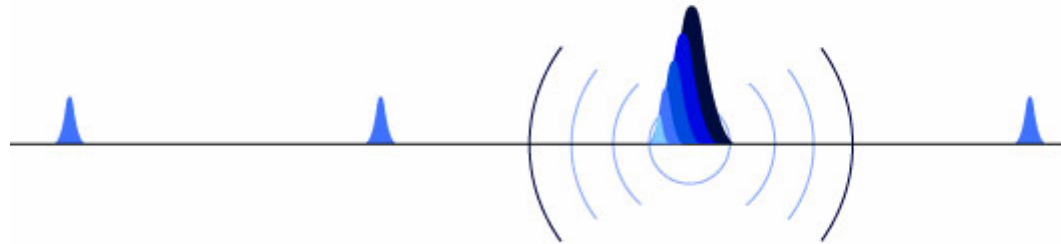
$$\Delta l = L_{laser} - L_{cav}, \quad \Delta l = 0.$$

The enhancement factor
is the function of
reflectivity, Δl and laser
pulse width.

Perfect resonance : $L_{laser} = L_{cavity}$



Imperfect Resonance : $L_{laser} \sim L_{cavity}$

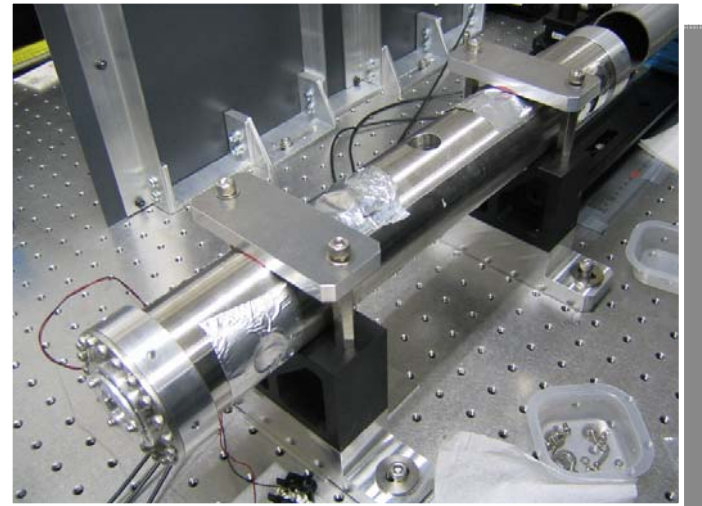


Not resonance : $L_{laser} \neq L_{cavity}$



Ext. Cavity:

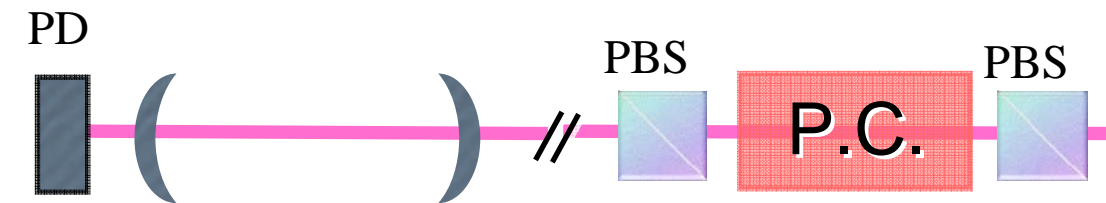
Cavity:	Super Invar
Cavity length:	420mm
Mirrors:	
Reflectivity:	99.7%, 99.9%
Curvature:	250 mm ($\omega_0 = 180 \mu\text{m}$)



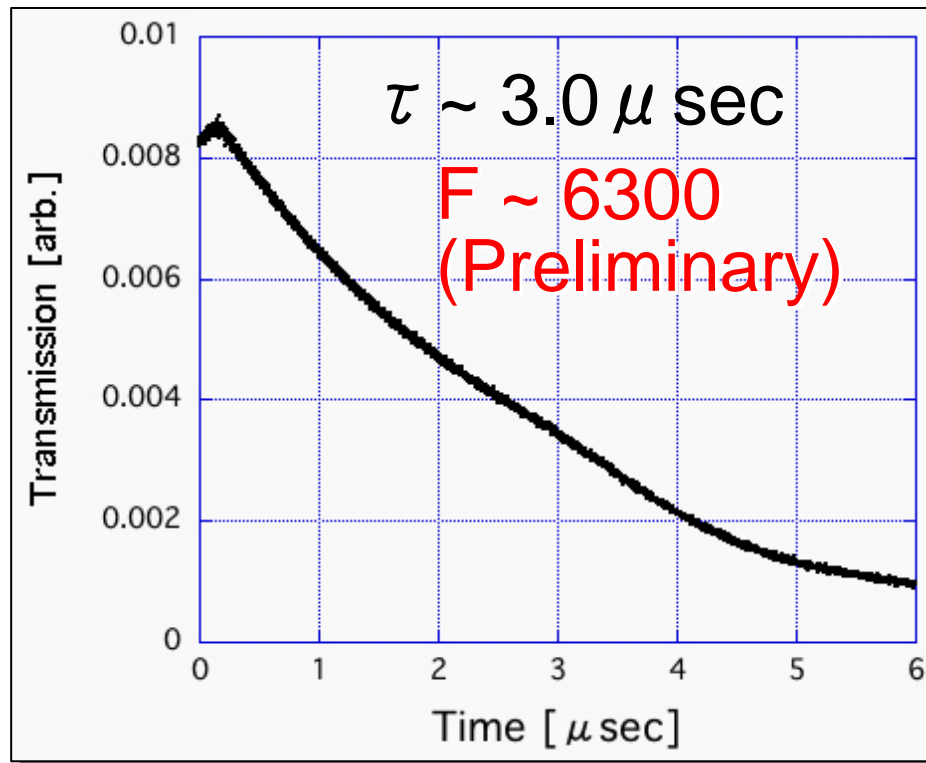
- Finesse: $R = 99.98\%$

$$\text{Finesse} = \pi \tau c/l$$

τ : decay time
 c : light verocity
 l : cavity length



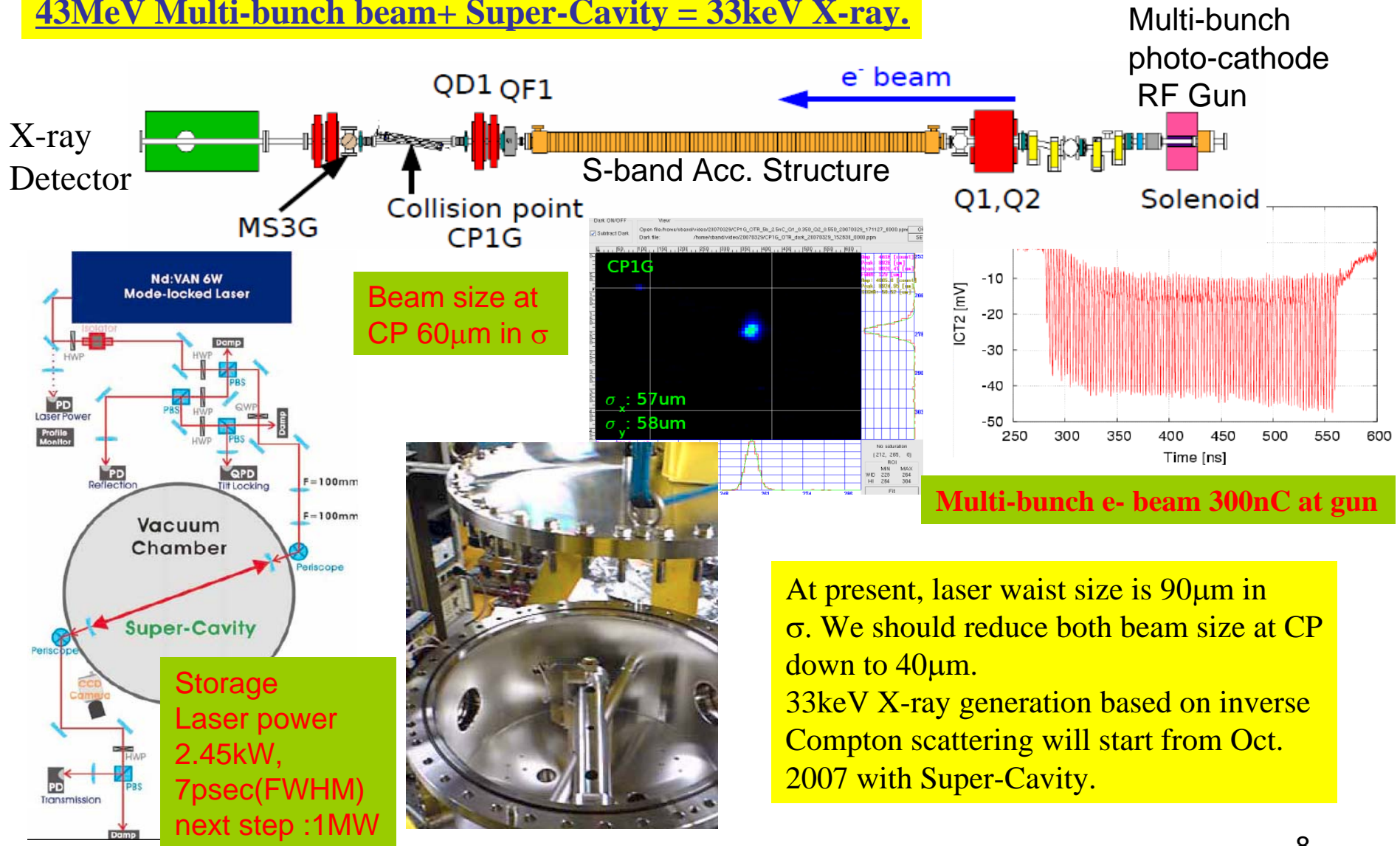
Trans.



More than 3000倍。
 実際はOptical MatchingやMode Locking noiseの問題があるので、現状1000倍程度にしてX線生成実験をシステムの信頼性確認のために行った。

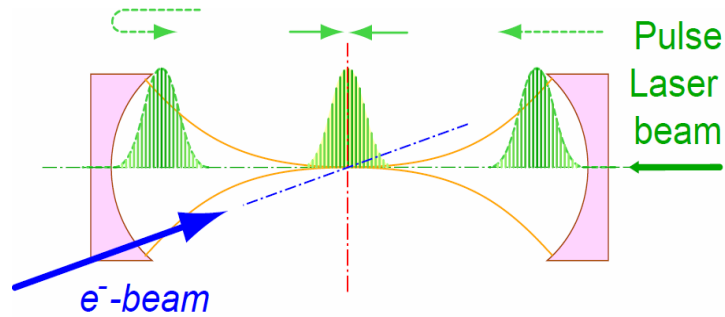
Laser Undulator Compact X-ray (LUCX) Project at KEK-ATF

43MeV Multi-bunch beam+ Super-Cavity = 33keV X-ray.



2007年秋から行う
実験計画。
Waist Size 20 μ m

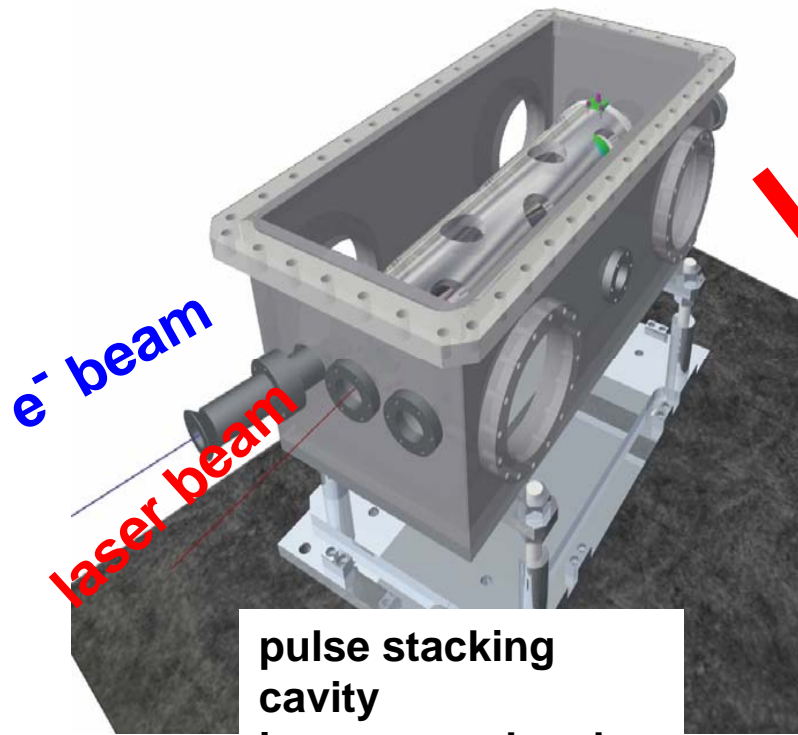
γ -ray Generation with Laser Pulse Stacking Cavity (Hiroshima-Waseda-IHEP-KEK)



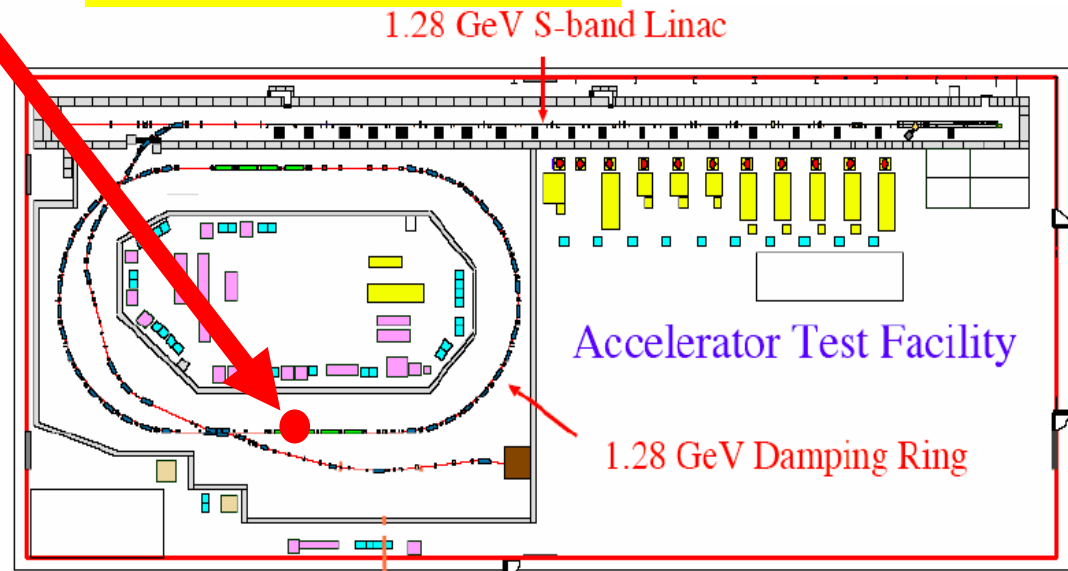
1. Achieve both high enhancement & small spot size
2. Establish feed-back technology
3. Achieve small crossing angle
4. Get experience with e⁻ beam



Pulse stacking cavity
 $L_{cav} = 420$ mm



pulse stacking cavity
in vacuum chamber

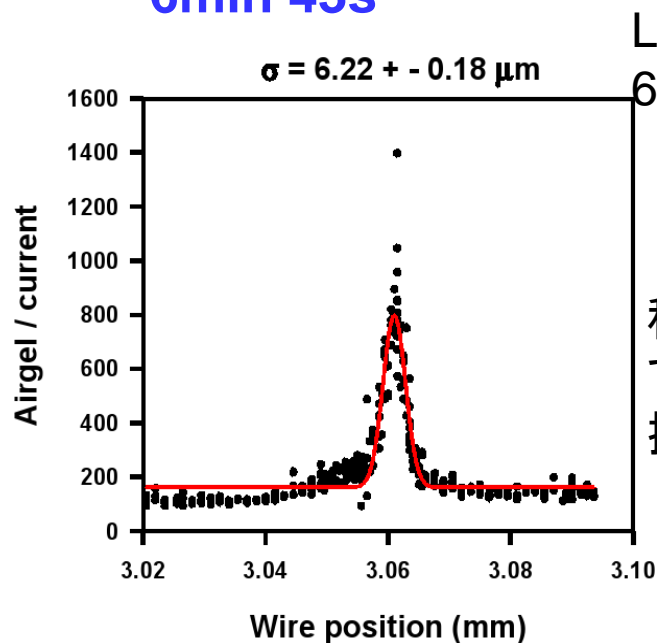


Accelerator Test Facility

1.28 GeV Damping Ring

Laser-wire at ATF-EXT By Grahame Blair (RHUL) et al.

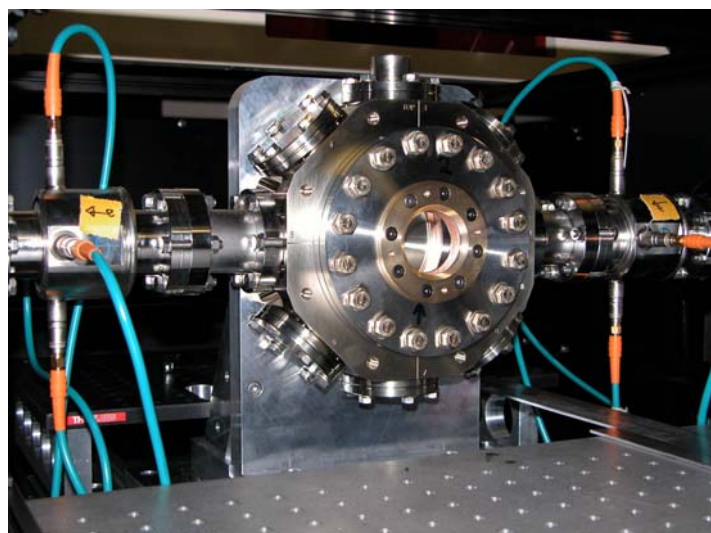
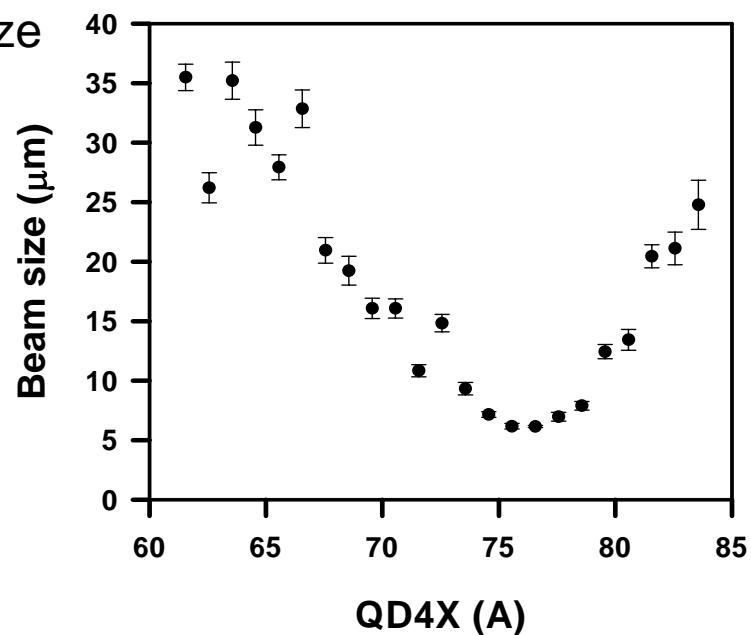
6min 43s



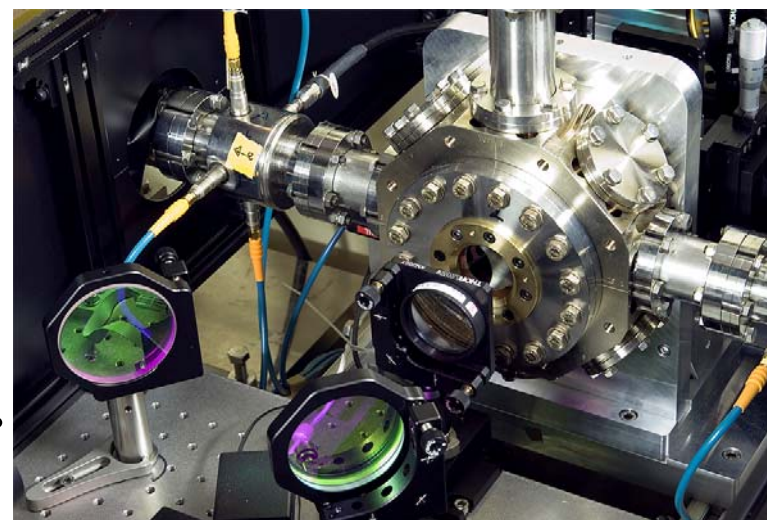
Laser waist size
6 μm 達成。



秋からの実験
で1 μm 以下に
挑戦する。

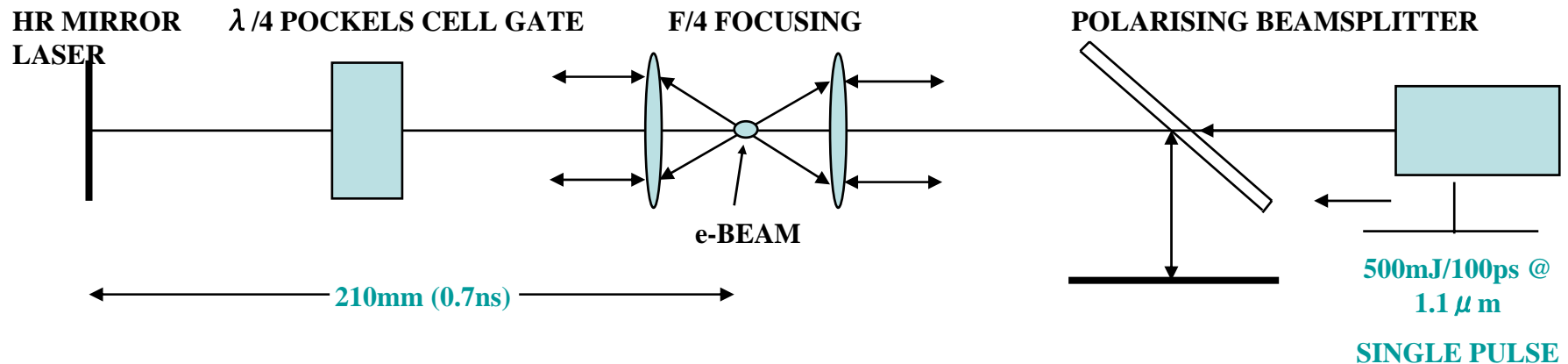


**Modify optical
lens to realize
sub-micron
laser waist size.**



New Idea by UK

Use a Misaligned Multipass Cavity



Mirror spacing determines the inter-pulse interval to match to 2.8ns

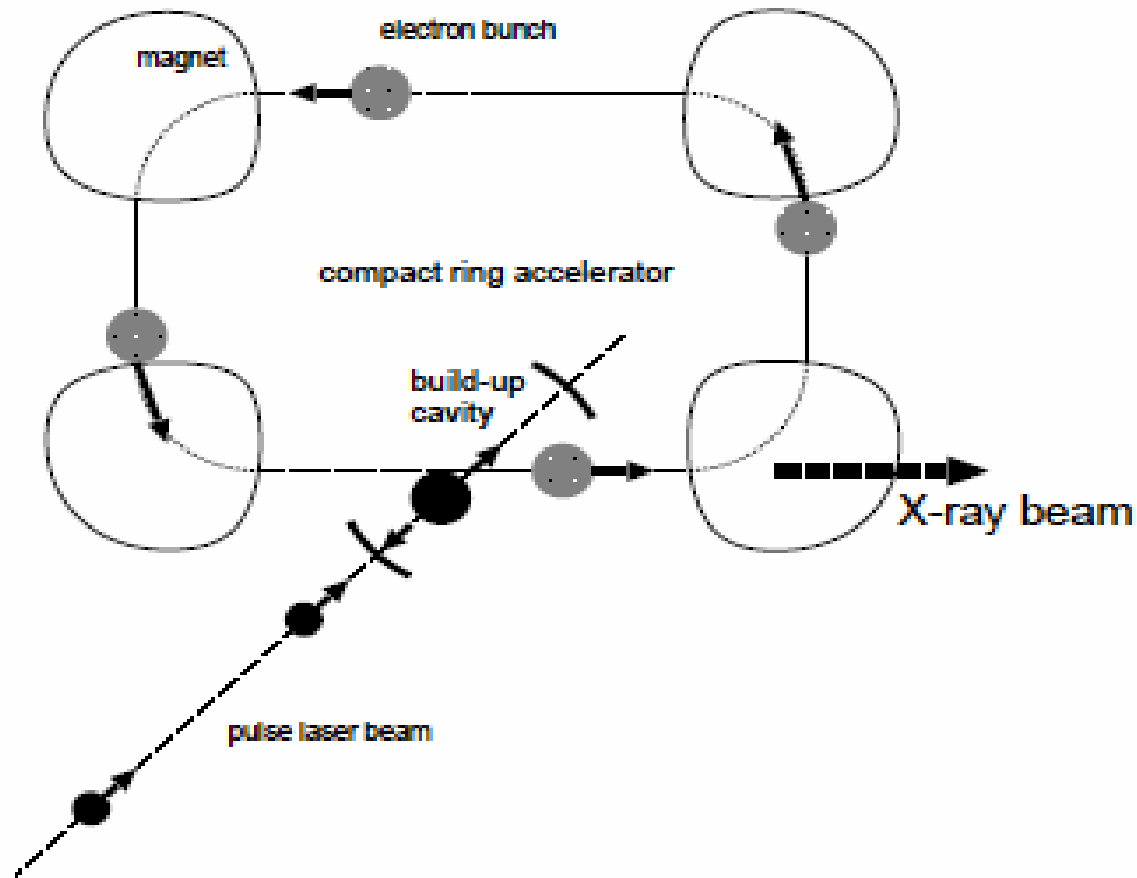
Slight mirror tilt from perfect auto-collimation or slight shear of one lens gives scanning with equally spaced foci and a controllable spacing

PC gate switches pulse into cavity

Need to keep round-trip losses very low to ensure sufficient passes at sufficient power

Other designs possible

3. 成果への展望



$>10^{13}$ photons/sec, $>33\text{keV}$, 1% energy spread

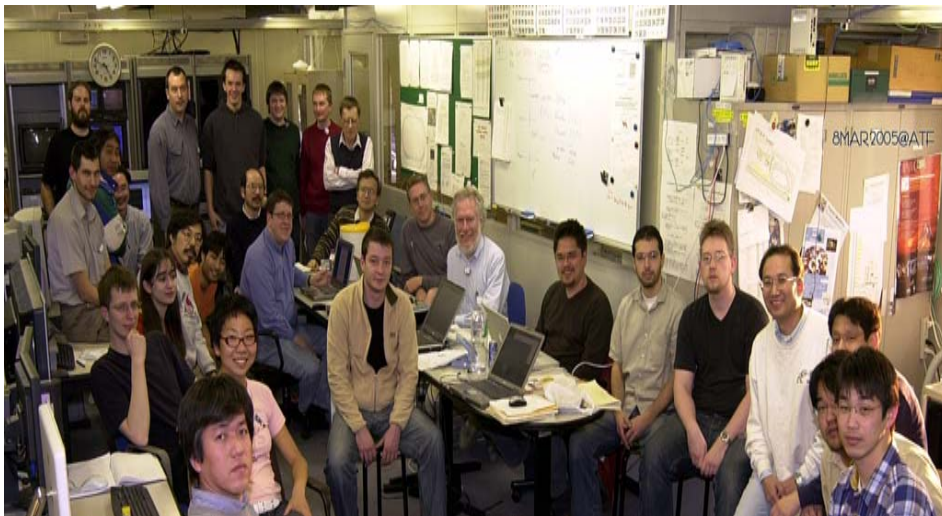
小型高輝度X線源開発(周長10m程度)と実用化の可能性。

タンパク質構造解析用X線源、心臓冠状動脈造影(コ罗纳リーアンジオグラフィ)、超精密マイクロリソグラフィなど⁴²。

4. 本研究の意義

波及効果、国際的な研究者教育、ILC計画のリーダーシップ

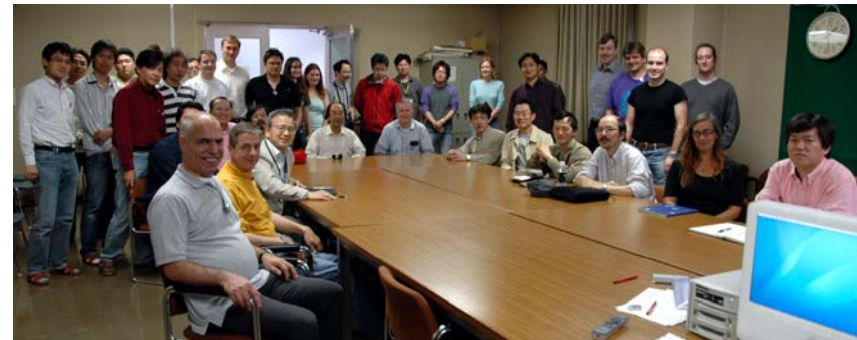
国際性豊かな若手研究者を育成する。



アメリカ、ヨーロッパ、ロシア、中国等からの研究者、国内大学院生、若手研究者。KEK先端加速器研究施設制御室にて(2005.3.9)。



2007.5 ATF Control Room at 4:30pm

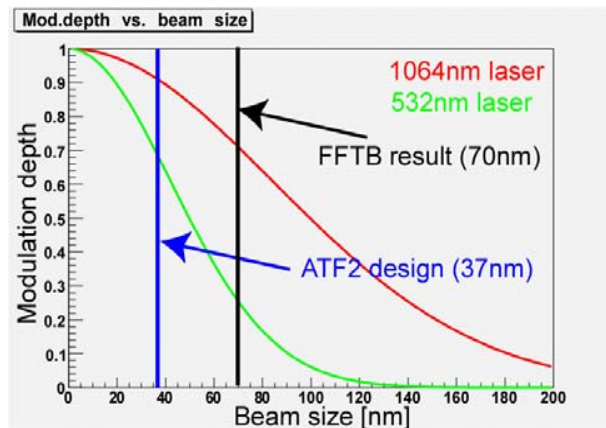
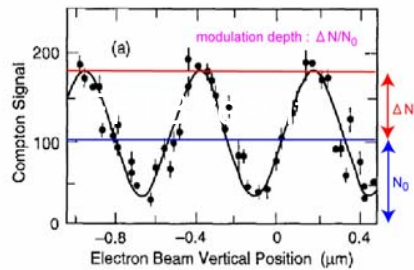
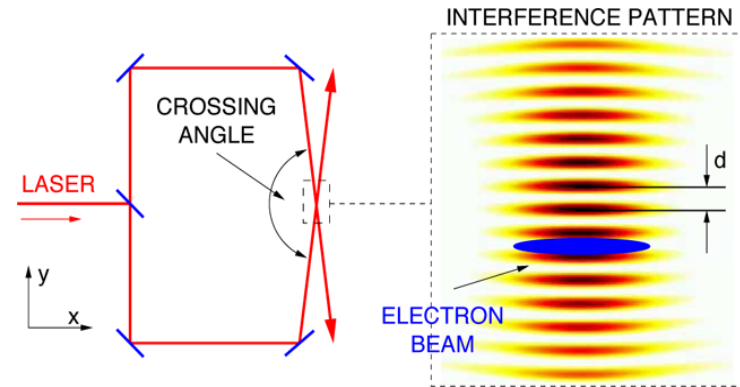


2007.4 ATF月曜打合せにて、

ILC計画のリーダーシップ

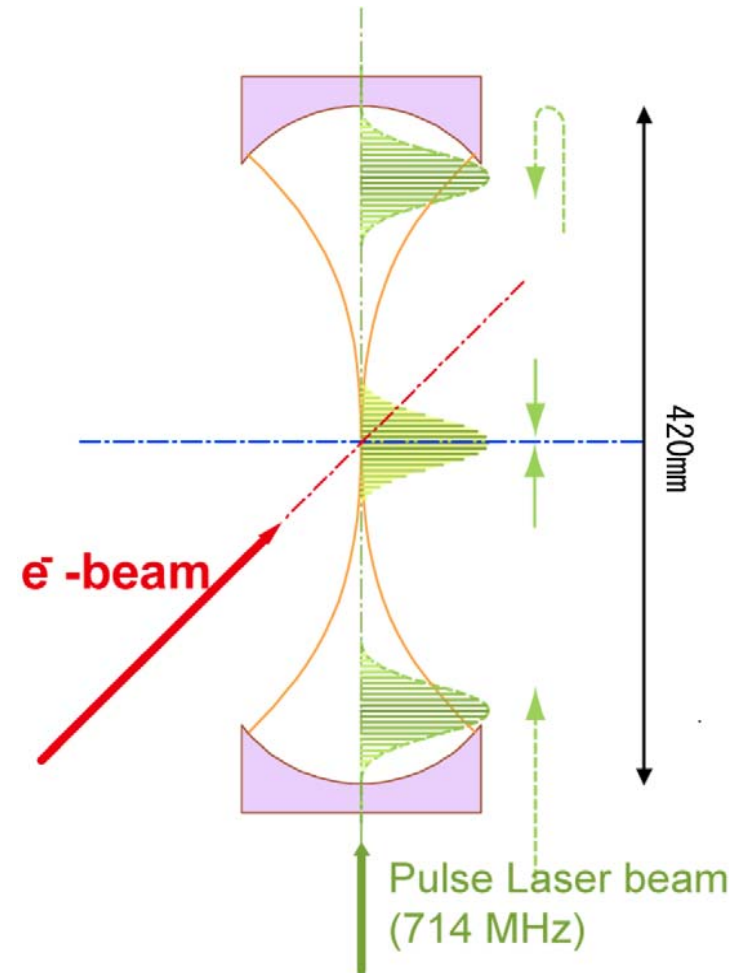
Laser Interference Monitor

FFTB ~70nm -> ATF2 37nm



先端加速器技術開発のためのビーム物理学の研究。
ナノメーター電子ビームの生成実証試験。ATF2計画は国際協力で、100名以上の研究者によりKEKで行う。レーザーワイヤー研究開発は若手研究者を引き付けている。

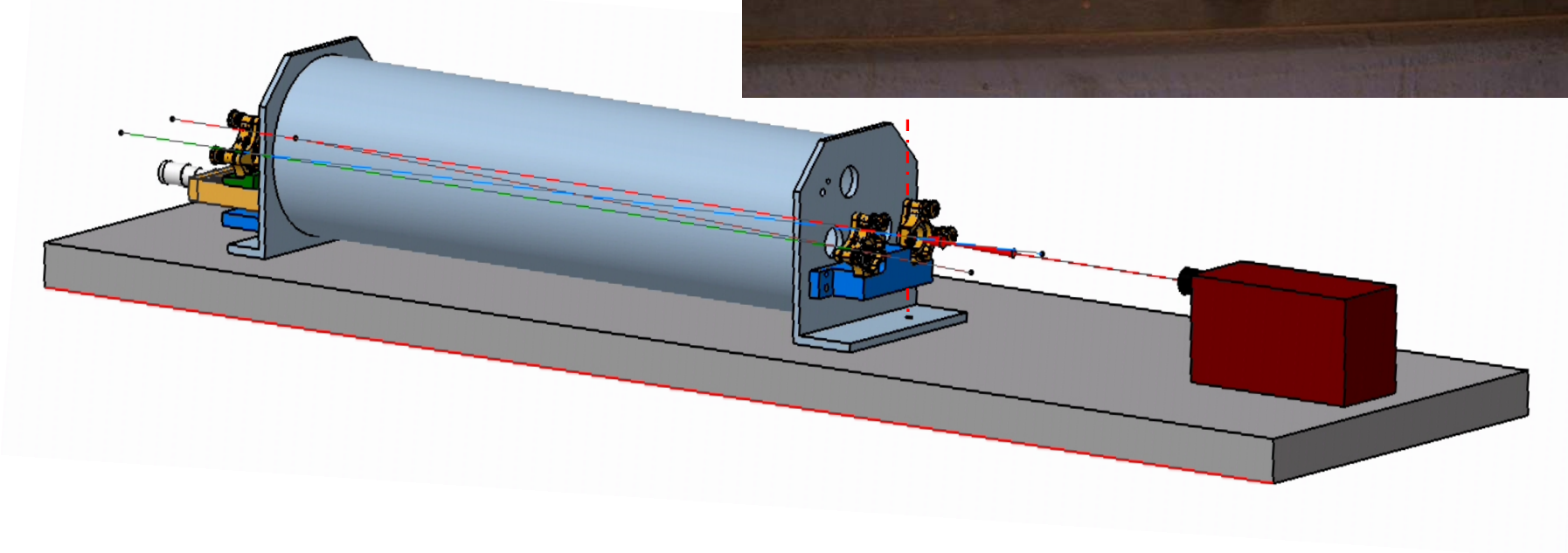
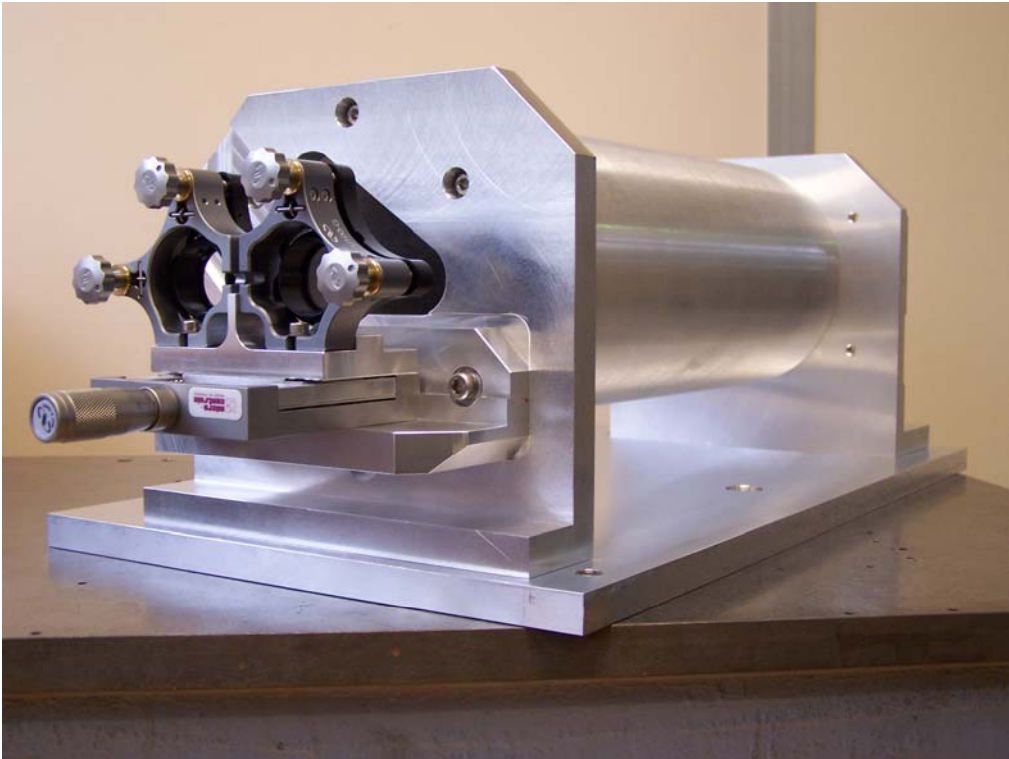
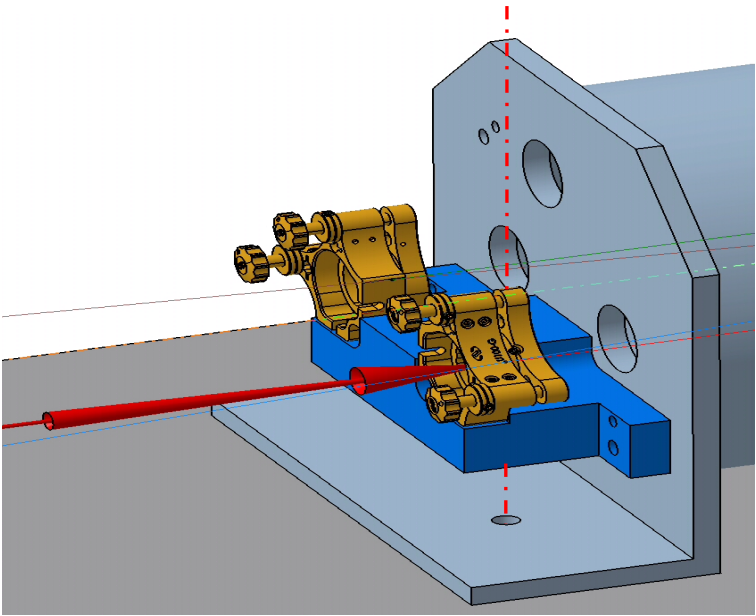
右の図は、2レーザーパルスを420mm Optical Cavityに蓄積した場合、衝突点で干渉縞が作れる可能性を示している。これは申請書を提出した後に考え付いたアイデアである。レーザーと加速器の融合分野は新しい技術を生み出す。本装置の特性測定はATF2の収束ビームを使って行う予定。



参考資料

2枚ミラーと4枚ミラー光共振器の比較検討資料
(共心型(Concentric)と共焦点型(Confocal)光共振器の検討)

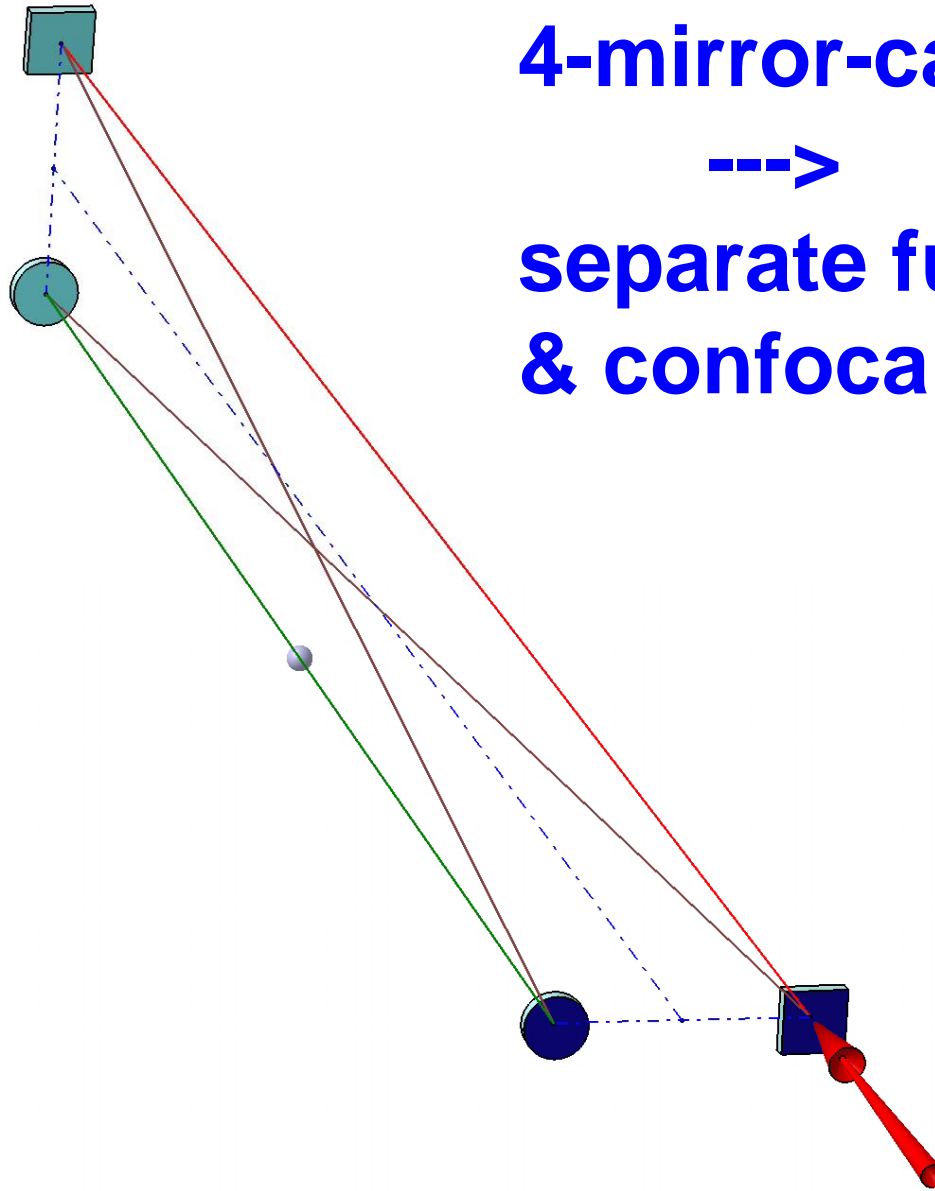
Non planer cavity with 4 mirrors in LAL



4-mirror-cavity

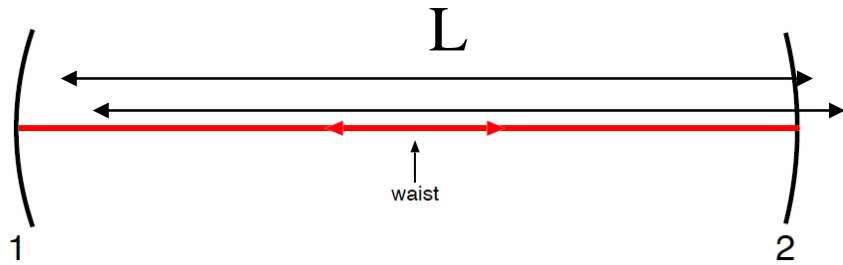


**separate functions
& confocal configuration**

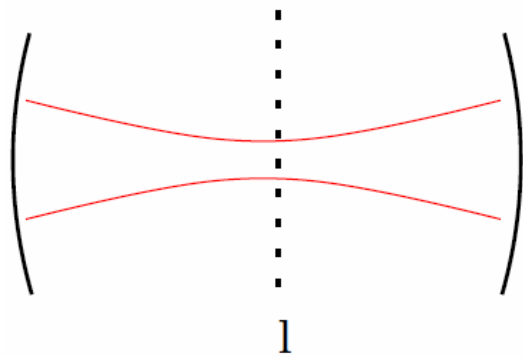


2-mirror cavity

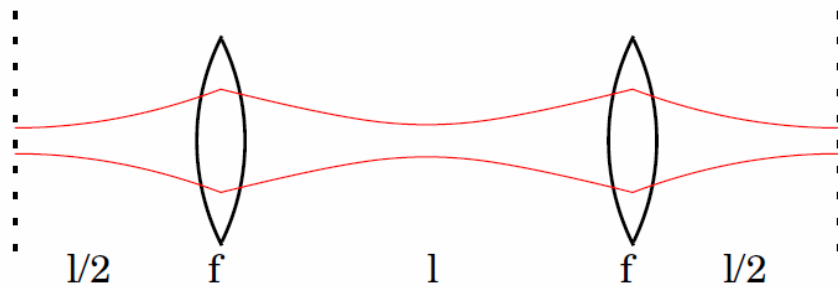
$$R_1=R_2=L/2$$



waist



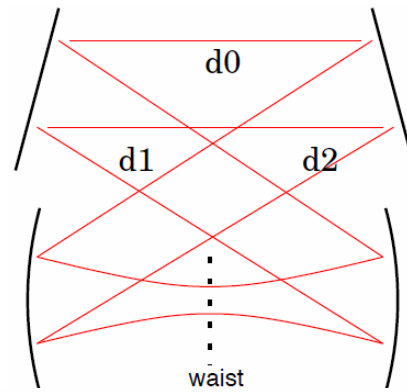
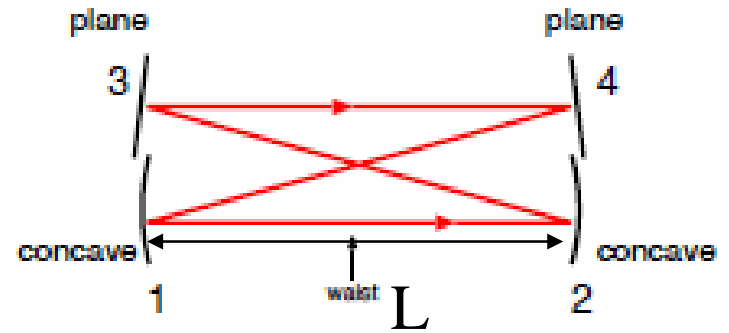
waist



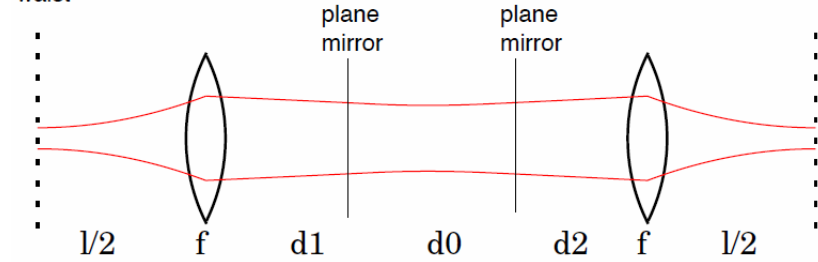
concentric

4-mirror cavity

$$R_1=R_2=L$$



waist



confocal