ILC加速器のデザイン・ R&Dの状況と建設までの道のり

- ・電子・陽電子コライダーの簡単な歴史
- ・リニアコライダーの開発
- •ILCの構成
- •今後の課題

横谷 馨 2013.10.3 加速器科学奨励会特別講演会 アルカディア市ヶ谷

Collider(衝突型加速器)の歴史

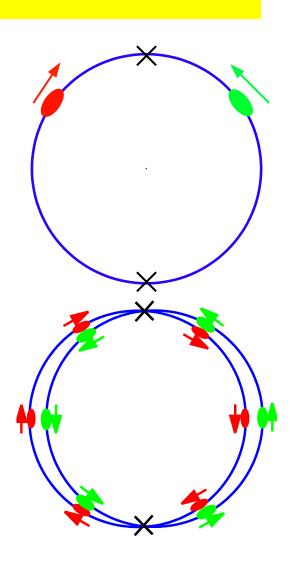
標的に当てる場合、ビームエネルギー Eと重心系エネルギーE_{CM} の関係は

$$E_{CM} = \sqrt{(mc^2)E}$$

• ビーム同士を衝突させると

$$E_{CM} = 2E$$

- E_{CM} >> mc² になると衝突型がは るかに有利になる
- 電子・陽電子、陽子・反陽子のように質量が同じで電荷が逆の場合、1つのリングですむ
- その後、2つのリングで多数の バンチを衝突させるようになった



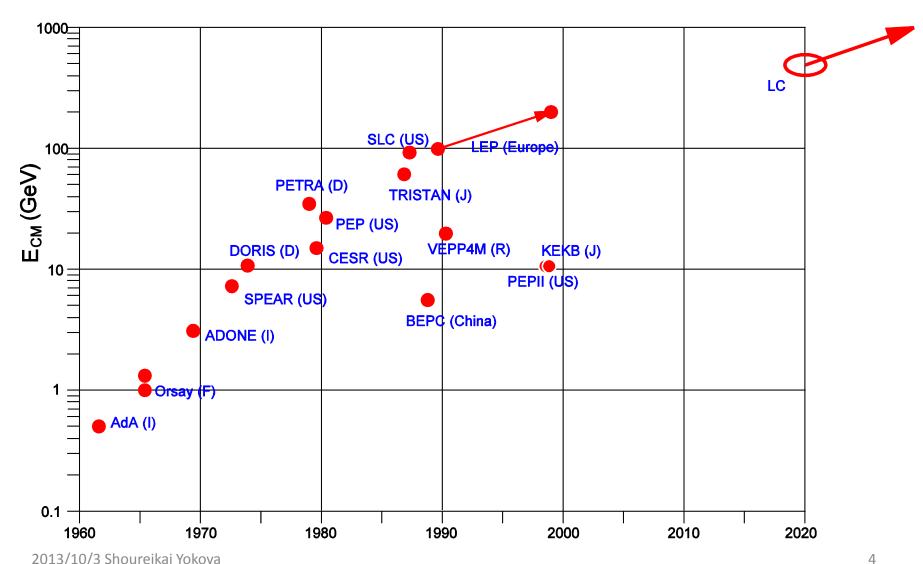
最初の電子・陽電子コライダー

- 最初の衝突型加速器は 1964年にフランスOrsayで 衝突実験を開始したAdA
 ✓軌道半径 65cm、 E_{CM} = 0.5GeV
- その後多数のリングコライダーが建設された

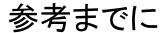




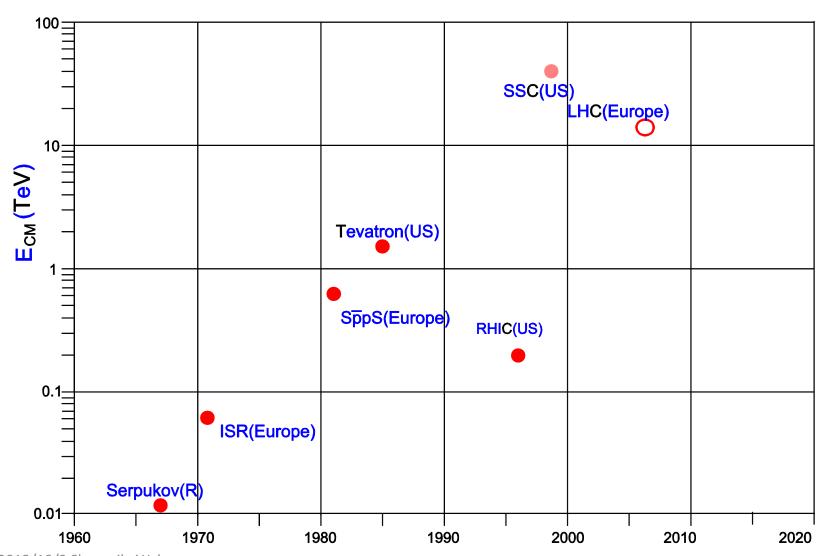
Evolution of Electron-Positron Colliders



2013/10/3 Shoureikai Yokoya



Evolution of Proton/Antiproton Colliders

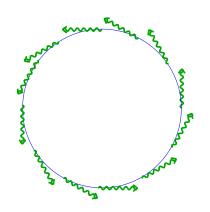


2013/10/3 Shoureikai Yokoya

シンクロトロン輻射

- 荷電粒子は軌道が曲げられると光子を放出してエネルギーを失う
- 単位時間のエネルギー損失は 1/m4 に比例
- 電子(陽電子)の場合、リングー周あたりのエネルギー損失は

$$U = 0.088 \frac{E^{4} [\text{GeV}]}{\rho[\text{m}]} \quad [\text{MeV}]$$



- リング型コライダーのエネルギー限界はこれで決る
- ただし、わるいことだけではない
 - 放射光の光源として使える
 - リニアコライダーでは、減衰リングに使える
- 一方、陽子のコライダーのエネルギー限界は磁場で決っている

LEP: 最大のリング型コライダー

- LEP (Large Electron-Positron Collider)
 - CERN
 - 1983年建設開始、1989年運転開始
 - 1周27km
 - 最終的にビームエネルギー約100GeVE_{CM} = 209 GeV
 - 2000年終了



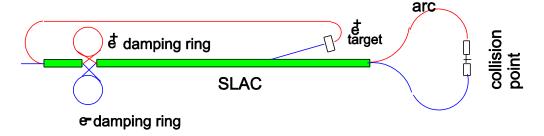
電子・陽電子 リニアコライダー

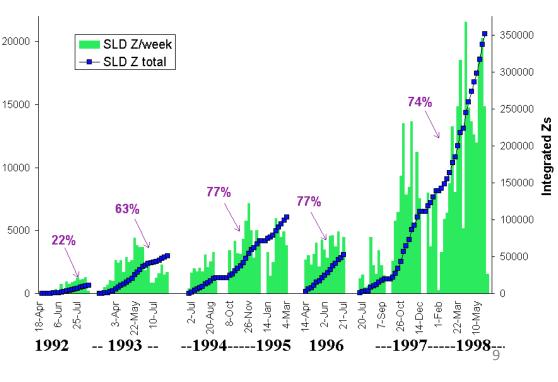
- リングコライダーはシンクロトロン輻射による 限界がある
 - LEP は E_{CM} = 209GeV まで
- これ以上のエネルギーではリニアコライダー しかない
- 1960年代はじめに提案

electron linac positron linac

SLC: 最初のリニアコライダー

- 単一リナックによるリニアコライダー
 - ビームエネルギー 46GeVなら、1周回すことは可能
- SLACにおいて 1987 に 完成
- 1989年4月に最初の Z⁰ event
- LEPとの競争
- 偏極電子ビーム(~80%)
- 1998年に運転終了
- luminosity 3x10³⁰ /cm²/s (設計値 6x10³⁰)





Stanford Linear Accelerator



Linear Collider O Technical Challenge

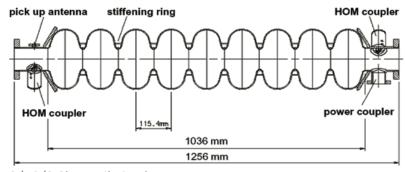
- Ring colliderと違う点は、single passであること
 - 加速装置を1回しか通過しない
 - 1回限りの衝突でビームは捨てられる
- ・このため2つの課題が発生する
 - 高加速勾配
 - 装置全長は加速勾配で決る
 - 微細ビーム
 - ・ビームの衝突頻度が低い
 - 高いルミノシティを得るには衝突点でビームを小さくする必要がある

高勾配加速

- リニアコライダーの本格的開発は1980年代に 始った
 - 日本・アメリカ・ドイツ・ソ連・CERNなど
- 当初は、プラズマ加速などの新しい方式の可能性が議論されたが、いずれも時期尚早で、結局 従来のマイクロ波加速に落着いた
- マイクロ波線型加速器は、常伝導・超伝導に大 別される
 - 常伝導:高勾配にしやすい
 - 超伝導:電力効率がよい
- ・ 2004年に、国際的に超伝導一本化
 - ILCのスタート

電子・陽電子をどうやって加速?

- ニオブという特殊な金属で下図のような空洞をつくります (長さ1.3m)
- これを零下271度(絶対温度2度)に冷します
- これにマイクロ波を通します
- 正しいタイミングで電子・陽電子を通すと加速されます
- ILCではこのような空洞を16000台並べます





加速空洞を超伝導化すると

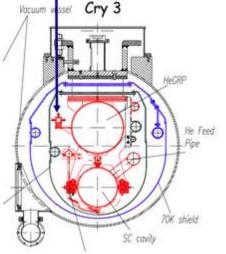
・ 超伝導化により

- 高周波(表面)抵抗が小さい
- パワーロスが小さい
- Q値(蓄積エネルギー/エネルギー 損失)が大きい
- 周波数を低く、口径を大きく
- ビームロスが少ない(スクレー パー等が少ない)

・ 低温化の為に

- クライオスタット(断熱真空容器 が必要)
- 冷却、冷凍機の電力

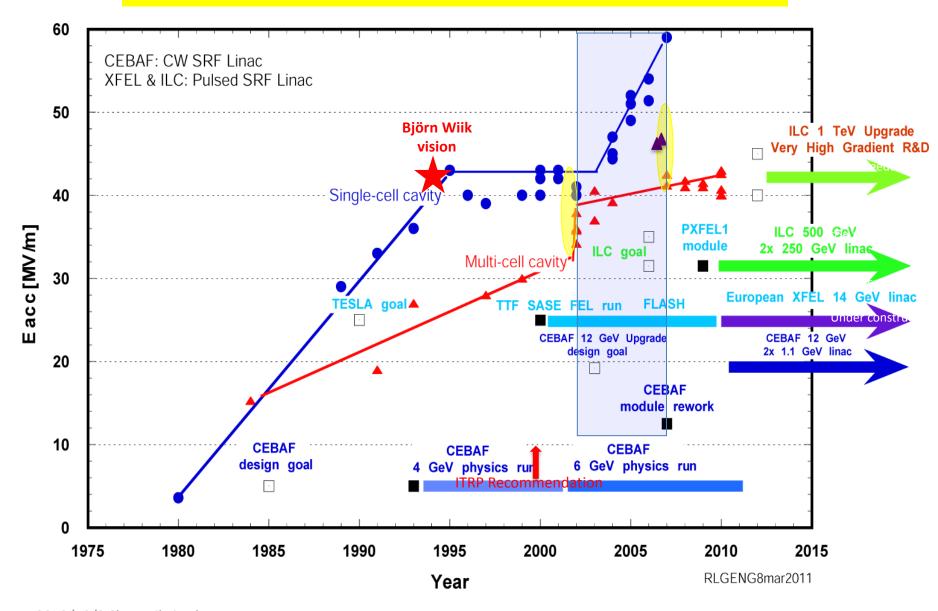






2013/10/3 Shoureikai Yokoya

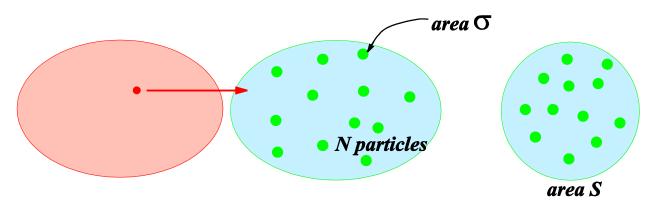
超伝導加速空洞の加速勾配の歴史



2013/10/3 Shoureikai Yokoya

ルミノシティ

•The issue is the event rate



Number of events/sec = $\mathcal{L}\sigma$

$$\mathcal{L} = f_{collision} \frac{N^2}{S}$$

For Gaussian beams

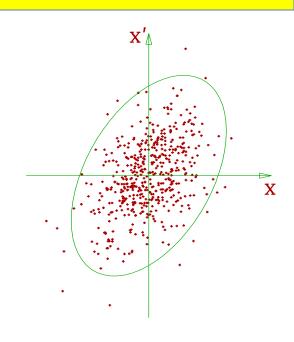
$$\mathcal{L} = f_{rep} \frac{n_b N^2}{4\pi \sigma_x^* \sigma_y^*}$$

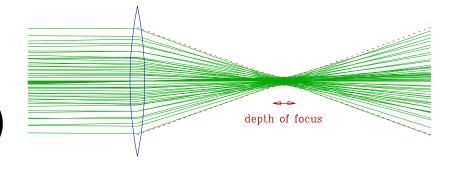
Colliders demand small beams

微細なビームを得るには

- A) エミッタンスの小さな ビームを作る
 - ✓ エミッタンス=ビームの 大きさ X 方向の拡がり
- B) エミッタンスを劣化させ ずに加速する
- c) 衝突点で小さく絞る

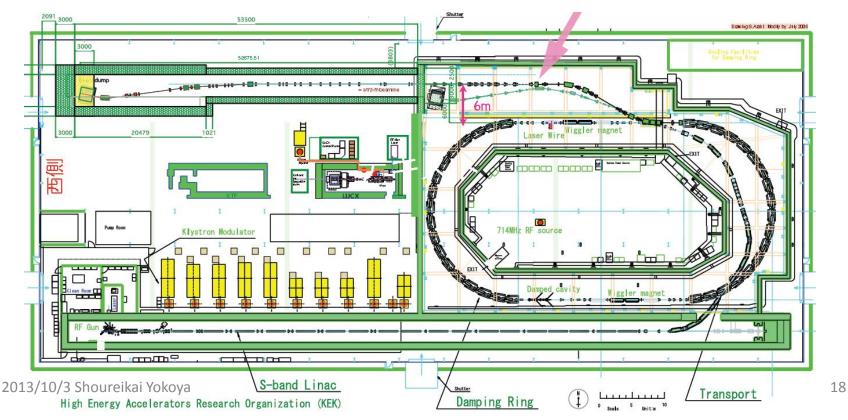
A)C) のために、KEKではATF (Accelerator Test Facility) を建設した



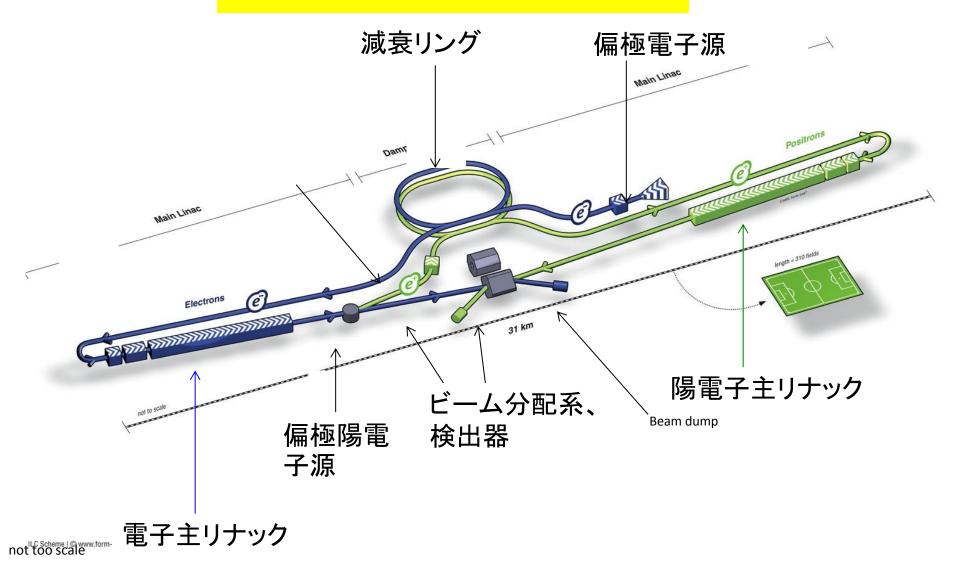


ATF

- JLCの減衰リングのプロトタイプとして1993年に建設、
- Y方向エミッタンス~4pm を達成
- 2005年からはILC用のテストベンチとして国際的MoUのもとに 運営。
- その後 ATF2用のビーム源として活用



ILC のレイアウト



2013/10/3 Shoureikai Yokoya

加速器の構成

- 電子源
- 陽電子源
- 減衰リング (DR, Damping Ring)
- RTML (Ring To Main Linac)
- Main Linac
- BDS (Beam Delivery System)

これらの基本的構成はSLCで最初に考案されて以来変更はない

基本的ビームパラメータ(baseline, 5Hz)

繰り返周波数 5Hz パルスあたりバンチ数 1312 バンチあたり粒子数

バンチ間隔

バンチ長

2x10¹0

554 ns

 $0.3 \, \text{mm}$

水平エミッタンス

垂直エミッタンス

衝突点水平ビームサイズ

衝突点垂直ビームサイズ

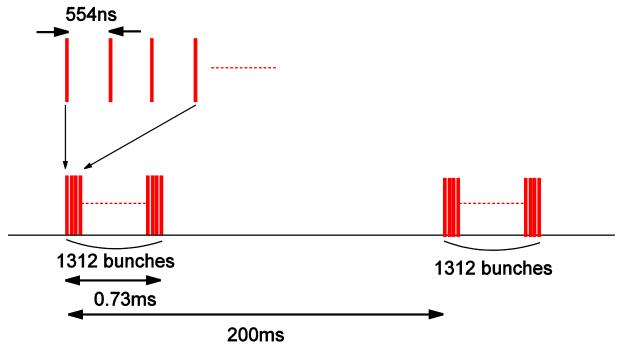
10 mm

35 nm

474nm

5.9nm

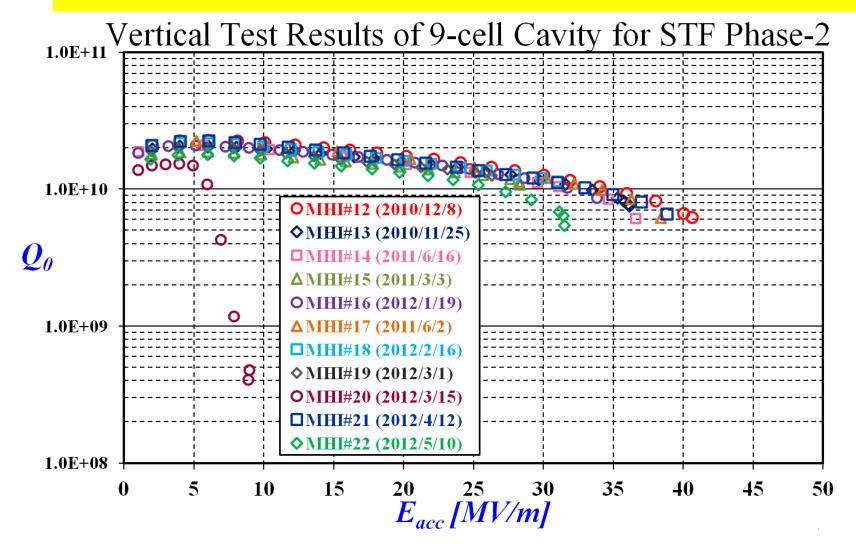
Beam Pulse Structure (Low Power)



Main Linac

- Key area of ILC
 - 長さ 11km X 2 (E_{CM}=500GeV)
 - コストでは全体の約 2/3 (トンネル込)
- ・ 縦測定(加速空洞の単体試験)での設計基準
 - 加速勾配 平均 35MV/m
 - 勾配 35 -20% = 28MV/m 以上の空洞を受入れる
 - $Q0 > 0.8x10^{10}$ at 35MV/m
 - 歩留り > 90% (2回の表面処理まで)
- 運転時の平均加速勾配 31.5MV/m
 - Accept the range +/- 20%
 - $Q0 > 1xx10^{10}$ at 31.5MV/m

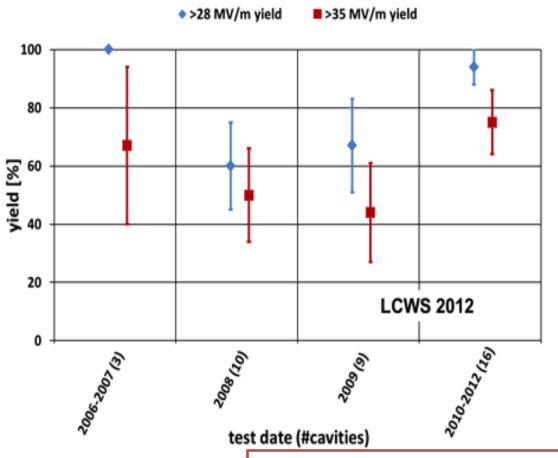
Global Cavity Gradient Results - Asia



KEK data, Y. Yamamoto et al., IPAC2012, WEPPC013.

最近の加速勾配の統計

2nd pass yield - established vendors, standard process



A. Yamamoto, May2013, ECFA13



歩留り:

94 % at > 28 MV/m

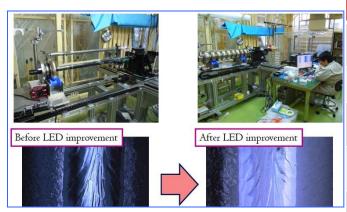
パスした空洞の平均 勾配:

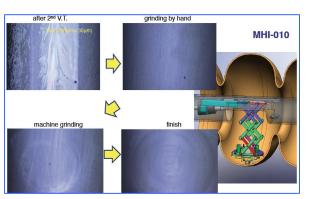
37.1 MV/m

reached (2012)

勾配限界の理解

- 欠陥の場所の特定
 - 光学的観察 (内視鏡の開発)
- 局所修理



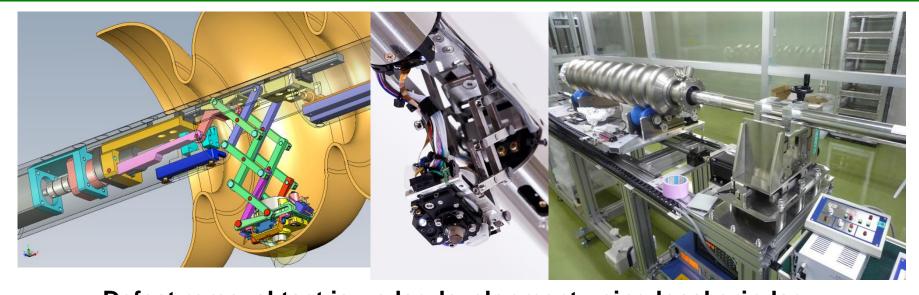


Cavity	Repaired at (EP/ MT/ LG)	Tested at	Bef.	Aft.	Year
MHI-08	KEK (LG)	KEK	16	27	2009
MHI-14	KEK (LG)	KEK	13	37	2011
MHI-15-1	KEK (LG)	KEK	23	33	2011
MHI-15-2	KEK (LG)	KEK	29	36	2011
MHI-15-3	KEK (LG)	KEK	18	36	2012
MHI-16	KEK (LG)	KEK	21	34	2012
MHI-19	KEK (LG)	KEK	26	37	2012
HIT-2	KEK (LG)	KEK	35	41	2012

Blue: Repaired after the 1st cycle process

2013/10/3 Shoureikai Yokoya

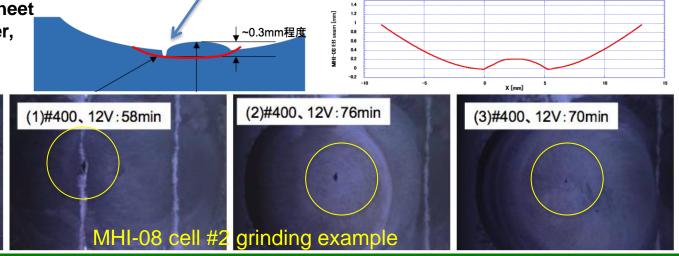
Local grinder for surface repair



Defect removal test is under development using local grinder

use of special mechanics and diamond powder sheet together with pure water, in 9-cell cavity.

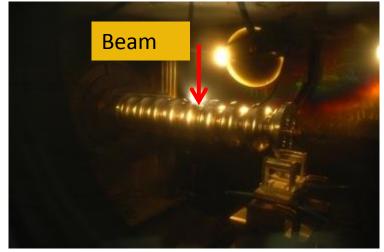
(0)研磨前



~115µm depth pit in MHI-08 cavity

KEKにおける空洞製造



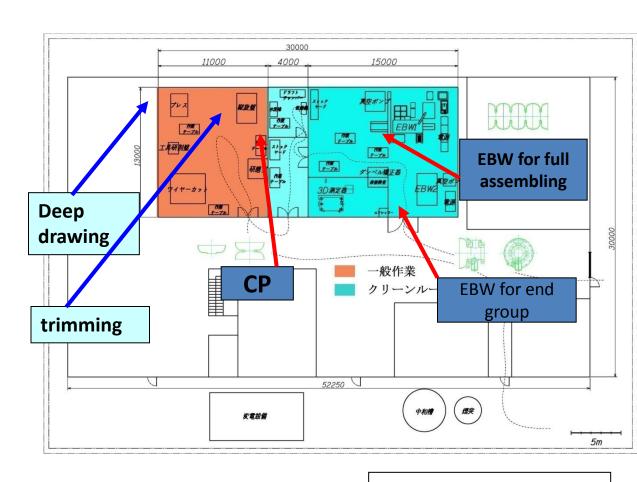


8 July 2011



Plan of Cavity Pilot Plant

- Prototype for the future production line
- Main part is EBW facility
- Cost reduction
- Need more companies to join
- EBW is the high hurdle for initial investment for companies
- EBW construction in JFY2010

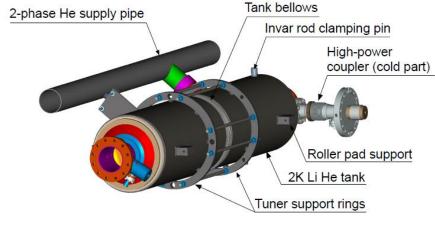


preliminary layout

加速試験

- モジュール中での加速勾配の確認 (design margin: 10% from VT)
- ビームつきフルスペックの試験
- パルス内・パルス間のエネルギー安定性
- クライストロン飽和付近での運転マージン





SCRF Beam Acceleration Test

DESY: FLASH

- SRF-CM string + Beam,
 - ACC7/PXFEL1 < 32 MV/m >
- 9 mA beam, 2009
- 800μs, 4.5mA beam, 2012

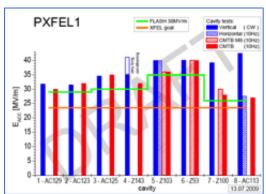
KEK: STF

- S1-Global: complete, 2010
 - Cavity string : < 26 MV/m>
- Quantum Beam : 6.7 mA, 1 ms,
- CM1 & beam, 2014 ~2015

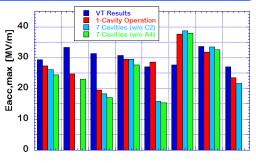
FNAL: NML/ASTA

- CM1 test complete
- CM2 operation, in 2013
- CM2 + Beam, 2013 ~ 2014

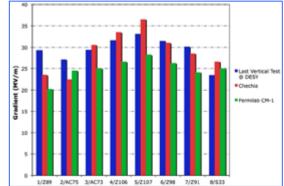






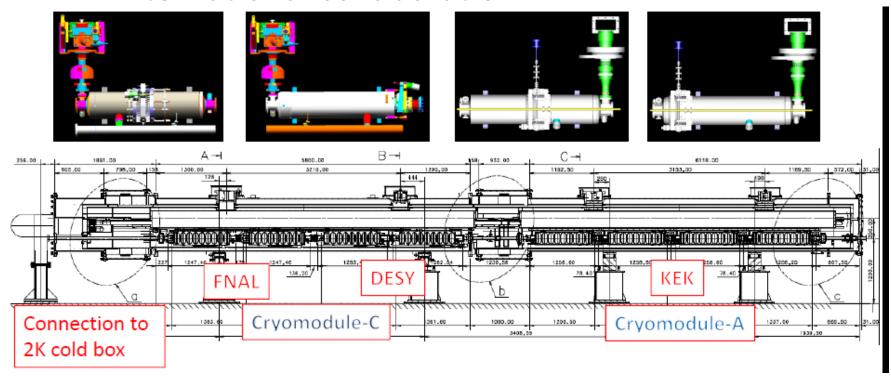






S1-Global

- Main target
 - Try average gradient >31.5MV/m
 - Demonstration of plug-compatibility
 - International collaboration



S1-Global Assembly/Test with Global Effort

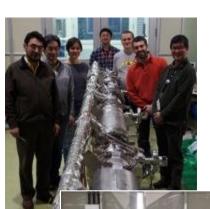


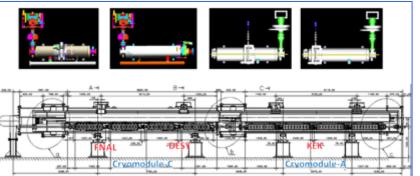


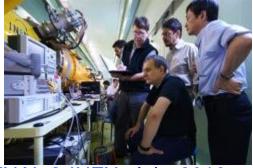


DESY, Sept. 2010

DESY, FNAL, Jan., 2010



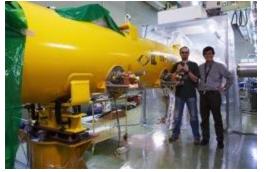




FNAL & INFN, July, 2010



March, 2010

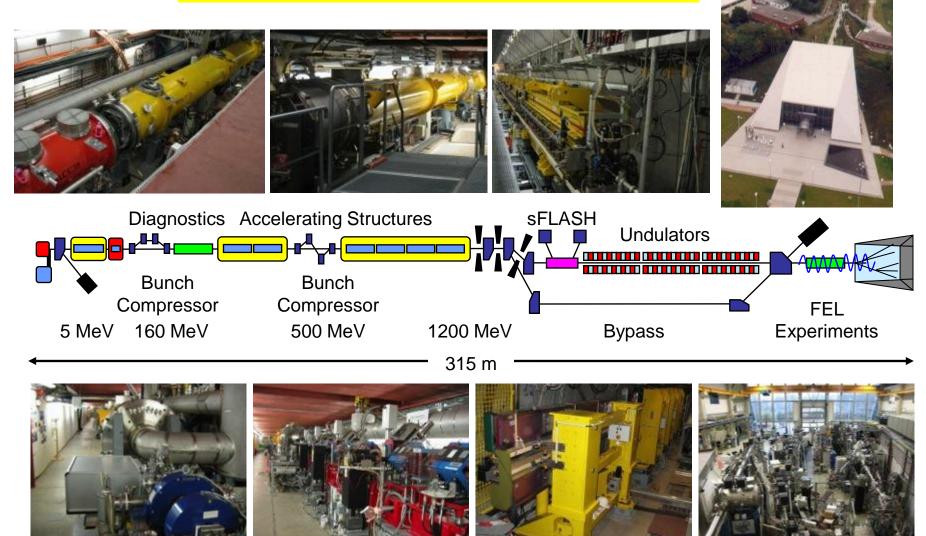


DESY, May, 2010



June, 2010 ~

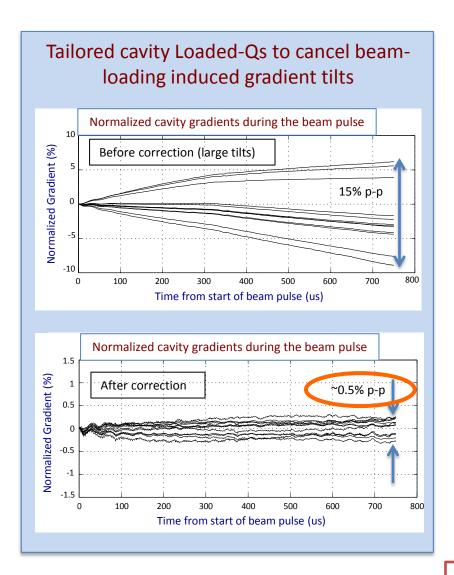
FLASH layout

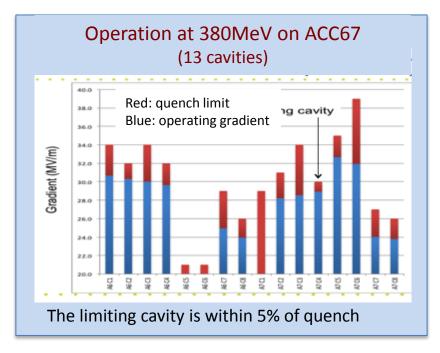


A.Yamamoto, Higgs Hunting 2013

2013/10/3 Shoureikai Yokoya

FLASH 9mA Studies: beam operation close to cavity gradient limits (4.5mA/800us bunch trains)

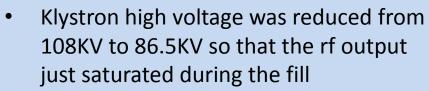




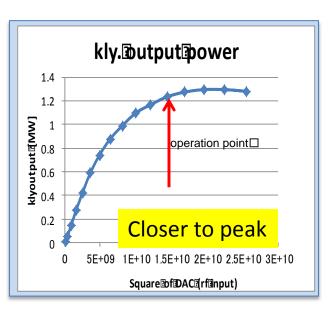
- Flattened individual gradients to <<1% p-p
- Several cavities within 10% of quench
- 'Crash test': very rapid recovery of 800us / 4.5mA after beam trip
- Ramped up current from ~zero to 4.5mA with ACC67 gradients approaching quench
- 'Cavity gradient limiter' to dynamically prevent quenching without turning off the rf

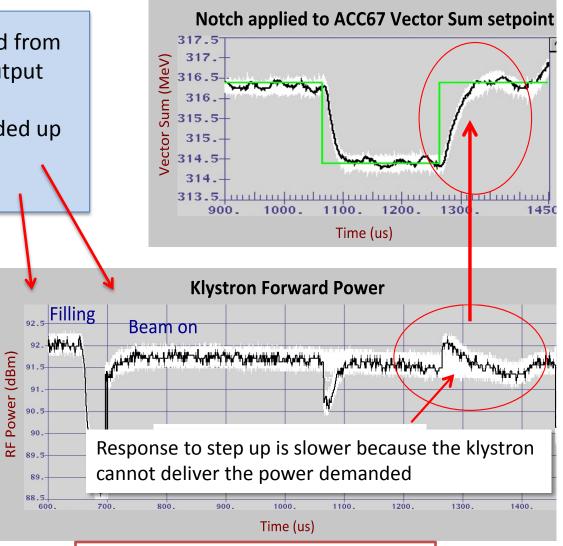
A.Yamamoto, ECFA13, May-2013

9mA Studies: evaluating rf power overhead requirements (4.5mA/800us bunch trains)



The required beam-on power ended up being ~7% below saturation





A.Yamamoto, ECFA13, May-2013

FLASH 9mA Expt achievements: 2009-mid 2012

High beam power and long bunch-trains (Sept 2009)

Metric	ILC Goal	Achieved
Macro-pulse current	9mA	9m <i>A</i>
Bunches per pulse	2400x 3nC (3MHz)	1800x 3nC 2400 x 2nC
Cavities operating at high gradients, close to quench	31.5MV/m +/-20%	4 cavities > 30MV/m

Gradient operating margins (Feb 2012)

Metric	ILC Goal	Achieved
Cavity gradient flatness (all cavities in vector sum)	2% ΔV/V (<mark>800μs, 5.8mA</mark>) (800μs, 9mA)	<0.3% Δ V/V (800 μ s, 4.5mA First tests of automation for Pk/Ql control
Gradient operating margin	All cavities operating within 3% of quench limits	Some cavities within ~5% of quench (800us 4.5mA First tests of operations strategies for gradients close to quench
Energy Stability	0.1% rmsat 250GeV	<0.15% p-p (0.4ms <0.02% rms(5Hz

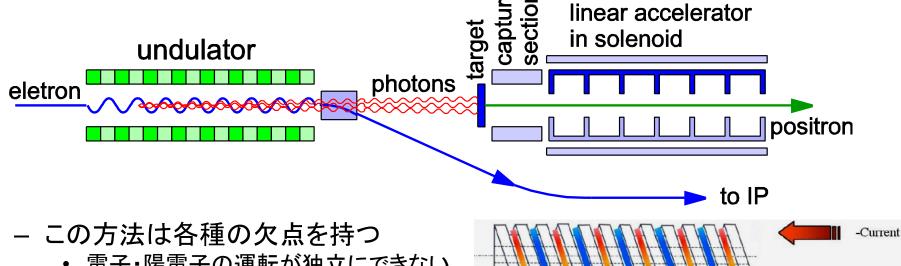
陽電子源

陽電子生成の3つの方法

- Undulator法(ILC baseline で採用)
- Conventional Method(従来の方法)
 - 数GeVの電子を標的に当て、発生する陽電子を回収する。
 - これまでに頻繁に使われて、技術は確立されている
 - ILCへの応用上の問題点は
 - 標的が耐えられるか→ OK (遅い運動標的試験中)
 - 発生する陽電子のエミッタンスがやや悪い → OK (DRの改良)
 - DRまでの輸送部分の設計ができていない
 - 偏極陽電子が得られない
- Laser-Compton法(将来の方法)
 - 数GeVの電子ビームにレーザーを当てて偏極ガンマ線を作り、これを標的に当てる

Undulator法

- 数100GeVの電子ビームを磁石(undulator)により蛇行させると、数 10MeVの輻射を出す。これを標的に当てて発生する陽電子を回収する。
- 平面上の蛇行でなく、螺旋状の運動(Helical Undulator)なら、発生する輻 射は円偏光し、偏極陽電子が得られる。

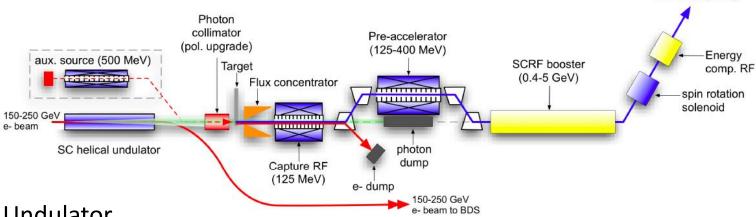


- 電子・陽電子の運転が独立にできない
- まだ実際に使われたことがない
- undulatorについては小規模テストができない、などなど
- 電子のエネルギーが低くなると急激に光子生成率がわるくなる
- であるが、偏極陽電子ができるという利点が強い

ILCの設計 (undulator法)

to Damping Ring

電子エネルギー>150GeV



- Undulator
 - 主リナック終端に置く
 - Helical, superconducting
 - 長さ~150m (偏極陽電子が必要な場合~200m)
 - K=0.92, λ=1.15cm, (軸上でB=0.86T)
 - beam aperture 5.85mm(直径)
- 標的はチタン合金の回転型
- 陽電子回収には、Flux Concentratorを用いる
- 400MeVまでは常伝導加速
- Polarizationは、~30%。Photon collimatorを使えば~60%。

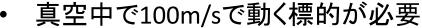
2013/9/17 ILC Yokoya 39

標的

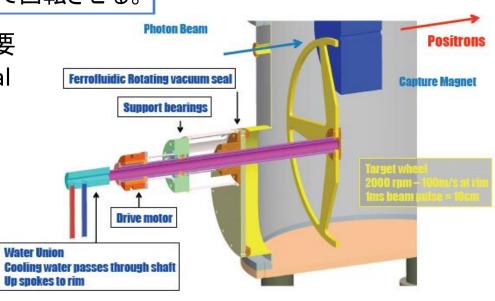
- チタン合金の車輪(直径1m)を、2000rpm(縁辺速度100m/s)で回す
- これは1msの間の熱の集積を防ぐため
- 円盤でなくスポーク形状になっているのは、磁場中の回転で発生する eddy currentを減らすため

Cockcroft Insituteでeddy current試験中の回転標的。

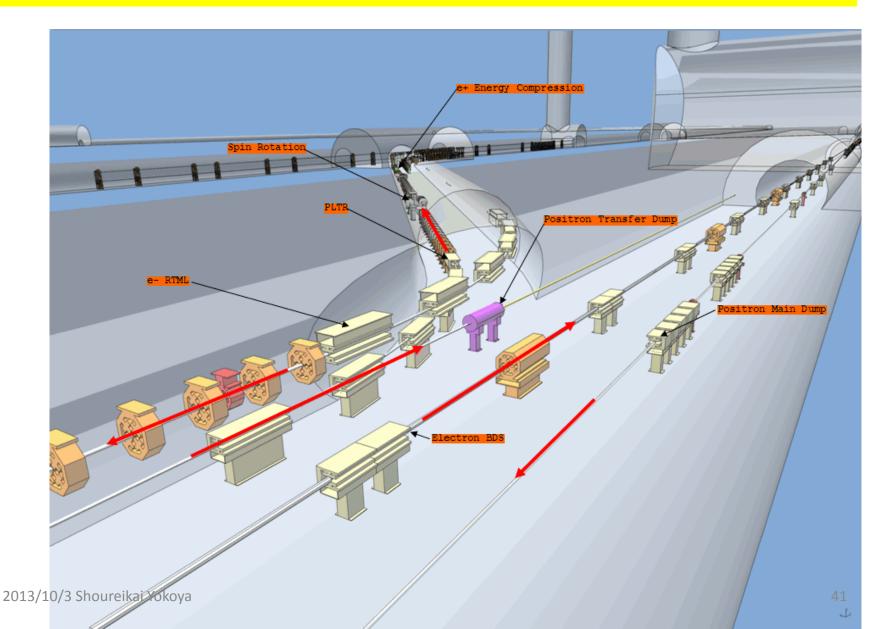
実際の標的は真空中で回転させる。



- * 米国で2社からのFerromagnet seal をつかって試験中
- 十分な成果は上がっていない
 - Outgassing spikes still being observed
 - 市販品ではだめ
- さらなる開発作業が必要



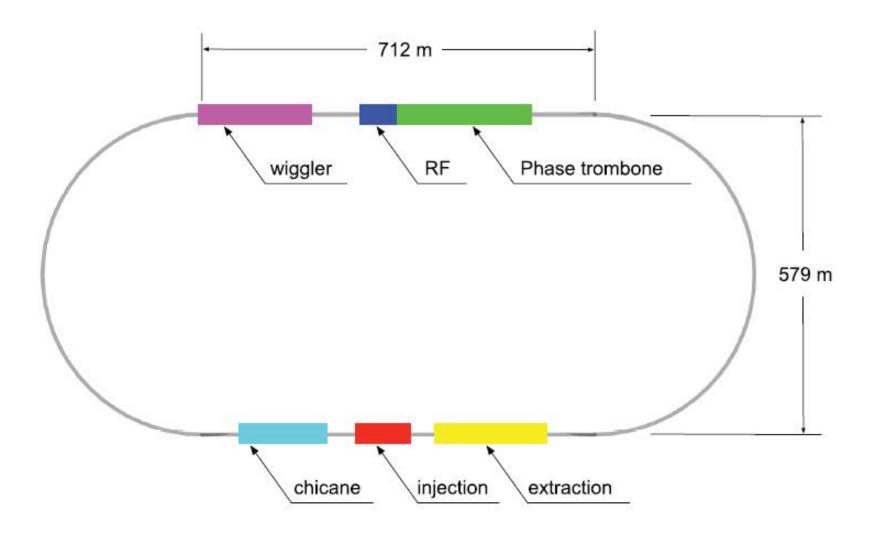
3D View of Target Region



Damping Ring

- Damping Ringの役割
 - 与えられた時間(200ms、10Hz運転の場合 100ms)内にEmittanceの小さいビームをつくる
 - 全バンチ(最大約2600)を一時貯蔵する
- ・メカニズム
 - 平衡エミッタンスの小さい曲線部
 - ウィグラー磁石により
 - さらに平衡エミッタンスを下げ、かつ
 - ・ 減衰時間を短縮する

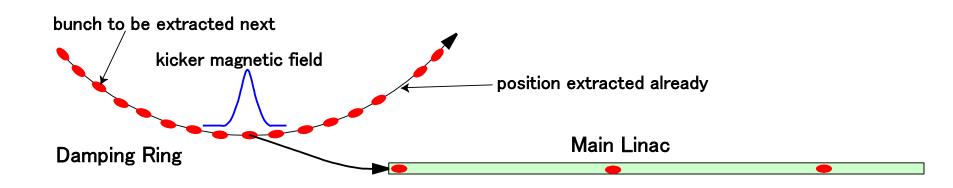
Damping Ring Configuration



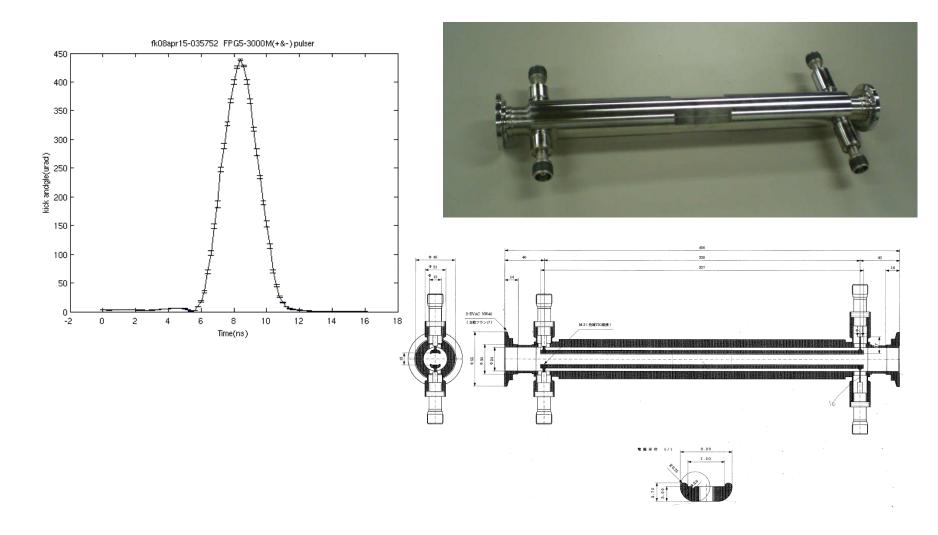
2013/10/3 Shoureikai Yokoya

入射・取出し

- バンチ数が多い(1312~2625)
- 線形加速器ではバンチ間距離が長い(600~300ns)
- これをそのまま貯蔵するには、一周が 2625 x 300ns x (3x108m/s) = 240km のリングが必要
- したがって、バンチ間距離を圧縮して貯蔵する
- 出し入れは1バンチずつ、高速キッカーで行う
- キッカーの速さがリングの大きさを決める。
- この技術は、ATFでのR&DでほぼOK



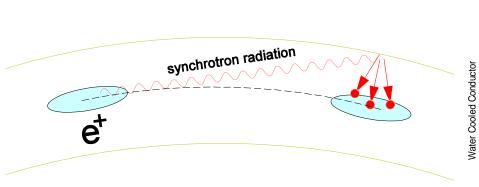
Stripline Kicker

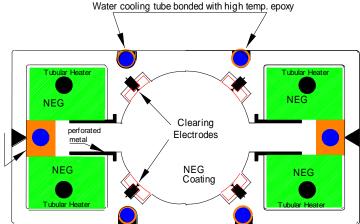


2013/10/3 Shoureikai Yokoya 45

電子雲不安定性

- なんらかの課程で発生した低エネルギー電子が、陽電子ビームに引きつけられて、陽電子の軌道を乱す
- KEKBで経験している
- 対策
 - ビームパイプにAnti-chamber(側室)を作る
 - ビームパイプ内面の表面処理
 - コイルをビームパイプに巻いて磁場を作る(KEKBで採用)
 - ビームパイプ内面に溝を作る (groove structure)
 - 電子を吸着する電極 (Clearing Electrode)などなど。





電子雲不安定性

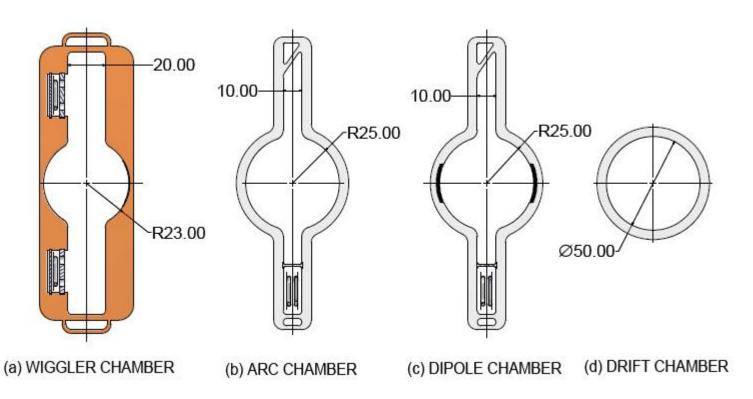
- 国際的チームによる米国CESR-TA での研究
- Gave recommendation for the mitigation method (table below)
 - Arc and wiggler sections requires antichamber
 - Full power in 3.2km ring needs aggressive mitigation plan
- No significant difference between 6.4km with 2600 bunches and 3.2km with 1300 bunches

EC Working Group Baseline Mitigation Recommendation				
	Drift*	Dipole	Wiggler	Quadrupole*
Baseline Mitigation I	TiN Coating	Grooves with TiN coating	Clearing Electrodes	TiN Coating
Baseline Mitigation II	Solenoid Windings	Antechamber	Antechamber	
Alternate Mitigation	NEG Coating	TiN Coating	Grooves with TiN Coating	Clearing Electrodes or Grooves

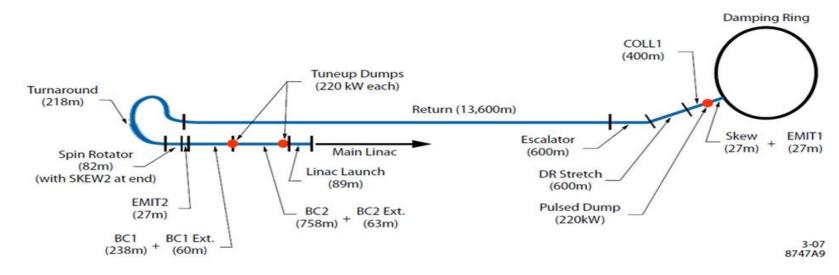
ECLOUD`10 (October 13, 2010, Cornell University)

Damping Ring ビームパイプ

- 陽電子リングでは、CESR-TA teamの推薦にしたがい下図 のようにする
- 電子雲以外の不安定性はシリアスでない
- 電子リングでは、FII (Fast Ion Instability) がもっとも重要



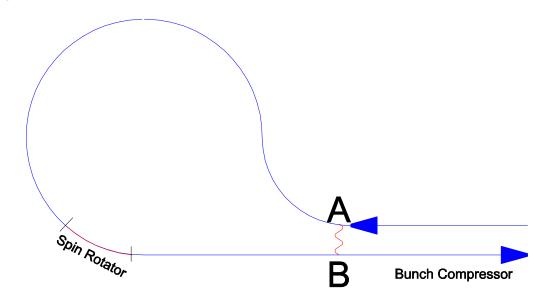
RTML (Ring To Main Linac)



- 減衰リングからリナックへのビームの輸送
- スピンの回転(spinを垂直方向から水平面内に回す。solenoid + bend + solenoid)
- Feedforward
- ・ バンチ長の圧縮
- ビームの中途ダンプ

Feedforward

- Turn around を利用して、バンチ位置のfeedforward ができる。
- Turn around に入る直前のバンチ位置を測定し、もどって来たときに補正する。
- とくに、減衰リングの取出しキッカーのfluctuationの結果をな おすことができる。



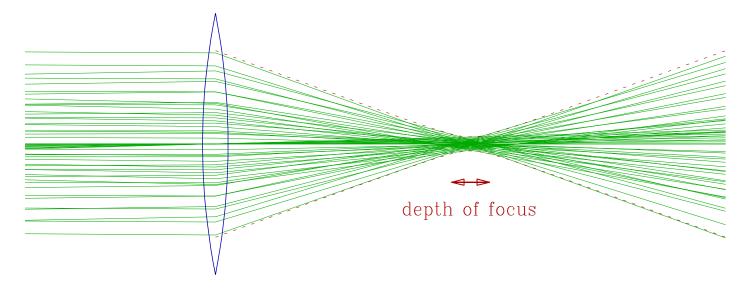
2013/10/3 Shoureikai Yokova

砂時計(hour-glass)効果

• ベータ関数を絞りすぎると、焦点深度が浅くなって、luminosityが上がらない。限度は、

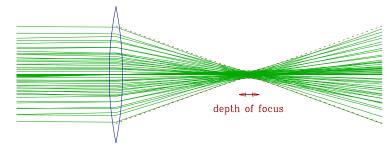
$$\beta_y^* > \approx \sigma_z$$

Luminosity を上げるには、バンチを短くすること、エミッタンスを下げることが必要。

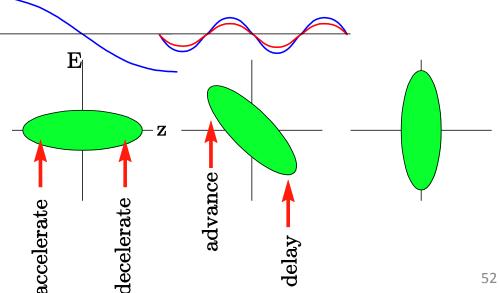


バンチ圧縮

衝突点での砂時計効果を緩和するためにバンチを短くする。

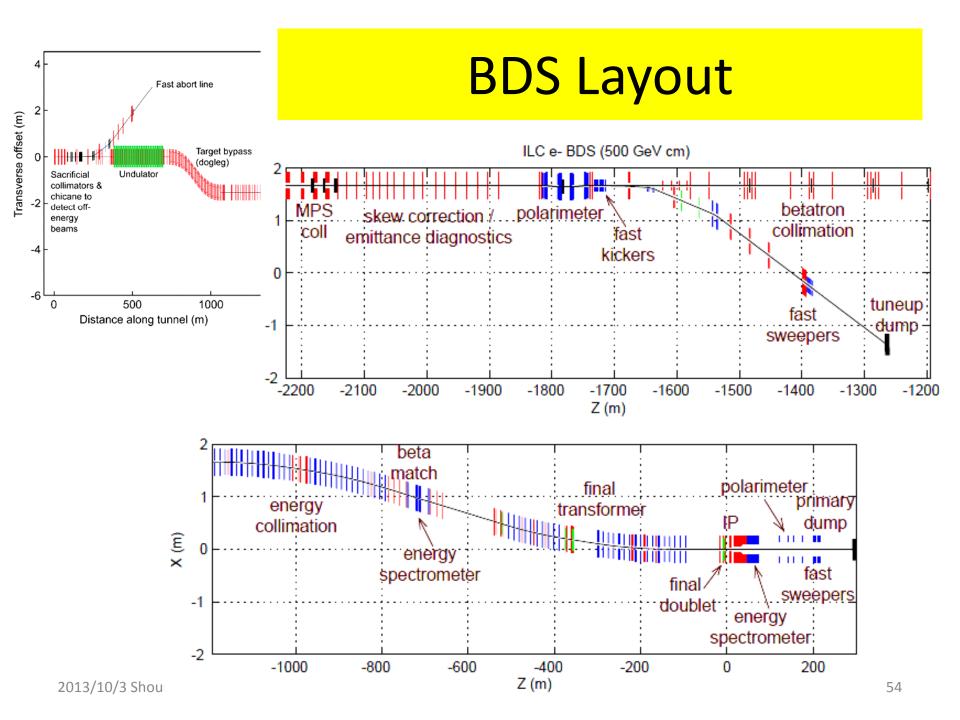


- 加速空洞とシケインの組合せ
- Damping Ringでの平衡バンチ長は 6mm。これを 300 μm に 圧縮する。 off-phase linac chicane



BDS(Beam Delivery System)の構成

- BDSの役割は最終的にはビームを衝突点で絞ることであるが、それ以外に多数の装置が並んでいる
- Machine Protection System
- ・ 調整・緊急用ビームダンプ
- コリメータ
- ビーム診断セクション (beam energy, emittance, 偏極)
- Muon absorber
- Crab cavity
- Feedback system
- 衝突後のビーム診断(beam energy,偏極)
- Main beam dump



色収差

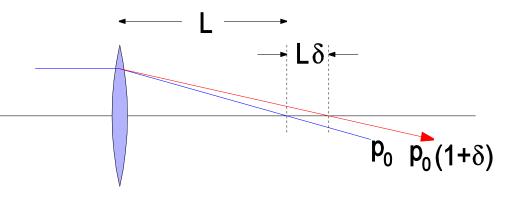
- 最後の4極磁石から焦点(s=0)までの距離を L とする。
- p=p₀ の粒子はこの点で絞られている。
- $p=p_0(1+\delta)$ の粒子は、4極磁石から $L(1+\delta)$ あたりに焦点がくる。 この焦点は、s=0 から $L\delta$ だけずれているから、そこでのベータ関数は

$$\beta = \beta_0 + \frac{(L\delta)^2}{\beta_0} = \beta_0 \left[1 + \left(\frac{L\delta}{\beta_0} \right)^2 \right]$$

• したがって色収差の目安は

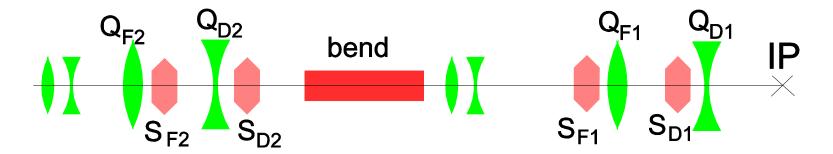
$$\xi = \frac{L\delta}{\beta_0}$$

• ILCでは、 β_y =0.4mm、L~6m、 δ ~1/500、したがって ξ = 30



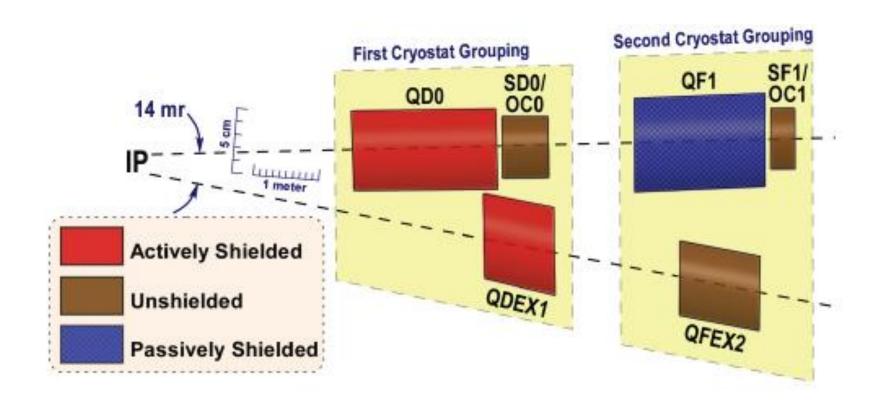
Local Chromaticity Correction

• 現在のILCの設計では、dispersion関数のゼロでない場所に、4極磁石と6 極磁石を並べて置き、その場で色収差を消す方法をとっている。



- 右側の6極磁石の組は、Final Doublet (最後の2つの4極磁石)が作る色収差を消す。
- 左側の6極磁石の組は、右側の組がつくった非線形性を相殺する目的で 置かれている。
- この方式は ATF2 で採用されている

IR Region Layout

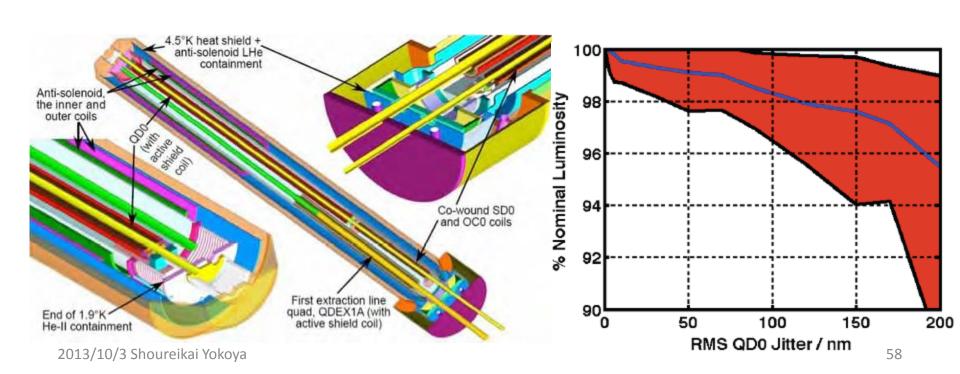


2013/10/3 Shoureikai Yokoya 57

Final Doublet

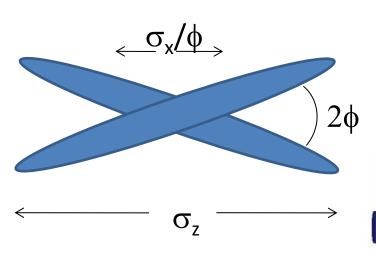
- Final doublet
 - Under study at BNL
 - Split QD0 (2m) into 2 pieces
 - Easier mechanical support
 - Flexibility for low energy optics

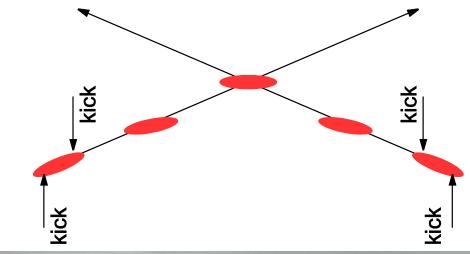
- QD0 Jitter
 - Simulation by White below
 - Shows average, 10%, 90% CL
 - Luminosity loss 1%
 - \rightarrow jitter < 50nm rms



Crab Crossing

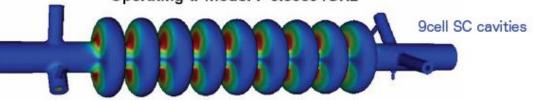
- 実験へのbackgroundをさける ため、ILCでは14 mradの交差 角をつける
- 14mrad >> σ_x / σ_z であるためこのままではluminosityがほとんどなくなる
- ILCではcrab crossingは必須
- 電子・陽電子側のクラブ空洞 のタイミング誤差の許容値が きびしい







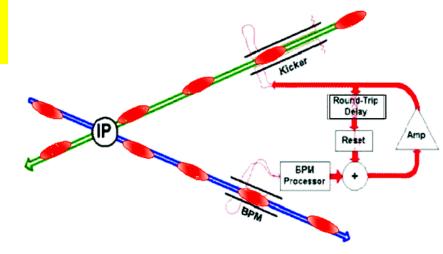
For ILC, 2 cavities at 13.4m from IP, 3.9GHz
Operating π mode: f=3.90304GHz

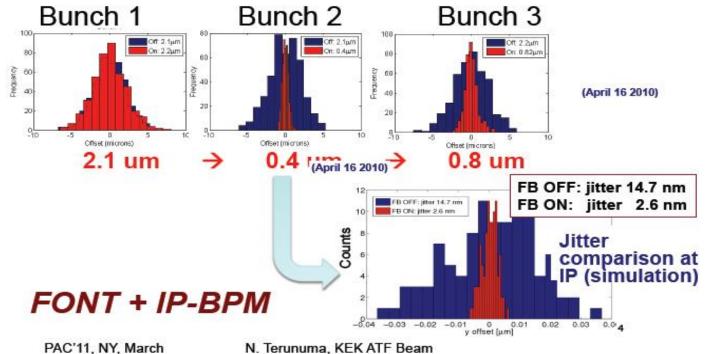


IP Feedback

30, 2011

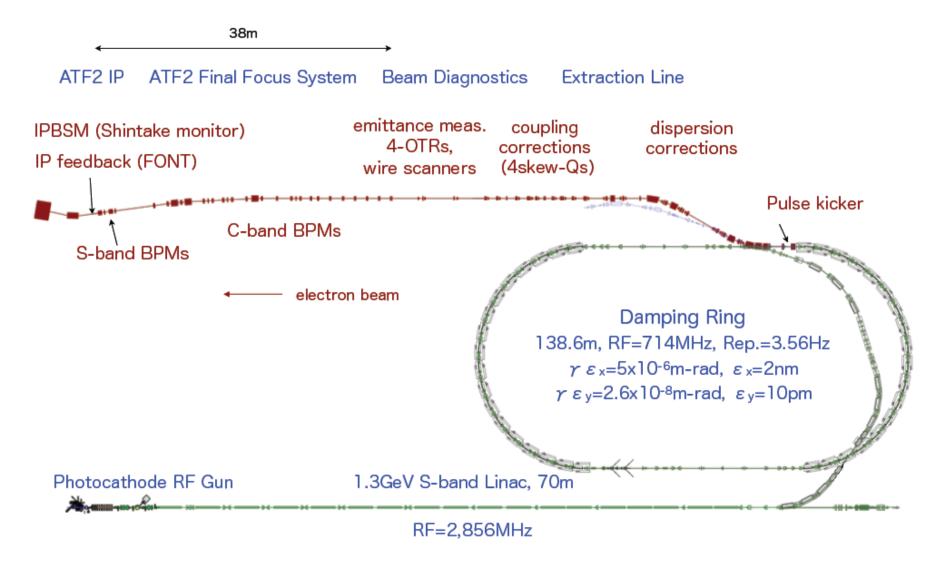
- Bunch interval is long enough for intra-train digital feedback
 - Advantage of SC collider
- Large disruption parameter
 - Dy = 25





Instrumentation Program

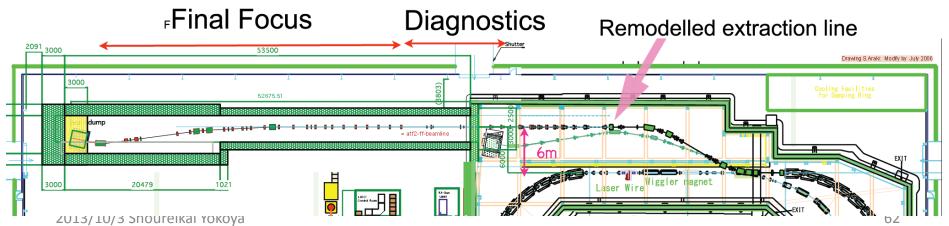
Test Facility: ATF and ATF2



ATF2

- ILC最終収束系のミニチュア
 - ILCと同じ光学原理
 - 国際的プロジェクト(予算・人材)
- ~25研究所から100名以上の参加
- 目標: ビームサイズ~35nm、 ビーム中心の安定化~数nm
- 昨年秋以降 Commissioning

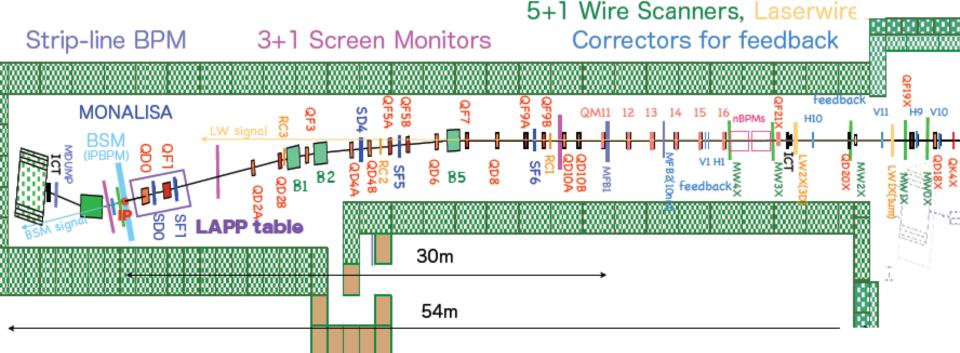




New hardware systems for ATF2

22 Quadrupoles, 5 Sextupoles, 3 Bends in downstream of QM16 (IHEP, China) (SLAC) (SLAC, IHEP)

All Q- and S-magnets have cavity-type beam position monitors(QBPM, 100nm). (PAL,KNU, Korea, and SLAC, RHUL for electronics)



Shintake Monitor (beam size monitor, BSM with laser interferometer):Tokyo univ.

MONALISA (nanometer alignment monitor with laser interferometer):Oxford univ.

Laserwire (beam size monitor with laser beam for 1μ m beam size, 3 axies):RHUL

IP intra-train feedback system with latency of less than 150ns (FONT):Oxford univ.

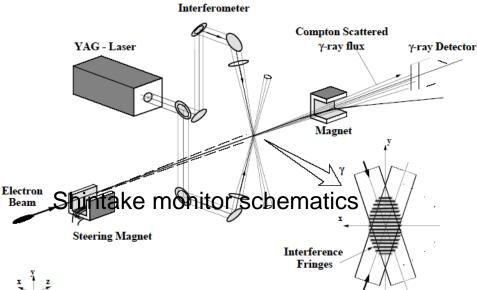
Magnet movers for Beam Based Alignment (BBA):SLAC

High Available Power Supply (HA-PS) system for magnets:SLAC

IP Beam Size monitor (BSM)

(Tokyo U./KEK, SLAC, UK)

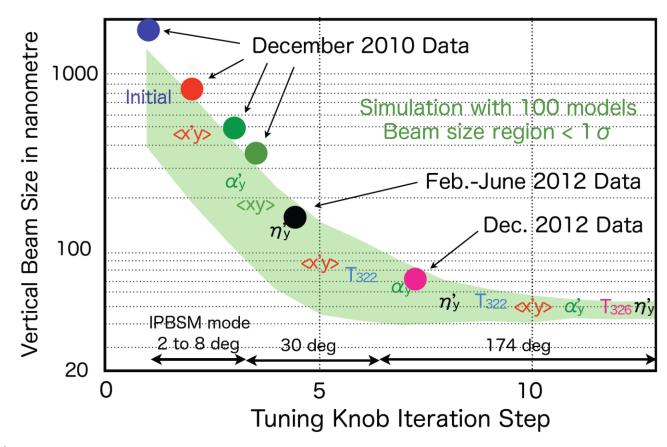
- Improvement FFTB BSM
 - 1064nm=>532nm
 - dynamic range:
 35nm up to a few μm
 - phase scanning mode





2013/10/3 Shoureikai Yokoya

- ATF2で約65nmを達成
- 目標は37nm

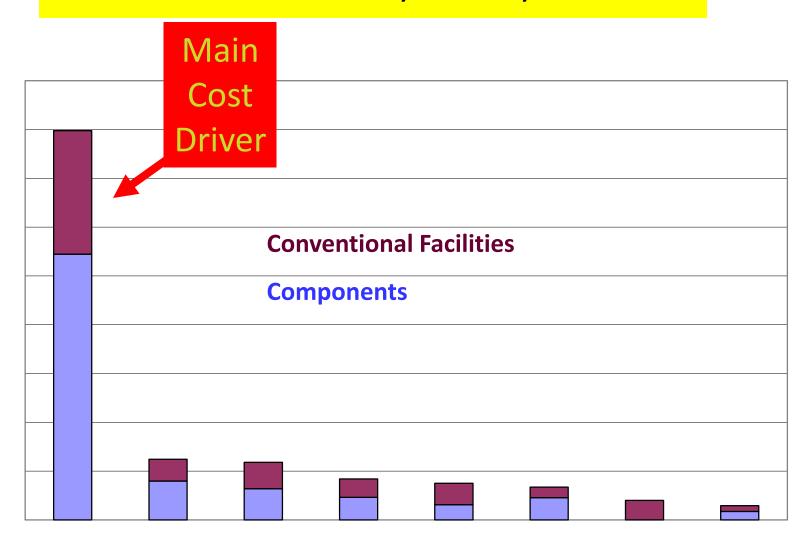


2013/10/3 Shoureikai Yokoya 65

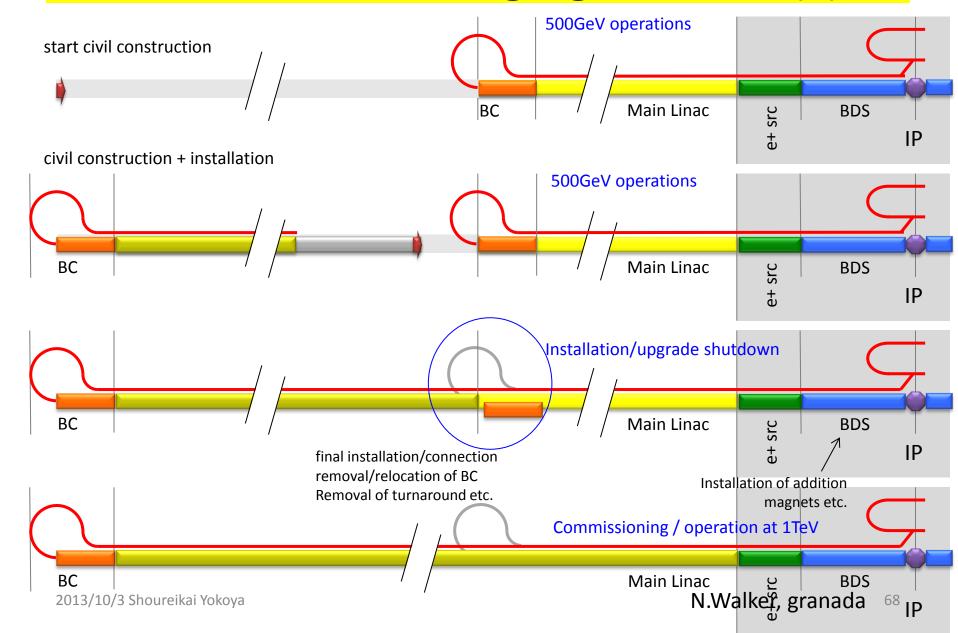
残された技術的課題

- 空洞・クライオモジュール製造
 - より安価に、確実に
 - 大量生産体制・製品試験体制の確立
- ・ATF2での目標ビームサイズ・ビーム安定化の 達成
- ・ 陽電子生成システムの実証
- ・敷地を特定した最終詳細設計

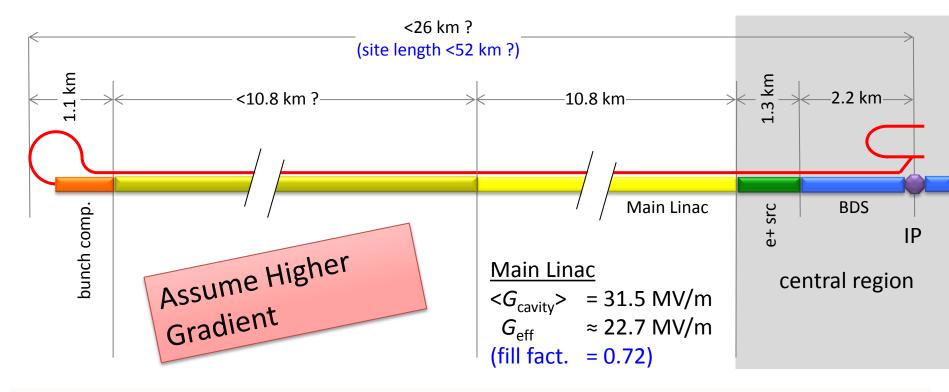
Cost Breakdown by Area Systems



500GeVまでのStaging Scenario(s)



TeV Upgrade: From 500 to 1000 GeV

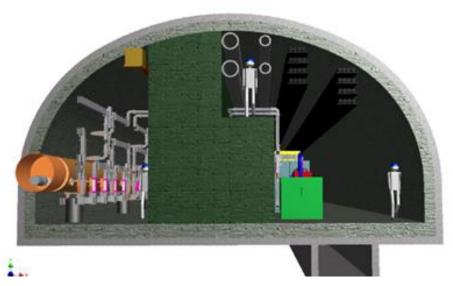




Based on use of low-loss or reentrant cavity shapes

Conventional Facilities

• MR Linacトンネル断面



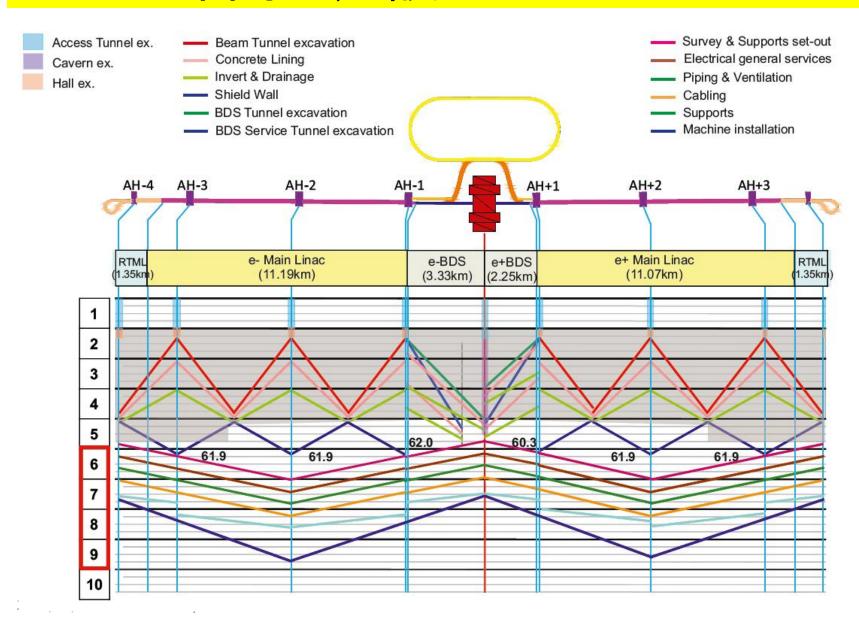
実験ホール付近の地下構造



Actual Scale
Isometric View

2013/10/3 Shoureikai Yokoya

9年間の建設スケジュール



ILC 新組織

•ILCSC/GDE/RD finished the mandate at completion of **TDR** FALC ICFA New organization LCB/LCC is Chair: 岡田安弘 Chair: ???? taking over Linear Collider Board **Program Advisory** Committee Chair: 駒宮幸男 Linear Collider Collaboration Deputy (Physics) Directorate **Regional Advisors** 村山斉 **Director: L. Evans** ILC **CLIC Physics & Detectors** Mike Harrison 山本均 S. Stapnes Deputy: 早野仁司 2013/10/3 Shoureikai Yokoya 72