

ILC の物理と測定器

LOI から DBD へ

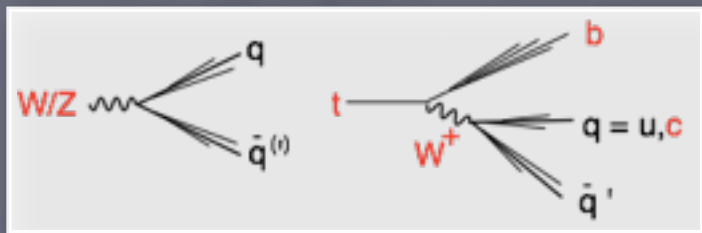
藤井恵介

2010年7月13日 LC 推進委員会

ILC 実験の基本理念

事象をファイマン図を見るがごとくに見、散乱行列を測るように測る

事象を基本粒子 (q, l, gb) レベルで再構成する



二次、三次バーテックスの検出
薄く高分解能なバーテックス検出器

Particle Flow Analysis
高分解能飛跡検出器
超細密カロリメーター

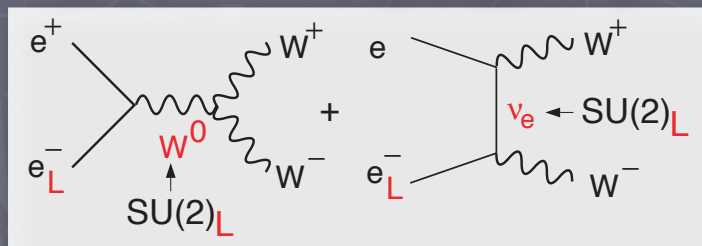
ジェット不変質量 --> W/Z/t ID --> p^μ
--> 角分布解析 --> S^μ
運動量欠損 --> 間接的なニュートリノ検出

不感領域の無さ
10 mrad あるいはそれ以下まで
HCAL も含め全てソレノイド (B>3T) の内側



事象をファイマン図を見るがごとくに見る

偏極ビームでファイマン図を選択する



高エネルギーで対称性が回復すると
右巻き電子ビームに対し

$$\sigma_{WW} \rightarrow 0$$



事象を散乱行列を測るように測る

タイムライン

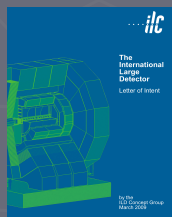
前回 LC 推進委員会

現在 素粒子物理学の展望 / KEK ロードマップ

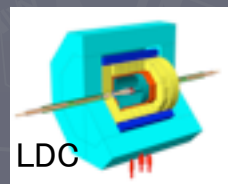
	FY2008	FY2009	FY2010	FY2011
LHC			7TeV	200/pb?
ILC		Technical Design Phase-I		TDP-II
ILD	LOI call	LOI 提出	LOI 査定 Technical Design Phase-I	TDP-II
学術創成		進捗状況査定		最終報告 継続?



ILD



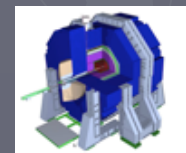
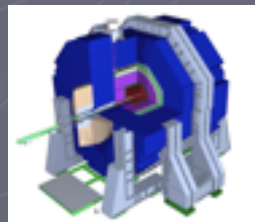
ILD



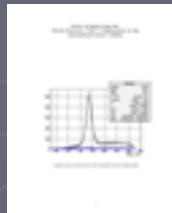
SiD



SiD



4th



ILD と SiD が採択され TDP へ！

TDP-I Report と連動

LHC からの結果を踏まえた
物理のシナリオ更新と
測定器の最適化

測定器開発研究(国際協力)



素核研は
2008年
MOAIに署名

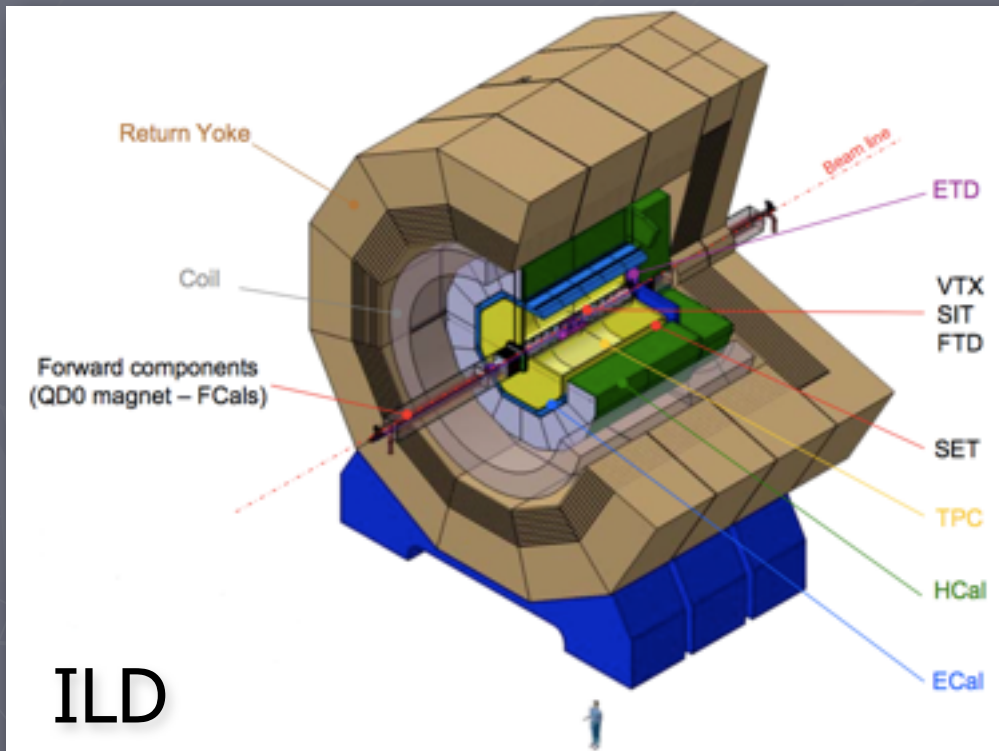


日本では
大学チーム
中心

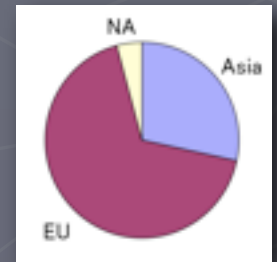
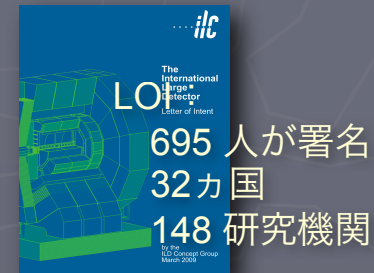
International Large Detector

設計理念実現には LHC の1桁上を行く性能が要求される

ILD 測定器案



ILD Meeting, Feb.16, 2009 in Seoul



Letter of Intent (LOI) に向けた測定器コンセプト・グループ再編

GLD (アジア中心) + LDC (ヨーロッパ中心) → ILD (2007秋)

ILD の特徴：TPC + 細密 CAL → PFA によるジェットモードでの基本粒子 (W/Z/t/H..) 再構成を目指す

2009年3月末 LOI 提出
2009年9月 IDAG による承認
2012年末 DBDR 提出へ

物理と測定器最適化

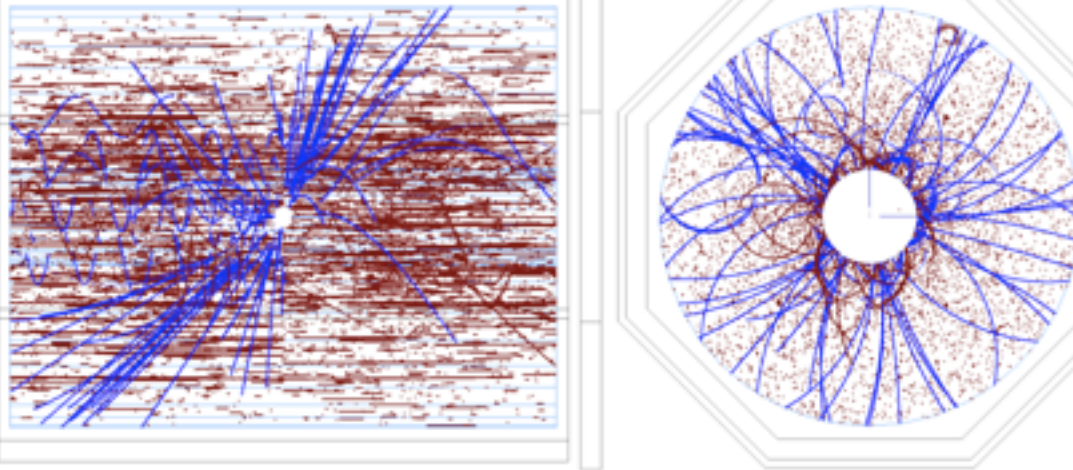
物理作業部会(含む理論)+ACFA-SIM

東北、KEK、東大、明治学院、日本歯科、信州、富山、神戸、広島

測定器の詳細を組み込んだフルシミュレーション

- 標準模型：全チャンネル・サンプル（標準 BG サンプル）
- 50M事象 @ 250/500 GeV
- CPU：1500 コア × 3ヶ月
- データ量：70TB (DST：1TB)
- ビーム・バックグラウンド

ILD LOI



物理と測定器最適化

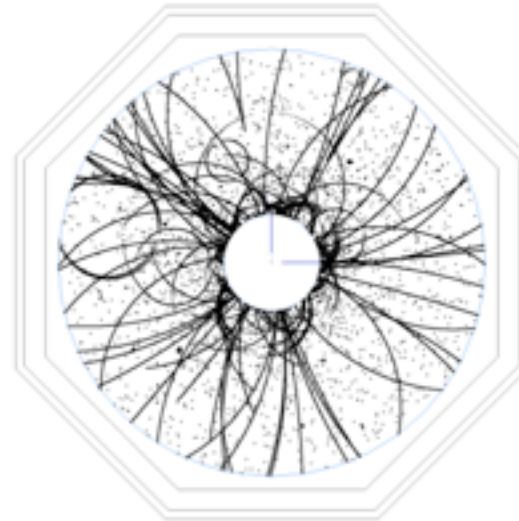
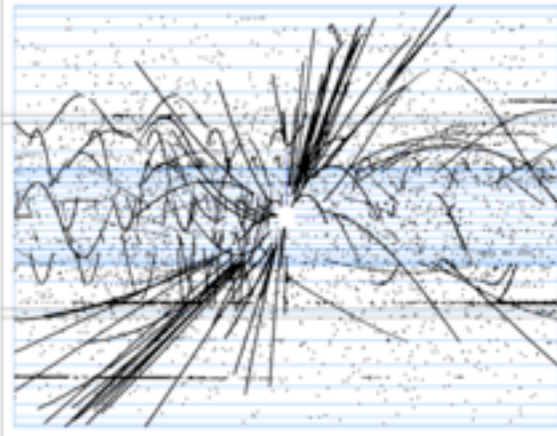
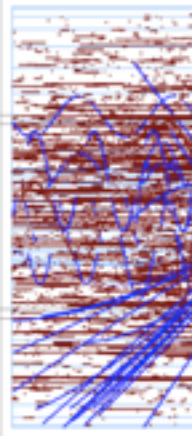
物理作業部会(含む理論)+ACFA-SIM

東北、KEK、東大、明治学院、日本歯科、信州、富山、神戸、広島

測定器の詳細を組み込んだフルシミュレーション

- 標準模型：全チャンネル・サンプル（標準 BG サンプル）
- 50M事象 @ 250/500 GeV
- CPU：1500 コア × 3ヶ月
- データ量：70TB (DST：1TB)
- ビーム・バックグラウンド

ILD LOI



物理と測定器最適化

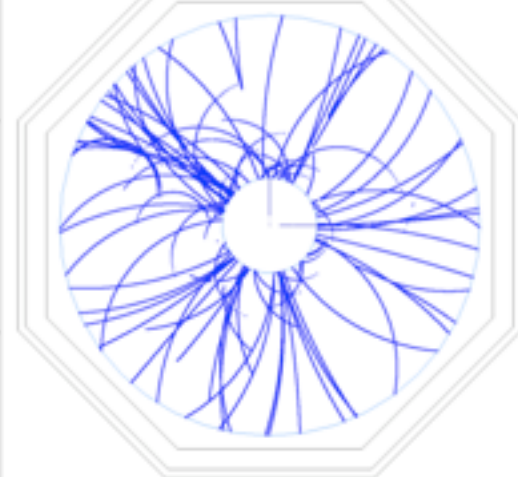
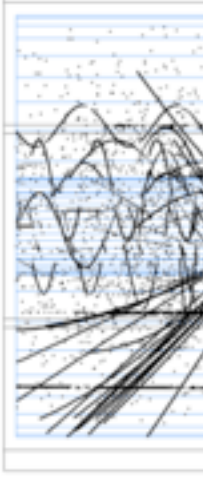
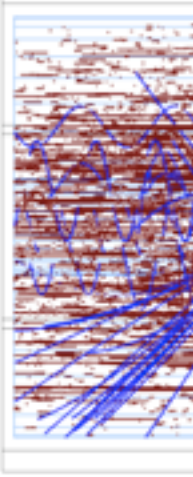
物理作業部会(含む理論)+ACFA-SIM

東北、KEK、東大、明治学院、日本歯科、信州、富山、神戸、広島

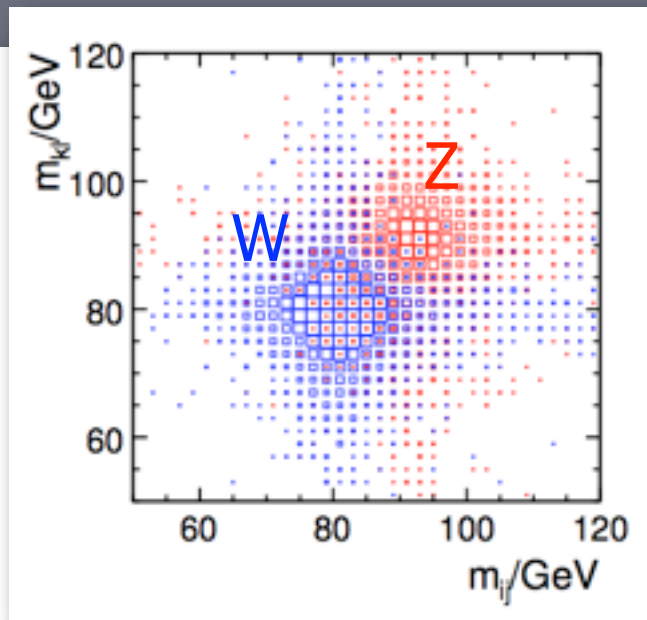
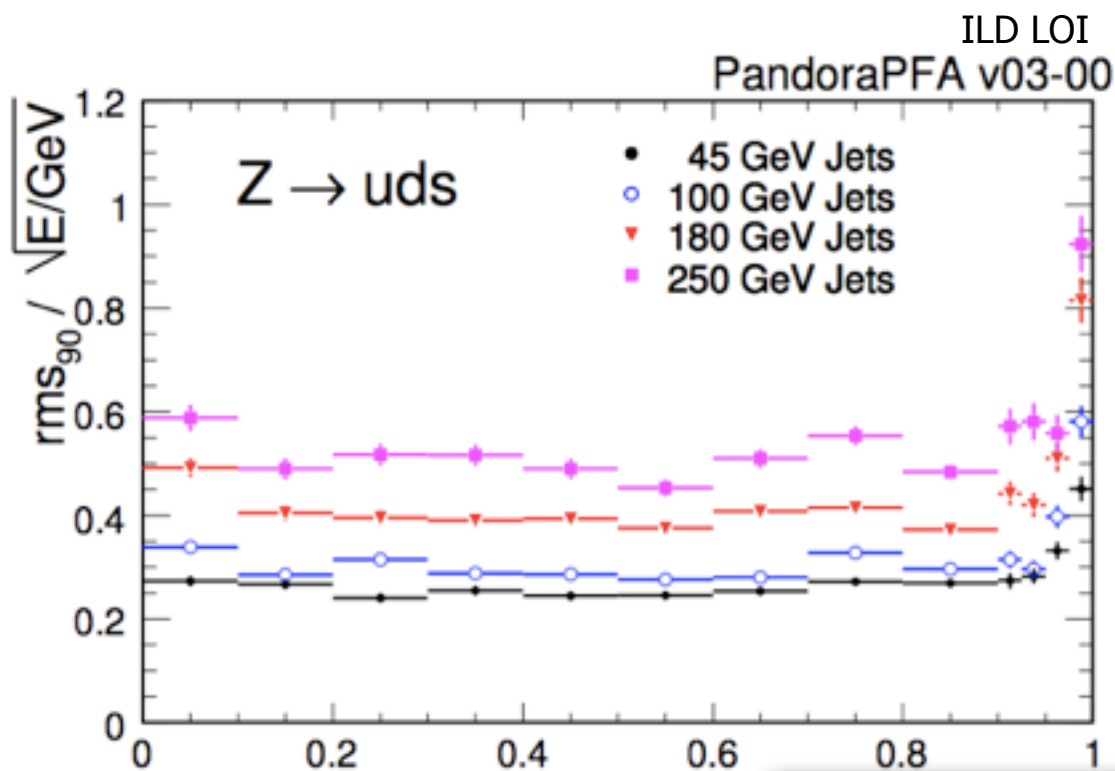
測定器の詳細を組み込んだフルシミュレーション

- 標準模型：全チャンネル・サンプル（標準 BG サンプル）
- 50M事象 @ 250/500 GeV
- CPU：1500 コア × 3ヶ月
- データ量：70TB (DST：1TB)
- ビーム・バックグラウンド

ILD LOI



PFA 性能



PFA 概念は確立された！

Jet Energy	raw rms	rms ₉₀	rms ₉₀ /√E _{jj} /GeV	σ _{E_j} /E _j
45 GeV	3.3 GeV	2.4 GeV	25.0%	(3.71 ± 0.05) %
100 GeV	5.8 GeV	4.1 GeV	29.5%	(2.95 ± 0.04) %
180 GeV	11.2 GeV	7.5 GeV	40.1%	(2.99 ± 0.04) %
250 GeV	16.9 GeV	11.1 GeV	50.1%	(3.17 ± 0.05) %

TABLE 3.2-3

Jet energy resolution for $Z \rightarrow uds$ events with $|\cos \theta_{q\bar{q}}| < 0.7$, expressed as, rms₉₀ for the di-jet energy distribution, the effective constant α in $\text{rms}_{90}/E = \alpha(E_{jj})/\sqrt{E_{jj}}/\text{GeV}$, and the fractional jet energy resolution for a single jets, σ_{E_j}/E_j . The jet energy resolution is calculated from rms₉₀.

MPGD 読み出し TPC

LC-TPC アジア・グループ

広島大学、KEK、JAXA、近畿大学、工学院大学、Mindanao SU-IIT,
長崎先端研、佐賀大学、清華大学、東京農工大学

ILC 飛跡検出器性能目標

既存のコライダー測定器の飛跡検出器性能を大幅に越える

超高運動量分解能: $\sigma(1/pt) \sim 2 - 5 \times 10^{-5} \text{ GeV}^{-1}$

ジェット中での高い飛跡検出効率 + カロリメタークラスターとの1対1 対応 (PFA)

カロリメター性能のため前置物質量を最小化すること (PFA)

dE/dX 測定 (4%)

ILC 用 MPGD 読み出し TPC の候補

アナログ TPC

GEM + 巾細パッド読み出し: LC TPC アジア・グループ

MicroMEGAS + 抵抗皮膜アノード読み出し:

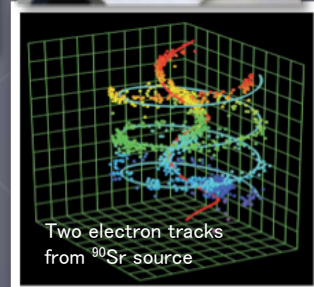
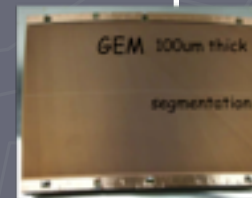
デジタル TPC

Ingrid-MicroMEGAS + Timepix

ガス増幅揺らぎによる分解能劣化がない

パッド角度効果による分解能劣化がない

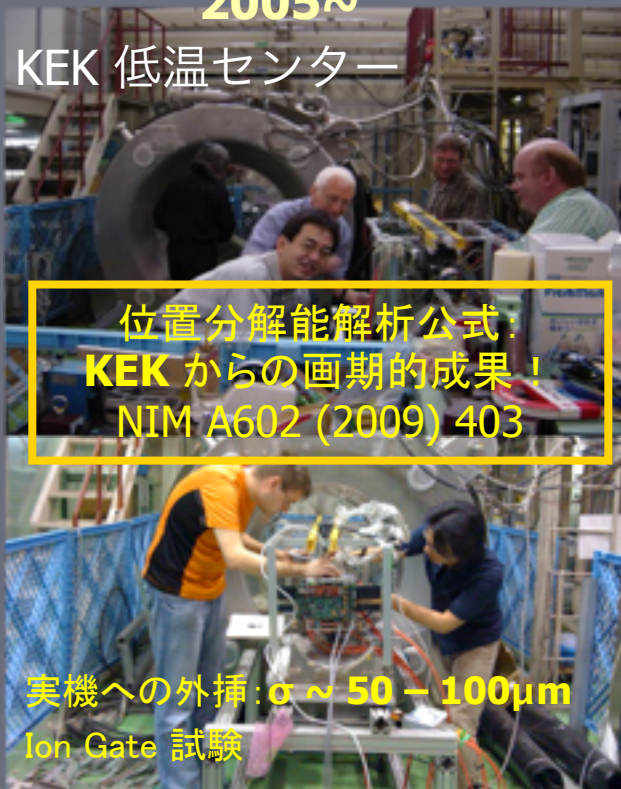
→ 理論上最高の位置分解能が期待できるが未検証



小型プロトタイプ試験

2005~

KEK 低温センター



位置分解能解析公式:
KEK からの画期的成果!
NIM A602 (2009) 403

実機への外挿: $\alpha \sim 50 - 100 \mu\text{m}$
Ion Gate 試験

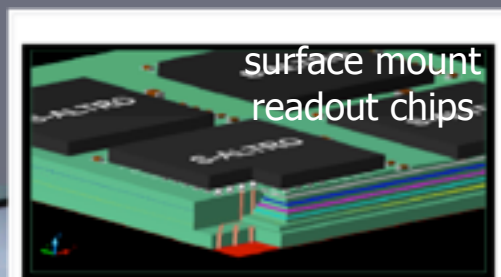
Advanced Endplate

開発研究

2010-2012 の主要課題

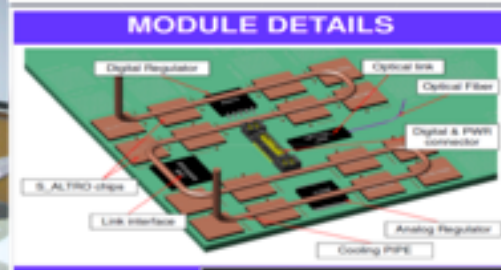


Beijing Meeting
on Advanced Endplate R&D



surface mount
readout chips

The S-ALIRO team at CERN



MODULE DETAILS

Digital Regulator, Digital line, Digital Filter, Digital & PWT connector, Analog Regulator, Cooling PIPE, Link Interface, S-ALIRO chips



Endplate 試験ボード
パワーパルシング
+ 冷却試験
日本グループ

大型プロトタイプ (LP) 試験
2008-2010


PCMAG
from KEK



運動量分解能の実証

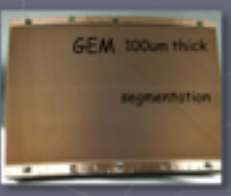

LP Beam Test at DESY

Field cage, gas
system, all
mechanics, etc.
(EUDET: DESY)

KEK IPNS is a signatory to LC-TPC MoA since 2008

GEM Modules by LC TPC Asia
Micromegas Modules by Saclay & Carleton

Fine Pixel CCD

バーテックス検出器

KEK、JAXA/ISAS、東北、東北学院

ILC VTX の目標性能

高分解能かつ低物質量の
バーテックス検出器の開発

$$\sigma_{IP}^2 = a^2 + [(b/p)\sin^{3/2}\theta]^2$$

	LEP	SLC	LHC	RHIC -II	ILC
a [μm]	25	8	12	13	< 5
b [$\mu\text{m GeV/c}$]	70	33	70	19	< 10

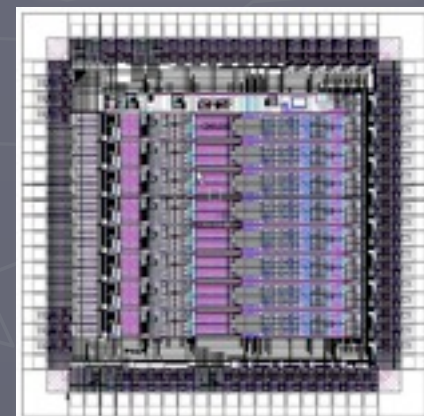
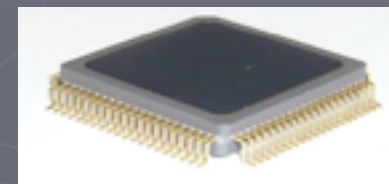
第1回FPCCD Prototype

- ▶ 12 μm ピクセルサイズ
- ▶ 512x512 pixels
- ▶ 6.1mm² イメージエリア
- ▶ 4ch /chip
- ▶ 各チャンネル128(V)
x512(H) pixels
- ▶ 何種類かの異なったタイプ
の出力アンプ
- ▶ 浜松ホトニクスで製造



読出しASIC

- ▶ Amp, LPF, CDS, ADC,
and LVDS driver
- ▶ 2 ADCs/ch が交互に
動作して高速化
- ▶ 最大サンプリング速度
~ 10 Msamples/s
- ▶ Charge sharing SAR
ADC → 低消費電力
- ▶ 0.35 μm CMOS



今後の展望

FPCCD VTX R&Dの方向

FPCCDセンサーのR&D

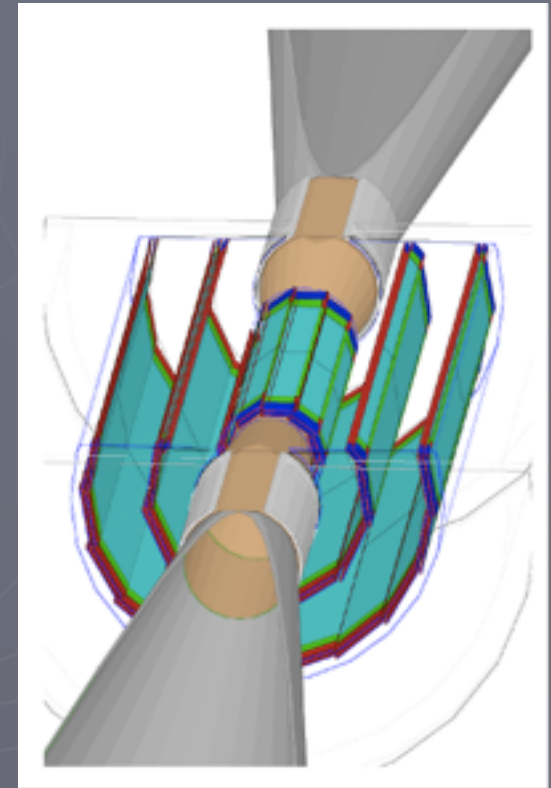
- 6 μm 画素サイズ
- フルサイズ (10x65 mm²)のプロトタイプウェハ
- ウェハの薄型化 ($\sim 50\mu\text{m}$)

読出しエレキ

- フロントエンドASIC
- クロックドライバー
- データ圧縮回路

Engineering study

- 低物質量のラダーおよび支持機構
- 冷却システム ($\sim -60\text{ }^\circ\text{C}$)
- アライメント



これらのR&DをTDP-II (by mid 2012)に行う必要がある

超細密カロリメター

アジアグループはストリップ ECAL 開発中心

CALICE Asian Group

神戸、信州、筑波、新潟、東京、**Kyongpook**

KEK には **2004** 以降主立った活動なし

ILC CAL の性能目標

PFAのための超細密性

有効セルサイズ $\leq 1\text{cm} \times 1\text{cm}$ のサンプリング・カロリメター

- タングステン-シンチ・サンドイッチ構造のサンプリング・カロリメター
- 有効セルサイズ $< 1\text{cm} \times 1\text{cm}$ を実現するためのシンチレータ・ストリップ構造

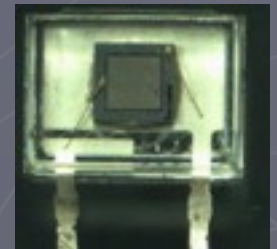
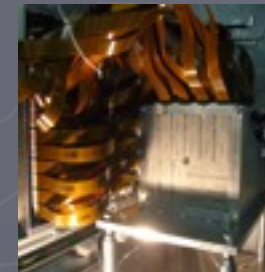
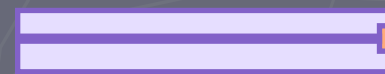
- 膨大なチャネル数 ($\sim 10\text{M}$ for ECAL, $\sim 4\text{M}$ for HCAL)

-> コスト軽減のため

引き抜きシンチ + 小型光センサーを使用

Multi-Pixel Photon Counter

新型半導体光センサー
浜松との共同開発





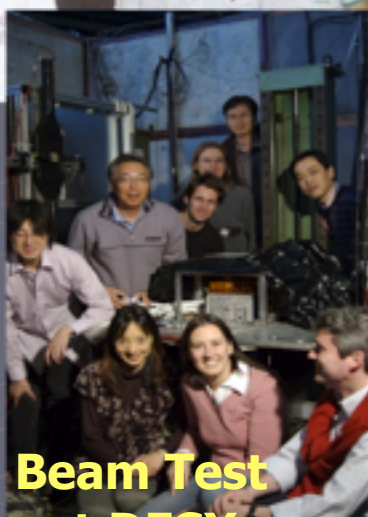
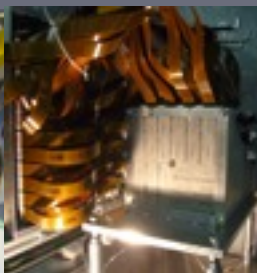
CALORimeter for the LInear COLLIDER Experiment



281 physicists/engineers from 47 institutes and 12 countries coming from the 3 regions (America, Asia and Europe)



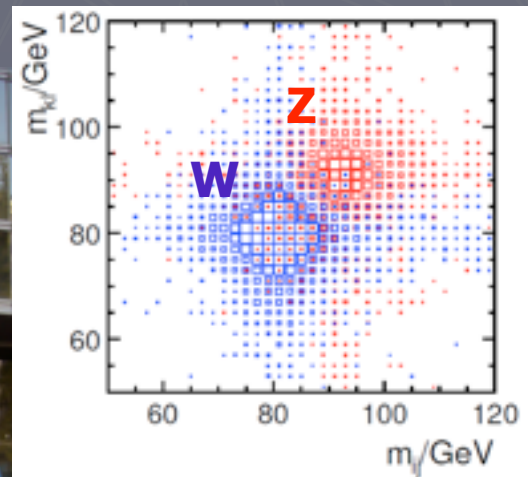
Beam Test at Fermi Lab



Beam Test at DESY



Sinshu Meeting



Particle Flow Analysis with high granularity calorimeters

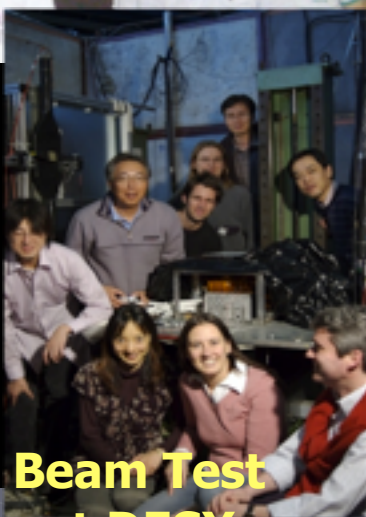
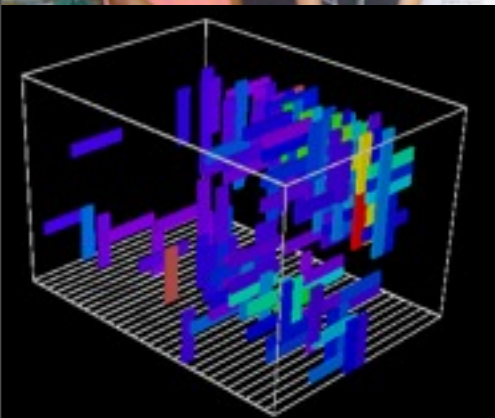


CALORimeter for the LInear COLLIDER Experiment



281 physicists/engineers from 47 institutes and 12 countries coming from the 3 regions (America, Asia and Europe)

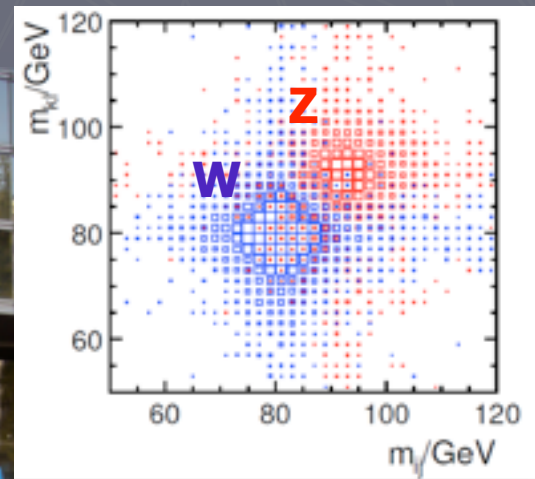
Beam Test at Fermi Lab



Beam Test at DESY



Sinshu Meeting



Particle Flow Analysis with high granularity calorimeters

今後の展望

将来の Strip CAL R&D の方向

更なる MPPC R&D

- ダイナミックレンジ
- 長期安定性
- 放射線耐性

シンチレータ・ストリップ

- 5mm 幅ストリップの開発
- 反射材の改善
- 製造工程の最適化

読み出しエレキ

- 高度に集積された読み出しチップの開発

キャリブレーション機構

ストリップ・クラスタリングのアルゴリズム開発.....

これらのR&DをTDP-II (by mid 2012)に行う必要がある

ILC 建設に向けて

ILD タイムライン

素粒子物理学の展望 / KEK ロードマップ

現在

2009	2010	2011	2012	2013		
LHC	3/pb?	7 TeV Minimum bias, QCD	200/pb? 600GeV sq, 200GeV stable sl, 1.5TeV Z'	1/fb? shutdown 1TeV sq/gluino, 160GeV H(WW/ZZ*)	-> 14TeV?	20/fb? 120GeV H($\gamma\gamma$)
ILC	Technical Design Phase-I		TDP-II		TDR提出	
ILD	Technical Design Phase-I		TDP-II		DBDR提出	
学術創成		最終報告	継続 / 新規?			

TDP-I Report と連動



ILD LOI 採択!

素核研 ILC グループは
ILD メンバー

LHC からの結果を踏まえた物理のシナリオ更新と測定器の最適化
フルシミュレーション

測定器開発研究 (国際協力)



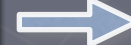
素核研は
2008年
MOAIに署名



日本では
大学チーム
中心

- VTX (FPCCD)
センサー、読み出し、...
- TPC (MPGD)
MPGD 端部検出器
表面実装読み出し
- CAL (Sci-Strip)
- MPPC、S-S、読み出し、...

ILD
DBDR

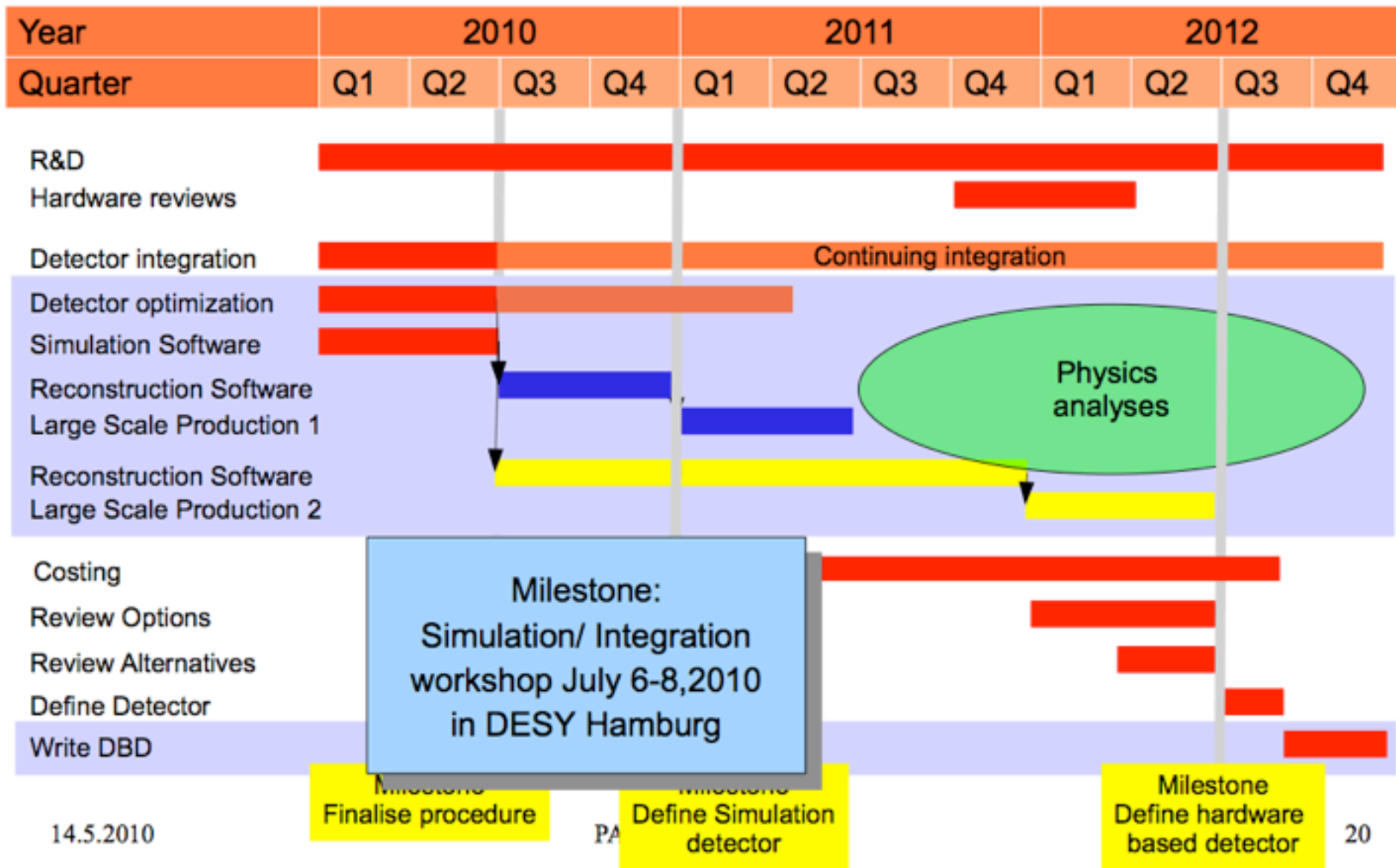


計画
承認?

加速器 TDR
とともに建設
予算要求へ

予算要求に耐えるレベルの要素技術の完成度、コスト評価の信頼度が必要!

Main Milestones



Simulation / Integration WS, July 6-8, 2010 @ DESY

