

状況報告

EIC日本グループ会合

2022年9月1日(木)

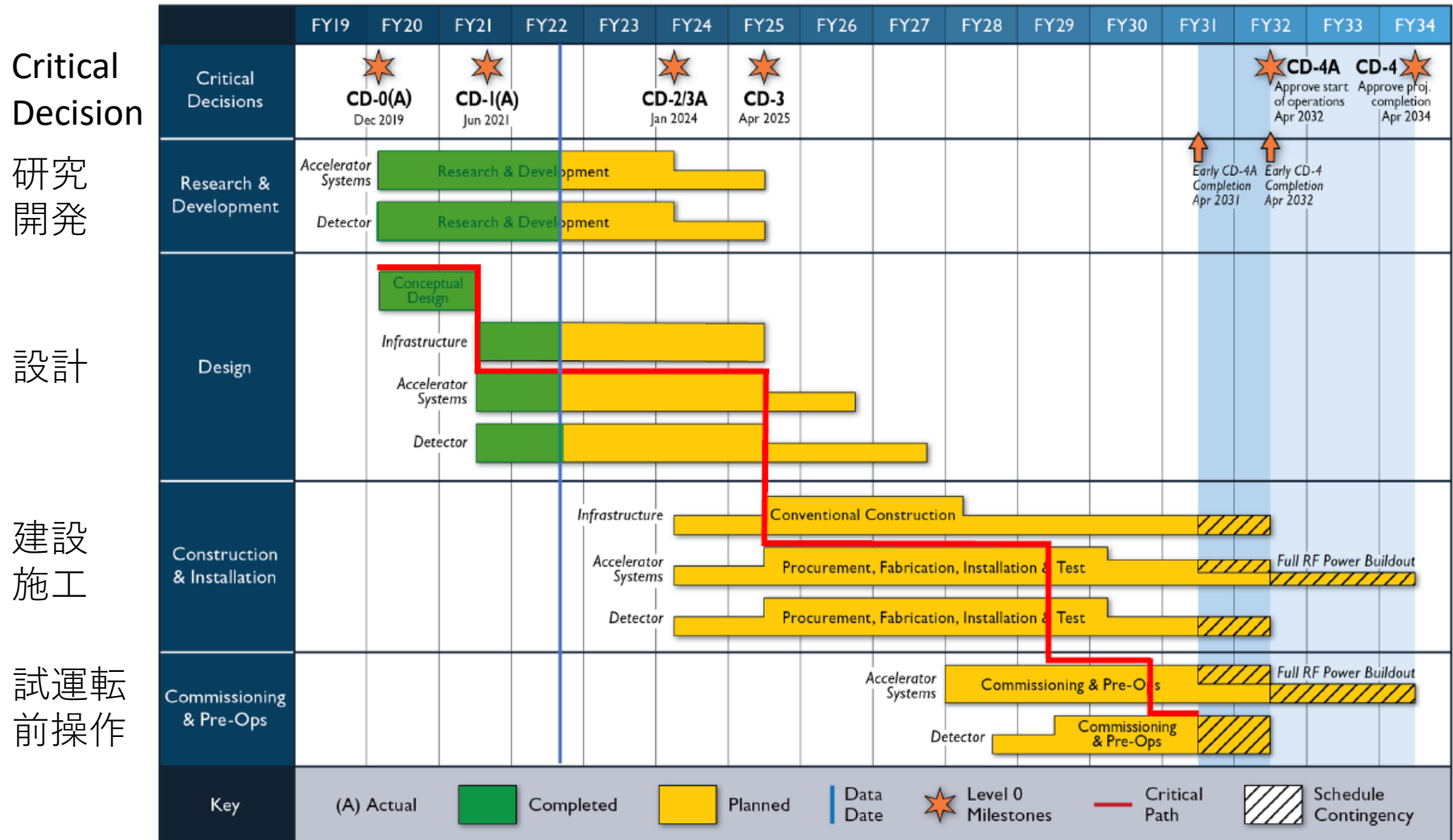
後藤雄二 (理研)

EIC計画の状況

- 2021年：検出器コラボレーションの形成と提案
 - 2021年3月：検出器提案のコール
 - 2021年12月：3つの検出器提案の提出
 - 日本グループはECCE検出器consortiumへ参加
- 2021年6月：CD-1の承認
 - 予備設計を始めとするプロジェクト実行段階への権限付与
 - コスト範囲\$1.7B-\$2.8Bの承認
- 2022年3月：DOEがEICのFY2022予算\$45Mを承認
- 2022年3月：DPAPがECCE検出器を第一検出器の基本デザインとして採択
 - 現在第一検出器のコレボレーション形成と技術的デザインの議論
 - 検出器コラボレーションの統合
 - 2022年7月：EPIC実験
- 2024年1月：CD-2/3Aの承認を目指す
 - pre-TDRに基づく基本性能の評価、長納期品調達

EIC計画の状況：スケジュール

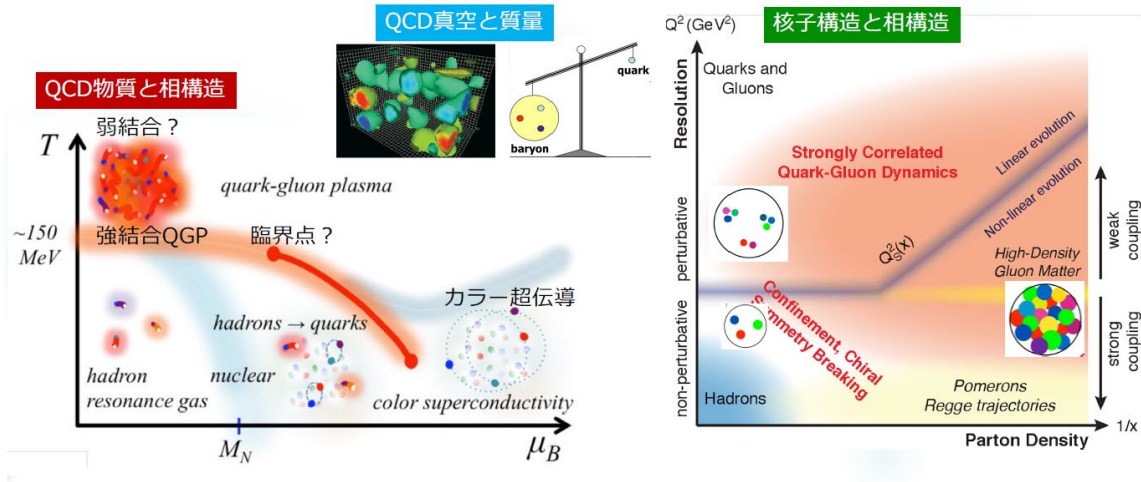
- 2032年 CD-4A: 初期運転開始



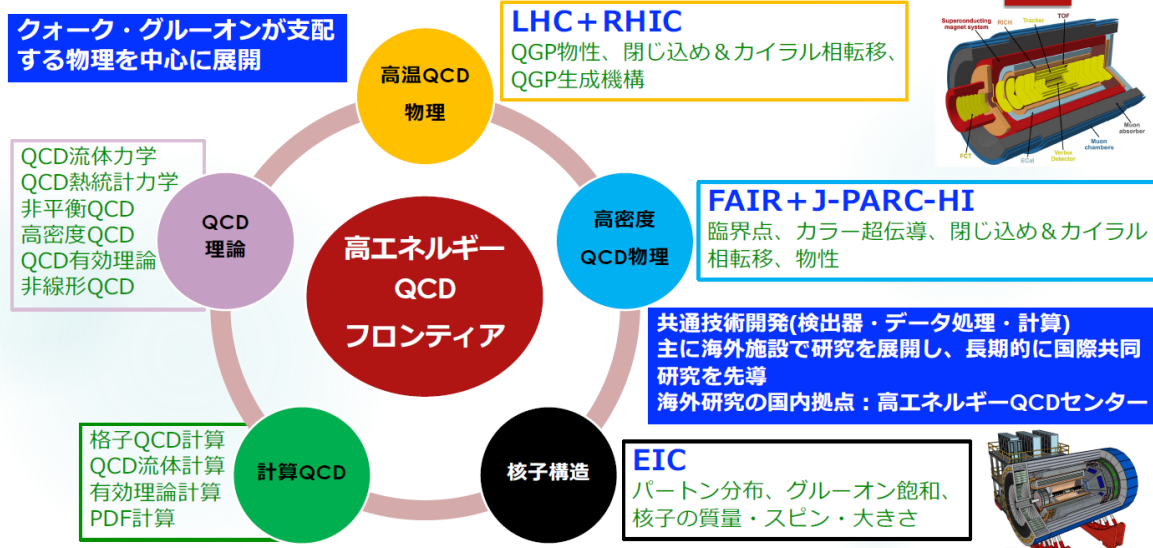
EIC日本グループの状況

- 2022年：日本学術会議「学術の中長期研究戦略」
 - 7/18核物理委員会・将来計画委員会で状況報告
 - 高エネルギーQCDフロンティア構想の一部としてEIC計画への参加を提案する
- メーリングリストの開設
 - eic-japan-l@ml.riken.jp
 - 新たに延與さん（理研）、郡司さん（東大CNS）、志垣さん、八野さん（広島大）が加入
- 当面の会合は木曜10時半から開催

クォークとグルーオンがもたらす豊かな性質や相構造



高エネルギーQCDフロンティアと国際連携



EIC検出器プロトタイプ開発

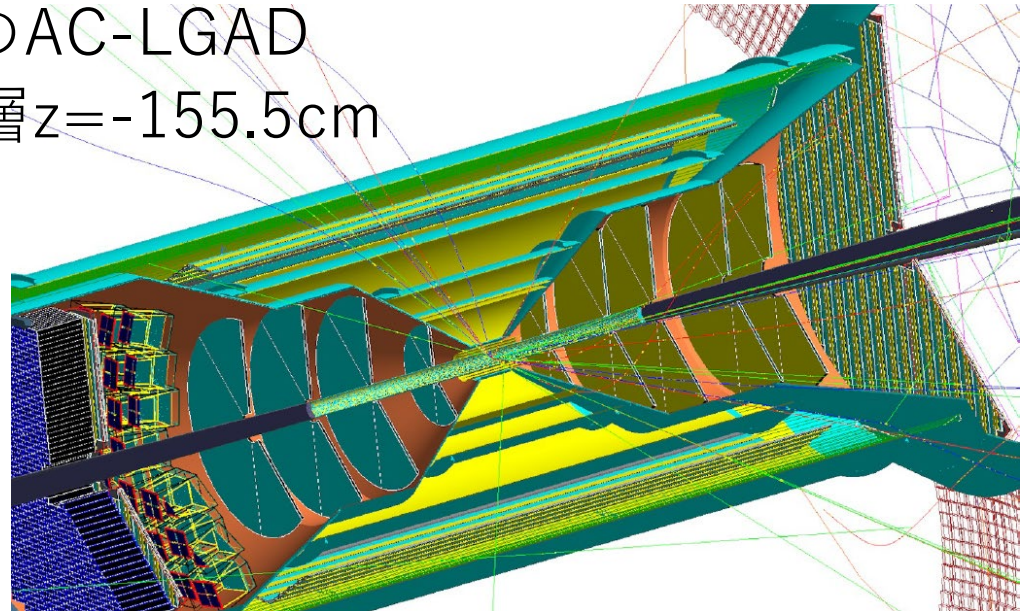
- EIC-ZDC
 - クリスタル層の開発→テストビーム
 - 電子ビーム側PWO開発と協力？
 - EEEMCaI-PWO Crystal
 - 2cm x 2cm x 20cm/tower、\$1,850/tower
 - \$1,000/7cm towerと仮定して、5x5で\$25K
 - LYSOは倍以上の値段？
 - 読み出し：APD？PMT？
 - 放射線耐性テスト

EIC検出器プロトタイプ開発

- EIC-LGAD
 - Rolf Entからの問い合わせ
 - 理研としてsPHENIX-INTT建設の後継計画
 - 7/5 KEK中村さんによる説明会
 - 7/28 AC-LGAD consortium との議論@SBU EICUG meeting
 - 8/9 KEK測定器開発プラットフォーム「シリコン検出器」研究会での議論
 - ATLAS/CMS LGAD+ASICモデル？
 - 実働メンバーを要する

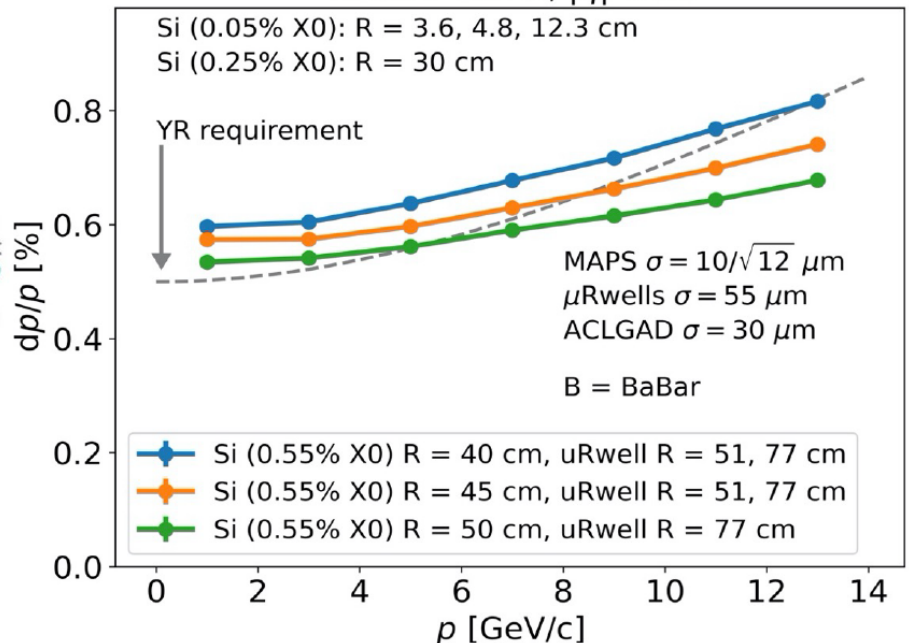
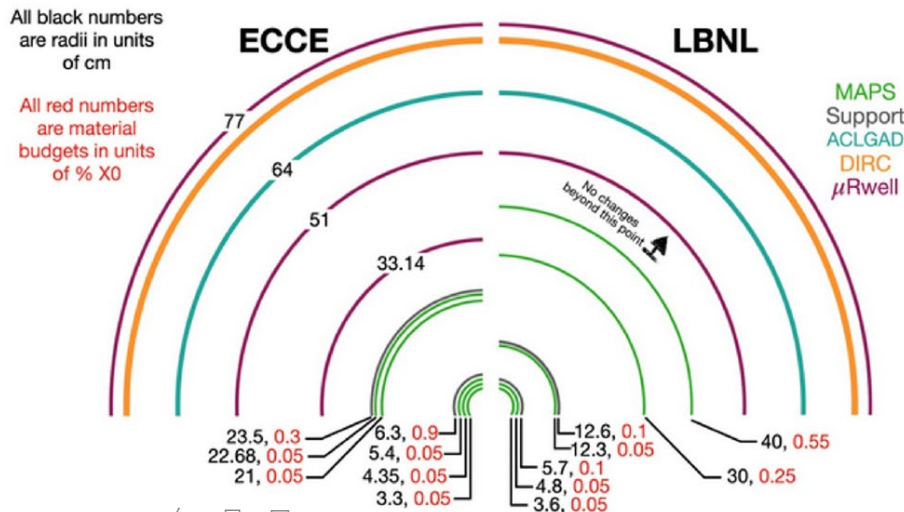
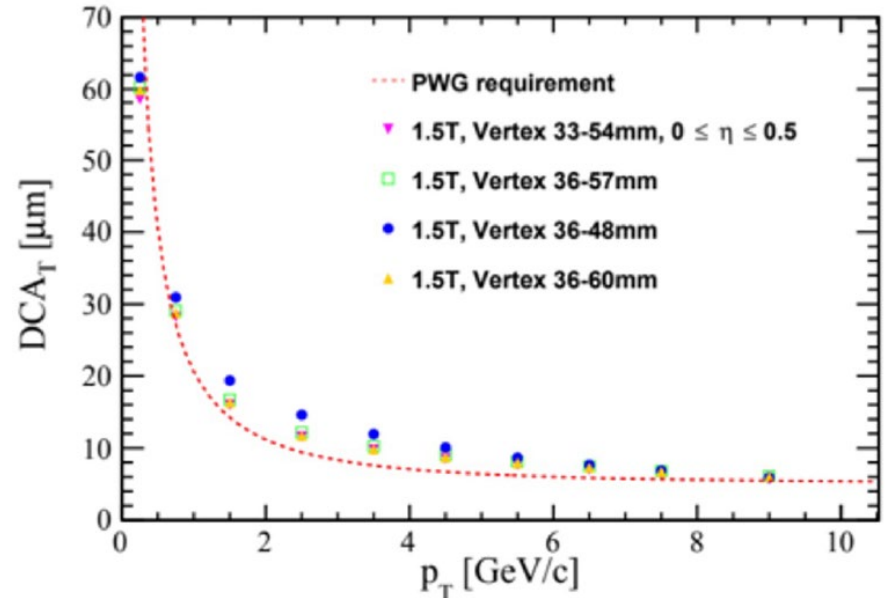
EPIC飛跡検出器デザイン

- バレル
 - 5層のMAPS、3層の μ Rwell、1層のAC-LGAD
 - 内層半径3.3cm、外層半径77.0cm
- ハドロン側ディスク
 - 5層のMAPS、1層のAC-LGAD
 - 内層 $z=25\text{cm}$ 、外層 $z=182\text{cm}$
- 電子側ディスク
 - 4層のMAPS、1層のAC-LGAD
 - 内層 $z=-25\text{cm}$ 、外層 $z=-155.5\text{cm}$



形状の最適化

- 衝突点の検出性能
 - ITS3のパターンの大きさでは、Yellow Report提案の性能は実現できない
- 飛跡の検出性能
 - 衝突点とサジッタ層（中間層）の位置と物質量の再構成をMCに実装
 - $p_T < 6 \text{ GeV}/c$ では性能を満たしていない



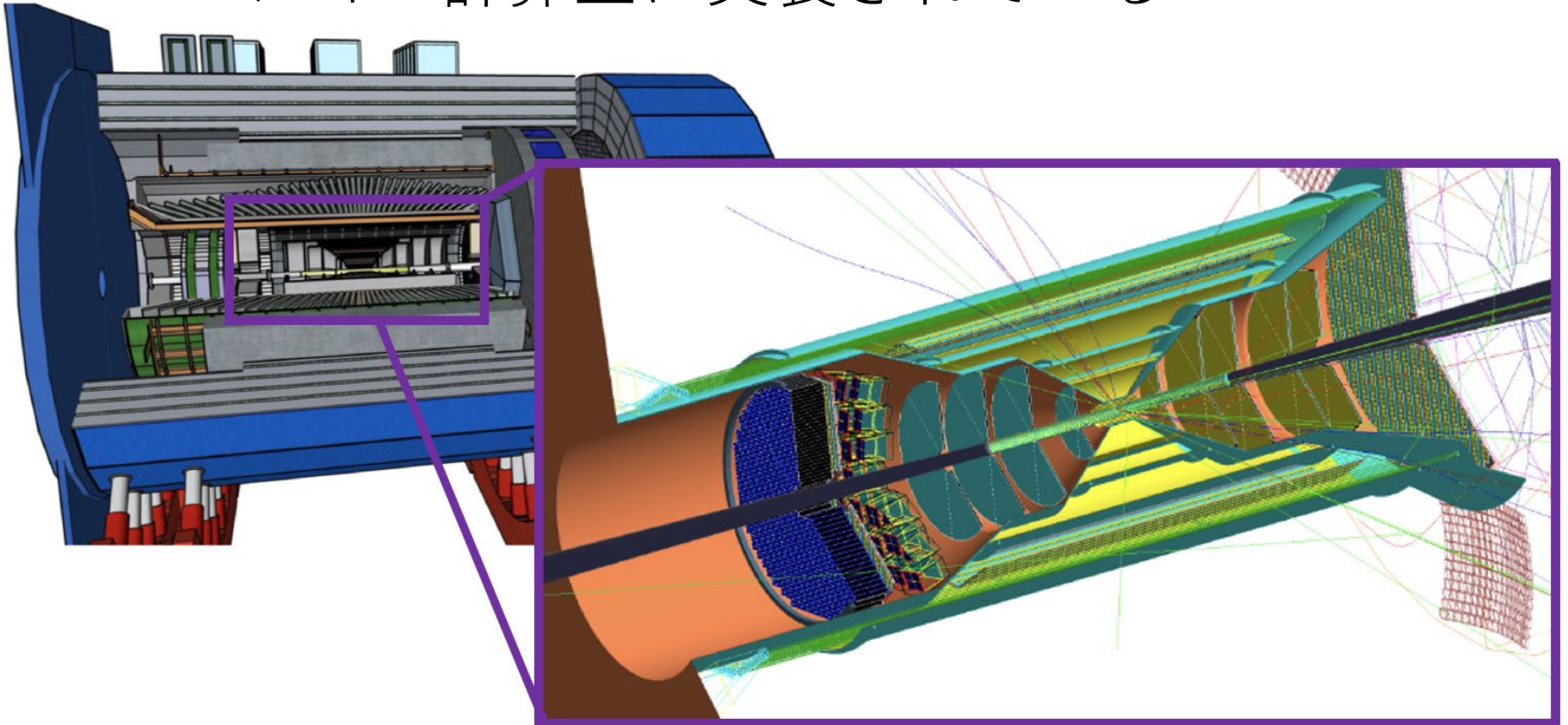
EPIC飛跡検出器デザイン：まとめ

- EPIC検出器飛跡検出器作業グループではpre-TDR提出に向け、飛跡検出器の構成の最適化、技術的な詳細の改訂や実装に焦点を当てている
- EPIC検出器の飛跡検出器関連研究の担当、計画、道筋が決定されている
- シリコン検出器とガス検出器の両方で、形状の最適化について良好な結果が得られている
- より現実的な検出器の実装では、より強い磁場を考慮しない限り、低い運動量でのYellow Reportの要件を満たすことは困難である
- EPIC検出器の飛跡検出器開発への提案、意見を歓迎する

Backup Slides

EPIC飛跡検出器デザイン

- EPIC飛跡検出器は、統合されたMAPS、MPGD (μ Rwellなど)、AC-LGAD検出器で構成されている
- 詳細な検出器の区分と設置用部品を含めシミュレーション計算上に実装されている



形状最適化とシミュレーション計算

衝突点検出

- ビームパイプの移動やITSセンサーの大きさの制約により、ビームパイプから5mmの隙間が必要のため、半径を調整する必要がある

飛跡検出

- Yellow Reportの提案で仮定されている物質量はバレル層あたり0.05% X/X_0 であるがこの低い値は、技術的に実現できず改訂が必要
- サジッタ層（中間層）の位置変更による運動量分解能への影響も確認する

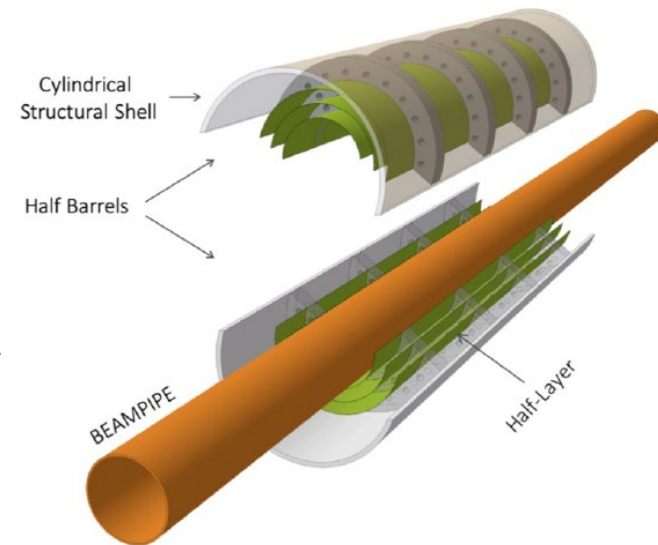
ディスク

- Yellow Reportの提案では両側の最後のディスクは設置されていない
- 設置用コーンと必要な接続を行うための改訂が必要

飛跡当たりのヒット数

- ラピディティと p_T 、運動量依存
- 電子進行方向の飛跡当たりの平均ヒット数は平均4ヒット以上
- 背景を含むイベントでのシミュレーションでの更なる検証が必要

背景事象が飛跡検出性能に与える影響の評価が至急必要

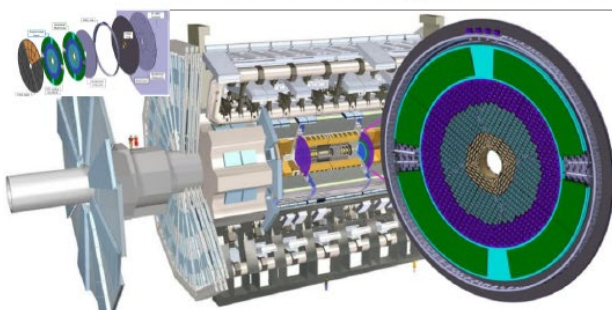


LGADs for timing detectors at HL-LHC

GREGOR KRAMBERGER

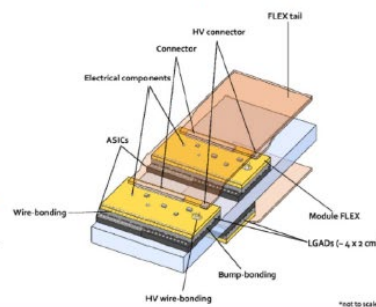
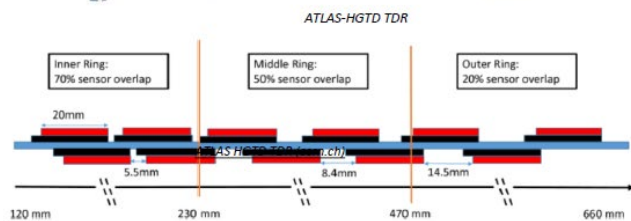
JOŽEF STEFAN INSTITUTE, LJUBLJANA

ATLAS – High Granularity Timing Detector



Layout :

- Two double-instrumented disks per end-cap
- ~2.0 – 2.4 - 2.6 points/track
- $2.4 < |\eta| < 4$, $120 \text{ mm} < r < 640 \text{ mm}$, $z=350 \text{ cm}$
- 3.6 M channels operating at -30°C (6.4 m^2 of Si)

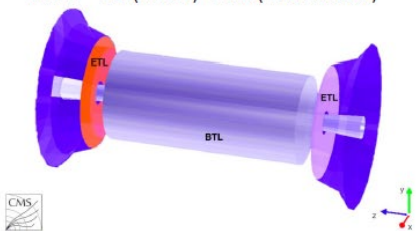


Module is very similar to the pixel modules (less concern about the material)

CMS – ETL

MTD = ETL(LGAD) + BTL(LYSO+SiPM)

CMS-MTD TDR (cern.ch)



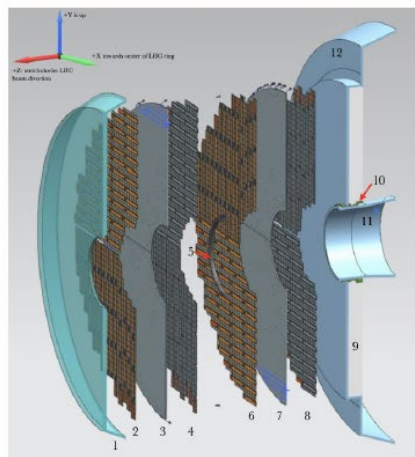
Layout :

➤ Two “double” disks per end-cap

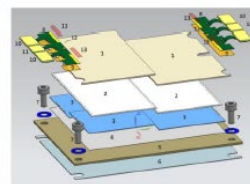
~2 points/track

$1.6 < |\eta| < 3, 315 \text{ mm} < r < 1200 \text{ mm}$

➤ 8.5 M channels (14 m² of Si)



- 1: ETL Thermal Screen
- 2: Disk 1, Face 1
- 3: Disk 1 Support Plate
- 4: Disk 1, Face 2
- 5: ETL Mounting Bracket
- 6: Disk 2, Face 1
- 7: Disk 2 Support Plate
- 8: Disk 2, Face 2
- 9: HGCal Neutron Moderator
- 10: ETL Support Cone
- 11: Support cone insulation
- 12: HGCal Thermal Screen



- 1: AlN module cover
- 2: LGAD sensor
- 3: ETL ASIC
- 4: Mounting film
- 5: AlN carrier
- 6: Mounting film
- 7: Mounting screw
- 8: Front and hybrid
- 9: Adhesive film
- 10: Readout connector
- 11: High voltage connector
- 12: LGAD bias voltage wirebond
- 13: ETRAC wirebonds

Different module arrangement and connectivity as ATLAS but essentially also “pixel” module

Latest prototypes produced by different vendors

ATLAS HPK-P2 (2020)

CMS

FBK-UFSD 3.2 (2020)

CNM-12916 (2019)

IHEP-IME-V2 run (07/2021)

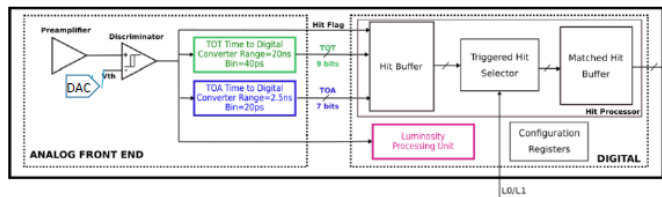
USTC-IME_2.x 8" (2020)

NDLv4 (2021)

NDLv3 (2020)

PLANAR TECHNOLOGY – more vendors (e2v, BNL, Micron ...)

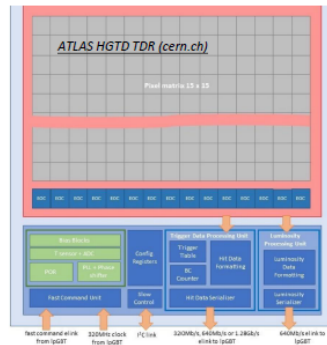
ASIC



power consumption 250 (ETROC), 300 (ALTIROC) mW/cm²

Maximum leakage current	5 μ A
Single pad noise (ENC)	< 3000 e^- = 0.5 fC
Cross-talk	< 5%
Threshold dispersion after tuning	< 10%
Maximum jitter	25 ps at 10 fC 70 ps at 4 fC
TDC contribution	< 10 ps
Time walk contribution	< 10 ps
Minimum threshold	2 fC
Dynamic range	4 fC–50 fC
TDC conversion time	< 25 ns
Trigger rate	1 MHz L0 or 0.8 MHz L1
Trigger latency	10 μ s L0 or 35 μ s L1
Clock phase adjustment	100 ps

ATLAS HGTD TDR (cern.ch)



In functional blocks both CMS/ATLAS ASICs are very similar some differences (LUMI processing unit-ALTIROC, waveform sampler after preamp-ETROC).

- ALTIROC0/ETROC0 – preamplifier + discriminator waveform sampling on the oscilloscope
- ALTIROC1/ETROC1 – 5x5/4x4 array with complete analogue front end (discriminator + TDC)
- ALTIROC2/ETROC2 – 15x15/16x16 array with almost complete functionalities
- ALTIROC3/ETROC3 – final ASICs to be used in the experiments

both use ToA/ToT for correction of the time walk
still under investigation is the optimum front-end amplifier

ALTIROC2 has arrived and in few months we will have first full assemblies.

51

G. KRAMBERGER, LGADS FOR TIMING DETECTORS AT HL-LHC, CERN DETECTOR SEMINAR

11/05/2021

Conclusions

- LGADs have come long way and are now a major choice for timing detectors for HL-LHC
 - being a planar technology it is accessible by many vendors
 - it is now the only mature technology that can offer intrinsic limit for timing resolution of ~few tens ps
 - Operation of LGADs on the other hand is much more complex than ordinary planar sensors as they are sensitive to operation conditions, density of ionization, very small fluence variations...
- The major limitation for their use is radiation damage manifested as initial acceptor removal
 - The loss of gain layer can be compensated by increase of bias voltage
 - The bias voltage is limited by so called Single Event Burnout in the highly energetic particle beam to $\langle E \rangle < 11$ V/ μ m
 - Carbon-enrichment of gain layer improves radiation hardness/reduces acceptor removal significantly and likely allows the use of LGADs even beyond the required fluence
 - a positive effect of radiation damage is increase of fill factor
- The production of prototype sensors for experiments is going well (~20 m² of LGADs required) with many vendors interested in development.
- The development of electronics is very challenging, but ASIC prototypes results are promising