

New Small Wheel Upgrade

片岡 洋介
(東大素粒子センター)

Contents

1. New Small Wheelについて
2. Micromegas R&Dの状況
3. 国内R&Dの進展と今後

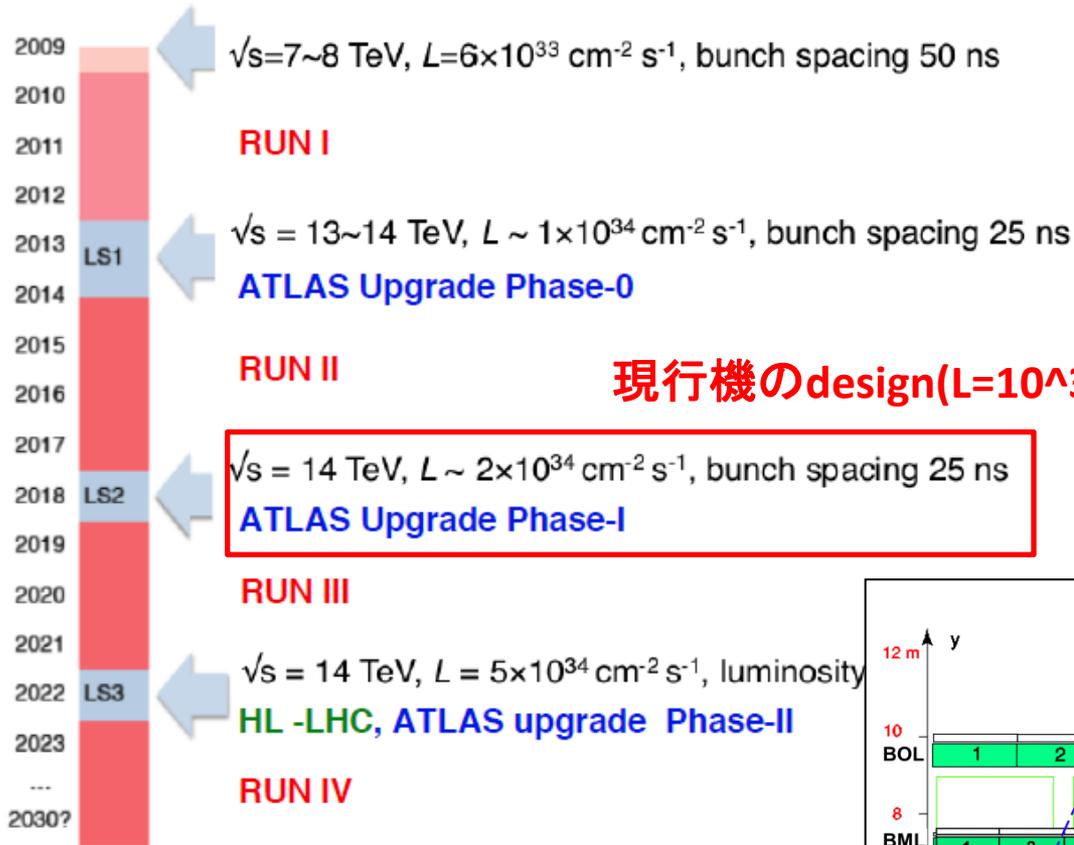
現在、TDRのapproval process中

<https://svn.cern.ch/repos/atlasgroups/Detectors/MuonSpectrometer/NSWTDR/NSWTDR.pdf>

※ MM chamberの話にフォーカスし、
sTGC, elec, simulationはTDRに譲ります。

1. New Small Wheelについて

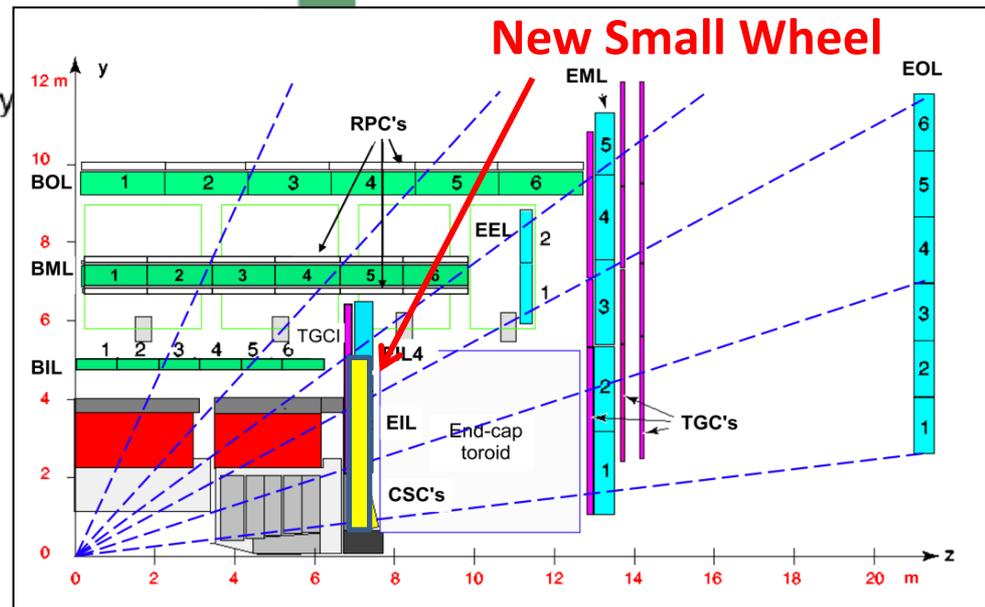
NSW Upgrade



現行機のdesign($L=10^{34}$)を越える前にSW置き換え

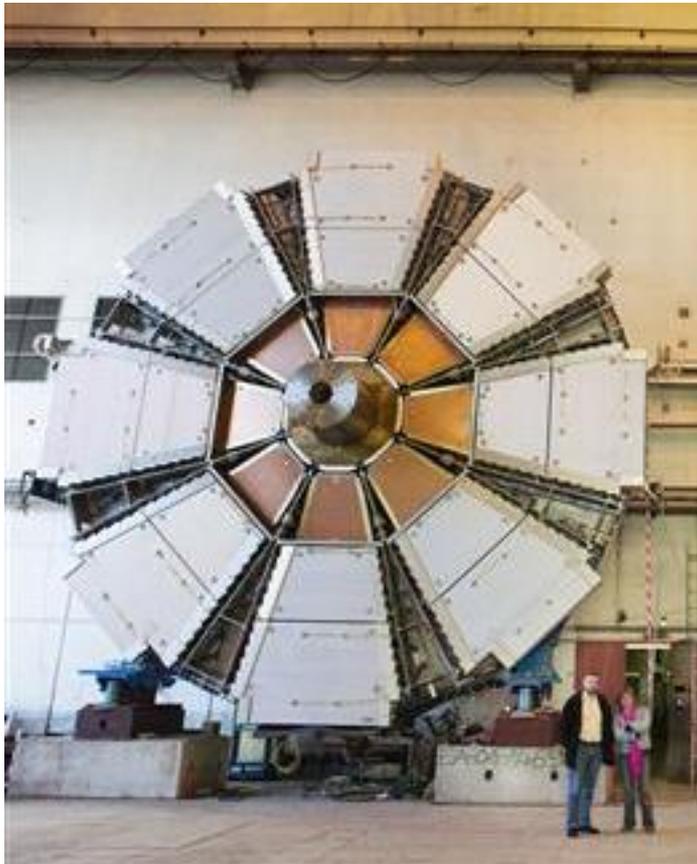
~20-25 fb⁻¹

~75-100 fb⁻¹



現行Small Wheel

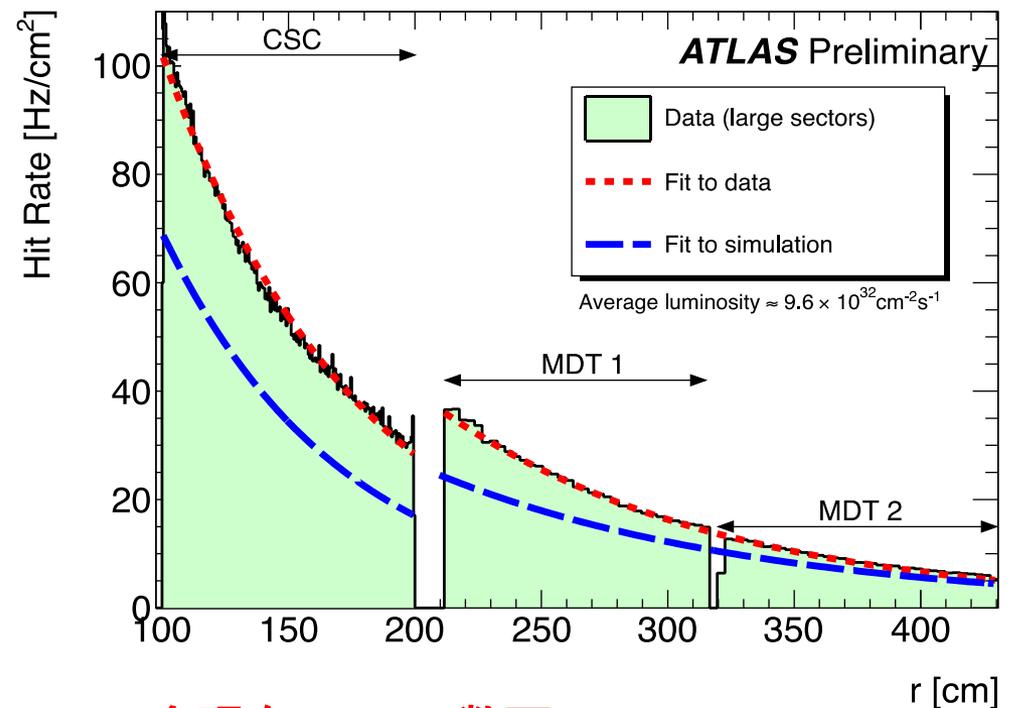
Small Wheel (現行機)



- MDT $\eta=1.3\sim 2.0$
- CSC $\eta=2.0\sim 2.7$

Hit rate at Luminosity = 10^{33}

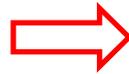
Cavern background up to 100 Hz / cm²



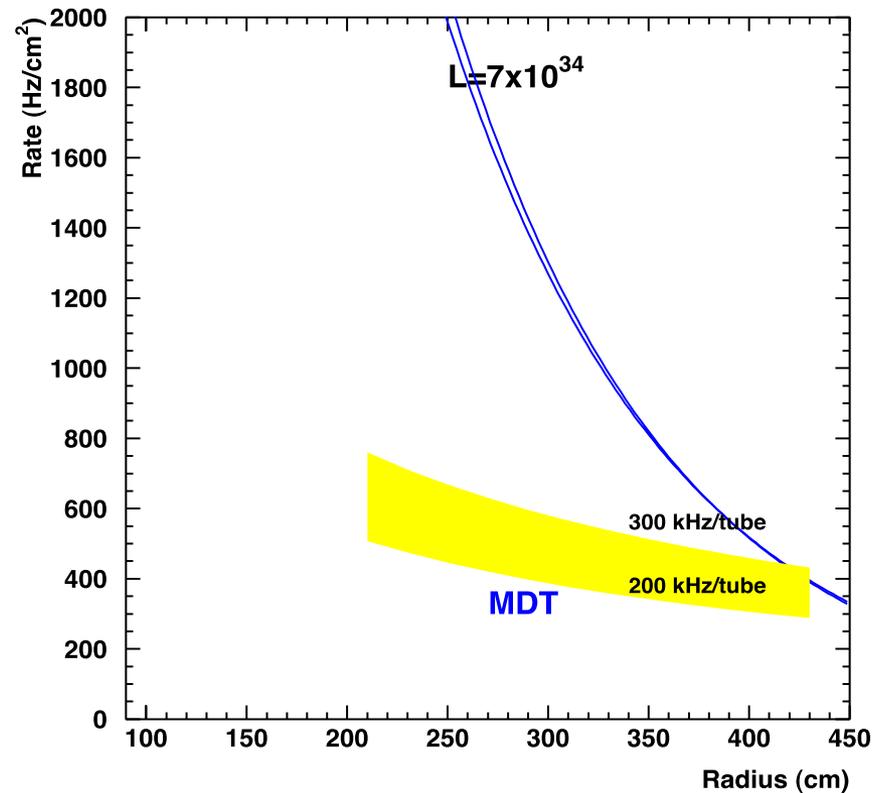
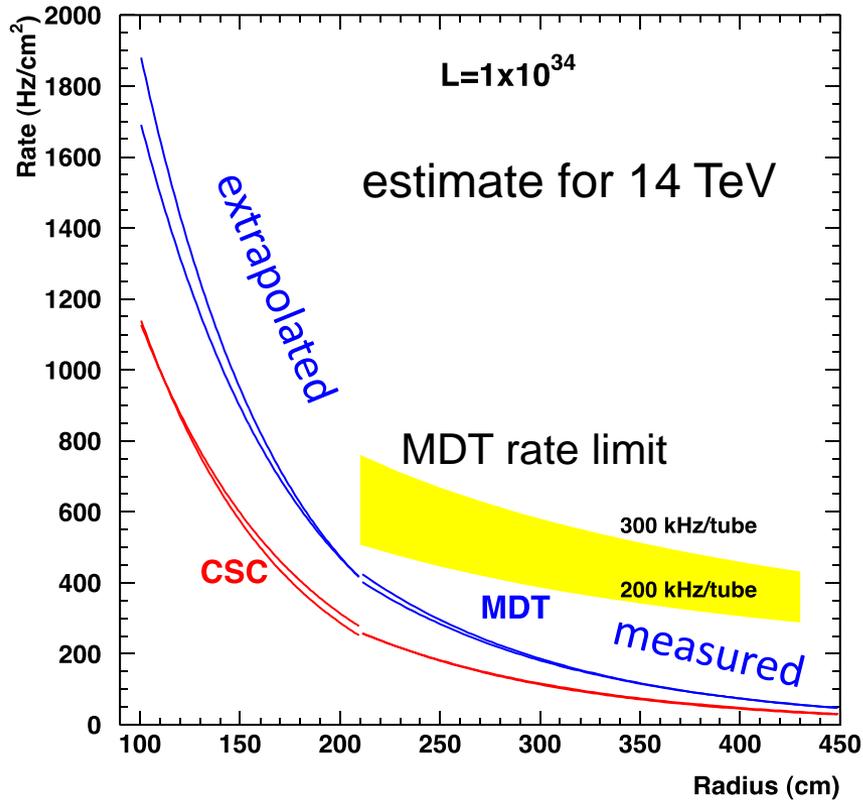
今現在 (2012) 数百 Hz / cm²

Estimated hit rate

$L = 1 \times 10^{34}$ (14TeV)



$L = 7 \times 10^{34}$ (14TeV)



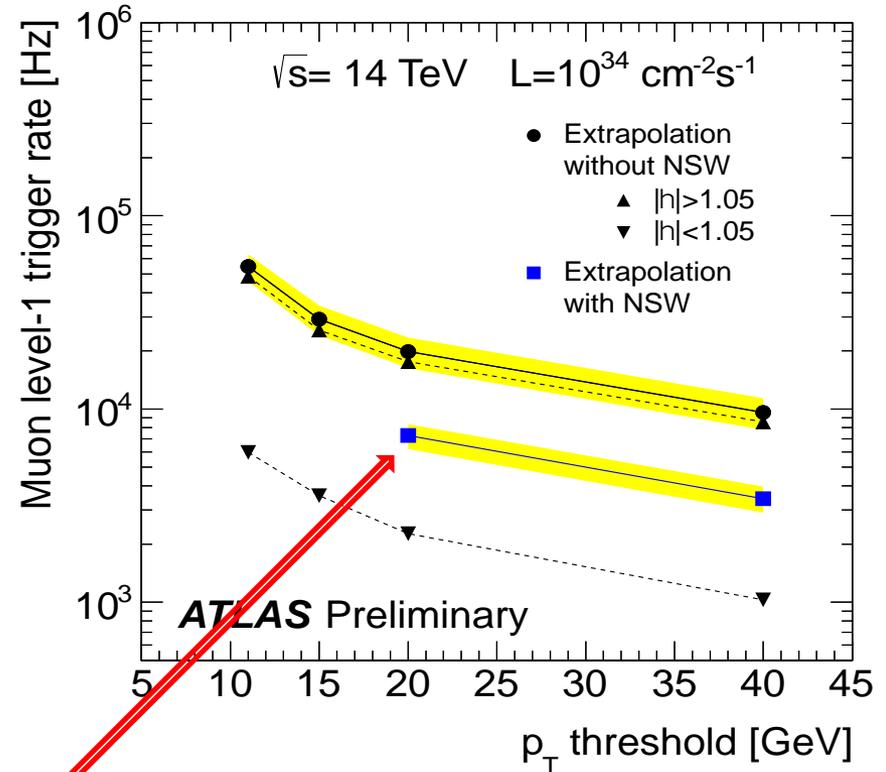
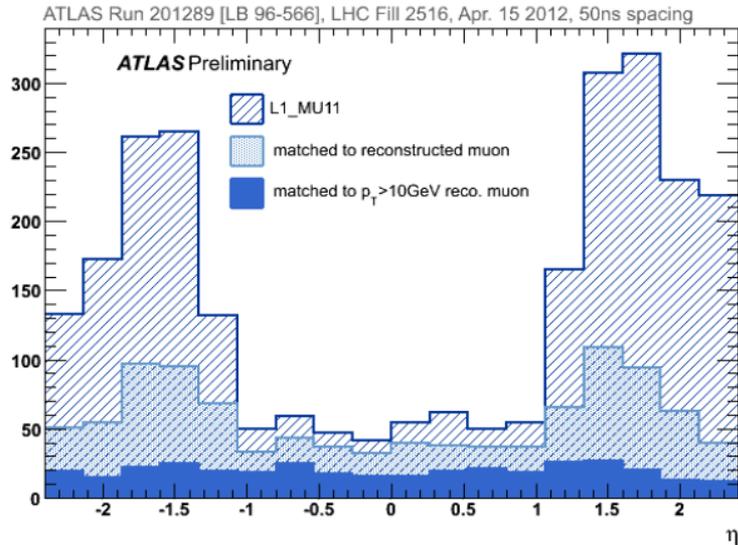
MDT rate limit \sim 200kHz/tube

- Large granularity
- Large drift time $<$ us

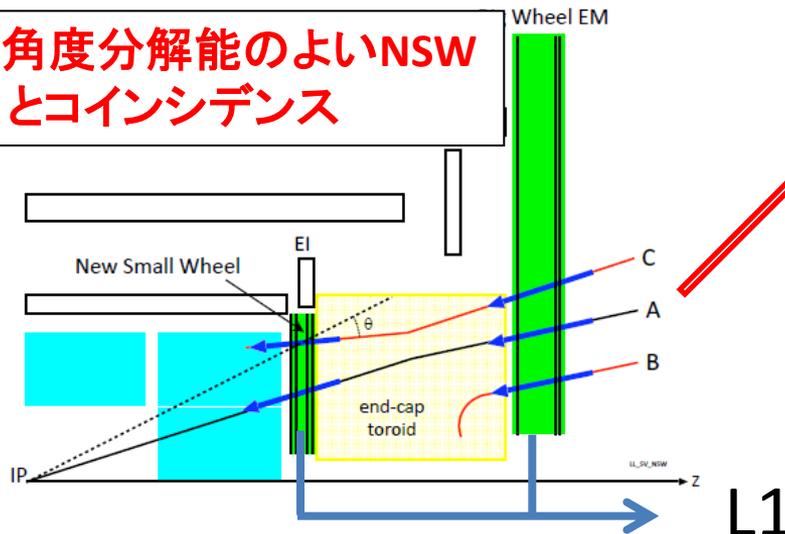
それほどマージンない
もう一桁必要

Estimated L1 rate

エンドキャップ 5倍 → Fake Trig. (slow)



解決策: 角度分解能のよいNSW
とコインシデンス



$L = 3 \times 10^{34}$	Mu20	Mu40
Without NSW	60	29
NSW	17	8

Acceptable

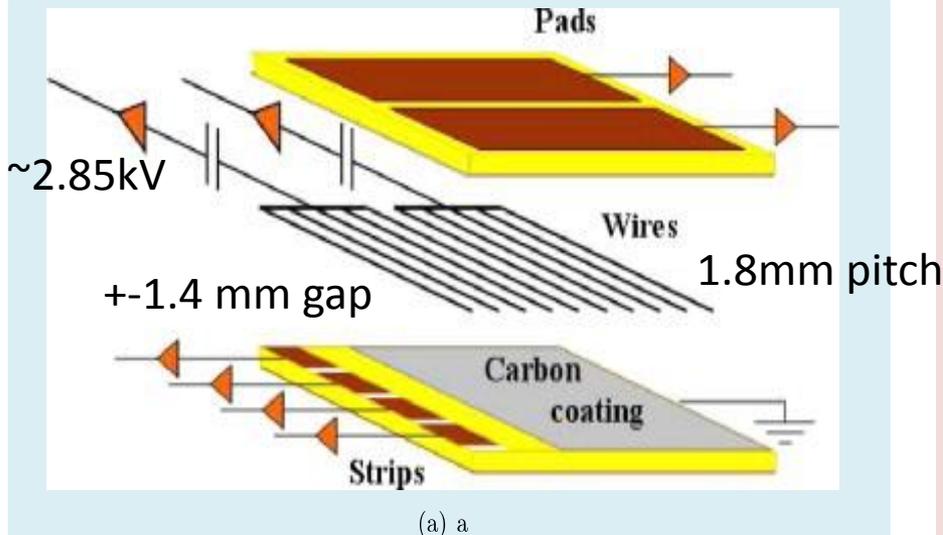
NSW chambers

requirements

~ 7×10^{34} でperformanceを落とさず動く
 ~1m radの角度分解能

→ Initial design review (2012)を受けて、
 sTGC (Trigger), Micromegas(tracking)採用

sTGC

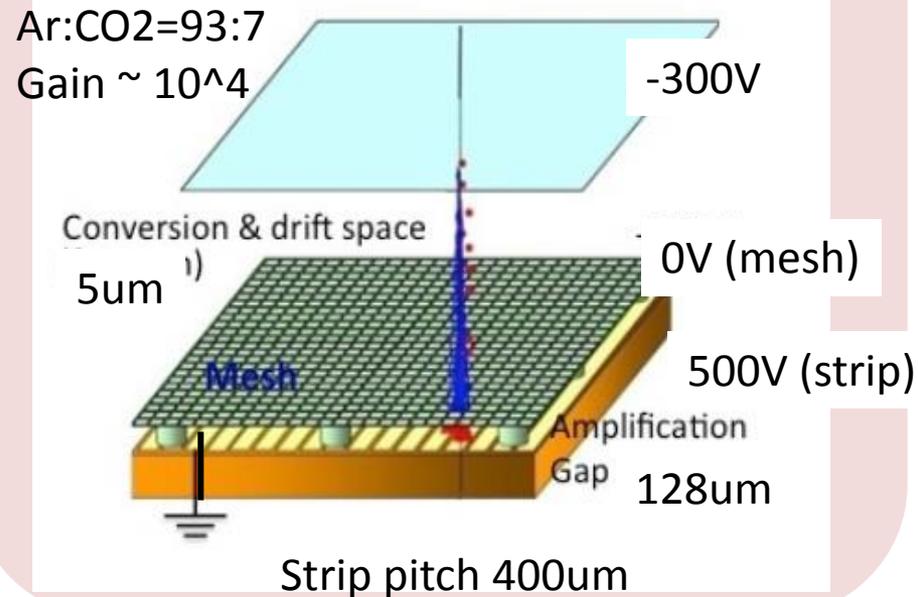


Strip (~3mm, charge centroid) ... bending cord.
 Pad ... coincidence (3/4)

primary trigger

95% < 25ns, $\sigma_x \sim 150\mu\text{m}$, up to 20kHz/cm²

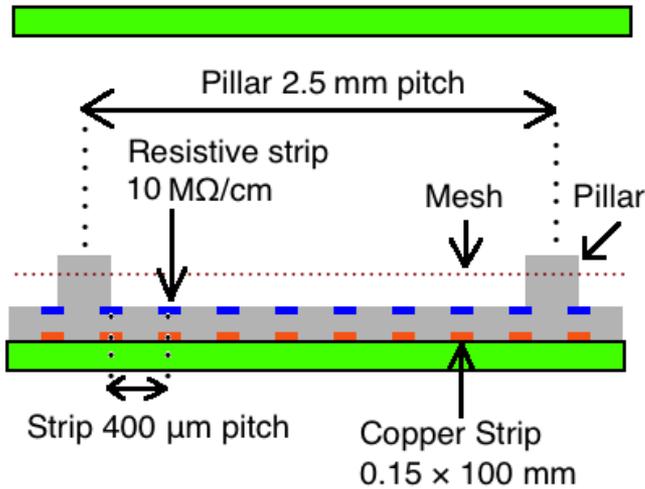
Micromegas



primary tracking

σ_t 10~20ns, $\sigma_x < 100\mu\text{m}$, up to MHz?

Micromegas



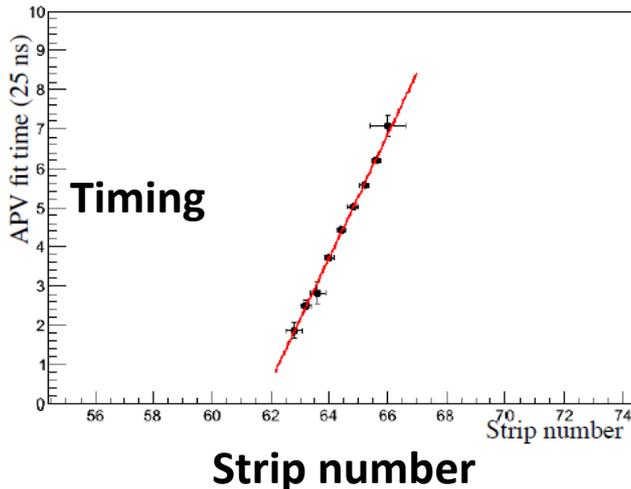
Drift space 5 mm
(HV-D = 300 V/μm)

Amplification
Gap 128 μm
(HV-M = 500 V/μm)

Drift/Amp領域をmeshで分離したMPGD

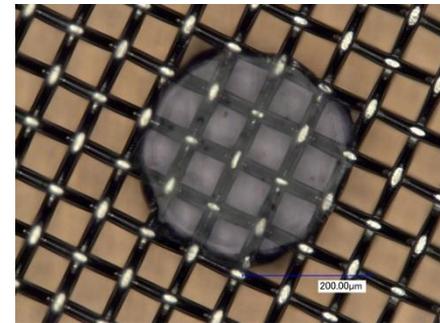
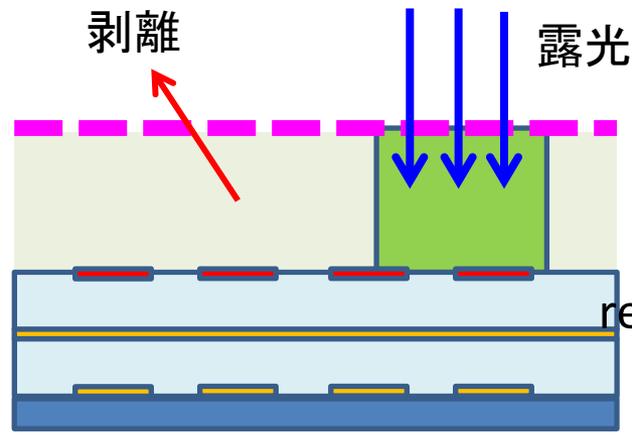
- Fine granularity ~ 400um strip
- Gain ~10⁴ (Ar:Co2=93:7 same w/ MDT)
- drift time ~100ns (5mm)
イオンも同程度でmeshで回収
- resistive層(strip) ... 放電耐性
- Timing測定によりTPC reconstruction

Micro TPC reconstruction



バルクMicromegas

プリント基板技術で簡単/安価
に製作可能



mesh

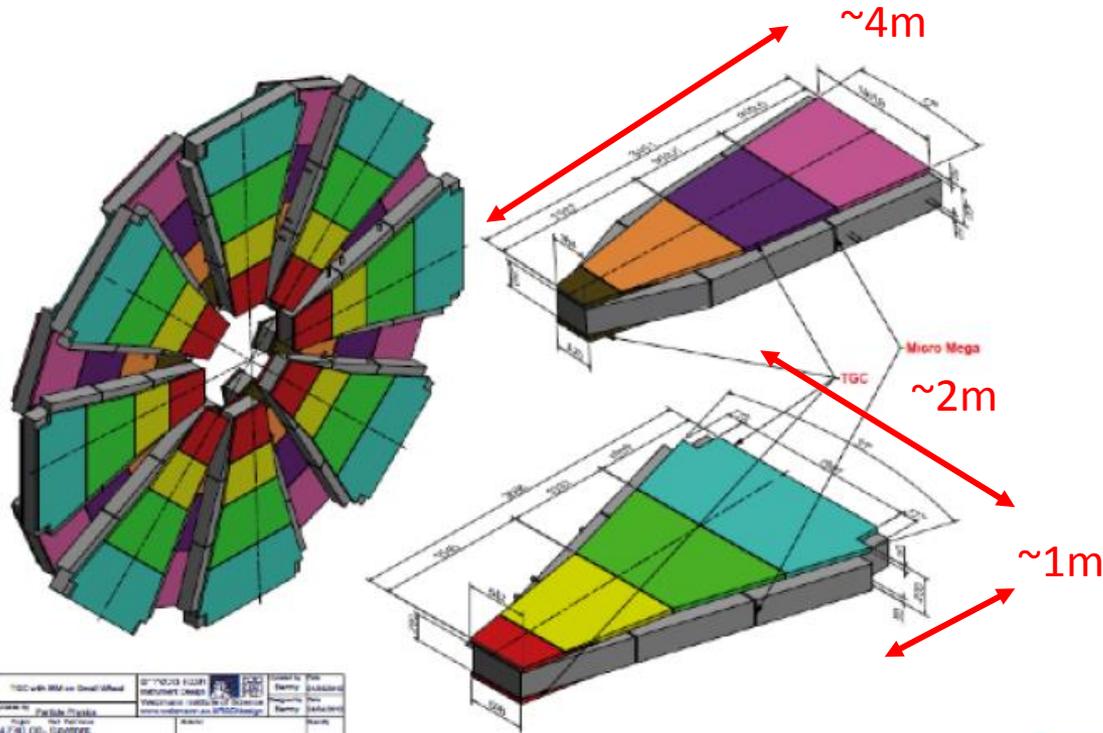
レジストシート

readout strip

PCB

多層基板

NSW structure

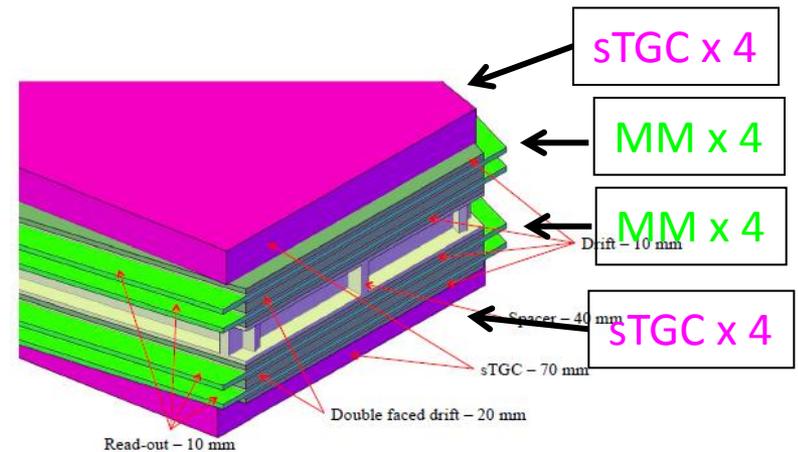
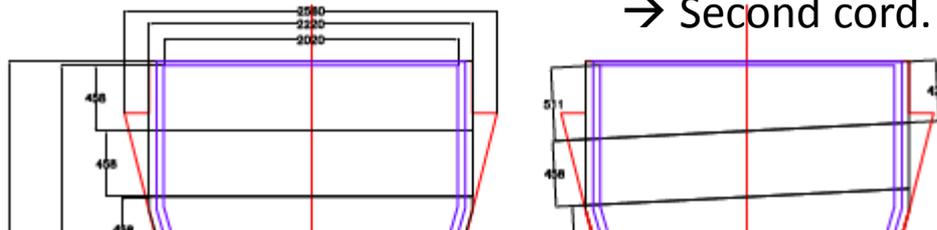


最近のホットピック

- ~4m半径, large/small sector x 8
- TGC, MM各8層
- 3~4分割 (最大 2m x 1m)
~2000 chamber
- MMは1次元読み出し、Stereo角(+/-1.5deg.)により second coordinate(ϕ)

Stereo(+/-1.5 deg.)

→ Second cord.

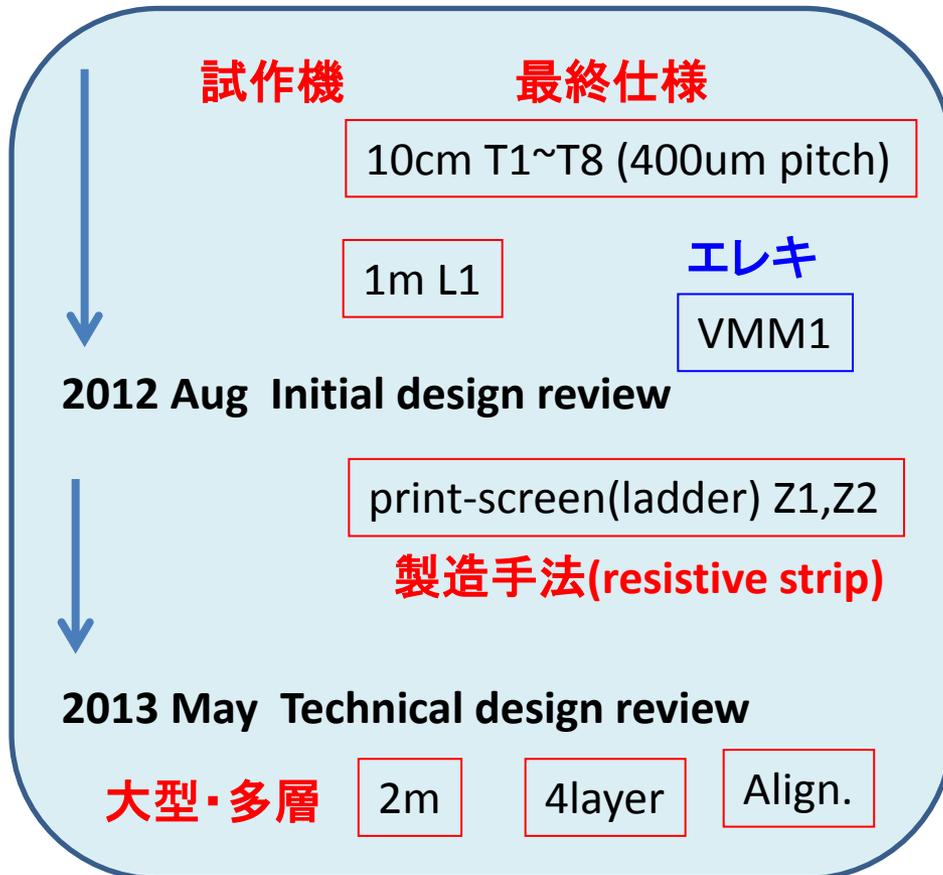


2. Micromegas R&Dの状況

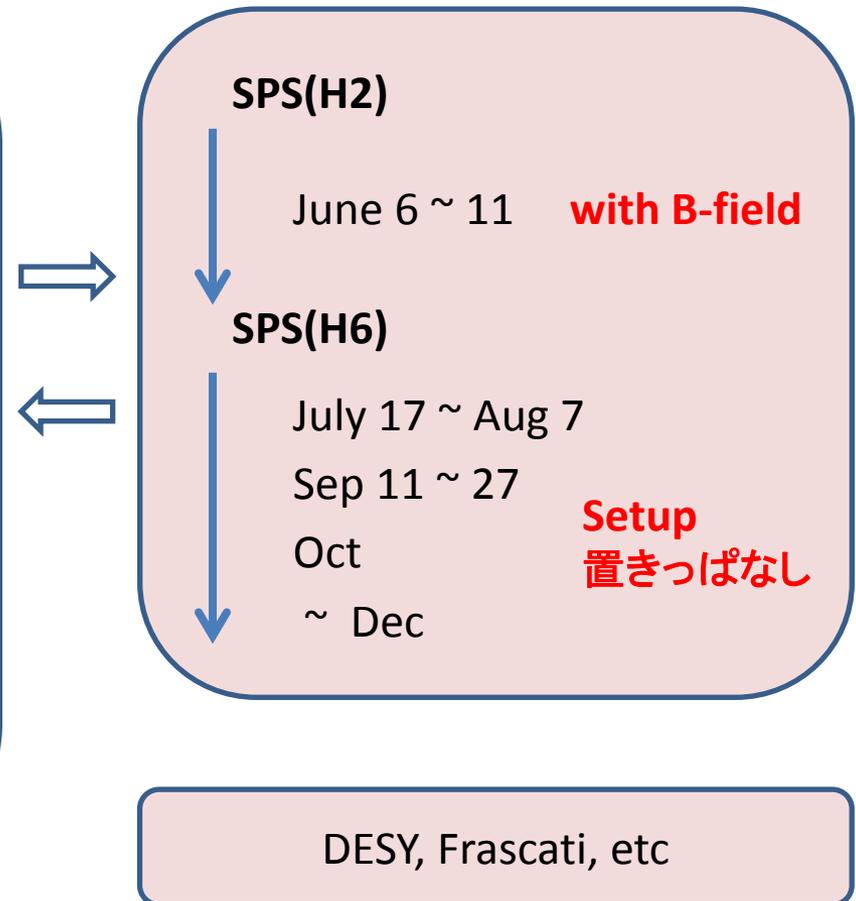
Micromegas R&D

- PCB workshop(CERN内でMM作れる)と組んで非常に効率的。
- 昨年は、試作機を逐次SPS beamlineに投入、6月から半年間データを取り続けた。

設計&試作 (PCB workshop)



テスト(SPS beamline)



TB results

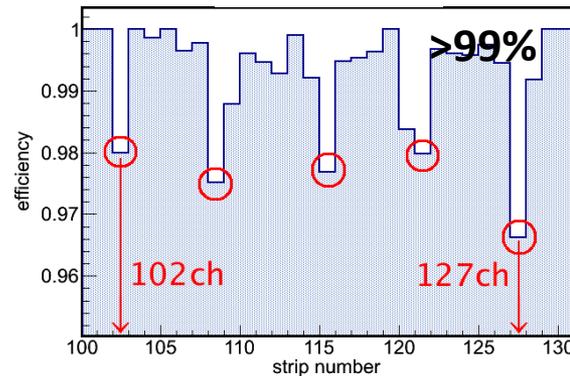
- Initial design review用試作機 T1 ~ T8 (小型10cm, 最終仕様)
- 基本性能のチェック、磁場応答

2012秋 学会報告(川西)

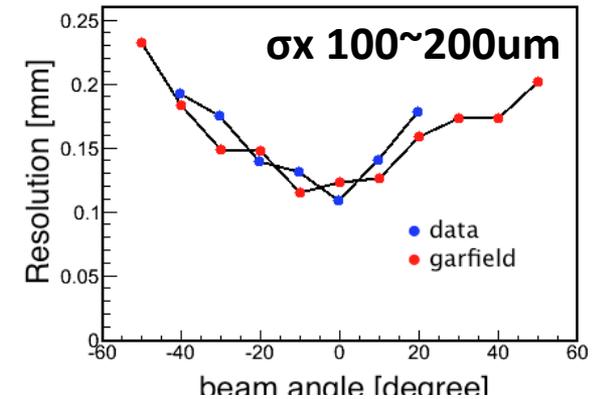
<https://indico.cern.ch/getFile.py/access?subContId=0&contribId=20&resId=0&materialId=slides&confId=191688>

- 期待通りの性能が得られた
- Simulation(Garfield)で再現

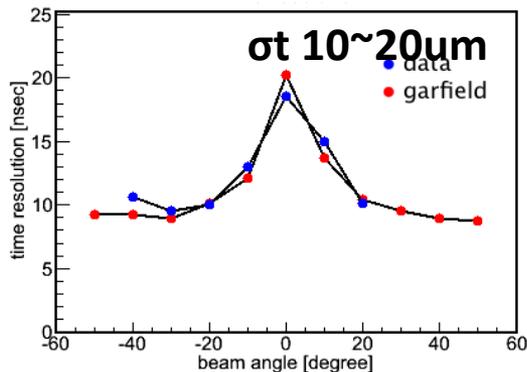
efficiency



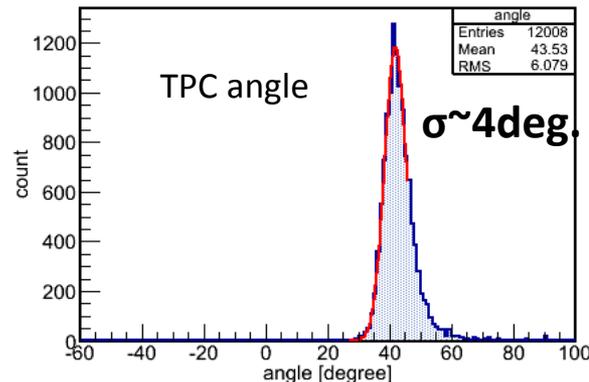
Position resolution



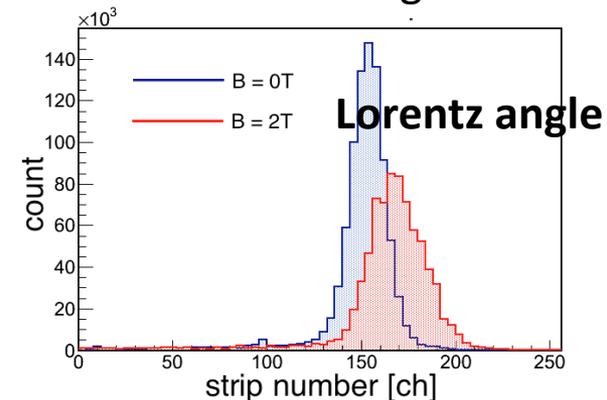
Time resolution



TPC angle



Lorentz angle



MM in ATLAS

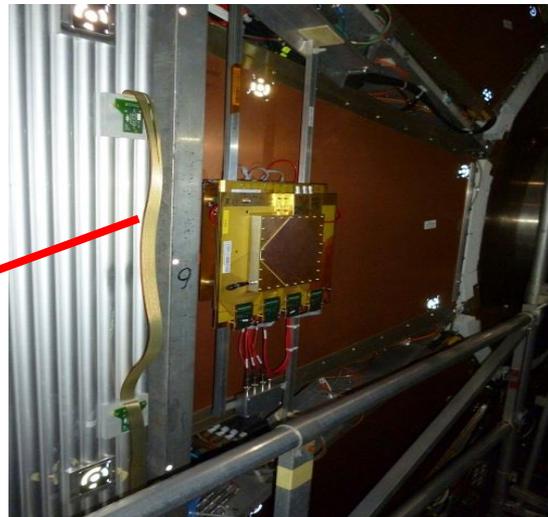
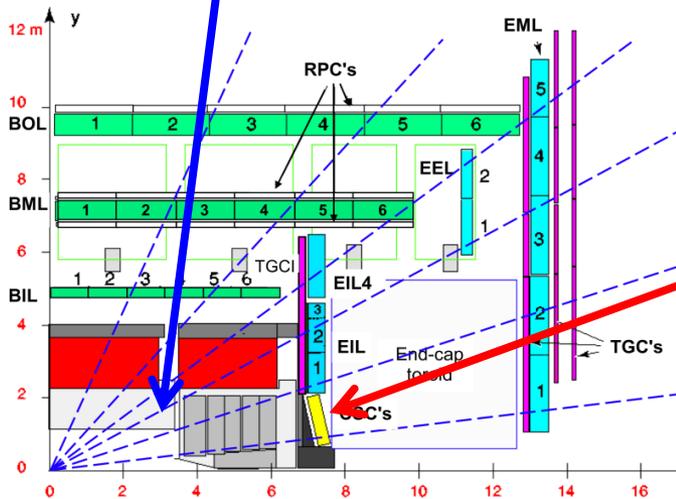
もう一つのテスト

昨年、MMのtest chamberをATLAS内に設置
 - 3 chambers at CSC ... R13, R16, R19 (10cm)
 - 2 chambers at MBT ... MBT0_3, MBT0_4



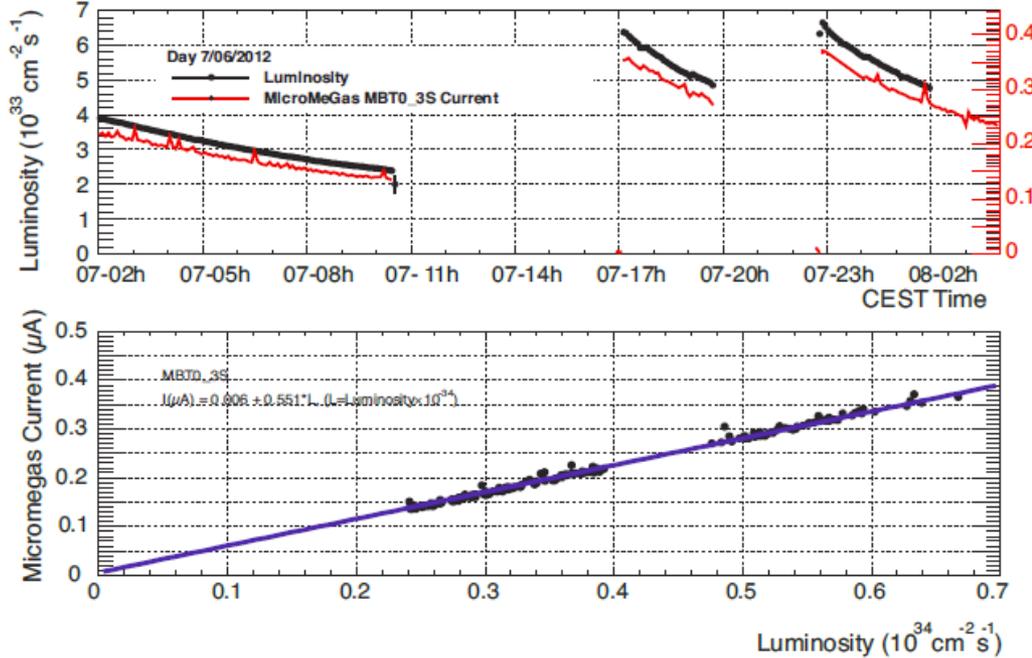
- High rate環境でのテスト
- 読み出しスキーム(SRS→ROS)のテスト
- Performance (MDT,CSCなどと比較)

※ ROS経由での読み出しは間に合わなかった
 → Standaloneで



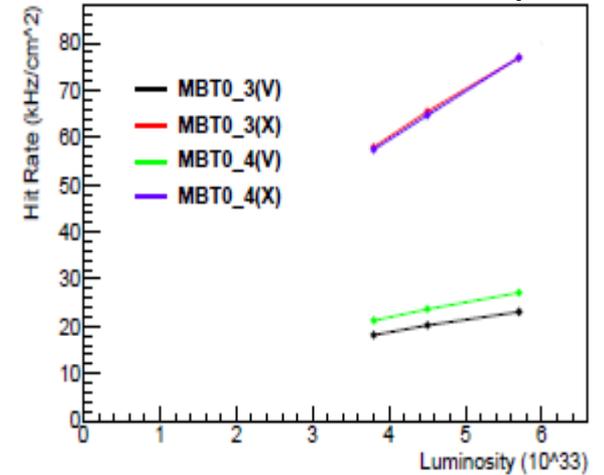
outputs from MM in ATLAS

Current vs Luminosity

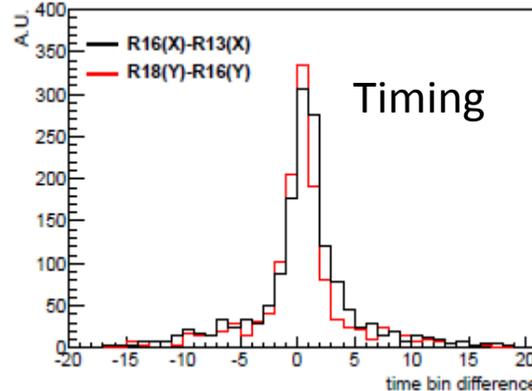
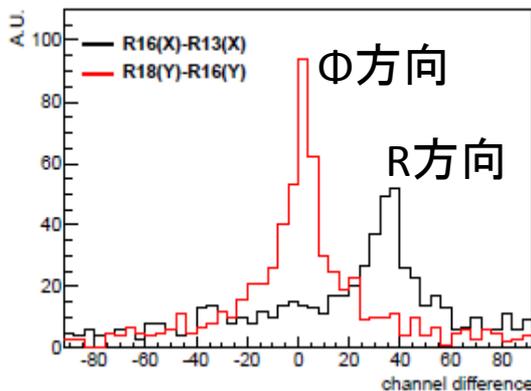


Requirement +1桁
agingにして6年分(0.03C/cm²)

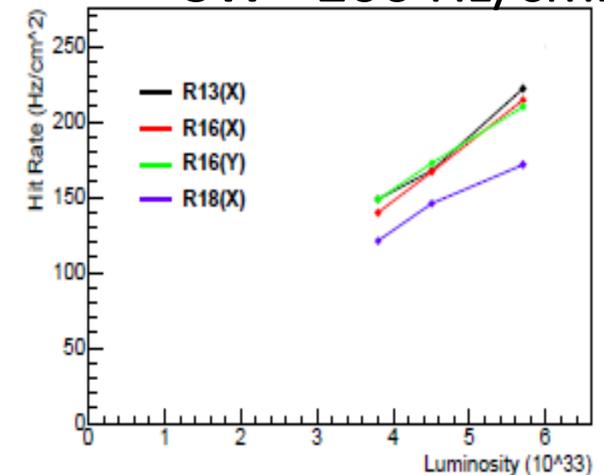
MBT~ 70 kHz/cm²



correlation (tracking) 10~20% track成分



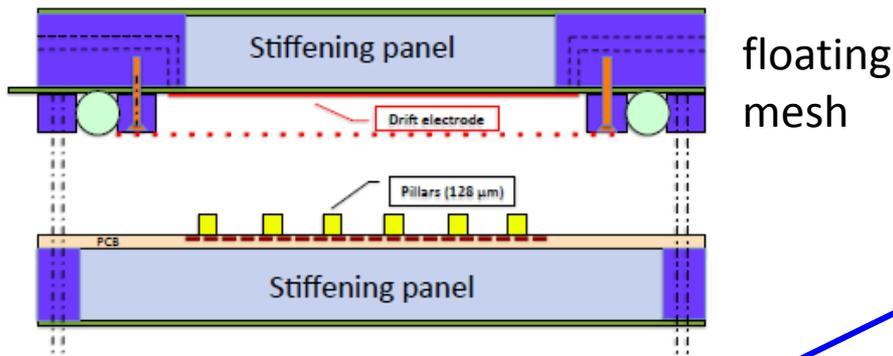
SW~ 200 Hz/cm²



大型化、多層モジュール

最近の話題

- 2m x 1m 製造中
 - floating mesh 2m x 1m
 - PCB読み出し基板 1m x 0.5 x 4枚
- 1m x 0.5m 4層モジュール製造予定



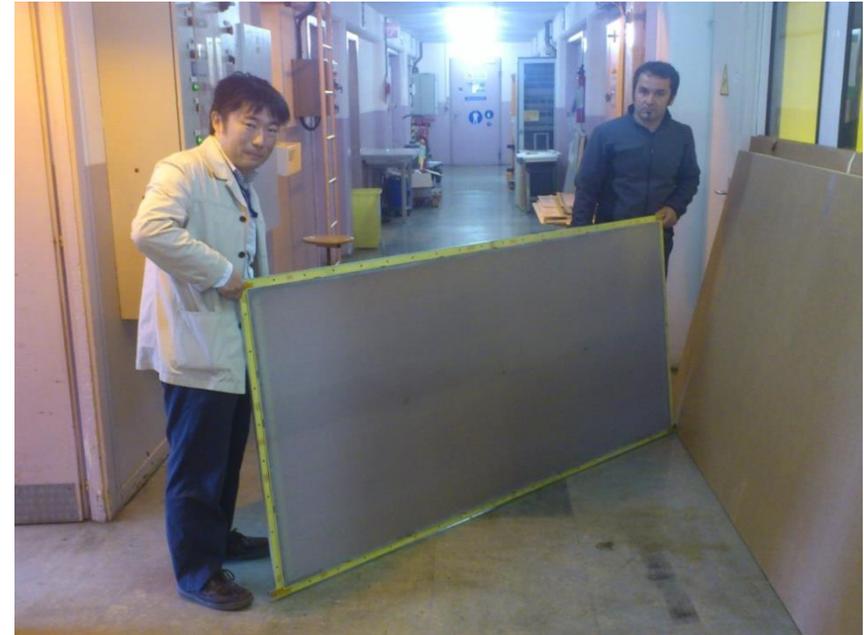
mesh
2m x 1m

PCB
1m x 0.5m

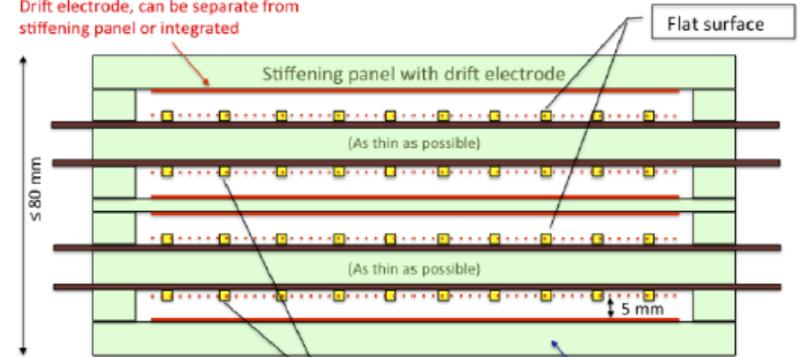


越智さん

Rui (PCB workshop)

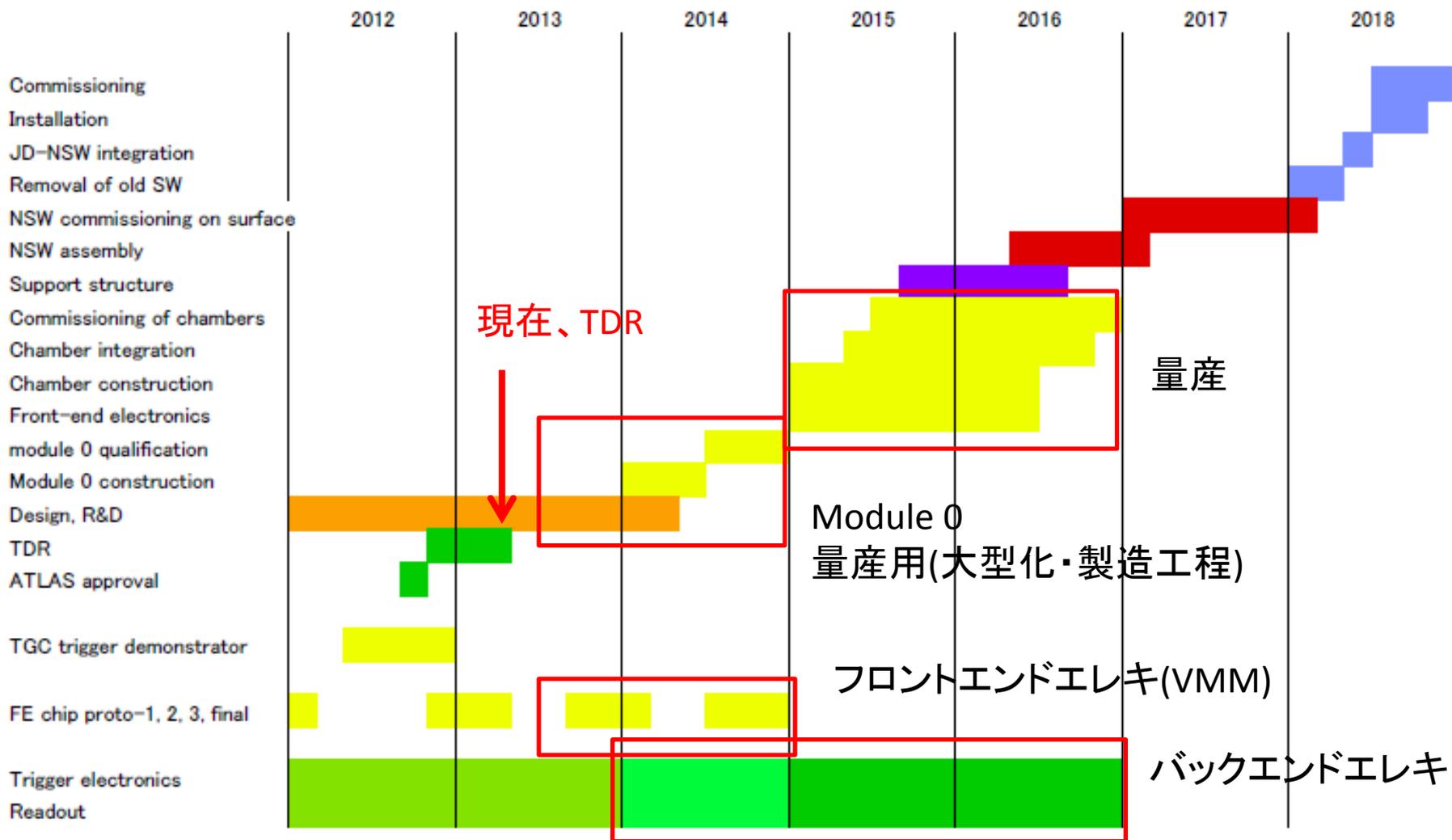


Drift electrode, can be separate from stiffening panel or integrated



Outer panels need to support gas pressure (≤ 5mbar), deformation up to 0.5 mm tolerable

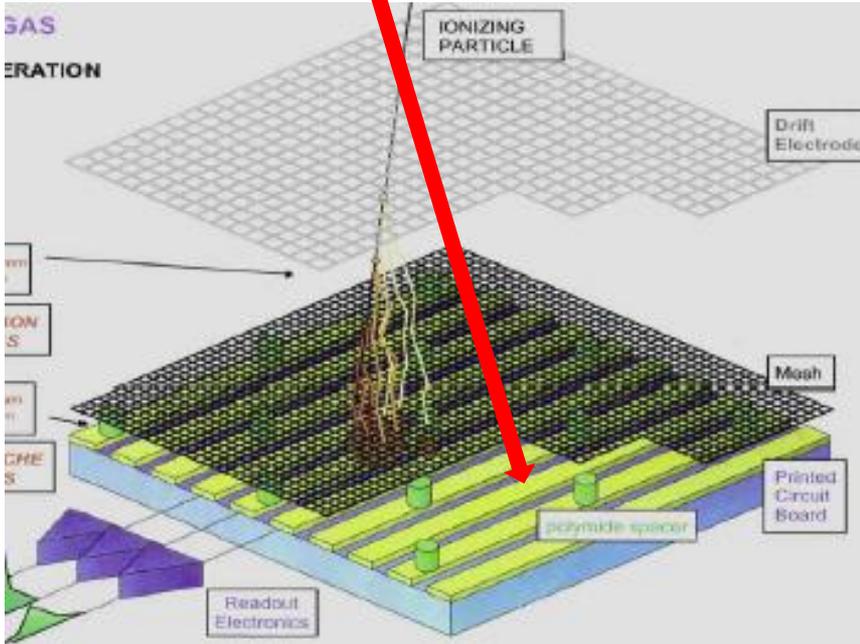
今後の予定



3. 国内R&Dの進展と今後

Resistive strip層の形成手法

resistive層(strip) ... 放電対策

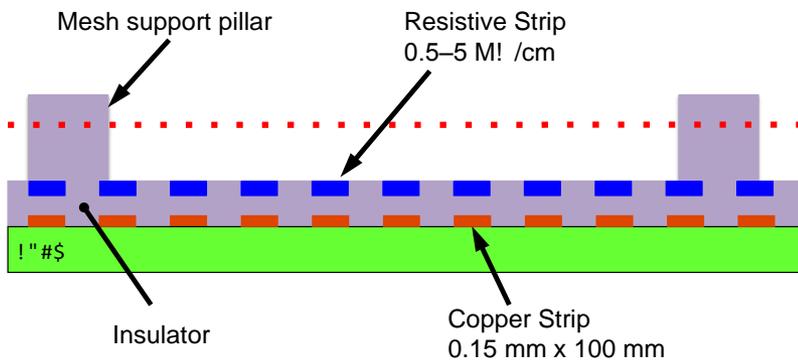


Initial design review後、
量産に適した製造手法の確立へ。

requirements

- fine strip 400um or less
- なめらかな構造 (電場構造)
- 均一な抵抗値 $O(M)$ Ohm/cm
- 量産速度 / コスト
- 耐久性

その他は既存の基板技術(ething)でOK
readout strip, piller, mesh



resistive strip R&Dの進展

CERN group

※ PCB workshop

第一世代

エッチングとカーボン塗布によるresistive strip形成

~2012末

第二世代

- スクリーンプリントによるresistive strip形成
- 安価、量産速度
 - なめらかな構造(電場安定)

大型化
1m x 50cm

日本 group

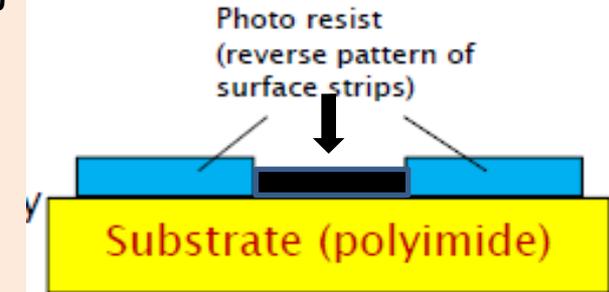
※株式会社レイテック協力

~2013.5

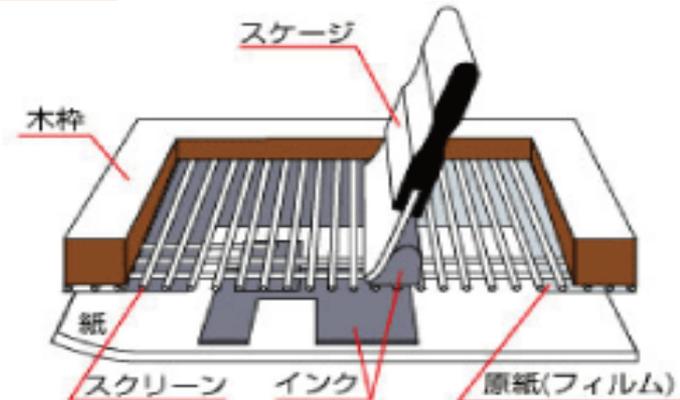
第三世代

- 新しい手法によるresistive strip形成
- 微細加工
 - 均一、強固

エッチング手法



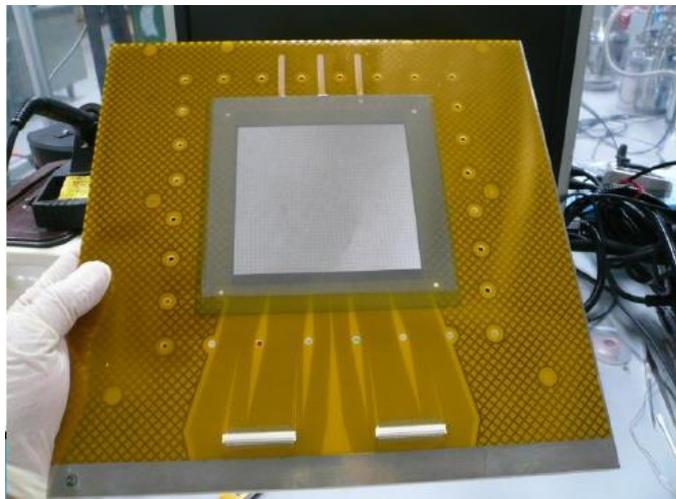
スクリーンプリント手法



国内一号機(プリント版)

Initial Design Review後、量産に適したスクリーンプリントをCERN/日本で並行して試作

昨年12月 小型MM(10cm, 1D)完成



400um pitch, 256ch, バルクMM

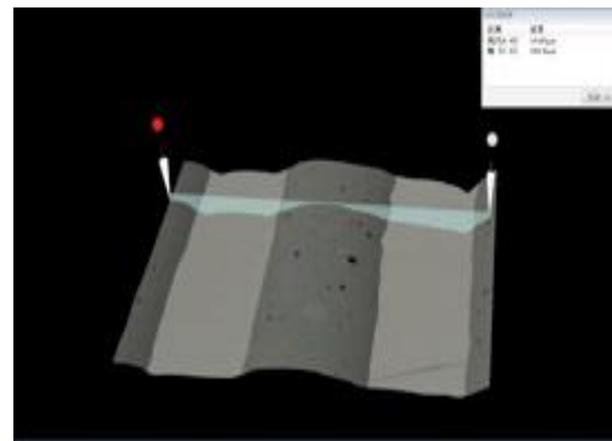
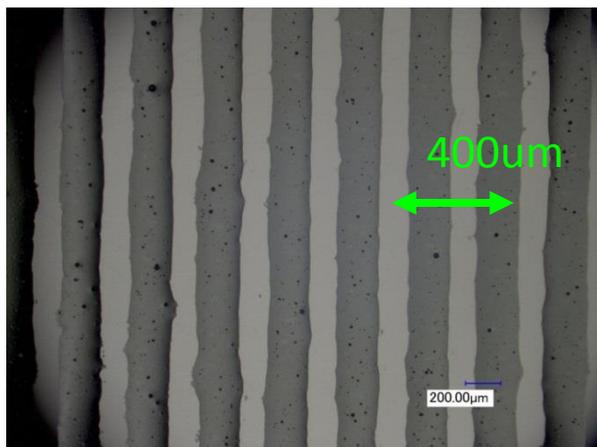


resistive strip
(カーボン黒帯)

mesh
(ざらざらした部分)

← piller

- 均一性はまずまず
(400umが限界)
- 粘性、抵抗率の
コントロールは難

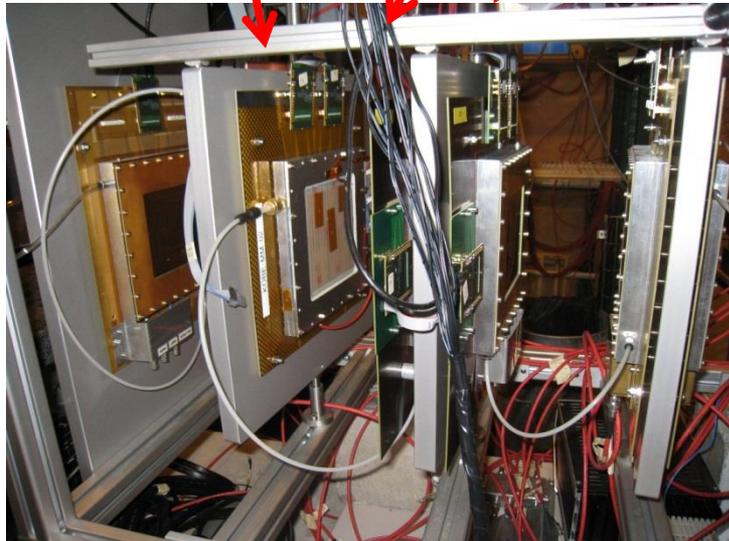


エッチングと比してなめらか

Testbeam at CERN

ほぼ同時にCERN/日本でプリント版が完成、SPSでテスト

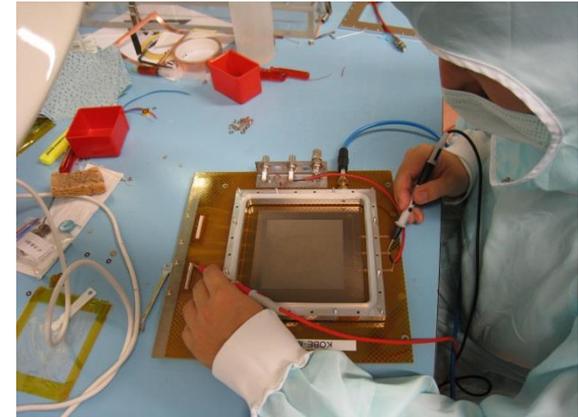
- エッチング版(CERN) ... Tmm2,3,5,6 (250um 2D)
- プリント版(CERN) ... Z1,Z2 (400um 1D)
- プリント版(日本) ... J1,J2 (400um 1D)



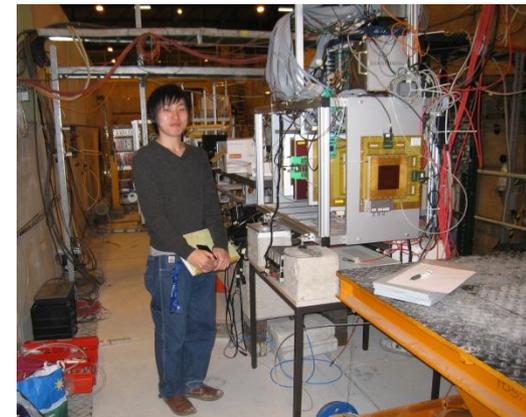
←シンチトリガー
(下流)

←
pion beam

RD51 Labでテスト



焼き出しで多少苦労。。



神戸大 江戸くん

TB results

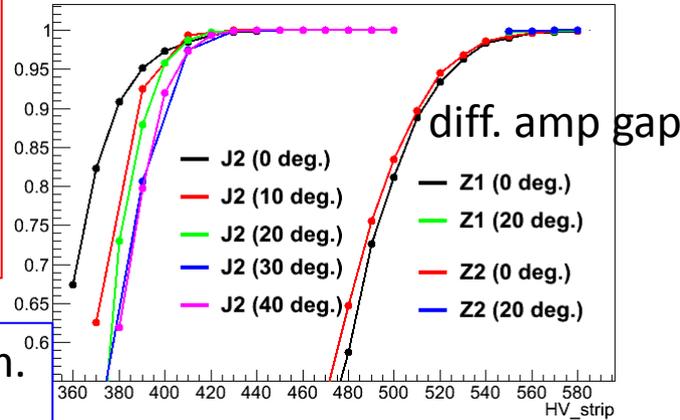
2013春 学会報告(片岡)

http://atlas.kek.jp/sub/documents/jps201303/kataoka_mm130327.pdf

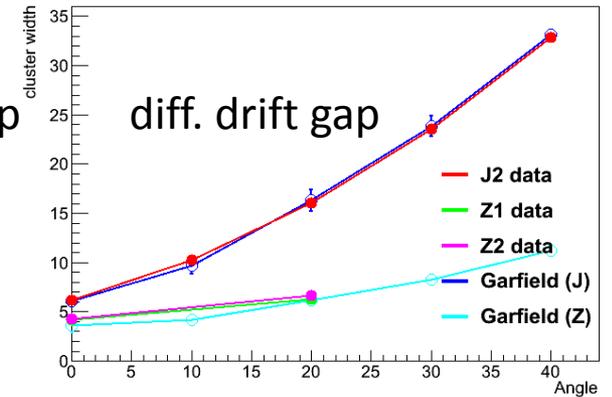
- プリント版の性能の確認
→ エッチング版を再現
- CERN/日本の比較
→ 差はparameterの違い

	amp gap	drift gap	dim.
CERN	128um	5mm	2D
日本	100um	15mm	1D

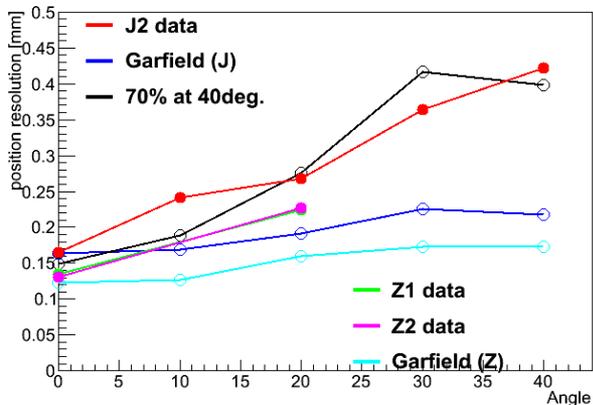
efficiency



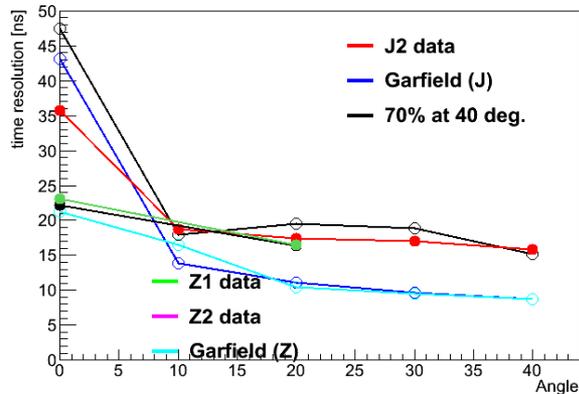
cluster width



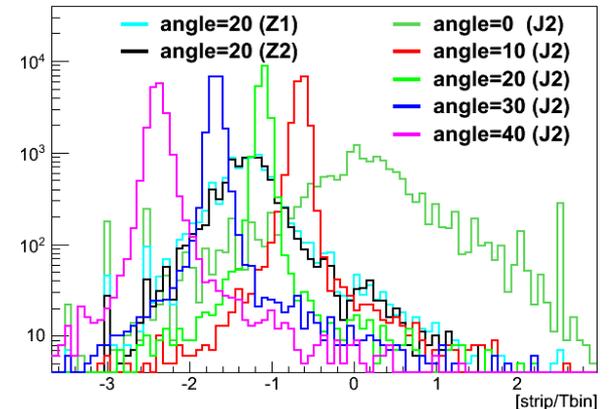
position resolution



timing resolution



TPC angle



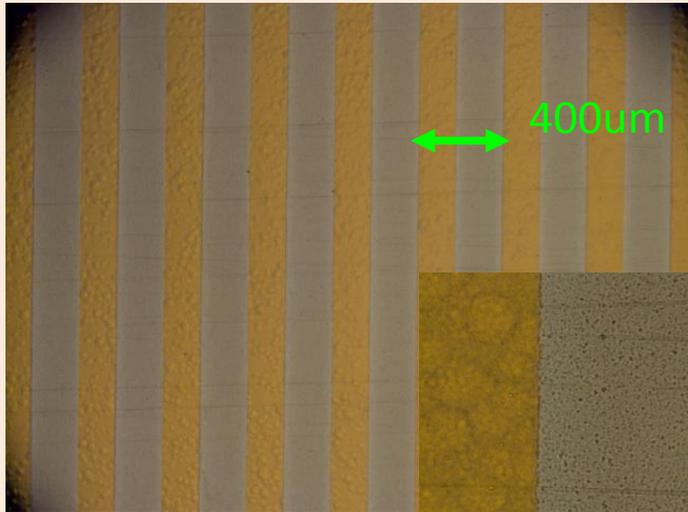
better for large drift gap

新たに提案中の手法

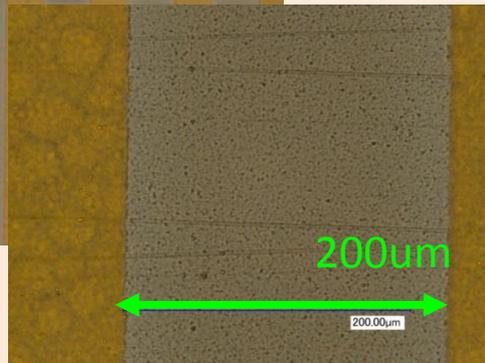
日本グループ提案:

スパッタリングによる resistive stripの形成

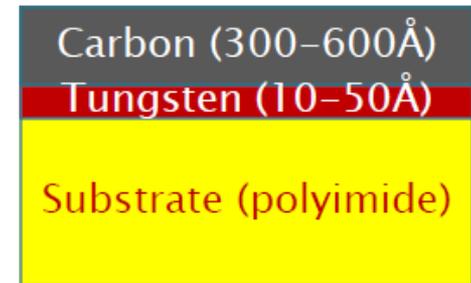
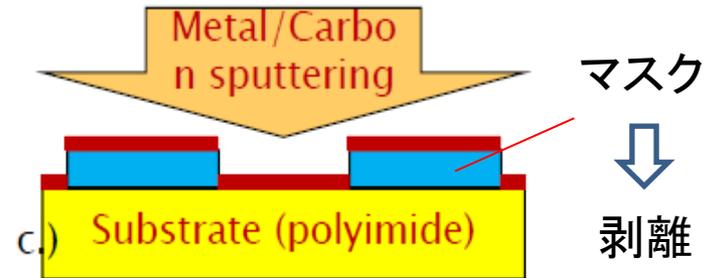
※ベースパッタ
協力



最初の
試作品
(400um pitch)



- 微細加工可能 (精度高い)
- 一様 ($\sigma R \sim 10\%$)、均一 (薄い $< 0.1\mu m$)
- 耐久性に優れる



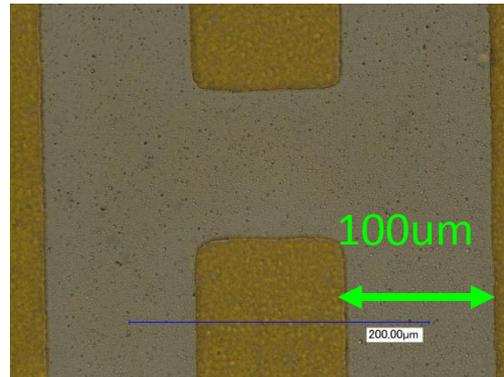
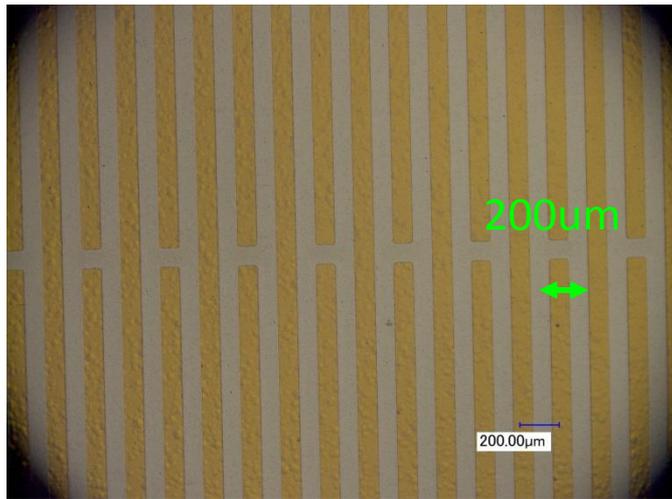
スクリーンプリント(従来)



- 実機ある
- 安価

スパッタ版一号機

利点を生かして 200um pitchに (ladder型: charge掃け)

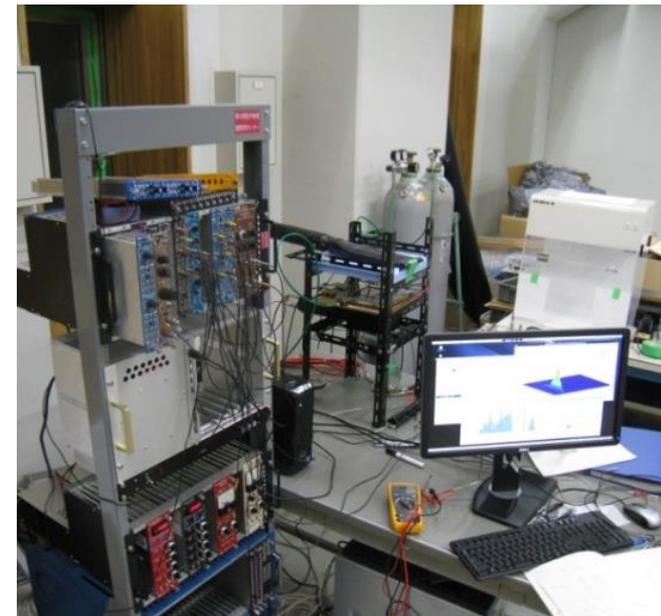
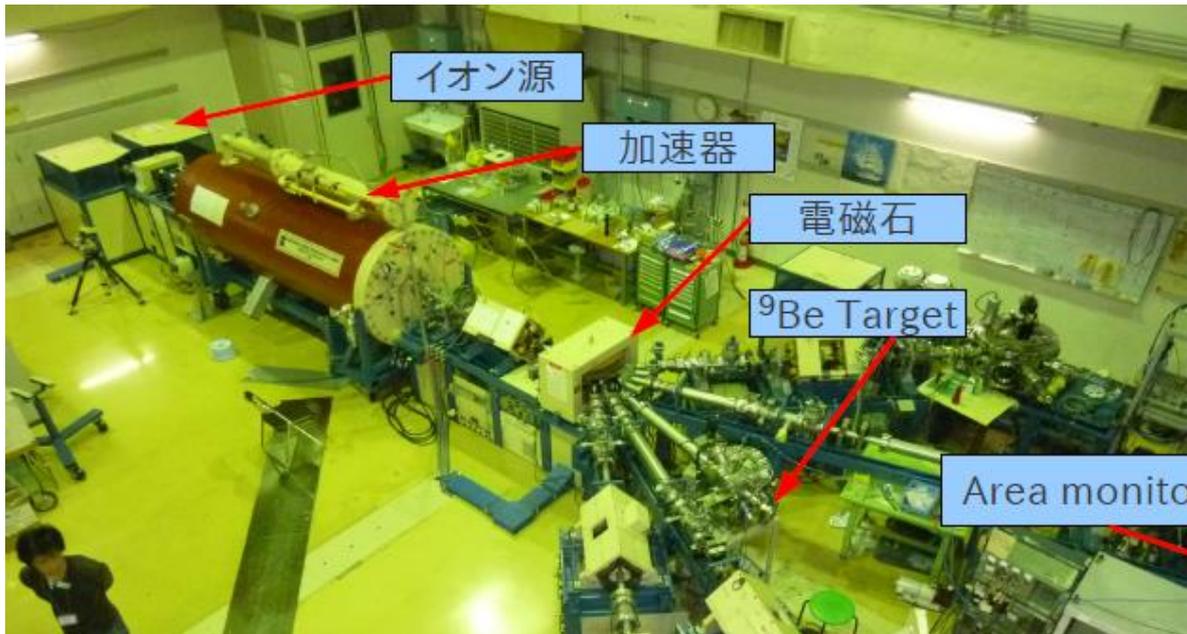


6月第一週納品

6/17-23 中性子ビームテスト
(放電・耐久性、中性子応答)

神戸大 海事科学部タンデム加速器 (Be+d→B+n)

SRS+MM テストベンチ(東大・神戸)

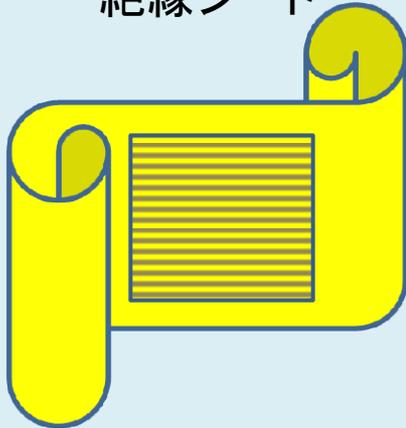


量産工程案

スパッタリングによる方法では、工程を分離可能、日本が量産工程に参入できる

日本

Resistive stripを形成した
絶縁シート

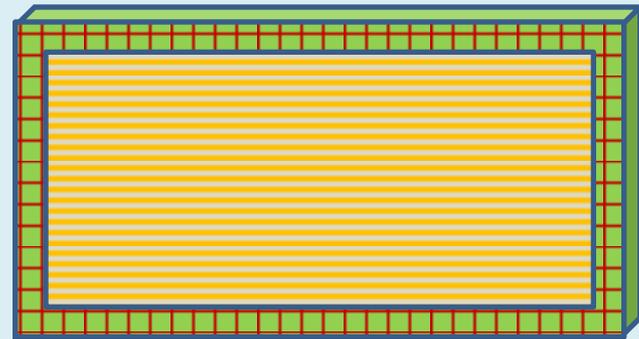


50cm x 100cm 4000枚

* 500枚/月 生産可能 ~ 8ヶ月

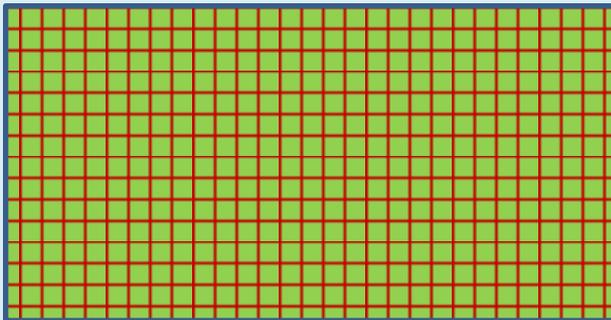


接着 @ CERN



CERN

読み出し基板



後段の工程

- pillar形成
- mesh, 電極, その他

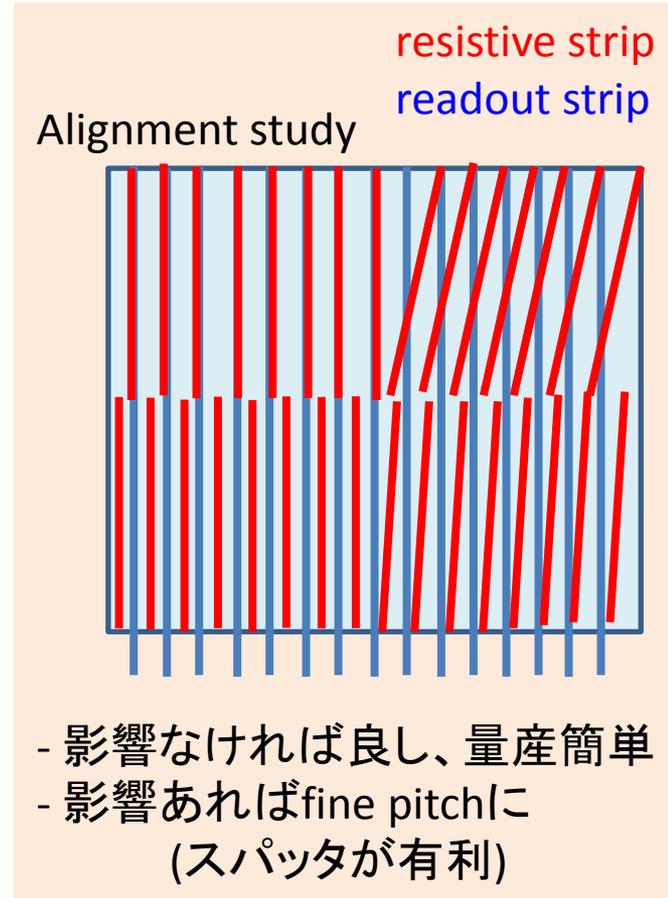
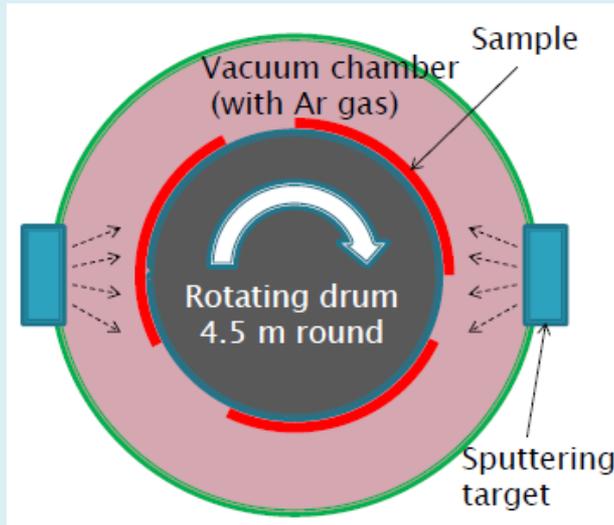
今後の予定

- 6月頭 10cm小型機、200um pitch ladder
- 7~8月 floating mesh, alignment study
- 8~9月 大型化 1m x 0.5m → on CERN PCB
量産スキームの確立

スパッタ装置



有効領域 4.5 x 1m
→ 大型化、技術的に問題なし

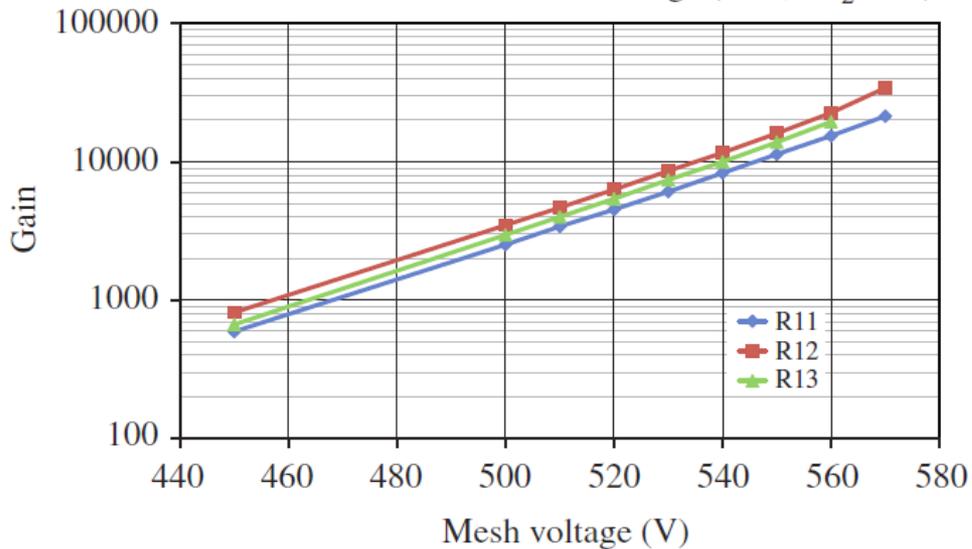


まとめ

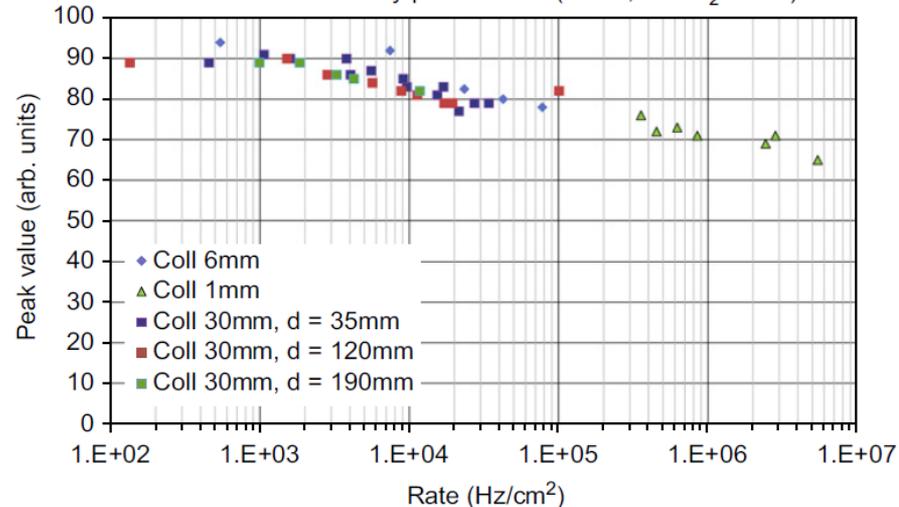
- NSW用chamberのR&D及びテスト進行中
→ technical design reviewにまとめられた
- 今後、大型化、多層モジュールの試作、
ここ一年くらいで製造工程も含めて確立。
- 国内でも並行して、試作及びテスト。
特にスパッタリングによるresistive stripの形成手法を提案
→ 量産工程の一部を担うことを目標に

backup

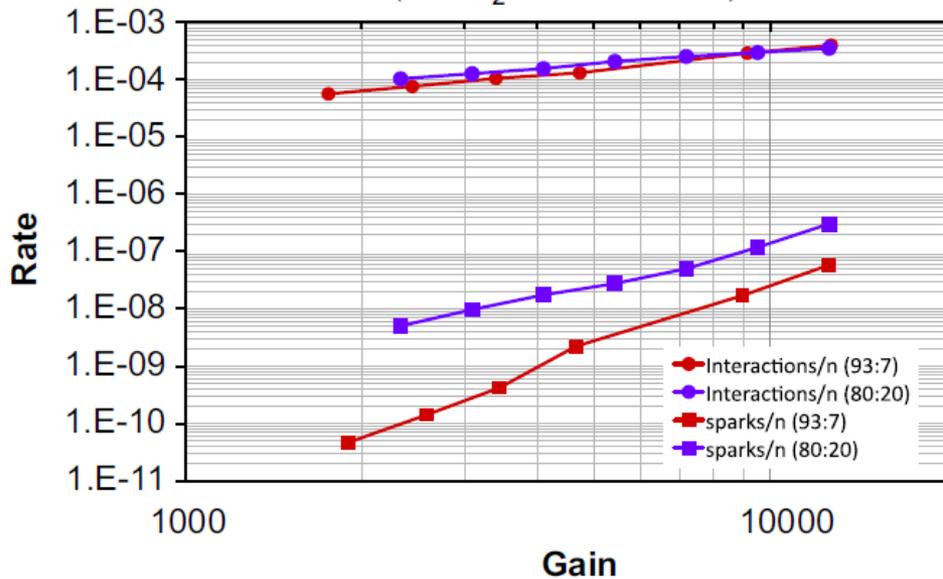
R11/R12/R13 Gain vs mesh voltage ($^{55}\text{Fe}, \text{CO}_2$ 93:7)



R11 – 8 keV Cu X-ray peak vs rate (560 V, Ar:CO₂ 85:15)



R11: Interaction & spark rate/neutron
(Ar:CO₂ 93:7 and 80:20)



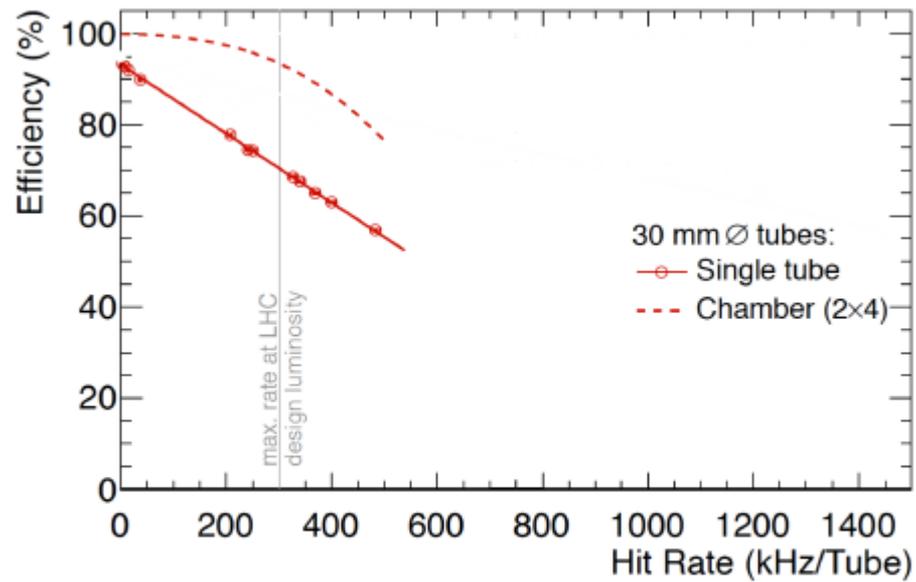


Figure 2.4: MDT tube hit (solid line) and track segment efficiency (dashed line) as a function of tube rate.

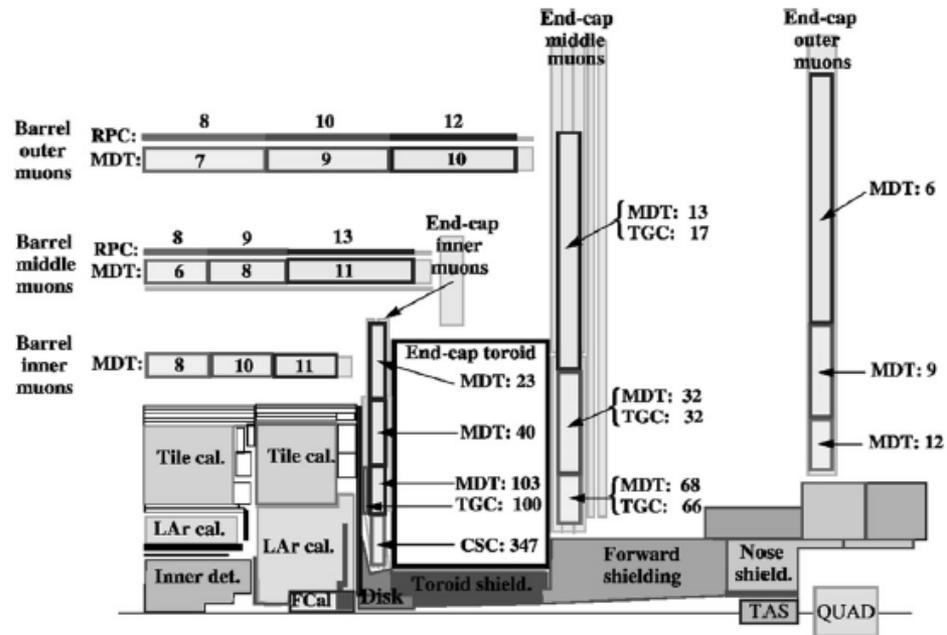
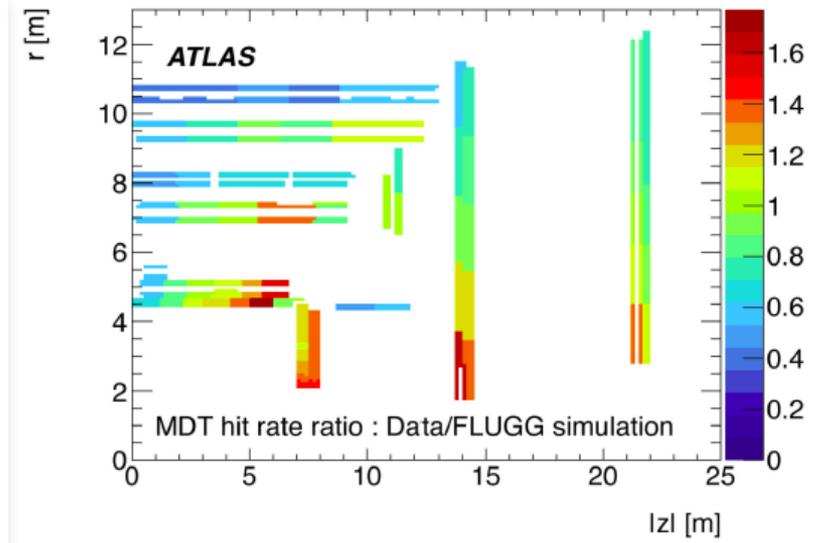
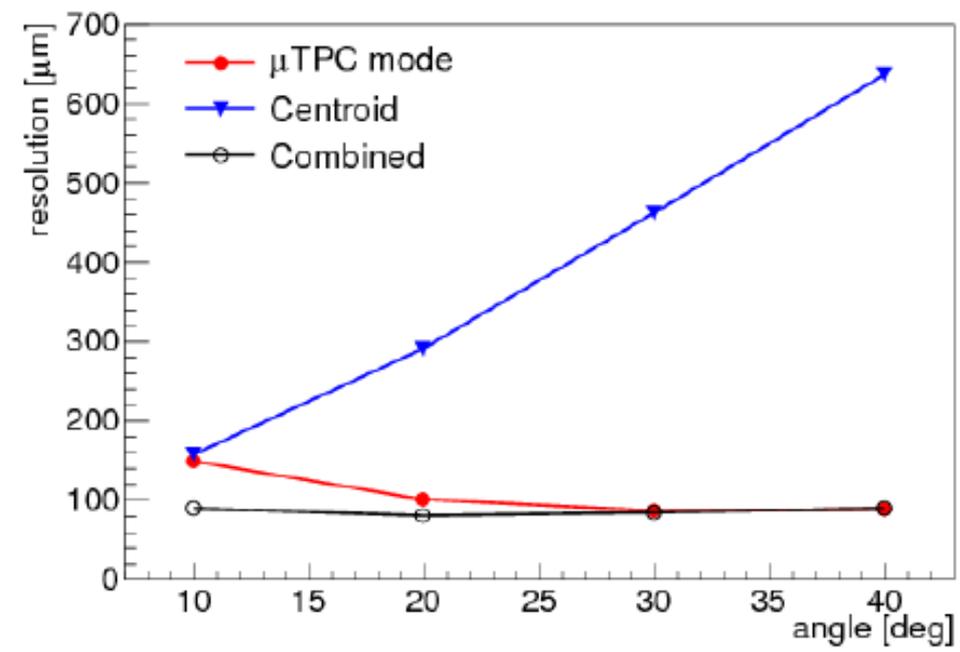


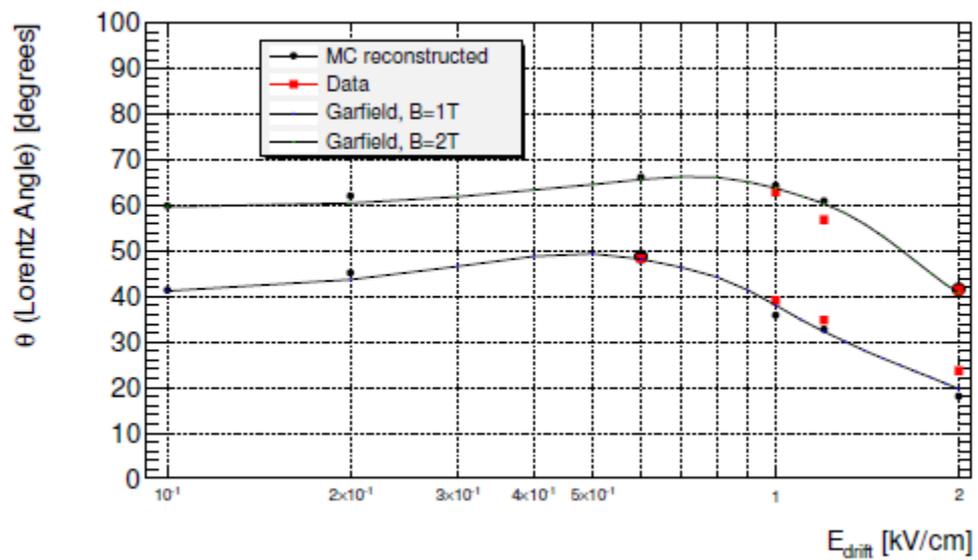
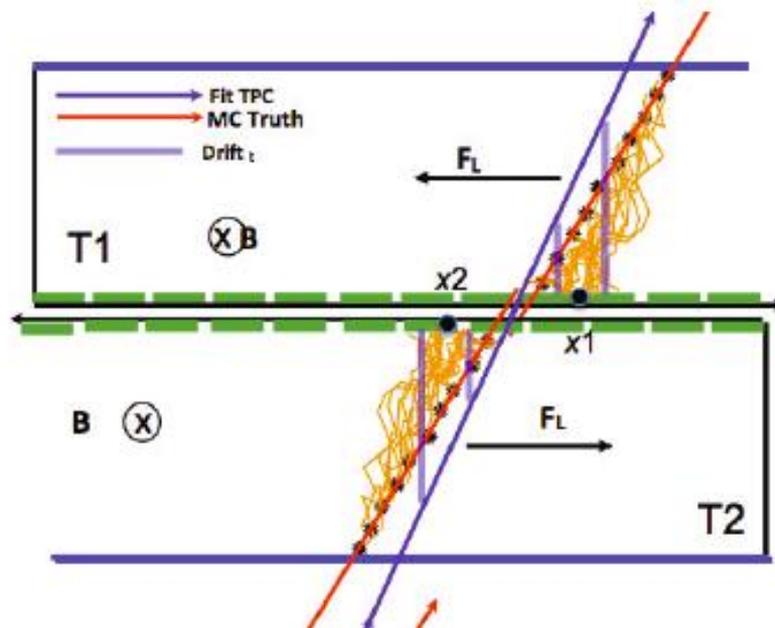
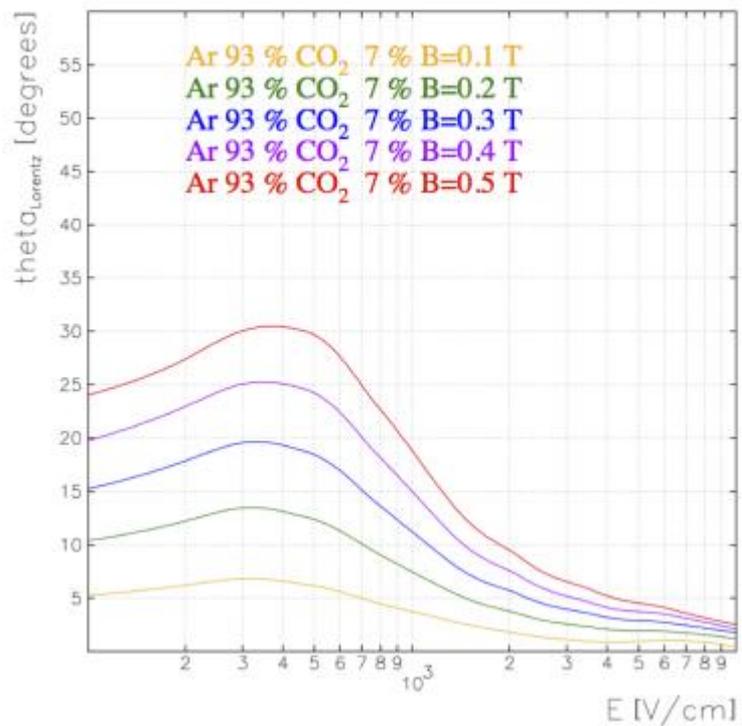
Fig. 1. Expected counting rates (Hz/cm²) for the ATLAS Muon detectors at LHC nominal luminosity (from Ref. [1]).

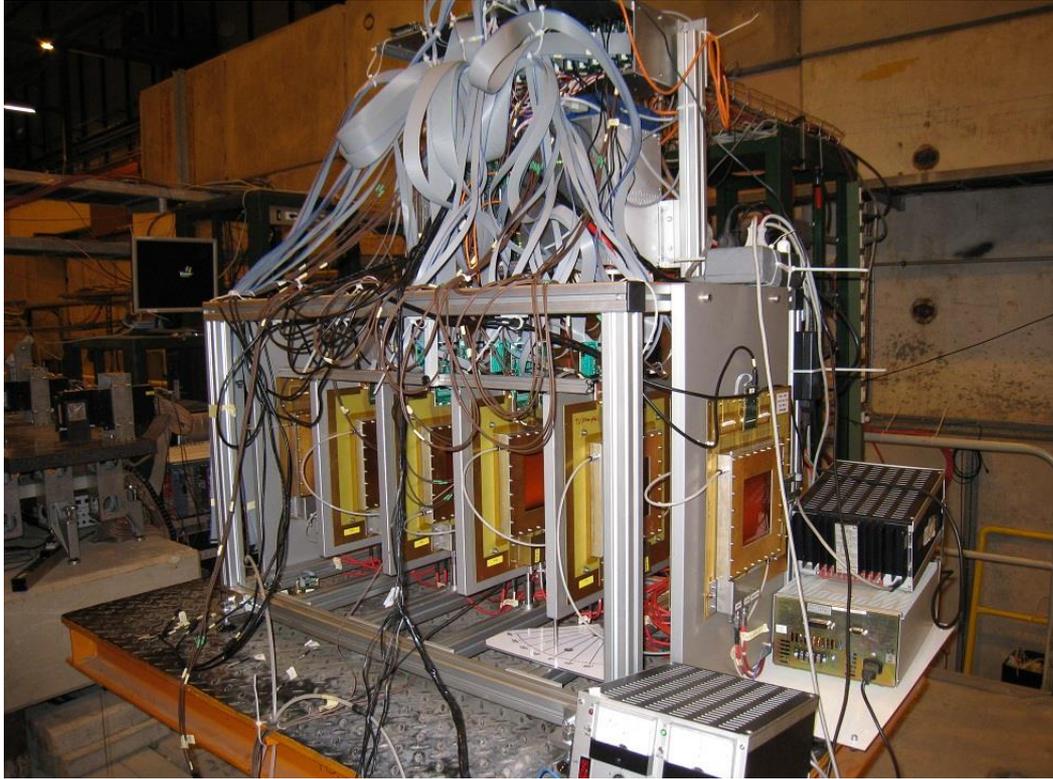


1: Ratio of measured to simulated MDT hit rate during a 7 TeV run at an average luminosity of $1.9 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (50 ns bunch spacing).



Lorentz-angle





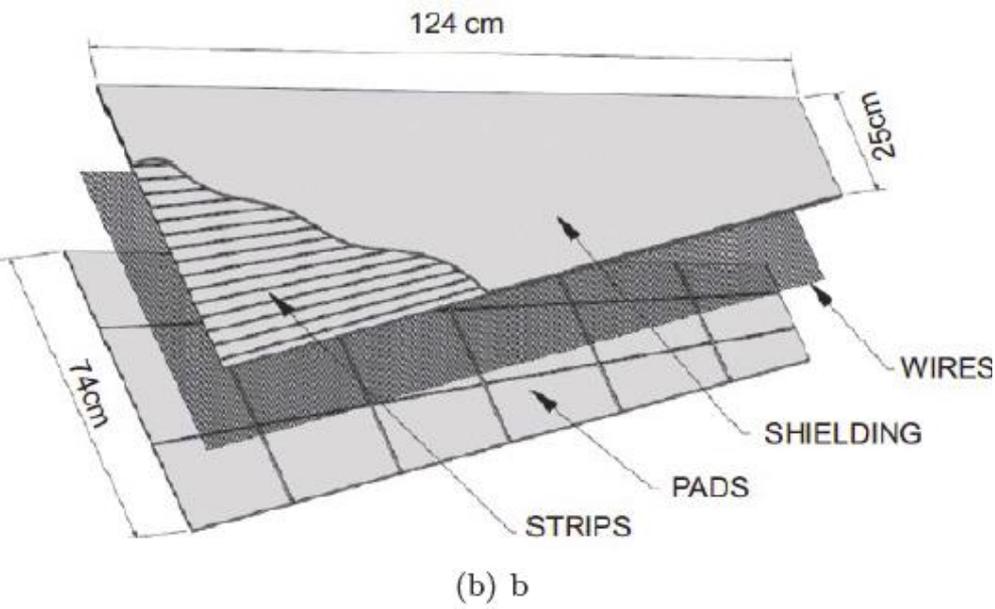


Figure 4.1: The sTGC internal structure.

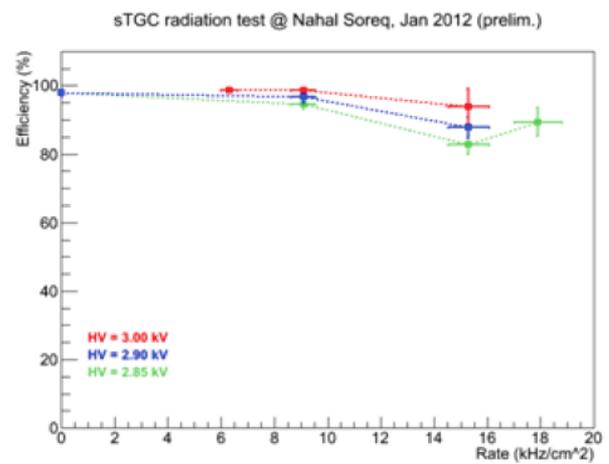


Figure 4.9: Single layer efficiency for detecting minimum ionizing particles as function of the detected photon rate of a $120 \times 70 \text{ cm}^2$ chamber irradiated at the Soreq Nuclear Center.