

# ILCシリコン電磁カロリメータの 新short slabの製作と評価

関谷 泉

末原 大幹, 川越 清以, 吉岡 瑞樹, 三浦 裕,

Remi Cornat, Frederic Magniette, Jerome Nanni, Remi  
Guillaumat, Vincent Boudry, Roman Poschl

九大理, 九大RCAPP, LPNHE, LLR, LAL

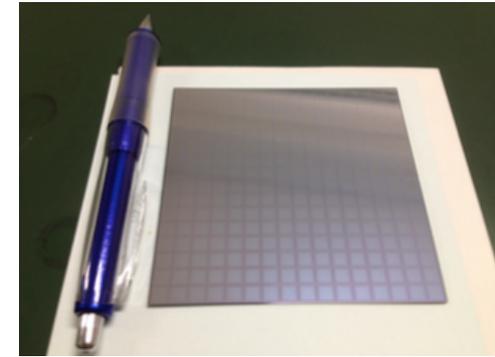
# 目次

- 導入
- **New slab**改善点
- **slab**作成準備
- **Gluing**
- 改善
- まとめ

ILD

## Si-W ECAL for ILD

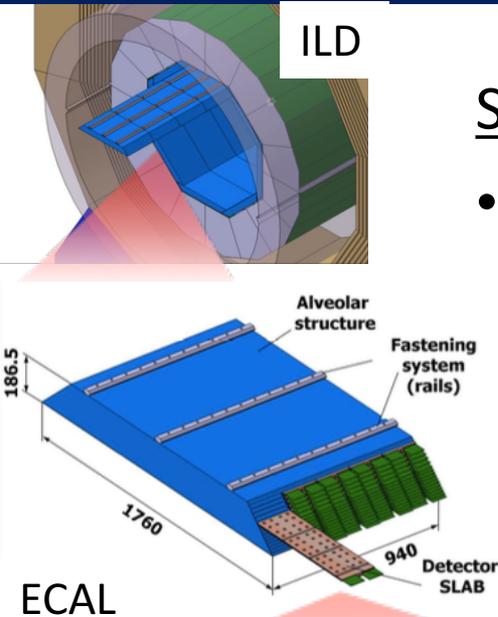
- 20-30層のサンドイッチ構造
  - 検出層: シリコンセンサー
  - 吸収層: タングステン
  - PCB with ASICs (FEV)



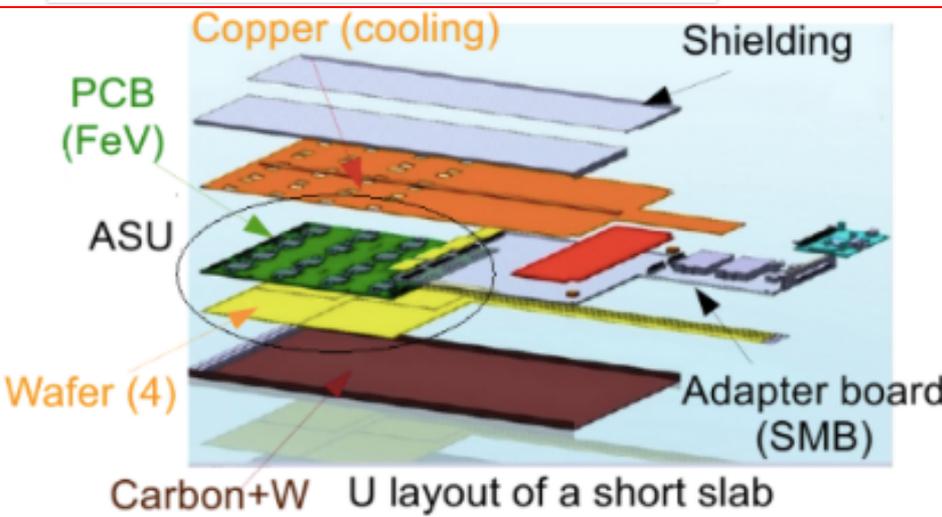
size  $89.7 \times 89.7 \text{ mm}^2$

cell size  $5.5 \times 5.5 \text{ mm}^2$

# of cell  $16 \times 16 = 256$



ECAL



## Slab

- 吸収層 + 検出層 + FEV + SMB etc.
- フランスなどで試作機が作られ、ビーム照射試験がおこなわれている

→ 今回、九大でも試作機を作成

# short slabの仕組み

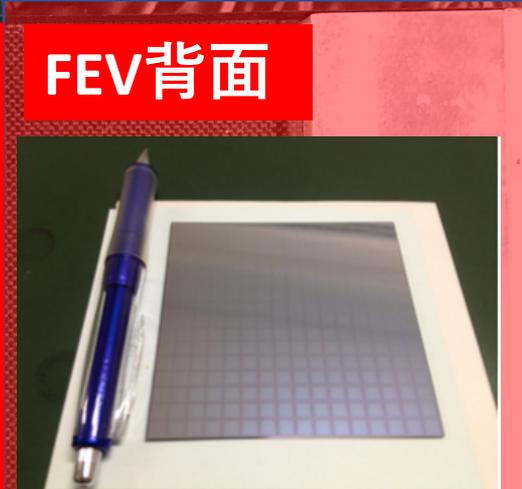
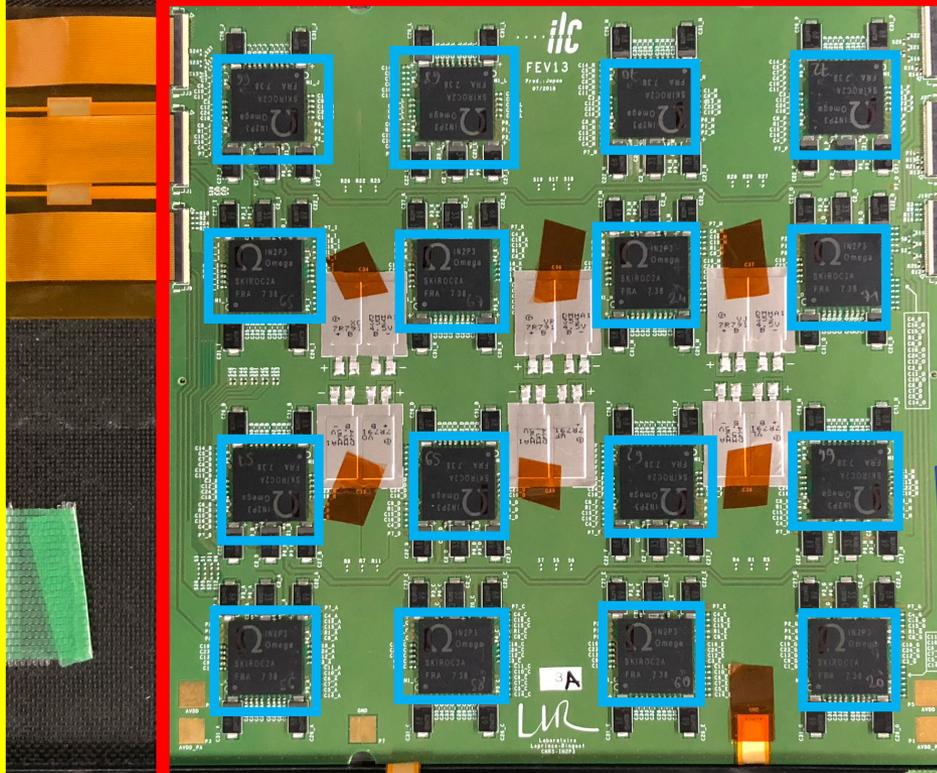
SMB v5 designed by Kyushu

SKIROC2A chips



DIF

1. ASIC制御
2. 外部へデータ転送



FEV背面

size (mm <sup>2</sup> )	89.7 × 89.7
cell size (mm <sup>2</sup> )	5.5 × 5.5
# of cell	16 × 16 = 256

- FEVへ電源供給
- 信号/Clockの中継
- フレキシブル基板

SiセンサーからASICを介してデータ読み取り

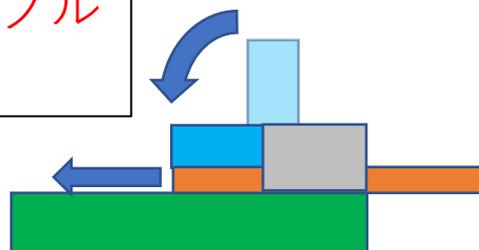
## short slab作成

- 九大独自のshort slabを5枚作成

FEV number		#K1	# P1	#P2	#P3	#K2
FEV – SMB間コネクタ		K	P	P	P	K
FEV 作成		France	Japan	Japan	Japan	Japan
センサー印加		フレキシブル基板				
センサー(thickness: $\mu\text{m}$ )		650	650	650	320	650
接着日時	FEV & sensor	6/15 → 9/5	8/31	9/3	9/6	9/5
	flexible & SMB & FEV	9/6	9/4	9/5	9/7	9/6

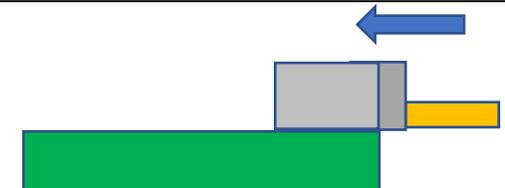
P type connector

フレキシブルケーブル  
+コネクタ



K type connector

細線同軸コネクタ/ケーブル



## Slab作成手順

- FEV作成 (ASIC選別: 出口)
  - FEV単独試験 (三浦)
- FEV-センサー 貼り付け
  - カーボンフレーム-フレキ 貼り付け
  - フレキ-SMB 貼り付け
  - フレキ-FEV with センサー 貼り付け
- FEV組み立て後試験 (三浦)
  - テストビーム@SPS (三浦)

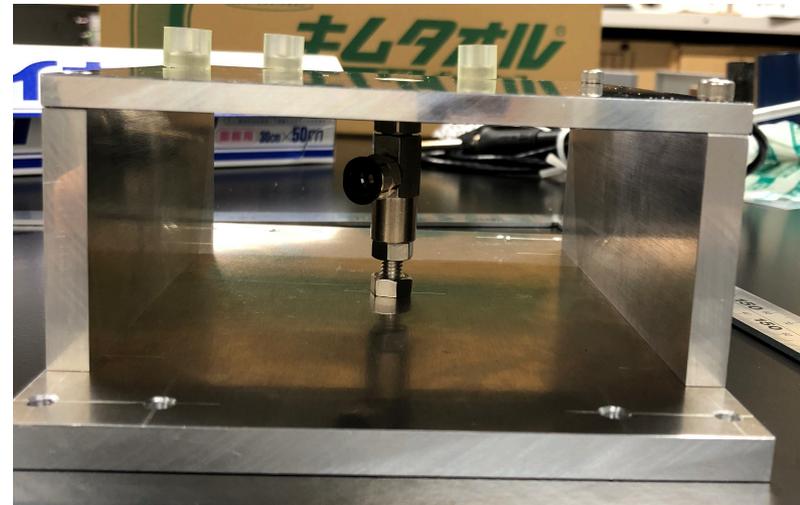
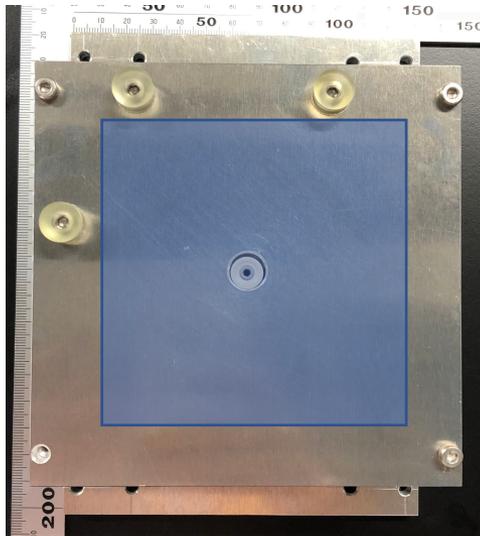
関谷

## FEV-センサー貼り付け準備

① FEV 固定用、センサー固定用のジグを作成

### • センサー用ジグ

- センサー保持用の真空吸着パッドの高さ調整が可能
- センサー位置合わせのために、ゴム製クッションを3箇所入れる

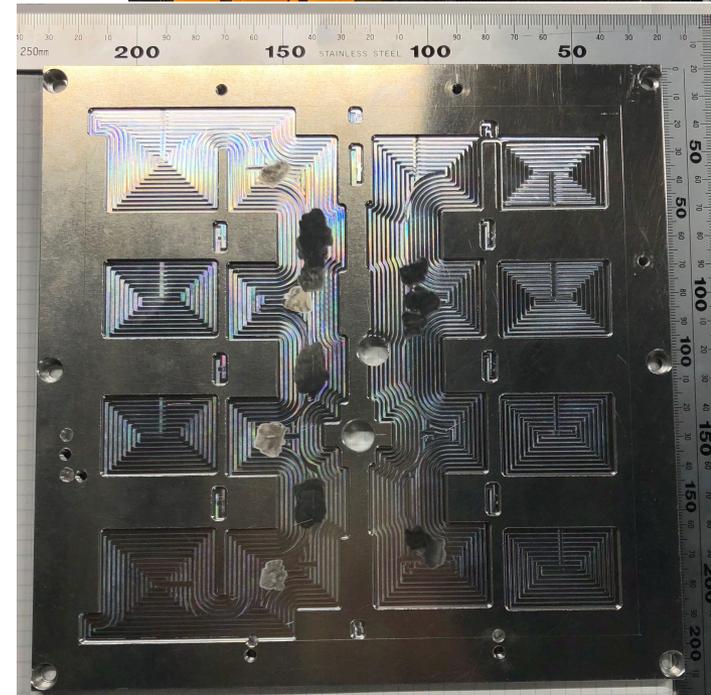
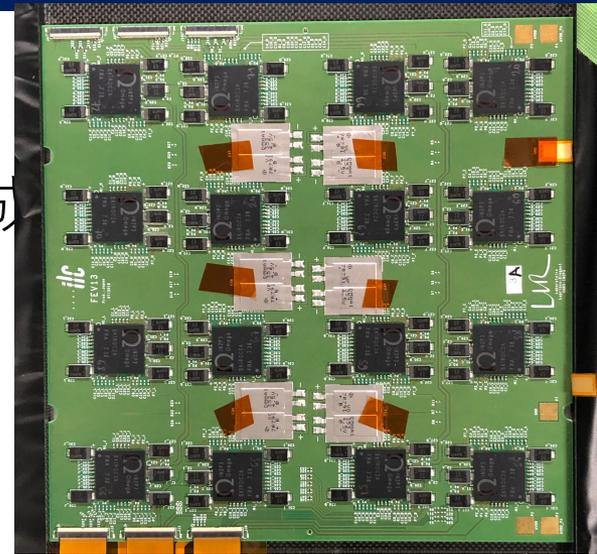


## FEV-センサー貼り付け準備

① FEV 固定用、センサー固定用のジグを作成

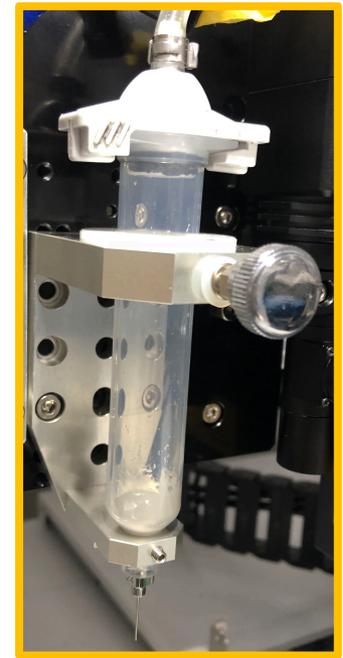
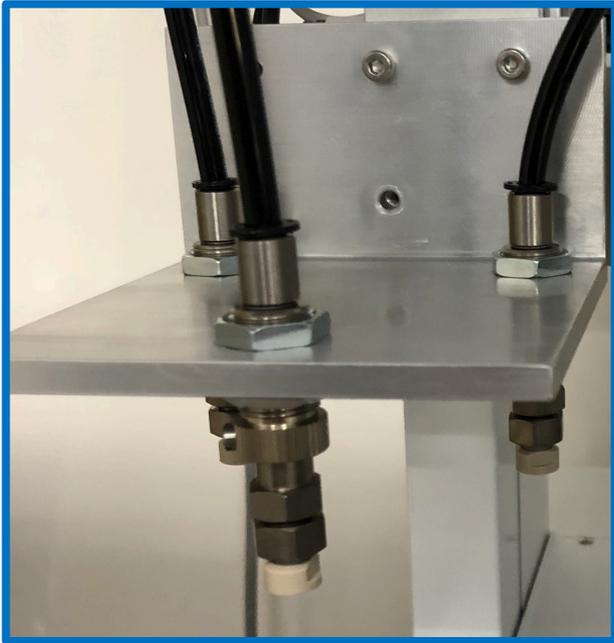
### • FEV用ジグ

- FEVの表面実装に合わせて、ジグ上面に溝を掘る
- FEV保持用の真空吸着パッドの高さ調整が可能
- FEV位置合わせのために、ゴム製クッションを3箇所に入れる



## FEV-センサー貼り付け準備

- センサー輸送用の真空吸着パッド固定ジグ
- 上記ジグを真空によって上下させる機構 (設計)
- 接着剤用シリンジ固定ジグ (ディスペンサー付属)



# FEV-センサー貼り付け準備

## ②導電性接着剤

- EPO-TEK社 E4110 – LV
- 銀ペースト入りエポキシ接着剤

混合比	A液: B液 = 10: 1
粘度 (23℃)	350 - 850 cPs
Pot life	6 時間
硬化時間	23 °C / 3日

サラダ油  
程度

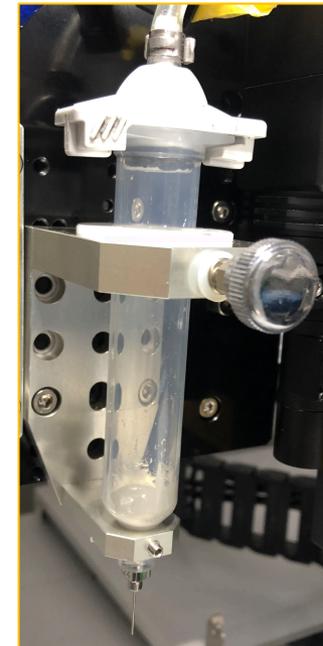
- 針をセットしたシリンジに入れ、ディスペンサーを用いて点状に塗布
- pixelの範囲外まで広がらないように、塗布量の最適化を行う必要がある
- 対象：FEV - センサー間

SMB & FEV - フレキシブル基板



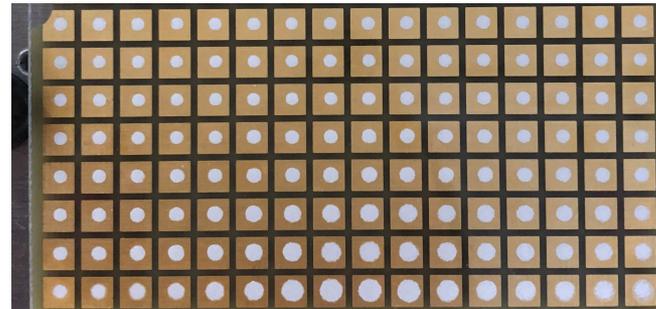
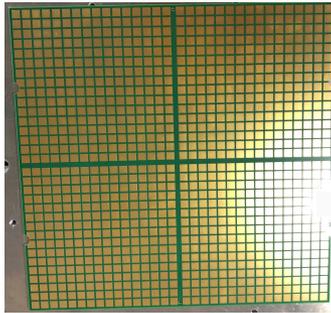
銀ペースト

透明液体



## FEV-センサー貼り付け準備

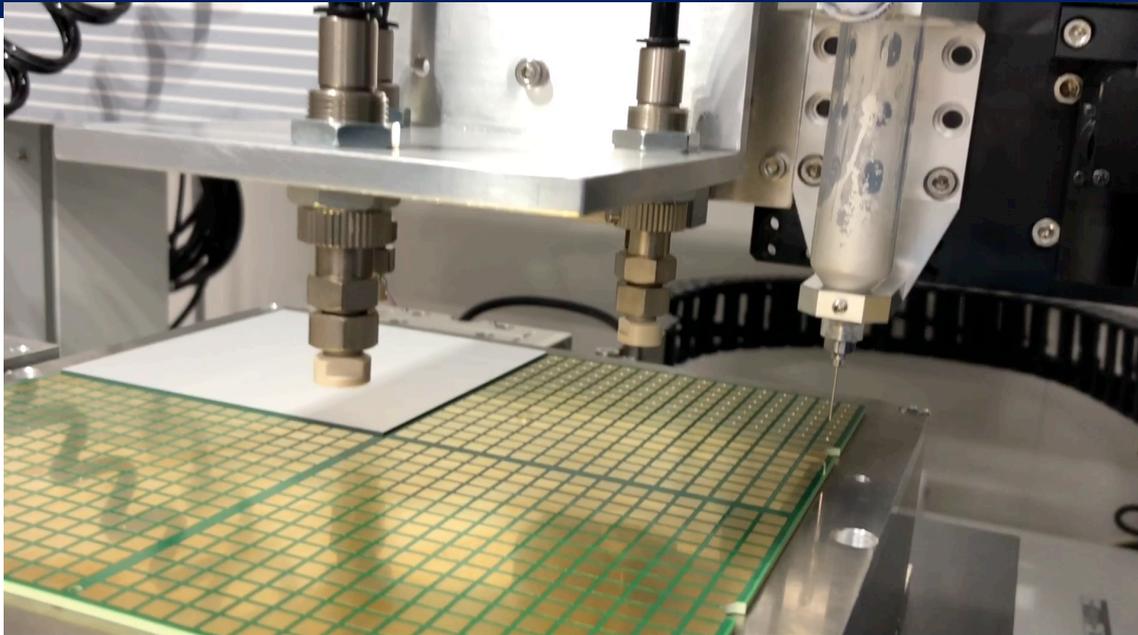
- FEV 裏面:  $5.5 \times 5.5 \text{ mm}^2$  pixelが  $16 \times 16 \times 4$  個並んでいる
- 隣同士が導通しないよう、塗布量を調整する必要がある



- 接着に必要な諸条件の調査をおこなった

条件	圧力	時間	塗布面からの距離	針サイズ
説明	接着剤を打ち出す 空気圧	接着剤を 打ち出す 時間	FEV裏面からシリン ジの針の間の距離	シリンジにセッ トする針サイズ
K1	180 kPa	0.20 sec	0.2 mm	24 (0.34 mm)
他4枚	100 kPa	0.02 sec	0.2 mm	24 (0.34 mm)

## Gluing



### < 接着手順 >

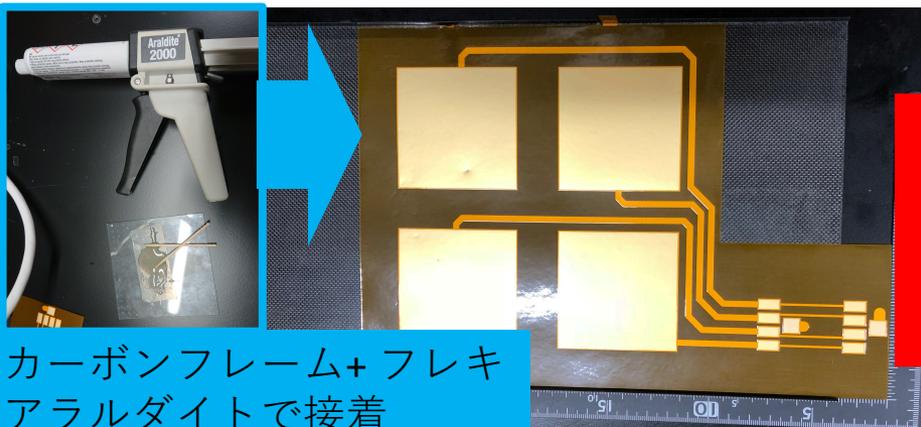
1. FEVをジグにセット&真空により固定
2. センサーをジグにセット
3. センサーを真空により固定
4. FEV裏面に接着剤を塗布(256 points)
5. センサーを真空パッドで持ち上げ、FEVまで輸送
6. センサーとFEVを接着
7. 2-6を繰り返す

## 画像認識デバイスの導入

- 表面実装の過程で、FEVに反りが生じる可能性あり
- 塗布面の高さの変化に合わせて、シリンジの高さを調整する必要がある

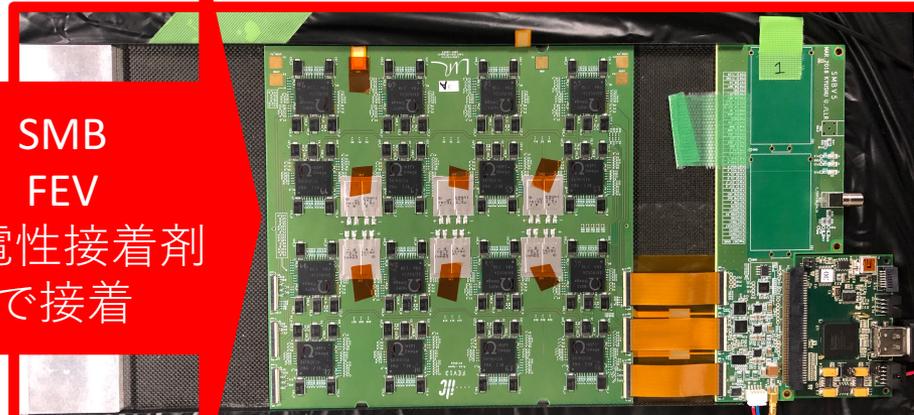
画像認識デバイスを導入し、塗布面の高さを適宜測定しながら塗布する

→ 今回、FEVとセンサーの接着には利用できず  
フレキシブル基板とSMB/FEVの接着に利用

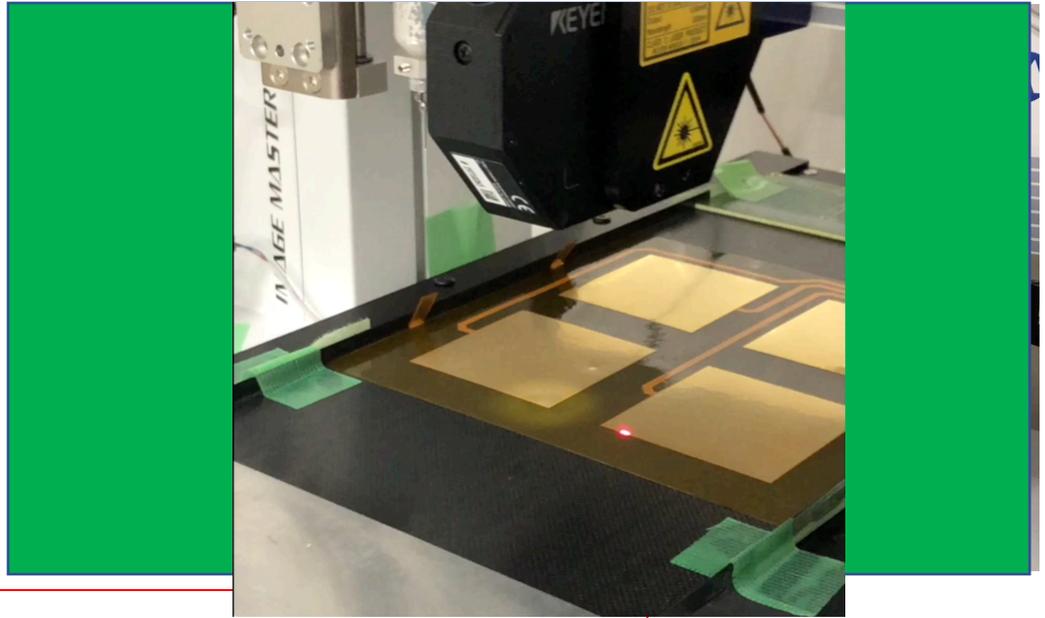
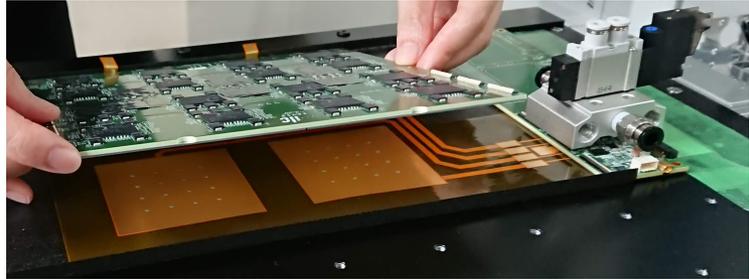


カーボンフレーム+フレキ  
アラルダイトで接着

SMB  
FEV  
導電性接着剤  
で接着



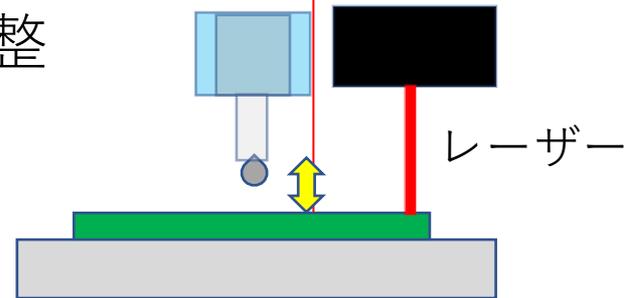
## SMB & FEV 接着



### < 接着手順 >

1. 設定した場所でアライメント × 繰り返し回数
2. 接着剤の捨て打ち
3. レーザーで接着地点の高さを測定
4. 3の高さを元にシリンジの高さを調整
5. 塗布
6. 3-5を繰り返す
7. SMB / FEVを貼り付ける

FEVとの接着も同様の手順で行う



## まとめ

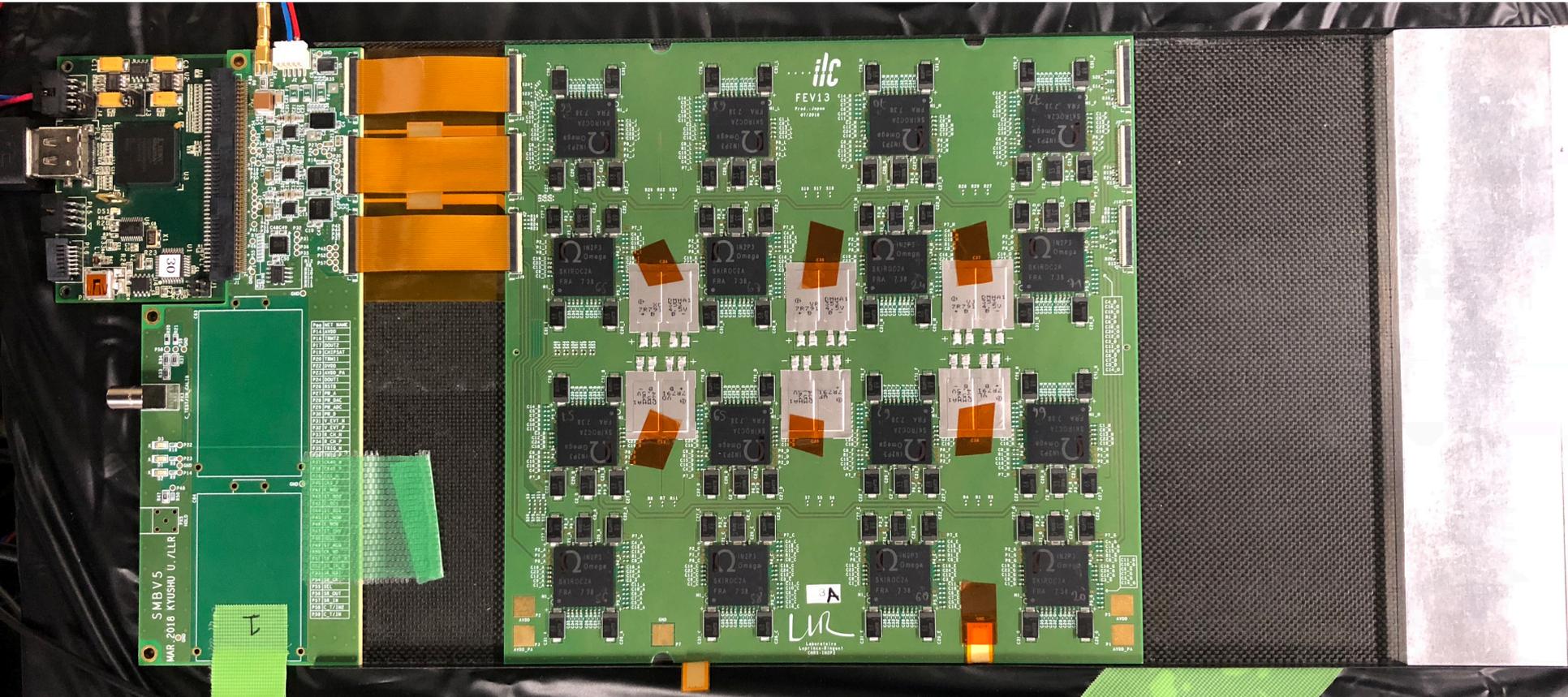
- ILD ECALのslabを九大で作成
- FEVとセンサー、フレキシブル基板とSMB/FEVを接着するためのジグ作成や接着剤塗布の調整を行なった
- 計5枚のslabを組み立てた → 九大・三浦の発表

## 今後

- (三浦) ビームテスト@SPSでデータ取得・解析
- 画像認識システムを用いたFEVとセンサーの接着
  - 画像認識カメラなどの高さ変更
  - FEV用ジグの高さ変更

# Backup

# short slabの仕組み



## Gluing条件

- Gluingに必要な諸条件の調査

条件	圧力	時間	塗布面からの距離	針サイズ
説明	接着剤を打ち出す 空気圧	接着剤を 打ち出す 時間	FEV裏面からシリン ジの針の間の距離	シリンジにセッ トする針サイズ
最適値 #1	180 kPa	0.2 sec	0.2 mm	24
旧接着剤が劣化していたため、新しい接着剤で条件を再設定				
最適値 #2, 3	100 kPa	0.02 sec	0.2 mm	24

## Gluing自動化

	器具	自動化
ステージ	<ul style="list-style-type: none"><li>・ センサージグ</li><li>・ FEVジグ</li></ul>	Y軸移動
ロボットアーム	<ul style="list-style-type: none"><li>・ センサー輸送用真空パッド</li></ul>	X軸・Z軸移動
真空発生器	<ul style="list-style-type: none"><li>・ センサージグ用真空パッド</li><li>・ センサー輸送用真空パッド</li></ul>	真空発生 ON/OFF
ディスペンサー	接着剤用シリンジ	打ち出し時間

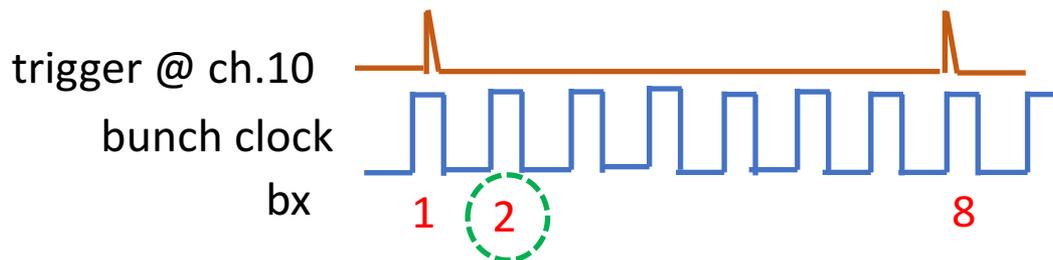
# ASIC由来の問題

ASICによるデータ収集に関わる問題:

Retriggering

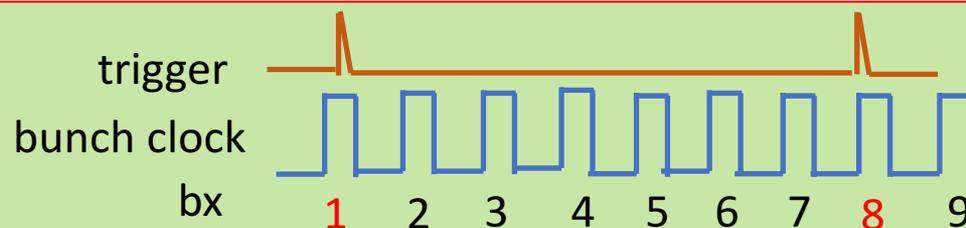
Empty event

Empty event: トリガーがかかっていないイベント

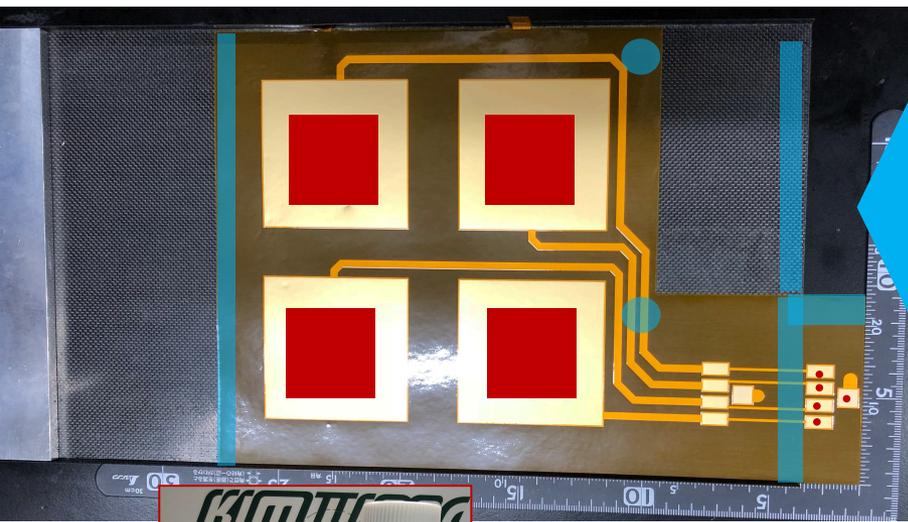


• ASICによるデータ取得の際、誤ってトリガーなしでイベントを取得することがある

• bunch crossing ID (bx)  
:トリガーされた時のbunch  
clockの番号



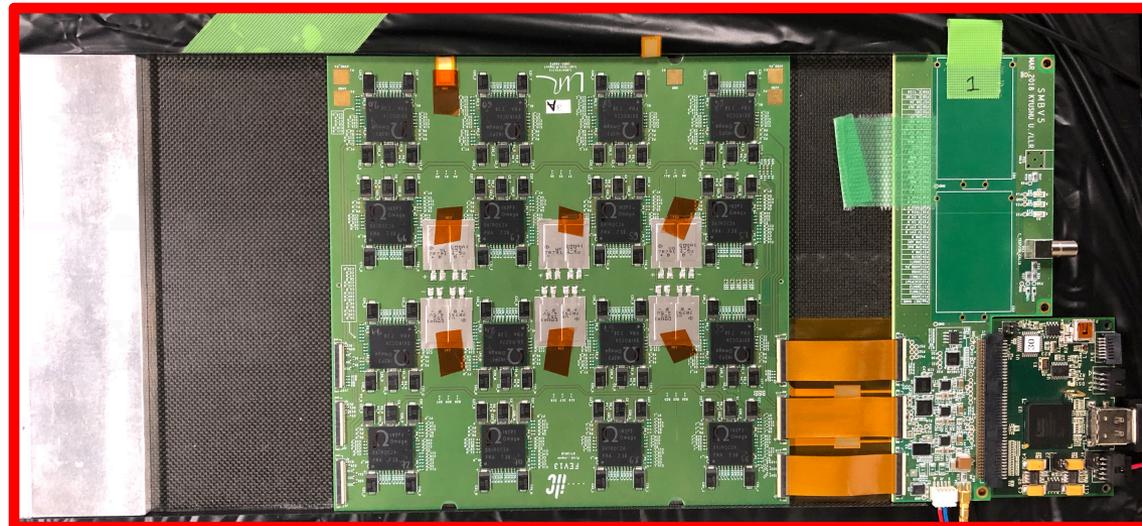
# 導入 → New slab → ジグ作成 → Gluing → 改善 → まとめ



アラルダイト 2011  
硬化時間: 10時間  
A(乳白):B(淡黄) = 5:4  
粘度: 30000 - 45000



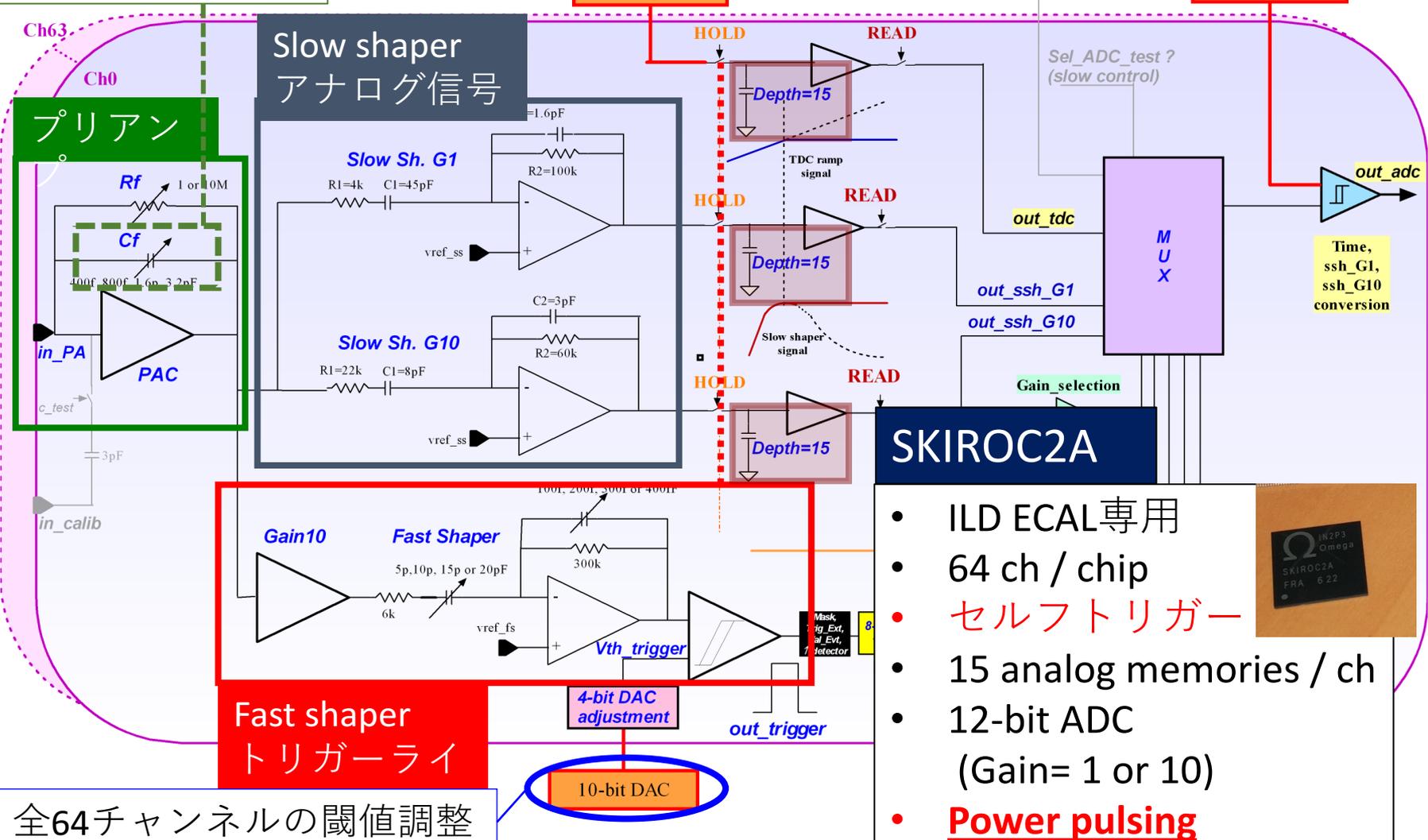
SMB  
FEV  
接着



# SKIROC2Aアナログ部

アナログメモリ  
(15イベント蓄積可)

feedback capacitance  
増幅率調整



Ch0  
Ch63  
プリアン

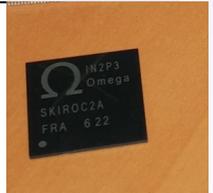
Slow shaper  
アナログ信号

12 bit-TDC Ramp

12 bit-ADC Ramp

SKIROC2A

- ILD ECAL専用
- 64 ch / chip
- セルフトリガー
- 15 analog memories / ch
- 12-bit ADC (Gain= 1 or 10)
- **Power pulsing**

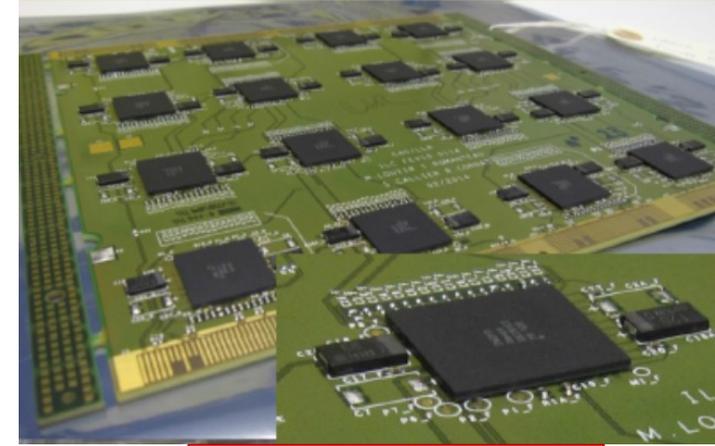


全64チャンネルの閾値調整

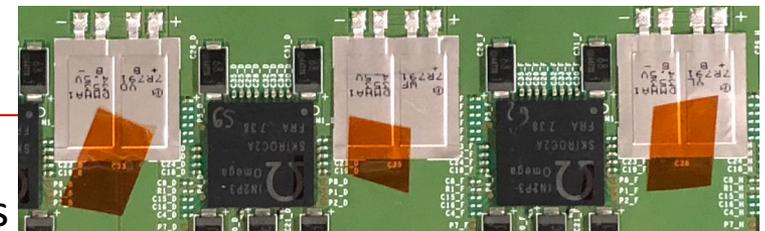
## New slab改善点

### FEV 13

- シリコンセンサー:  $320\ \mu\text{m} \rightarrow 650\ \mu\text{m}$ 
  - Signalが増加し、S/N比がよくなる
- ASIC改良: SKIROC2 → SKIROC2A
  - 各チャンネルごとのTrigger threshold微調整
  - Empty event 減少
- ルーティング改善: analog, digital power → analog, digital, preamplifier
  - プリアンプ起因のノイズの影響を除去
- Power pulsing用のキャパシタ:
  - 400 mF supercapacitors (SMB) → 薄い 40 mF supercapacitors (FEV)
  - ECAL全体のコンパクト化



旧FEVとSKIROC2

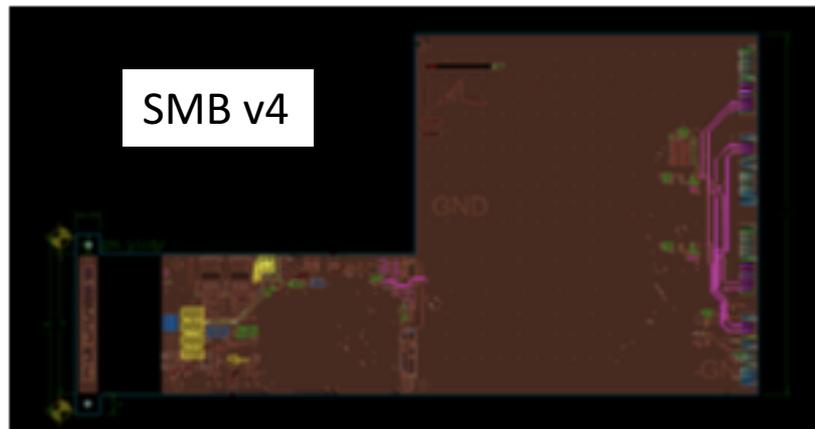


新FEVとSKIROC2Aと  
40 mF supercapacitors

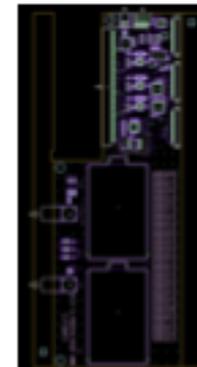
## New slab改善

### SMB v5

- **サイズ縮小**      ほぼ同スケール



SMB v5



- **フレキシブルケーブルの接続 :**

**1.0 mm pitch flexible circuit (FPC)を貼り付け**

**→ 0.4 mm pitch コネクタ (FPCケーブル or 同軸ケーブル)**



## #P の問題点

- FEVにASIC等を実装する際、基板の端が大きく反った
- FEV用ジグの設計ミスで部品と干渉し、中央が浮いていた
  - 接着剤の塗布時の高さ調整が困難
  - 高さ調整を手動で行なっていたため、接着に時間がかかった

### <改善>

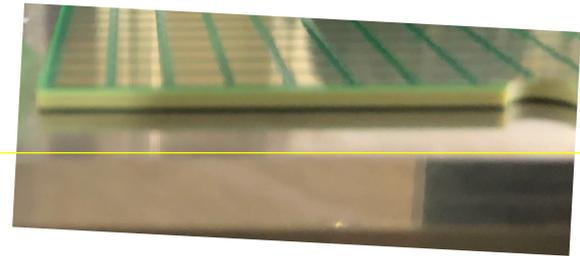
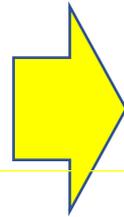
- 基板の反りを軽減
- FEV用ジグの訂正
- 画像認識デバイスによる高さ調整の自動化

### <その他改善>

- 接着剤を新調
- 使えていなかった自動化機構を利用可能にした

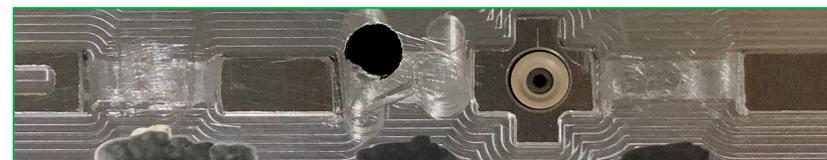
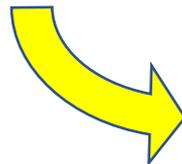
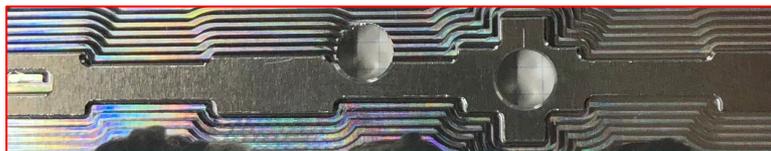
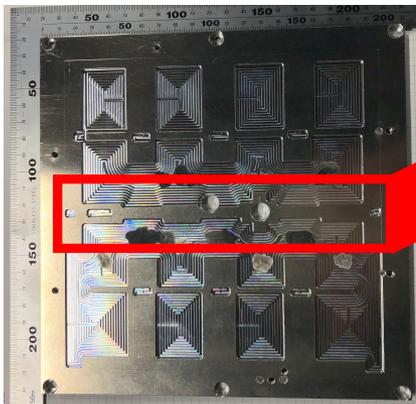
## FEVの改善

- 表面実装を行う会社に、反りを少なくする加工を依頼  
→ 大幅に改善された



## FEV用ジグの改善

- 部品と干渉する部分を削った  
→ 中央の浮きがなくなり、ジグへの固定が改善された



## 接着剤の改善

- #Pまでは古い接着剤を利用
- #A - D用に新しい接着剤を用いたところ柔らかさが段違いだった
- 塗布条件を再設定



←旧A液  
硬い

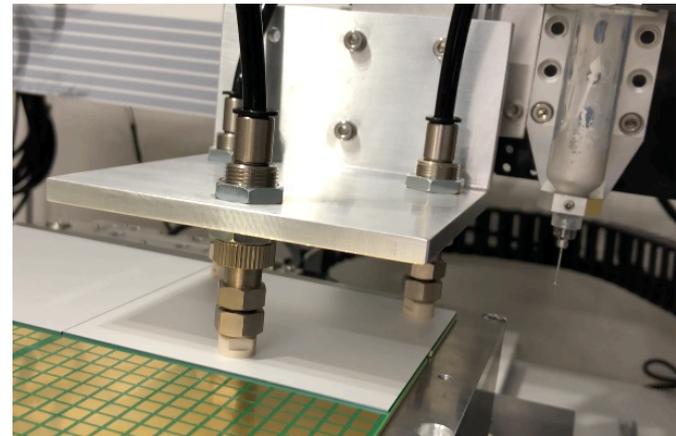
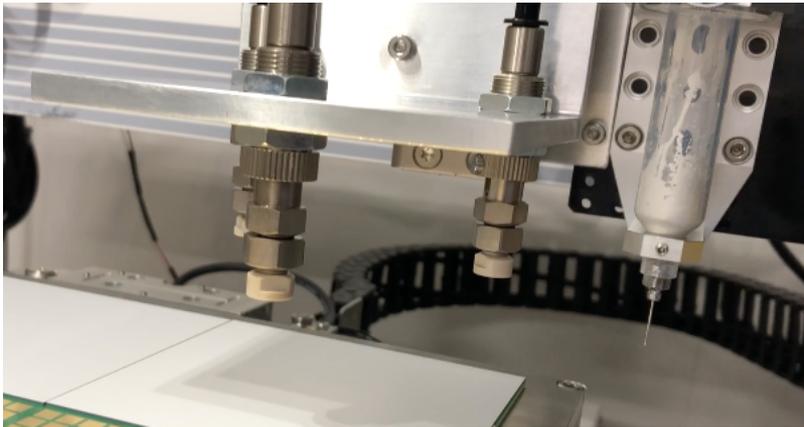


新A液 →  
ペースト状

条件	圧力	時間	塗布面からの距離	針サイズ
説明	接着剤を打ち出す空気圧	接着剤を打ち出す時間	FEV裏面からシリンジの針の間の距離	シリンジにセットする針サイズ
旧	180 kPa	0.20 sec	0.2 mm	24 (0.34 mm)
新	100 kPa	0.02 sec	0.2 mm	24 (0.34 mm)

## 各種自動化の改善

- センサー輸送用ジグの上下移動の機構：
  - ① 接着時 & 輸送時、接着剤シリンジより上げる
  - ② センサー吸着 & 接着時、接着剤シリンジより下げる



- #Pではロボットアームジグの設計ミスにより、使用不可  
→ ジグを改善し、使用できるようにした