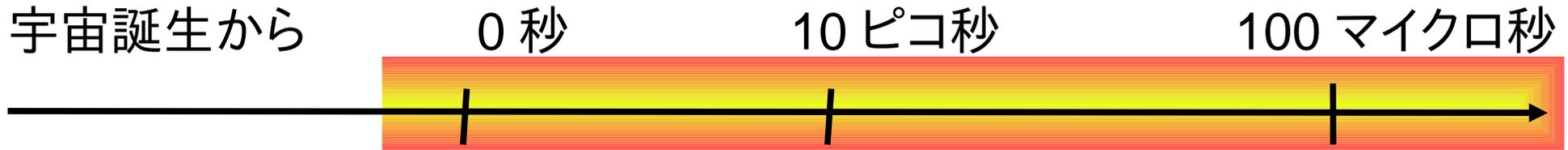


C01 カイラル対称性の破れによる質量生成機構の 実験的解明

研究代表者 延與 秀人 (理化学研究所)

- 質量の起源
- **KEK-PS E325 から J-PARC E16 へ**
- 検出器 **R&D** 状況
- 今後:スペクトロメータ建設

物質の質量はどのように生じたか？



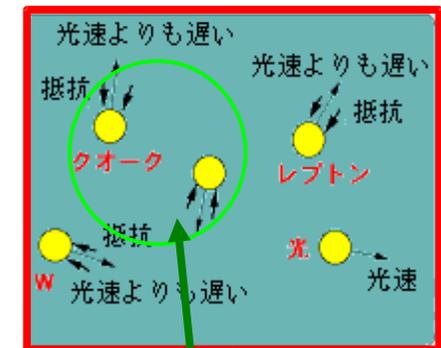
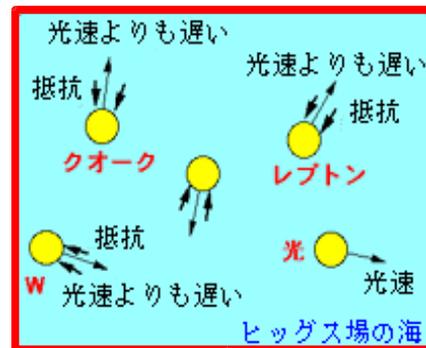
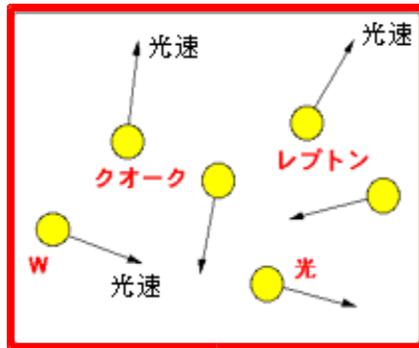
クォーク質量
真空中の「抵抗」
対称性の破れ

0 MeV
なし

3 MeV
ヒッグス凝縮
電弱対称性

300 MeV
クォーク凝縮
カイラル対称性

真空の
模式図



強い相互作用による「クォーク閉じ込め」
= ハドロン生成

現在の真空と、物質の質量の 99% を作りだしているのは量子色力学 (強い相互作用) である。
「素粒子」の質量は「真空」(環境) の状態により変化する。

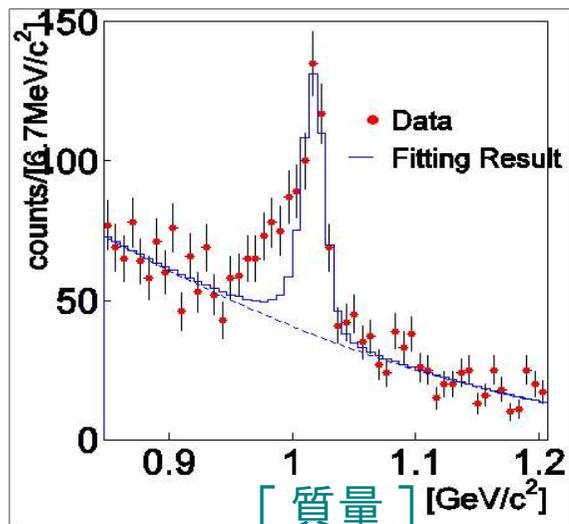
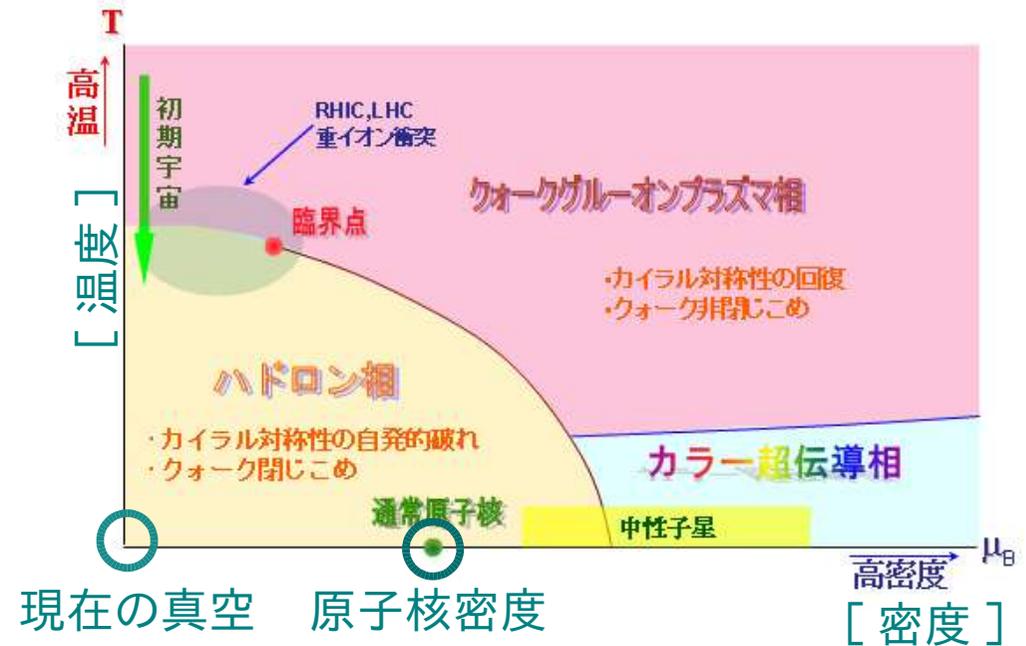
クォークからつくられるハドロン (陽子・中性子や中間子) の質量も同様

実験的検証：真空の性質を変えて質量を測る

素粒子の質量の変化を検出する

原子核物質内の中間子の質量 / 崩壊幅などの変化が量子色力学をもとに予言されている。

- 通常原子核密度での質量の変化
本研究の前身：KEK で測定に成功



原子核中で崩壊した ϕ 中間子の質量分布の測定
質量変化を世界最高の精度で検出し、結果は量子色力学の予言と一致した。

本研究では、さらに測定精度を上げ、「発見」の段階から「定量化」と「理論の峻別」へと進む。

KEK-PS E325 実験の成果

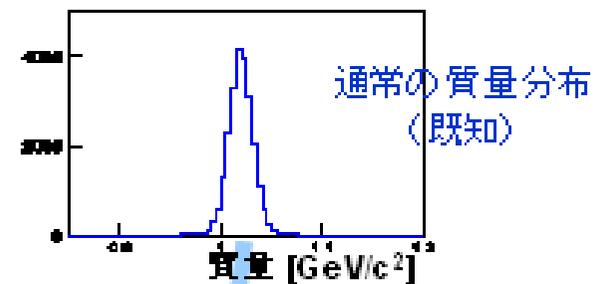
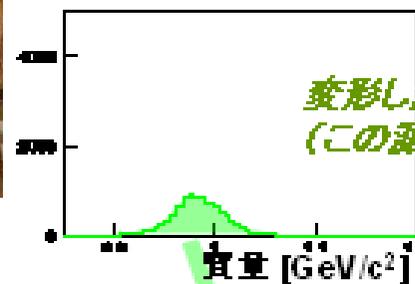


1997-2002 @KEK-PS

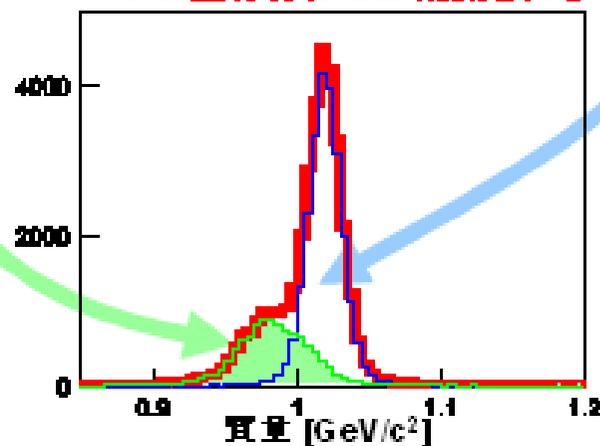


原子核内で崩壊した ϕ 中間子

真空中に出たあと崩壊した ϕ 中間子



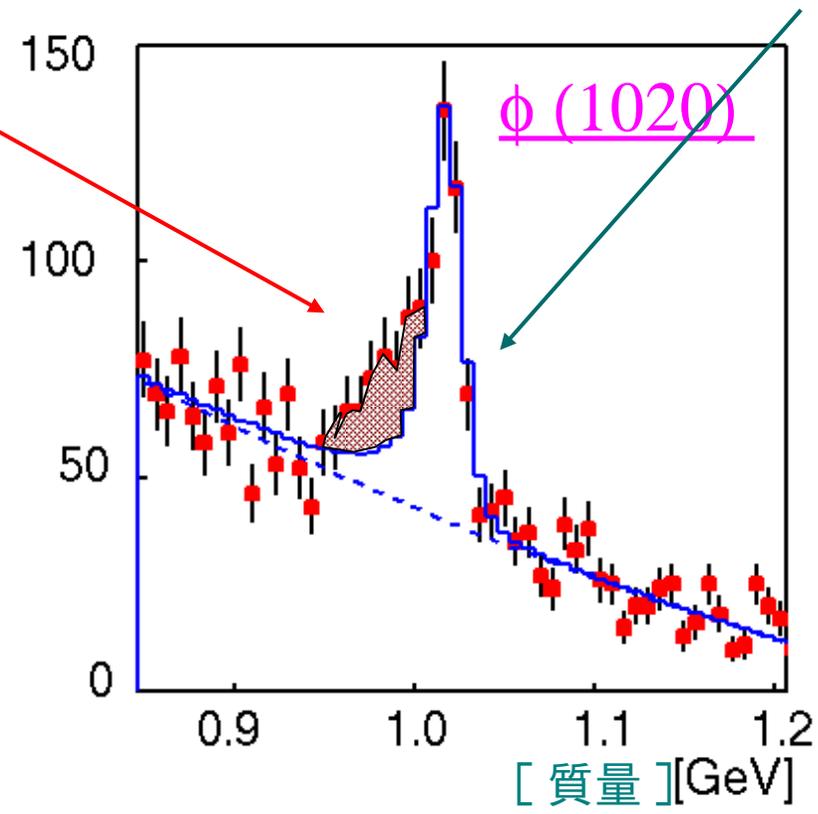
二つの重ねあわせが観測される



KEK-PS E325 実験の成果



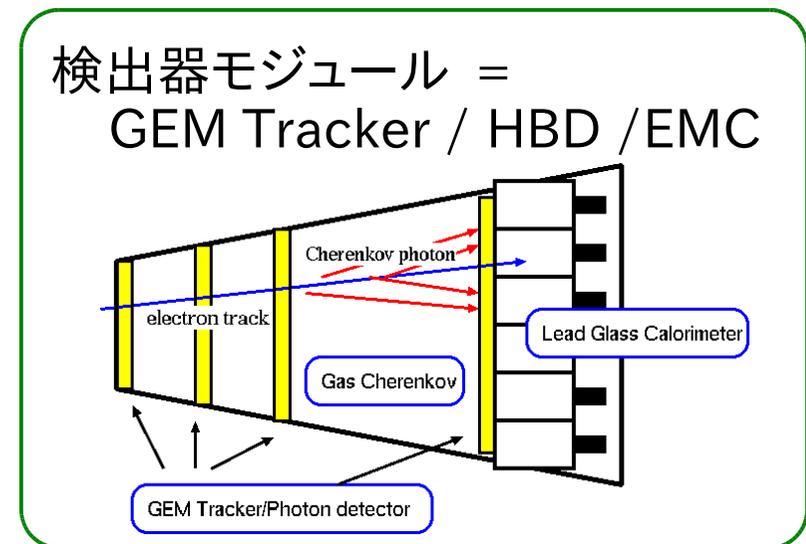
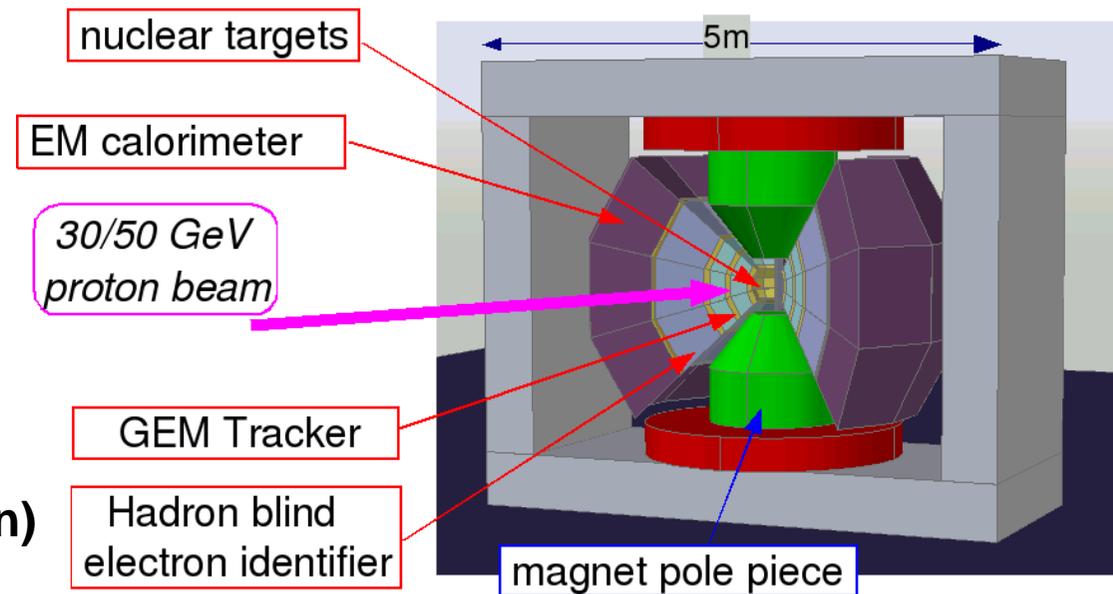
- C/Cu 原子核中での中間子 ($\rho / \omega / \phi$) 質量分布の変化を電子対崩壊で検出
- (ϕ 中間子については世界初)
- 質量分解能 および 統計 (2000 ϕ / 標的) で世界最高の測定



質量は減少した。しかし、そのメカニズムを確定するためには統計精度が不足。

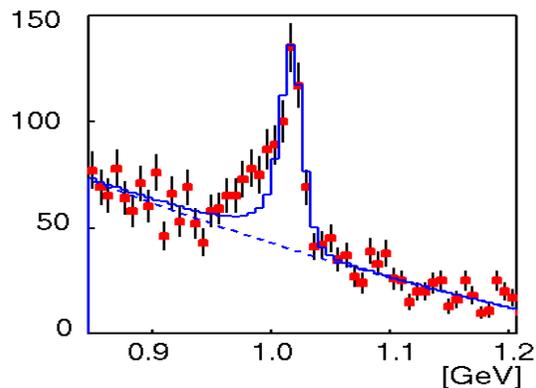
本研究 J-PARC E16 実験

- 従来の 5 倍の大立体角を覆う
- 従来の 10 倍のビーム強度で使える
 - **GEM Tracker**
 - 350 μm pitch ADC readout
 - 予想レート 5KHz/mm² に耐える
 - **2 段構成の電子検出器 (10⁻⁴ π rejection)**
 - **ハドロンブラインド検出器 (HBD)**
 - **CF₄ Gas Cherenkov + CsI-GEM Photocathode**
 - アクシデンタルトリガーを防ぐセグメント細分化
 - **Lead glass EM カロリメータ**
 - TOPAZ 実験のものを転用
- 従来の 2 倍の 生成断面積
- 合計 100 倍の統計



高統計・高精度がもたらす本研究のハイライト 7

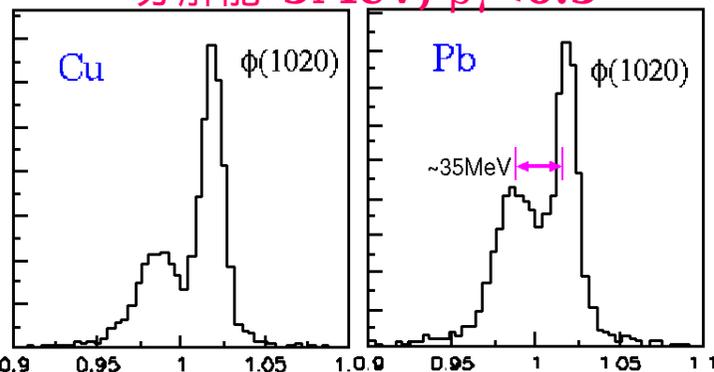
明確な分離構造の測定



分解能 **11MeV**, $\beta\gamma < 1.25$

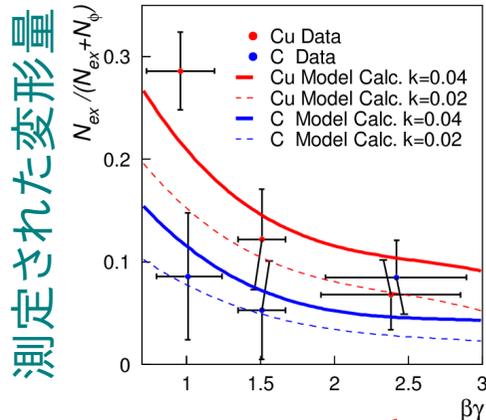


分解能 **5MeV**, $\beta\gamma < 0.5$



質量変化現象の確定
原子核サイズ依存性の確定

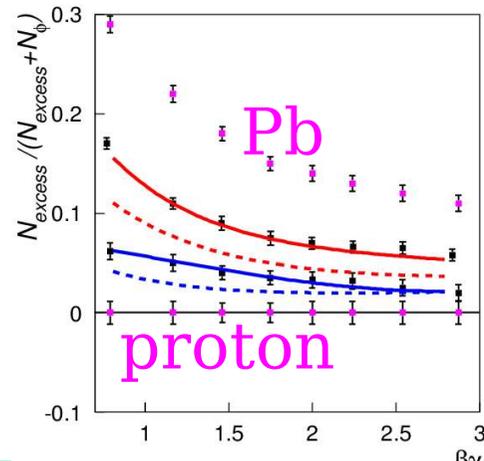
核内崩壊量の定量化



測定された変形量

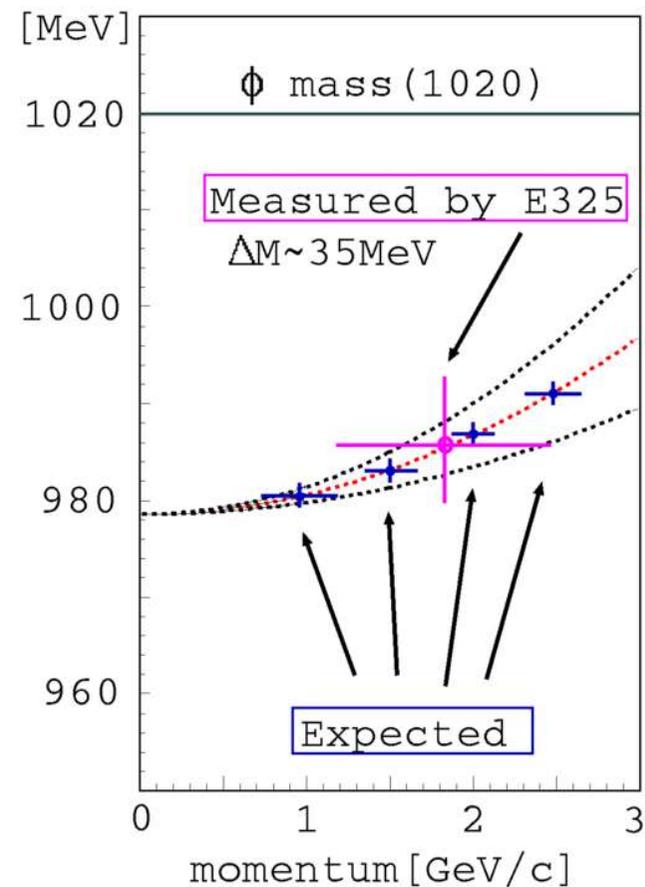
100倍

(予測)



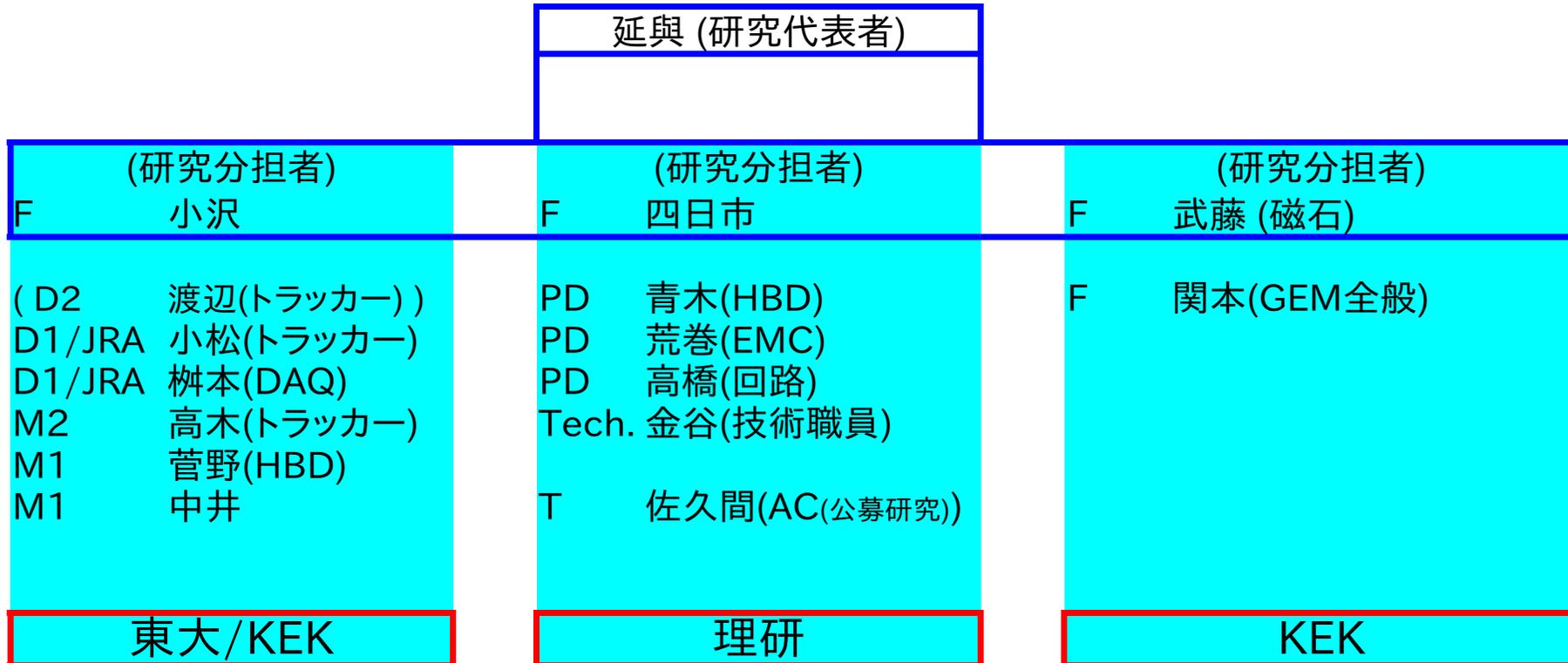
核内中間子生成・崩壊の
モデルの確定

核内分散関係の導出



質量と崩壊幅の運動量
依存性の確定

研究組織図



proposal には他に、東大 CNS、広島大、JASRI

スケジュール

現在



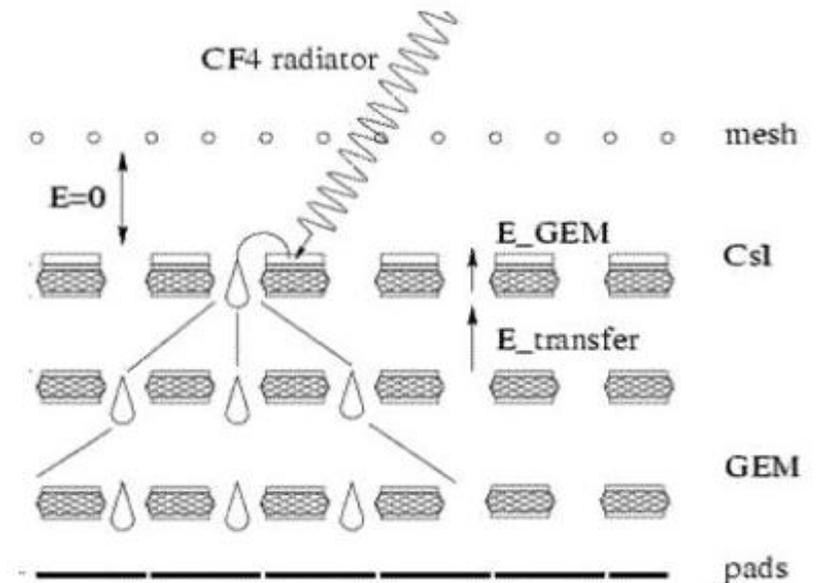
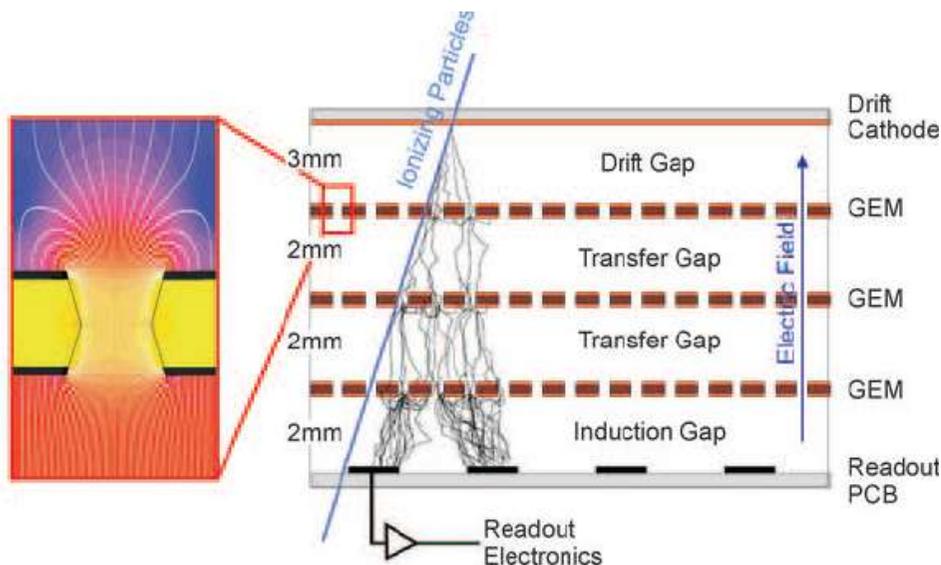
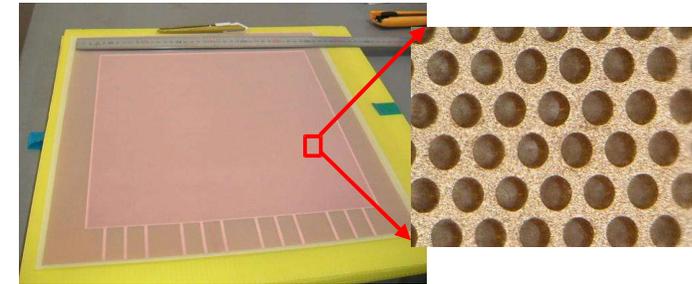
Target date



計画年度		1				2				3				4				5			
2011-08-02 JFY		2009(H21)				2010(H22)				2011(H23)				2012(H24)				2013(H25)			
Quarter		4~6	7~9	10~12	1~3	4~6	7~9	10~12	1~3	4~6	7~9	10~12	1~3	4~6	7~9	10~12	1~3	4~6	7~9	10~12	1~3
ビームタイム予定			採択(8月)															当初予定	→		Run0
磁石改造		武藤						設計			発注		納品		くみたて						
GEMトラッカー		小沢/小松						試作/テスト			量産機設計		量産一号機		量産					設置	
HBD		青木						試作/テスト			蒸着		量子効率改善		量産					設置	
EMカロリメータ		荒巻									設計		PMT check		搬送		設置		設置		
読みだし回路		高橋											試作			量産				設置	
メンバー		延與 四日市																			
Faculty		小沢 武藤 関本										50% 80% 30% 20%									
Post Doc		金谷 青木 荒巻 高橋																			
Student		渡辺 小松 榎本 高木 佐藤 菅野 中井		M2 M1 M1 B4	(PEHNIX実験へ)				M2 M2 M1 B4	B4	D1 D1 M2 M1 M1			D2 D2 (企業へ) M2 M2			D3 D3 D1 D1				

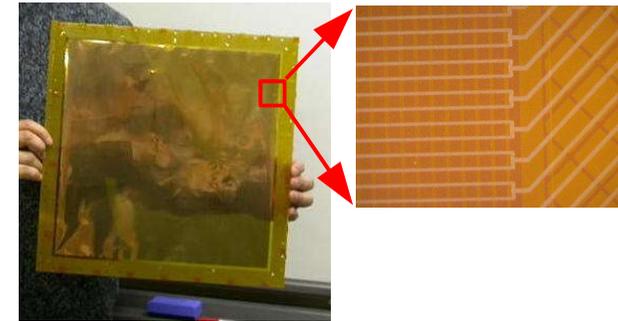
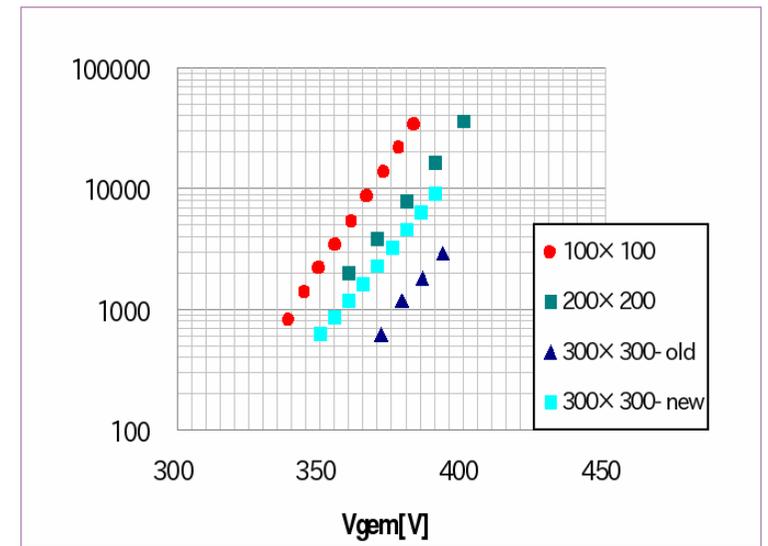
検出器 R&D

- 高レートに耐えるための **GEM Tracker**
 - GEM 安定性、斜め入射
- 電子トリガーのための **ハドロンブラインド検出器 (HBD)**
 - PHENIX 実験に学ぶ
 - CsI 光電面の量子効率、ガス純度のコントロール
- 双方 **GEM**(gas electron multiplier) を用いた検出器
 - CERN で開発された、電子増幅器
 - 大型化、国産化

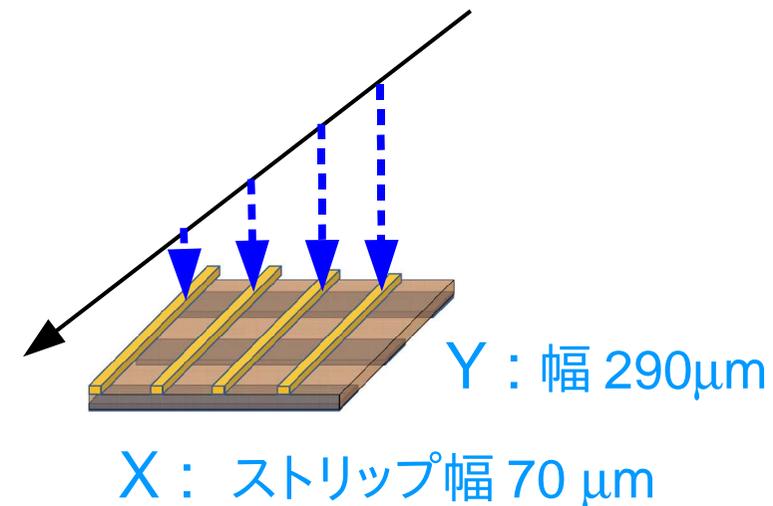


GEM Tracker

- 300mm 角 カプトン製 大型 GEM の国産化
 - ArCO₂ 中、3 枚スタックで使用
- 低物質質量二次元読出両面ストリップ基板の開発
 - X: 350 μ m ピッチ, Y: 1400 μ m ピッチ で読む
- 目標位置分解能 100 μ m
 - 垂直入射時 80 μ m、斜め (30 度) 入射時 140 μ m を達成
 - 信号の時間情報と電荷情報が必要
 - 質量分解能 5MeV を達成可能 (simulation)
- 量産一号機を設計中
 - マスクの寸法の決定 -> GEM, 基板の量産



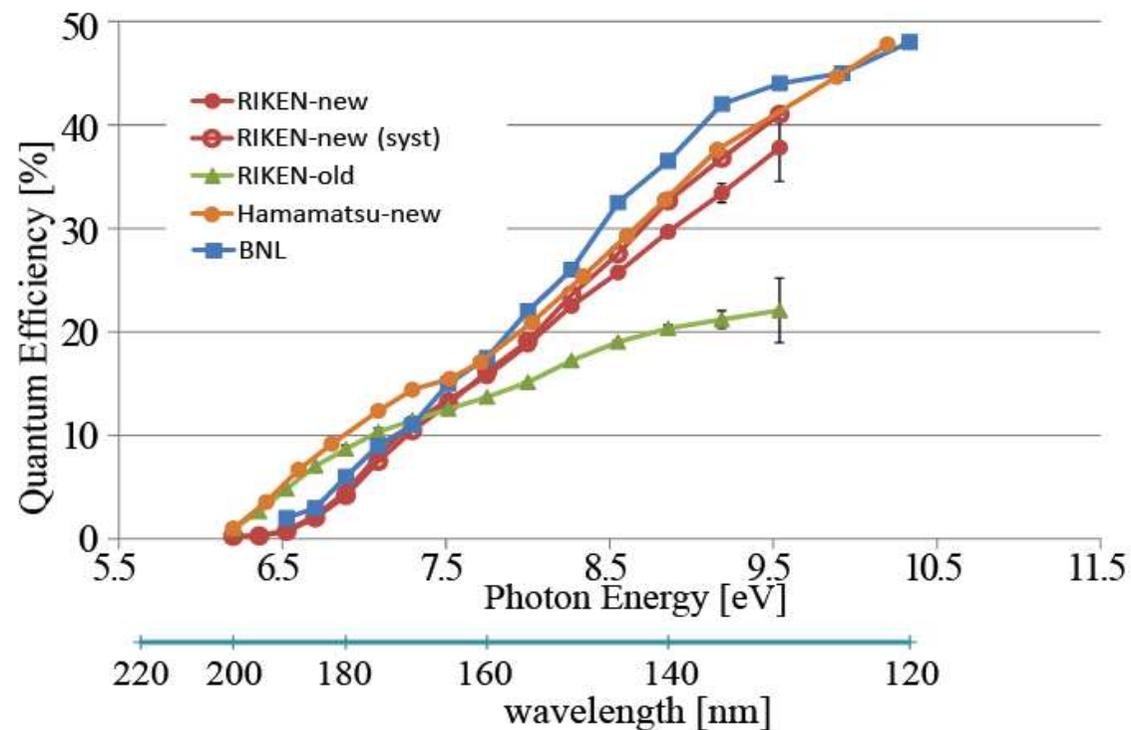
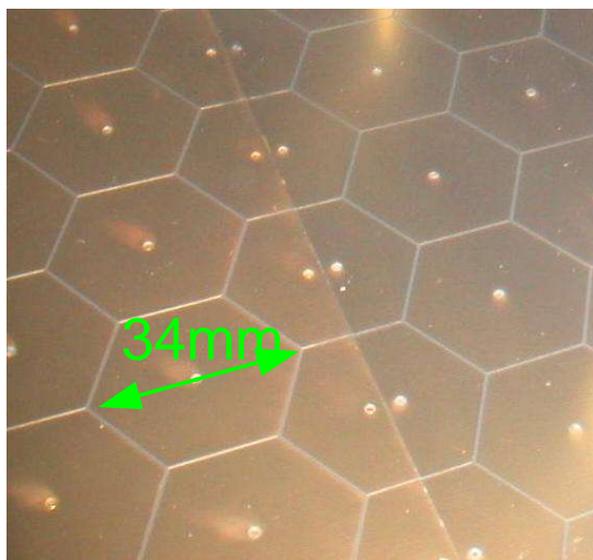
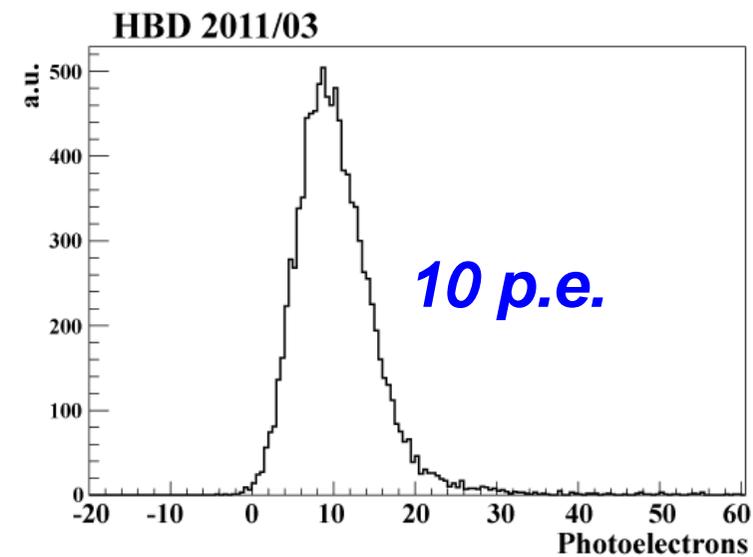
100x100 200x200 300x300



新ハドロン C01 110804

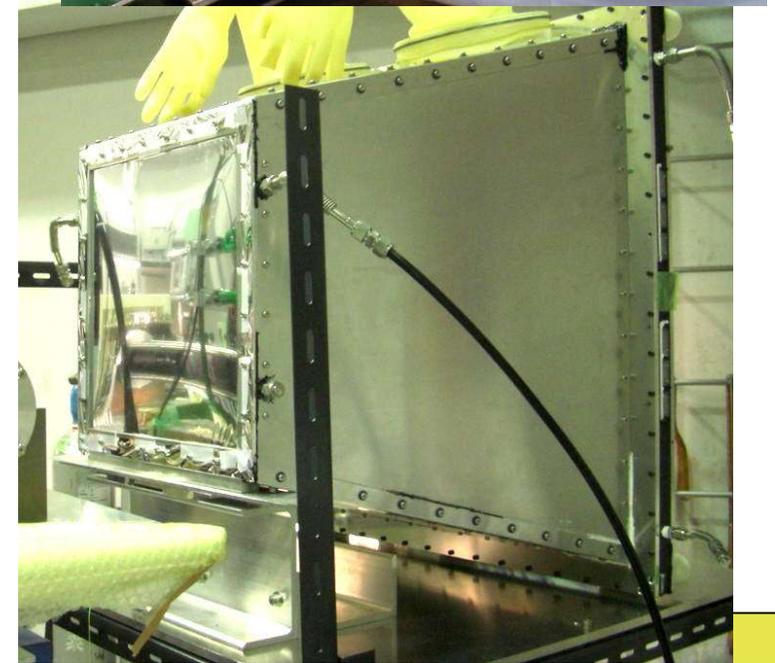
ハドロンブラインド検出器 (HBD)

- 国産 LCP(Liquid Crystal Polymer) 製 GEM の 大型化
 - CF_4 中、2 枚スタックで十分な gain
 - 厚いので耐圧大、gain 大
- CsI 光電面の製作：浜松ホトニクスと協力
 - 理研での蒸着テストで条件出し → 浜松にフィードバック
- 量産一号機を設計中
 - ガス容器
 - 大型多層読出基板



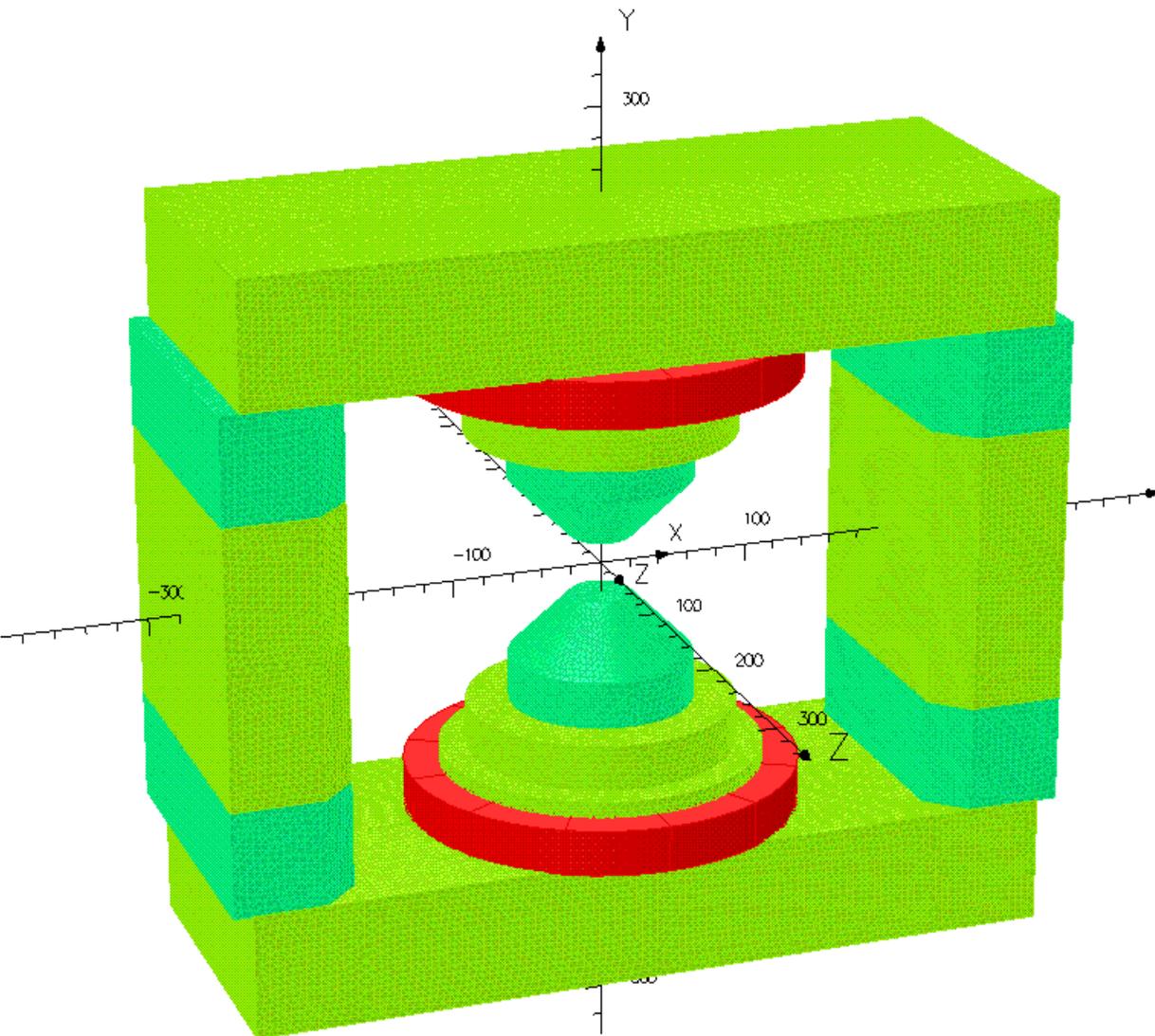
Beamtest @ 東北大 ELPH

- 2009, 2010 年に計 4 回実施
- 2012 年初頭に J-PARC での最終 check を希望



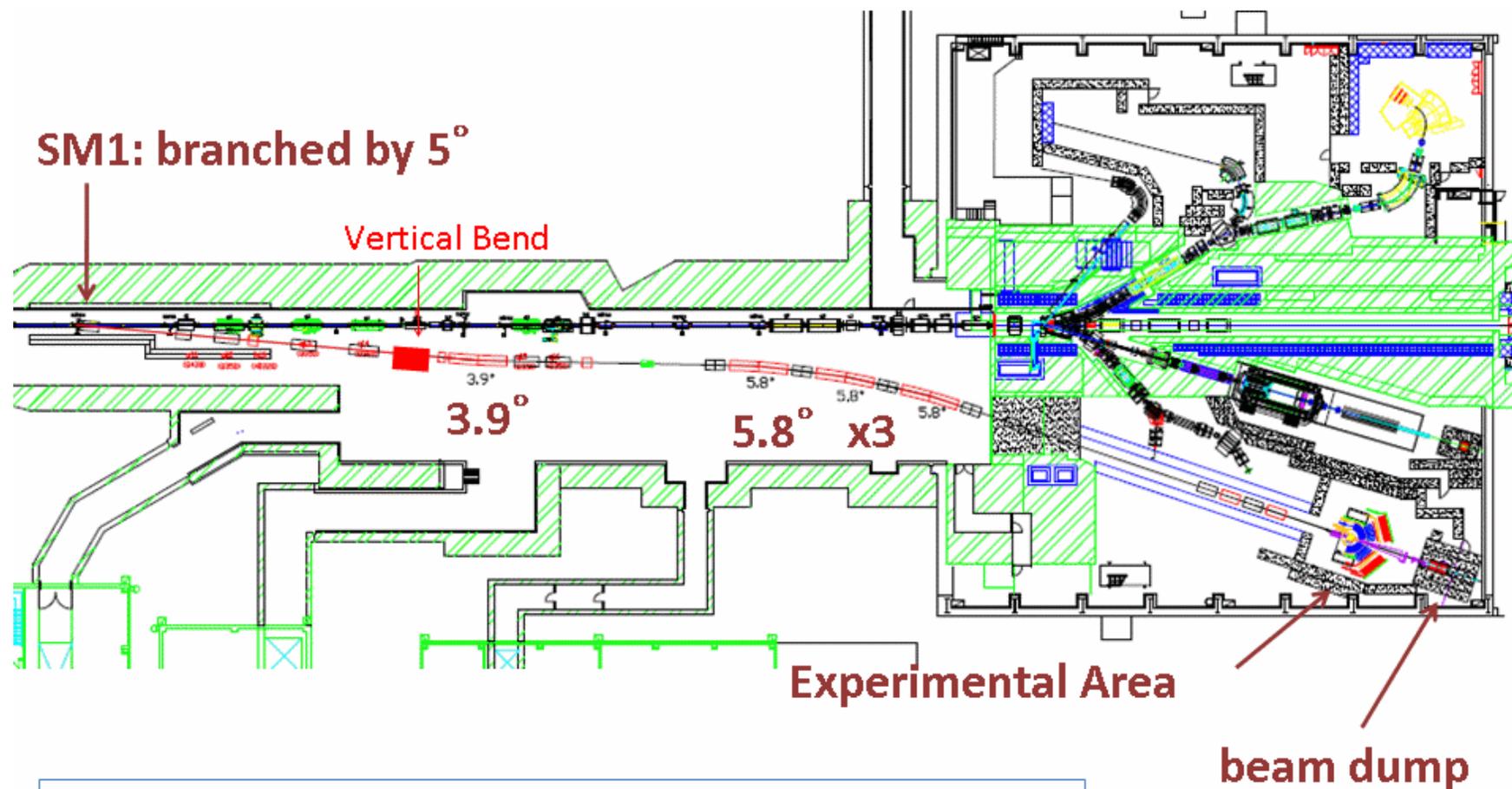
スペクトロメータ磁石

- 2011 年度部品調達
- 2012 年度くみたて



High-p ビームライン@ J-PARC ハドロン実験施設

- KEK より概算要求中 (2012 年度より 3 年計画)



Beam dump and shields are for 10^{10} protons/s

読出回路 / DAQ

- preampとdigitize は PHENIX または Belle-II 準拠
- データ転送は COPPER 準拠
 - 目標は 1kHz, 30 MB/spill

	ch.	preamp	digitize	data collection
GEM Tracker	56k	Belle-II CDC ASIC	commodity FADC (Belle-II 参考に)	COPPER
HBD	10k	PHENIX		
EMC	1k	N/A		

Cost to complete

(M yen)	R&D	staged goal	full install
		本研究期間で完了 (8 modules)	その後 upgrade (+18 modules)
GEM Tracker	40	44	99
HBD	37	79	99
EMC		30	済
回路	10	70	140
磁石		68	済
本科研費	243		
その他		135	
その他(理研J-PARC連携センター)			338

理研 J-PARC 連携研究センター

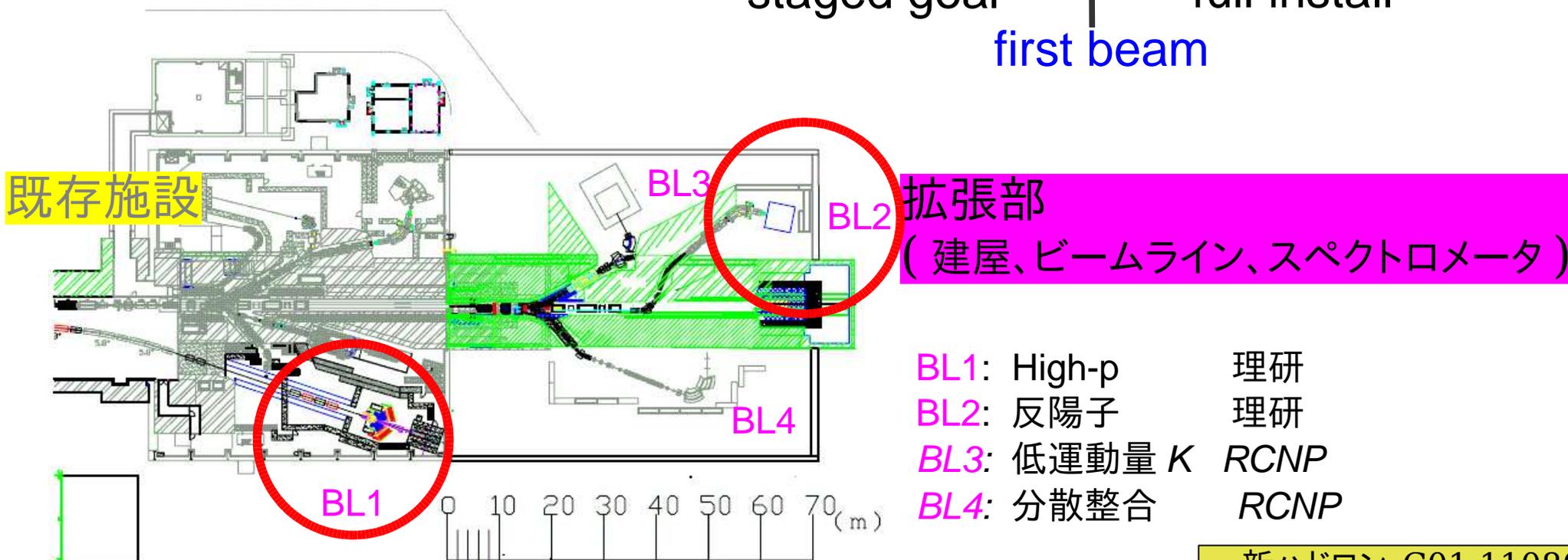
- ハドロン実験施設を理研が拡張
- 理研次期中期計画（2013-17）で実現すべくプロジェクトを推進中

	理研2期					理研3期				
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29
連携センター計画				中期計画策定	概算要求	1	2	3	4	5
High-p ビームライン				概算要求	1	2	3			
本研究		1	2	3	4	5				

staged goal

full install

first beam



拡張部
(建屋、ビームライン、スペクトロメータ)

- BL1: High-p 理研
- BL2: 反陽子 理研
- BL3: 低運動量 K RCNP
- BL4: 分散整合 RCNP

Summary

- C01 では、電子陽電子対検出用大立体角スペクトロメータを J-PARC ハドロン実験施設に建設し、ベクトル中間子の原子核中での質量変化を系統的に測定する。E16 実験として 2007 年に scientific approval (stage1 approval) を得ている。
- 高計数率に耐えるための GEM Tracker と、電子同定のためのハドロン・ブラインド・チェレンコフ検出器 (HBD) の開発がほぼ完了した。
- H23(2011) 年度にはスペクトロメータ磁石改造部品の調達とともに、GEM Tracker と HBD の量産一号機を完成させ、またそれらの読出回路の試作を進める。
- H24(2012) 年度には磁石の改造を行ない、内部に量産した検出器の据え付けが可能な形にする。回路は量産一号機を完成させる。
- H25(2013) 年度後半には水平部 8 台の検出器モジュールをスペクトロメータ内部に設置し、H26(2014) 年度の実験開始に備える。予算の都合上 staged approach になる。ビームラインの H25 年度末への前倒しがあっても対応可能。