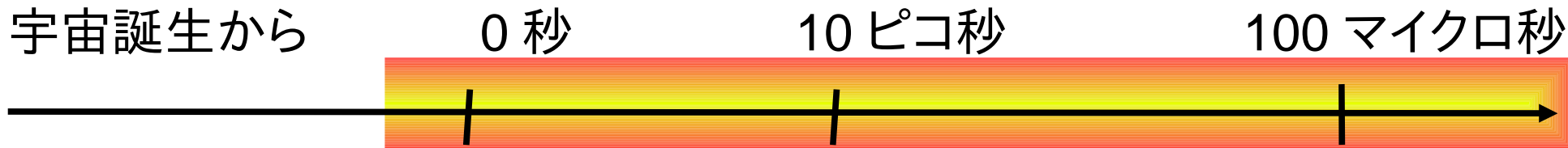


C01 カイラル対称性の破れによる質量生成機構の 実験的解明

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？



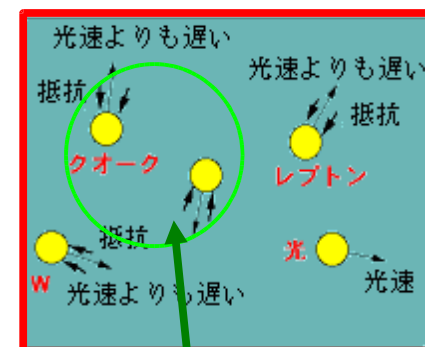
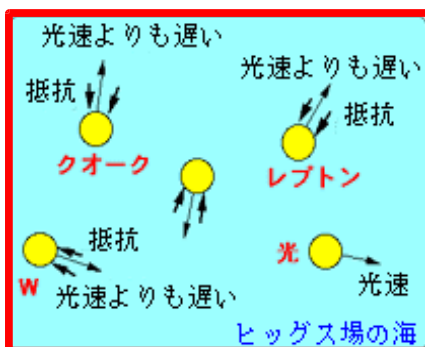
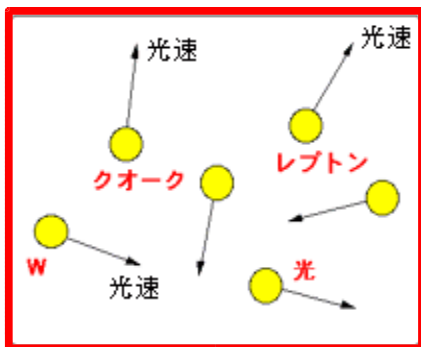
クォーク質量
真空中の「抵抗」
対称性の破れ

0MeV
なし

3 MeV
ヒッグス凝縮
電弱対称性

300MeV
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。

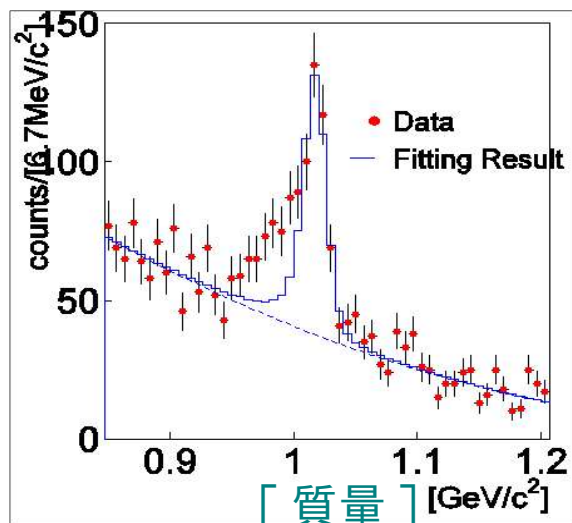
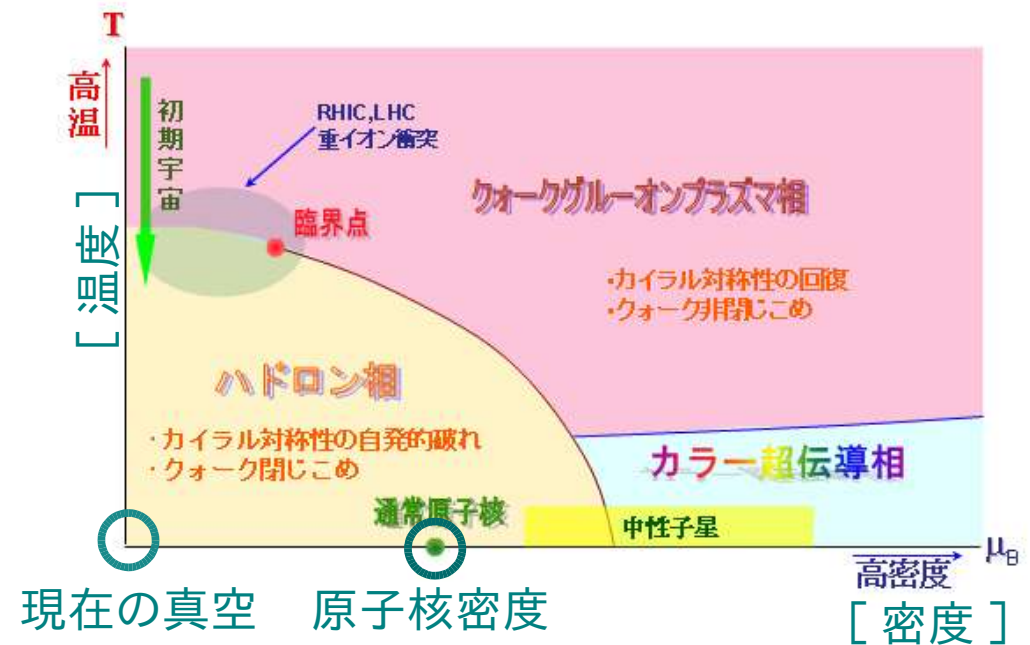
クォークからつくられるハドロン (陽子・中性子や中間子) の質量も同様

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

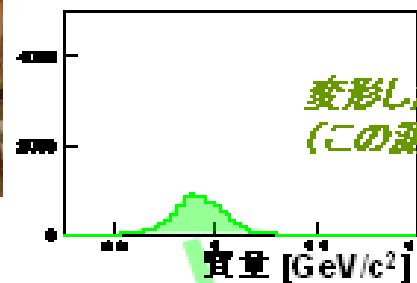


1997-2002 @KEK-PS

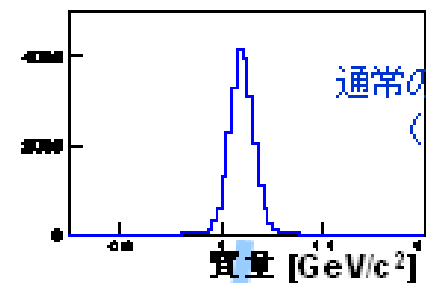


原子核内で崩壊した ϕ 中間子

真空中に出たあと崩壊した ϕ 中間子

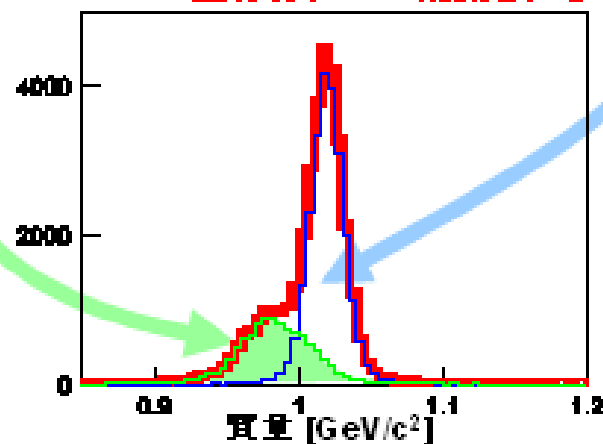


変形した質量分布
(この測定のための目的)

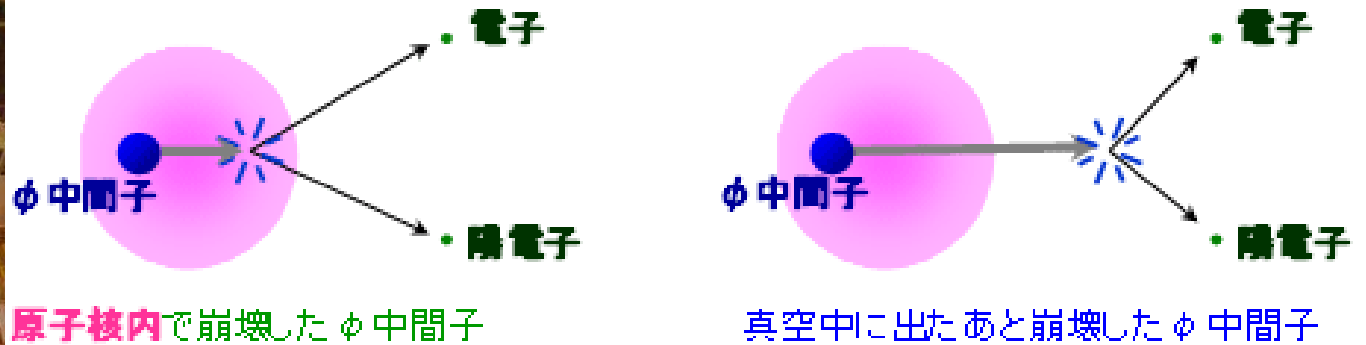


通常の質量分布
(既知)

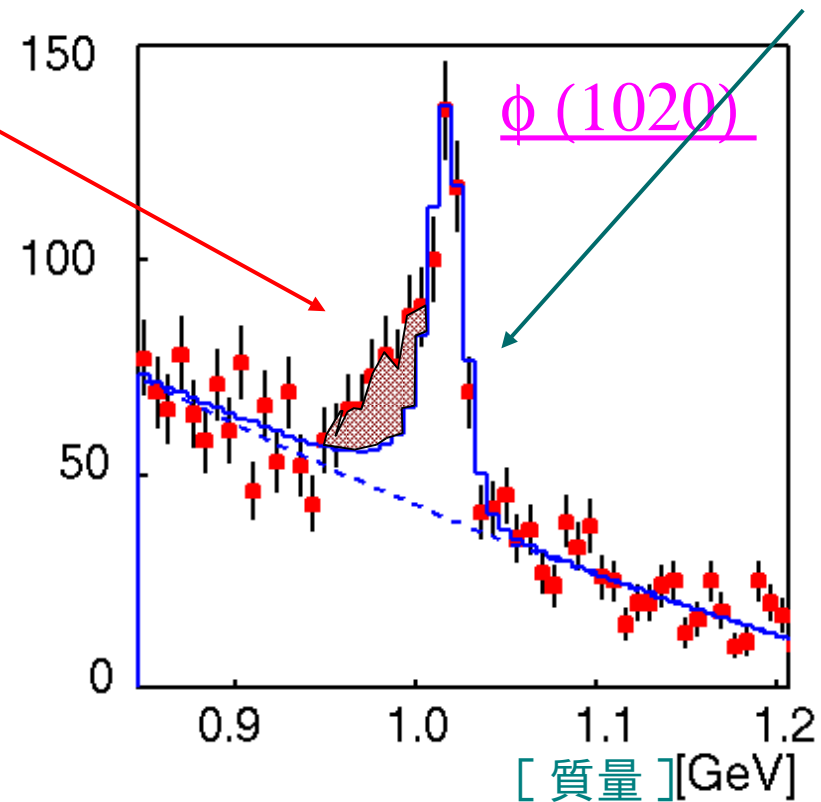
二つの重ねあわせが観測される



KEK-PS E325 実験の成果



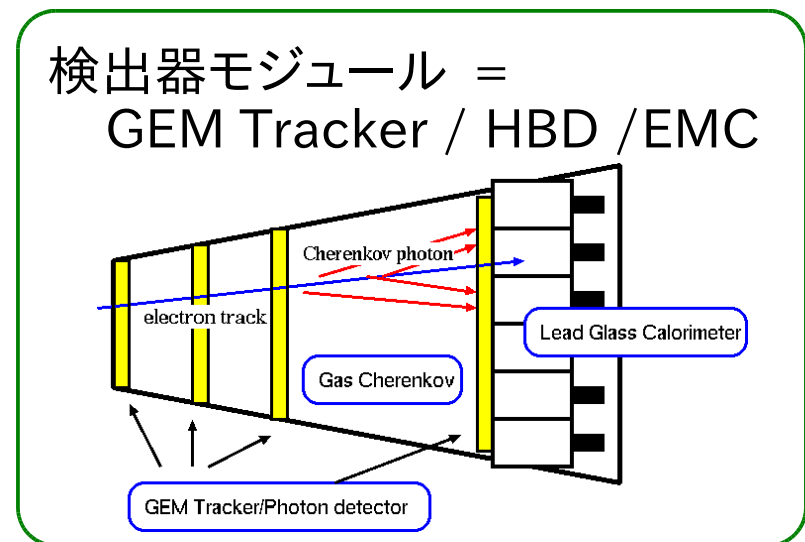
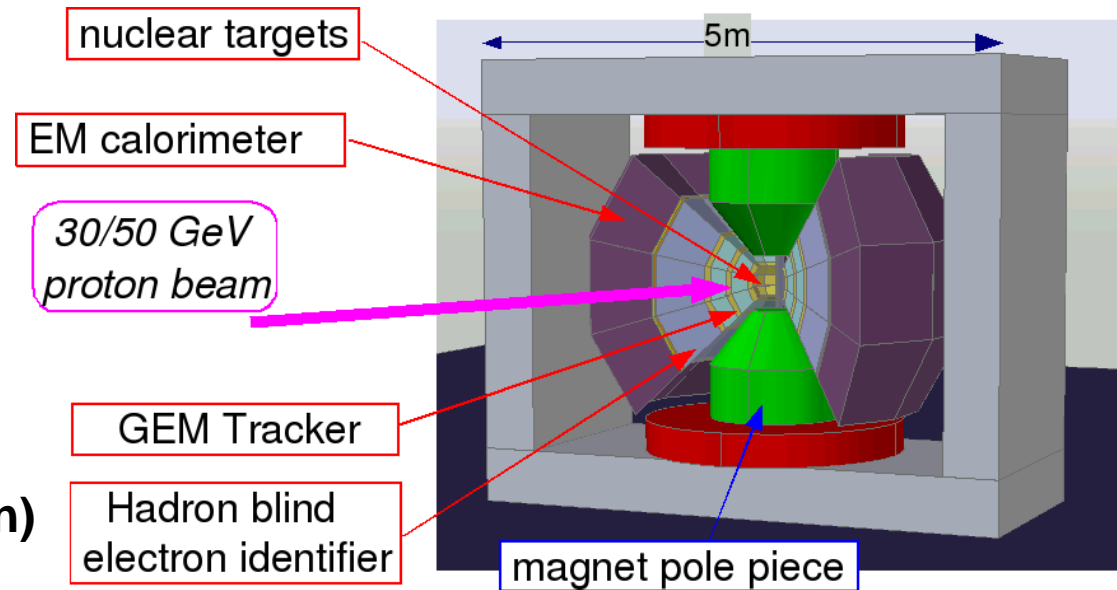
- C/Cu 原子核中での中間子 ($\rho / \omega / \phi$) 質量分布の変化を電子対崩壊で検出
- (ϕ 中間子については世界初)
- 質量分解能 および 統計 (2000 ϕ / 標的) で世界最高の測定



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。

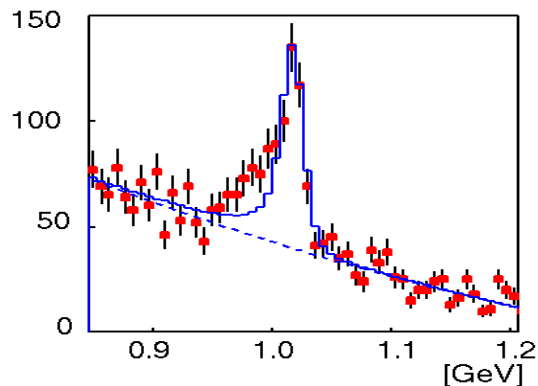
本研究 J-PARC E16 実験

- 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 ($10^{-4} \pi$ 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

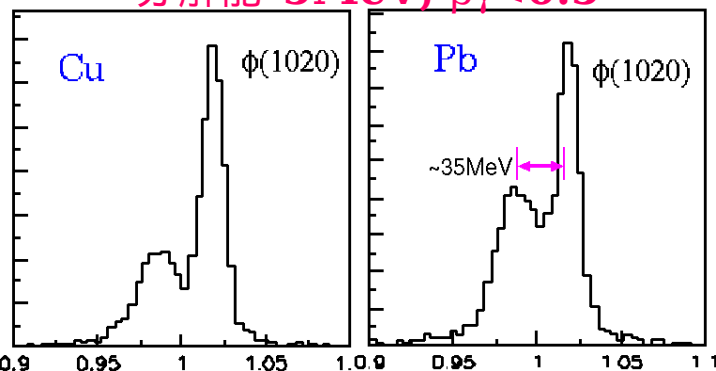
明確な分離構造の測定



分解能 **11MeV**, $\beta\gamma < 1.25$

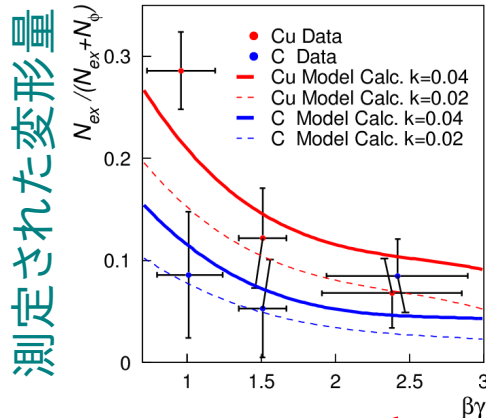


分解能 **5MeV**, $\beta\gamma < 0.5$



質量変化現象の確定
原子核サイズ依存性の確定

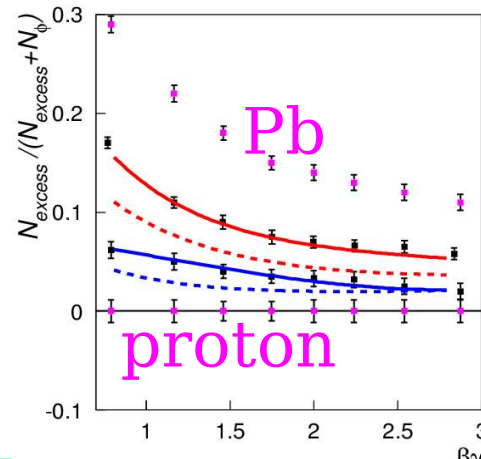
核内崩壊量の定量化



測定された変形量

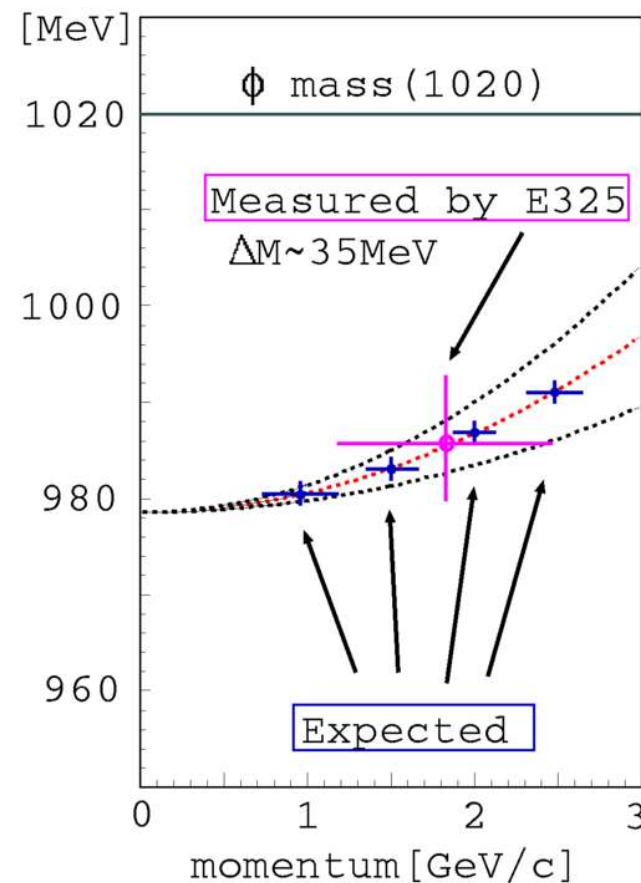
100倍

(予測)



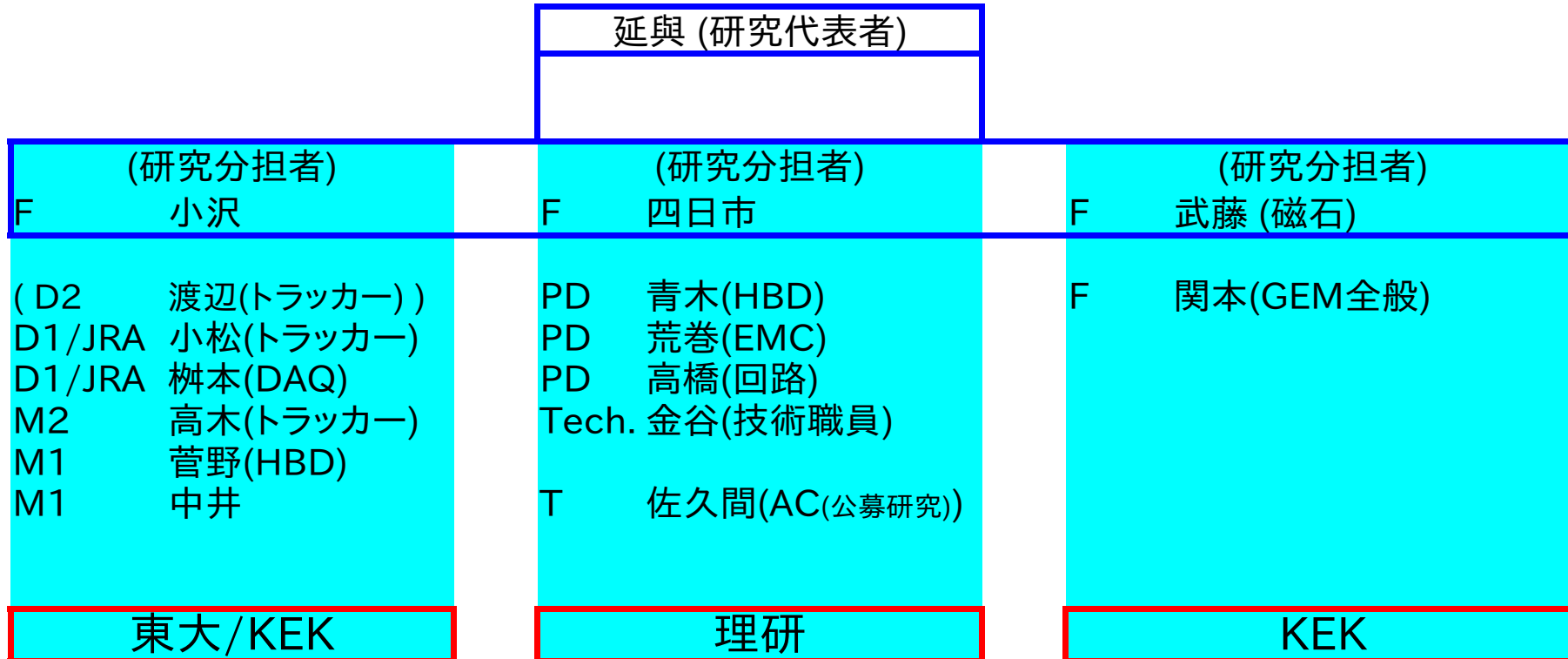
核内中間子生成・崩壊の
モデルの確定

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



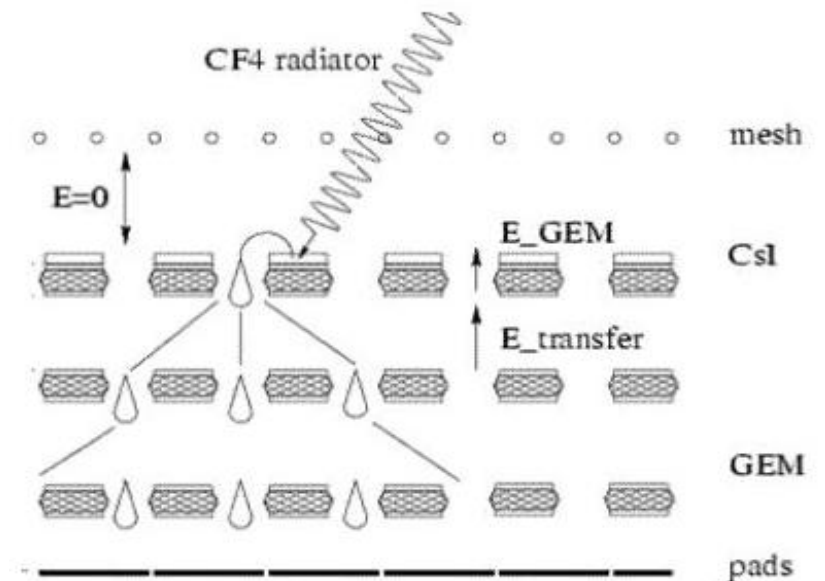
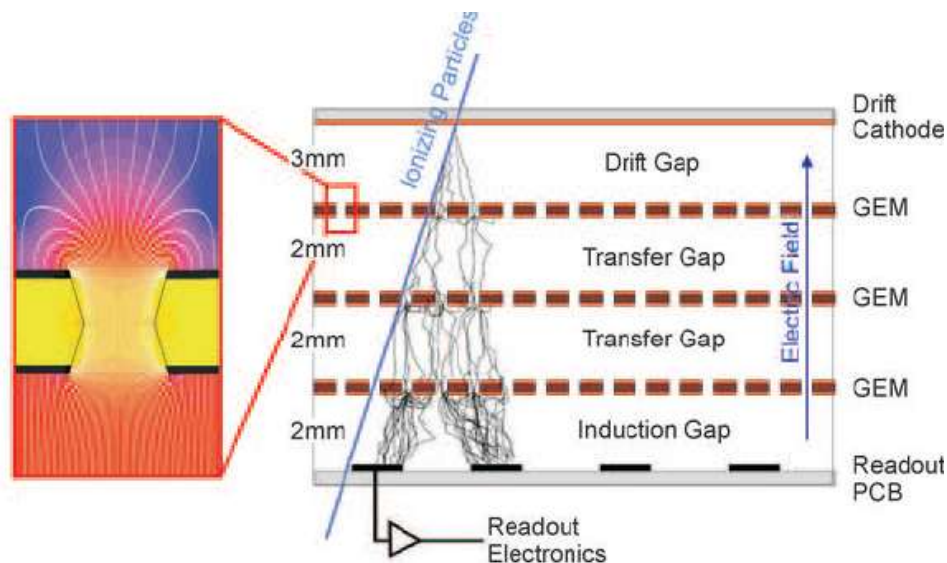
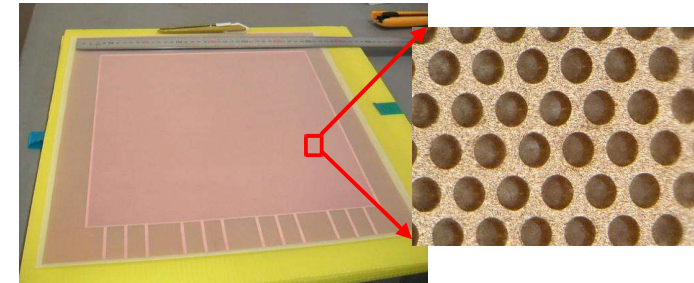
Target date



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				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				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									50%											
Faculty	小沢 武藤 関本									80%											
	金谷									30%											
Post Doc	青木 荒巻 高橋									20%											
	渡辺	M2	(PEHNIX実験へ)																		
Student	小松	M1				M2				D1				D2							
	榎本	M1				M2				D1				D2							
	高木					M1				M2				(企業へ)							
	佐藤	B4				B4															
	菅野					B4				M1				M2							
	中井									M1				M2							

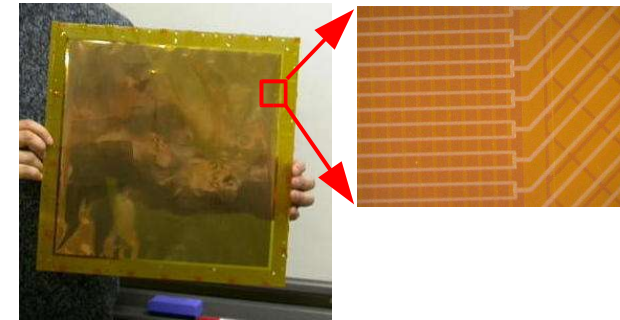
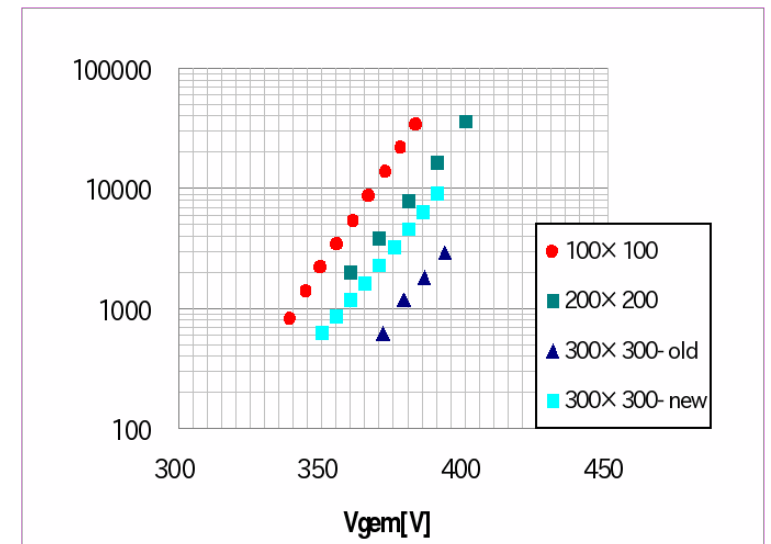
検出器 R&D

- 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

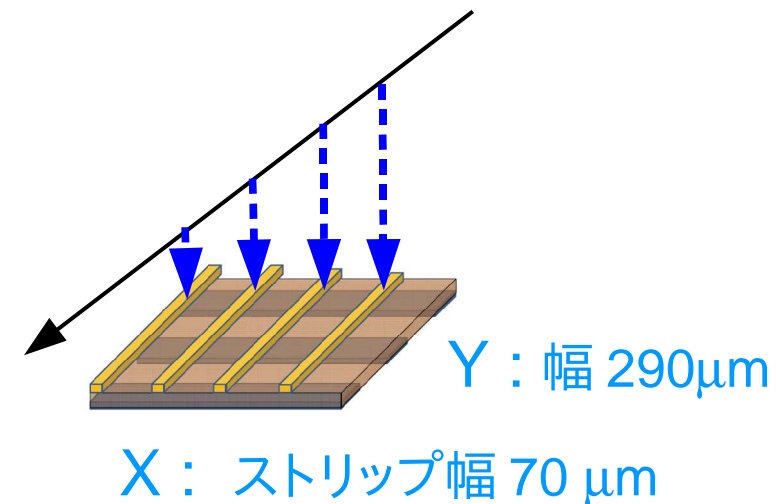


GEM Tracker

- 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 μm ピッチ, Y: 1400 μm ピッチ で読む
- 目標位置分解能 100 μm
 - 垂直入射時 80 μm、斜め (30 度) 入射時 140 μm 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

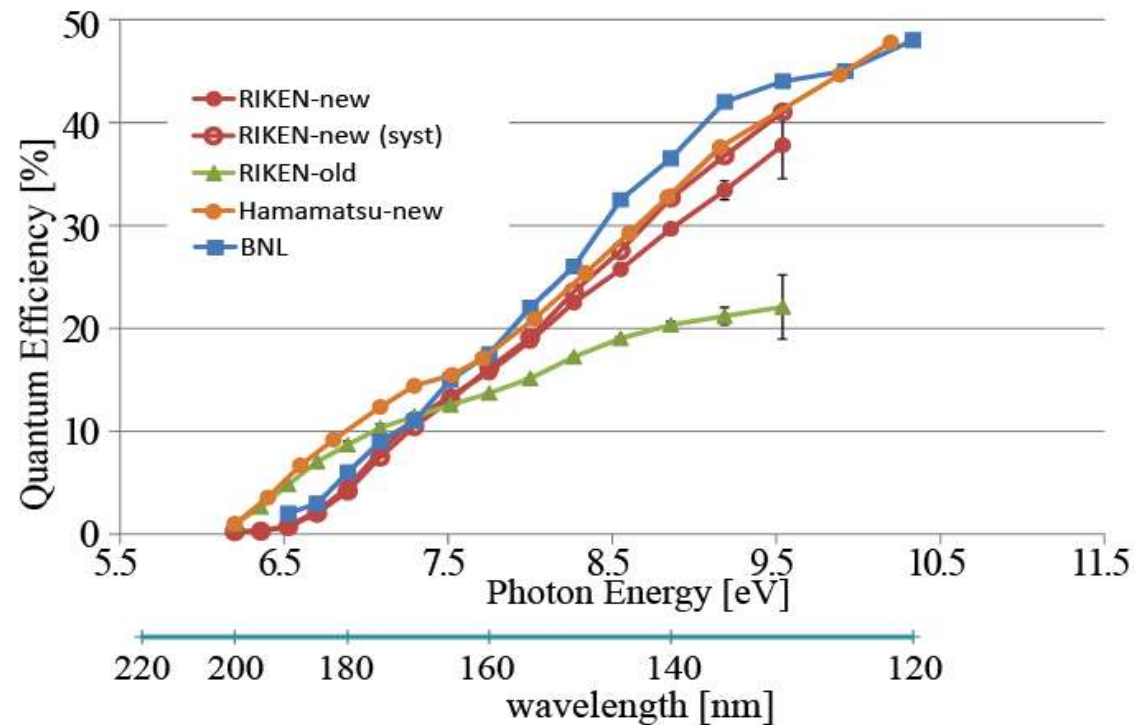
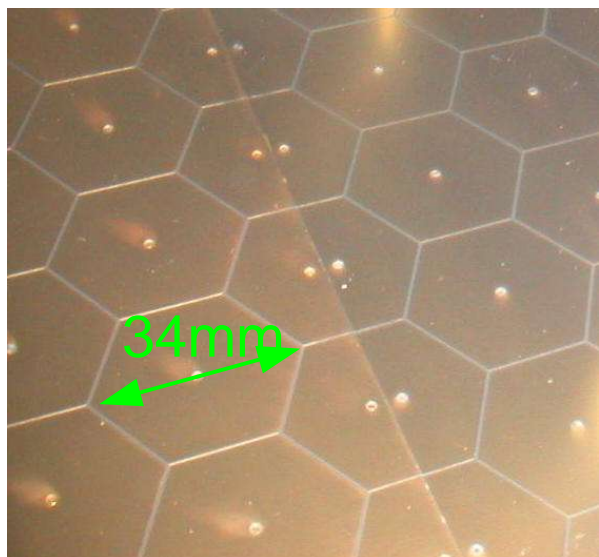
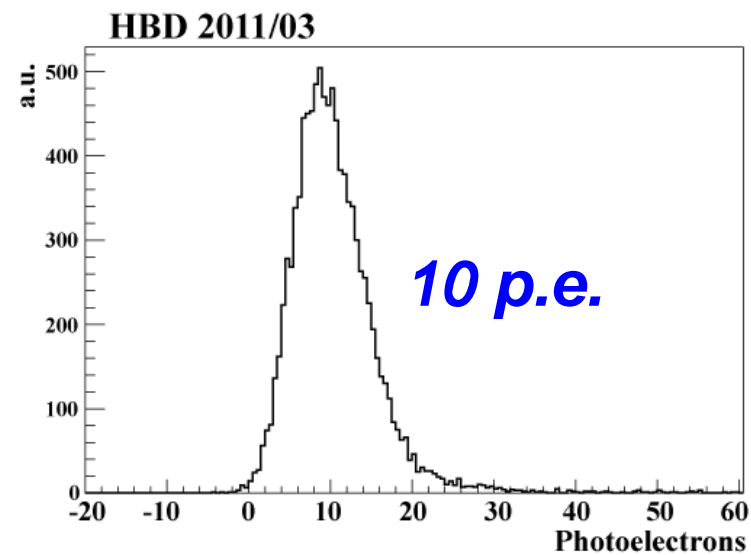


100x100 200x200 300x300



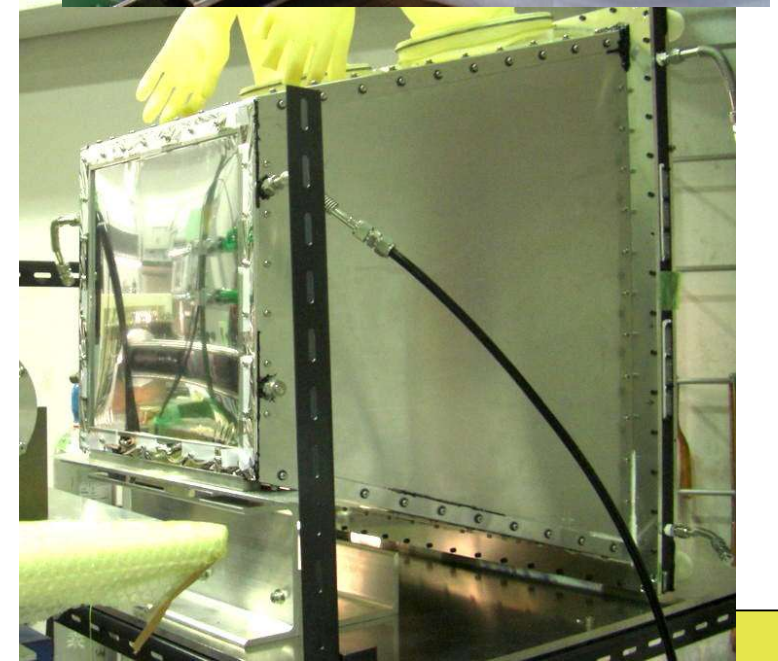
ハドロンブラインド検出器 (HBD)

- 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



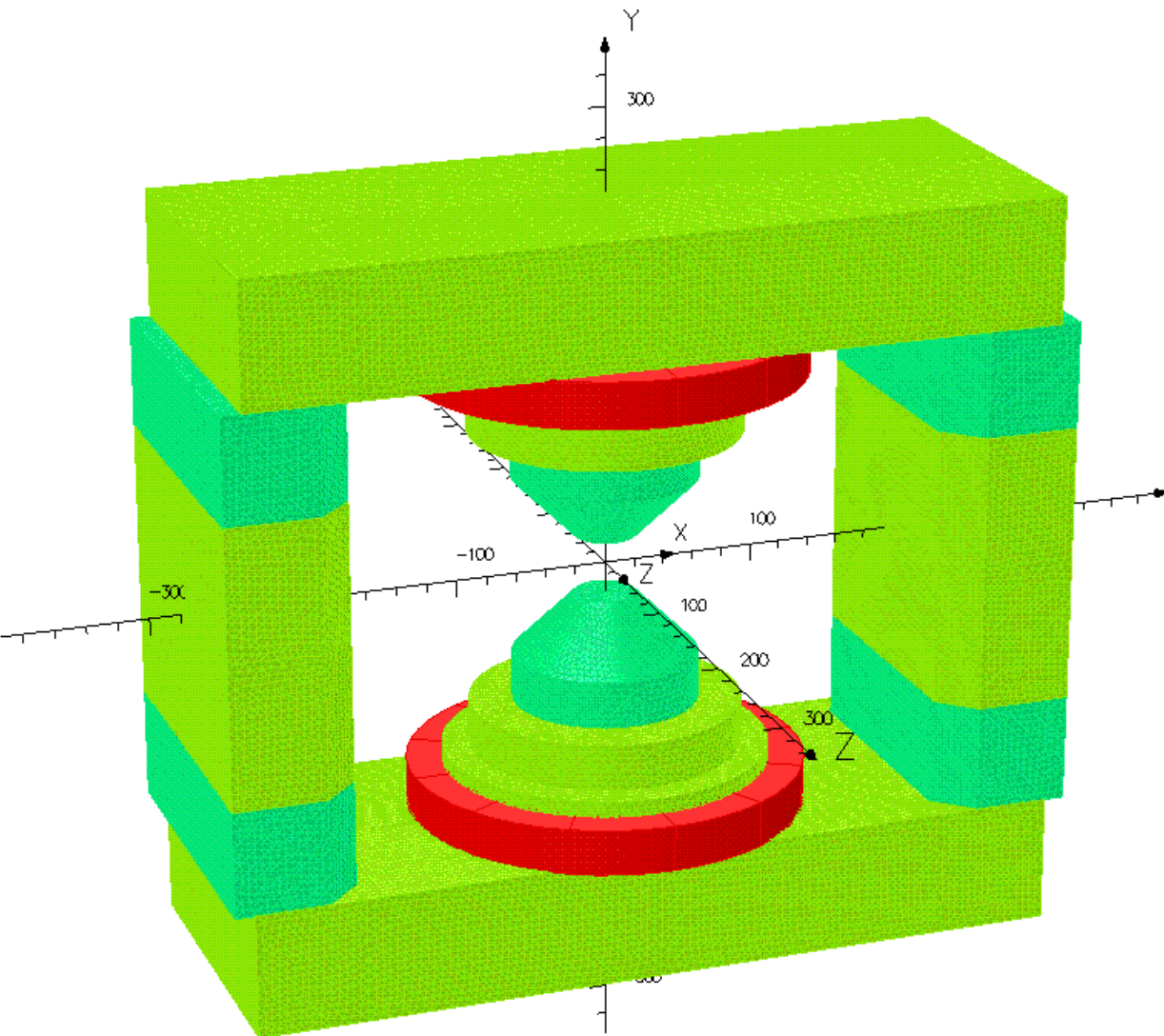
Beamtest @ 東北大 ELPH

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



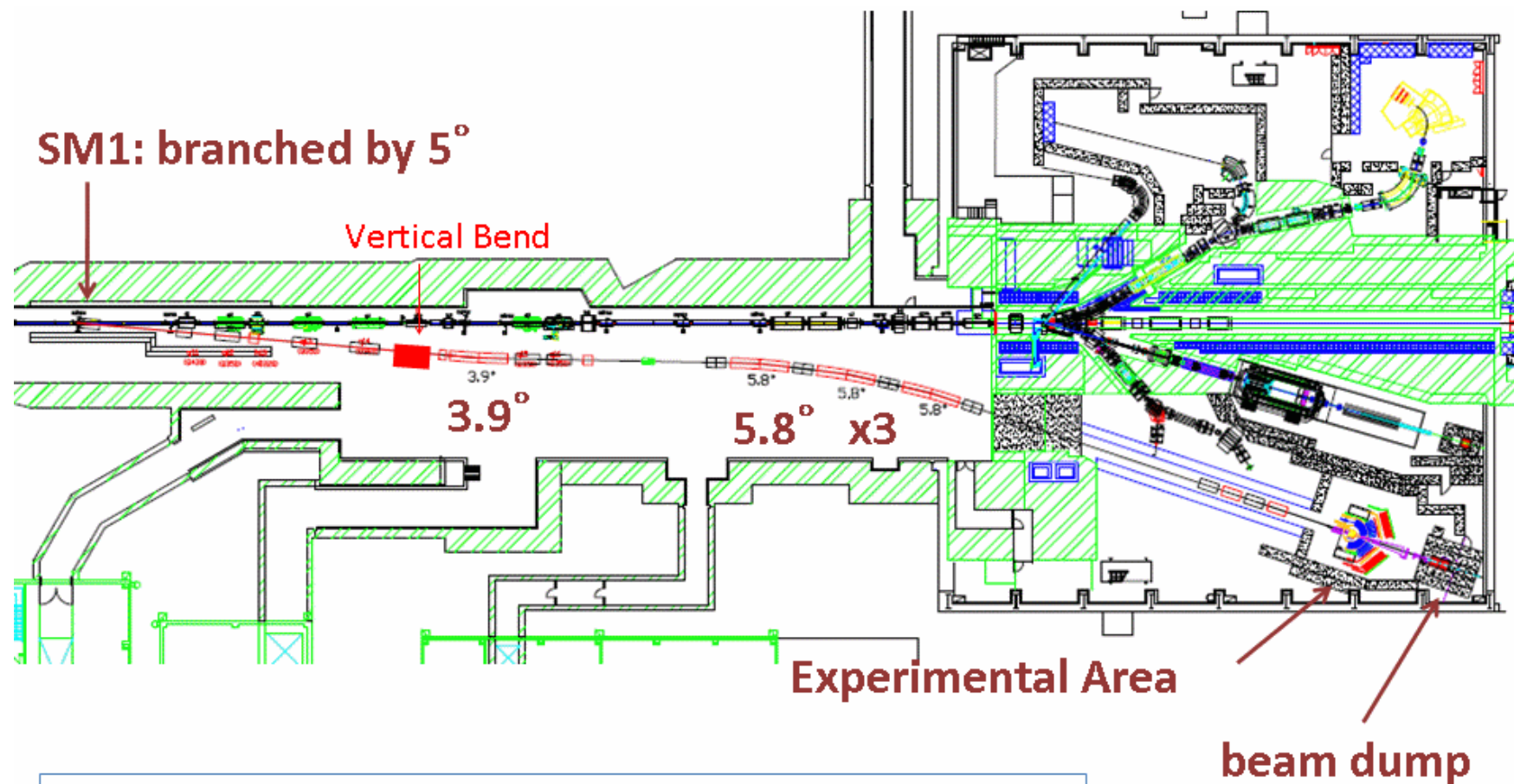
スペクトロメータ磁石

- 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

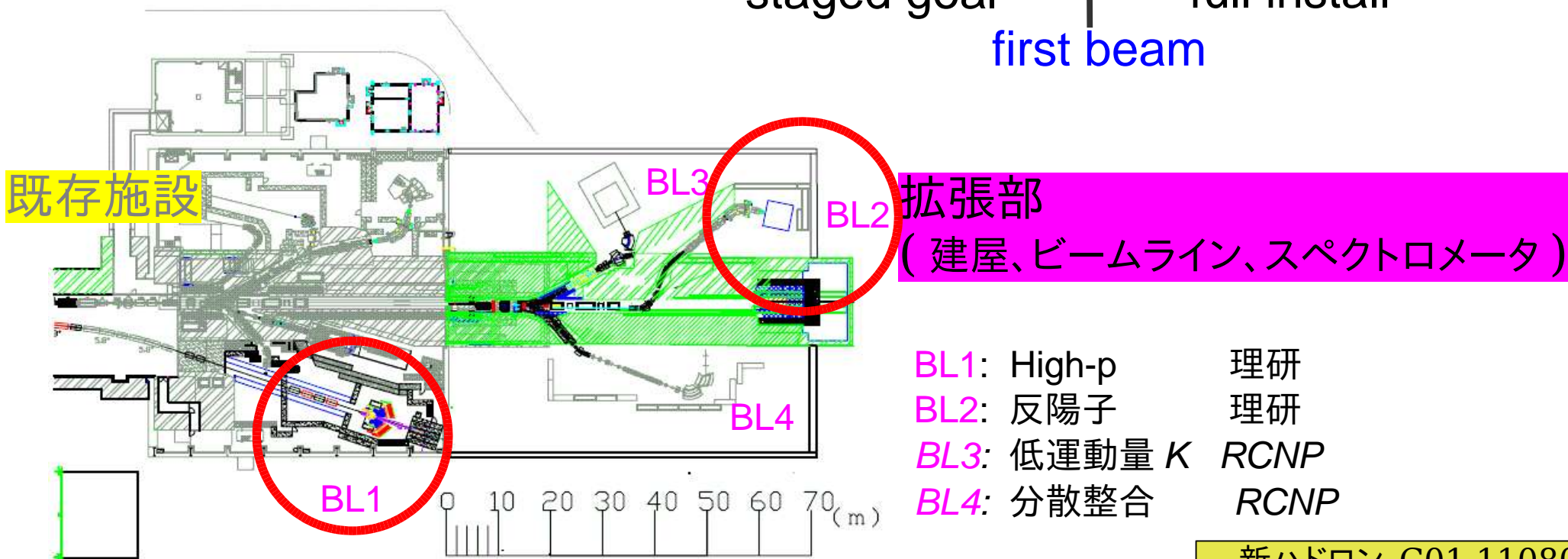
- ハドロン実験施設を理研が拡張
- 理研次期中期計画 (2013-17) で実現すべくプロジェクトを推進中

	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



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。