

チャーム原子核探索の可能性

京都大学大学院理学研究科

物理第2教室原子核ハドロン物理学研究室

常見俊直

アウトライン

ダブルハイパー核



チャーム核への想い



Yieldやkinematics



ごめんなさい。
調査や計算が間に合いませんでした。

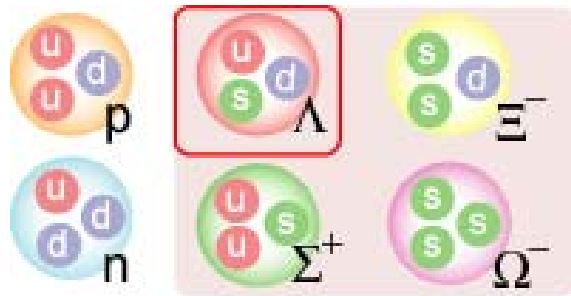
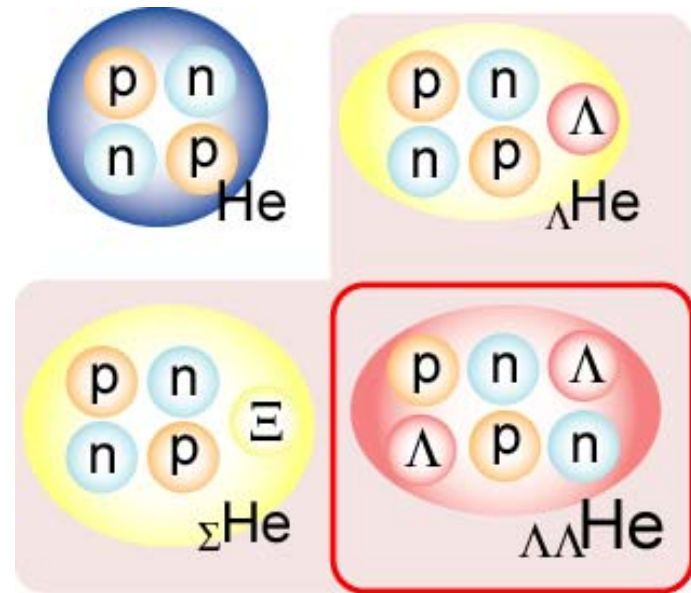


検出器セットアップ
(最低限)



解析方法

ダブルハイパー核

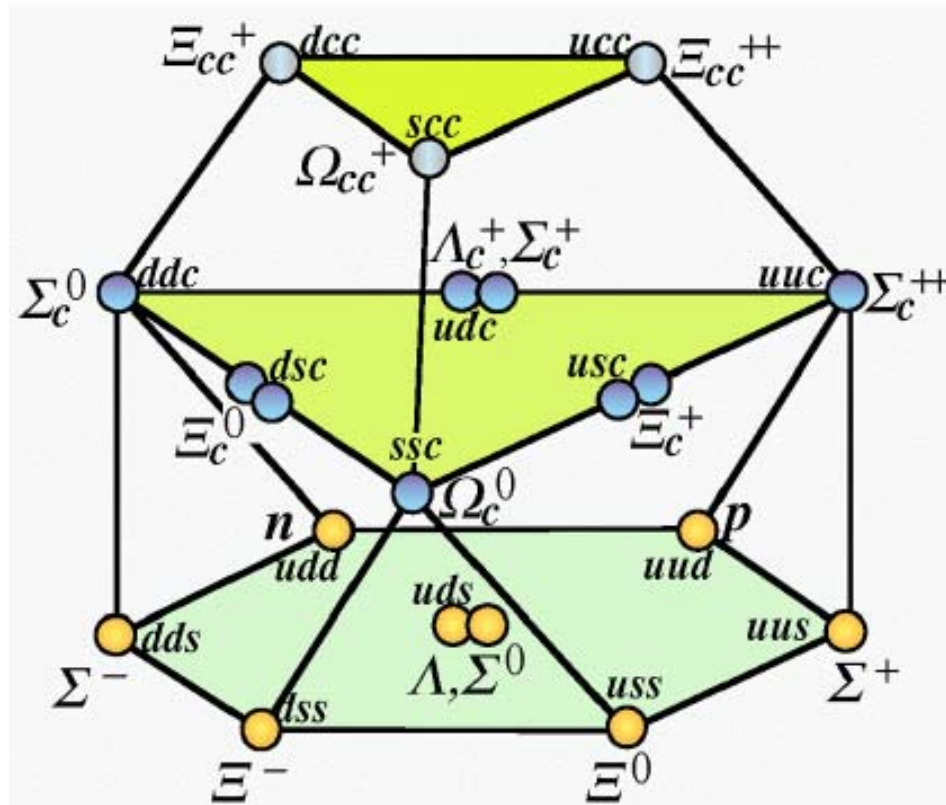


核子とハイペロン

原子核とダブルハイパー核

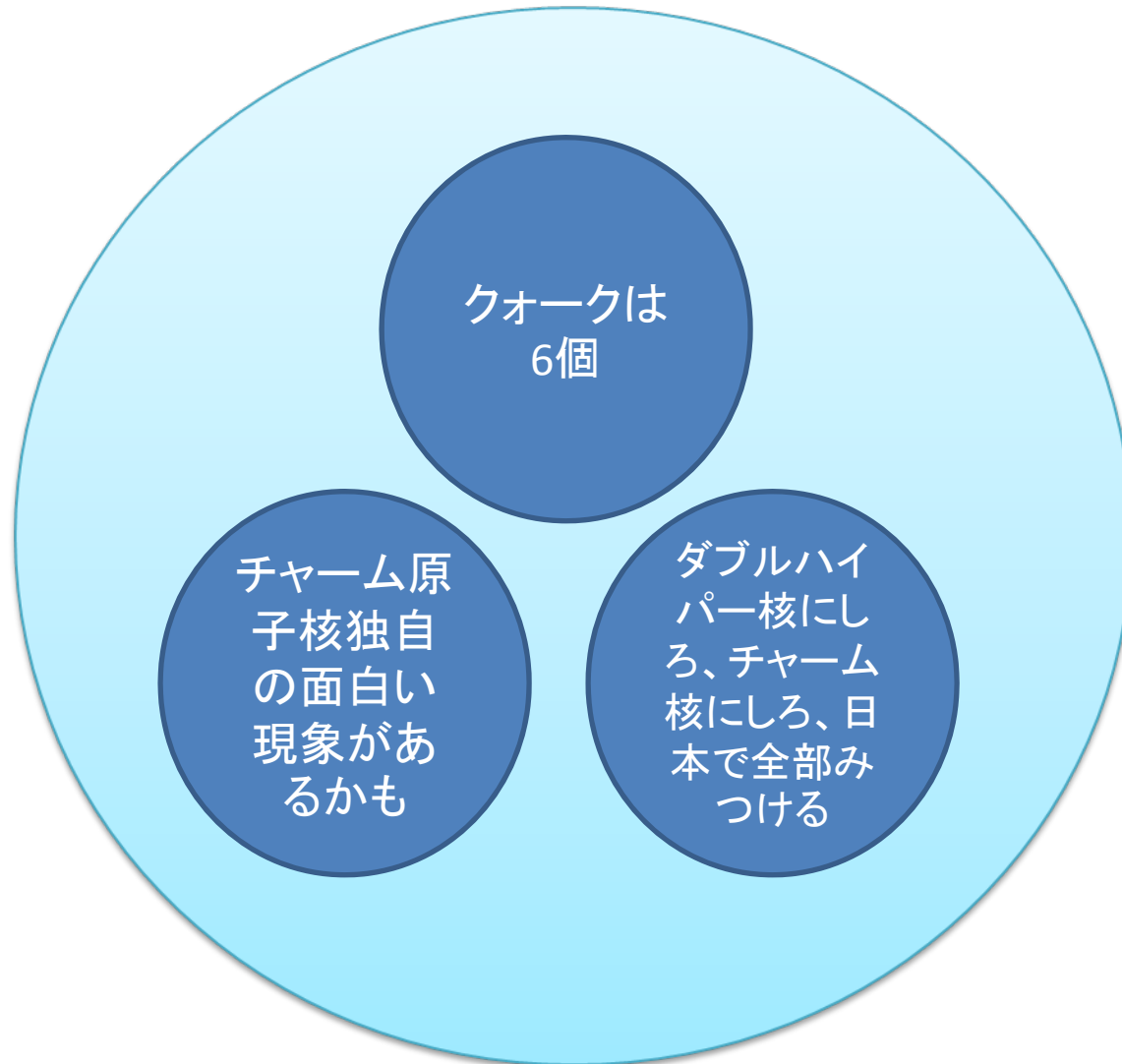
S=-2の新しい原子核を見つける
(ストレンジネス)

From $SU(3)$ to $SU(4)$ Charmed nuclei



$SU(4)$ weight diagram of the baryon 20-plet.

チャーム原子核探索の動機



チャーム原子核は宇宙にない！？

- ハイペロンは中性子星には、含まれていることが知られている。中性子は1.44Mに集中。ハイペロンがなかったら、2Mぐらいの中性子星もあるはず。

ところが

- チャームは、重すぎるので中性子星にもきつとない。



- 人が作らなければ、宇宙のどこにもないかもしれない。作ったらどうなるか知りたい。

Charmed nuclei (theories)

- C.B.Dover, S.H.Kahanna PRL 39('77) 1506
- S.Iwao. Lett. Nuov. Cim., 19('77) 647
- R.Gotto, F.Paccanoni. Nuov. Cim. A46('78) 313
- K.N.Kolesnikov et al., Yad. Fiz., 34('81) 957
- G.Bhamathi. PR C24('81) 1816
- H.Bando, M.Bando. PL B109('82) 164
- H.Bando, S.Nagata. PTP 27('83) 557;
H.Bando. PTP Suppl. 81('85)197
- B.F.Gibson et al., PR C69('83) 2085
- Y.Yamamoto. PTP 75('86) 639

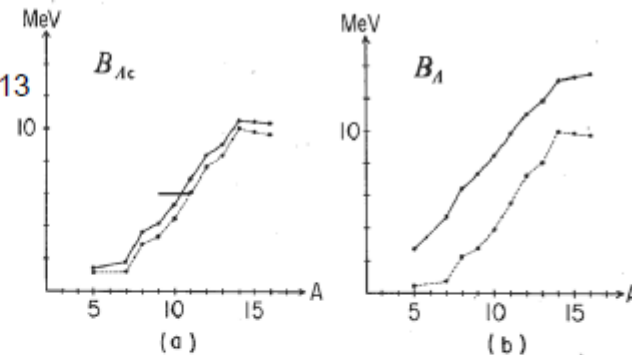


Fig. 4. In (a) part the calculated values of B_{Ac} are shown by solid lines. The dotted lines are obtained fixing the density-dependence of the Λ_c -nucleus potential at normal density. The horizontal line indicates the experimental value assumed $^{12}_{6}C$. In (b) part those of B_A are shown correspondingly for comparison.

Y.Yamamoto. PTP 75('86) 639

~~~~~  
**~20 years**  
 ~~~~~

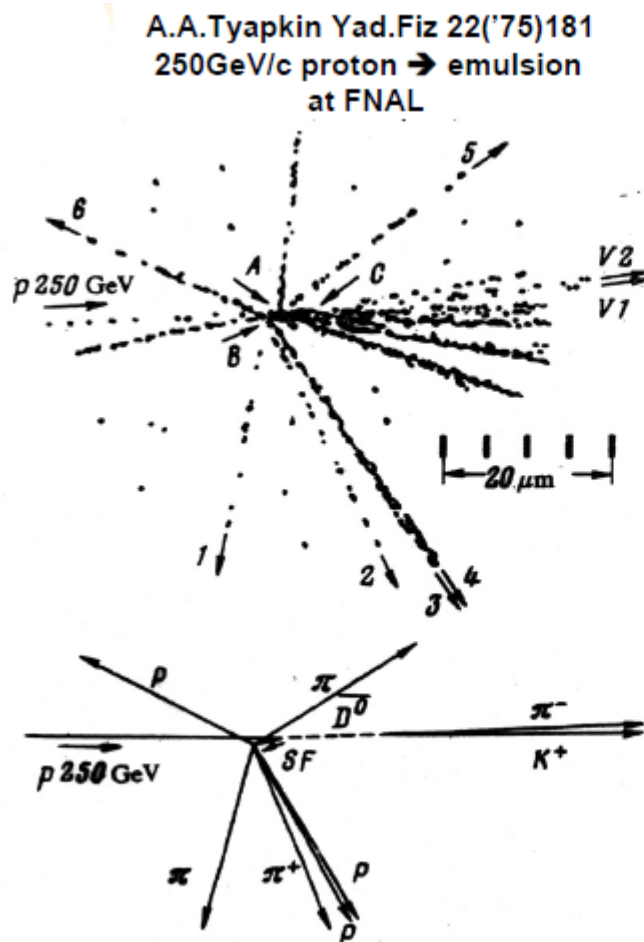
- K.Tsushima, S.H.Kahanna PR C67('03) 015211; PTP Suppl 149('03) 160
- Y.-H.Tan et al., Commun. Theor. Phys. 40('03) 473; PR C70('04) 054306

チャーム原子核のため実験

- 過去の実験で1例報告あり。1975年。
p+emulsion実験 pは250GeV。
- Λ_c にmagic momentumが存在する。

Charmed nuclei (experiment)

実験でも1例報告あり



$$p + \text{Emulsion} \rightarrow \text{"Charmed HY"} + D^0 + X$$

$$| \rightarrow K^+ \pi^-$$

Interpretations

$$\textcircled{1} \Lambda_c^+ \text{Be} \rightarrow \Lambda^0 s \pi^+ \pi^+ \pi^- p p p$$

$$(\Lambda_c^+ \rightarrow \Lambda^0 s \pi^+ \pi^+ \pi^-)$$

$$B_c = 0 \sim 10 \text{ MeV}$$

$$\textcircled{2} \Lambda_c^+ \text{He} \rightarrow \Lambda^0 s \pi^+ \pi^+ \pi^0 p p p$$

$$(\Lambda_c^+ n \rightarrow \Lambda^0 s p \pi^+ \pi^+ \pi^0)$$

$$\oplus \pi^0 n \rightarrow \pi^+ p$$

$$B_c = 0 \sim 10 \text{ MeV}$$

$$\textcircled{3} \Lambda_c^+ \text{C} \rightarrow \Lambda s \pi^+ \pi^+ \pi^+ p p p n n + k n \quad (k \geq 1)$$

$$(\Lambda_c^+ p \rightarrow \Lambda^0 s n \pi^+ \pi^+ \pi^0)$$

$$\oplus \pi^0 p \rightarrow \pi^+ n$$

$$B_c = ?$$



Magic momentum to produce Λ_c^+ at rest

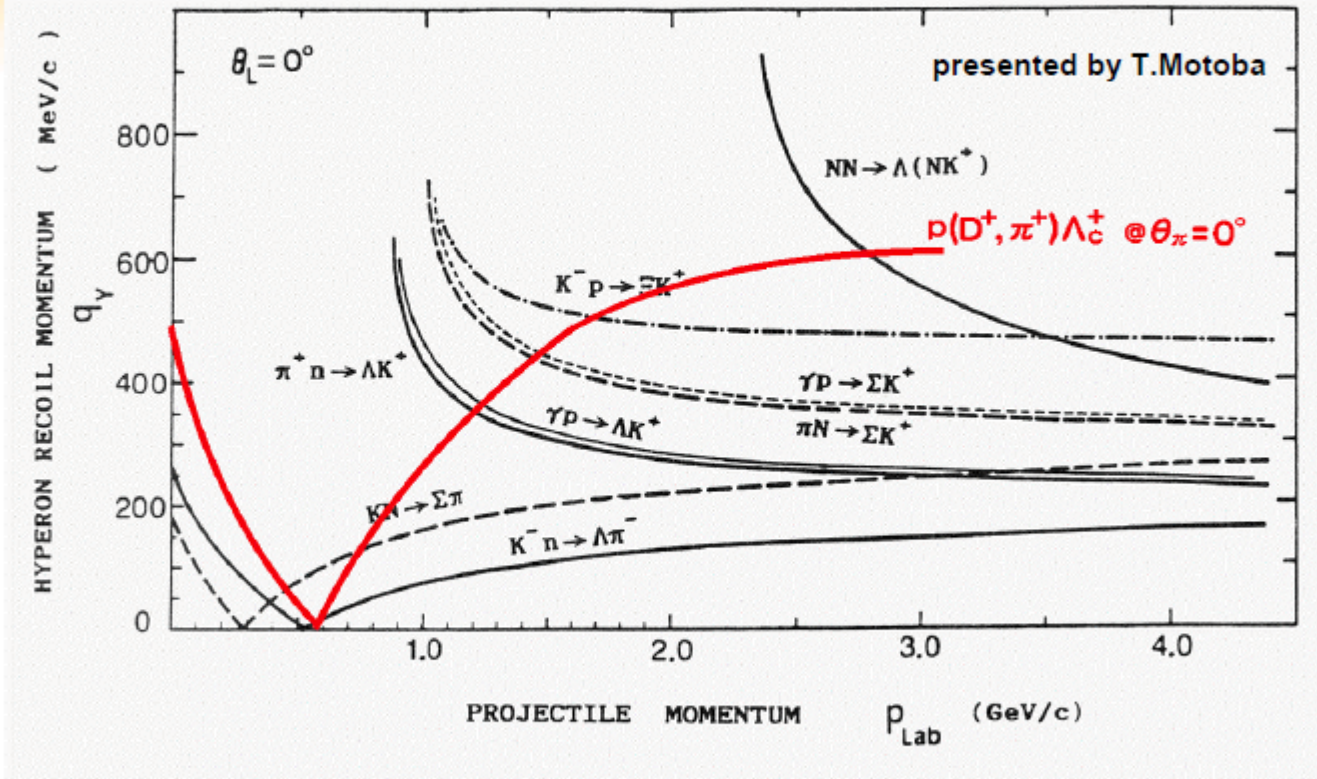


Fig. 2.3. The momentum q_Y transferred to the hyperon Y as a function of the projectile momentum $p_{proj} = p_a$ in the reaction $aN \rightarrow Yb$ at $\theta_{b,L} = 0^\circ$.

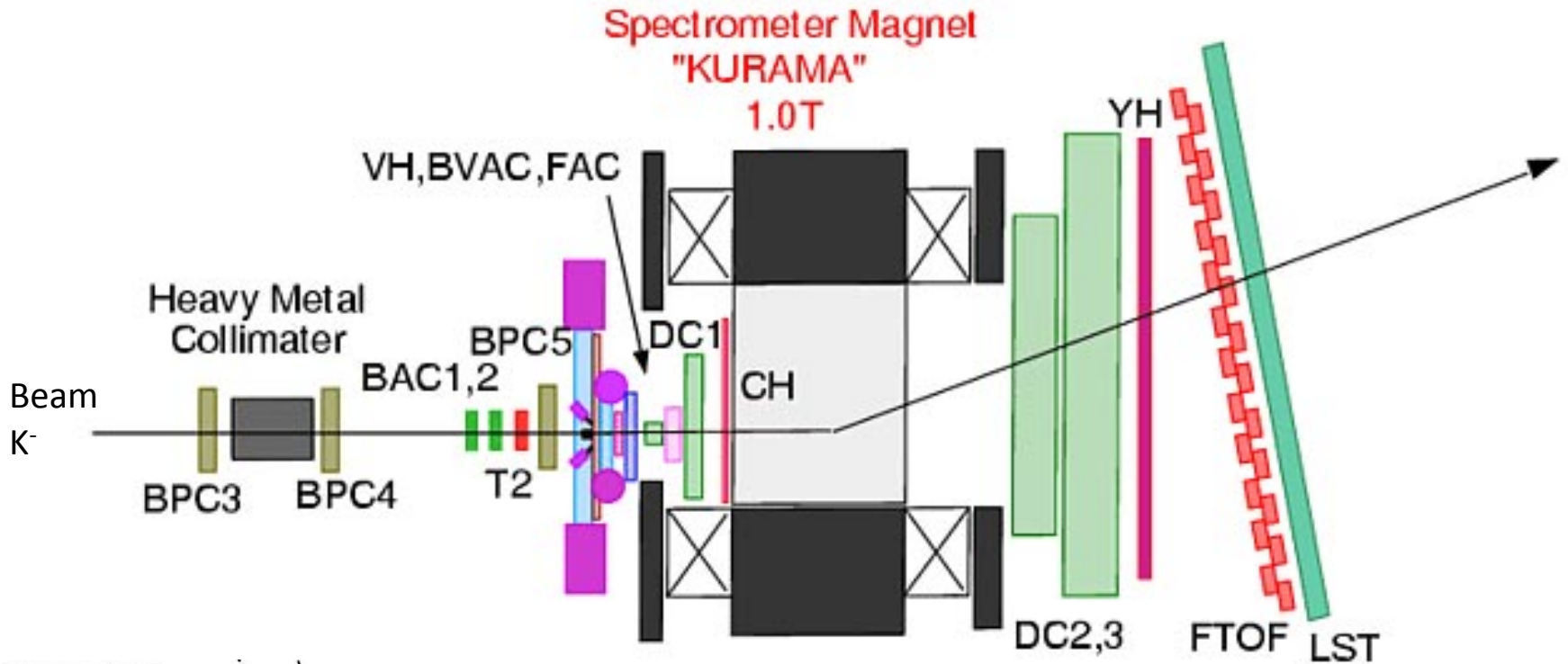
Using V_μ beam, measure $\sigma_{int.}$ of $D^{+/-}$ to p & n .

チャーム原子核のための反応

(Yield & kinematicsは調査中、計算中です。)

- $PP \rightarrow$??
- $\nu P \rightarrow$??

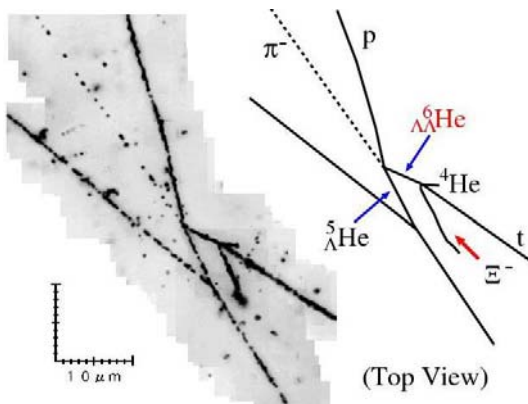
KEK-E373



- 1) 限られたonline trigger efficiency (dead time)
- 2) 中性粒子経路での反応



数十倍のダブルハイパー核イベントが
エマルジョン中に存在する

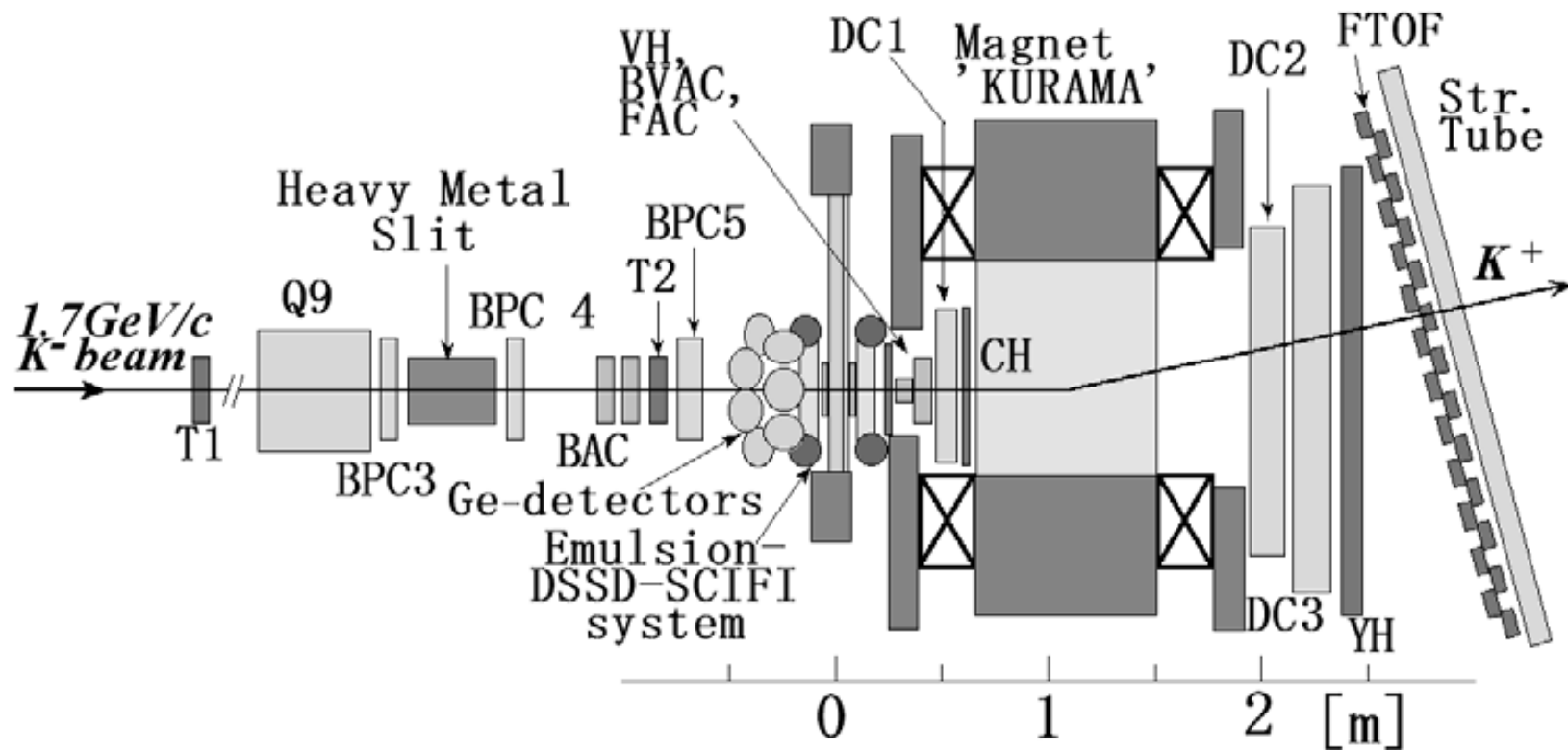


NAGARAイベント
hybrid scanで発見

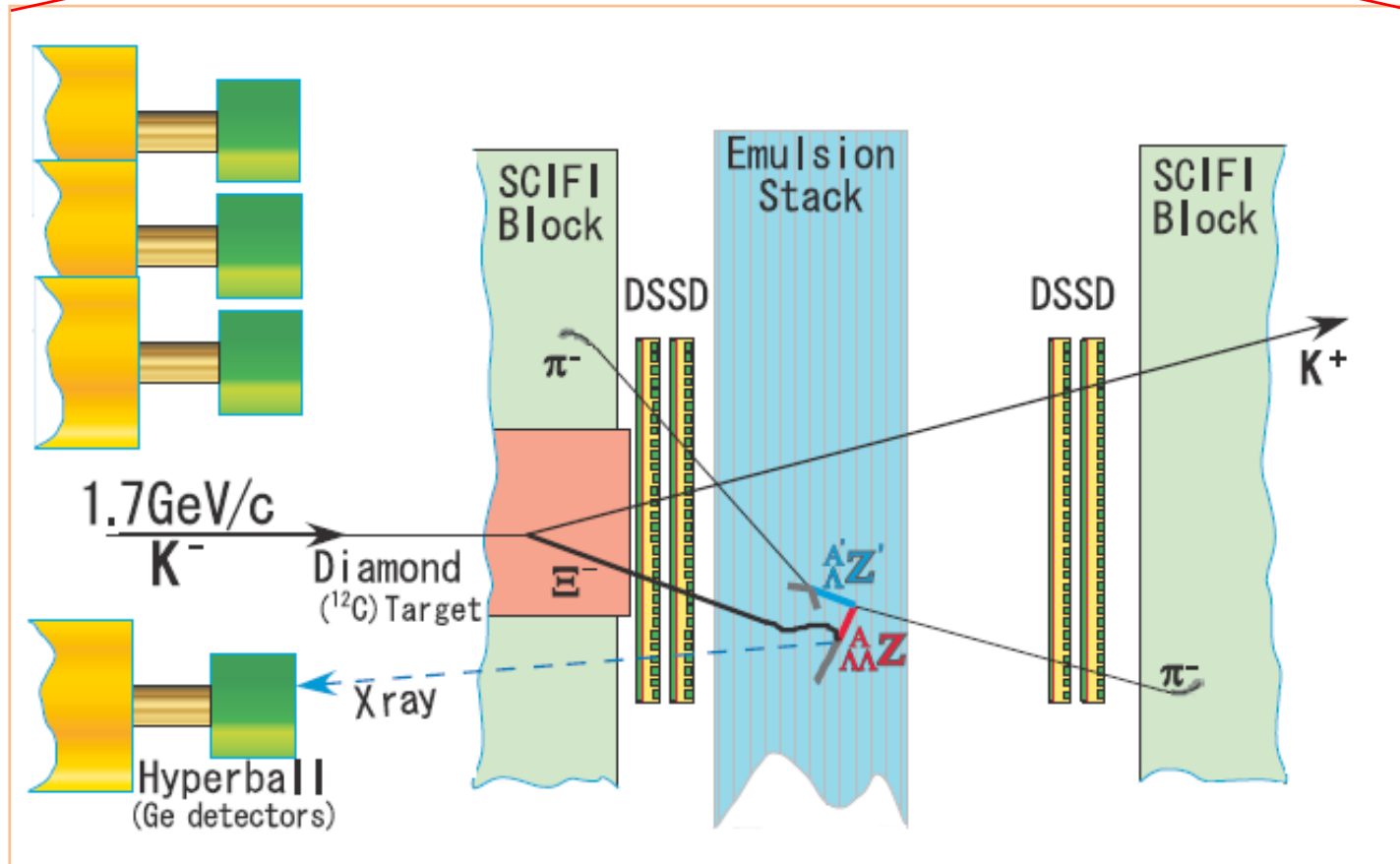
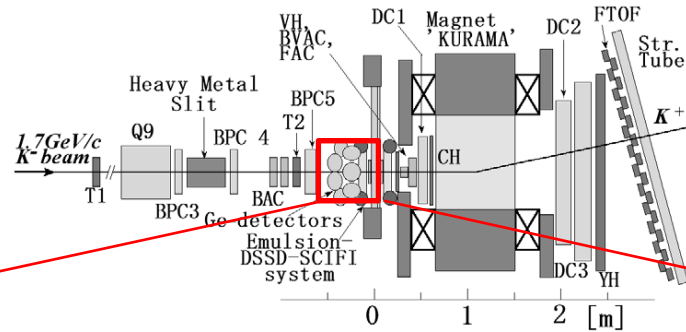
J-PARC E07 setup

ダブルハイパー核用セットアップ

To find about 100 nuclear sample



J-PARC E07 ダイヤモンド ターゲット



エマルションの成分

The composition of the ET-7C/D emulsion



25cm四方

material	weight ratio(%)	mol ratio(%)
I	0.3	0.06
Ag	45.4	11.2
Br	33.4	11.1
S	0.2	0.2
O	6.8	11.3
N	3.1	5.9
C	9.3	20.6
H	1.5	40.0

I

うがい薬や消毒薬
千葉県が世界一の産出地
ヨウ素デンプン反応：青紫色
人工降雨用の種結晶 (AgI)

ヨウ素 126.9
53 Iodine

Ag

写真フィルム、印画紙 (AgBr, AgI)
銀貨、食器、装飾品、鏡の裏打ち
歯の治療用合金
硝酸銀は細菌感染の防止剤

銀 107.9
47 Silver

Br

プロマイド写真 (印画紙用感光性
臭化銀 Silver Bromide が原料)
帝王紫 (臭素) 染料の成分
常温で赤色液体、猛毒

臭素 79.90
35 Bromine

S

天然ゴムに加えて弾力性を上げる
中性洗剤のおもな成分
ニンニク、タマネギ、温泉のにおい
Sを含むメチオニンは必須アミノ酸

硫黄 32.07
16 Sulfur

O

空気の体積の約21%を占める
地球上の酸素は光合成で生産
物質燃焼と生物呼吸に不可欠
オゾンO₃層は紫外線をカット

酸素 16.00
8 Oxygen

N

空気の体積の約78%を占める
肥料の3要素のひとつ
アンモニア、アミノ酸、タンパク質、DNA
液体窒素は優れた冷媒 (-196°C)

窒素 14.01
7 Nitrogen

C

生命体をつくる基本元素
プラスチック、ゴム、合成繊維
ダイヤモンド、カーボンナノチューブ、フラーレン
鉛筆、墨、活性炭 (浄水器、脱臭剤)

炭素 12.01
6 Carbon

H

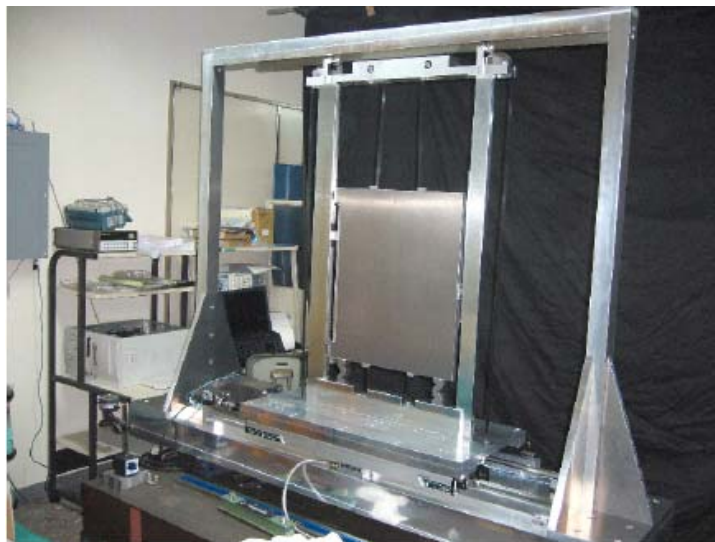
ロケット燃料、水素電池、燃料電池
DNA二重らせんの水素結合
水、硫酸、クエン酸、アミノ酸
診断用のMRI 画像化

水素 1.008
1 Hydrogen

元素イメージ：一家に一枚周期表より

チャーム核探索実験の検出器セットアップ

最低限では、エマルジョンのみ。



エマルジョンムーバー

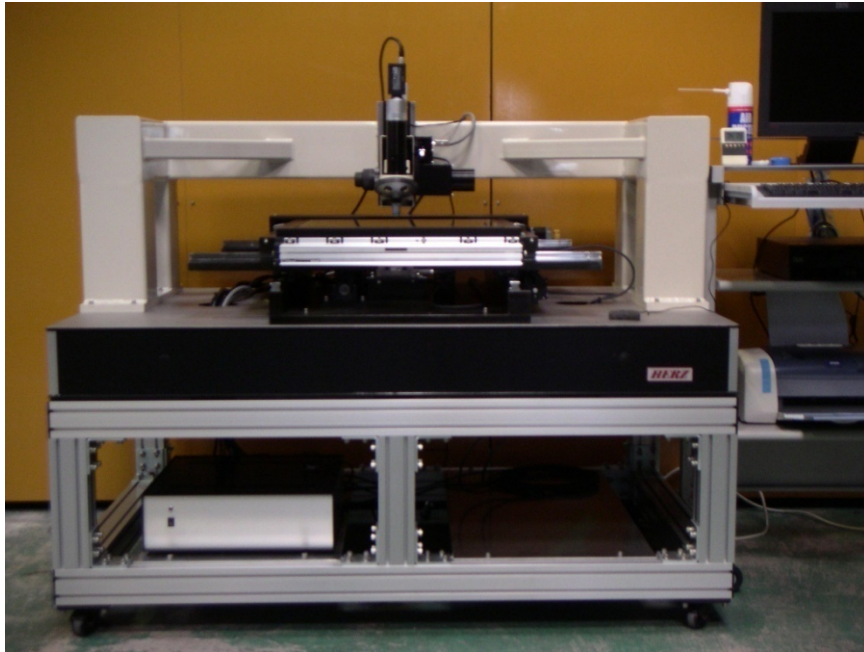


エマルジョン

大強度ビーム対応可能 $10^6/\text{cm}^2$ までデータを取れる。
位置分解能は、依然として、最高。

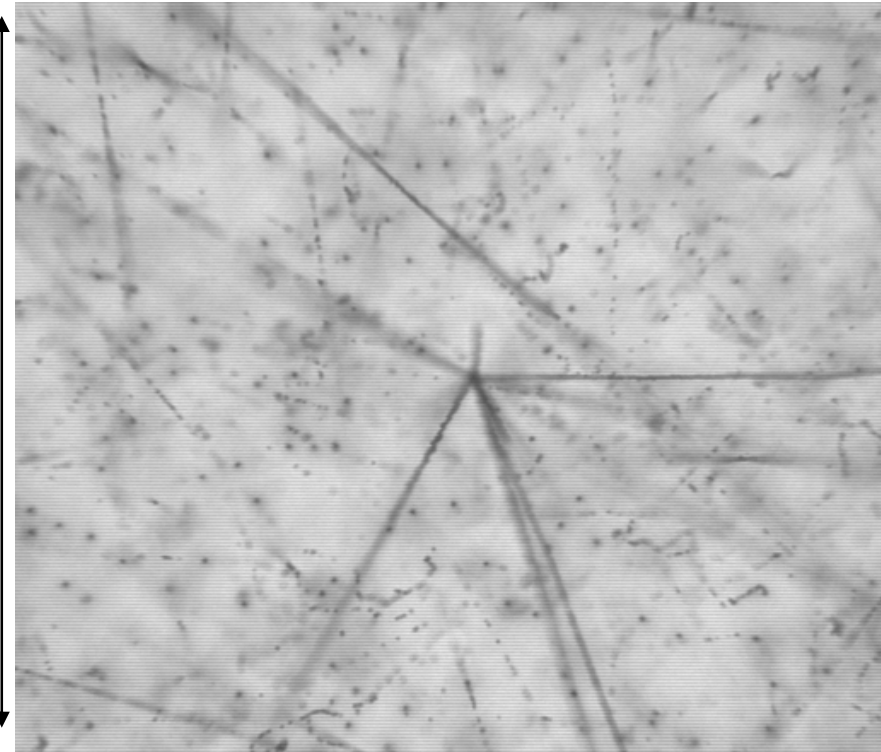
顕微鏡

Beam interaction 事象



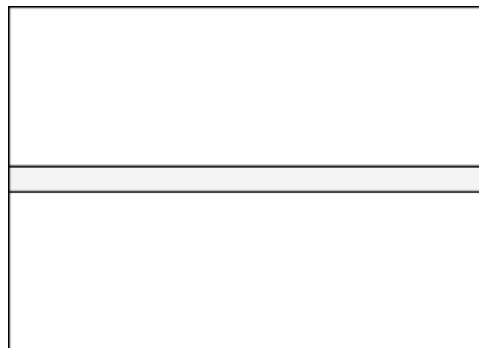
エマルジョン1枚の大きさは、1枚 $25 \times 25\text{cm}^2$

440 pixel (約 $100\mu\text{m}$)



512 pixel (約 $100\mu\text{m}$)

※ファイルサイズ 未圧縮時222KB



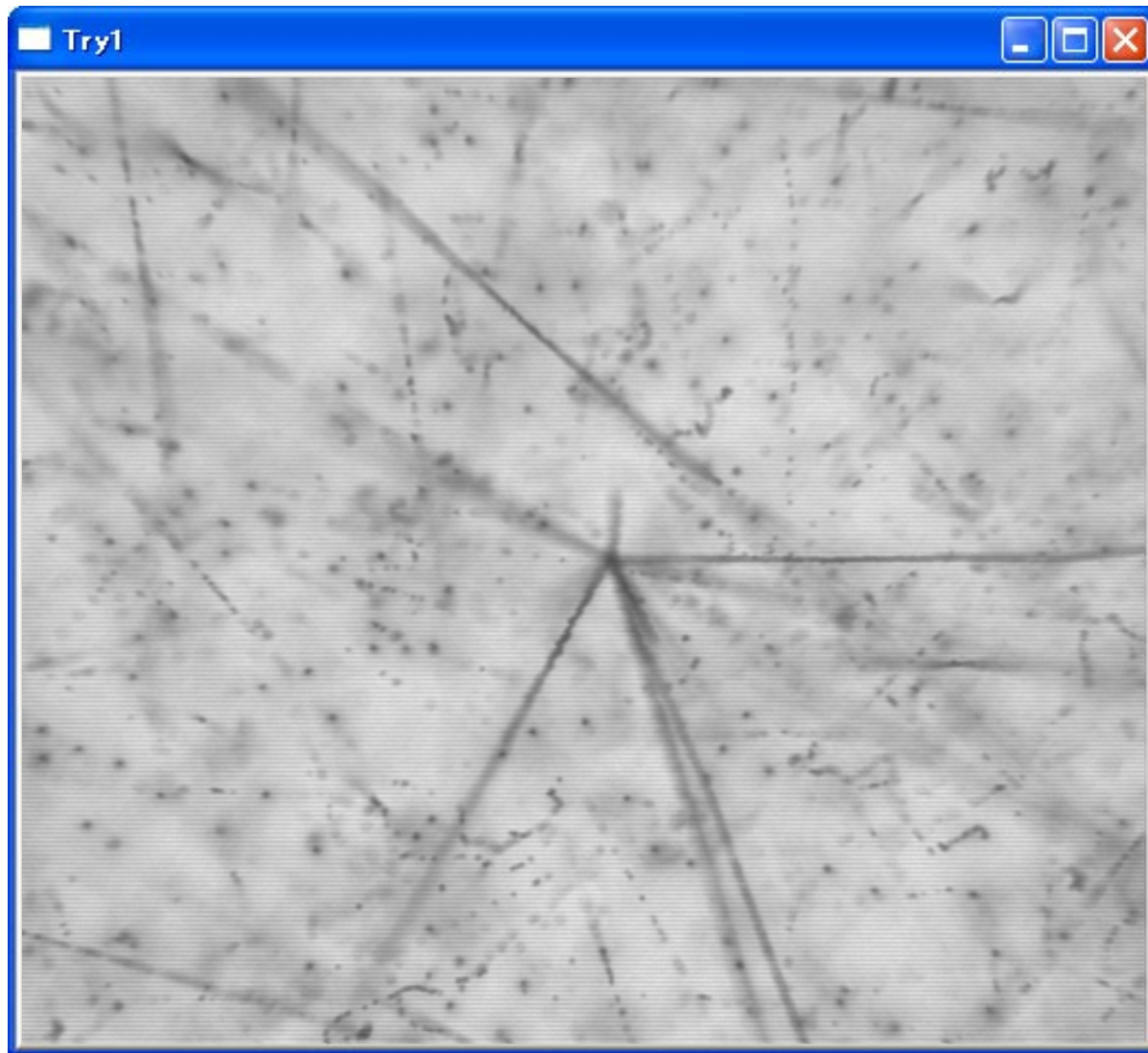
$250\mu\text{m}$ エマルジョン

$40\mu\text{m}$ ベース

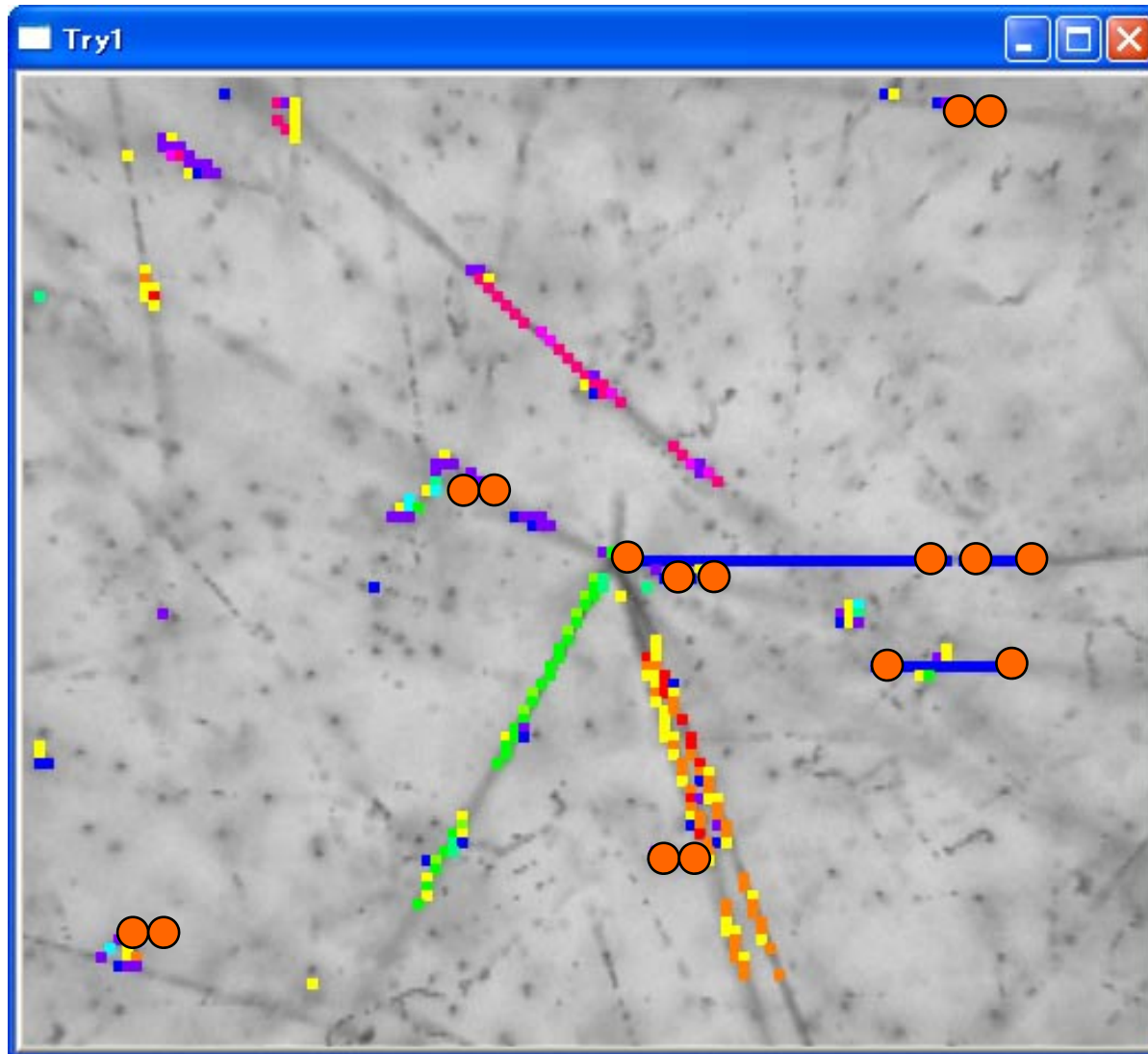
$250\mu\text{m}$ エマルジョン

エマルジョンの厚さ

入力画像 KEK-PS-E373データ



線分検出結果(青のみ)



8本の線分検出ができています

ラベル	長さ	X	Y	X	Y
4	2	105	2	107	2
7	1	48	45	49	45
10	35	68	53	103	53
11	6	105	53	111	53
12	3	71	55	74	55
15	15	95	65	110	65
18	1	0	76	1	76
24	1	71	87	72	87
25	1	10	96	11	96

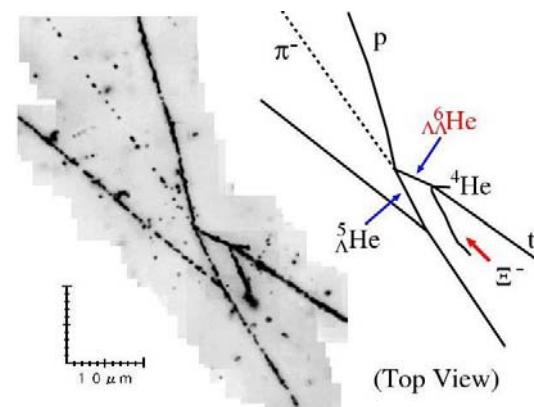
データは数値で得られるので、● は手書き。

例：データ取得

- 10月25日午後10時から26日午前6時までデータ取得。
- 撮影枚数 $5 \times 5 \times 12 \times 75 = 22500$ 枚
データサイズ 4.995GB JPEG圧縮後 250MB
(8時間 = 28800秒。速さは、0.78Hz 173KB/s)

その後、写真3万枚、データサイズ7GBまで増加。

0.78Hzぐらいたと、人がパソコンの画面を見続けることが可能。





Massive Project for

巨大プロジェクト

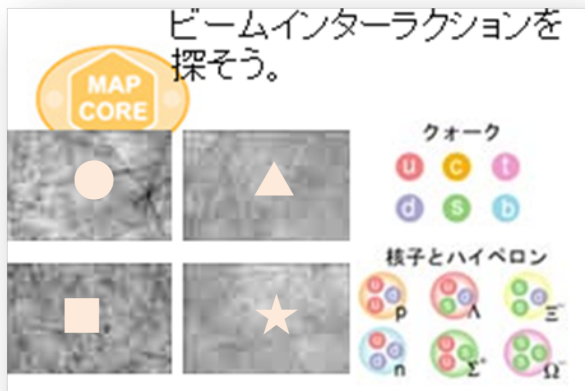
Collaboration of Researchers

研究者たちの協業

- (1) ニンテンドーDSで、ビームインターアクションを探して、ダブルハイパー核発見に備えよう！
- (2) ビームインターアクションは、頂点をひとつもつ
- (3) 4つの領域の中にビームインターアクションは、いくつ隠れているだろうか？



ニンテンドーDSを利用
協力:大阪電気通信大学



注:ビームインターアクションは、K中間子と陽子などの反応現象です。



ビームインターアクションの例



Massive Project for

巨大プロジェクト

Collaboration of Researchers

研究者たちの協業

- 1) ダブルハイパー核に興味をもったら、インターネット <http://mapcore.jp/> にアクセス
- 2) ブラウザのみで、科学研究に参加可能。ぜひともあなたの力を！

MAP CORE 新しい原子核を見つけよう - Microsoft Internet Explorer

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) お気に入り(O) ツール(T) ヘルプ(H)

戻る 進む 検索 印刷 設定

アドレス(A) <http://mapcore.jp/test/>

Google

MAP CORE Massive Project for Collaboration of Researchers

現在準備中です。

印刷 このページのリンク

クォーク
アップ チャーム トップ
ダウン ストレンジ ボトム

目的:
新しい原子核を見つけよう。

操作:
ドラッグ&ドロップで上下左右に画像を動かそう。ホイールで深さを調整しよう。

ハドロン
核子
陽子 中性子
ハイペロン
ラムダ ギザイ

原子核
通常の原子核
シングルハイパー核
ダブルハイパー核

見つきたい原子核:
通常の原子核は、陽子と中性子からなります。陽子と中性子は、合計3つのアップクォークとダウンクォークからできています。ところが、素粒子物理学によれば、クォークは全部種類あり、クォーク3つからなる核子(1ドロンの)は、陽子と中性子以外も存在することがわかっています。特に、ストレンジクォークを含む1ドロムは、ハイペロンと呼ばれています。このハイペロンを含む原子核をハイパー核と呼ぶれ、ひとつのストレンジクォークをもつ原子核(シングルハイパー核)は数十個、2つのストレンジクォークをもつ原子核(ダブルハイパー核)は、世界で数例のみ見つかっていません。新しいダブルハイパー核を見つけよう、この研究の目的です。

写真 2 合成 写真+合成

ページが表示されました



MAP CORE

すでに実質110人以上の高校生が、
エマルジョンスキャン体験済み。
年度内に130人までに増加確定済み。

高等学校によっては、
科学クラブで継続的に取り組んで
くれる約束をしてくれるところも。

まとめ

- 反陽子ビームにしる、ニュートリノビームにしる、 D^+ をmagic momentumにする必要がある。
計算をして大丈夫そうだったら、さらなる協力を呼びかけます。その時はよろしくお願いします。
- 理論家の方々、チャーム原子核について教えてください。とくにYieldをお願いします。
- チャーム原子核を見つけたい。