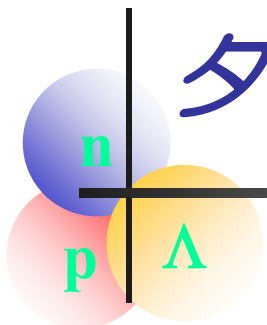


ダブルハイパー核生成実験 E07

中性子星の
核物質
2011.9.13

仲澤和馬 (岐阜大学)



Kyoto: E.Hayata, M.Hirose, (T.Nagae, M1), A.Tokiyasu, T.Tsunemi,

Gifu: A.Fukunaga, S.Hataguchi, K.Hoshino, K.Itonaga, T.Kanda,
K.Nakazawa, T.Sugimura, M.Sumihama,

Tohoku: K.Hosomi, T.Koike, K.Shirotori, H.Tamura, M.Ukai

先端基礎研: K.Imai, S.Sato, -.-----

AMU: R.Hasan

BNL: R.E.Chrien

CIAE: Y.Y.Fu, C.P.Li, Z.M.Li, J.Zhou, S.H.Zhou, L.H.Zhu

Chonnam: J.Y.Kim

Dongshin: M.Y.Pac

Fukui: T.Yoshida

Gyeongsang N.: B.D.Park, C.S.Yoon

KEK: M.Ieiri, H.Noumi, M.Sekimoto, H.Takahashi

Nagoya: T.Kawai, T.Sato, T.Watabe

NIRS: N.Yasuda

OsakaCity: K.Yamamoto

Pusan: J.K.Ahn, S.Y.Ryu

RCNP: H.Noumi

Seoul: K.Tanida, R.Kiuchi, -.-----

Shanxi N.: D.H.Zhang

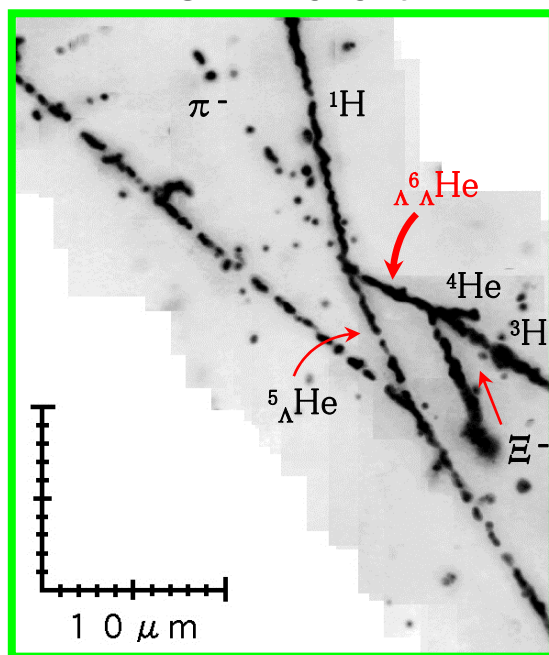
Toho: S.Ogawa, H.Shibuya

UCL: D.H.Davis, D.Tovee

U.Houston: Ed.Hungerfold

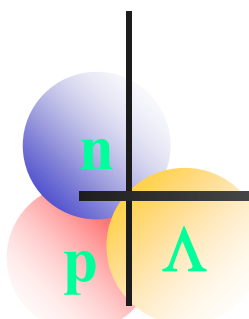
U.New-Mexico: B.Bassalleck

NAGARA event



Double- Λ
Hypernucleus

22 Inst.
**** phys.**

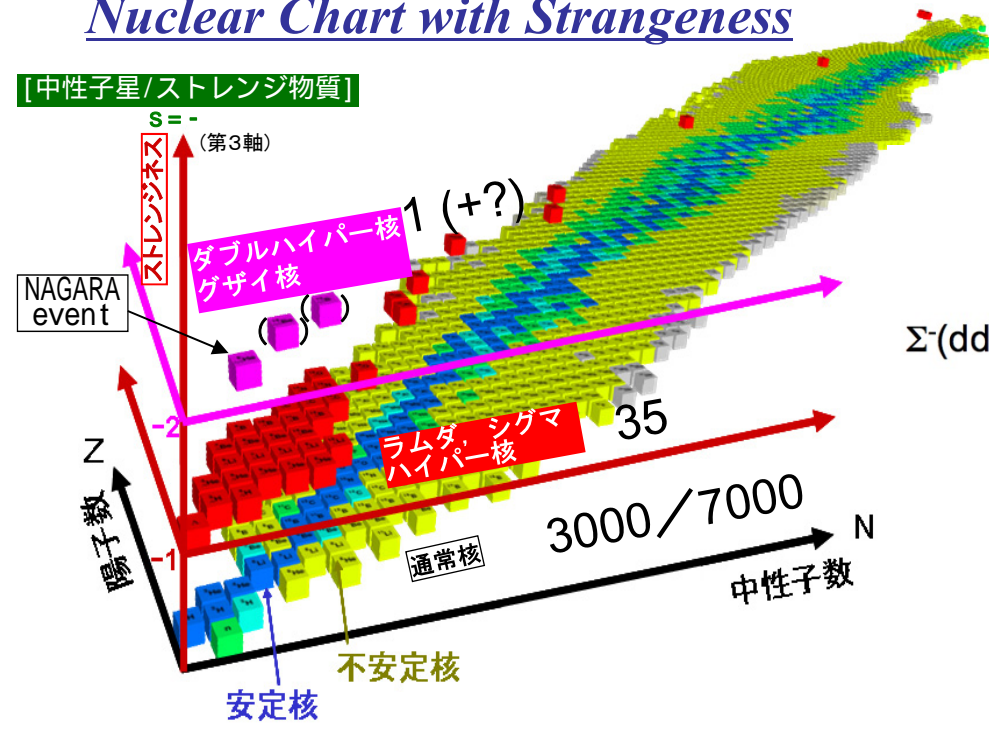


1. 研究目的

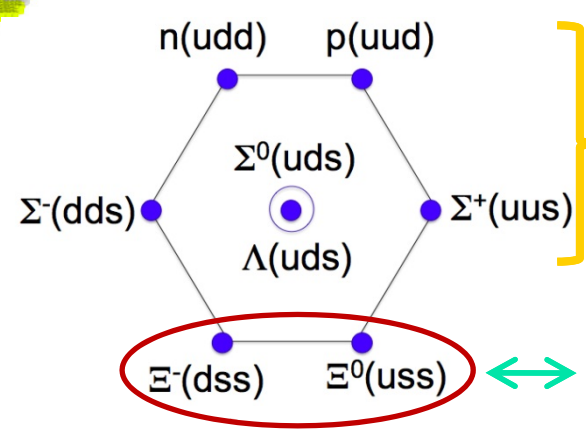
ハドロン間の相互作用の解明

Nuclear Chart with Strangeness

[中性子星/ストレンジ物質]



バリオン 8 重項



50年以上に及ぶ実験・理論両面に及ぶ詳細の研究により、

- ・核子-核子間相互作用、
 - ・ハイペロン(シグマ、ラムダ粒子)-核子間相互作用
- の研究が着実に進んでいる。

次の課題は、

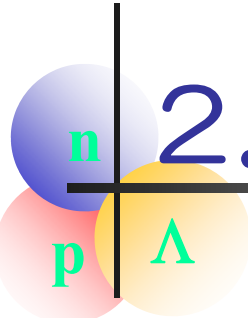
ダブルストレンジネスを含む粒子間相互作用の決定:

- ・ラムダ-ラムダ間相互作用
- ・グサイ-核子間相互作用

ダブルハイパー核生成の最強の方法→エマルジョン実験

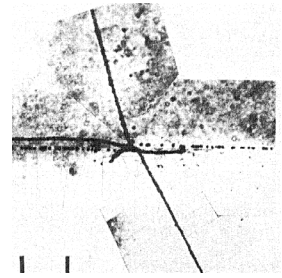
J-PARC E07実験として遂行し

1000個以上のダブルハイパー核事象を見つけ、
100個以上のダブルハイパー核を発見し、
原子核の世界のフロンティアを拓く！



2. これまでの研究の進展状況と成果

これまでに発見されたダブルハイパー核9例のうち8例は我々による



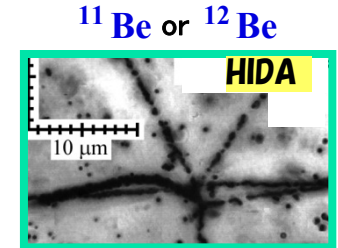
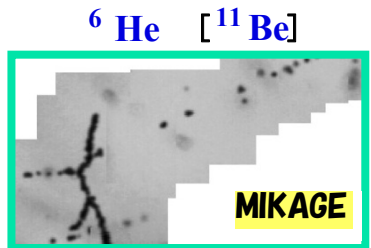
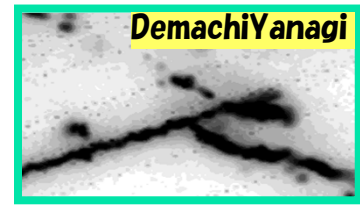
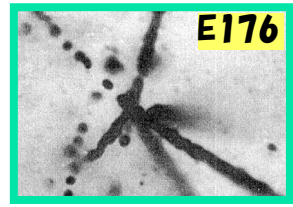
1963年: **1**例 ^{10}Be [^{11}Be]
 M.Danysz et al., PRL.11(1963)29;
 R.H.Dalitz et al., Proc. R.S.Lond.A436(1989)1
 (Ξ⁻静止吸収事象 ~4例)

1991年以降の **8**例[KEK E176 / E373]
 (Ξ⁻静止吸収事象 ~10³例)

- * このうち1例がNAGARA event
- ^6He** : 不定性なく質量計測に成功
 - **2つのラムダの結合エネルギー**: 6.91MeV
 - **ラムダ粒子間相互作用の導出に成功**
- H.Takahashi et al., PRL. 87(2001) 212501

新しい相互作用モデルの構築, 中性子星内部の研究への展開
 → **日本物理学会第7回論文賞受賞**

* その他4例 ^{13}B [^{10}Be] $^{10}\text{Be}^*$ [^{13}B]



2001年(平成13年)10月9日(火曜日) 11版 (30)

中性子星 解明に光

超原子核の質量計測成功

岐阜大グループが世界初

実験結果『長良イベント』と命名

ノーベル医学生理学賞 細胞研究の英米3氏

中日新聞2001年10月9日

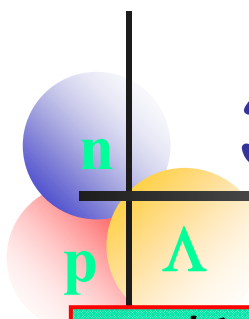
岐阜新聞
2002年1月10日

超原子核の質量測定に成功

岐阜大の研究グループ

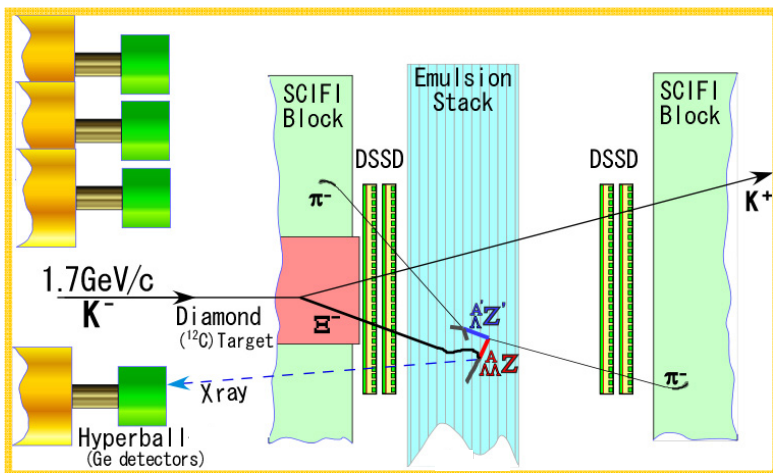
発見者の院生を表彰

抽手でイレブン出迎え



3. 研究の手法

3-1. 新しいハイブリッドエマルジョン実験



J-PARC

1. 高純度のK-beam (これまでの約3.5倍の高純度)
2. 大量のエマルジョン使用 (これまでの約3倍)

これまでの約10倍の統計

1. 世界初の**クサイ原子X線測定**による,
 三-核子間相互作用の研究
2. これまでの**10倍(100個)以上**のダブルハイパー核

3-2. 全面スキャン

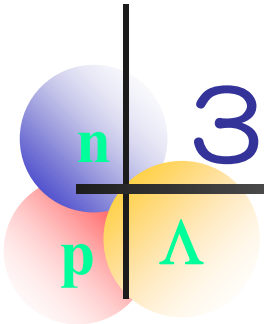
種々の検出器系の情報によらず,
エマルジョン全面をスキャンし,
3つの分岐点を持つ事象を検出する。

ハイブリッド実験のさらに10倍

- 1000個以上のダブルハイパー核事象
- 質量数16まで, $\Lambda\Lambda$ の束縛エネルギーを測定

3-3. 理論計算

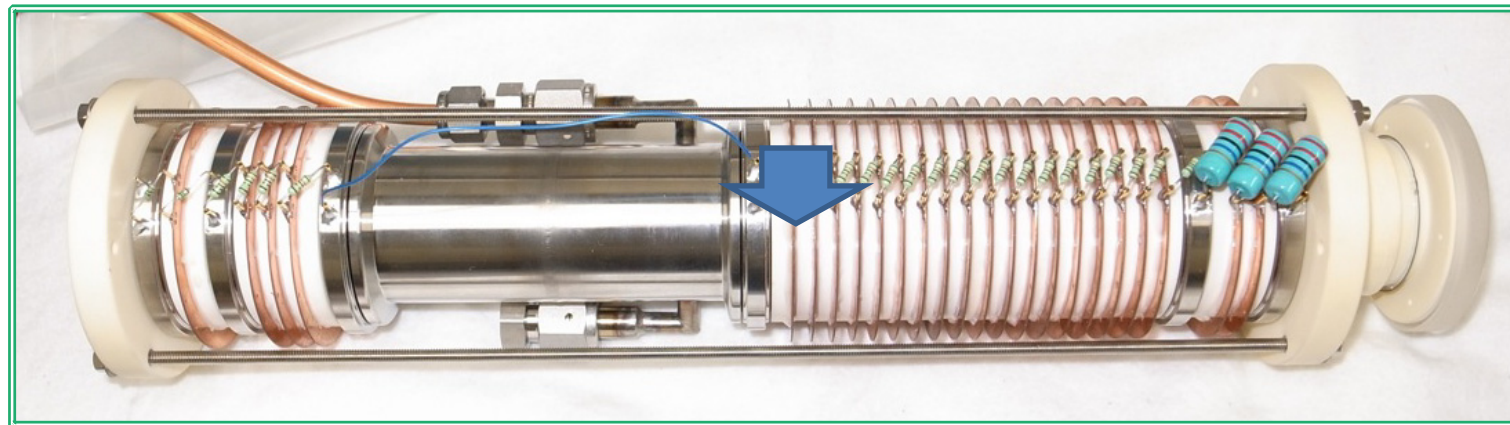
1. 厳密小数多体系計算の確立
2. 6体計算法の開発
 ダブルハイパー核の
 スピン・パリティ・準位の同定



3-1. 新しいハイブリッドエマルジョン実験

Fiber-block画像の高速読み出し by 家入さん

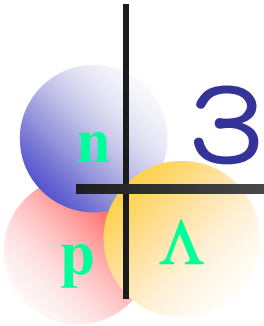
高速イメージ撮像管



- ・電子のドリフト時間: $1\mu\text{s}$ 程度
 - ・選別領域に印可するパルス: 数ns
- $10^{-2}\sim 10^{-3}$ の選択率
→ ($10^7\sim 10^8/\text{s}$ のビームまで対応可能)

高速カメラ ・ 3000fps (IDTジャパン)

→ 撮像管 + カメラ : 600万円/セット



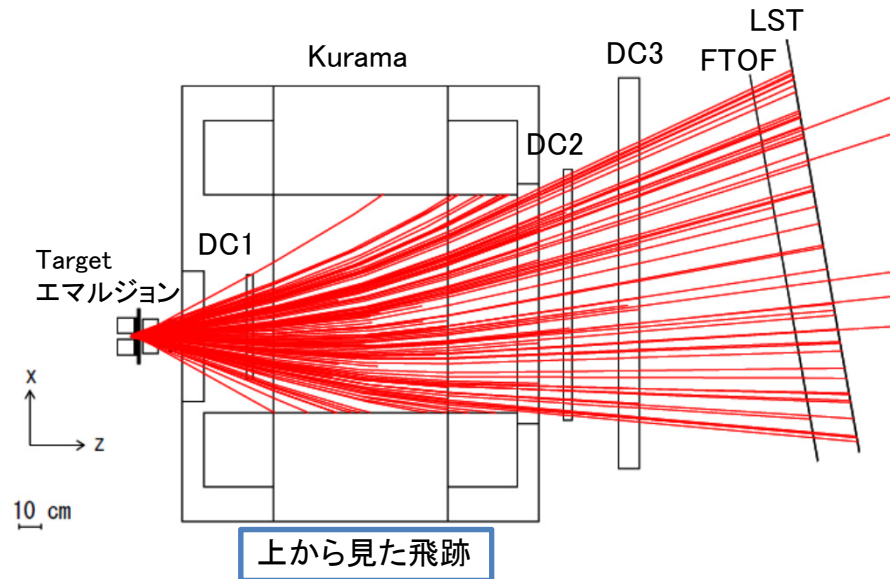
3-1. 新しいハイブリッドエマルジョン実験

KURAMA電磁石のGap拡張による

→ Yield を 50% 以上up (?)

KURAMAのギャップを 50cm → 80cmに!!

磁場max : 7.2 kG



* Geometrical Acceptance
80/50 = 1.60 倍

* K+ accept 1.50 倍
要新規 chamber(1)

MC. by T. Yoshida (Fukui)

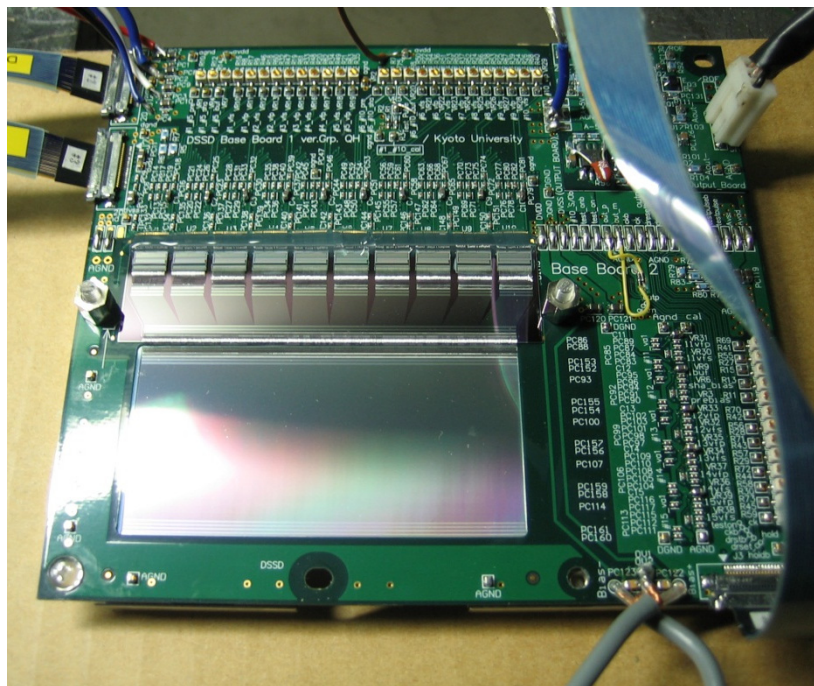
n

3-1. 新しいハイブリッドエマルジョン実験

p

Λ

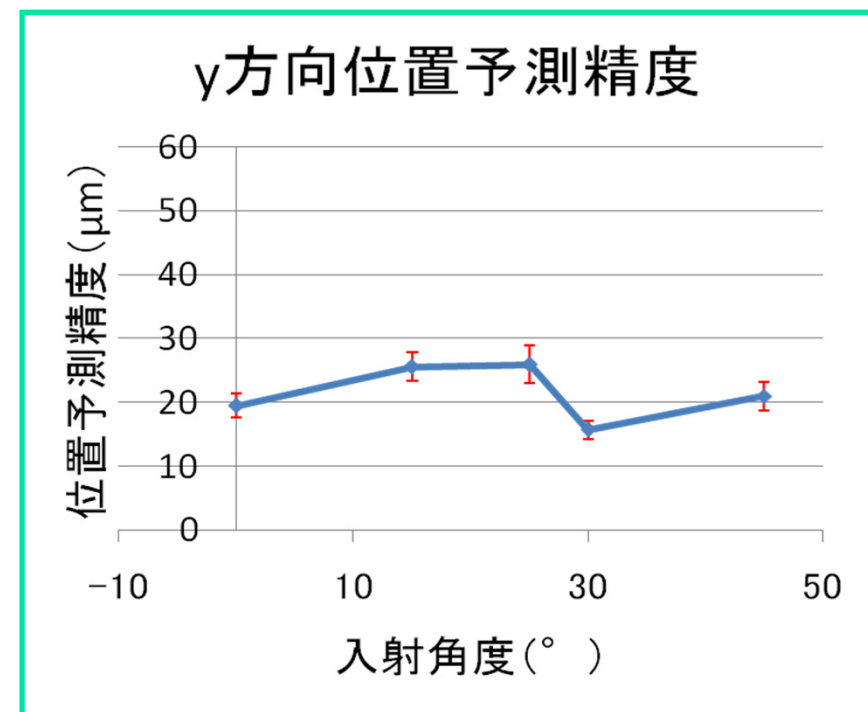
両面シリコン半導体(DSSD)

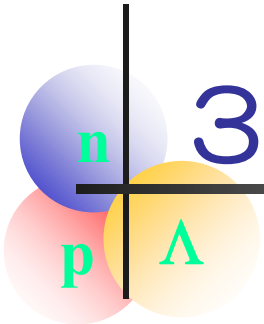


(プロトタイプ)

Silicon: 32 x 64mm area, 300 μ m thick
50 μ m strip pitch -> 16 μ m resolution
readout: VA-chip

DSSD-emulsion hybrid system
テスト実験の結果
(140 MeV protons at RCNP)

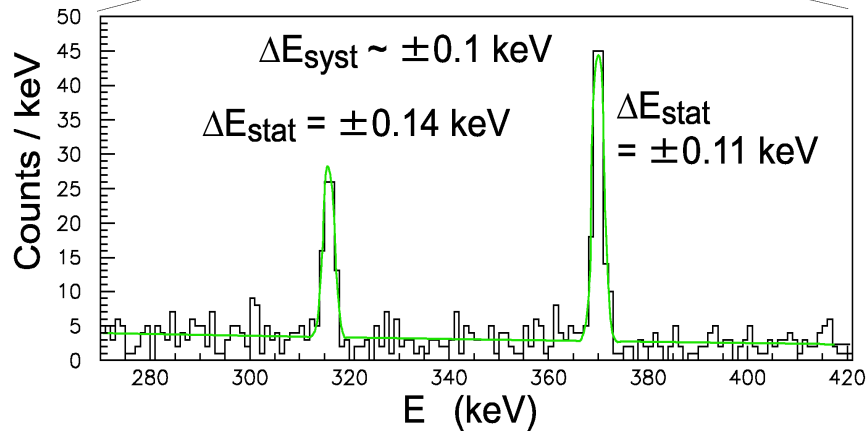
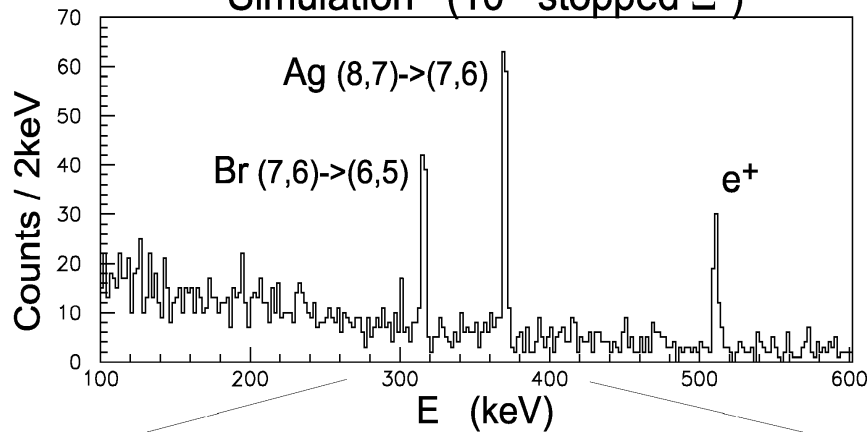




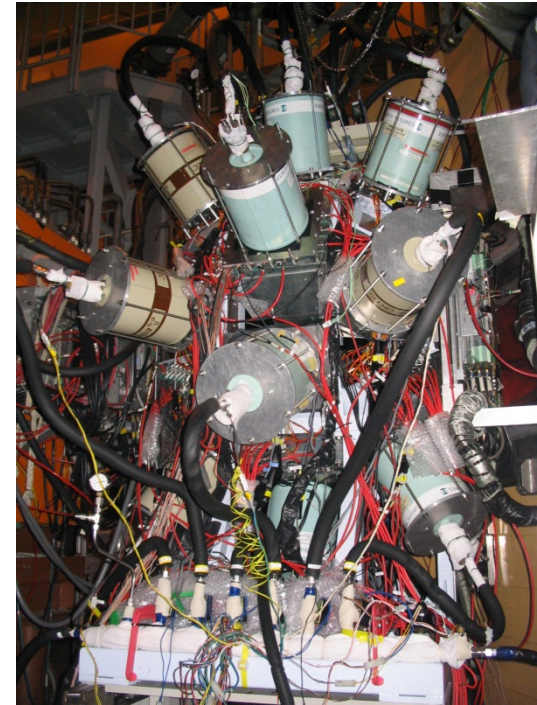
3-1. 新しいハイブリッドエマルジョン実験

Hyperball II Ξ原子のX線

Simulation (10^4 stopped Ξ^-)



Peak efficiency; 2倍
LSO monitor; $< 0.1 \text{ keV}$



n

3-1. 新しいハイブリッドエマルジョン実験

p

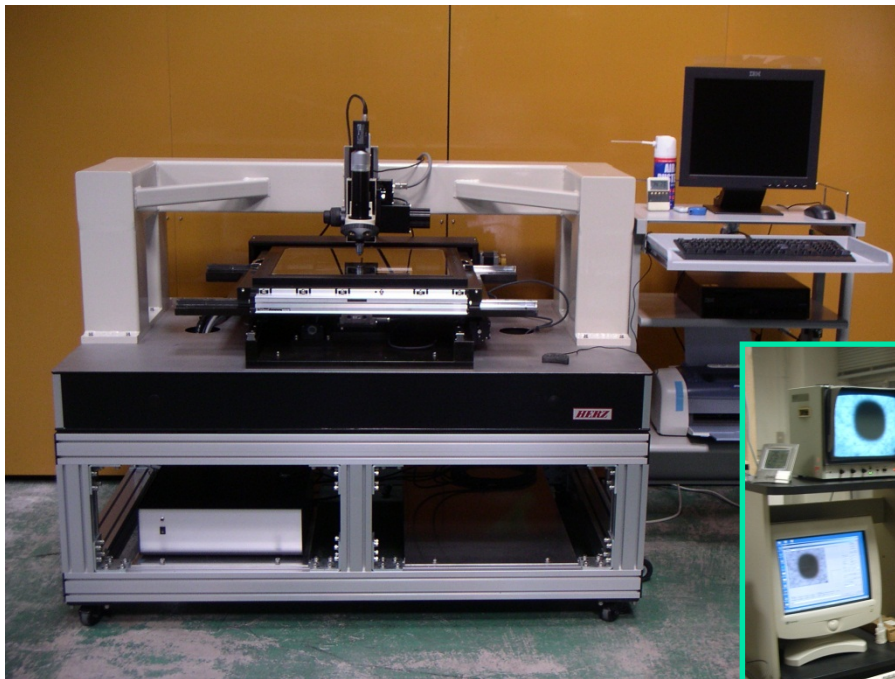
Λ

エマルジョン解析装置の大型高速化

新型顕微鏡を開発済

面積 : 35×35 cm² → 40×40 cm²

光源 : ハロゲンランプ → 超高輝度LED
(高速化の保証)



同等顕微鏡 7 台保有

岐阜大学 : 5 台

京都大学 : 2 台

完全互換ではないが, そのほかに

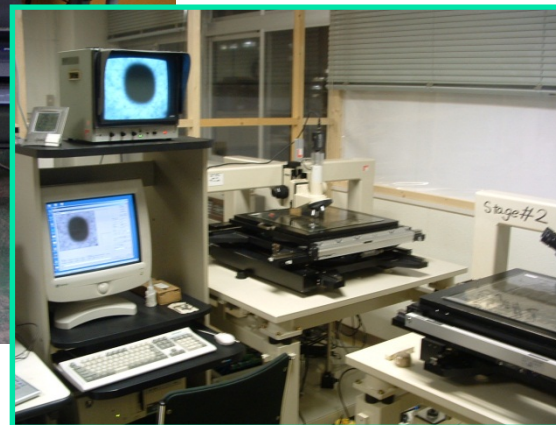
東邦大学 : 1 台

慶尚大学 : 2 台 (韓国)

これら10台に加えて

さらに **5 台**

を駆動させる .



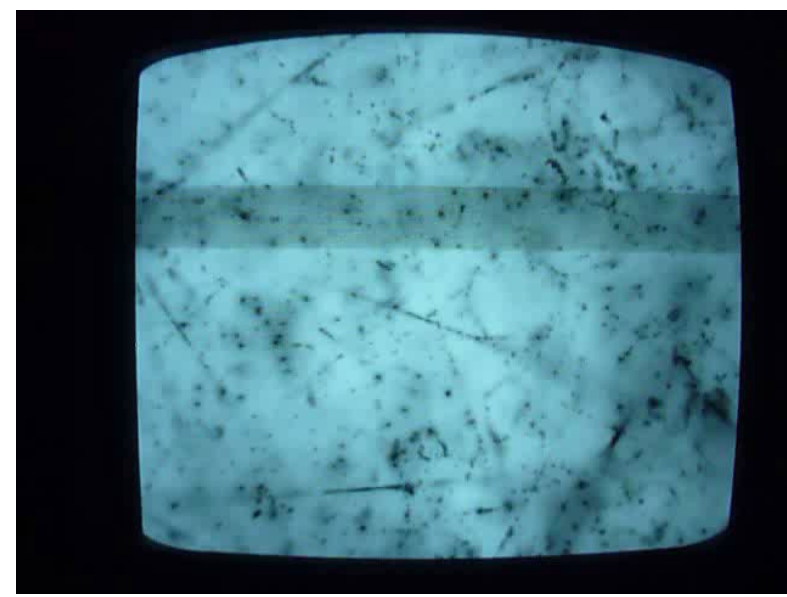
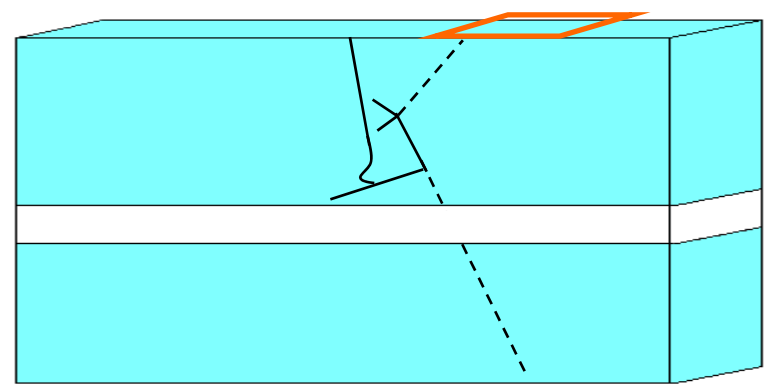
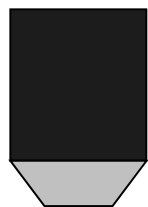
n 3-2. 全面スキャン① (全自動顕微鏡画像取得)

p Λ

開発の現状

カメラ : 100Hz (CCD)
OS : Win2000 sp4
CPU : 3.0 GHz 1.57GB RAM

emulsion : 片面 500 μ m
対物レンズ : x50
視野 : 0.1x0.1mm²
画像枚数 : 120枚/cycle
画像取得時間 : **12秒/cycle** [3秒 ~ hard limit]

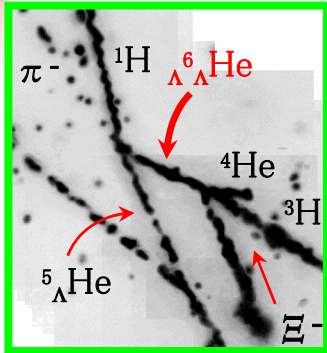


今後,
新規顕微鏡【板バネ式駆動レンズ】
新規カメラ【2kHz】の導入により
・対物レンズ : x20 = 視野拡大[0.25x0.25 mm²]
・画像枚数 : 30枚/cycle
==> **100倍以上の高速化を実現する**



3-2. 全面スキャン② (ダブルハイパー核検出[画像処理])

NAGARA event



種々の検出器系の情報によらず、
エマルジョン全面をスキャンし、
3つの分岐点を持つ事象を検出する。

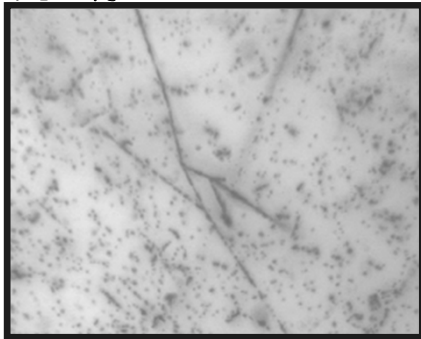
現在の手法：

x50レンズによる画像取得
=> 少なくとも一つの分岐点
を持つ事象の検出

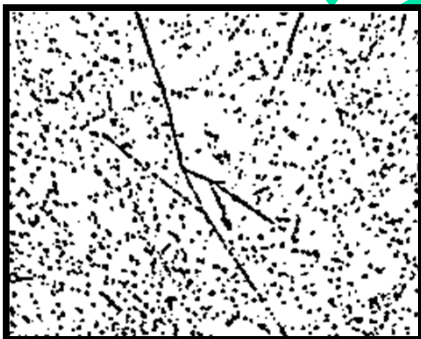
今後の手法：

低倍率 (x20) レンズによる画像取得
=> 少なくとも一つの分岐点事象
|=> 分岐点周辺の高倍率(x100)画像
自動取得
|=> 3つの分岐点事象の自動検出
|=> 人間による確認 ==> 解析!!

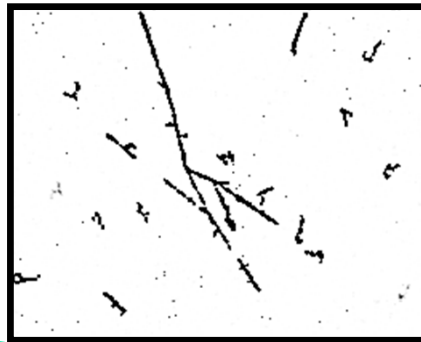
元画像



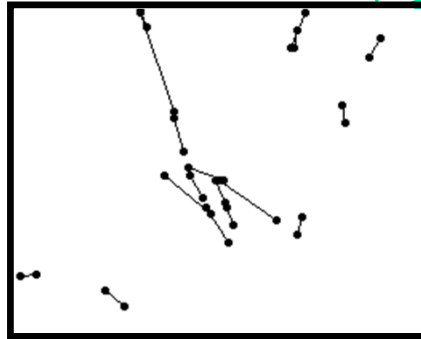
filtering
+ 二値化



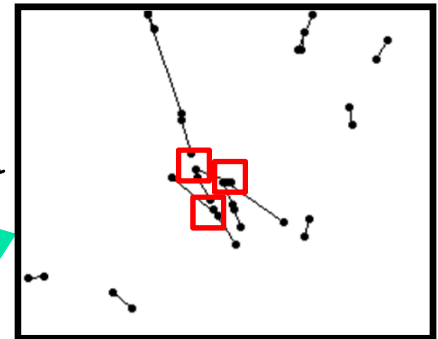
輪郭追跡



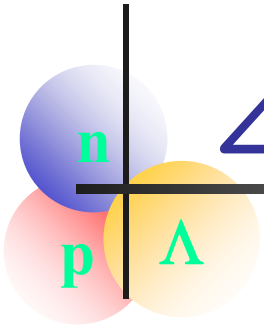
細線化
+ ハフ変換



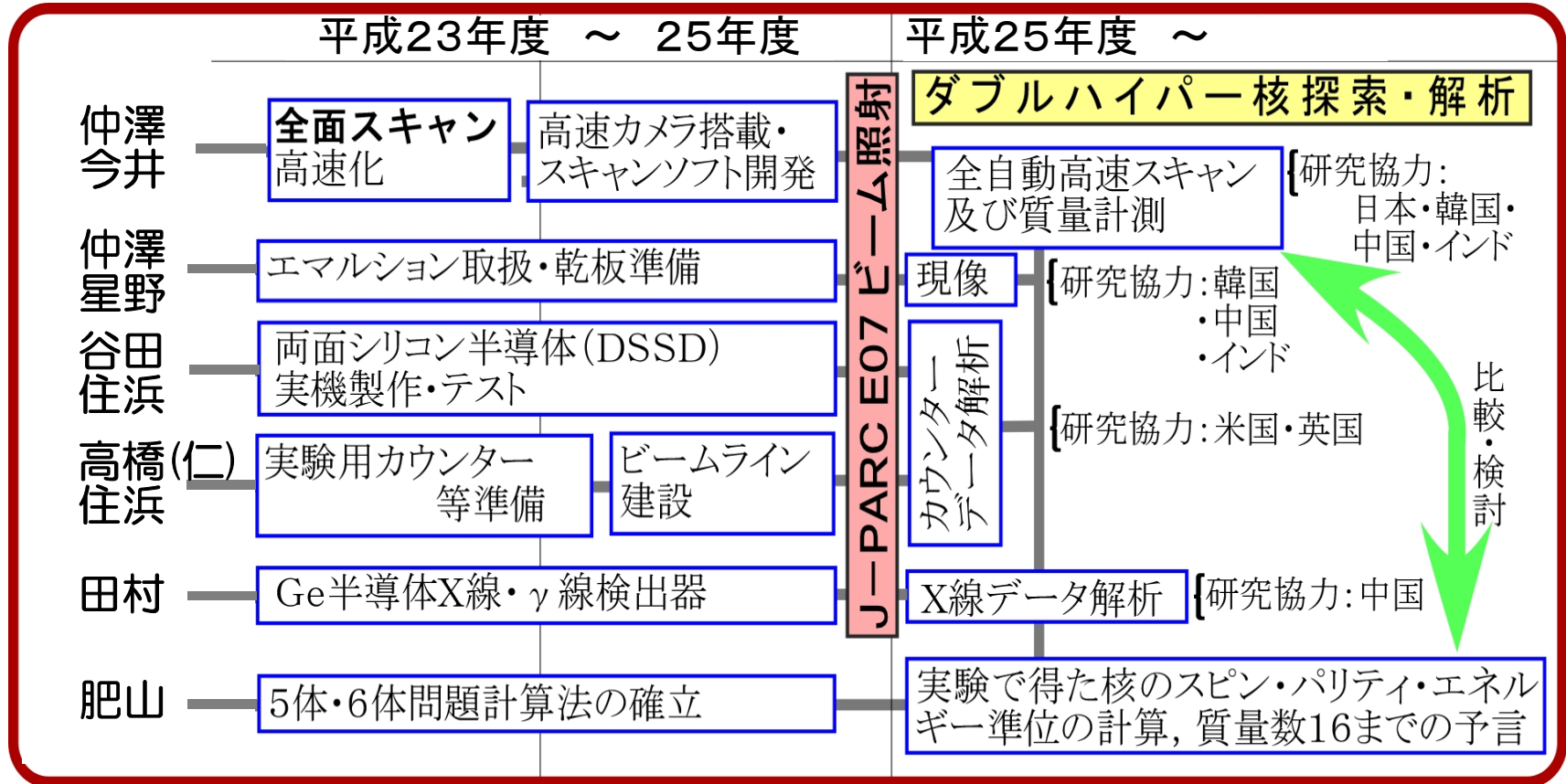
分岐点探査

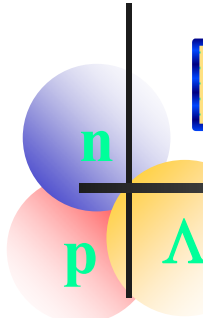


所要時間
~ 6 秒/cycle
[細線化~60%]

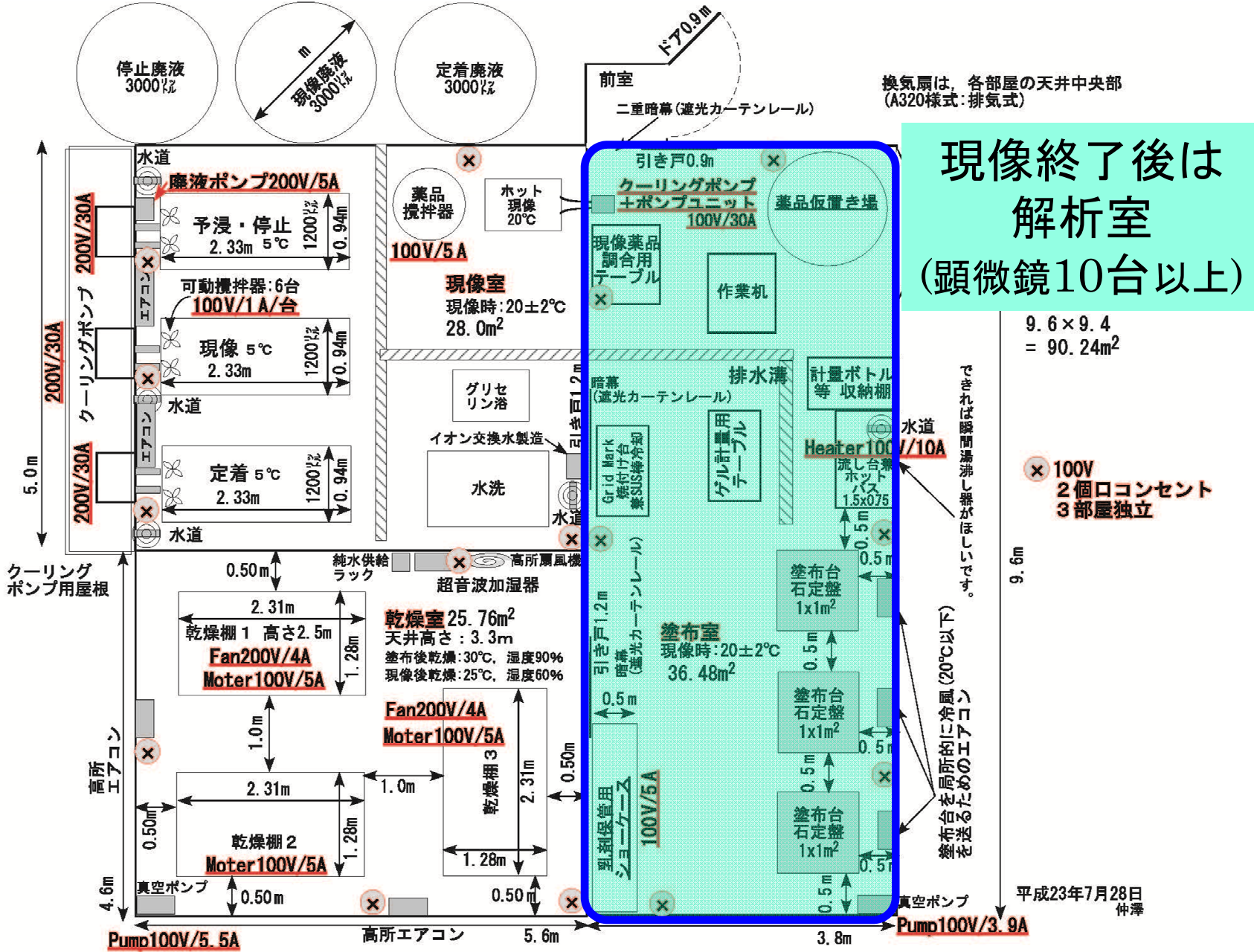


4. 役割分担とスケジュール





原子核乾板塗布・乾燥・現像施設 (2012年4月竣工予定: 於岐阜大学)



現像終了後は
解析室
(顕微鏡10台以上)

$$9.6 \times 9.4 = 90.24m^2$$

× 100V
2個口コンセント
3部屋独立

平成23年7月28日
仲澤