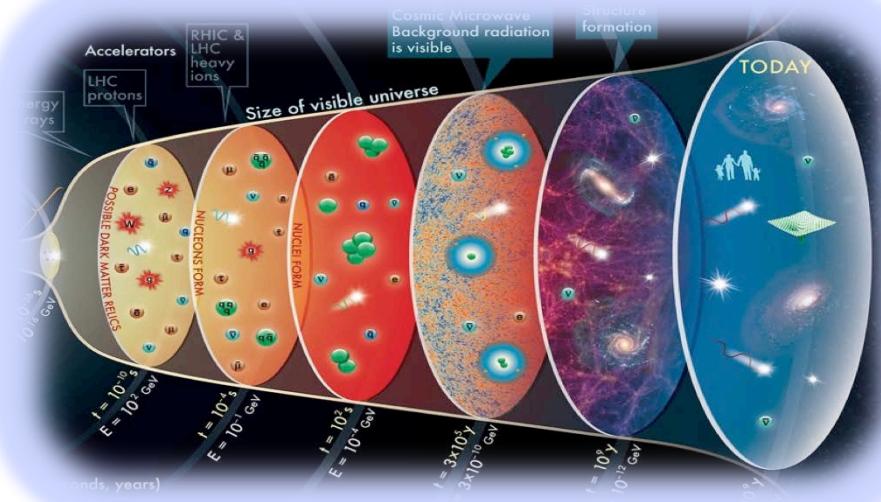
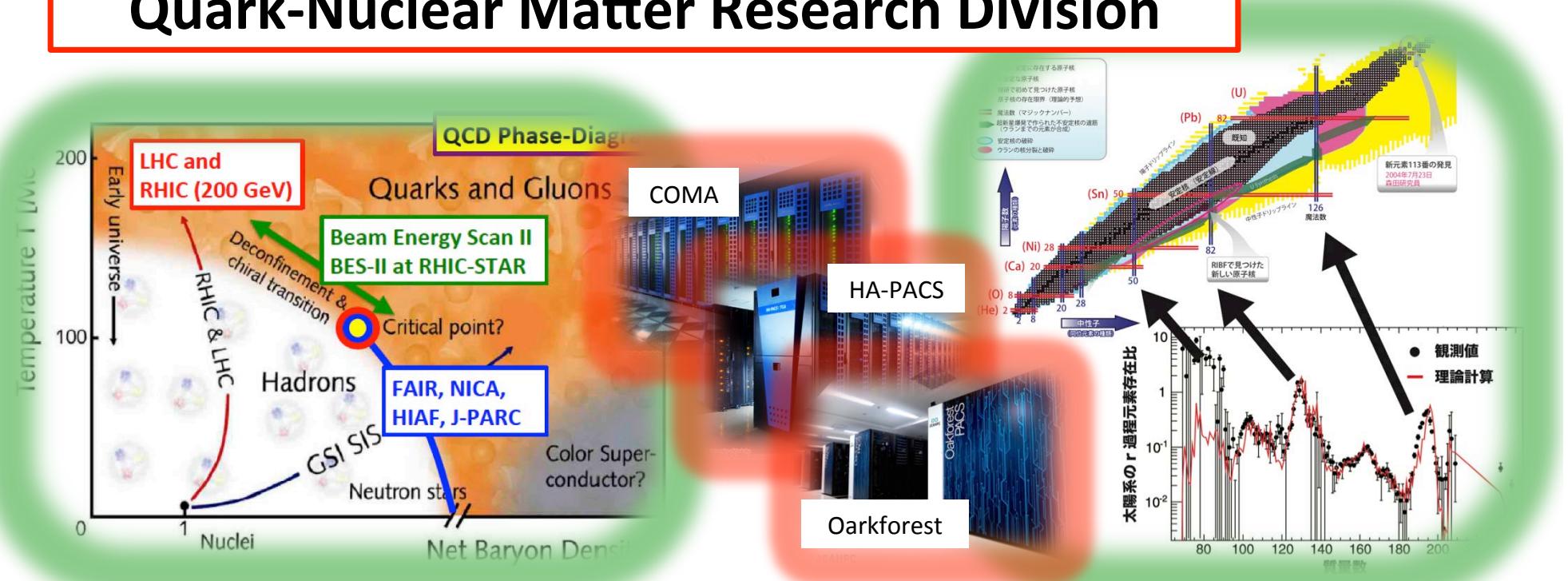


# 筑波大学 宇宙史研究センター

Tomonaga Center for the History of the Universe



## Quark-Nuclear Matter Research Division



# クオーク・核物質研究部門

- QGPグループ

三明康郎、江角晋一、中條達也、Norbert Novitzky、坂井真吾、  
小沢恭一郎、佐甲博之、Thomas Peitzmann、Marco van Leeuwen、  
杉立徹、浜垣秀樹、秋葉康之、永宮正治、郡司卓、志垣賢太

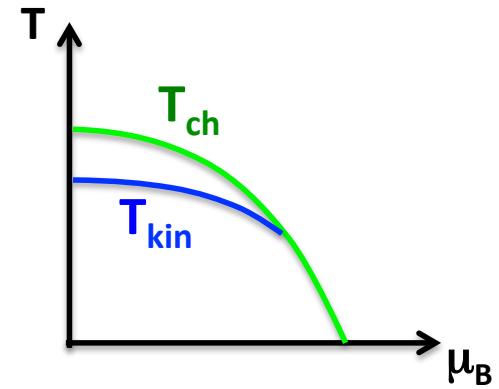
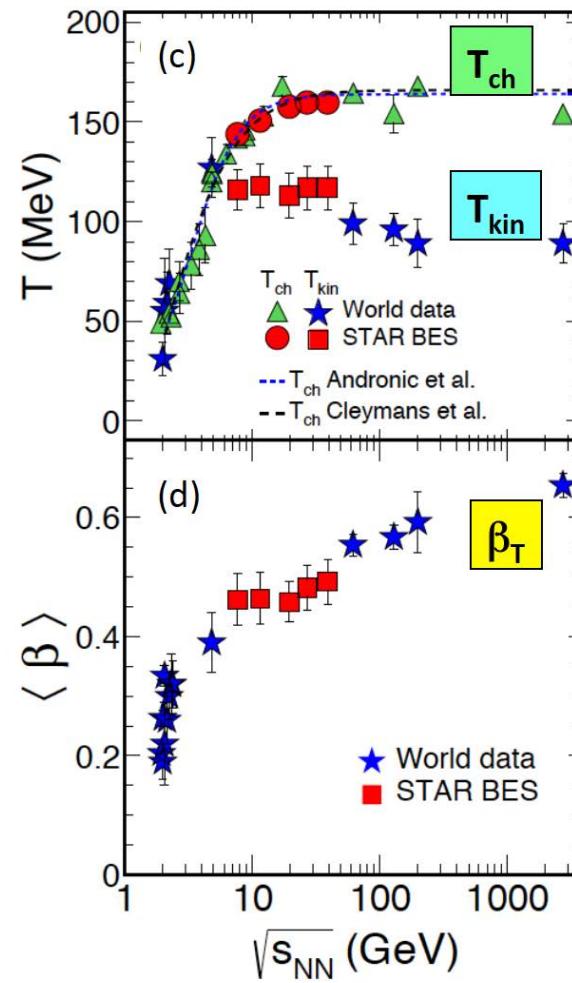
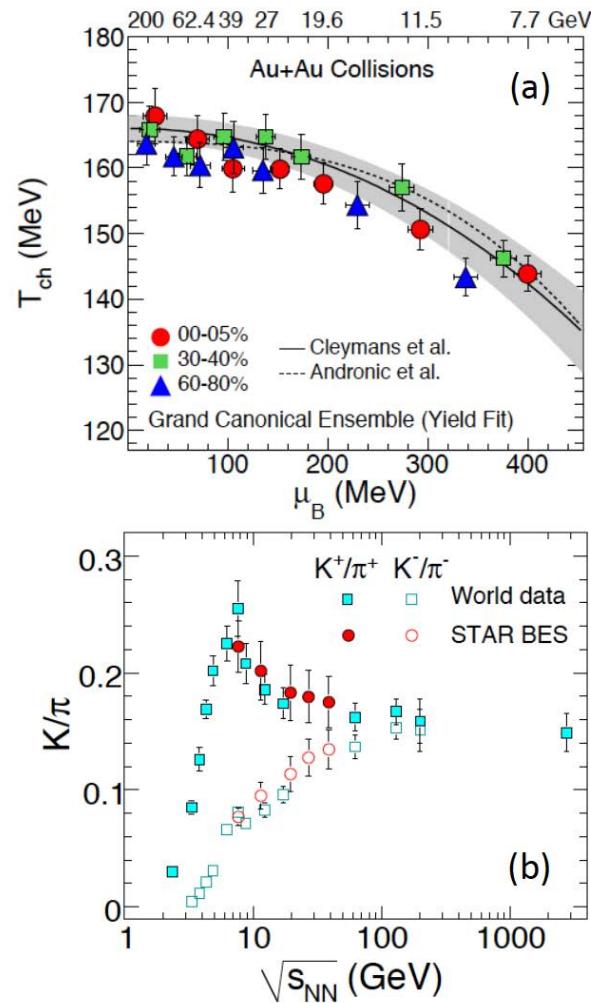
- 元素合成グループ

小澤顕、森口哲朗、向井もも、山口貴之、若杉昌徳、西村俊二

- Lattice QCDグループ

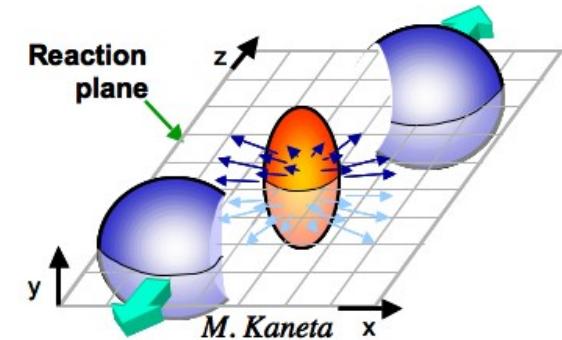
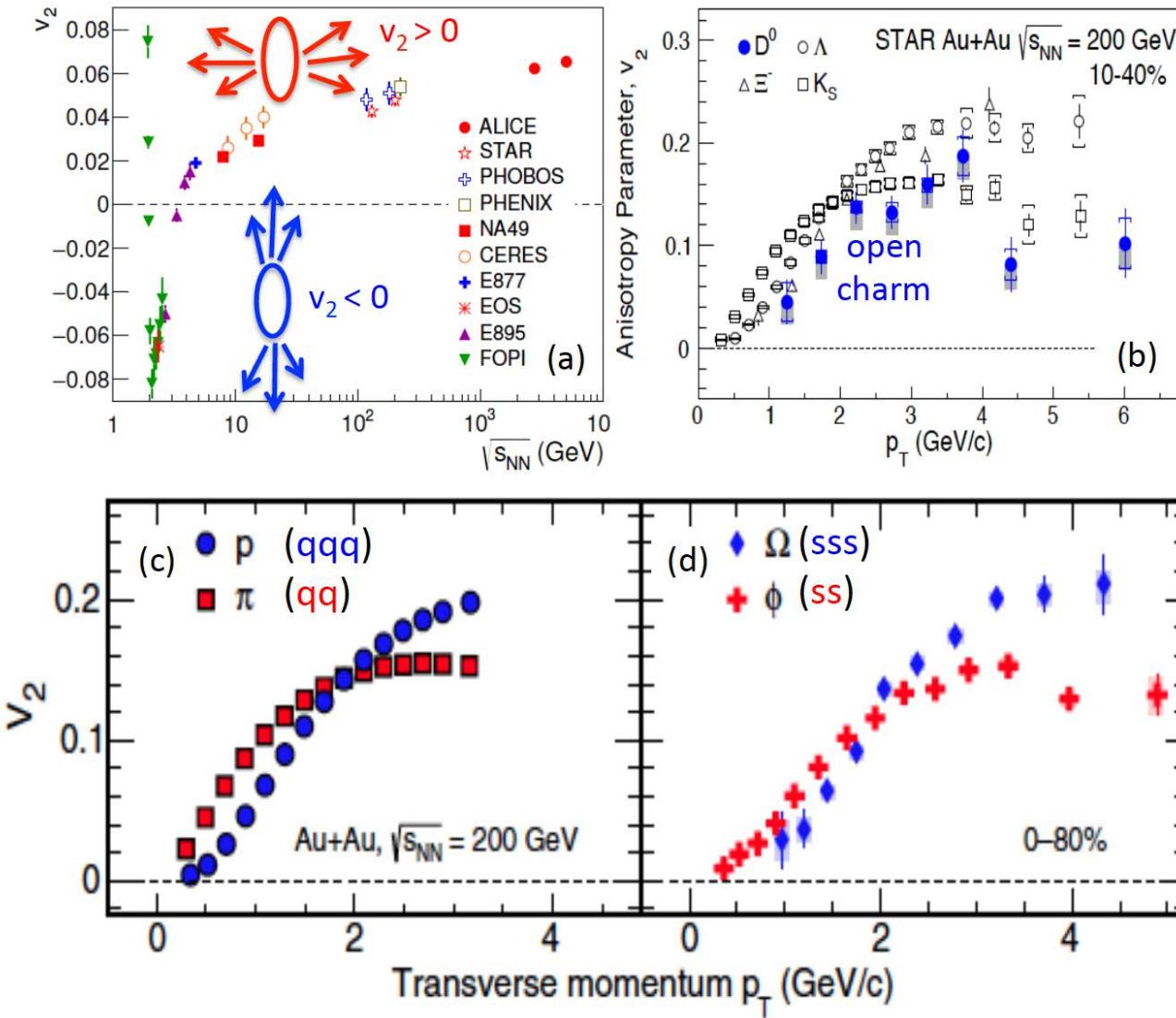
金谷和至、藏増嘉伸、谷口祐介

# Thermal Freeze-out, Baryon density and Radial expansion



**PHENIX :**  
 T. Chujo  
 A. Kiyomichi (OB)  
 M. Konno (OB)

# Elliptic flow in pre-hadronic stage



**ALICE :**

M. Sano (OB)

**PHENIX :**

H. Masui (OB)

S. Sakai (OB)

M. Shimomura (OB)

K. Miki (OB)

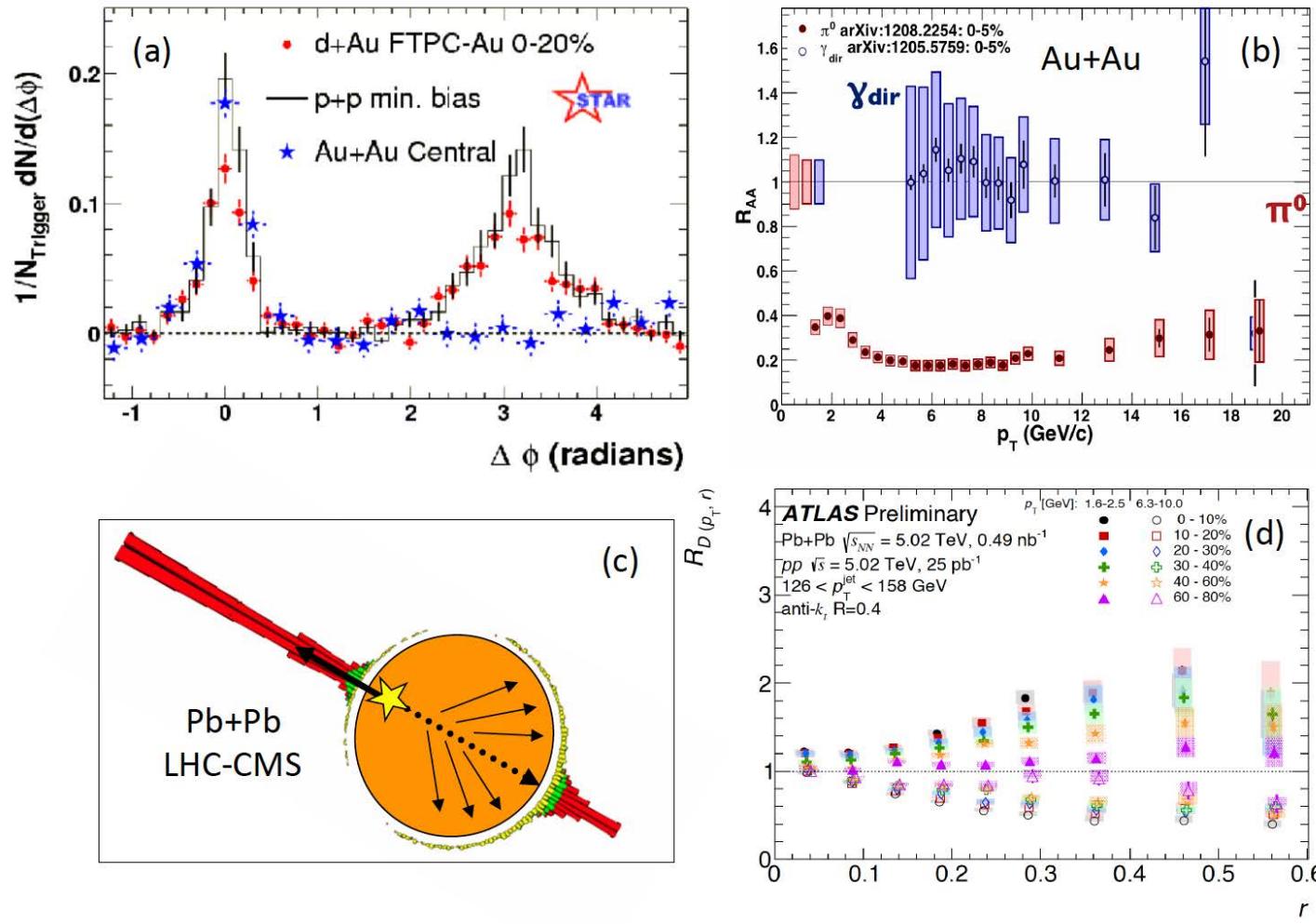
Y. Ikeda (OB)

S. Mizuno (OB)

T. Todoroki (OB)

H. Nakagomi (OB)

# Energy-loss and quenching of high-pT partons

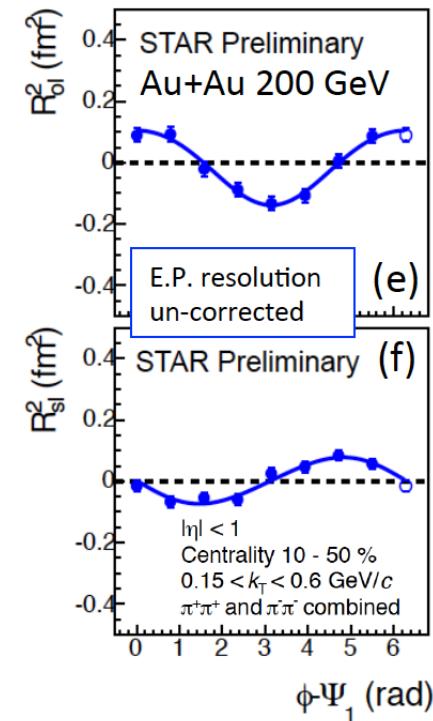
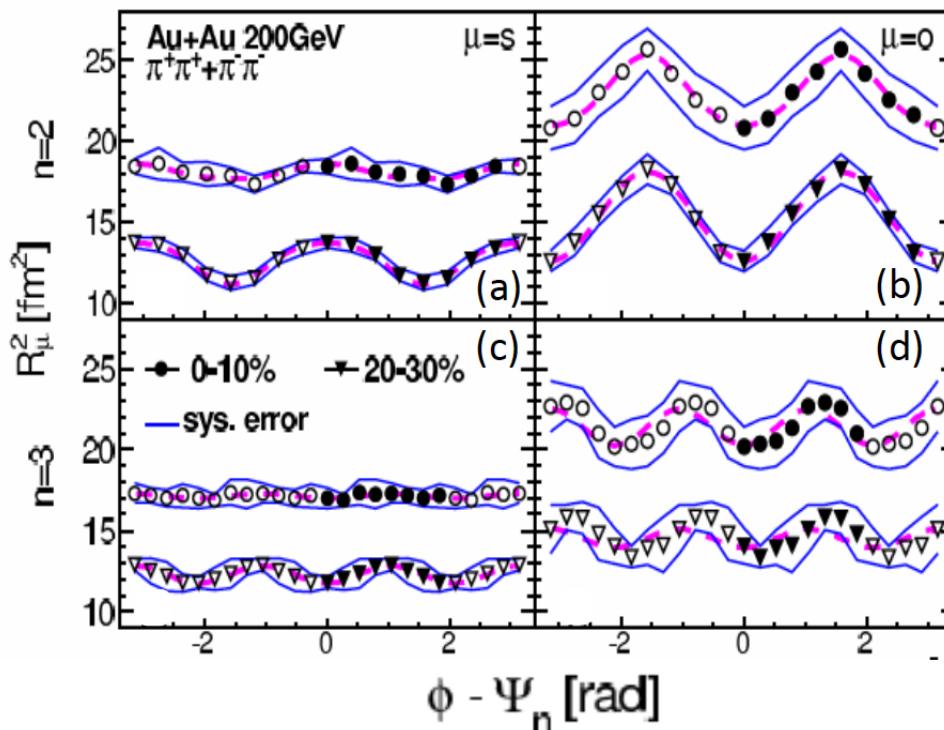
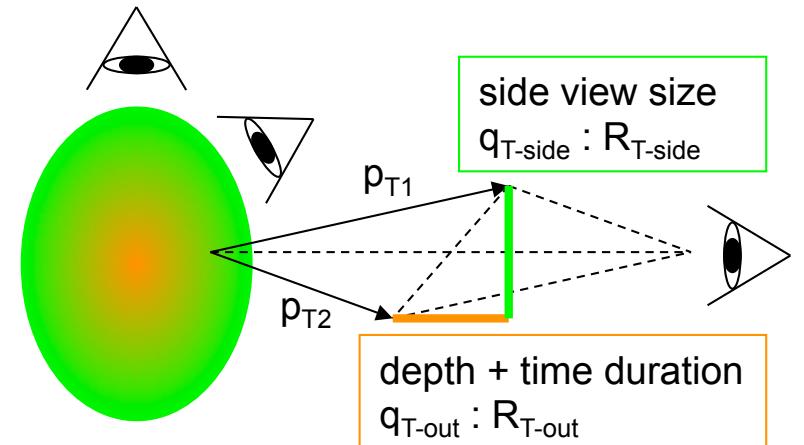


**ALICE :**  
 T. Chujo  
 D. Sakata (OB)  
 J. Bohm (OB)  
 H. Yokoyama (OB)  
 R. Hosokawa (D3)  
 K. Yasaki (UG4)

**PHENIX :**  
 T. Todoroki (OB)

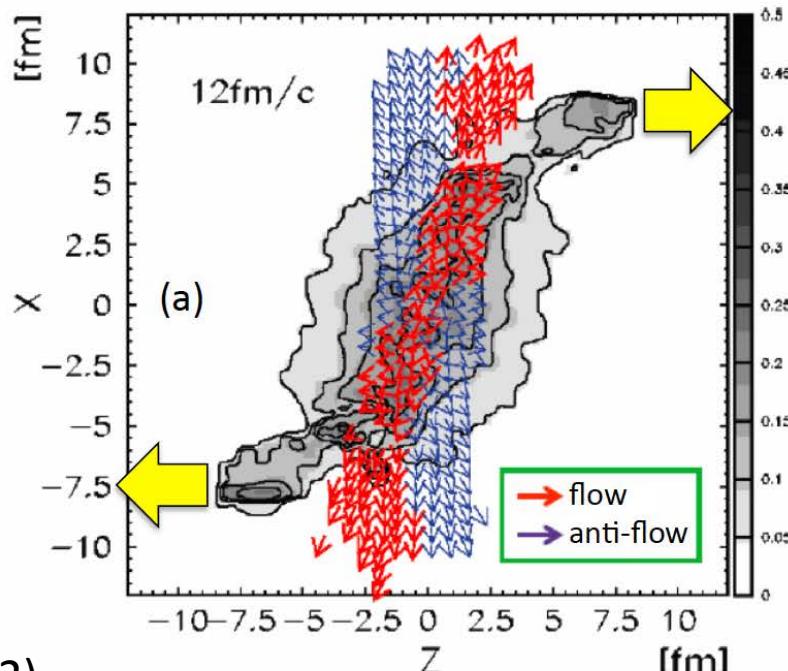
**STAR :**  
 R. Aoyama (D3)  
 K. Nakagawa (M2)

## Freeze-out space-time geometry via two-particle HBT correlation



**PHENIX :**  
T. Niida (OB)  
**ALICE :**  
N. Tanaka (OB)  
**STAR :**  
Y. Kawamura (M2)

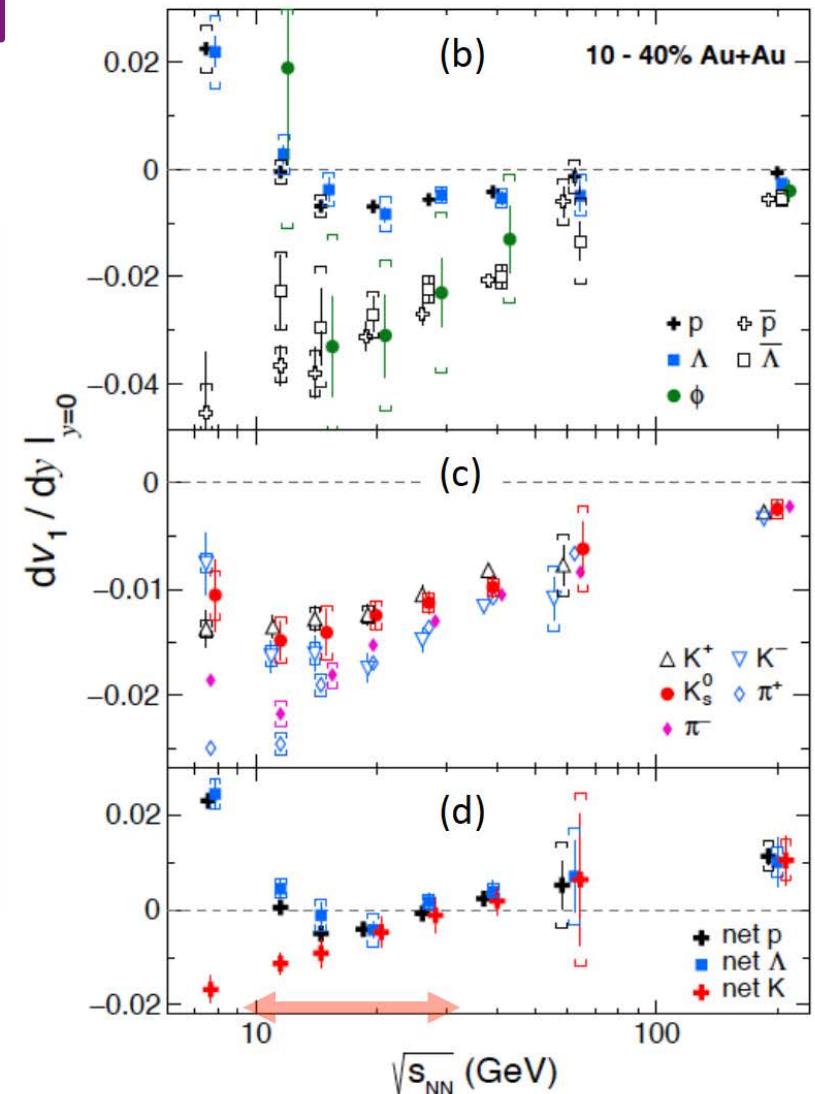
# 1<sup>st</sup> order phase transition and Equation of State via directed flow



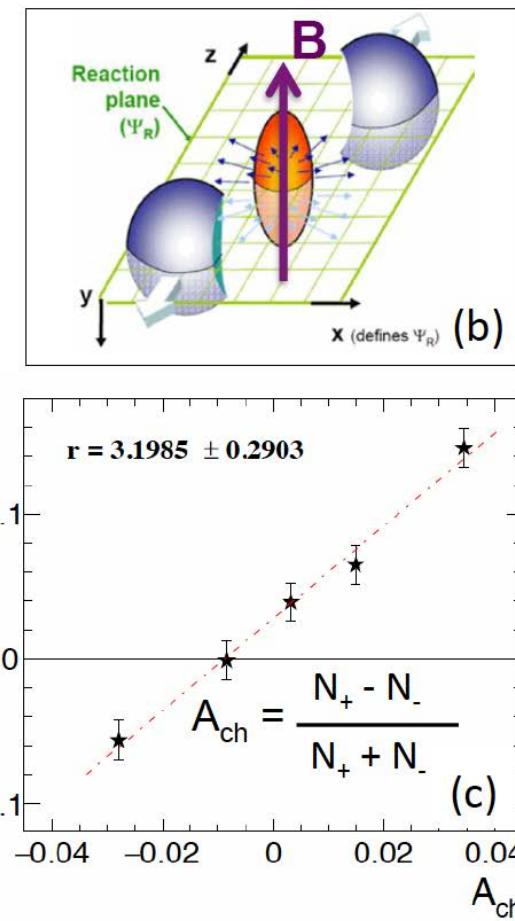
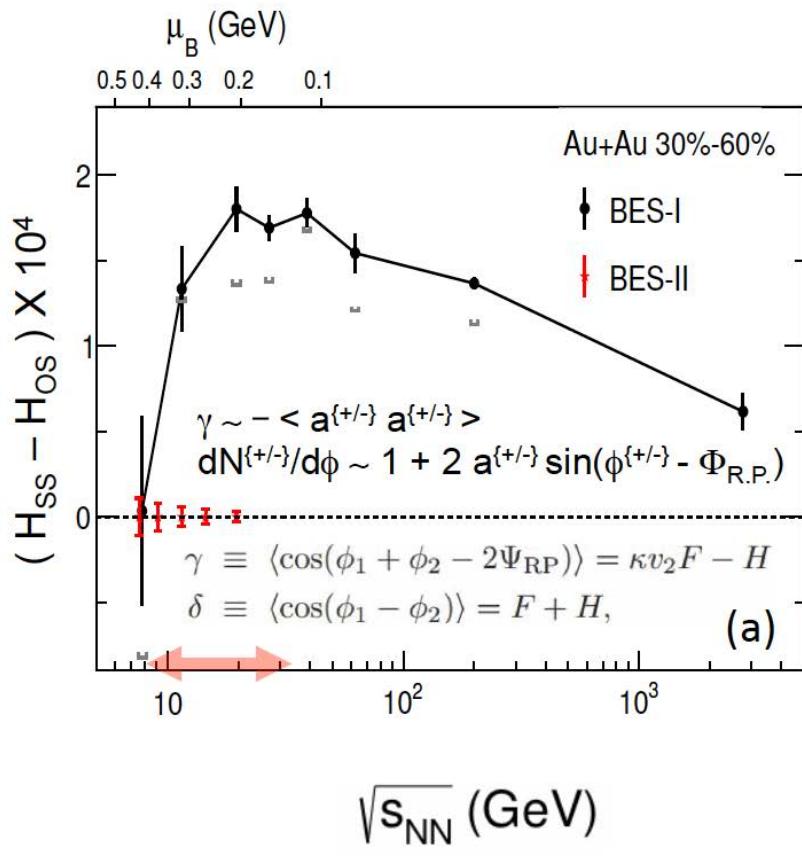
**STAR :**

H. Kato (M2)

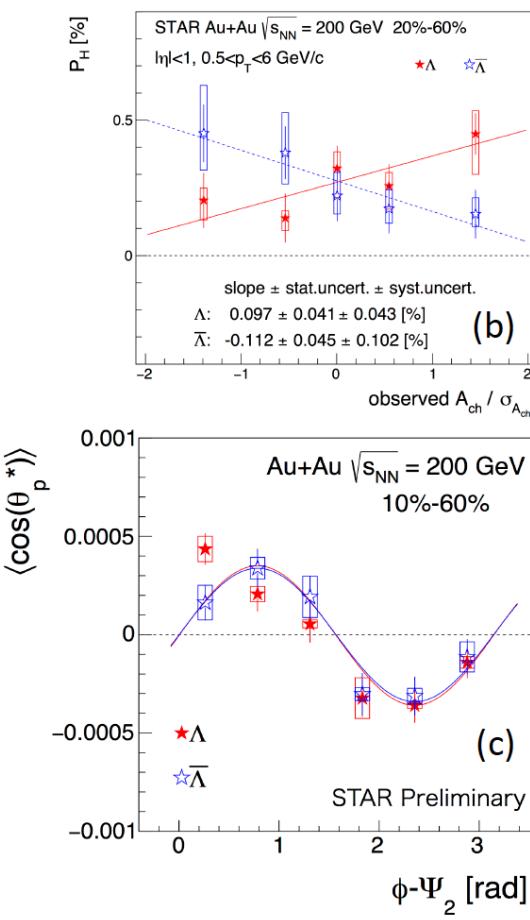
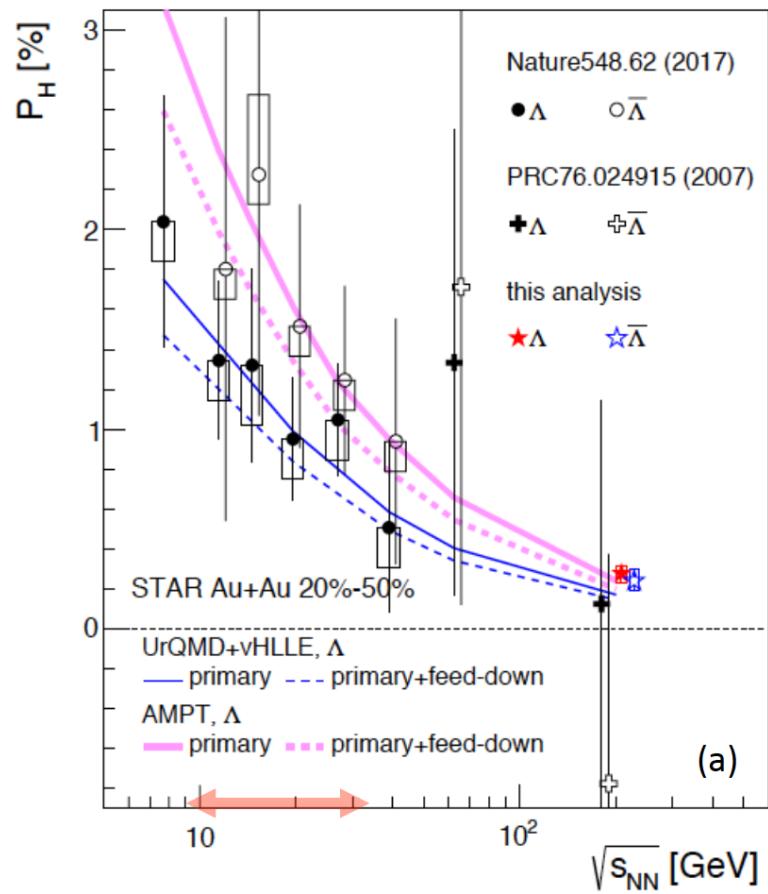
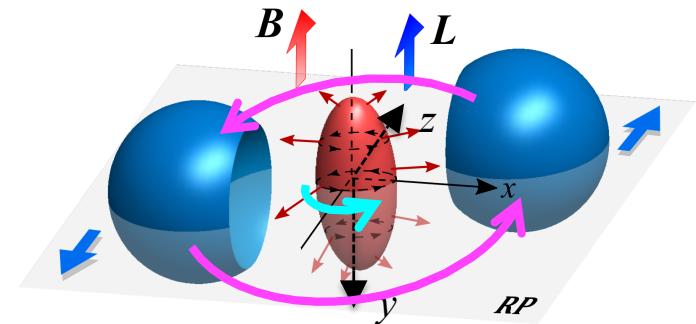
K. Mitamura (UG4)



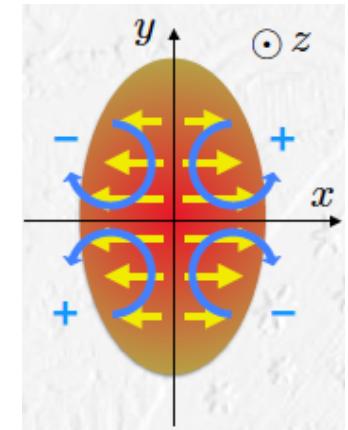
# Strong initial magnetic field and Chiral Magnetic Effect/Wave (CME, CMW)



# Global and local polarization via strong vortical fluid

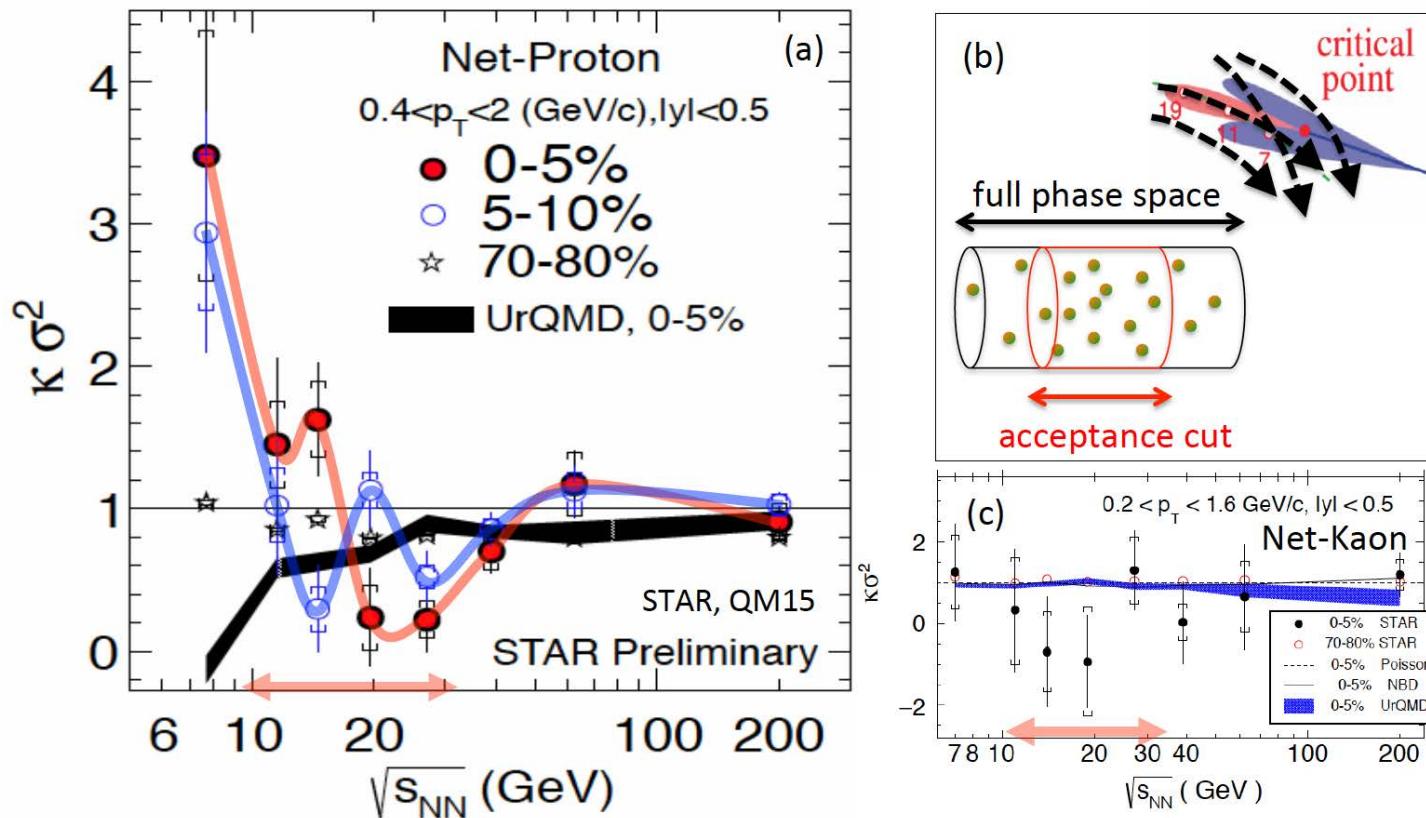


Clearly positive L signal  
Possible hint of B signal



**STAR :**  
T. Niida (OB)  
K. Okubo (UG4)

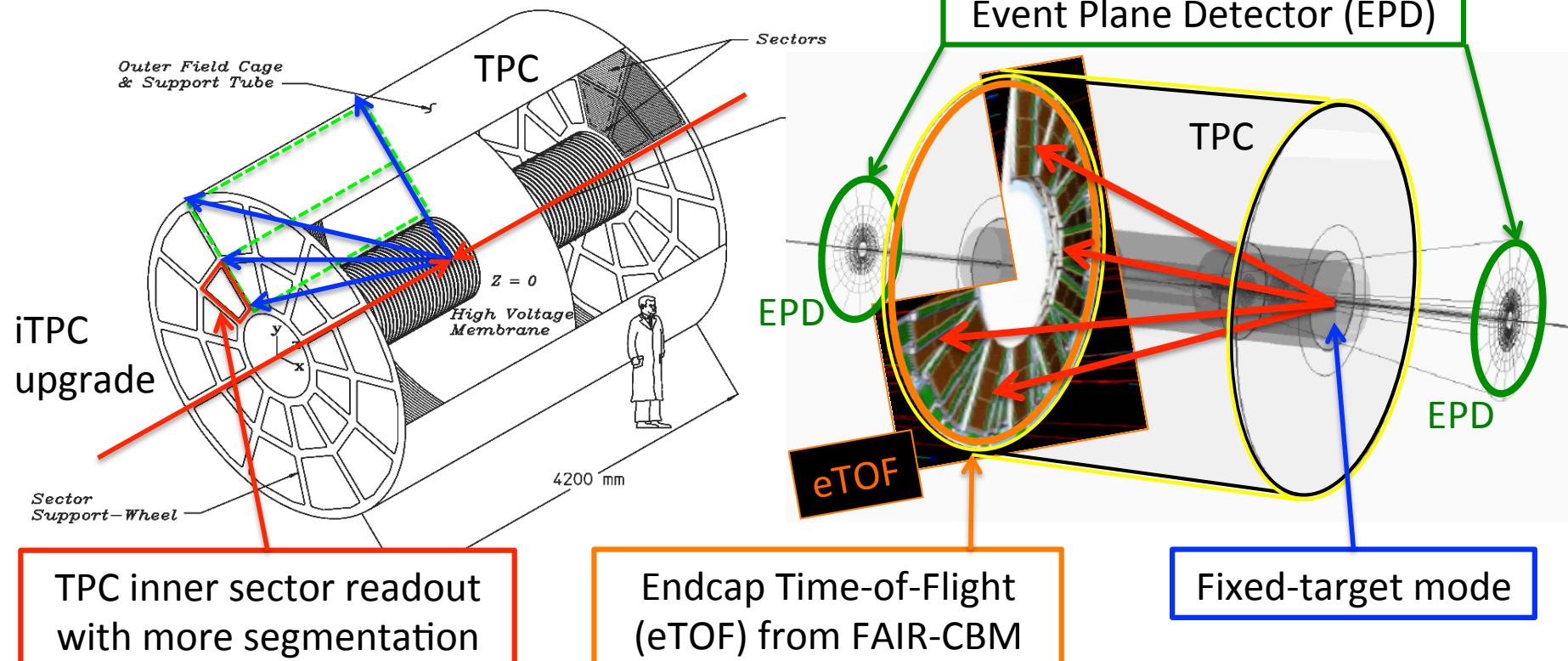
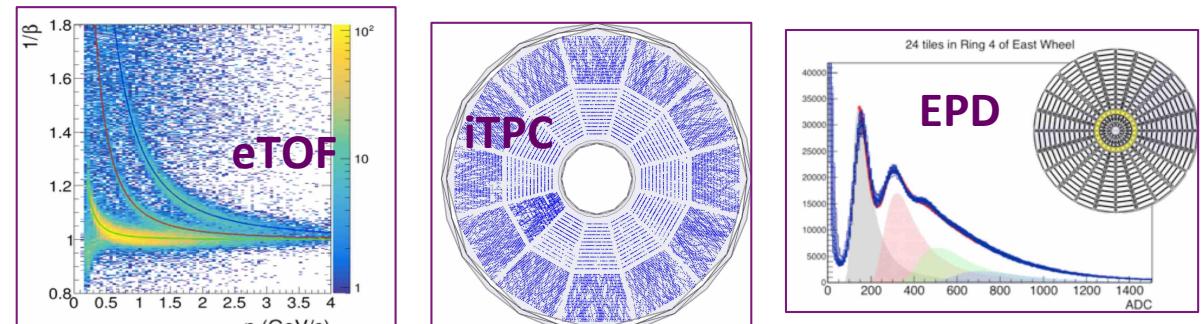
# Higher order fluctuation of conserved quantity as a possible hint of Critical Point



**STAR :**  
T. Nonaka (OB)  
T. Sugiura (D3)

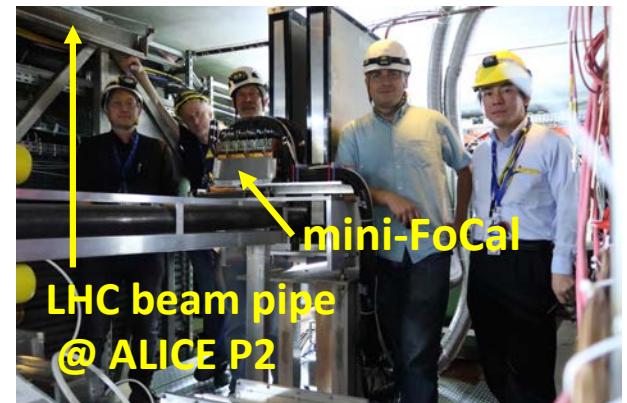
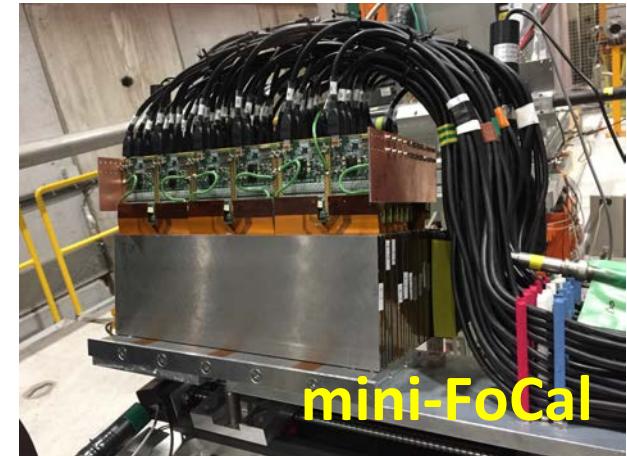
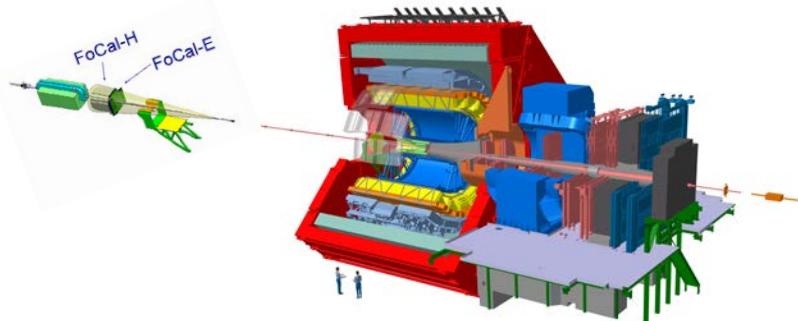
RUN17	500 GeV p+p 54 GeV Au+Au
RUN18	200 GeV Zr+Zr, Ru+Ru 27 GeV Au+Au Fixed-target test run
RUN19	14.5 - 20 GeV Au+Au
RUN20	7 - 11 GeV Au+Au
RUN21	Fixed-target runs

## STAR detector upgrade for BES-II



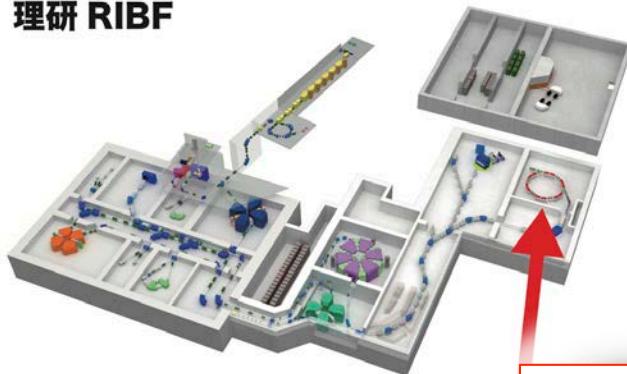
## ALICE forward Calorimeter (Focal)

- LHC 超前方領域で、未開のQGP誕生の起源に迫る
- Si + W サンプリング型電磁力口リメータ
  - PAD ( $1 \times 1 \text{cm}^2$ )とMAPS ( $30 \times 30 \mu\text{m}^2$ ) シリコンセンサを備えたハイブリッド検出器。2023年、実機 ALICE導入を計画中。
- 2018年、筑波大を中心とする Focal 日本グループにより、新規試作機 (PAD, mini-Focal) を設計・製作 (20  $X_0$ , 3 tower 構造)。
  - CERN PS/ SPS 加速器によるテスト実験を経て、10月、ALICE 実験に初導入。pp 13 TeV 衝突事象データ取得に成功
  - 国内: 筑波大、筑波技術大、広島大、奈良女子大、理研
  - 海外: ユトレヒト大学, Nikhef(オランダ), RD51(CERN)
- 2019年3月7-9日、筑波大CCSにてForward物理に関する国際ワークショップと、Focal コラボレーション会合、同時開催
- Norbert さんによる、光量子ジョイントセッションでの発表



# Nucleosynthesis

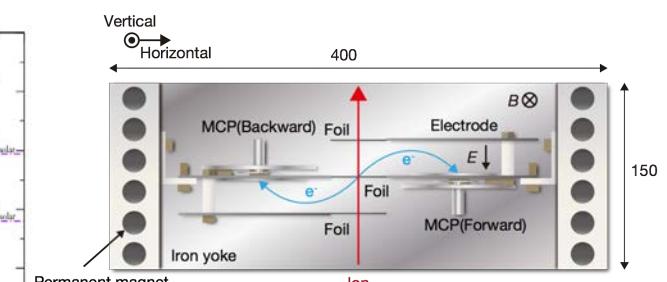
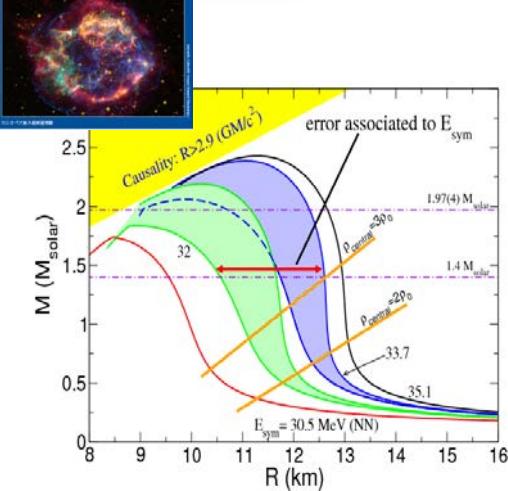
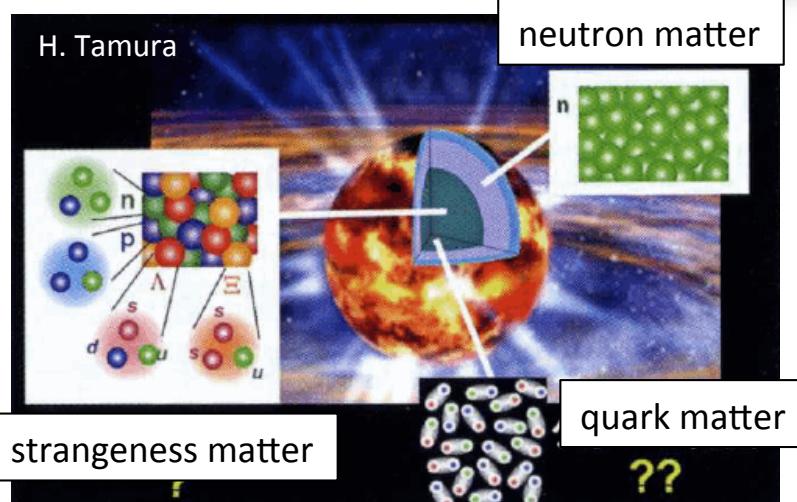
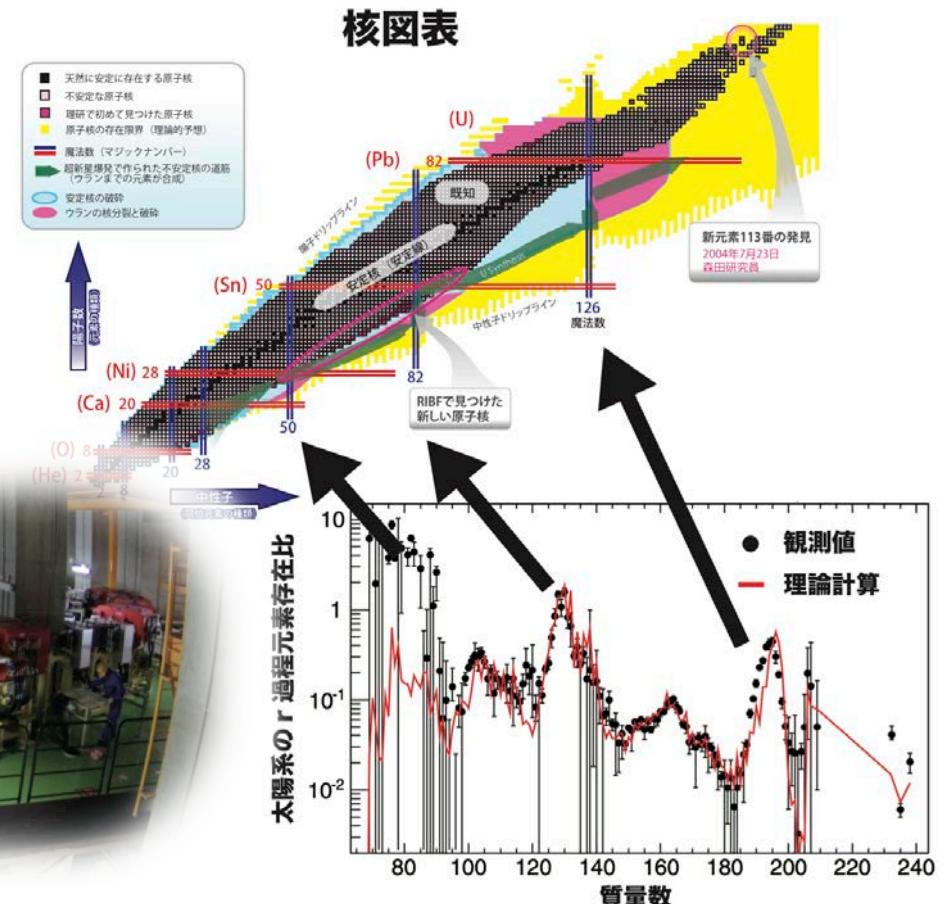
理研 RIBF



A. Ozawa, T. Moriguchi,  
M. Mukai (Tsukuba),  
S. Suzuki (IMP, China),  
Yamaguchi (Saitama),  
Nishimura (RIKEN)

Suzuki-san's talk  
on related study  
in China

Rare-RI Ring



detector developments  
for mass measurement

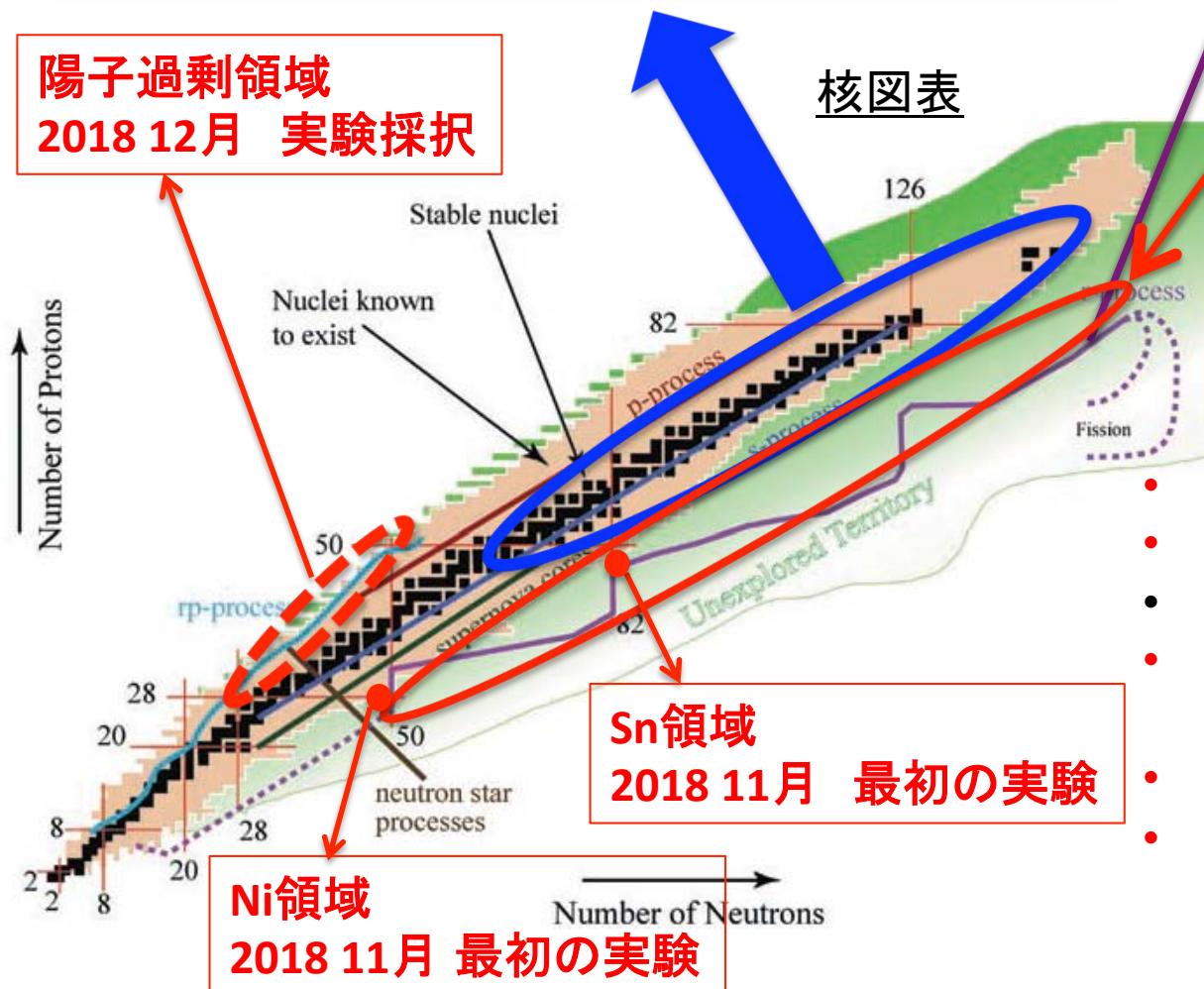
# 不安定核宇宙元素合成の研究

小沢さん  
森口さん  
向井さん

— 21世紀に解決すべき科学上の11大問題 —

3番目:重元素はいかにして造られたのか?

# 陽子過剰領域 2018 12月 実験採択



## 元素合成仮説(Rプロセス)

検証には、、、、

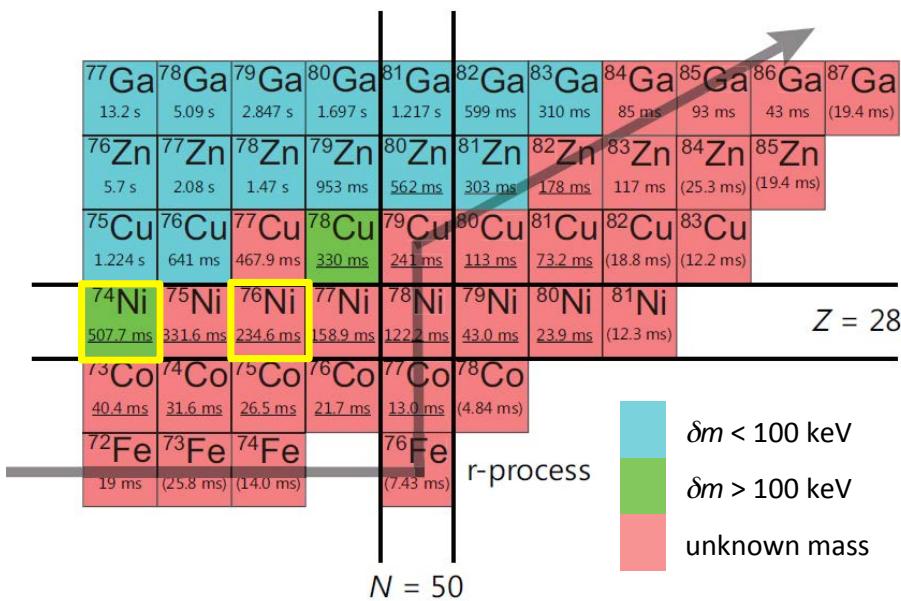
**不安定核の質量測定が必須！**



- 日本初の不安定用蓄積リング
  - 筑波大中心で約10年かけて製作
  - 2015年、3月完成
  - 2018年、11月質量測定実験  
(Ni、Sn領域)
  - 2018年、12月陽子過剰領域採択
  - 2019年、秋2回目の質量測定実験  
(予定)

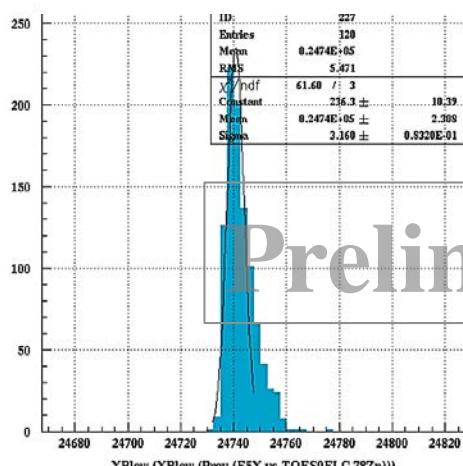
# Ni領域の質量測定 (2018/11/4 – 8)

小沢さん、森口さん、向井さん

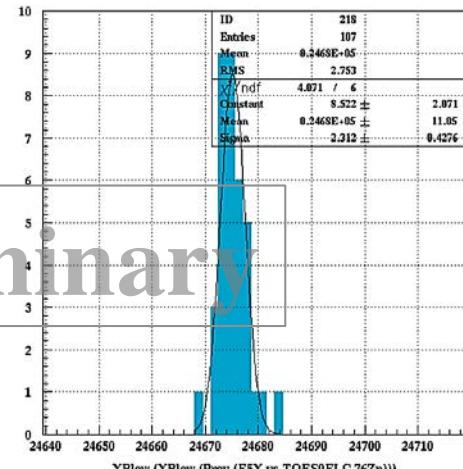


Time resolution for reference nuclei

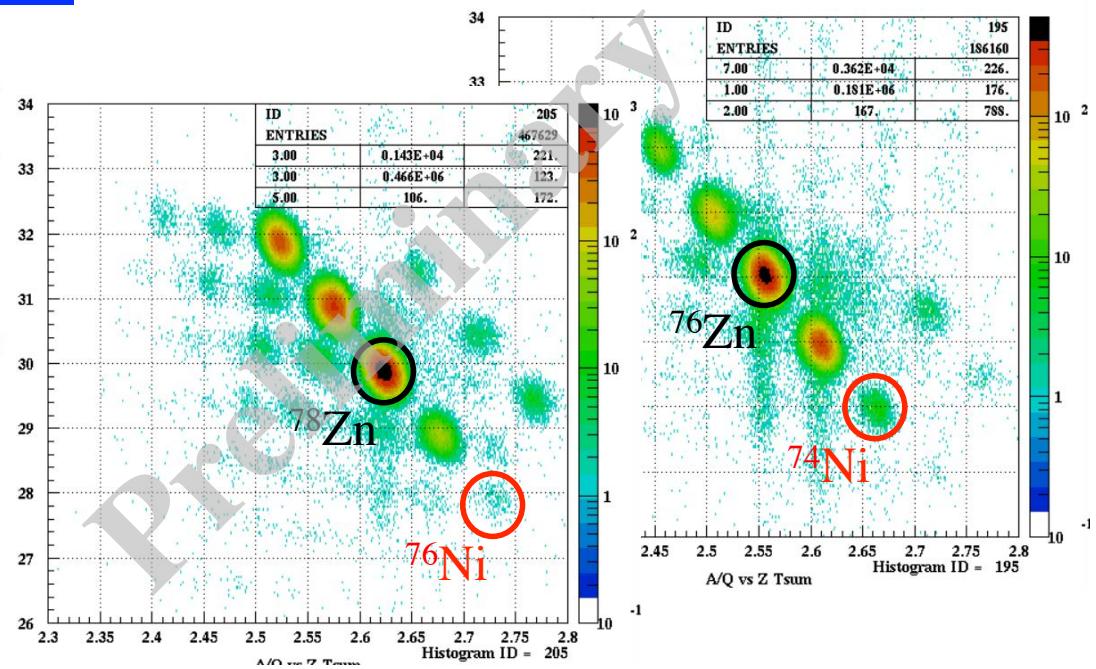
$^{78}\text{Zn}$   $dT/T = 4 \times 10^{-6}$



$^{76}\text{Zn}$   $dT/T = 3 \times 10^{-6}$



Vertical: TOF(S0-ELC) – 700 us

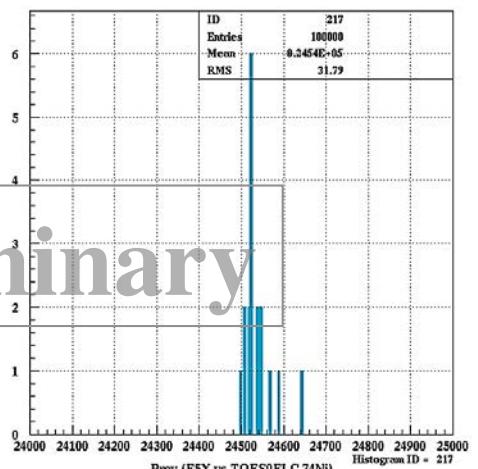
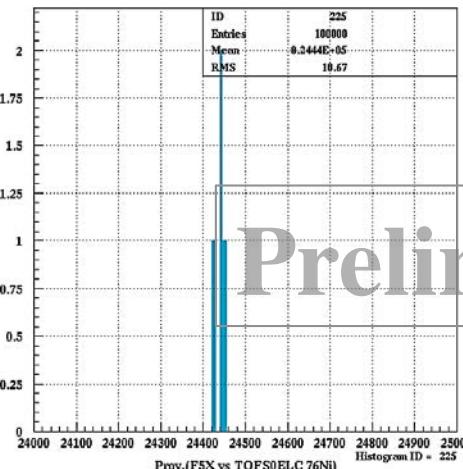


$^{76}\text{Ni}$  6 counts/10h

(Transmission ~ 2.8%)

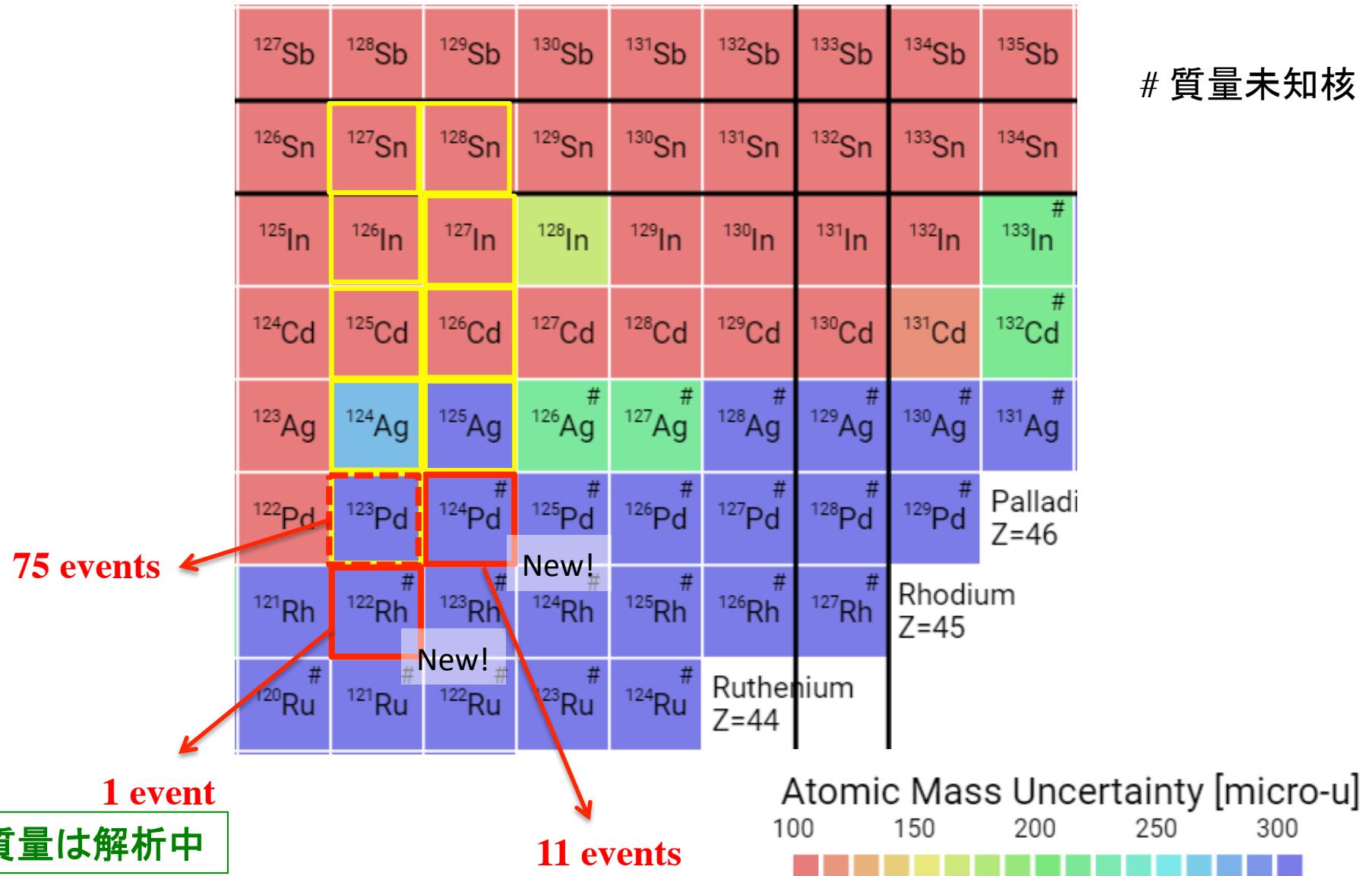
$^{74}\text{Ni}$  ~20 counts/5h

(Transmission ~ 0.5%)

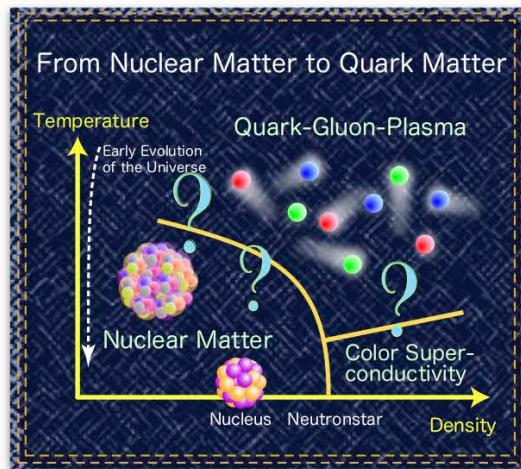


質量は解析中

## Sn領域の質量測定 (2018/11/23 – 28)



# 格子QCDシミュレーションによるクォーク物質の熱力学特性の研究



## Gradient Flow:

Lüscher('09-), Narayanan-Neuberger('06)

作用の勾配で場の量を仮想的な時間で発展。

時間発展させた場合には、紫外発散などが無い。

鈴木法：GFを応用して、くりこまれた物理量を格子上で評価する一般的手法

H. Suzuki ('13)

エネルギー運動量テンソルや位相感受率など、これまで格子上では困難だった物理量も計算可能に。大きなブレイクスルーをもたらす可能性。

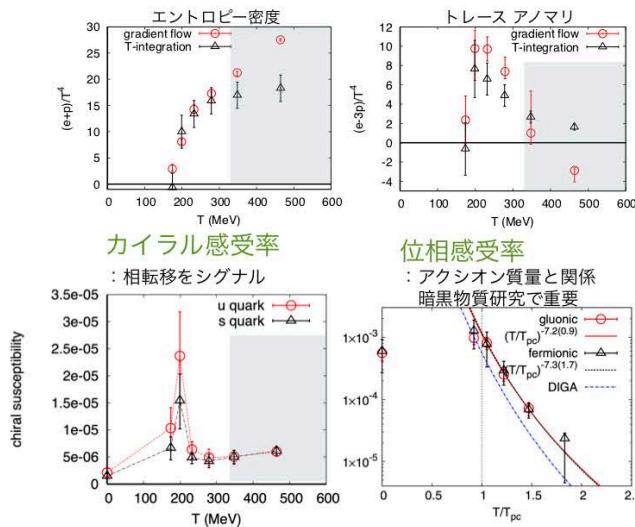
金谷・谷口ら

動的なクォークをもつQCDにGF法を初めて応用。  
クォーク・ハドロン物質の相構造と熱力学的特性を  
2+1フレーバーQCDで格子計算。

## 2017: QCD with heavy u,d quarks

WHOT-QCD, PRD96, 014509 ('17); D95, 054502 ('17)

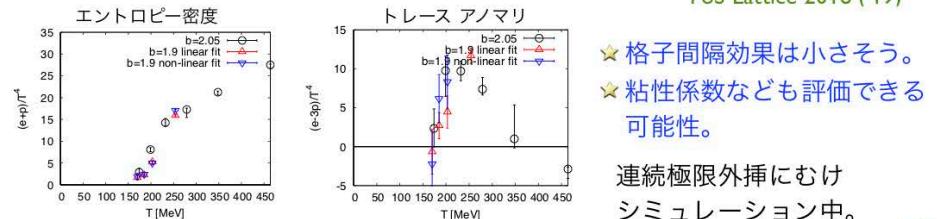
第1段階：udクォークは重いが、格子間隔の小さな格子



★熱力学特性の格子計算で、GF法が強力である。

## 2018: Test of lattice spacing-effect, etc.

PoS Lattice 2018 ('19)

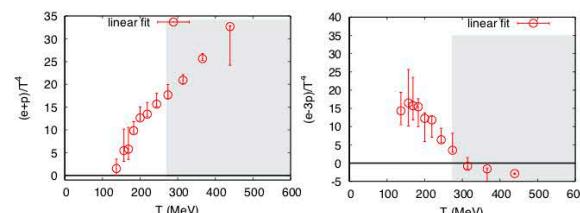


連続極限外挿にむけ  
シミュレーション中。  
on-going

## 2018: QCD @ physical point

WHOT-QCD, EPJ Conf. 175, 07023 ('18); PoS Lattice 2018 ('19)

クォーク質量を物理点に下げた現実的QCDの研究も開始。少し粗い格子。



**Big Bang**

**Quark-Gluon Plasma**

**QCD Phase transition**

**Critical point**

**Equation of State**

**Nucleosynthesis**

**Supernova**

**Neutron star merger**

**Heavy-Ion collisions**

