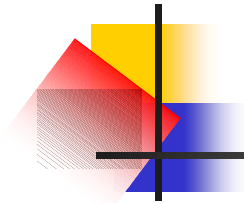


# 核物理研究と加速器

今井憲一 (京大・理) (核物理委員会)

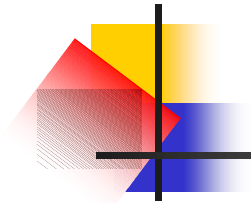
- 核物理の現状 (日本と世界)
- 核物理研究で日本が世界をリードするためには何が重要か？
- 大学研究者と加速器利用  
(大学の中小加速器と 国際的大型加速器の役割)
- “加速器科学”の研究資金のあり方
- 国 (または国の研究開発機関) に期待すること



# 核物理学

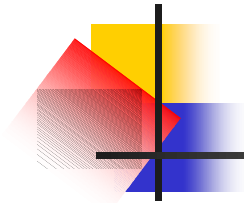
原子核の世界と、そこでの物理法則  
加速器とともに歩んだ学問

- 原子核世界のフロンティア  
極限状態の原子核 : 安定線から遠く離れた核、  
ハイパー核、超変形核、高温高密度核  
QCDとクォーク物質 : クォークグルオンプラズマ  
ハドロン構造、エキゾチックハドロン、質量の起源
- 核物理から広がる応用研究  
宇宙、物質 生命医科学、エネルギー、、、



# 日本の核物理

- 研究者 ~ 600名  
原子核談話会 — 核物理委員会
- 国内拠点  
KEK、阪大核物理センター (RCNP)、理研
- 国際共同研究の海外拠点  
BNL - RHIC (CERN, GSI, JLAB, ...)
- 各大学・機関の中小加速器  
筑波大、東大、京大、阪大、九大、原研、... : タンデムバンデ  
東北大 : 1GeV電子加速器、サイクロトロン
-

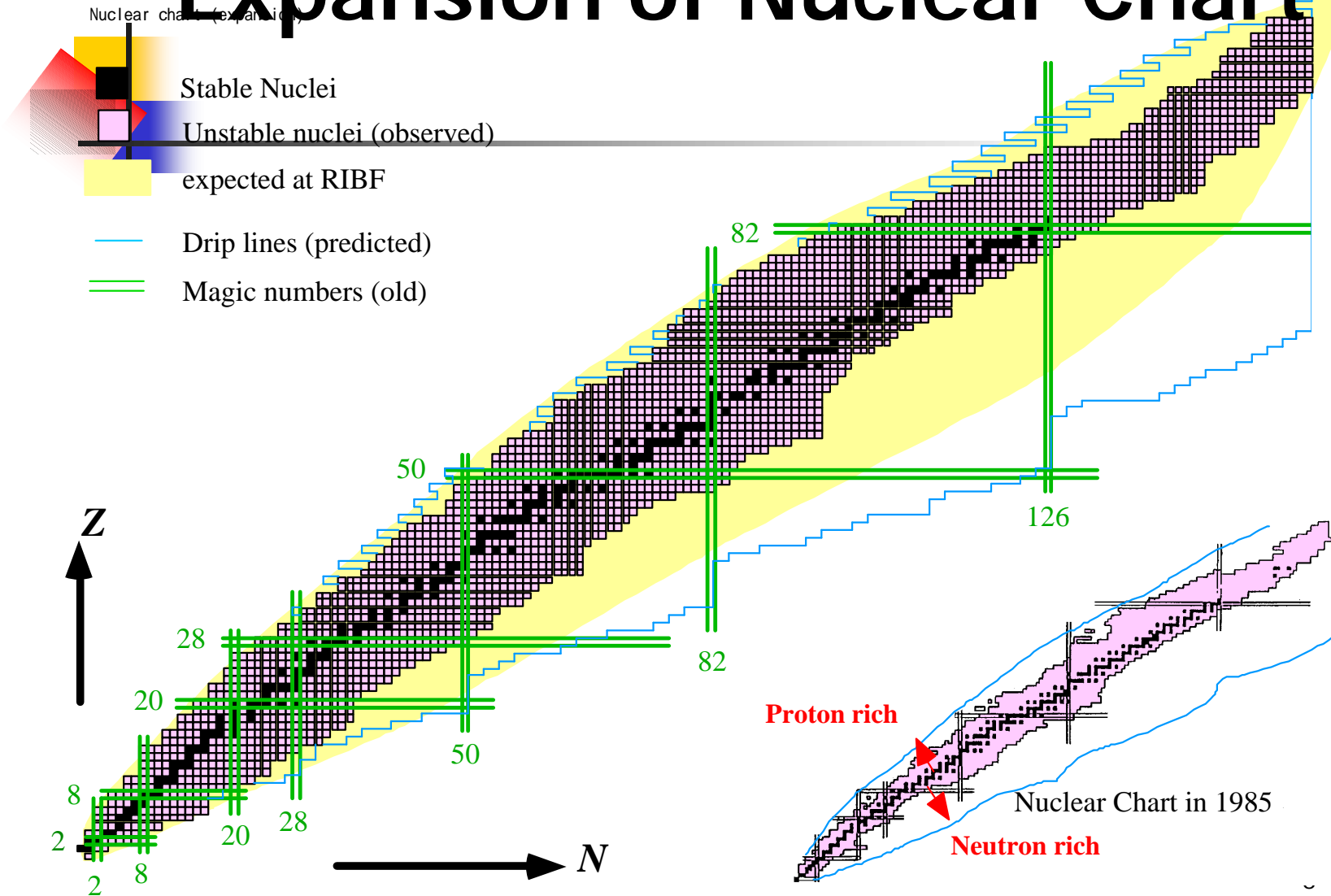


## 世界をリードする日本の研究 (例)

---

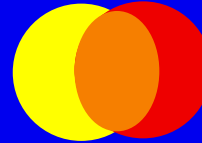
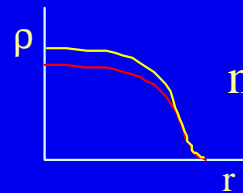
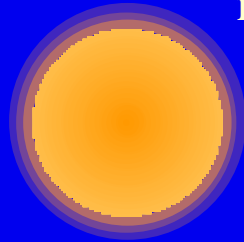
- 不安定核 (理研)
- ハイパー核 (KEK)
- エキゾチックハドロン (SPring8)
- 巨大共鳴 (RCNP)
- 
- 
-

# Expansion of Nuclear Chart



## New Structure of Nucleus

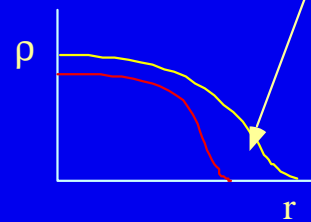
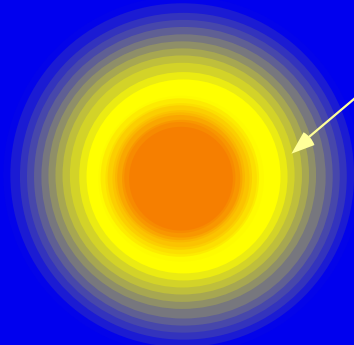
stable  
nucleus



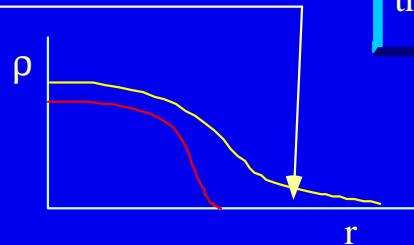
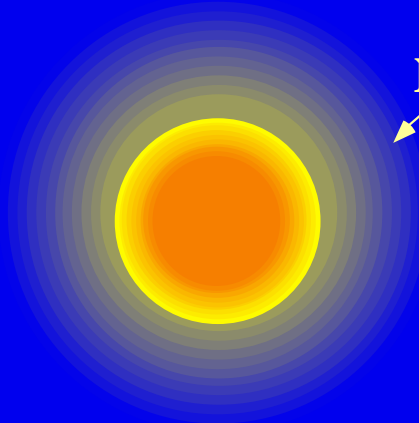
neutron

proton

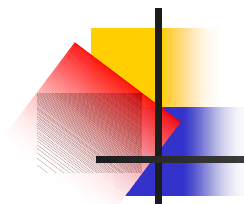
**Neutron skin**



**Neutron halo**

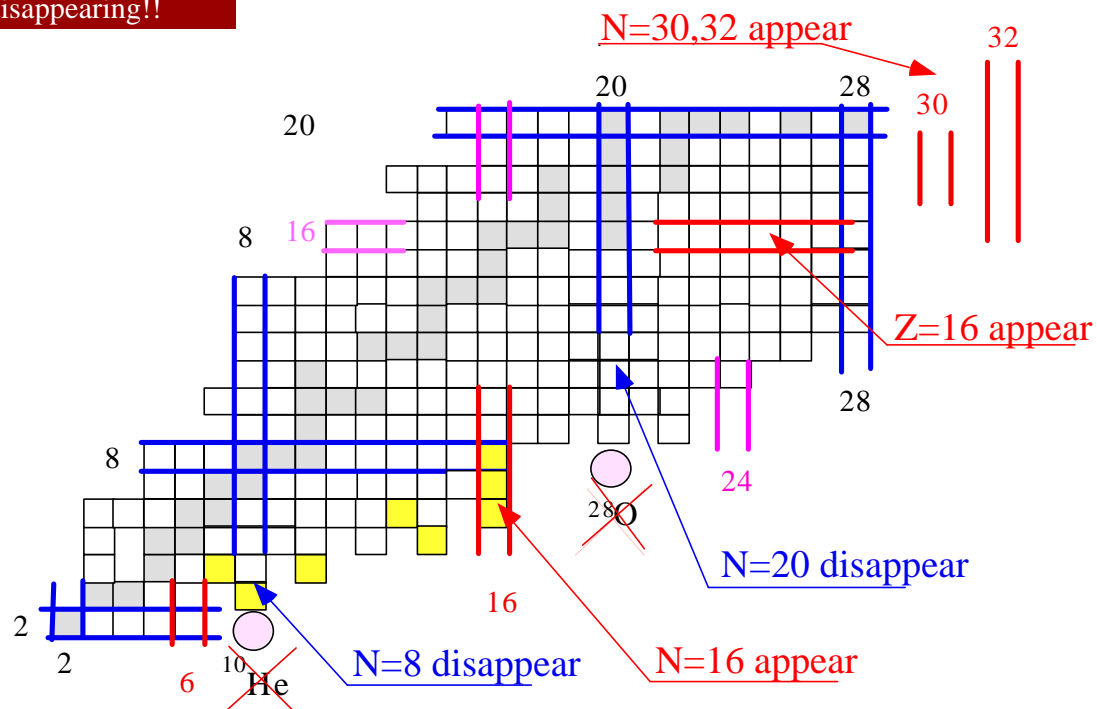


A Layer of neutrons is formed on the surface. Ratio of proton and neutron there is similar to that of neutron star.



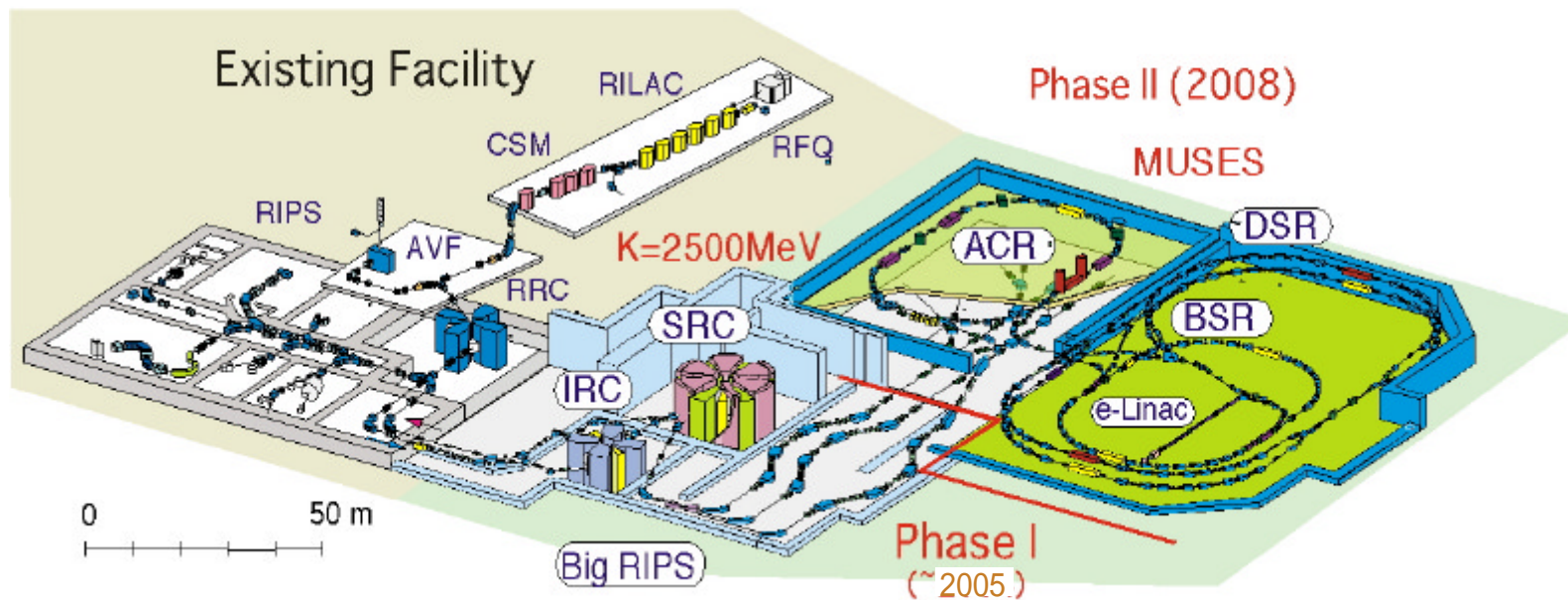
# 魔法数の変化

They are not just disappearing!!

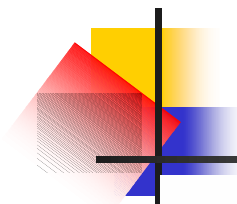


# Bird Eye View of RIBF

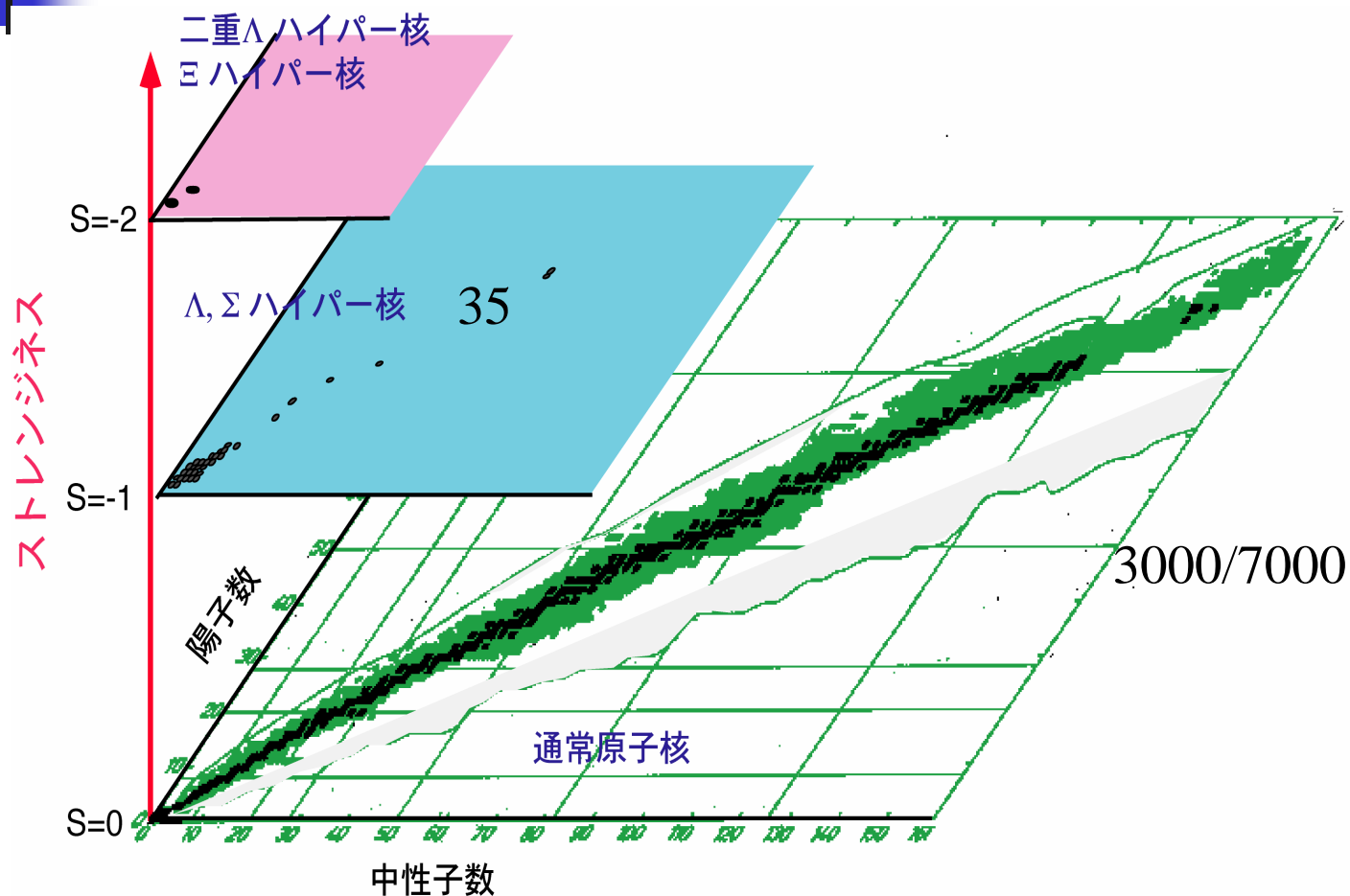
## RIKEN RI Beam Factory







# Nuclear Chart with Strangeness

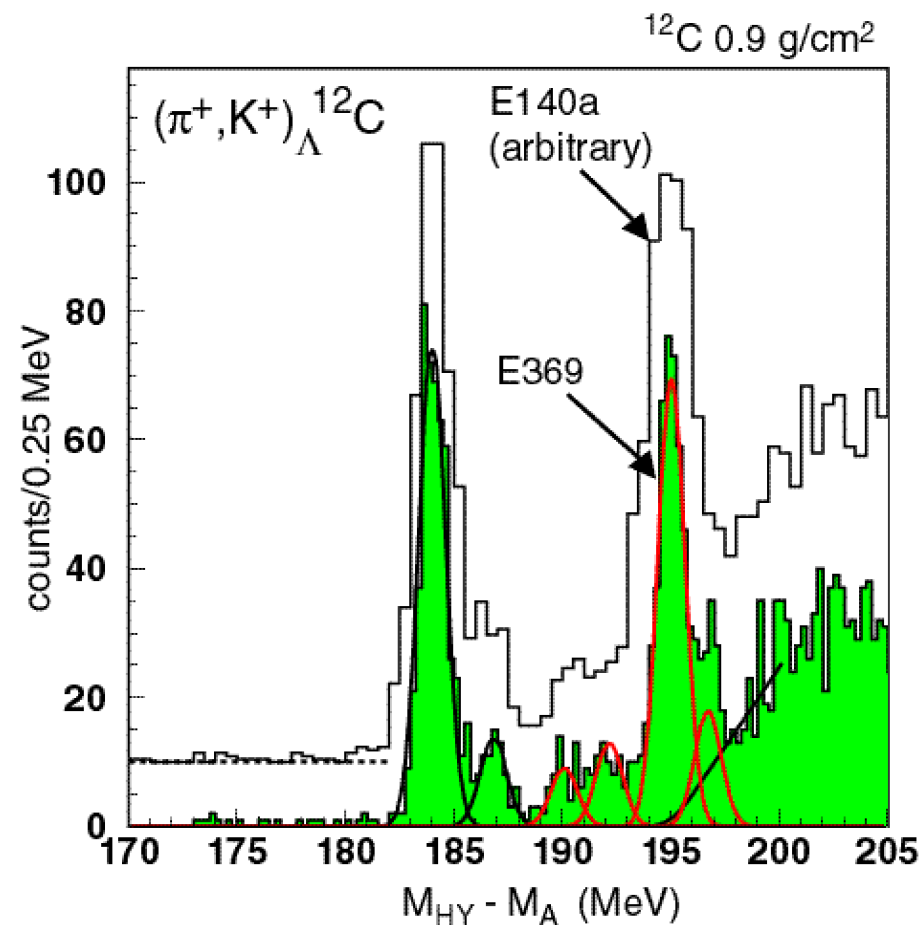


# ハイパー核 $_{\Lambda}^{12}\text{C}$

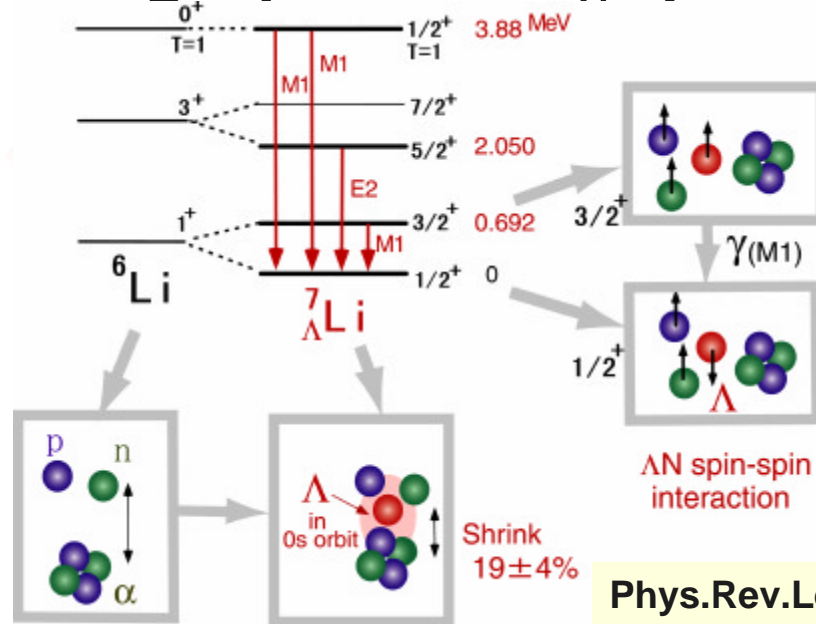
Best energy resolution  
? E(FWHM)

= 1.45 MeV

2.0 MeV



# High-precision g spectroscopy with Hyperball



## QUANTUM CHROMODYNAMICS Quark Quirk Triggers Nuclear Shrinkage

If atoms had egos, a few lithium nuclei would be nursing babies right now. By sticking an exotic type of quark, physicists have shrunk lithium nuclei down to four-fifths their original size. In the process, the scientists developed a new theory that can explain nuclear interactions of all varieties.

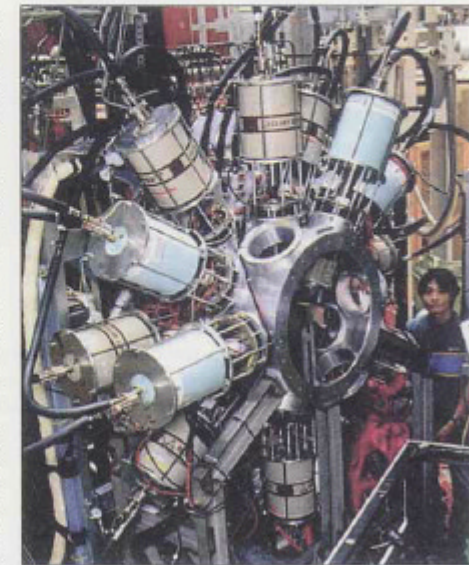
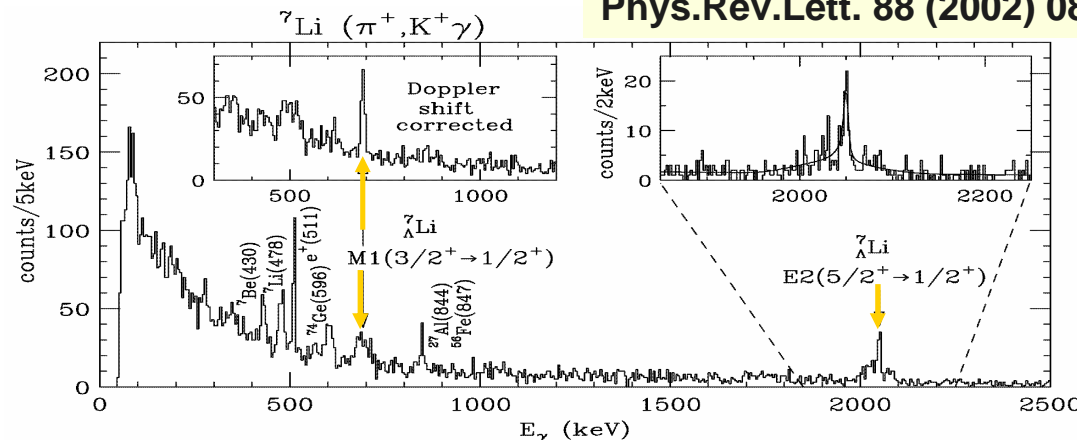
"Shrinkage of about 20% is very surprising," says Hirokazu Tamura, a physicist at Tohoku University in Sendai, Japan. "Nuclear physicists know that compressing the nucleus is

system, and it makes everything more stable by interacting with the [protons and neutrons]," Tamura says. The extra  $\Lambda$  binds the particles more tightly together but, unlike an added proton or neutron, takes up no additional space. The stabilized nucleus shrinks.

Tamura's team observed the shrinkage by measuring the gamma rays emitted at the time of the decay. The particles' decay rates can help scientists determine not only a hypothesis about the nature of the strong force but also the

News of the week  
Science 291, 9 March 2001

Phys.Rev.Lett. 84 (2000) 5963  
Phys.Rev.Lett. 86 (2001) 1982  
Phys.Rev.Lett. 88 (2002) 082501

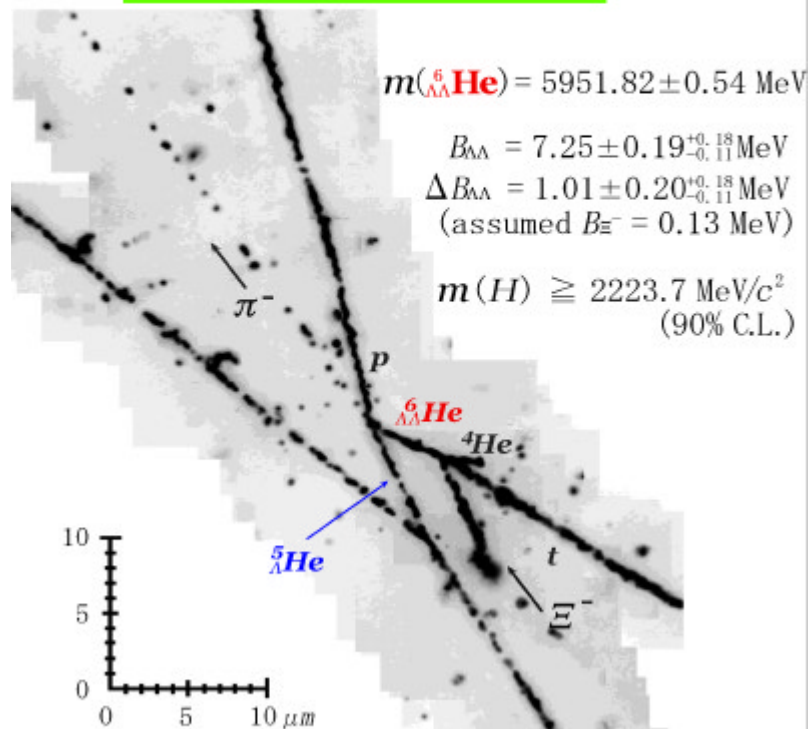
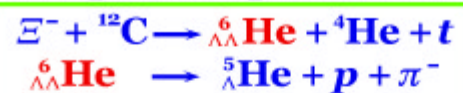


**Squeeze play.** Gamma rays entering the 14 spokelike detectors of Tohoku University's Hyperball instrument showed evidence of pint-sized lithium nuclei.

# ラムファの発見

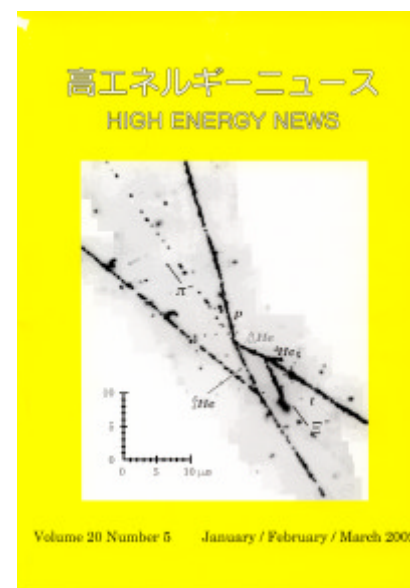
Dec. 19, 2001

${}^6_{\Lambda\Lambda}\text{He}$  double-hypernucleus  
Unique interpretation!!



**"NAGARA" event**  
presented by E373(KEK-PS) on Jan.2001

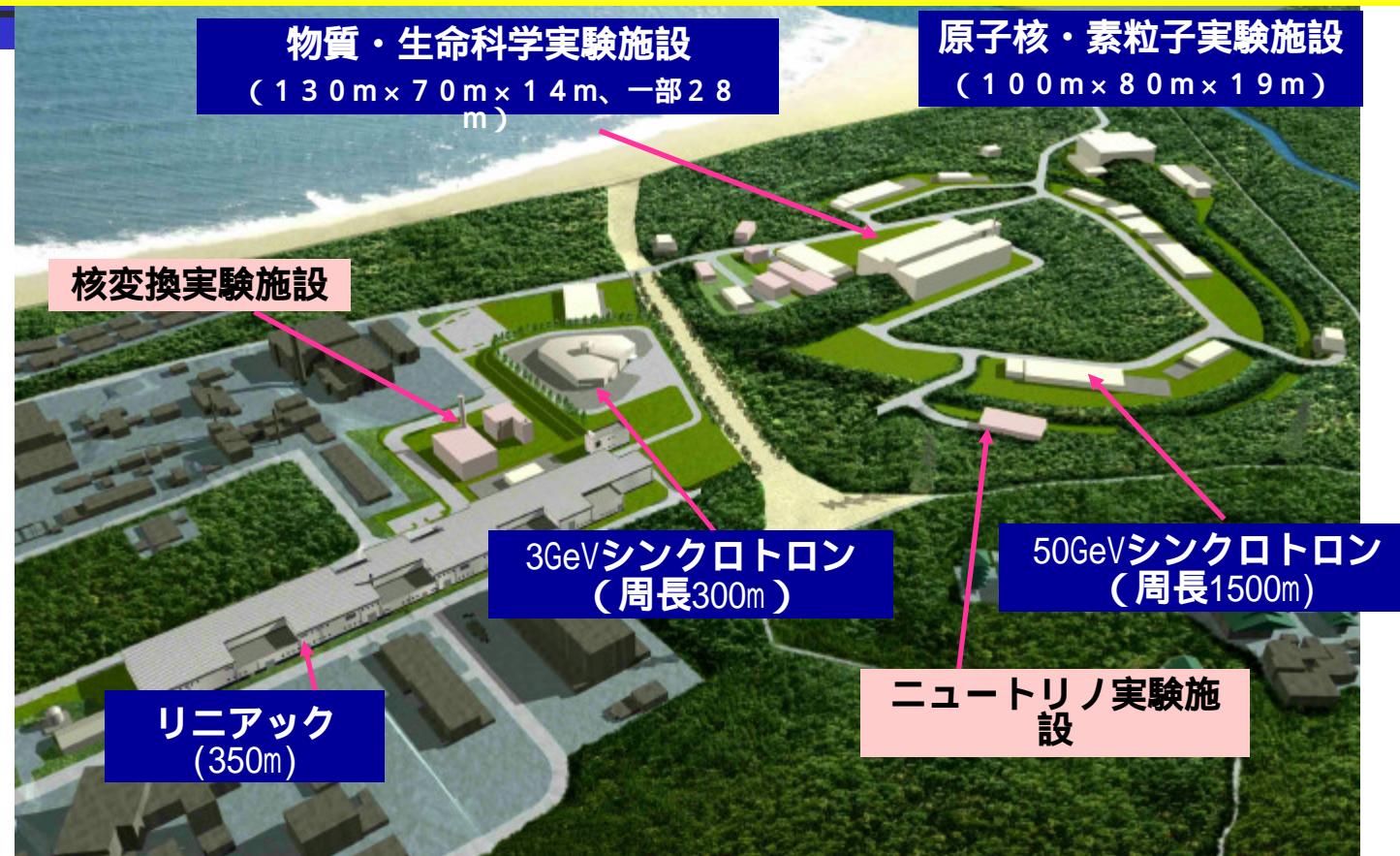
Phys. Rev. Lett. 87 (2001) 212502.



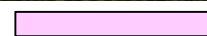


# J-PARC 大強度陽子加速器施設

## 日本原子力研究所と高エネルギー加速器研究機構との 共同プロジェクト

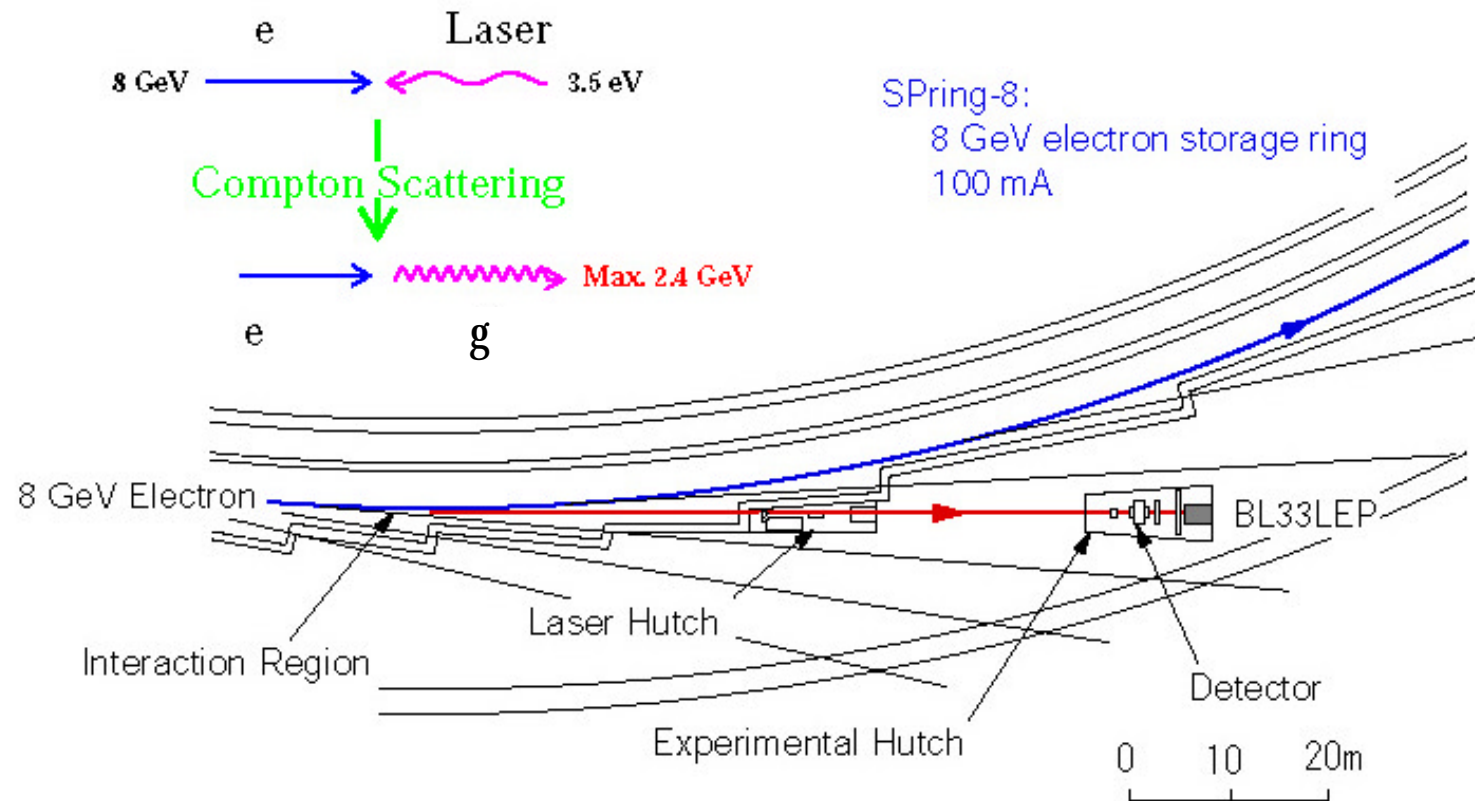


第1期施設



第2期施設

## Laser electron Photon at Spring-8



# Penta Quark $\Theta^+$ の発見

$M = 1540 \pm 10 \text{ MeV}$

$G < 25 \text{ MeV}$

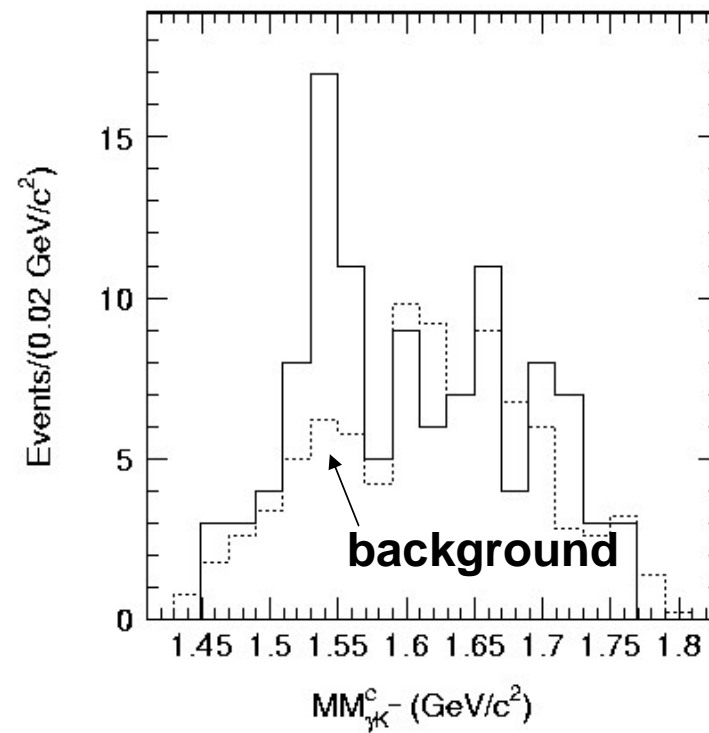
Gaussian significance 4.6 $\sigma$

dduus

- $g + n \rightarrow Q^+ + K^-$ ,  
 $Q^+ \rightarrow K^+ n$

Phys.Rev.Lett. 91 (2003) 012002

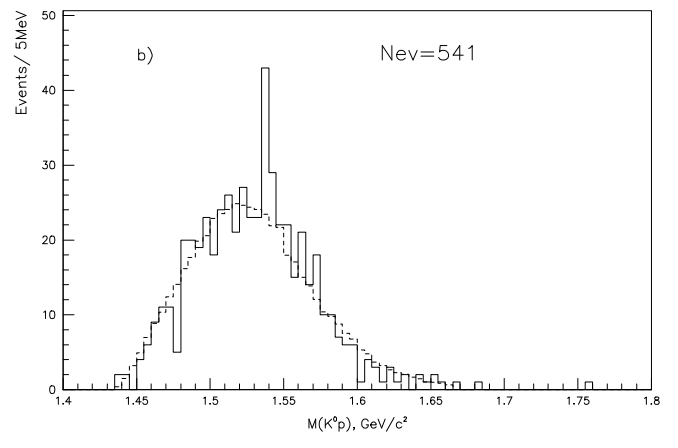
hep-ex/0301020



# Confirmation from other labs

DIANA/ITEP

$K^+ Xe$      $K^0 p X$   
( $K^+ n$      $K^0 p$ )



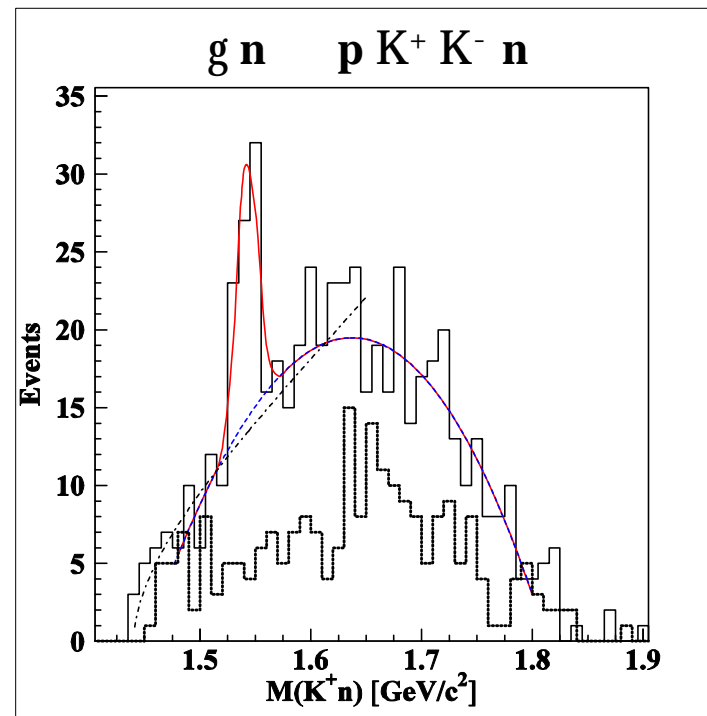
$M = 1539 \pm 2 \text{ MeV}$

$G < 9 \text{ MeV}$

hep-ex/0304040

CLAS/JLAB

$g n$      $p K^+ K^- n$

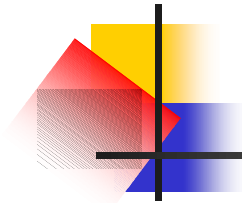


$M = 1542 \pm 5 \text{ MeV}$

$G < 21 \text{ MeV}$

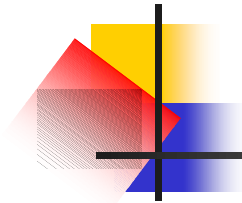
hep-ex/0307018





## 世界をリードする加速器施設

- ハドロンビーム      KEK-PS -> J-PARC
- 重イオンビーム      理研 -> RIBF
- 軽イオンビーム      阪大核物理センター(RCNP)
- 光子ビーム      SPring-8(LEPS)
- 超高エネルギー重イオン (偏極陽子) 衝突  
BNL-RHIC (国際協力)



## 大学での中小加速器 (例)

- 京大タンデム (8MV) の例

1. 学際的科学利用 (学内、近隣大学)

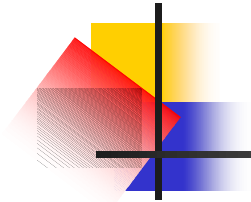
質量分析(AMS)、微量分析(PIXE)、マイクロビーム  
総合大学の広い分野の研究者 — 維持運営

2. 教育 (物理系 3、4年生)

後継者育成に極めて役に立っている。

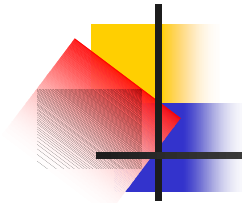
3. 核物理

大型加速器 (KEK, RHIC, RBF, ...) での実験の  
ための検出器開発 - 出撃拠点



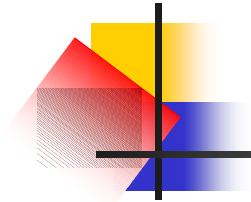
## 大学での中小加速器のあり方ー提言

- 拠点大学に‘加速器科学センター’を置き、地域の加速器関連科学の教育研究センターとする。
  - 教育 (学部・修士 + 社会教育 (中高生・一般)) に重点を置く
  - 運転・維持の容易な加速器
  - 運営経費
- 目的特化型の中小加速器
  - 特徴ある研究、利用 (医療、年代測定、、、)
  - 目的達成後はshut down



## 大型加速器での研究資金

- これまでは研究所が実験費用の大部分をサポート
  - **加速器と実験装置と両方あって研究ができる！**  
実験装置の予算枠を確保しないと、加速器への投資が無駄になる。  
一般競争資金では、big scienceということで不利になるだろう
  - 大学法人化  
**大学に資金を持ってこれない分野は評価されない？**  
実験装置などの実験費は担当のグループ (大学など) に直接配分すべき (米国のDOEの資金配分)
- 一 > **大型加速器研究の公募型資金が必要**



## 国 (研究機関) に期待すること

- J-PARC, RIBFの計画通りの完成
- これら加速器施設の運転・維持の責任体制
- ビームライン・実験装置の予算の確保  
実験装置などの実験費の公募と大学等をふくむ実行グループの組織への予算配分
- 国際化の努力
  
- 各地域の中小加速器施設の再定義、運営費の確保  
と教育活動 (中高社会教育) の奨励