

私の40年の研究と 核物理への遺言

宮崎大学工学部
坂口治隆



大学院生時代

- 大学紛争時代でベビーサイクロをよく一人で運転して実験したものです
- 東大物性研小林しん作先生が京大へ転出することになり、D1のときに研究室を解散することになった。
- 助手 鹿取謙二さん→筑波大タンデム
- D3 永嶺謙忠さん→東大工
- D1 私 →京大理
- 研究室のコロキウムには法政の谷藤さん、理研の上坪さんも参加されていた。



京大タンデム での実験

- 竹内末広 et al. IAR
を経由した陽子非弾
性散乱の角度相関

- 西村圭吾先生の
科研費で1500万円
でPISの開発に着
手→output 野呂修
論のデータのみ

Takeuchi, Toba

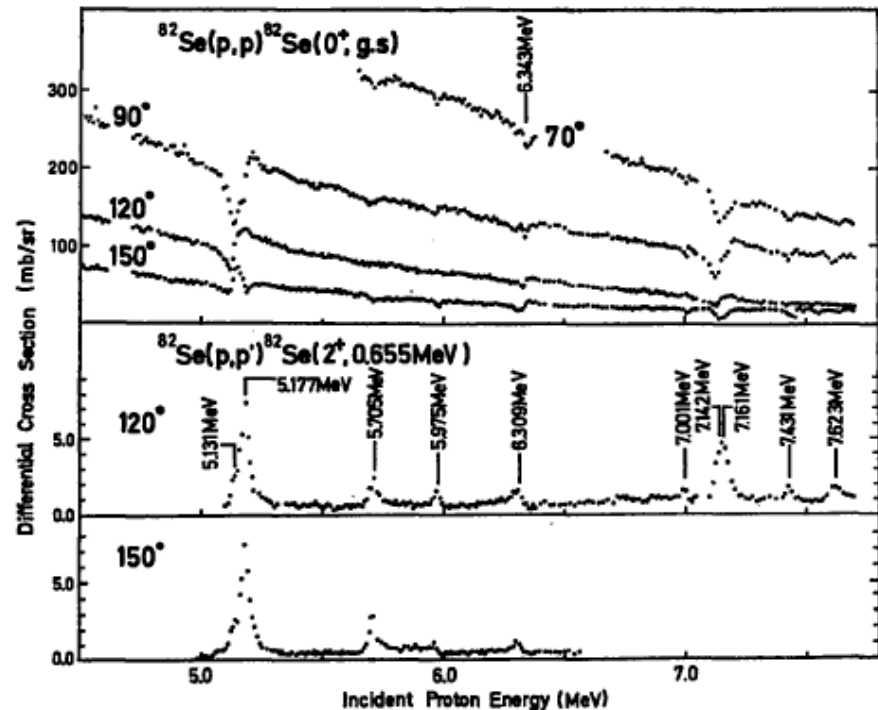
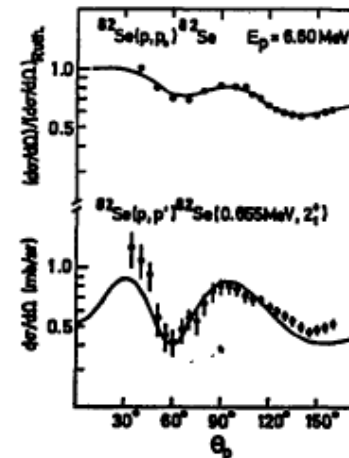
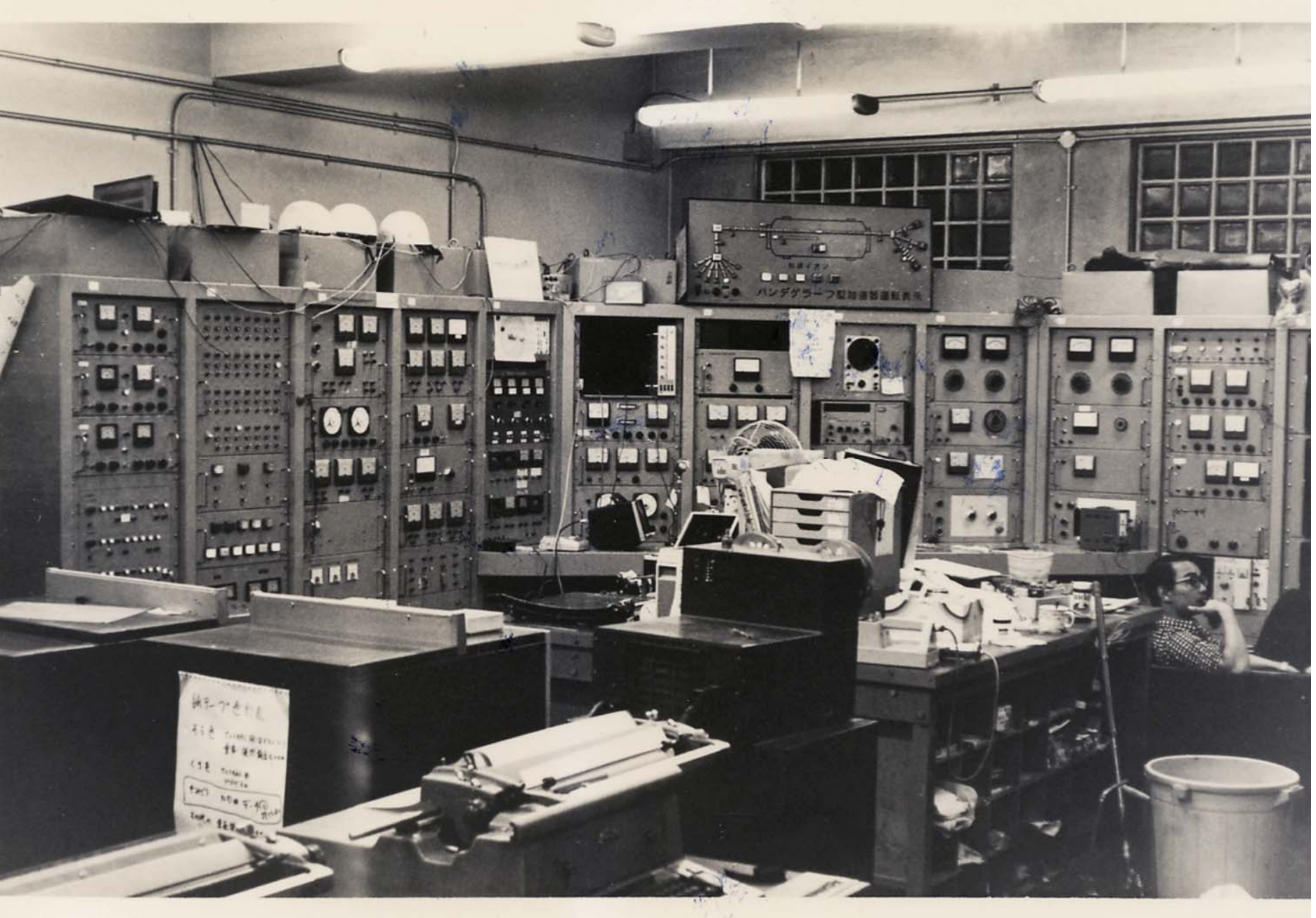
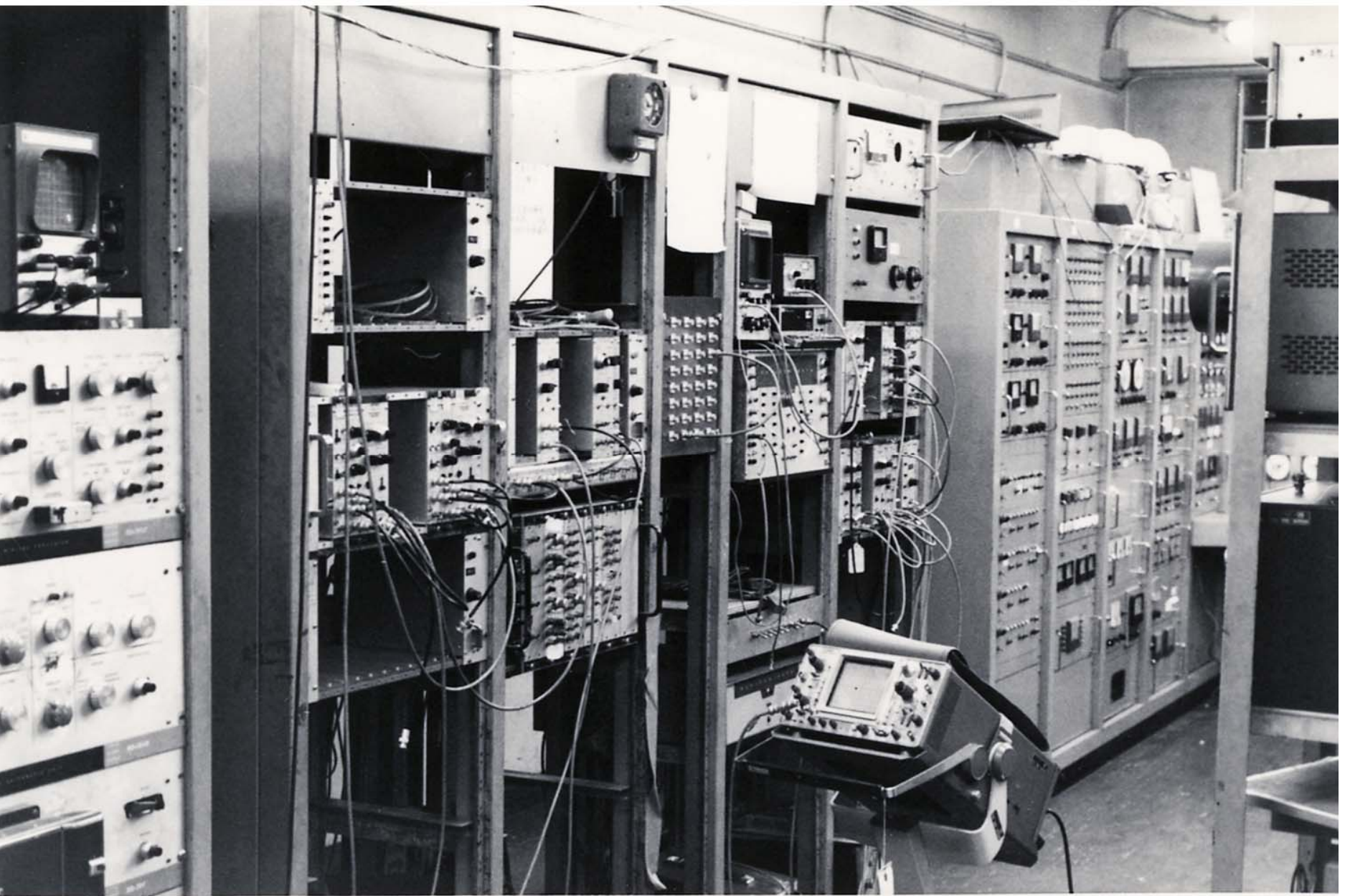


Fig. 1. Excitation functions for elastic and inelastic scattering of protons from ^{82}Se .





昔の京大タンデム(1970年代)



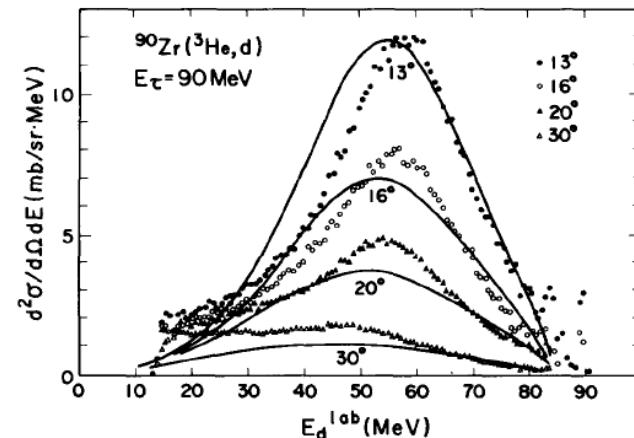
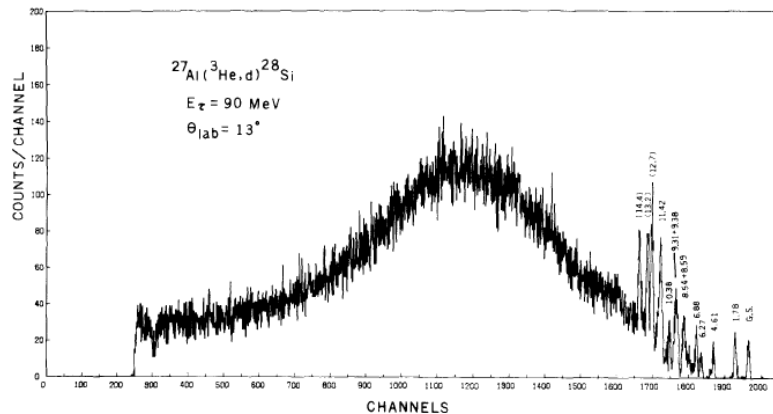
京大タンデム計数室(1970年代)

RCNP AVFでの実験1

- Projectile Fragmentation

IARの実験を($^3\text{He}, d$)で一気に測定したい。

最初は理研で中西さんたちと、次にRCNPで松岡さんたちと実験した。50stepのプログラム電卓で解析ができて楽しかった。

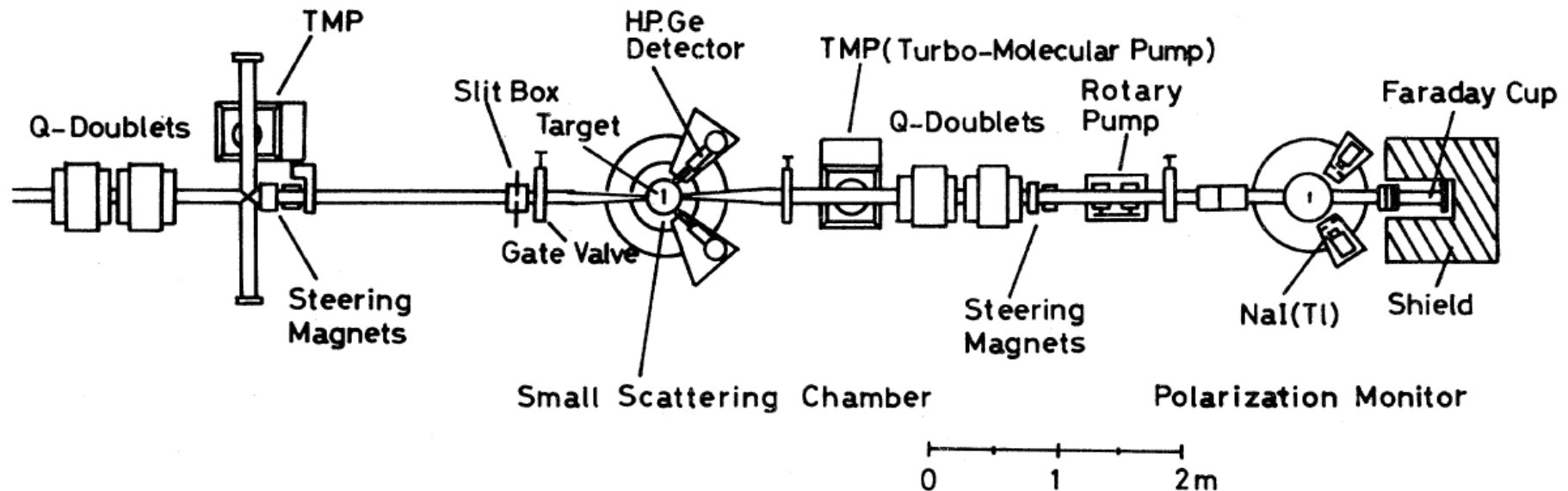


Matsuoka, Hatanaka, Goto, Kondo,

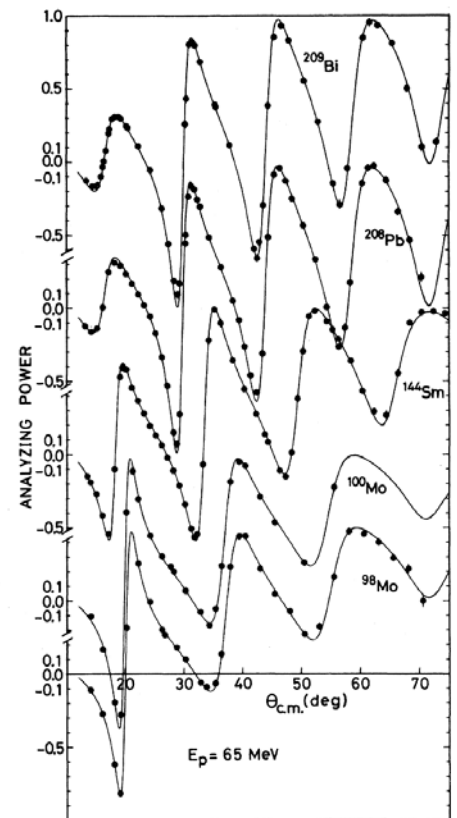
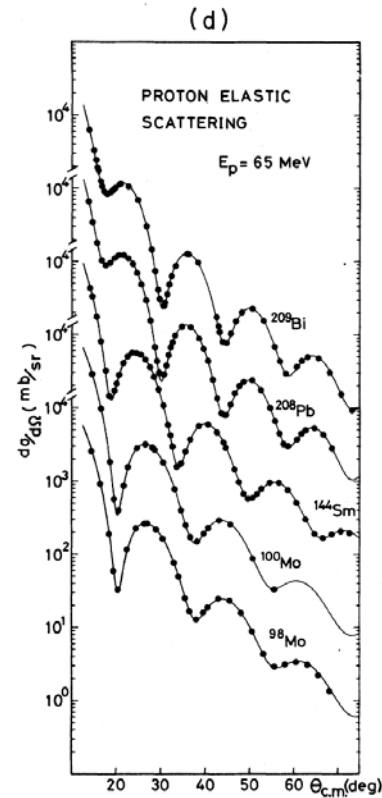
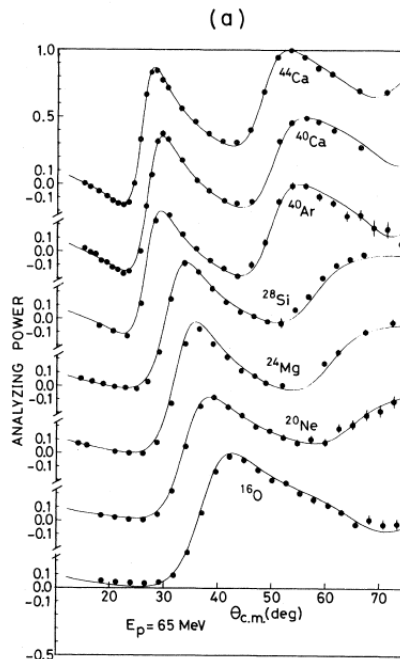
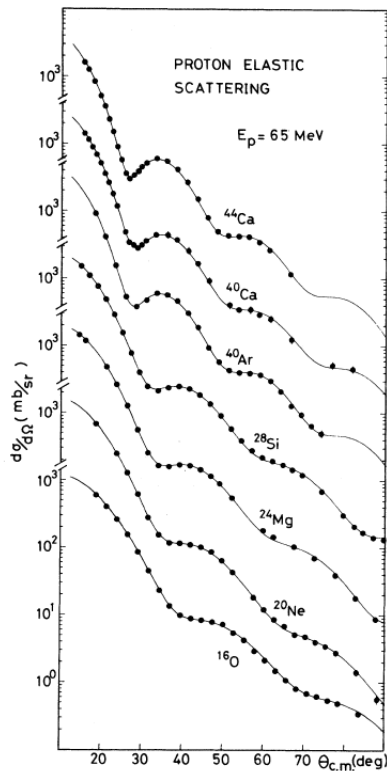
RCNP AVFでの実験2

- 陽子弾性散乱実験

まずは弾性散乱からという意味で始めた。
小林先生の影響(?)。最初はなかなか実験
に合うポテンシャルが見つからなかった。



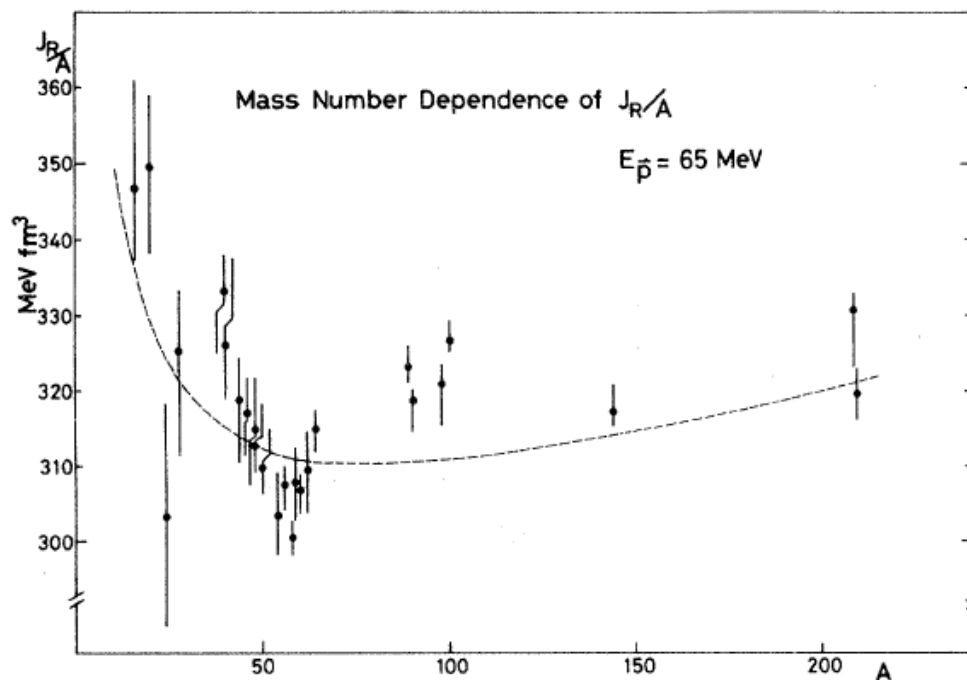
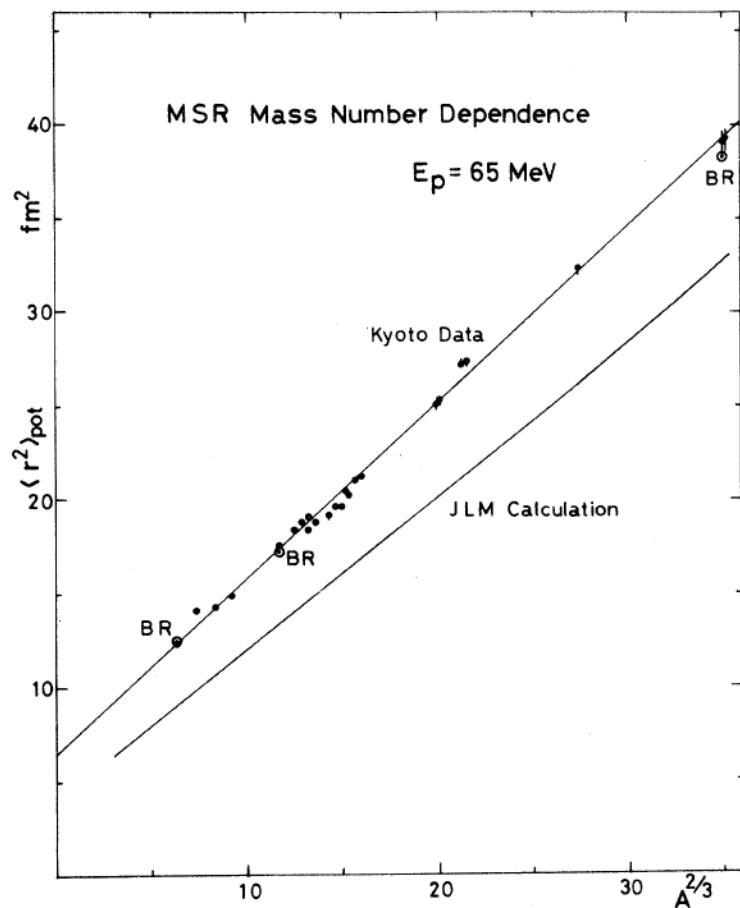
偏極陽子弾性散乱



Ar-gas 標的で断面積の絶対値が信頼のおけるものからサーチをやりなおしたところ、うまくいった。ギネスブックにのせてもよいほどぴたっと合うようになった。

Nakamura, Hatanaka, Goto, Noro, Ohtani, Sakamoto, Ogawa, Kobayashi

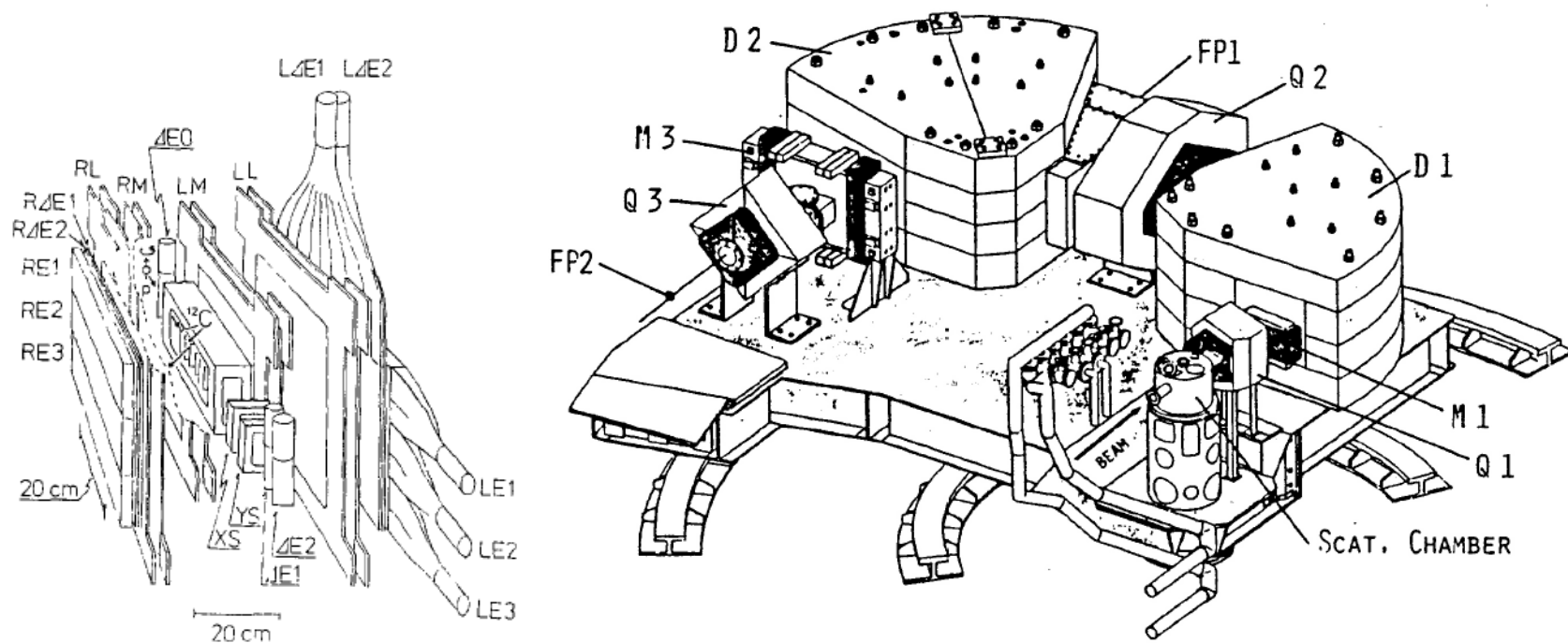
65MeV陽子弾性散乱



光学ポテンシャルは何らかの意味で平均化すると 楽しめる

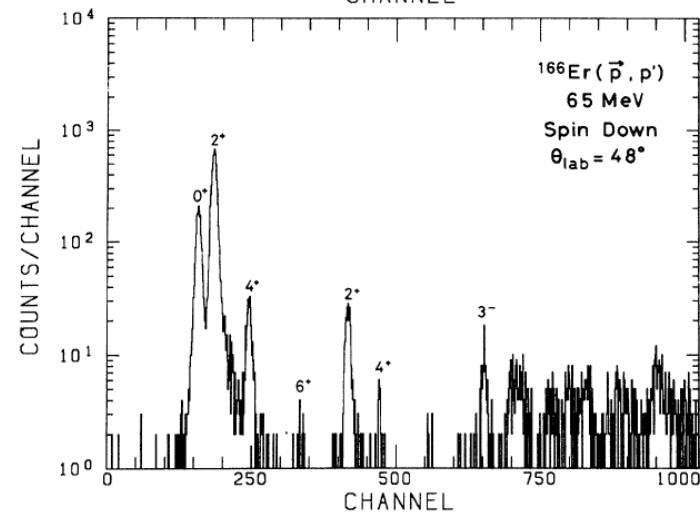
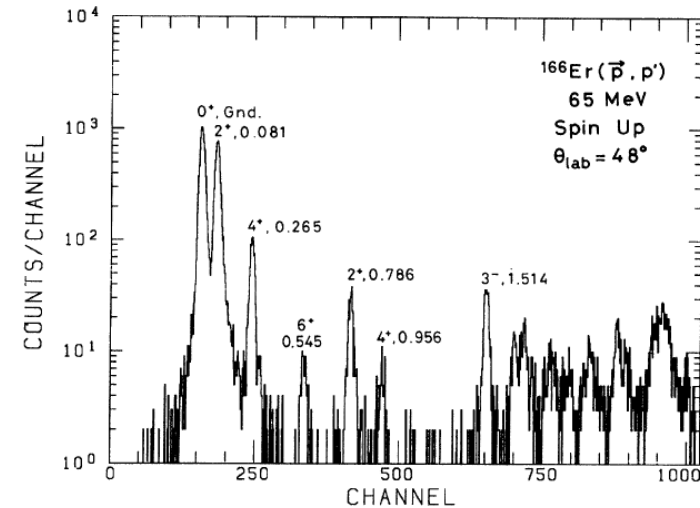
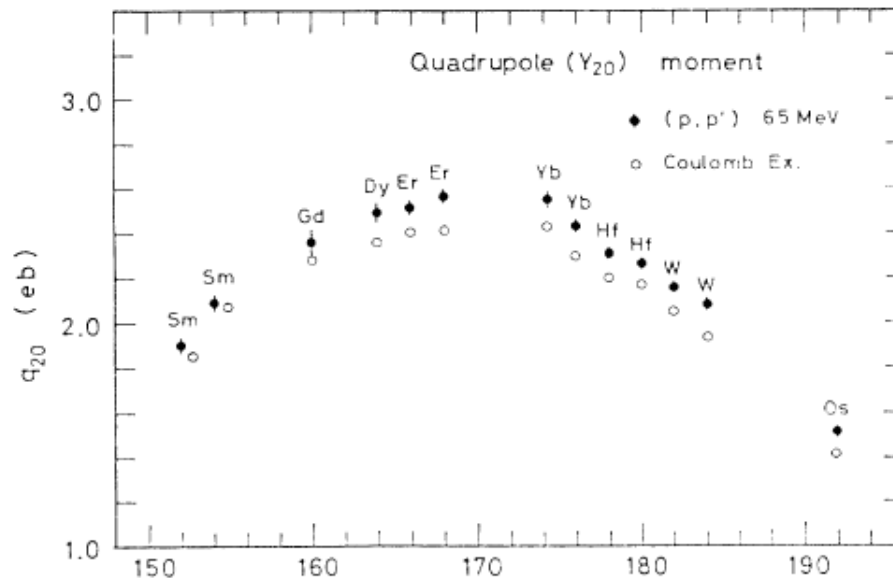
偏極スペクトログラフDUMASと武蔵

- 偏極移行パラメーター (Spin Rotation, Depolarization) の測定、弾性散乱の完全実験



RCNP AVF での実験2

- 変形核での陽子非弾性散乱
原子核の内部状態を変えない
という意味で擬似弾性散乱と
思って始めた。

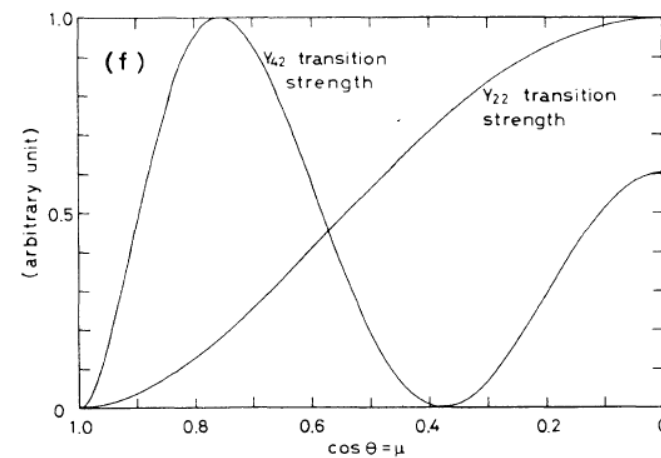
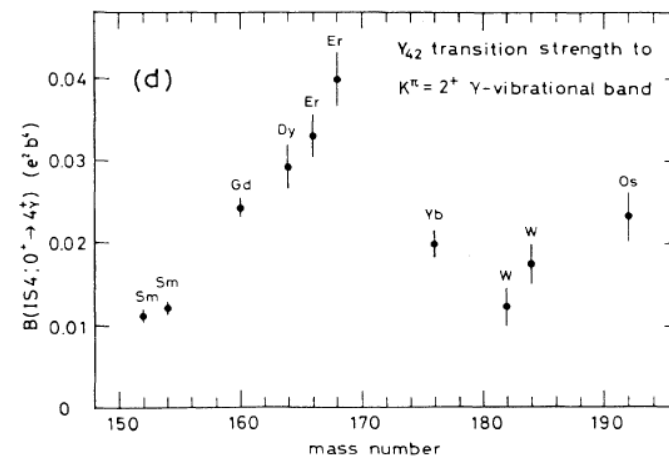
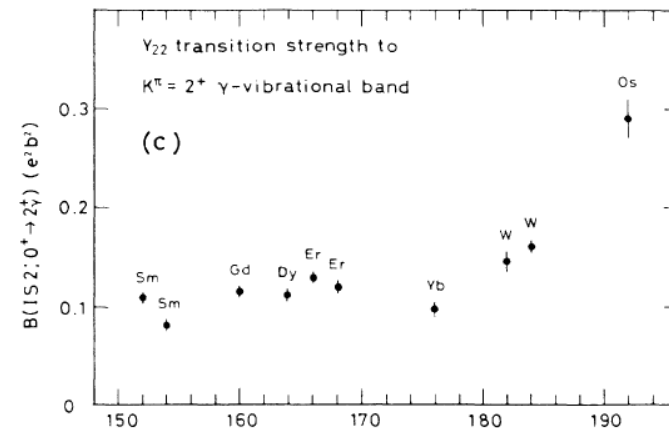
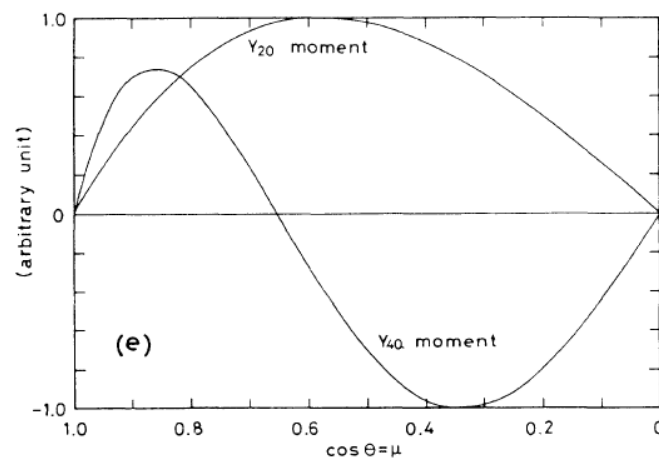
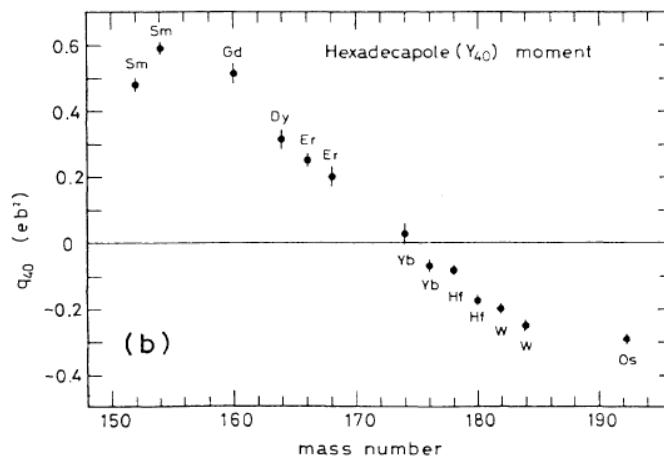
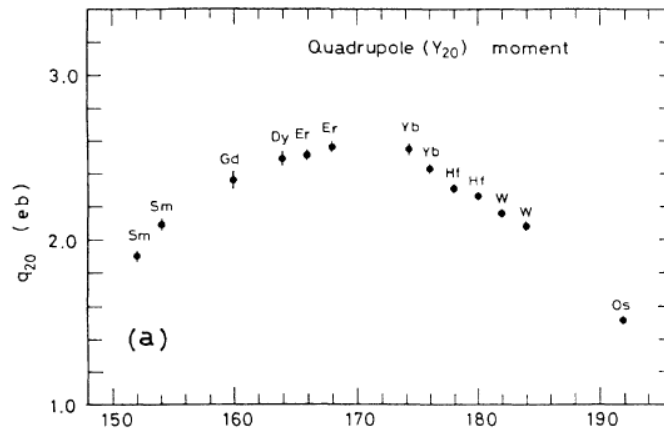
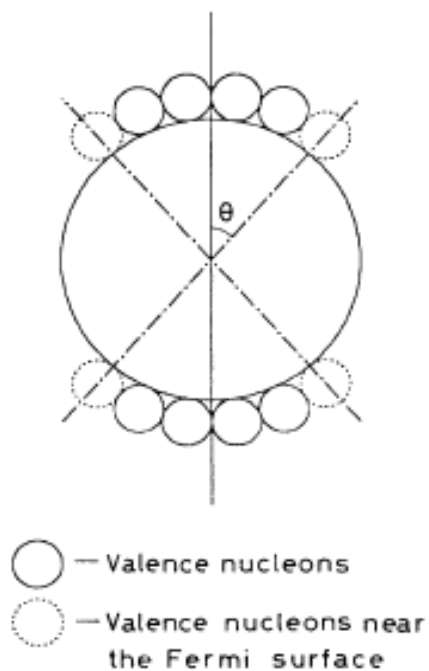


Ichihara, Takeuchi, Nakamura, Togawa, Kobayashi, Ogawa,

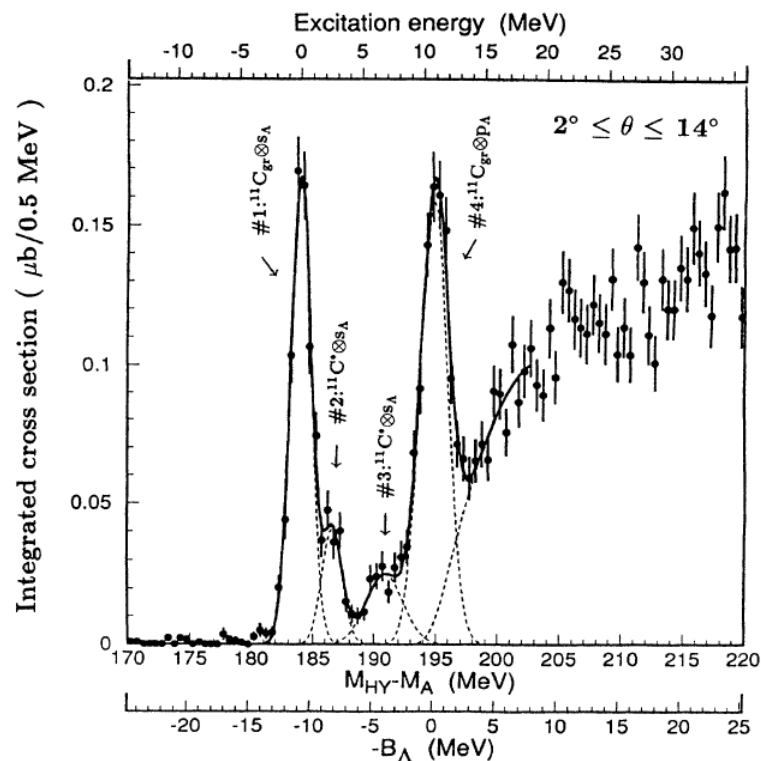
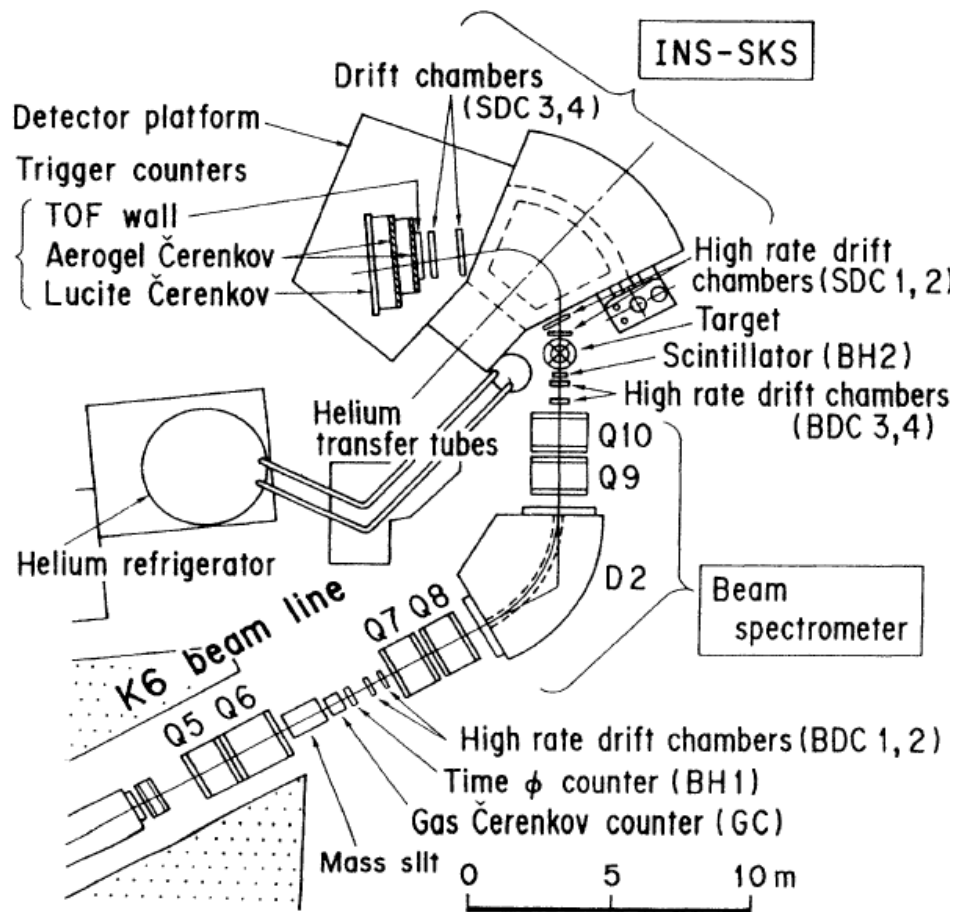
Polar Cap Model

By Bertch

Extended by us

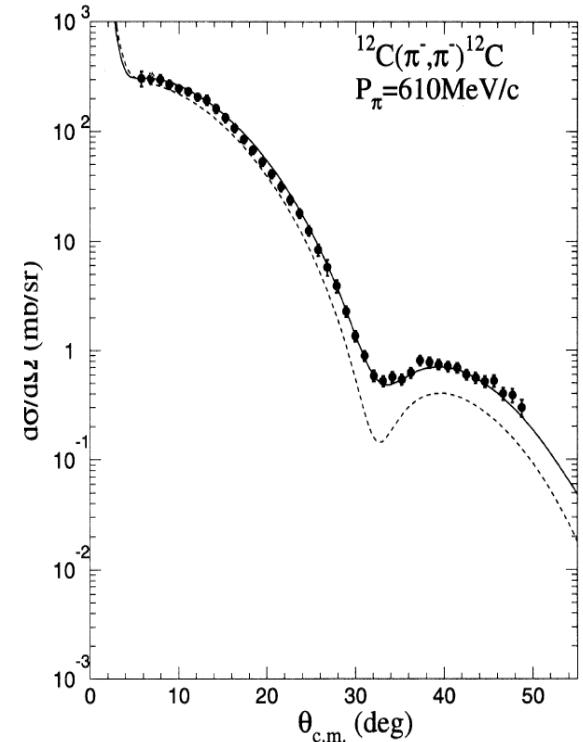
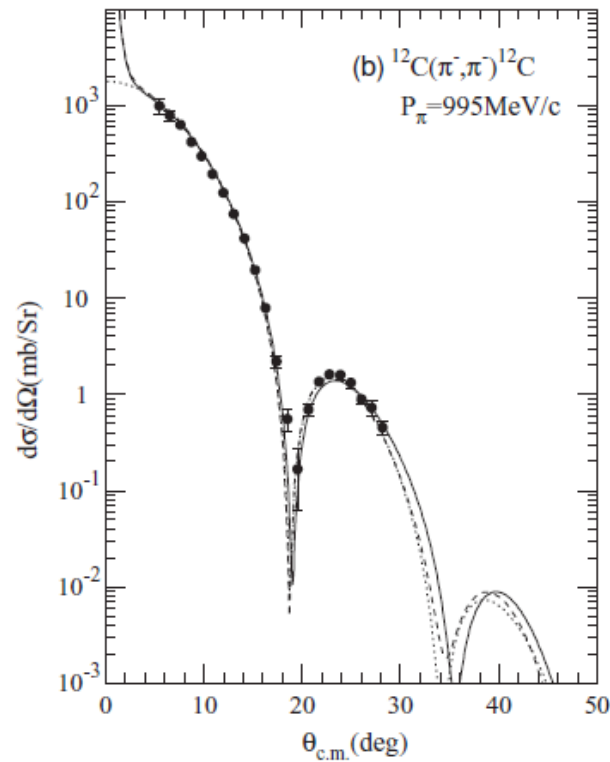
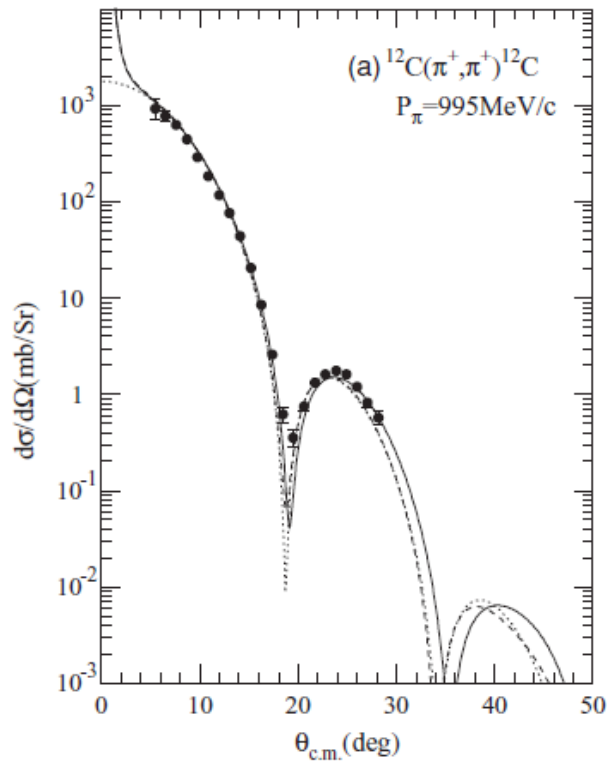


KEK SKS での実験に参加



Hashimoto, Nagae, Hasegawa, Takahashi, Aoki, Sekimoto, Nouumi, et al.

Pion Elastic Scattering at GeV region

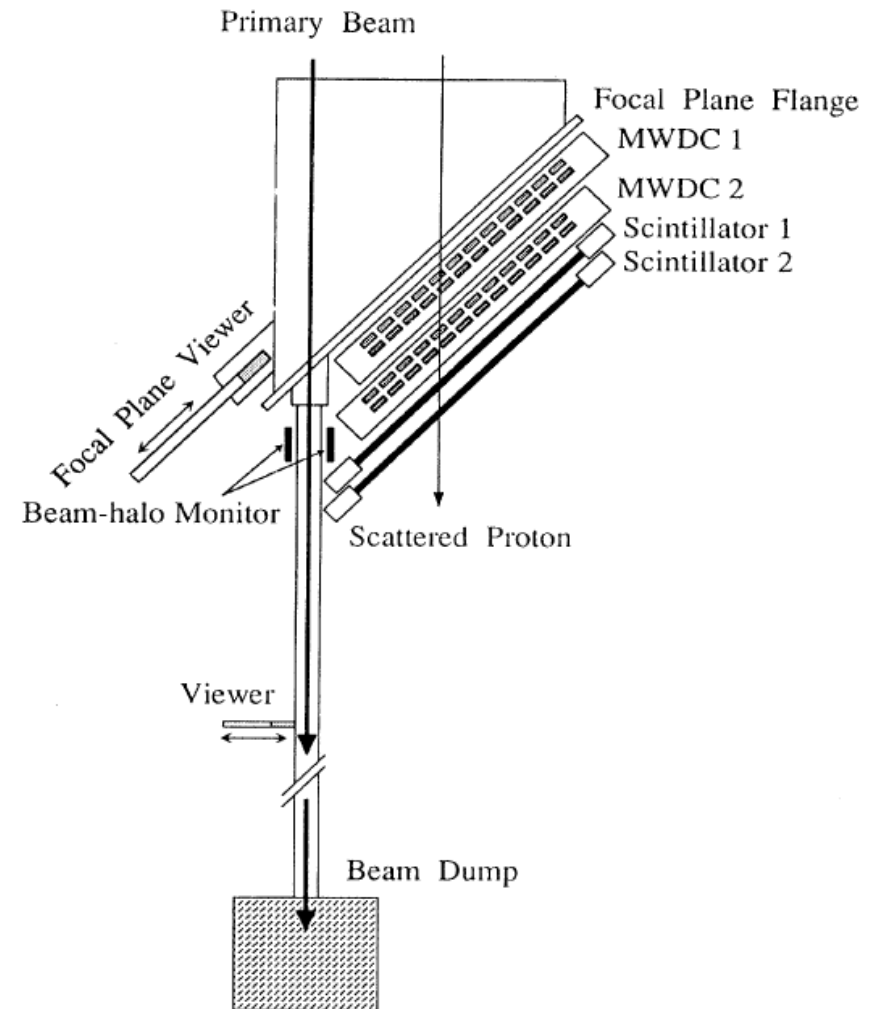
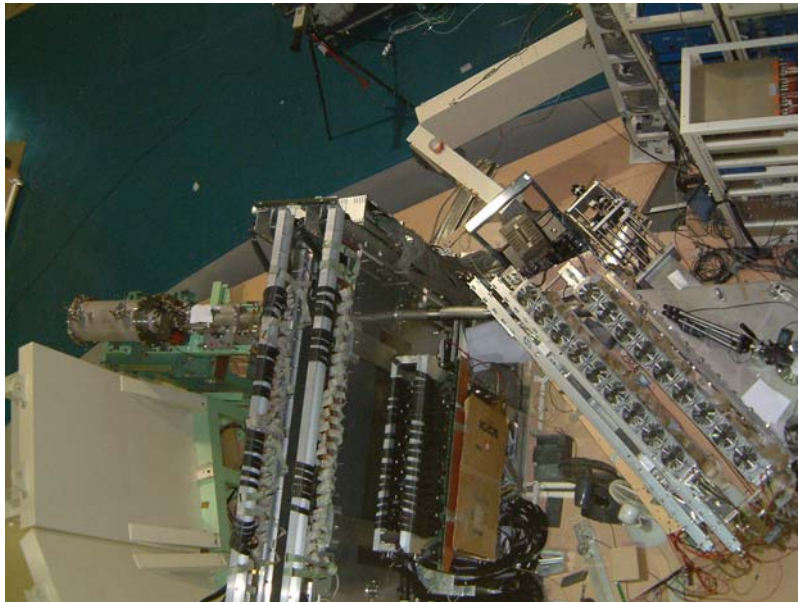


RCNP Ring Cyclotronでの実験

- 陽子弾性散乱
- ゼロ度非弾性散乱(陽子、 α)
- Focal Plane Polarimeter の開発

RCNP Ring での実験

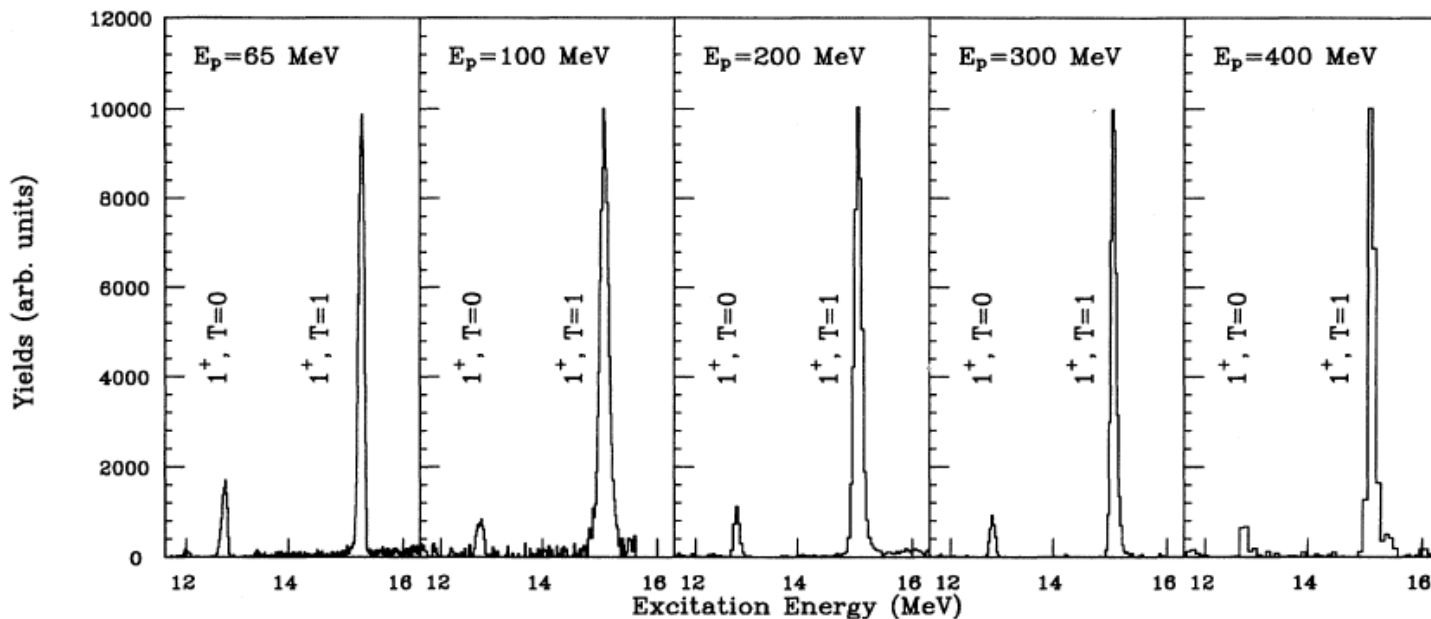
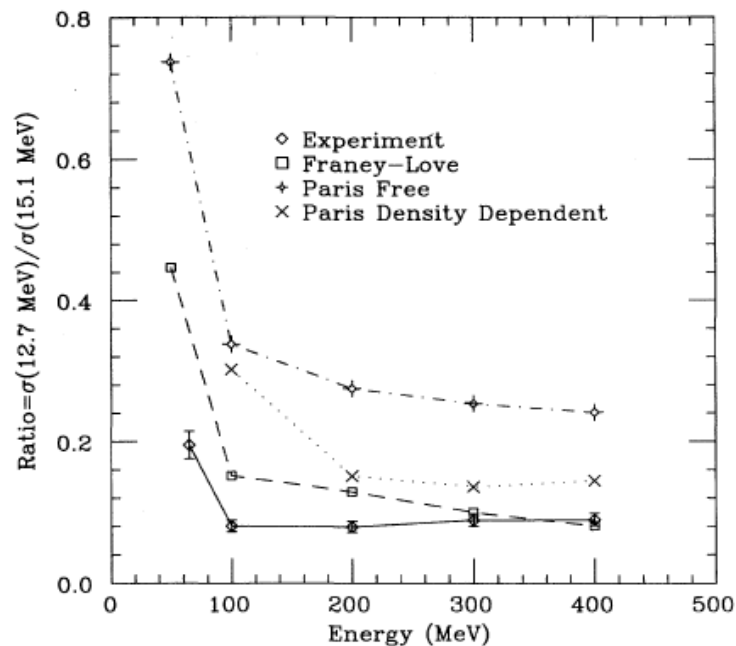
- ゼロ度非弾性散乱
Ring建設を前にして
Mag.Spectrometer
の研究会で提案



ゼロ度陽子非弾性散乱

^{12}C 1^+ at 12.7 MeV

1^+ at 15.1 MeV



Sakemi, Yosoi, Akimune, Takahashi, Tamii, Noro, Hatanaka, Fujiwara

Ring での実験2

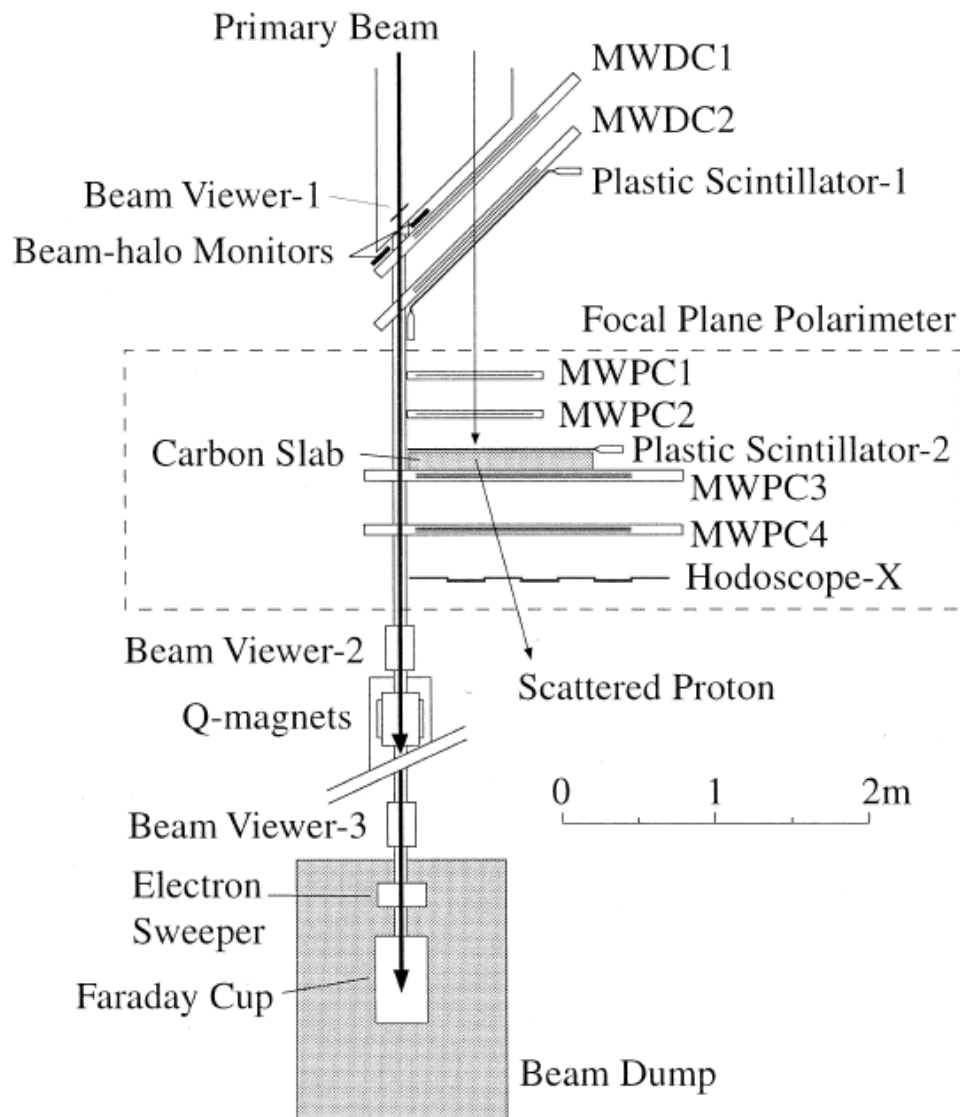
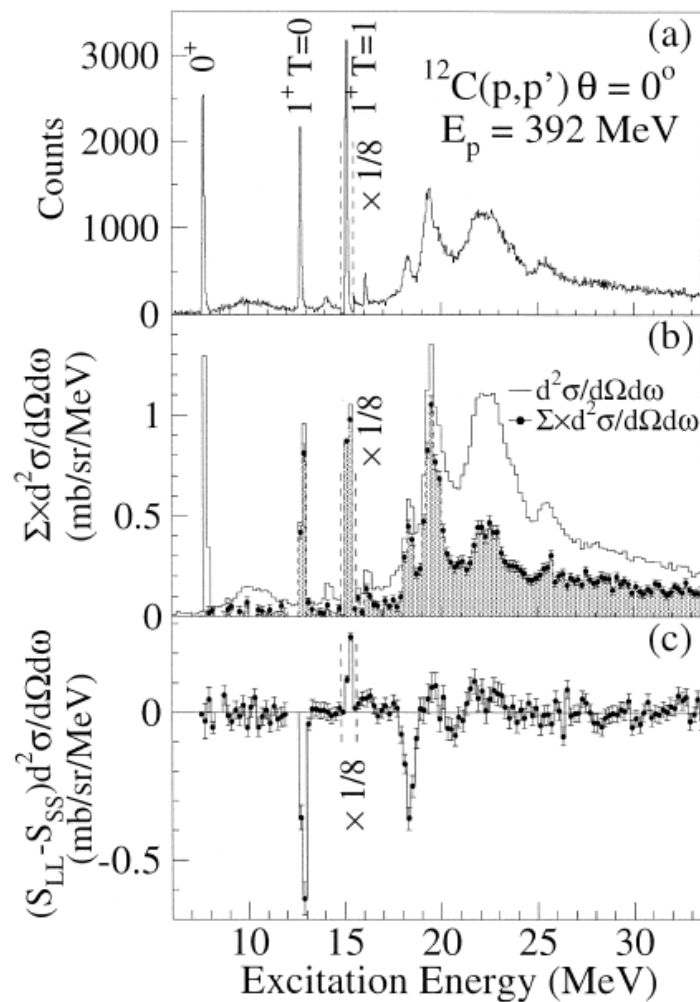
- 焦点面polarimeterの開発
大型MWPC+高速DAQの開発
CPUを介さないでデータを取り込む
FPGAを使用した2nd level trigger系、
RDTM(竹田), FCET(川畑), Dual Buffer
Memory を用いた高速データ転送系(Tami
DAQ)
新しい試みばかりで楽しめた



北

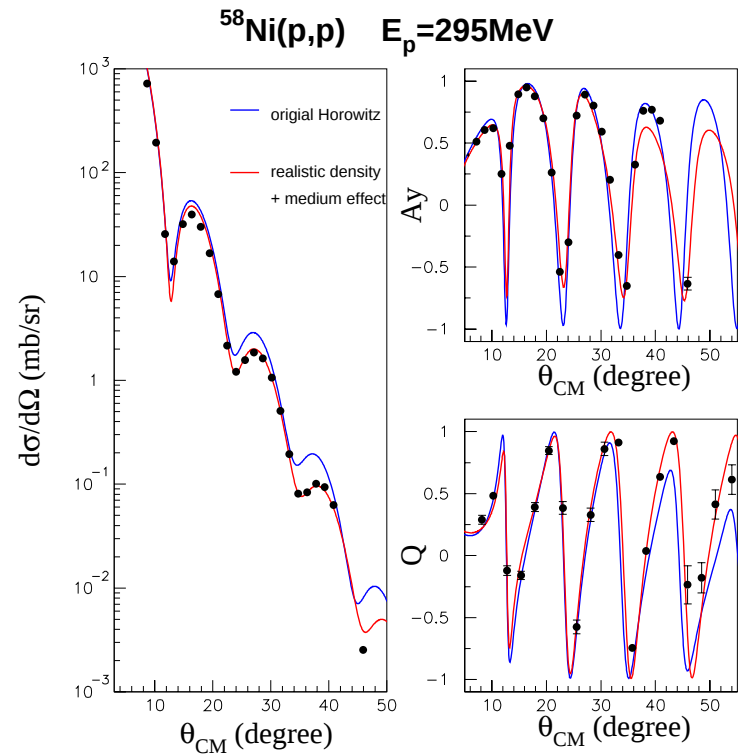
この装置は、
遠隔（の電報）センター、
グネットなど、ムシャツツの
して下さい。

FPP+ゼロ度



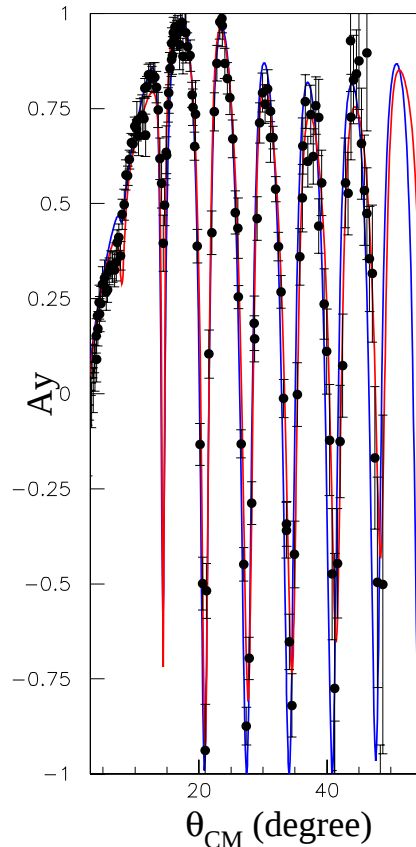
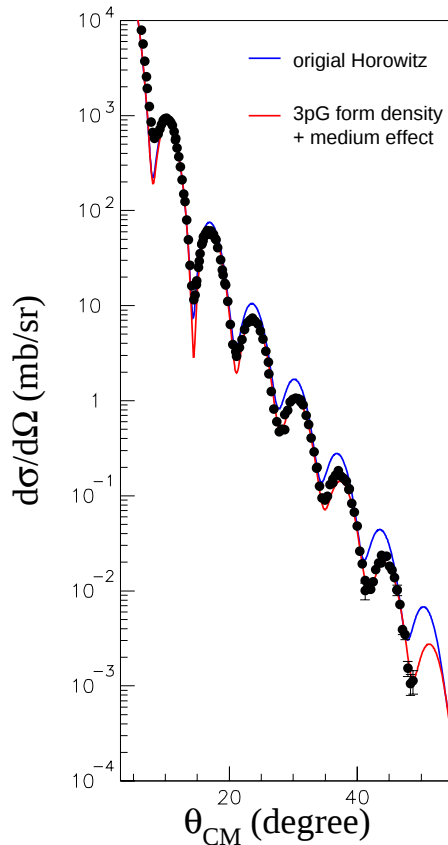
RingExp 陽子弾性散乱

- 最初はFBなどの現象論をトライしたが、 A_y にスパイクがでたりして異常な振る舞いをするので、RIAに切り替える。
RIA+媒質効果 に気づく



“Medium effects” for ^{208}Pb

$^{208}\text{Pb}(p,p)$ $E_p=300\text{MeV}$ Data in TRIUMF



Using the same “medium effect” parameter for ^{58}Ni parameter, We can Even reproduce the $d\sigma/d\Omega$ and A_{y0} in ^{208}Pb



for heavy nuclei (from ^{58}Ni to ^{208}Pb)
this method is effective?

Input:

interaction: the same “medium effect”
as for ^{58}Ni

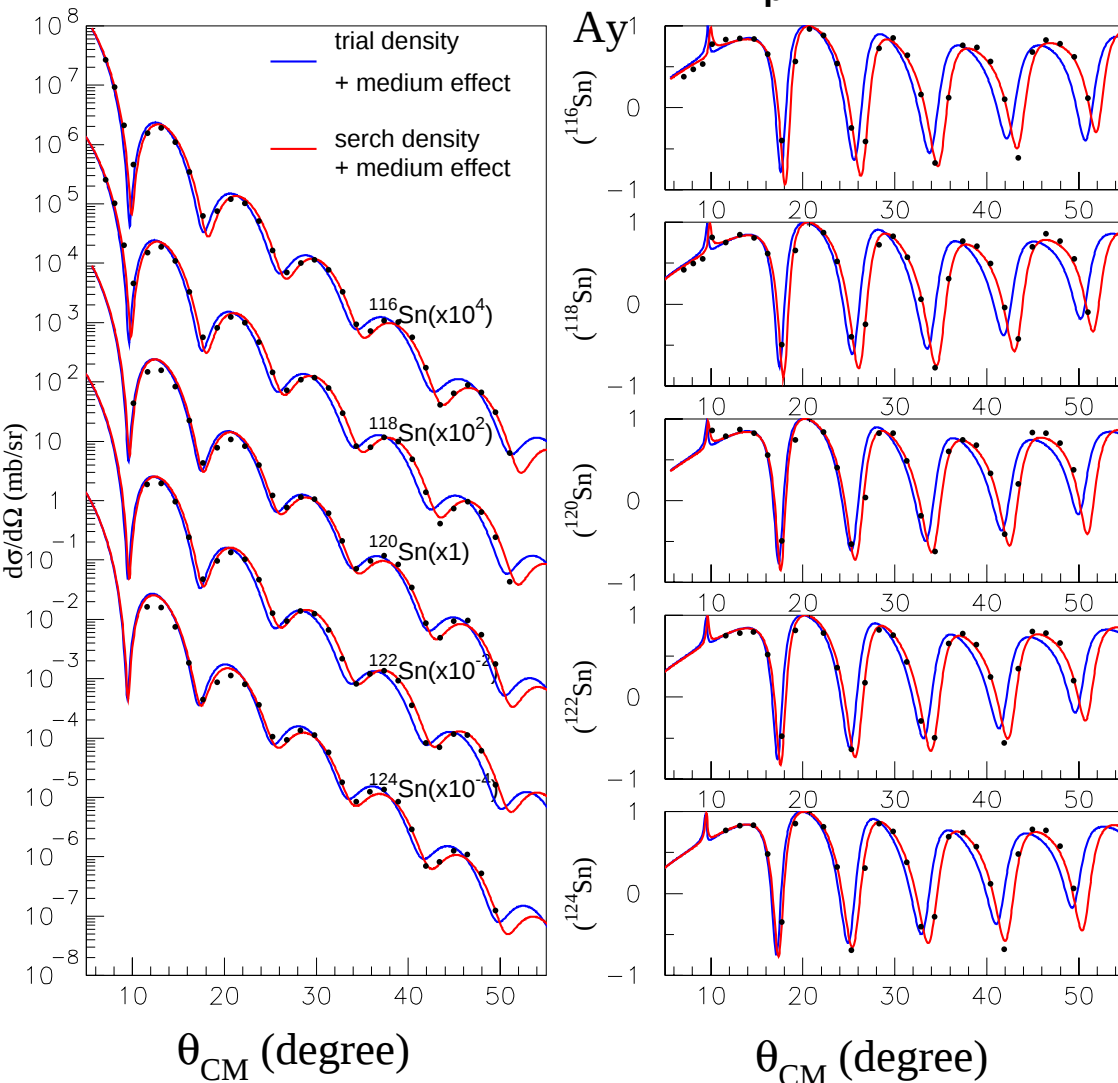
proton density: charge density
+ charge form factor

neutron density: 3pG-type density

reference L. Ray PRC**18**(1979)

Experimental results and searched results

$^{116,118,120,122,124}\text{Sn}(p,p)$ $E_p=295\text{MeV}$



trial density (set1)(blue line)
searched density (red line)

We extracted neutron density distributions to reproduce experimental data.

“medium effect” optimized ^{58}Ni can't estimate ρ meson effect



ρ meson effect (from ω meson)

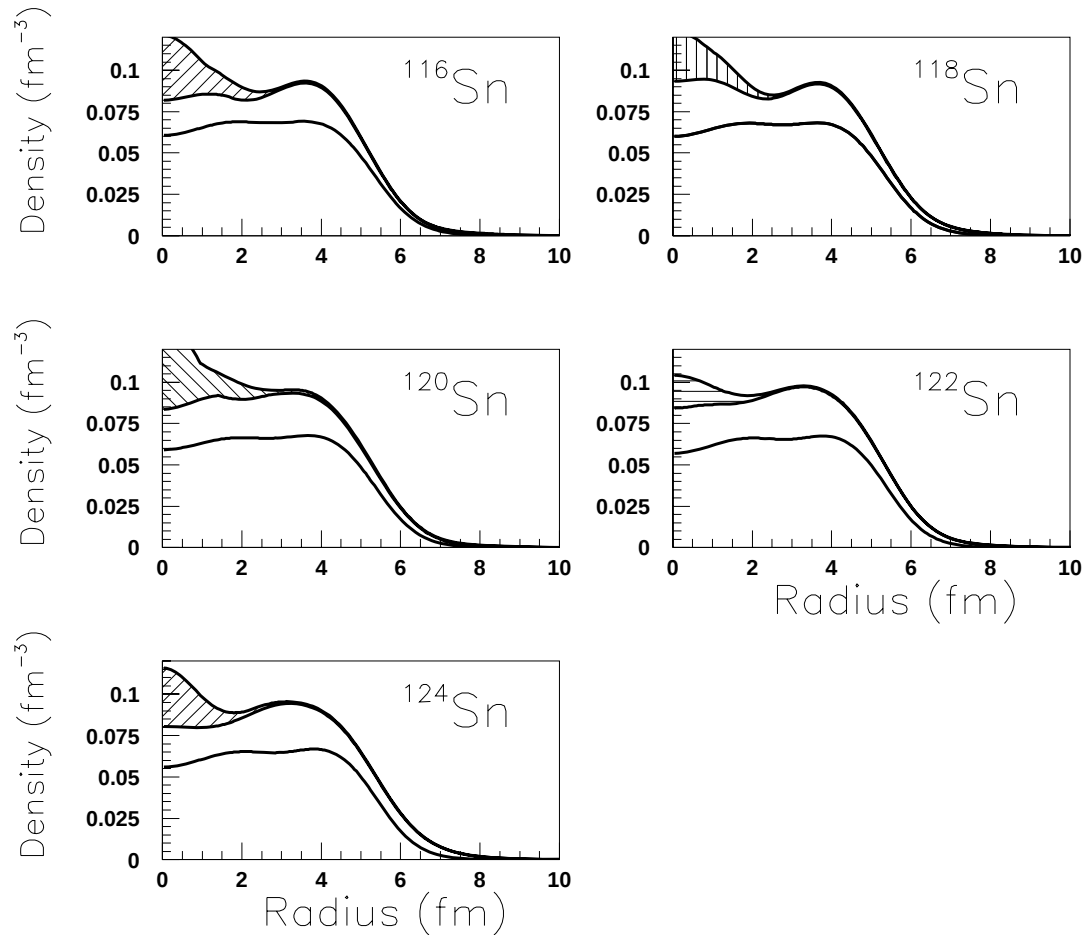
$$a_\rho = \frac{N-Z}{A} a_\omega (= \frac{1}{6} a_\omega : ^{120}\text{Sn_case})$$

$$b_\rho = \frac{N-Z}{A} b_\omega (= \frac{1}{6} b_\omega : ^{120}\text{Sn_case})$$



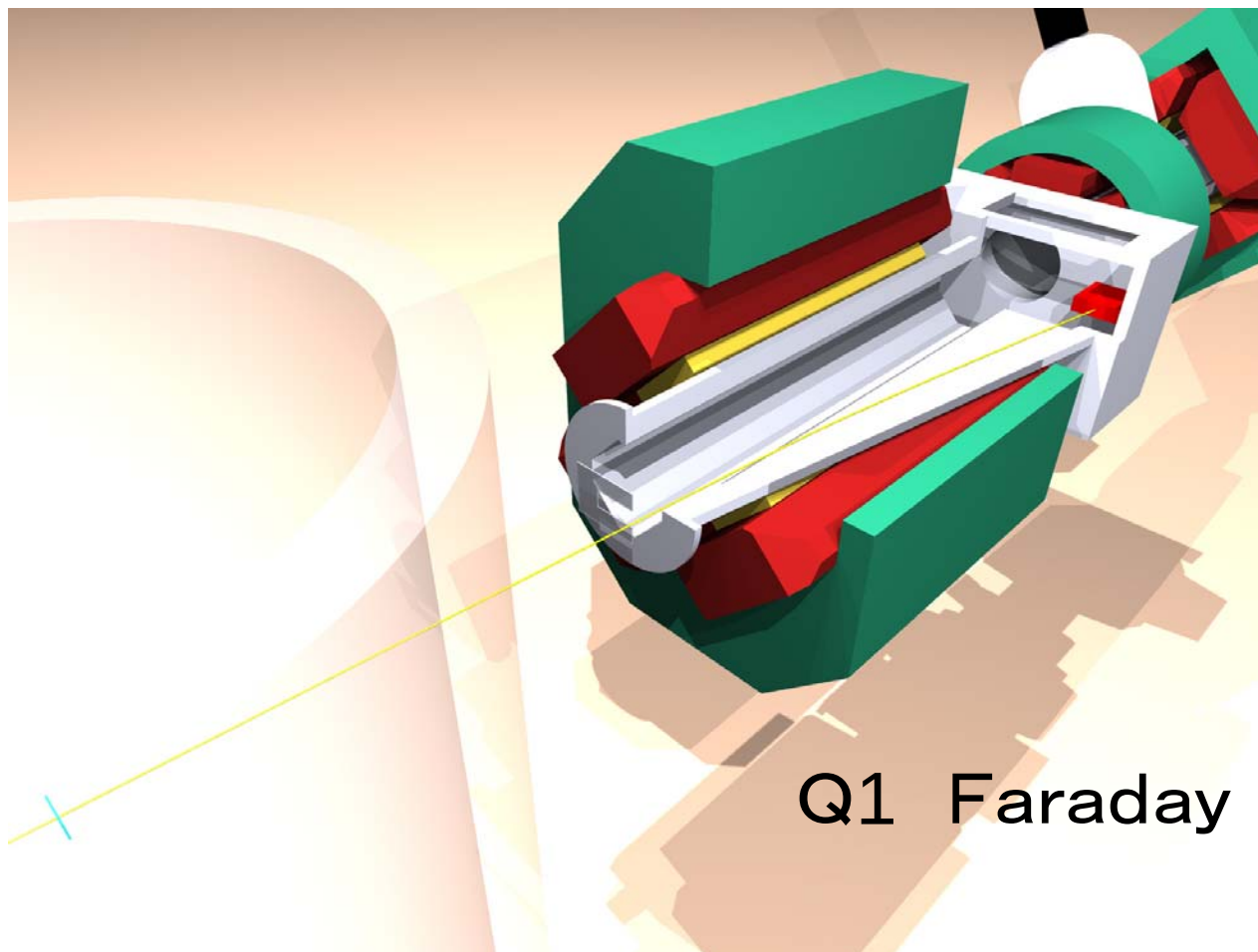
ρ meson effect hardly depend on the density distribution. This time, we neglected the effect.

Density distributions for protons and neutrons



Terashima, Takeda, Taki, Ishikawa, Itoh, Kawabata, Murakami,
Uchida, Yasuda, Yosoi, Zenihiro, Noro, Yoshida

超前方 α 非弾性散乱



Q1 Faraday Cup

Itoh

Why zero deg.

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)^{BA} = |T^{BA}|^2$$

$$T^{BA} = \int dr \exp(-iqr) F(r)$$

$$= \sum_{l=0}^{\infty} i^l [4\pi(2l+1)]^{\frac{1}{2}} \int j_l(qr) Y_l^0 F(r) dr$$

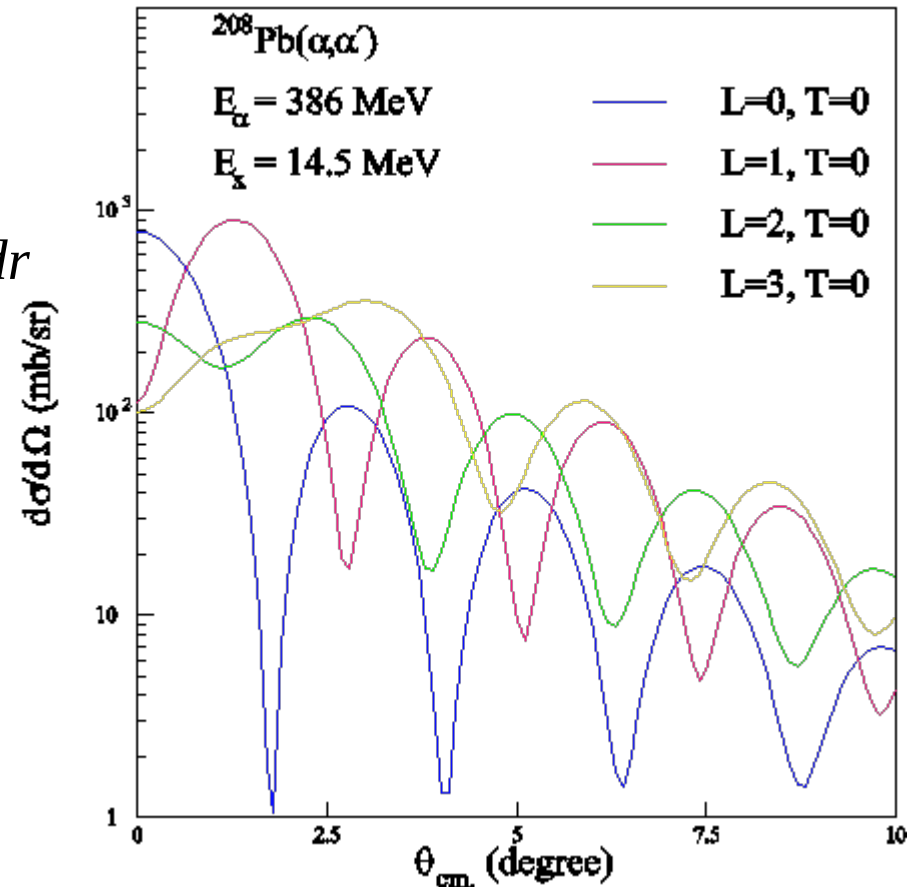
$F(r)$: form factor

Surface absorption

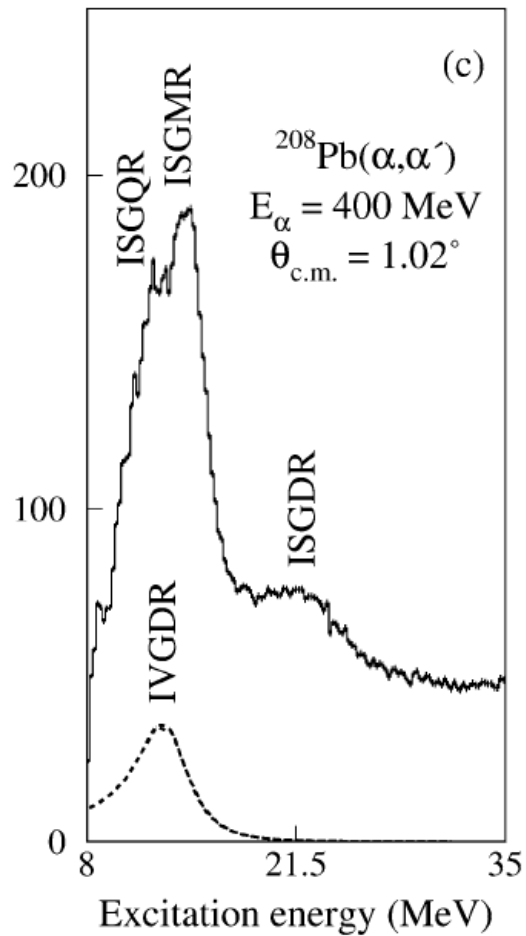
$$T^{BA} \propto j_l(qR)$$

$$\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)^{BA} \propto |j_l(qR)|^2$$

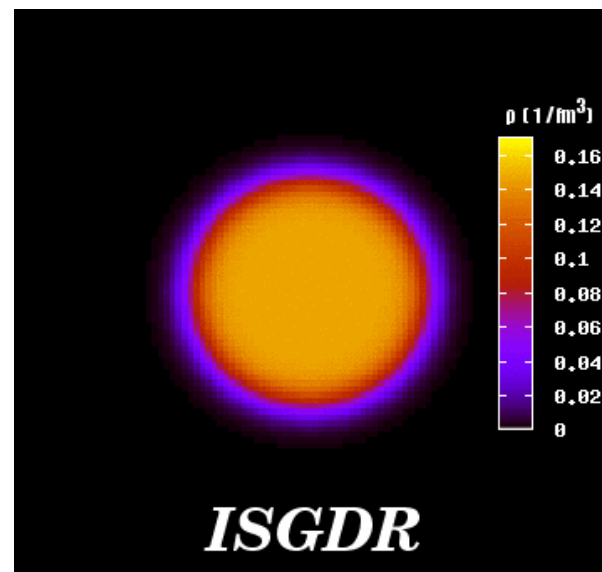
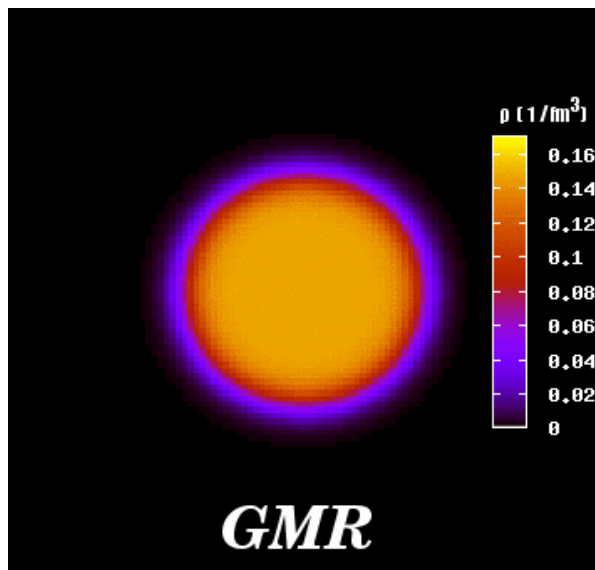
$$q^2 = k_i^2 + k_f^2 - 2k_i k_f \cos \theta$$



GMR+ISGDR



Uchida, Itoh, Yosoi, Garg, Fujiwara



Itoh

不安定核の陽子弾性散乱

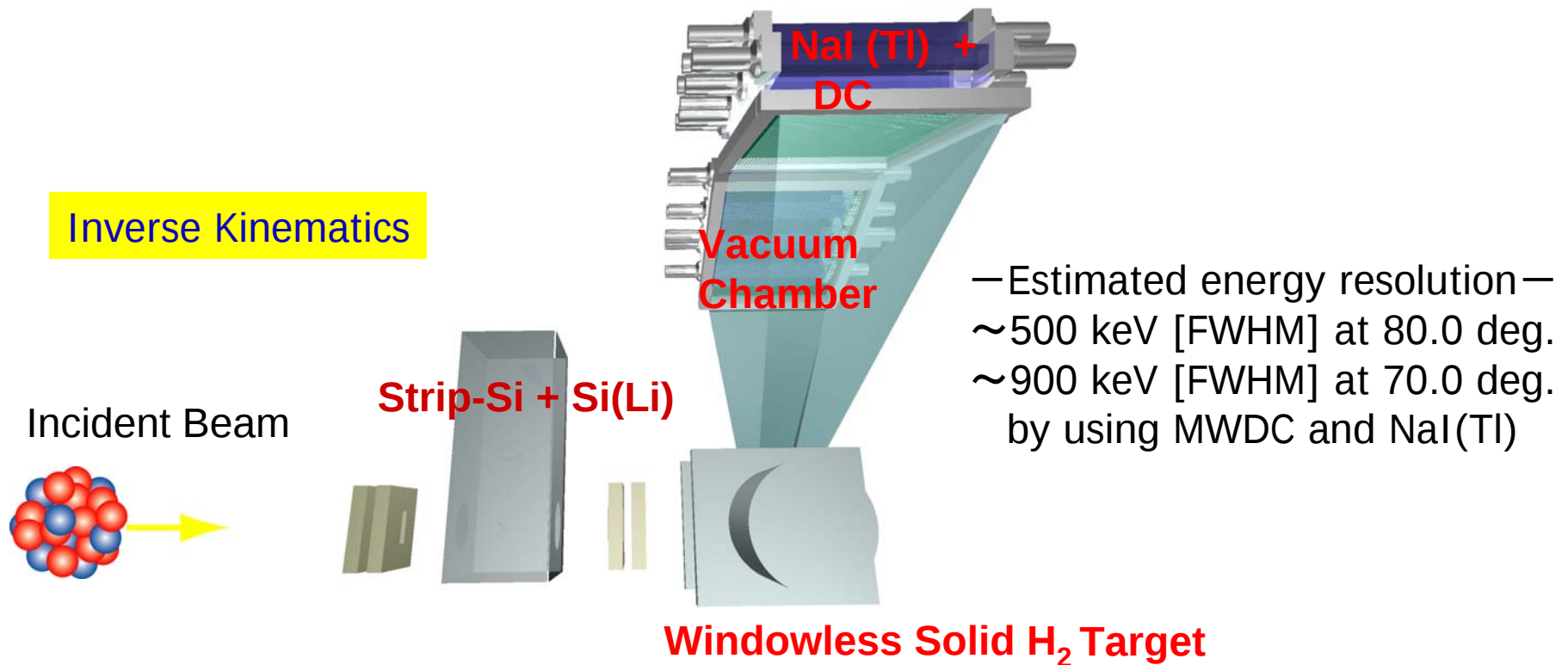
- 陽子弾性散乱で不安定核の密度分布を
理研のRIBF用に測定器を開発している
HIMACで数年前よりテスト実験を行っている
 ^{20}O , $^{9,10,11}\text{C}$ の陽子弾性散乱を測定

OverView of ESPRI (Recoil Particle Spectrometer)

Beam Line Counter (Wire Chamber)

+ Recoil Particle Counter (NaI x 14+ Wire Chamber x 2:85-70deg.)

[Strip-Si + Si(Li) for low energy proton : 90-82 deg.]

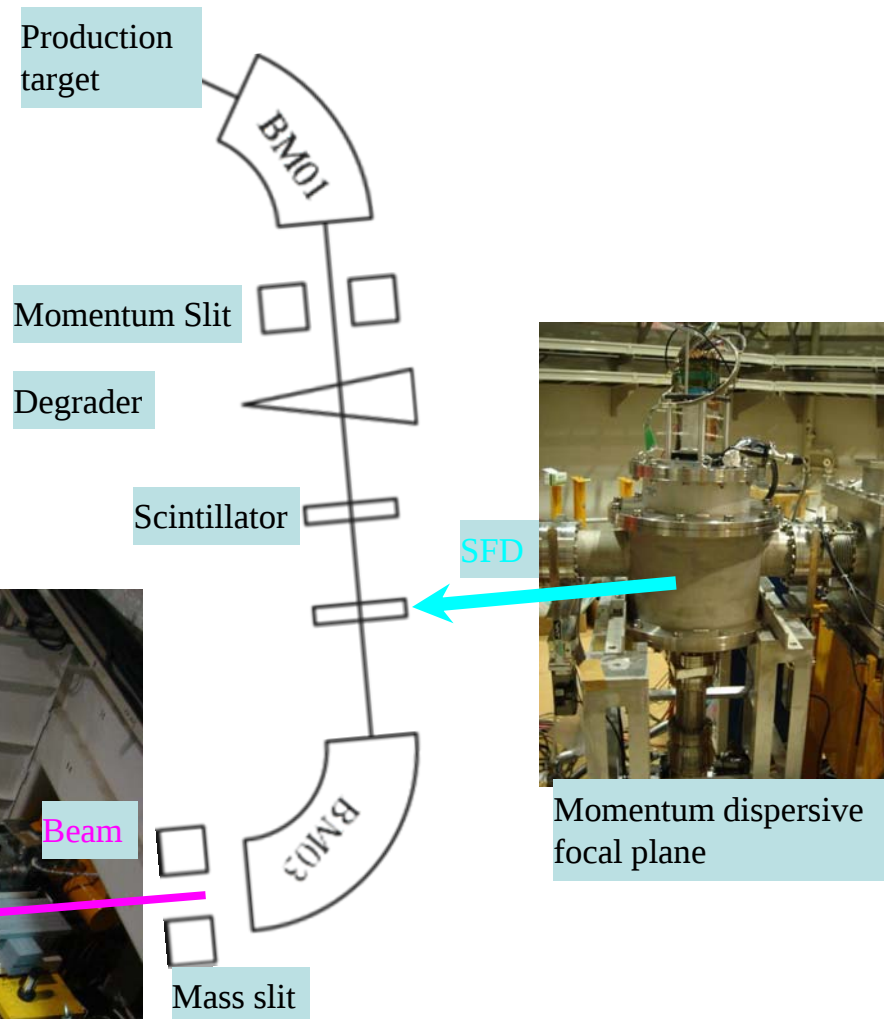
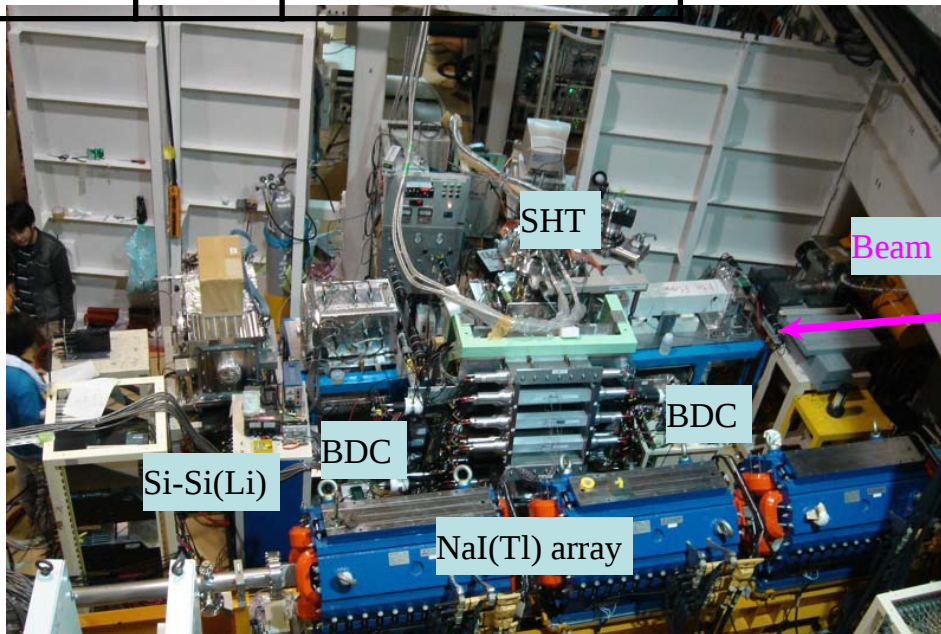


Experiment at NIRS-HIMAC or RIKEN-RIBF by using ~300MeV/A RI beam

Measurements of proton elastic scattering for unstable nuclei

HIMAC Facility SB2course

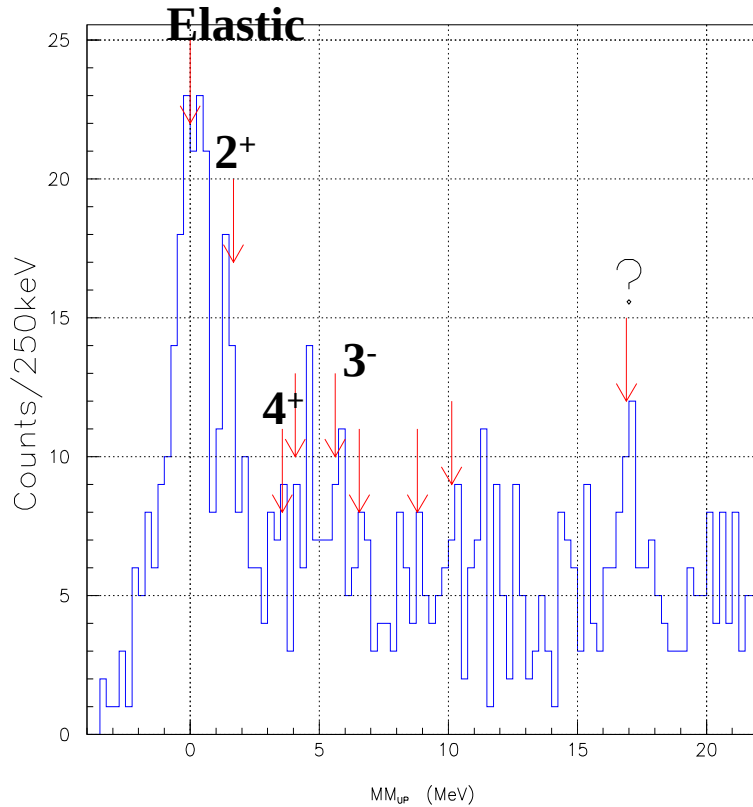
Primary beam		^{22}Ne 390 MeV/u
Secondary beam		^{20}O 300 MeV/u
Pulse period/repetition		1.7 sec / 3.3 sec
^{20}O intensity		~ 100 k ppp
measurement	SHT	14 hrs
	CH ₂	





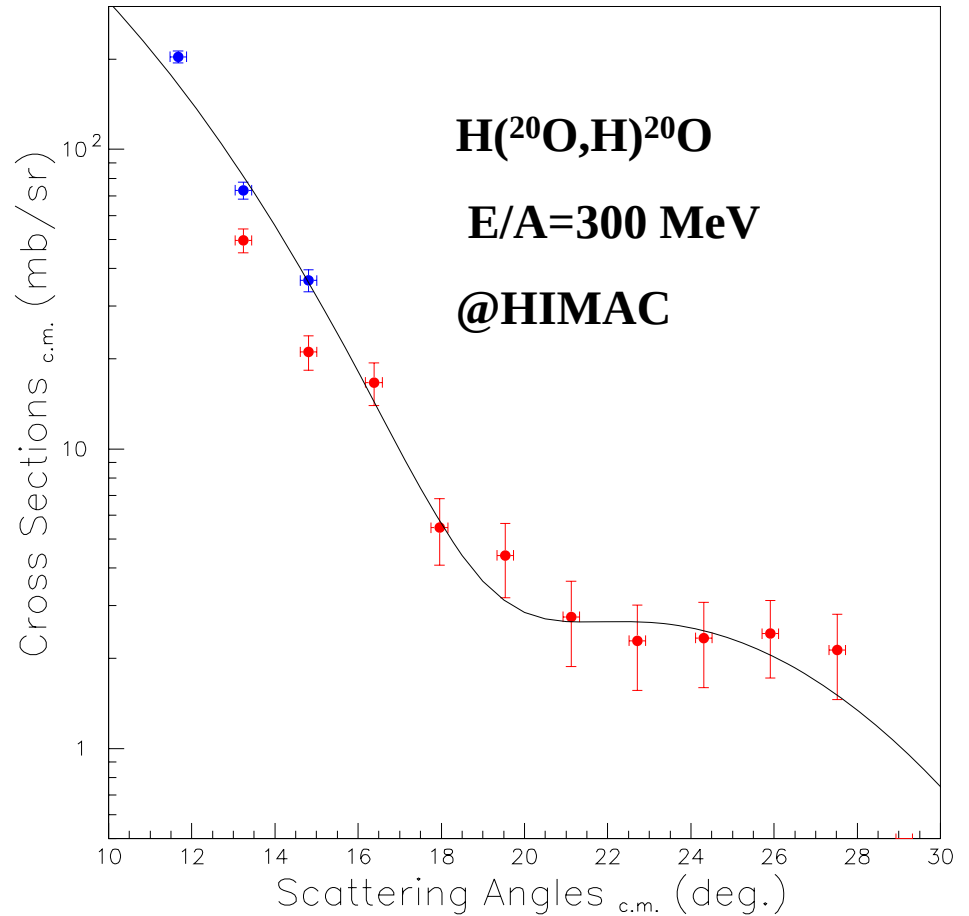
Solid Hydrogen Target

Test Experiment @HIMAC



Energy Spectrum

Takeda, Terashima, Zenihiro, Matsuda,
Kobayashi, Murakami, Ohtsu



Angular Distribution

14h data accumulation

私の核物理への遺言

- やっぱり弾性散乱が気になります
陽子、電子の弾性散乱
特に 軽い核
3体問題との関係
- 原子核の深部も気になります
- ゼロ度非弾性は黙っていても皆さんがやるだろうからあまり気にならない