

杉本健三先生との半世紀

永宮 正治

日本原子力研究開発機構 319-1195 東海村白方白根 2-4
高エネルギー加速器研究機構 305-0801 つくば市大穂 1-1

1. はじめに

杉本健三先生との出会いは、正確には 46 年前に始まる。当時、私は東京大学を学部卒業した後、大阪大学の大学院に入学することにした。1967 年の春、初めて大阪大学の地を訪れ、杉本研に現れた時、どこか八百屋のおじさんのような人が大声で入って来られた。最初に「やーっ」と入ってこられ、「えーへー」と笑われた。実は、これが杉本先生であった。それまでの東大の物理学科の先生には見られない雰囲気をお持ちの先生であり、最初は大きなショックであった。

その後、約 2 年余りを杉本研で生活した。こと物理学に至っては厳しい先生で、まったく妥協を許さない先生であった。ふつうの生活では、別段、厳しさを感じたことはなかったし、逆に優しさを感じたことすらあった。しかし、私が先生から学んだことを一言で表現するならば、それは、「研究における厳しさ」を学んだことであった。それは、その後も一貫して感じ続けたことであった。

杉本先生からは、これが始まりで、つい最近の J-PARC 完成以降も多くを学んだ。私の人生の師ともいえる。それらを、十数ページにまとめるのは難しいが、私自身の歴史と共に振り返りながら、本稿を書き進めたい。



図 1 1960 年代の若・杉・山研究室。私が修士課程の 1 年に、大学院に入学した最初の仕事として、遠足の当番を仰せつかった。その遠足の風景から。

2. 原子核の磁気能率

私が、修士課程で初めて取り組んだテーマは、 ^{19}F の第二励起状態の磁気能率の測定であった。

当時、大阪大学には 4 MeV のバンデグラフ加速器が導入された。中の島の理学部が水害にあったため、新天地として選ばれた豊中地区に建設されたものであった。そのため、ビームラインも何もなく、私は、修士課程の学生として、一つのビームラインの建設から始めた。

まず、最初の一年は、旋盤作業に明け暮れた。ビームをパルス化するチョッパーを、最初の仕事として作った。その組み立てには、どうしても偏芯のフランジを作らなければならず、それが最初の作業であった。その他にもビームラインに必要な機械工作を一年間行なった。二年目は、電子回路の製作に明け暮れた。生まれて初めてトンネルダイオードを使ったが、電流値が足りないためカスコード型増幅器を作ったりして苦勞をした。隣のビームラインでは、その後有名な実験となったベータ崩壊に伴うミラー核 (^{12}B , ^{12}C , ^{12}N) の磁気能率の測定が進んでいた。

居室は、最初は当時助手の中井浩二さんとドクターコースの南園忠則さんが一緒であった。その後、2年生の時は、その後日立中研に行った齊藤徳郎さん、そして、私がドクターコースの1年の時は、谷畑勇夫君であった。皆、今となっては大成しておられる。

やっとビームラインも整い、エレクトロニクスが整った頃、杉本研には 4kB の計算機が導入された。部屋一杯の面積を占める大きな計算機で、それが 4kB なので、今から考えると想像もつかない。それを用いて、新しい磁気能率の測定法、ストロボスコピック法の計算にかかった。これは、パルスビームの周期をラーモア回転の周期の半整数倍にしたときには、ガンマ線の異方性がコヒーレントに重なり合って強調されるという原理である。それを数式化し、計算機にかけた。しかし、4kB の計算機には限度がある。結局、当時助手であった中井浩二氏 (杉本研) と山崎巍氏 (若槻研) に教わって何とかこなしした。結果は、内部英文雑誌ながら、私の最初の論文となった [1]。

当時の杉本先生の教育理念は、研究はいずれにせよ一人でこなすべきというものであった。したがって、マスターの間は、誰の助けも借りずに一人で実験をやり遂げる。一人で工作機械をいじり、一人で回路を設計し、何もかも一人でやった。今考えると、この教育は、素晴らしいものであったと思う。そして、それが私の研究人生を貫く大きな柱となった。

阪大での学生生活 2 年目に、セミナーに山崎敏光氏が東京から来られた。外国から帰られた直後であった。そのセミナーに私も大きな感銘を受けたが、それだけではない。博士課程の仕事を山崎敏光氏と一緒にしないかということになった。そのため、博士課程 1 年の中頃に、再度、東京に戻って実験を始めた。理研のサイクロトロンを使っての実験であった。

理研で最も exciting な実験は、 ^{210}Po の 11^- 状態の磁気能率の測定であった。それ以前は、軌道磁気能率に相当する g-因子は 1 であると人々は信じていたし、教科書にもそう書かれていた。しかし、測定してみると 1.1 になる [2]。約 10% の上昇がある。なぜだろうかという疑問が起こり、多くの論文を当たった。そうすると、どうもこれは中間子交換流の効果であることが分かった。結局、この実験は、私の博士論文になったし、また、山崎氏の学士院恩賜賞をはじめ、多くの賞の受賞対象にもなった。

もっか、理研の事務棟のそばの表門付近に、昔のサイクロトロンが展示されている。このサイ

クロトロンは、熊谷寛夫氏の設計によるが、理研が和光市（当時は、大和町といった）に移転するきっかけを作った。私は、理研では、熊谷寛夫氏や松田一久氏にお世話になった。特に、熊谷先生には、昔の中性子散乱の話を知りたり、ドライブに連れて行って頂いたこともあった。また、当時フランスから帰ってこられた上坪宏道氏によると、このサイクロトロンで博士論文をとった第1号は、私であったとのことである。当時は、学生さんと言えば、私以外ほとんど居なかった。

杉本氏との関係に戻ると、先生の指導で磁気能率の測定法として考え出されたストロボスコピック法は、理研の ^{208}Po の磁気能率の測定に初めて用いられた [3]。当時、杉本先生は、東京に来られると、よく我が家まで足を伸ばされたことがある。お酒がお好きで、一升瓶を軽く開けてしまわれた。そして大いに昔話をされた。昔話は、この時、最も沢山伺った気がする。

その後、私は東大・山崎研の助手になるが、大学院修了後、1年余り後に、カリフォルニア州のバークレーに行くことになった。1973年の夏であった。

バークレーには、その後、長く滞在することになる。元来はDiamond・Stephens という in beam spectroscopy のグループから招聘を受けたのだが、バークレーに行くのなら、彼らのグループに行く前にミュオンの実験をやらないかと山崎敏光氏から誘われ、先兵部隊として大学院生の橋本治君（故・東北大学教授）と一緒に出掛けた。バークレーに着いて直後、生まれて初めてシンチレーションカウンターというものを製作し、ミュオンの測定にかかった。

ミュオンは、ご承知のようにパイ中間子の崩壊から生成する。一方、パイ中間子がスピンゼロなのに、ミュオンはスピンが $1/2$ である。ニュートリノと一緒に出てくるからである。ここで、ニュートリノは左巻きしか存在しないので、ミュオンも100%偏極するのである。これは、パリティの非保存のせいで、有名なLedermanやGarwinらの実験で知られていた。その延長上にある、いわゆる、 μSR を手掛けようというのである。実験としては、色々行なったが、当時めづらしかつた酸化物 MnO の μSR を行ない、O-siteの磁気に若干の異常があることを見つけた [4]。

バークレーに着いた頃に話を戻す。ミュオンは物質中を通り抜ける。そこで、適当な厚さの吸収板を用意し、パイオンを止めるとミュオンだけが突き抜ける。そういったことを念頭に、カウンターの整備をした。7月に、私にとっては初めての土地であるバークレーに橋本君と共に到着したが、8月末にはカウンターも揃え、ビーム実験も終えた。たしかにミュオンの $2.2\mu\text{s}$ の寿命が見え、私たちは、到着後数か月の間に、準備万端を整えたと思った。

しかし、山崎敏光氏をはじめ、杉本健三先生、永嶺謙忠氏、等が訪れた9月からは、思わぬ死闘が待っていた。私と橋本君の測定したシグナルは、単にカウンティングレートが多い時のランダムコインシデンスを測定していたに過ぎなかったのである。カウンティングレートを下げても問題は解決しない。皆が困り果てているその時、杉本先生が吸収盤の鉛の厚さを変えてみようと言われた。そのことが、結果として問題を大きく解決することに近づけた。そして、本実験にかかることができたのである。私は、「さすが杉本先生」と大きく印象づけられた一瞬であった。皆が苦難に陥っているときに、本質的な改善点を提案されるのが、杉本先生であった。この点に私は大いに感心させられた。当時の最初の論文を [5] に示す。

その後、私はしばらく μSR に従事するが、1974年を契機に、重イオン物理に方向転換することになる。

3. バークレーにおける重イオン物理学

1974年に重イオンの夏の学校が開催された。このことが、私の人生を変えた。すごい刺激となったからである。当時、W. Greiner (フランクフルト) が重イオン衝撃波の予言をした。また、T. D. Lee (コロンビア大) がいわゆる Lee-Wick Matter と呼ばれる質量がゼロの粒子の存在の予言を出した。A. Kerman (MIT) が Lee-Wick Matter の有限核での予言を出した。私にとっては今まで見たこともない世界に、この夏の学校で出くわした。そこで、当時のグループのボスであった Owen Chamberlain と話をし、バークレーに留まって実験をすることにした。山崎氏にはこのことを話し、また、Diamond 氏にもグループに行かないことの許可を得た。

その頃、日本ではニューマトロン計画が立案されていた。その先鋒となっていたのが、杉本健三先生であり、坂井光夫先生であり、平尾泰男先生であった。そのために、千葉で日本物理学会のシンポジウムも開催され、私も参加した。バークレーに行き、初めての帰国であった。その時のシンポが物理学会誌に載ったので、掲載する [6]。また、これは後になって知ったのだが、アメリカの東海岸では、T. D. Lee 氏らが中心になって、Bear Mountain でシンポジウムを開いていた。バークレーの夏の学校、日本の物理学会シンポ、そして、Bear Mountain のシンポの3つが開催され、どれもが1974年であった。偶然とは言えないものがあったと思う。

高エネルギー重イオンによる核物理学†

杉本健三, 永宮正治,* 佐野光男
藤田純一,** 平尾泰男***

高エネルギー重イオン(重い核迄数百 MeV/核子)による核物理学研究の将来性に対する展望を与える。この領域の開拓が核物理学の発展に対して占める位置、そこで予想される物理現象、特に高密度核物質の問題とコヒーレントなπ中間子の発生等について考察する。またこの領域の先兵として研究を進めている Bevalac 計画の現状と、この領域開拓に必須の加速器の計画案とを紹介する。

§ 1. 高エネルギー重イオンによる研究の目指す領域

高エネルギー重イオンによる研究の目指す領域は、原子核物理学の将来に、今までとは異質の画期的な発展をもたらす可能性を秘めていると考えられる。即ち、高エネルギー重イオン(数百 MeV/核子)による核反応では、核物質を中間子の発生を伴う高い励起状態に

今世紀初期 “ラザフォード散乱”

核の存在

1930 “加速器による人工転換”

加速器の発明:
(コックロフト, バンデグ)
(ラーフ, サイクロトロン)

構成: p, n
核力-中間子
 $R \approx r_0 A^{1/3}$

1950 $\left\{ \left(\text{安定核} \right) + \left(\text{放射性核} \right) \right\} \times \left(\frac{\text{準位}}{2 \sim 3} \right)$

図2 1974年秋のシンポジウム講演をまとめた日本物理学会誌 [6]。

私は、それから Chamberlain のグループに残り、私と Chamberlain の共同名義の実験を始めた。実は、当時は中心衝突に関する実験は皆無であったので、それを探求する実験をしたいと、ずっと思っていた。1974-5年のいつだったか、Chamberlain が一緒にハンバーガーを食べたいと言ってこれ、二人で食べに行ったことがある。彼は Bear Mountain のシンポに参加し、

今後は中心衝突の実験が重要なのではないかと発言した。待ってましたとばかり、それまでに貯めていた私自身のアイデアを、彼に披露した。中心衝突は、実験室では40度の方向に粒子放出がある。その辺りをカバーするスペクトロメーターを置く。トリガーカウンターも40度を中心に置く。トリガーカウンターで中心衝突をより強くバイアスさせる。等々であった。彼も、それでいいのではないかと、ということを書いてくれた。生まれて初めて自分の実験計画を喋ったときは、Chamberlain先生も納得してくれて、本当に心から嬉しかった。当時は、Heckmanの前方方向のデータとPoskanzerの後方方向のデータしかなかったからである。

実験室をデザインし、スペクトロメーターの磁石の調達から始めた。数マイル先の倉庫を漁って、スペクトロメーターを載せるガン・マウントを見つけた。チェンバー類やシンチレーターは、中古品でまかなった。ケーブルを150本ほど、これも、使い古しのものをBevatronの地下を漁って見つけ、継ぎ足して作った。このように、実験に必要なものは全て自前で揃えた。当時のアメリカは、ドルは下がったと言っても1ドル=270円くらいであり、豊かなアメリカであった。当時の私の助手の初任給は7万円であったから、月給250ドルくらいであったので、アメリカは、何と言っても豊かに見えた。しかし、私の実験費はほぼゼロで、豊かなアメリカを夢見ていた私にとっては、何もかも中古品で調達せざるを得なかったのは、苦しかった。しかし、重イオンの最初の実験であり、何とも言えない浮いた気分であると共に、一人で毎日毎夜、全部整える楽しさも味わった。

この実験が始まったのは、1978年頃であった。日本では、東京大学原子核研究所の所長さんが、坂井光夫先生から杉本先生に交代した頃でもあった。杉本先生は、いよいよ始まりそうになるニューマトロン計画の陣頭指揮をとられることになった。私もパークレーでこの分野にのめりこみかけていたので、そういった意味では、科学の興味はほぼ同じ時期に移ったと言ってよい。当時、私の作ったスペクトロメーターは、図3に示すようなものであった。40度方向にトリガーカウンターがあるのが分かる。

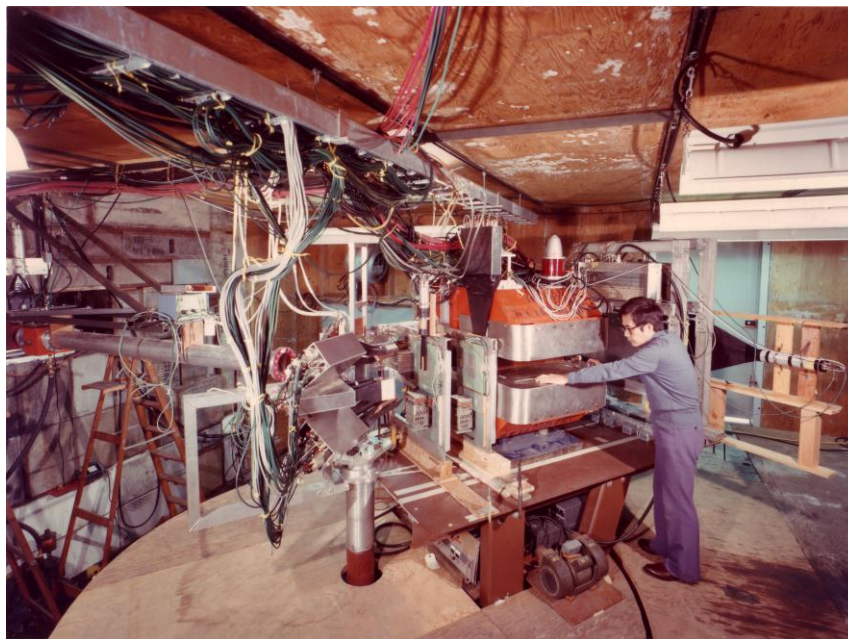


図3 1970年代後半に作り上げたスペクトロメーター。

スペクトロメーターを作っていた頃、多くの訪問者があった。いくつかの写真を撮って行かれたので、それを示す。当時の様子が分かる。カウンティングルームを図4に示すが、込み入った回路を一人で作り上げた。また、当時の先生方の写真もあった。2枚だけであるが、示そう。

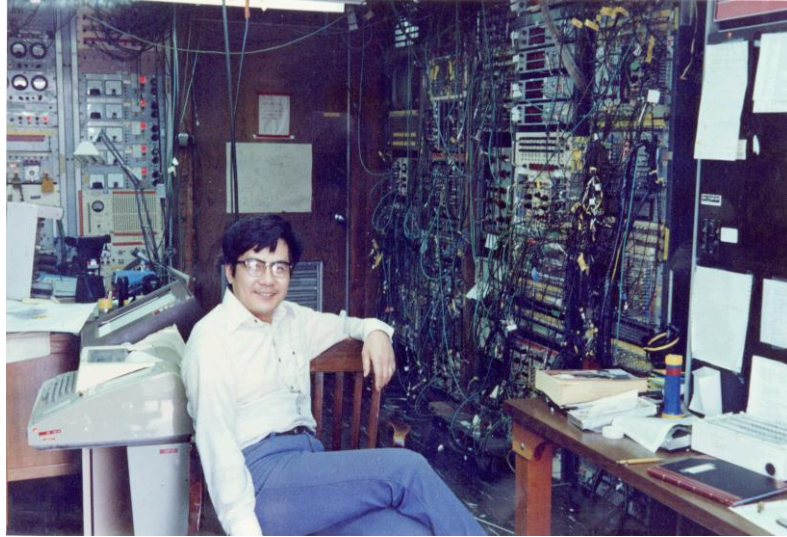


図4：スペクトロメーターの計測室内と私。

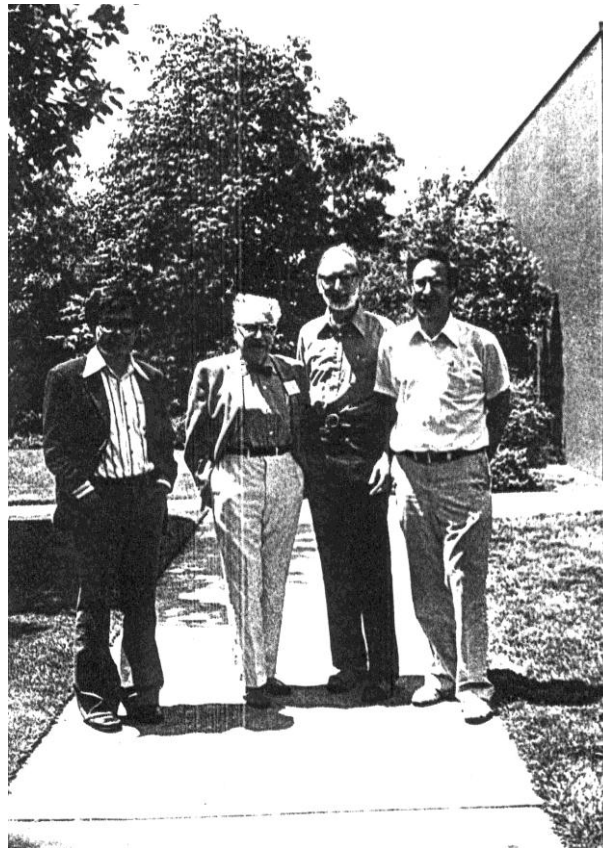


図5 1975年頃の私の先生方との写真。左から、私、Emilio Segre, Owen Chamberlain, Herbert Steiner の各氏。阪大の森田正夫氏の撮影による。

これら測定から、1) Participant-Spectator の分離現象 [7]、2) 中心方向からの放射と熱平衡の違い (平均自由行程による温度の差) [8]、3) 軽い原子核における pp quasi-elastic 散乱と重い核における核の流れの効果 [9]、4) 爆発流の効果 [10]、5) sub-threshold pion 生成、6) 通常の散乱では出ない後方散乱の研究、そして、エキゾチックなものとしては、エントロピーや Δ -matter の研究に及んだ。最後の研究に関しては、まだ、終わっていない。このグループから、最初の博士として、後方散乱のデータを使って現筑波大学教授の三明康郎氏が出た。また、他のグループからは、pion interferometry のデータが Ken Crowe のグループから出、これは当時学生であった Bill Zajc によって学位論文となった。さらに、私達のグループのアメリカ人最初の学生は、現ラトガース大学教授の Steve Schnetzer であり、K 中間子発生で学位をとった。特に、三明氏と Zajc 氏は、その後も大いに世話になることとなった。

当時、杉本先生もよくバークレーに来られた。その時のスナップ写真を図 6 に示す。これは、Chamberlain 教授の家の裏庭での写真である。



図 6 Chamberlain 家におけるスナップショット。前列左から、Chamberlain 夫人、杉本夫人、谷畑夫人、私の家内、後列左から杉本健三先生、Gavi Goldring、私、Owen Chamberlain、Herb Steiner、Steiner 夫人 (谷畑勇夫氏撮影)。

余談になるが、この頃、日米協力事業が始まった。その動きは、米国の方が早かった。日米非エネルギー研究開発協力協定と呼ばれる協定が 1980 年に締結された。それに乗ろうと、1970 年代に、米国側では NSAC 委員であった Berny Harvey を大将とするチームが結成され、BNL, ANL, ORNL, LBL, 等の研究所における原子核物理学日米協力のアイデアが出てきた。かなり分厚い提案書であった。私もこの文書の手伝いをし、79 年だったか正確なことは忘れたが、2月に

Berny Harvey が単独で、そしてその年の 5 月には Frank Press (当時、米国科学アカデミー会長) に私が随行して、日本に行くことまで企画された。

折しも、上坪宏道氏から郵便メールがやってきて、誰かアメリカから人を呼びたいという報せが来た。そこで、私も考えて Berny Harvey 氏に行って貰った。そこで日米協力の先鞭をつけられたらという希望であった。しかし、これが思わぬ失敗を招いた。

当時は、科学技術庁と文部省の仲が悪かった。30 歳を超えたばかりの私には、このことを知る由もなかった。科学技術庁が招いたお金で文部省と昼食会をするなどといったことは、いくらアメリカからの客人でもできなかつたらしい。帰国後、Berny Harvey は長い報告書を書き、それを私に見せてくれ、あまり進展は芳ばかしくないと、私に告げた。日本の行政の難しさを述べたのである。さらに、杉本所長は、ニューマトロンのことを考えると米国に大勢の人が行くのはよくないと考え、日米協力はバークレーだけに限りたいとの意向であった。

さらに余談になるが、翌年、日米エネルギー研究開発協力協定が締結され、高エネルギー物理学は「エネルギー」であるという名目で、西川哲治先生の下で、大々的に日米協力が始まった。当時の高エネルギーの実験家は原子核物理学の半分以下であった。それにも拘らず、10 億円以上の日米協力を始め、かつ、トリスダン計画まで進めたのは、西川哲治氏の慧眼であろう。原子核物理学は、この点では、残念ながら負けていた。

しかしながら、この時期を考えると、杉本先生が率先してバークレーの日米協力を支えて下さった。そのお陰で、バークレー時代の私や、その後の私があったような気がする。私は 30 歳代で、ある意味では血気がはやっていた。自分が日米協力を支えるのだという気負いがなかったわけではない。しかし、日本で日米協力の重要性を意識し、志田嘉次郎氏を東大核研の代表者に据え、また、当時の東大理学部から中井浩二氏を派遣し、大学院生から助手にかけての柴田徳思氏、橋本治氏、谷畑勇夫氏、そして、学生の三明康郎氏を派遣するのを手助けし、側面援助したのは、すべて杉本健三先生であった。そういった意味で、やはり、この時期の杉本先生に対する恩恵は、感謝しても尽くしきれないものがある。最近になって、特にそう思う。

杉本先生は、私が日本に帰国する 1982 年頃に東大原子核研究所の所長をお辞めになった。正確には、82 年に春に帰国して間もなく、その暮にお辞めになった。私は、それまでの恩恵に感謝しようと、国内でいろんな場所の再就職口を見つけようとした。しかし、うまくいかないのので、最終的には、いつでもローレンスバークレー研究所に来てもいい身分を、当時の Nuclear Science Division の James Symons 氏らにお願いして、作ってもらった。それは、84 年から約 6 年間ほど続いた。

当時、先生は、Hechman 氏の出した Projectile Fragmentation の見事なデータに興味を持ち、入射核と同じ速度で種々のアイソトープが出てくるなら、それを利用して、中性子過剰核の、たとえば⁸He を利用すれば、新しい実験が可能ではないかという点に着眼された。折しも、橋本治君や小林俊雄君がバークレーに残って居たので、彼らにこういったビームラインの可能性を考えるようお願いをした。また、志田嘉次郎氏が、最も簡単な反応断面積の測定を提案してこられた。中井浩二氏も後押しをした。また、当時 CERN に行くことになっていた谷畑勇夫氏もこの実験に興味を持ち、結局は、杉本・谷畑・小林氏が中心になってこの実験を進めた。いわゆる、

RI ビーム実験の「ハシリ」であり [11]、反応断面積の実験結果から、 ^{11}Li の中性子ハローと言われる現象が見つかった [12]。



図7 退官された頃の杉本先生。左は坂井光夫氏。1983年春撮影（KEK資料室提供）。

4. ブルックヘブンでの重イオン実験

前に述べたが、私は、1982年春に日本に戻った。東大理学部である。当時、KEKにおける重イオン加速が夢であった。何とかして加速を試みたいと思い、実験提案書を何回か書いた。しかし、これらは、ことごとくうまくいかなかった。当時物理の主幹をしていた菅原寛孝氏から「やはりだめである」という通告を受け取ったときは、帰国後数年が経っていた。

折しも、Brookhaven 国立研究所で重イオン加速の話が持ち上がった。この話は、後でわかったことではあるが、Isabelle 計画が中止になり、T.D. Lee 氏らが重イオン計画を推していたことに始まった。ともかく、バークレーでの会議の折、Brookhaven 研究所に寄り、そこで、KEK で始めようとしていた実験のアイデアを話した。それも、たまたま BNL に来ていた MIT の Lee Grodzins 氏に Cafeteria で話したのである。口を拭くペーパーナプキンにアイデアを書いた。

帰国後知ったのであるが、BNL の Ole Hansen 氏にこのペーパーナプキンが渡され、たちまち、BNL-MIT-Tokyo の共同チームを作ろうという話になった。それも、私を Spokesperson にしての話である。それが、その後長く続く E802 という AGS では最初の重イオン実験になる。まさに、一週間ほどの出来事であった。

この辺りのエネルギーになると、K 中間子の同定が極端に難しくなる。一方、AGS では K 中間子の測定こそ重要ではないかと、私は考えていた。そこで、当時、物理教室におられた藤井忠男先生に教を蒙ることにした。測定方法についてである。しかしながら、藤井先生も、結論としては「難しい」ということであった。どうしても、TOF の時間差の測定を 100ps 以下にしなければならぬ。そのため、チームを作って、50ps を目指した超高時間分解能の実験チームを作ることにした。当時は 200-300ps 位が常識であった。担当したのは、当時私の助手をしていた三明康郎君と当時東工大から広島大学に移りたての杉立徹君の 2 名であった。

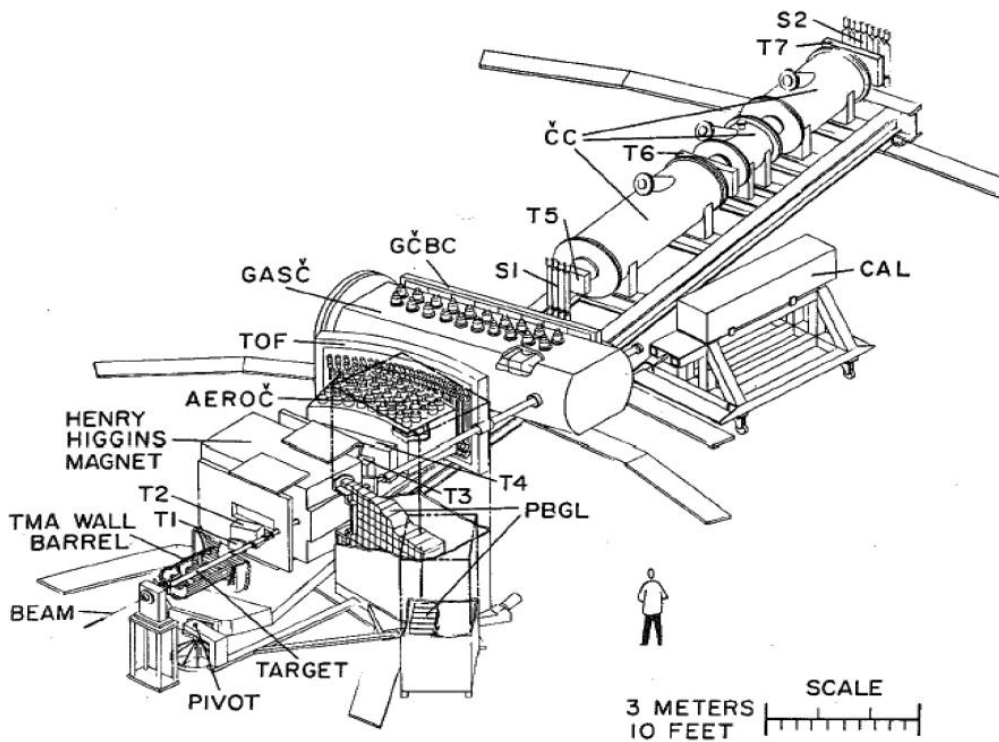


図8 AGSにおけるE802実験。

数か月のテスト実験の後、驚くべき結果が出た。50ps 以下になるというのである、実は、この2人は競っていて、独立に結果を聞いた。いずれにせよ、素晴らしいことであった。これを使って150本のTOFカウンターをすべて50ps程度に揃えることに成功した [13]。それらを用いた実験装置を示す。バークレーでは数名の実験チームであったのが、この頃になると、50名程度の実験チームになっていた。また、この頃、私もコロンビア大学に移って実験に専念した。

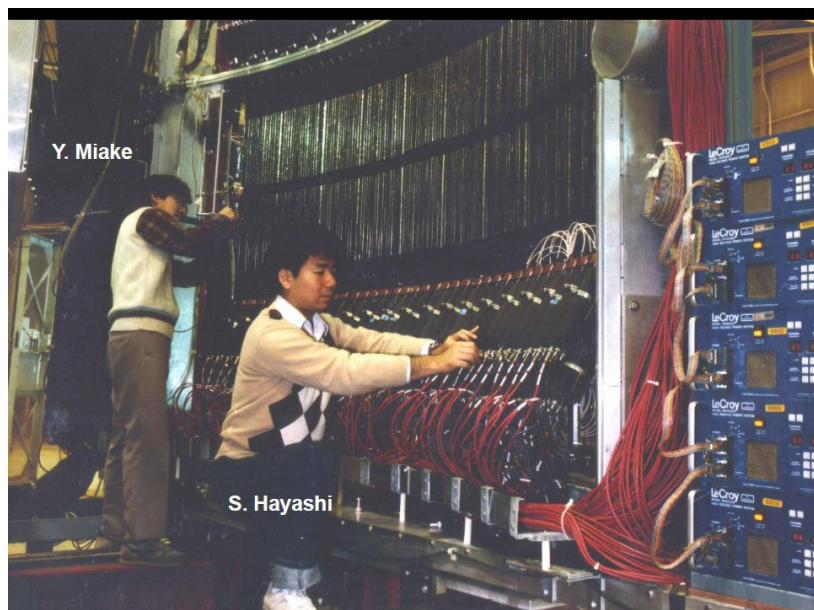


図9 スタートカウンターも含めて70ps程度の分解能を誇る150本ほどのTOF。

この E802 から得られた最初の事実は、AGS のエネルギー領域では原子核阻止能が高く、Cu 付近の厚さで入射核は完全に止まってしまうことであった。これは、CERN のエネルギー領域とまったく異なっており、秋葉康之君の博士論文となった。さらに、この実験の最大の成果は、 K^+/π^+ 比が数 10% と大きくなることであった [14]。それに比して、 K^-/π^- 比は 5% 以下と小さい。どうしてこんなことになるのであろうか？ シングルカウンターとしては、100ps 以下の分解能で K 中間子を見事に同定した。このことに、Bill Willis 氏は絶賛したが、それだけではなく、このような大きなパズルは残った。ついでに、Bill Willis 氏は杉本健三先生とほぼ同じ時期の 2012 年秋に亡くなられている。

また、K 中間子に付随した多くの実験データも出てきた。 K^+K^+ 二粒子の世界初の干渉データ (いわゆる HBT 相関) [15]、 K^+K^- による ϕ 中間子の同定 [16]、等々である。

当時、私は Brookhaven で頑張っていたが、杉本先生は Berkeley で頑張っておられた。私は、今まで同様、重イオンにおける中心衝突の解明に力を注いでいたが、パークレーでは、杉本・谷畑氏らが Projectile Fragmentation の物理に精を出しておられた。これは、その後大きく成長し、理研における RI ビームファクトリーの建設に繋がり、また、世界的にも多くの RI 施設の拡充や新設に繋がっていく。一方、我々の仕事は、エネルギーをさらに上げて、RHIC や LHC における重イオン物理に繋がっていくのである。

その頃、Brookhaven 滞在の日本人も増えてきた。一つのスナップ写真程度であるが、BNL のオフィスでの写真を図 10 に示す。もちろん、ここに含まれていない多くの日本人もいた。



図 10 BNL E802 時代の一部の日本人。前列左から、池田裕一氏、林茂広氏、櫻井博儀氏。後列左から、浜垣秀樹氏、私、早野龍五氏、杉立徹氏の各氏。

1990年近くになると、RHIC (Relativistic Heavy-Ion Collider) がそろそろ出来るのではな
いかと、周りはそわそわとし始めてきた。そこで、多くの実験提案が出てくることになった。私
は、BNLのDavid Lissauer氏と組んで、OASISという実験提案を作って送ることにした。そ
の後、それはPHENIXという大グループに統一されることになる。そのため、私がPHENIX
初代のSpokespersonとなり、実験実務担当者としてSam Aronson氏を抱えてのチームとなっ
た。このSam Aronson氏は、のちにBNLの所長にもなり、つい最近の2012年末まで務めた。
いずれにせよ、紆余曲折はあったが、このPHENIXチームが結成されたのは、1992年のこと
であった。正確には、1991年秋に全員で決めたことであった。そのため、2011年冬にはPHENIX
創設20周年ということで、BNLで大きな会があり、私も招かれて賞をいただいたりもした。

この実験で目指したのは、図11に示すように、重イオン衝突における多くのシグナルを同時
に測定することであった。それ以前は、AGSの K^+/π^+ 比の増大やCERNにおける J/Ψ 比の減少
等、面白いデータはあったが、それのみをとってQuark Gluon Plasmaの確証になるかと言え
ば、そうではないものが多かった。PHENIX実験では、当時叫ばれていた多くのシグナルを同
時に測定することによって、いわゆるQuark Gluon Plasmaの生成に対する確証を得たいとい
うものであった。日本グループも大きな役割を果たし、日米協力による電子対測定とハドロン測
定、そして、その頃加わった理研・BNLチームによるミュオンアームの建設や、同じ理研チ
ームによるpp散乱における偏極ビームの測定、等々大きく動き出した。

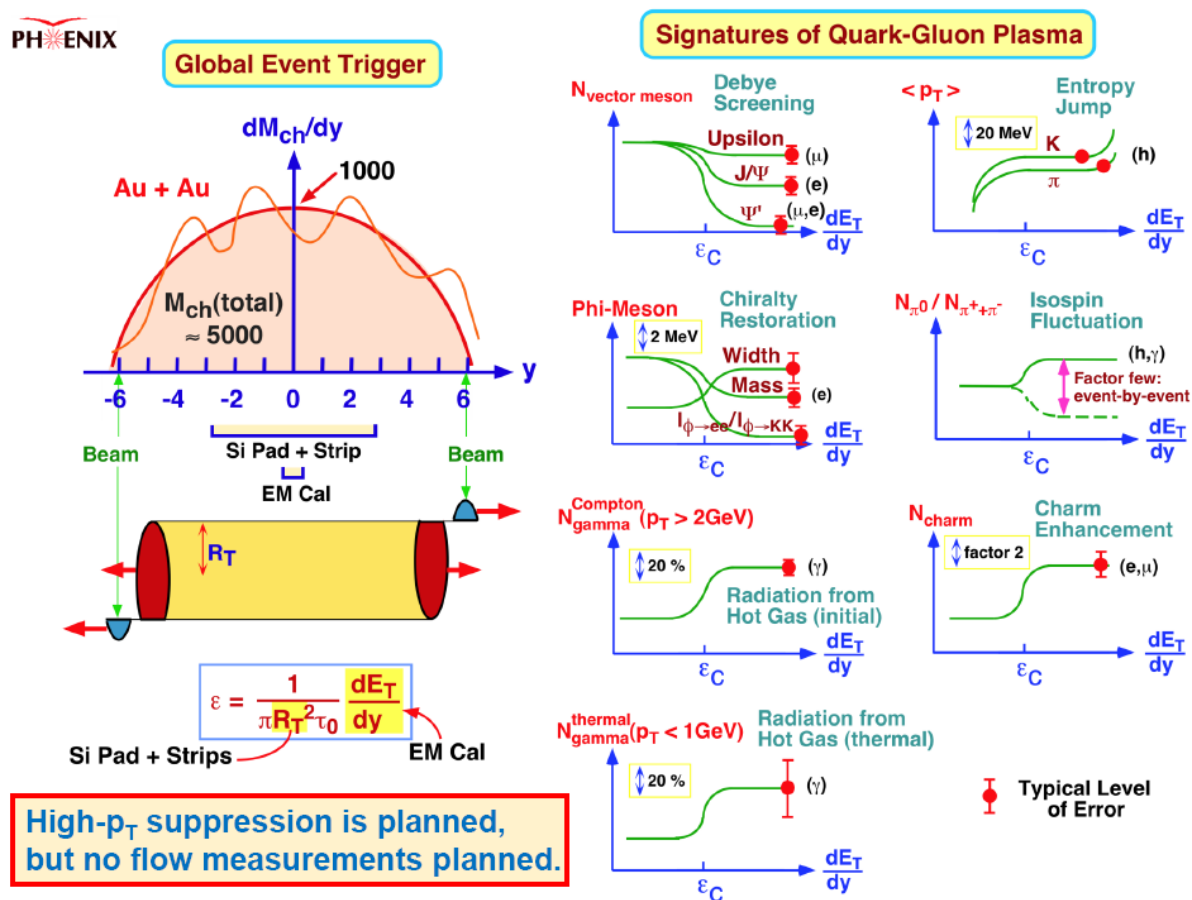


図 11 PHENIX 実験で目指したもの

PHENIX は、当初から 300 名以上の大きなグループとなり、運営も大変であった。しかし、皆で力を合わせるという、高エネルギー実験のようなチームのスタイルとなった。私にとっては初めての経験であった。折しも、1991 年からはコロンビア大学の物理教室の学科長も務めることになり、公私ともに大変な時期に差し掛かったと思った。

実験データの収集は、グループ結集後の 10 年あとに始まった。その頃は、Spokesperson は 2 代目の Bill Zajc に移し、私は 1996 年末、日本に帰って J-PARC の建設に精を出すこととなる。ちなみに、Zajc 氏は私がコロンビア大学に最初に雇った助教授であったが、今では学科長を務めている。

この実験で、一言だけ結果を述べるとすれば、実験が始まってから、当初から目論んでいた jet quenching は π^0 といった high- p_T 粒子の suppression から観測されたが [17]、大きな flow やまたそれが完全流体であること [18]、さらには、direct photon を lepton pair から測定すると高い温度が見えたこと [19] などは、当初、予想もしないことであった。なお、この direct photon の測定では、2011 年の仁科記念賞を秋葉康之君が受賞している。

当時、コロンビア大学に招聘していただき、何から何までお世話になったお二人の写真を下に載せる。



リー教授と奥さん



ウー名誉教授

図 12 1985-6 年頃、私の招聘に尽力してくださったお二人の恩師。

5. J-PARC の建設と運営

話は再度戻るが、1974 年頃に私が重イオン物理学に興味を抱き始めた頃、杉本先生は、日本にどうしても新しい重イオン加速器を作りたいと思われ始めていた。これには、坂井光夫氏や平尾泰男氏が賛同されて、新たなニューマトン計画が打ち出されたことは、先に述べた。1976 年の頃、正式提案となった。しかし、私が日本に戻った 1982 年には、この計画が事実上大きな暗礁に乗り上げていた。帰国後、私は、当時努力されていた多くの先輩の努力に、何とか報うべきだと思った。そこで、重イオン計画と当時台頭してきた大強度陽子による中性子、ミュオン、K 中間子、ニュートリノ等の二次粒子ビーム生成の計画を混じえた、新たなハイブリッド計画を提

案した。「大ハドロン計画」であった。1985年頃であった。この計画策定には、私も多くの時間を費やした。最終的には、鷲見義雄氏と二人でこの計画をまとめ上げた。

一方、当時、私が核物理委員長をしていたこともあり、この計画を東大核研の次期計画としたという議論にまで持ち上がった。しかし、残念ながら、実現までは漕ぎ着けることはなかった。そのため、私はしばらくの間、Brookhavenに赴いた。

Brookhavenにいる間、この計画の行方がいつも気にかかっていた。計画は、その後、大型ハドロン計画として山崎敏光氏によって引き継がれ、遂行されるが、どうも進展が捗々しくない。そして、時が10年ほど過ぎた。その次は、私が引き受ける番ではないかと感じ始めていた。杉本先生は私より20歳余り上なので、1975年くらいからプロジェクトにかかられた。山崎先生は私より10歳上なので、1985年頃からプロジェクトにかかられた。先輩の例に倣うと、僭越ながら、ひょっとしたら、自分も1995年代からこのプロジェクトにかかるべき時が来たのではなかろうか？そんなことを、ぼんやりと考えていた。

実際に日本に戻ったのは1996年末であったが、1994年暮には、石原正泰氏と何度も議論を繰り返し、1994年暮には50GeVワーキンググループを立ち上げた。予備的な会合を持ったのである。その後、何回か議論を繰り返し、1995年には大きな研究会を東大核研を中心に開催した。そして、日本に戻ったのは、1996年の12月末であった。私は、東大核研の教授となった。1997年には東大核研が高エネルギー物理学研究所と統合され、新たな高エネルギー加速器研究機構となった。さらに、1999年には、核研のSFが閉鎖になった。その折の杉本先生のお姿を写真に載せる。



図13 1999年8月のSFサイクロトロン共同利用終了記念講演会にて (KEK資料室提供)。

その後のJ-PARC建設の紆余曲折は、別の機会に譲ることにする [20]。しかし、いくつかの点だけを述べたい。私が帰国した当初は、プロジェクトの名前はJHFであった。原型は、10年以上前の「大ハドロン計画」そのものであったが、主リングのエネルギーだけ変えて50GeVと

した。JHFでは、重イオン計画も存在した。しかし、1998年に大きな変化が来た。第一の関門と言える。東大核研と高エネ研との合同のみならず、日本原子力研究所との合同計画にしたかどうかという示唆が、文部省よりやってきたのである。これは、後で分かったことだが、2001年に文部省と科学技術庁が一緒になることが決まっており、その総合のシンボルとして考えたかどうかという含みが両省庁にあったようである。何も知らない私等の現場では、大きな混乱があった。しかし、1999年春には、一応の決着を見た。統合計画としてスタートすることになったのである。図14に、1998年に最初にKEK施設部が視察を行った時の写真を掲載する。原研の建設部の方々も来られた。



図14 1998年秋、KEKおよび原研の施設部の人々と八間道路で。

後列左から、坏、成瀬、柳町、長沢、水本。前列左から、竹内、森、永宮、向山、山崎、大山。

第二の難関は、予算不足であった。統合計画にして可能な予算規模は膨らんだが、それでも削りに削る必要があった。ニュートリノ計画を2期計画として、後発計画にした。これも大変であった。その後、2003年にニュートリノを入れ込む計画を立てた頃には、リニアックが予算不足になり、400MeVまで完成できないことが判明した。ニュートリノを選ぶか400MeVを選ぶかで、総合科学技術会議を巻き込む騒ぎにまで進展した。しかし、これも何とか通り抜けた。

第三の関門は、J-PARCセンターの創設であった。この計画は、あくまで高エネルギー加速器研究機構と日本原子力研究所との統合計画であった。それを一つの「センター」として発足させるのには大きな抵抗があった。何度も何度も議論を繰り返した。これには、皆疲れ果てた。結局、戸塚洋一機構長のもと、センターを発足させるべしという英断が下った。私も、この種の議論には一種の嫌気がさしており、しかし、一体としてしか動きえない要素があるため、辛抱強く議論を重ねた。今も、この点に関しては、完全に解決されたとは思っていないが、この時期に、一応の決着があり、2006年にJ-PARCセンターは発足した。



図 15 J-PARC センター発足を祝う東海村での祝典。杉本先生が遠出をされて東海村まで来られた最後ではないかと思う。2006 年 3 月 J-PARC 伊藤氏撮影。
左から、中井浩二氏、坂井光夫氏、私、杉本健三氏、鈴木厚人氏。

その後、第四の難関が訪れた。いかに全体計画を、スケジュール通りに完成させるかという点であった。詳しいことは省くが、この完成スケジュールに対しては、私と上層部で激しい対立が起きた。私は、文科省に約束した線をきちっと遵守したいと主張したが、上層部は、より簡単な方から手を付ければいいので、約束など気にするべきではないという主張であった。端的に言うと、ハドロンホールにビームを先に出すか出さないかの議論であった。長い議論の後、結局は、私の主張が通り、工程表通りに作業を進めることにした。振り返ってみると、この時期が一番辛かったと思う。いずれにせよ、このようにして、プロジェクトは 2009 年春に完成した。約束した通り、J-PARC は 8 年計画として完成したのである [21]。

その後は、順調に進んだが、思いもかけない第五の難関が訪れた。それは、2011 年 3 月の東日本大震災であった。完成後 2 年弱でこの危機が訪れたのである。しかし、この時は、いろんなことが幸いした。まず、主たる建物には、きちっと杭打ちをしてあったので、難を免れた。津波の被害もなかった。一方、周辺部分は大きな被害を受け、その修復には多大なお金と尽力が必要であった。すべての修復を特別扱いでお願いし、大変ではあったが、結果的には献身的に現場の方々作業を進めてくれた。さらには、J-PARC の皆さんが死に物狂いで頑張ってくれた。そんなことがあり、今でも修復中の道路等が残っているが、ビームは 9 か月後の 2011 年 12 月には再開できた [22]。それだけでなく、性能が以前よりも向上した。これには、私は J-PARC 全員に対し、頭の下がる思いである。

原稿を書いている今は、震災から修復し、正常にビームが出てから 1 年以上が経つ。実験施設は順調に動いている。2012 年には、今後の 5 年計画を皆で議論し、その成果を文科省評価部会

にかけた [23]。その評価部会の後、私は、同年7月にセンター長を退いた。それでも、世界に開放するような施設になっているだろうかといった国際化の課題、宿舎、等々、J-PARC にとって未解決の部分は多い。

この時期の杉本健三先生との繋がり、精神的なものが多かった。先生も体調を崩され、老人施設に入られた。しかし、体力の許す限り、何度か進捗状況を見に来られた。先生を施設にお訪ねしたこともある。さらに申し添えると、いつも私のことを気遣って下さった。J-PARC の建設は、それまでの教授の生活とは異なっていた。学生さんや若い人々に囲まれ、研究のことさえしていれば良かった Berkeley や Brookhaven の時代とは異なり、お金のことや人間関係に苛まされる日が多かった。そういった中で、杉本先生は、常に温かく見守って下さった。少なくとも、私はそう思っている。

6. おわりに

「世」という字がある。これは「十」を三つ並べ、それを継ぎ合わせたもので、三十を表したものである。もう少し言うと、十年を一区切りにして、三回繰り返すと、まあ、一人前の仕事をなしうるという意味である。「一世一代」というのは、十年を三度経験すると、ようやく人様の役に立つ仕事ができるという、人の世のたとえである。十年から多少の上下はあるにせよ、三代を生きることの重要性を語っている。

このたとえで言うと、私の最初の十年は、約8年半ではあったが、米国の西海岸のバークレーの時代であった。ここでグループを作り、数名のグループ員を抱え、実験に励んだ。教育されていたそれ以前の期間を除くと、初めて独り立ちした最初の時期であったと思う。

第二の十年は、同じ米国の東海岸のコロンビア大学の時代であった。教授として迎えられ、学科長まで務め、Brookhaven では多くの共同研究者に恵まれ、数百名の共同実験者を抱えた。

そして、最後の十年は、もう16年間にはなるが、日本での加速器建設であった。政府から二千億円近くのお金をいただき、苦労は重ねたが、皆の協力もあり、加速器は建設された。世界に冠たる J-PARC 加速器装置ができ上がった。私なりに、やっこの三つの期間、すなわち、自分なりに「世」に値する奉公ができたのではないかと思っている。

そのすべての時代に、あるいは、それ以前の教育の時代から、杉本健三先生は関わってこられ、そして、私の「一世代」に相当する「人世」に大きな影響を与えた。先生を失ったことは、私の人生そのものを奪われた感がしてならない。一つの大きな支柱を失った感がする。

心よりご冥福をお祈りしたい。

最後の最後になるが、2005年には原子核研究所は完全に無くなった。私たちの心の故郷が無くなった感もする。核研の跡地に石碑が建てられた。この折、多くの核研関連者が集まった。KEK 資料室から、その時の写真が寄せられた。スナップ写真の一部を図16に載せる。杉本先生も亡くなられ、核研も無くなり、そういった意味では、感無量である。



図 16 核研跡地址碑所除幕式にて。2005 年 4 月撮影 (KEK 資料室提供)。
上坪宏道氏と語る杉本健三先生 (上)。私と平尾泰男氏に囲まれて (下)。

参考文献

- [1] S. Nagamiya and K. Sugimoto: Osaka University Report OULNS 69--3 (1967)
- [2] T. Yamazaki, T. Nomura, S. Nagamiya, and T. Katou: Phys. Rev. Lett. **25** (1970) 547
- [3] S. Nagamiya, T. Katou, T. Nomura, and T. Yamazaki: Nucl. Phys. **A159** (1970) 653
- [4] S. Nagamiya, K. Nagamine, O. Hashimoto, and T. Yamazaki: Phys. Rev. Lett. **35** (1975) 308
- [5] T. Yamazaki, S. Nagamiya, O. Hashimoto, K. Nagamine, K. Nakai, K. Sugimoto, and K. M. Crowe, Phys. Lett. **B53** (1974) 117
- [6] 杉本健三、永宮正治、佐野光男、藤田純一、平尾泰男: 日本物理学会誌 **30**, (1975) 33.
- [7] S. Nagamiya and D. J. Morrissey, Lawrence Berkeley Laboratory Report LBL-10461 (1980).

- [8] S. Nagamiya, L. Anderson, W. Bruckner, O. Chamberlain, M.-C. Lemaire, S. Schnetzer, G. Shapiro, H. Steiner, and I. Tanihata: Phys. Lett. **B81** (1979) 147
S. Nagamiya, M.-C. Lemaire, E. Moeller, S. Schnetzer, G. Shapiro, H. Steiner, and I. Tanihata: Phys. Rev. **C24** (1981) 971
- [9] I. Tanihata, M.-C. Lemaire, S. Nagamiya, and S. Schnetzer: Phys. Lett. **B97**(1980) 363
- [10] S. Nagamiya, M.-C. Lemaire, S. Schnetzer, H. Steiner, and I. Tanihata: Phys. Rev. Lett. **45** (1980) 602
- [11] I. Tanihata, H. Hamagaki, O. Hashimoto, S. Nagamiya, Y. Shida, N. Yoshikawa, O. Yamakawa, K. Sugimoto, T. Kobayashi, D. E. Greiner, N. Takahashi, and Y. Nojiri, Phys. Lett. **B160** (1985) 380
- [12] I. Tanihata, H. Hamagaki, O. Hashimoto, Y. Shida, N. Yoshikawa, K. Sugimoto, O. Yamakawa, T. Kobayashi, N. Takahashi: Phys.Rev.Lett. **55** (1985) 2676
- [13] T. Sugitate, Y. Miake, S. Hayashi, Y. Miake, S. Nagamiya and M. Torikoshi: Nucl. Instr. Meth. **A249** (1986) 354
- [14] E802 Collaboration (T. Abbott, et al.): Phys. Rev. Lett. **64** (1990) 847
- [15] E802 Collaboration (Y. Akiba, et al.): Phys.~Rev. Lett. **70** (1993) 1057
- [16] E802 Collaboration (Y. Akiba, et al.): Phys. Rev. Lett. **76** (1996) 2021
- [17] PHENIX Collaboration (K. Adcox, et al.): Phys. Rev. Lett. **88** (2002) 022301
- [18] PHENIX Collaboration (K. Adler, et al.): Phys. Rev. Lett. **91** (2003) 182301
- [19] PHENIX Collaboration (A. Adare , et al.): Phys. Rev. Lett. **104** (2010) 132301
- [20] 永宮正治: 原子核研究 **50** (2006) 1
- [21] S. Nagamiya: Lecture Note in Physics, **781** (2009) 1, Springer-Verlag
S. Nagamiya: Nucl. Phys. **A827** (2009) 179c
- [22] 永宮正治: パリテイ **27** (2012) 32
- [23] S. Nagamiya, Prog. Theor. Exp. Phys (2012) 02B001