

宇宙科学研究室向けシステム検討会
プロシードィングス (1992.3.27)

巨大科学と国際協力

神奈川大学・工 西村純

Big Science and International Collaboration

Jun Nishimura

Abstract

Historical aspects are reviewed how the modern science and the big science are developed in this century. It is pointed out that the collaboration among many scientists become indispensable to the research in the field of modern sciences, which is a quite different feature from that till last century. The history are also described for the development of the concept of the Inter-university Institutions in Japan, in which now ISAS, KEK and other Institutions of big science are belonging.

As a natural extension of the concept of inter-university, many missions in ISAS are operating and are now planning under the international collaborations. The role as well as the limitations of the international collaborations are discussed, in particular it is stressed that the purpose is to achieve the highest level missions by collaborating with excellences of each country and the cost benefit should not be put to be a main reason.

はじめに

日本に近代科学を根付かせ、また日本の巨大科学の始祖と言われる仁科芳雄博士の生誕百年を記念して、昨年、ギンツブルグ、シュウィンガー、ヤン博士を初めとして国内外の数百人に及ぶ著名な学者が集まって講演会が東京で行なわれた。仁科博士は東大の電気工学科を卒業された後、物理学に進まれ、量子力学の本拠地コペンハーゲンに有るボアの研究所に学ばれた。自らもコンプトン散乱に関する世界的に有名な理論的研究を完成され、ノーベル賞を受賞された湯川博士、朝永博士を育てられた。日本の近代物理学は理研の仁科研究室から始まってと言っても過言ではない。しかし、仁科博士の際立った特徴はその経歴の示すように、応用研究と純粋研究にバランスのとれた見解を持つ優れた科学者であった点である。昭和十年代に当時の世界の最大級のサイクロトロンを理研に建設し、これはその後始まる日本の巨大科学の走りとも言えるものであった。

ここに、仁科博士が昭和15年に書いた『アメリカの科学』と題する隨想が残っている。その中で、彼は『今一国の科学の興亡を支配するものは、直接間接にその国力殊にその経済力である。これは科学が文化の一形式である以上当然の話であるが、それが近年に至って殊に目だってきた

というのは、最近の特徴として研究が極めて大規模に行われ出したからである。前歐州大戦以前のように、物理の実験は頭脳さえあれば、ガラス管と臘細工で出来ると言つて居た時代は過去の物語となってしまった。大掛かりの物理実験室は工場と何等撰ぶ所がないという觀を呈しているから、貧弱な資力では到底追い付けなくなつて來た。』と述べている。彼はさらにこの中で、応用研究と純粹研究がお互に助け合つて發展し、社会の近代化に尽くしてきたことについても述べている。ゼネラル・エレクトリック社の例を取つて、当時のアメリカが企業においても純粹研究の重要性に着目して力を注いでいることを挙げ、アメリカの1950年から60年代における驚くべき繁栄を予見している。昭和15年といえば今から50年前、反米の色が濃くなつて來た太平洋戦争の始まる前の年の事である。現在においては当然と思われるこの議論の展開に、仁科博士の優れた卓見を見る事ができる。

1. 近代科学の登場

20世紀に發展した近代科学のあけぼのは19世紀末から20世紀の初頭にあると言われている。それまでのニュートン力学・マックスウェルの電磁気学に代表される古典物理学的な世界像では理解出来ない幾つかの新しい発見がこの時期になされ、それらの基盤の上に近代科学が作られて行つたのである。1895年にはレントゲンによってX線が、次の年にはベックレルによってウラニウムの放射能が発見されている。とりわけ、放射能の発見はそれまで人類が出会つた事のない原子核レベルの現象であった点、その後の發展におよぶ影響は大きかったと言える。一方、熱輻射の研究からも、古典物理学の限界として量子力学が登場し、またほぼ同時を同じくしてアインシュタインの相対性理論が生まれている。現在の社会を形作つてゐる近代的な科学技術の基本はこれらの発見に支えられている。20世紀の特徴とも言えるエレクトロニクス、原子力等々、社会の極めて大きな変革が、本来実用を目的としない『物質とは何か』、『自然界の法則は何か』と言うギリシャ以来人類が求めてきた問題に対する知的な営みから生まれた新しい発見と新しい概念の導入の下に応用研究が行われてもたらされた事は極めて重要な注目すべき事柄といえる。

同じようなことは前世紀にも見られる、太陽系の惑星の運動の研究から集大成されたニュートンの力学が19世紀の機械文明を築き上げた。より旧い時代においては、科学と技術は別々な物として發展してきた。イスラムそして中国における旧い時代の優れた技術は、科学とはあまり深い関わりを持つこと無く、系統的な科学や技術に發展することも無く終わつたが、後にヨーロッパに移入され、デカルト、カント、ヘーゲル、ベーコンに代表される西欧的な近代的精神の基盤との融合の中で近代的な科学と技術へと大きな發展をとげた事は歴史の示すところであり。

2. 近代科学における共同研究の必然性

19世紀末から20世紀初頭に始まる新しい概念の導入と発見は、研究の方法論としても二つの大きな変化をもたらした。かつて学問は、少数の天才によって發展がもたらされた。コペルニクスの地動説、ガリレオの落下的法則、ニュートンの万有引力の発見に至る過程は、その間に何人かの科学者が介在してはいたが、基本的にはそれらの人々の固有の実証的思弁の結果である。

電磁気学についても、ファラデーからマックスウェルの集大成に至る経過は同じような道を辿っている。近代科学に於いても、この様な個人の才能にまつ所は多いが、人間のそれまでの観念を越えた量子力学の様な新しい概念の下での發展は、多くの人の異なつた考え方の交換と討論の

上に築かれて行った。量子論の始祖であるコペンハーゲンのボーアの研究所では、それまでの大学・研究室単位の小さい集団の枠を越えて、世界各国から優れた学者を集めて討論する中で大きな発展がもたらされている。多くの学者の討論の中で、学問の進歩がもたらされると言うのは、現在ではごく自然の事として受け入れられている。しかし、それ以前には科学は研究室単位の小さい集団での少数の優れた科学者によって古典的な意味での独創性を保つ事によってのみ進められるべきものと考えられていた。このようにして、共同研究の概念はまず、理論物理学の分野において現われる。まず同じ大学の近くの研究室との共同研究、ついで国内の科学者との間の協同研究、次いで国際的な協同研究である。この段階では、資金節約の為の国際共同研究と言う要素はない。色々な考え方の交流により、より高いレベルへの発展というのが国際共同研究の必要な理由である。ここに共同研究の在り方の本質を見る事ができるが、それは長い歴史の中で、新しい文化や科学の発展が異なる文化の交流の中でもたらされた過程とも基本的に同じ事である。

ボーアの研究所で近代科学の進め方を目の当たりに見て研究を進めていた仁科芳雄博士は、帰国後、理化学研究所において一大学の枠を越えて学問を進めるボーアの共同研究の精神を手本とした。幸い、理化学研究所は国立でなく、新しい方式の導入は可能であり、戦前の日本における宇宙線・素粒子論・原子核物理の研究は旧来の体制から脱することの出来なかった大学ではなく、理化学研究所を中心に発展したのは故なしとしない。

次に大きな変革は、実験の分野に現れる。近代科学を系統的に進めるには、必然的に新しい技術の導入と活用に迫られる。時に科学の研究には、巨大な装置を建設し、研究を行うためには、多くの人員、総合的な技術と、その国の工業的な基盤を必要とする。例を、戦前の理化学研究所にとれば、仁科博士が建設した原子核研究用のサイクロトロンである。しかしこの段階でのサイクロトロンは当時の概念では巨大な装置であったとは言え、まだ巨大科学の名には値しない。しかし仁科博士が完成した1台目のサイクロトロンはマグネットと銅線の総重量で23トンであったが、その後建設に着手した2台目のサイクロトロンはアメリカのローレンスが建設中の世界最大級の物で、全重量で200トンの物であり、その後起きる巨大科学の前触れであったと言える。それまでの実験の分野に比べて、より総合的な技術と多くの科学者を必要とし、当時産業基盤の弱いわが国にあっては、その建設に大いに手こずったと言うことは想像に難くない。

戦後、素粒子の研究が進むにつれて、物質の根源を求めてより高いエネルギーの加速器が必要になってきた。そのエネルギーの増え方は戦後40年の間に、一回の核相互作用に有効に使われるエネルギーは一万倍程度に迄上っている。

現在のような高性能の加速器の実現が可能となったについては、数々の技術的ブレークスルーが行なわれて来たことが重要である。かつて、地球規模の大きさの加速器を作っても、高々、現在程度のエネルギーのビームしか作れないと考えられていが、強収斂のシンクロトロンや衝突型加速器等の概念の導入によって千分の一程度の大きさで実現が可能となった。ここに『物質の根源を探る』と言う近代科学の成立には、独創的な技術とこれを可能にする工業的な基盤の密接な関わりを見ることが出来る。物質の根源により深く迫ろうとすれば、より大型の加速器が必要に成り、これに必要な経費も増大する。この様に、巨大科学の典型的な例を高エネルギー物理学に見ることができる。

それでは日本の巨大科学と共同研究がどのように経過を辿ってきたかについて以下概観してみることにしたい。それは共同利用研究所という新しい概念の研究所の発足である。

3. わが国に於ける巨大科学と共同研究の体制

湯川秀樹博士のノーベル賞受賞を記念して、京都大学にわが国で初めての理論物理学の共同利用研究所、基礎物理学研究所が生まれたのは昭和28年の事である。戦後、理化学研究所は解体されて、最も苦しい時期を過ごしていたが、戦前の理化学研究所の様に、そしてAINシュタインが晩年を過ごし湯川博士が、そして後に朝永振一郎博士が招待されていたプリンストン大学の高等研究所の様に、基礎物理学研究所は一大学の枠を越えて科学者の交流を行ない、研究会を組織し、新しい研究を発展させる目的を持っていた。

同じ年に、もう一つの共同利用研究所が作られている。東京大学付置の乗鞍宇宙線観測所である。戦後、日本の原子核・宇宙線の実験的研究は壊滅に瀕していたが、比較的費用を要しない地球外から降り注ぐ高エネルギーの放射線、宇宙線による原子核・素粒子の研究がまず復興の兆を見せていました。研究を効率的に行うには、空気による吸収の少ない高山が適している。乗鞍宇宙線観測所の特徴は、基礎物理学研究所と違って実験関係の初めての共同利用研究所であった点と、これを付置する東京大学にはこの方面的研究者が居らず、他大学の研究者が研究するために設立された事である。この二つの研究所の設立は、戦後日本において、近代科学に積極的に取り組もうとする科学者と世論と政府の努力の現れと見ることができ、それまでに無い新しい組織体制を築いた点で画期的なものであったと言える。

それから2年経ち、日本の経済復興がその緒に付いた昭和30年、菊池正士、朝永博士等の提唱によって東京大学に共同利用研としての原子核研究所が生まれた。原子核研究所は、各大学では持てない規模の巨大装置を集中的に整備し、全国の関係科学者で研究を行ない、一举に日本の原子核の実験研究分野を国際的に第一線のレベルに持ち上げることを主目的としていた。まず原子核の精密実験を行うために、性能的に第一級のサイクロトロンを建設する。ついで将来にそなえ、中間子が生成出来る高エネルギー加速器の準備に取り掛かる。その間、中間子（素粒子）の実験的研究には宇宙線の研究を更に発展させる。そして関連する理論部を置く。本格的な実験分野での共同利用研究所の発足である。

原子核研究所の予算規模は完成までに年間1~2億円であった。当時の標準から見れば約一桁大きい予算である。現在から見れば驚くに当たらない額ではあるが、当時の日本にとっては、内容から見ても規模から見ても、巨大科学の性格を持つ研究所であった。体制については、これを付置する東京大学との間に、大学の自治と全国規模の研究者の主体性という概念の違いに設立後も長い間協議が続けられている。日本学術会議を中心に、他分野との間で巨大科学の問題点についてどの程度の議論が行われたかは残念な事に私は詳らかにしていない。しかし、各大学で別々に小型の不満足な装置を作るのを止め、総力を結集し国際的に第一級の研究施設を作らなければ原子核の研究は立ち行かないという正論と熱気に多くの科学者のサポートが得られたものと思われる。

原子核研究所が設立されて暫くの間に、すでに基礎のあった宇宙線の研究で、ついで完成したサイクロトロンを使っての研究で幾つかの優れた成果が生まれ、原子核研究所は国際的にも良く知られる研究所になっていた。オッペンハイマーを始めとして、著名な科学者も数多く訪問し、日本のこの分野での急速な発展を祝福してくれた。原子核研究所は、その後の日本の研究体制に対しても、ここを県立った人々がその後日本の学術分野の発展に重要な影響をもたらした点についての意義は大きいものであった。

原子核研究所のもう一つの計画、中間子を作ることが出来る加速器の準備もやや遅れて山巒は

したが、昭和35年には電子シンクロトロンが完成している。この頃を契機として、日本の高エネルギー物理学分野を将来いかに進めるべきかという真剣な議論がまず原子核研究所を中心に、ついで日本学術会議の場で行なわれるようになった。これが現在の大学共同利用機関『高エネルギー物理学研究所』設立にいたる議論の始まりである。

『高エネルギー物理学研究所』は当初『素粒子物理学研究所』という名前で構想されたが、その研究内容、予算規模、人員規模から見て本格的な巨大科学の性格を持つ研究所である。ヨーロッパにおいては、この巨大科学に対応するために、すでに、1950年代に各国が出資してヨーロッパ共同の研究所CERNを作り、高エネルギー加速器を作つて研究を進めている。アメリカにおいては、対応する研究所が大学とは別な組織としていくつか作られている。時代が変わったと言っても、『高エネルギー物理学研究所』の予算規模は原子核研究所の規模の約二桁上の三百億円と推定され、したがつて学術会議の場においても、これを担当する省庁の文部省の委員会でも、現在問題とされている巨大科学に関わる殆どの問題点が検討に当たつて出され、真剣に議論されている。それらは

1. 巨額な研究費を必要とし、限られた研究予算の枠の中で考えると、他分野の研究を圧迫するのではないか。学問として重要で、僅かの研究予算がないために伸び悩んでいる分野があるのに、特定の分野で多額の予算を使うのはいかがなものか。
2. 国内に巨大加速器を持たなくても、外国の加速器を利用すれば、もっと少ない予算で有効に研究が進められるのではないか。
3. 多数の研究者のチームワークで初めて成り立つような研究は、科学者の独創性を發揮する余地が少ないのでないか。
4. 多額の費用を要するため、国の政策、国際間の技術政策に影響を受け易く、学問の自主性、科学者の主体性を保つこと、学問の調和ある発展が妨げられるのではないか。等々である。

これらの問題は巨大科学を議論する時には、常に繰り返し出される問題である。結局『物質の根源』を追及して行こうとすれば、高エネルギー加速器を必要とし、わが国がこの分野を諦めるのでなければ、それなりの投資が必要となる。外国の加速器に頼るとしても、国内に相当な研究施設を持ち、高度な科学者のレベルと集団を持たない限り、本格的な主体的な研究を行うことは出来ない。朝永博士がノーベル賞を授賞され、社会一般に素粒子にたいする研究に関心が高まったこともある、難産に難産を続けた『高エネルギー物理学研究所』は発足することになった。計画が立てられてから、すでに10年近い年月がすでに経過していた。

これだけの規模になると、もはや大学付属の共同利用研究所としては無理である。一方大学と独立な既存の組織では4. に述べような問題を抱える巨大科学の体制としては問題が残る。原子核研究所や他の共同利用研究所の経験を踏まえて、数年にわたる議論の上に新たに考え出されたのが国立大学共同利用機関（現在の大学共同利用機関）である。この機関は、学問の発展に基本的に重要な学問の自主性と自治に相当する事柄を、大学の学長および学識経験者を含む評議委員会を研究所に置くことによって保証しようとするものである。『高エネルギー物理学研究所』はこの国立大学共同利用機関を適用する第一号の研究所となつたことはいうまでもない。この様

にして本格的な巨大科学に対応する体制がわが国において整備されることとなった。

もう一つの巨大科学『宇宙』は、やや異なる経過を経て今日に至っている事は周知の通りである。原子核研究所が設立された昭和30年の頃、東京大学の生産技術研究所では将来の宇宙分野の発展に備えて、工学の諸分野の人々が協力して鉛筆大の『ペンシルロケット』を用いてロケットの基礎研究を始めていた。丁度、初めの人工衛星スプートニクが打ち上げられる2、3年前に事である。昭和32年から始まる国際地球観測年には、日本は地上観測に加えて、このペンシルロケットから発展した『カッパ・ロケット』を以って観測に参加した。わが国宇宙科学観測の草創の時期である。

すでにアメリカ、ソ連では大型のロケットが開発され、人工衛星による観測で数々の新発見がもたらされた1960年代に入ると、わが国においても宇宙研究の関係者はこの分野の発展のために、共同利用研究所の必要性を痛感するようになった。これらの議論が穩って、昭和39年には、東京大学にあった既存の航空研究所を改組して宇宙航空研究所が生まれることとなった。いわゆる工学と理学関係の科学者の共存する研究所となったのである。昭和56年、徐々に規模が拡大してきた宇宙航空研究所を改組して、東大から独立して大学共同利用機関としての宇宙科学研究所が生れ現在に至っている。

共同利用研究所としての宇宙航空研究所が生まれてから、二十数年を経た現在、各国の発展の歴史を振り返って、純粋科学と応用を分担する宇宙科学研究所と宇宙開発事業団の二つの組織を持ち宇宙開発委員会で計画を全国的な観点から審議すると言う日本の宇宙体制について『日本は最も効率の良い道を選んだ事になっている』と暫々諸外国の科学者は指摘する。この体制は、その後の日本における宇宙科学の発展にもたらした影響は極めて大きい。科学にあっては学問のオートノミーが保持され、科学研究に最も適合するシステムを構築出来たこと、実用にあっては、最も実用に効率的な運用とシステムを構築が出来たためである。そして相互にその特徴を生かした成果を元に協力し合ったことにある。

4. 宇宙科学と国際協力

理学工学の科学者がお互いに協力し、ミューロケットも当初の物に比べて約5倍の性能を持つM-3 SIIロケットが完成すると、それまでの地球引力圏を越えて試験衛星『さきがけ』、科学衛星『すいせい』の2機をハレー探査に送り出す事に成功した。X線天文学では『はくちょう』、『てんま』、『ぎんが』、太陽地球間科学についても『ひのとり』『ハレー探査』、オーロラ衛星『あけぼの』、わが国最初の月ミッション『ひてん』、そして最近では太陽観測衛星『ようこ』と幾つかの優れた成果が上げられ、国際協力も進んで、数多くの国外の科学者が共同観測のために宇宙科学研究所を訪れる様になった。これらの衛星は全て国際協力の下に進められてきた。またこれからの計画『Geotail』、『Astro-D』、『スペースVLBI(Muses-B)』はいずれも国際協力のもとに行なわれている。

共同利用研究所と言うのは元々と國の内外を問わず通用すべき概念であるが、初めの内はまず国内に重点をおき、その基盤が確立するとやがて国際的な色合いが濃くなって來た。その各々の詳細については、後ほど他の方から述べられることと思うので、ここでは割愛するが、これらの衛星の例を見ても宇宙科学における国際協力の評価とある種の必然性を見る事ができる。

それでは、国際協力の必要性と役割は何か。

1. まず、よく言われる事は、国際協力によるコストダウンである。2つの国が同じ額を拠出すれば2倍の物を作る事ができる。しかし、これは国際協力の本質ではない。もし本当に必要ならば、本来他の計画をとりやめても、一つの国が2倍の資金を用意すれば良い事であって、国際協力にともなう色々な繁雑さを考えれば、むしろマイナスともいえる。
2. 科学の発展の歴史を振り返り、色々な考えを持ちより共同研究の中に新しい科学が展開してきた事を考えると、お互いに自分より優れた物を持ち寄ってさらに高いレベルのミッションに仕上げ、一国でやるよりもお互いに大きな成果を得るものでなければ成らない。俗な言葉で言えば、1と1を足して2以上になるものでなければならない。この様な国際協力が実現されるためには、
 - * お互いに学問的に啓発し合う相手である事。
 - * 主体性と自主性の確立と尊重ただ単に相手の機器を搭載するような物は、真の国際協力とは言い難い。

宇宙科学研究所の行ってきた、国際協力で大きな成果の上げた物は初期の段階からお互いに最高の知恵と技術とを出し合って、より高いレベルの物を仕上げるべく協力しあったものであった事が思い出される。

科学の発展の歴史を振返ると、巨大科学における国際協力はある種の必然性を持っている事が分かる。しかしそのためには、幾つかの条件が必要で、場合によっては国際協力であることがマイナスの面に働く事がある事も心しておかねばならない。要は学問の上におけるお互いの主体性が確立していることが大切である。

最後に、仁科博士のサイクロトロンの建設はここに述べた国際協力とはやや趣を異にするが、先人がどのような思いでこの大事業に携わったのか。初めに述べた仁科博士の随想の中に、ローレンス博士とともに世界最大のサイクロトロン建設に進んだ時の話が出てきているので、ここに採録し終りとしたい。

「この間ローレンスの手紙には、学術進歩のためには国境を越えて、お互いに手を携えて進もうと言う誠意に溢れていた。これには全く感動させられたのである。勿論米国人の全てがそうであるとは言わない。しかし少なくともこんな人が一人いると言う事は世界の学会のために喜ぶべき事であり、またノーベル賞を受けたローレンスのことであるから、今はまだ若いがいずれは米国物理学会で重要な地位を占めるであらう。この人がかような態度をとることは、言うまでもなく米国学会、ひいては知識階級が健全な発達をする事を示唆する物である。自分は、ローレンス以外にも幾人かの知人をアメリカに持っているが、それらの人々も皆健全な思想の持主である。こんな事から考えて米国科学会の将来は誠に満々たるものであると思う。科学の発展はただ手や頭の先の技術の問題ではなく、これに携わる人の人格の如何による事である。」