

大学の加速器

上坂 充

Research and Education of Accelerator at University in Japan

Mitsuru UESAKA

学会編集の先生から標記の御題をいただいた。ここまで小型加速器の考え方¹⁾、医療小型加速器の役割²⁾など寄稿させていただいたが、どちらかというと、盛り上げるべく、良いことしか書かなかった。標記課題はある意味深刻な曲がり角に達していると強く認識している。今回はやや過激に本音を述べさせていただいた。筆者は東大工学系・部所属なのでそのローカルな話から始めさせて頂くことを容赦願いたい。必ずしも理学系には当てはまらないかも知れないが共通点はあると思う。学会員の方々に、真剣に問題を共有し、今後ご進言・ご提言をいただきたく思います。

1. 大学の加速器施設は運営のピンチ？

現在の大学での加速器施設のほとんどは、30-40年前の高度成長時代に建設され、維持費もほとんどなくなり、それに携わった第1世代の大先生方は10-20年程前にご退官されている。第2世代の組織長の先生方が、たいへんご苦労・ご尽力されて、実質の維持費を捻出して運営されている。その費用の大半はそれら先生の稼いだ外部資金と周辺におられるユーザの先生方の研究費で賄われている。共同利用にしても、研究費はとうの昔になくなり、旅費もほとんどなくなり、使用料金を徴収するところがほとんどとなってしまっている。そのような状況においてもここまでなんとか運転・利用できてきたのは、生え抜きの技術専門職員の方々がご健在で日夜メンテナンスをやってきたことに負うところが大きい。しかし昨今その方々が定年を迎えようとしている。昔のように優秀な技術専門職員を採用するのは至難の業である。非常勤職員などの制度を活用して、しばし延命していくことも方策のひとつであろう。スクラップ&ビルドの時代に入ったかもしれない。

2. 法人化した大学法人は教員の10ヶ月分の給与のみ支給？

法人化後運営費交付金は年次的に減少している。削られやすい項目はもう2年で半減となった。我々の専攻は研究用原子炉を所有しており、その運転・安全管理費は聖域であって削減できない（しかしながら9.11以来国は様々な厳格な安全管理の法律を制定し、そのための施設・人を強要し、それでいて予算はつけない。これは法律違反でないか?）。研究室運営に関しては、研究費は当たり前として、光熱費・什器費・文具費・人件費の大半を外部資金で賄わなければならない。もし外部資金がなかったら、部屋にいるにも自腹を切らなければならない。外部資金といってもほとんどが短期であって、当たらない年だってあり得る。23年前アメリカ留学していたとき、「アメリカの先生は給料が10か月分しか出なく残り2ヶ月はサバティカル」と聞き、きょとんとしたものである。日本もいよいよ実質そうなるようである。こういう状況で、若い優秀な方が大学の教員に夢をもってもらえるのだろうか？ 甚だ心配になる。

3. 大学で加速器を教える学科がない？

筆者は工学系・部なのでそこでの問題を述べるが、理学系・部では状況はそれほど深刻でないのかもしれない。ただ東大の場合、ずっと昔に理学部物理学科での加速器研究教育は核研や高エネ研に移行して、今は高エネ研や理化学研究所から非常勤講師の先生をお招きして講義をしていただいている。加速器自身の研究をしている講座はない。工学系では、加速器研究をやっている講座は、私のところと、原子力国際専攻（浅野キャンパス）タンデム質量分析の講座のみである。

* 東京大学大学院工学系研究科原子力専攻 Nuclear Professional School, University of Tokyo
(E-mail: uesaka@utnl.jp)

しかしレーザーとなると原子力系に1つ、応用物理系に1つある。またプラズマをみると、原子力系で3講座、電気系で1講座ある。加速器・レーザーの利用や計測については、10講座以上あると思う。このように東大の例では、加速器・レーザー・プラズマでまとめるとすると教員で20名程度、10講座、学生数30名程度の学科が組める計算にはなる。今年のプラズマ・核融合学会での教育研究パネルディスカッションや、ビーム物理研究会総会にて、加速器・レーザー・プラズマの分野交流の積極化が議論された。

4. 物理学科は宇宙のみ？ 応用物理学科は凝縮系のみ？ 工学部はバイオ・医療・ビジネスが人気？

筆者の大学院の所属は平成17年度に旧原子力工学研究施設を改組・新設した原子力専攻(専門職大学院)である。ここは、主に原子力発電所の高度専門職技術者育成のための、法科大学院のような講義のみの専門職大学院である。学生は、ほとんど社会人であり、1年間で専門職修士(原子力)を取得する。彼らは原子炉主任技術者と核燃料取り扱い主任者の国家試験受験の際に、法規以外の学科試験と実習が免除される(この認可を国から得るのはたいへんであった)。一方本郷キャンパスの横に浅野キャンパスの旧原子力研究総合センターを改組して、一般研究者育成用の原子力国際専攻を並行して新設した。原子力専攻の教員全員は、ここを兼務している。一時原子力教育が薄まり安全な原子力発電所運転の維持が心配されていたが、その問題は解消した。この2専攻では発電技術のみでなく、放射線・加速器の講義と実習も行っている。このように大学院は整備されたが、次の課題が学部学科体制である。現在、旧原子力、旧船舶、旧資源、旧精密の学科が一緒になり、システム創成学科を6年前新設した。環境エネルギーシステムコース、シミュレーションコース、生体情報システムコース、知能社会システムコースに分かれており、教員が混ざり合っている。原子力・放射線グループは環境エネルギーシステムコースに入っているが、ここは旧船舶、旧資源も入っており、昔に比べて、原子力・放射線の教育は1/3に薄まっている。筆者は昨年度その環境エネルギーシステムコースのコース長を仰せつかり、教育や、駒場の1,2年生への進学ガイダンスの指揮を一年間とった。駒場キャンパスに足繁く通い、多くの若い学生と対話した。

そこで顕著だったのは理科I類の学生の半分近くは、“宇宙”、“天体”をやりたいというのである。30

年前から始まったスペースシャトル計画や、理学部の宇宙・天体物理の先生方の積極的広報活動が功を奏しているのだろうか。理学志向の学生は物理学科を目指し、工学志向の学生は航空宇宙学科を目指し、大学に入って“適切”に目覚めた学生は他分野に進学する。残念ながら、加速器・ビーム・レーザー・プラズマのキーワードを彼らから自発的に聞くことはほとんどない。また、工学部に応用物理学科(物理工学と計数工学)があるが、物理工学科は、応用物理学会をみてわかるように、強電子相関・量子デバイス・光物性など凝縮系のノーベル賞候補クラスの研究者を多く集め、強化しているように思える。そこにはレーザーの講座がひとつあるのみで、物理を冠する学科で、高エネルギー・高出力の装置の応用物理がやられていない。また彼らは他学科が応用の物理を名乗ろうとすることも、快く思っていないように感ずる。

一方大学院工学系は現在、総長と前工学部長が化学工学系で現工学部長が生体の流体工学者であることもあり、バイオ・医療に、鬼のように力を入れている。筆者の前稿²⁾の最後に書いたが、薬品伝達システムの強力な先生を前面に出し、「医療ナノテクノロジー人材育成ユニット(医・工学系大学院生用教育プログラム)」、「ナノバイオインテグレーション研究拠点」など大型の教育・研究プロジェクトがスタートしている。他の医学部を持つ主要大学でも医工連携は盛んである。原子力国際専攻では医学物理教育コースを設けた。さらに今年度工学系研究科にバイオエンジニアリング専攻を新設した。これは機械・電気・化学・マテリアル(最近では材料といっけいけない、ビームといっけい放射線といわないように)・物理・原子力の教員が集まって、少人数の専任教員と多数の協力教員(兼務)で成り立っている。6講座あるうちのバイオイメージング講座が、放射線医療をカバーしており、筆者を含め原子力・応用物理から3名、機構から1名が参画している。この工学系と医学系との教育・研究連携を図1にまとめた。学内外から筆者の学科や研究室を志望する学生の多くが放射線医療や医学物理のキーワードに惹かれてきている。

さらに工学部でのもうひとつの新傾向が、ビジネス志向である。もともと理系でも文系でも、数学・物理・化学ができてビジネスマンや官僚になる学生はいたが、今は工学部の2,3割はこの種族であると感じる。特に2年前全国の大学で法科大学院を立ち上げて、法学部の学部定員を数十名から200名(東大は文科I類は670名から470名に)減らし、大学院学生定員に移行した。法学部を目指していた日本全体で

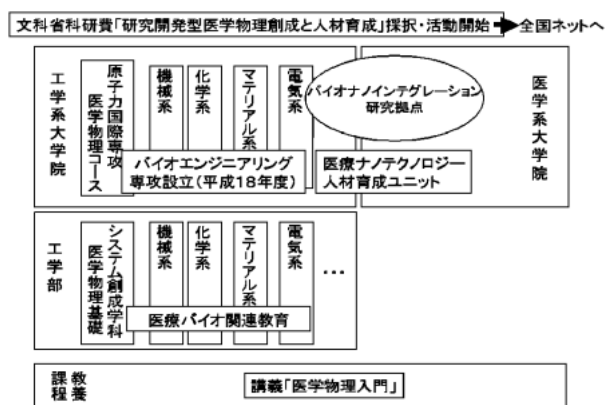


図1 東京大学での医学物理を含む医理工学教育研究新体制

の多数の学生が経済学部や文学部に流れるのみならず、かなりのひとが工学部に流れているとの受験業界の分析である。筆者も駒場での対話でそれを実感した。前述のシステム創成学科の知能社会システムコースは、大学院が今年度新設の技術経営戦略専攻で、学科内で一番人気である。やや方言的で恐縮であるが、昨年の進学振り分けの足切り値は80点で、建築や航空宇宙と並んで、工学の人気トップクラスである。筆者は前稿にも書いたが、薬品伝達システムと物理エネルギー融合技術の研究プロジェクトを、他の研究者やビジネスコンサルタントの方々と立案中である。ここで医工両分野に長けた優秀なビジネスコンサルタントの方にお世話になっている。とても優秀で、上記学内情勢もあり、今年度から学科の非常勤講師をお願いし、筆者の医療用加速器の演習のお手伝いをお願いしている。試しに、卒業論文テーマのひとつに、「先端放射線医療システムと事業展開」なるものを設け、その事業戦略分析の指導を彼にお願いすることとした。結果、成績上位者、就職組から志望があった。

5. 学科に人気が出ると新たな問題が？

当世の学生が進路を選ぶとき、その分野で何を生きがいにするかを真剣に考えている人は少ないようである。偏差値、足切り点の高いところをブランド意識で志望している学生が多い。彼らにきくと、人気のないところは学生の意識が低くていやだともいう。確かにそうかもしれないと思うが、やりたいことが強く決まっていれば他人などどうでもよいようにも思えるのだが。

昨今は医学部人気が異常である。しかし彼らの大半は、難しい技術や重い責任や過労働を避けて進路を選ぶ。人気の分野は形成外科(術後の形状整形)、眼科、

耳鼻科、麻酔科である。不人気の最たるは、マスコミ報道のように産婦人科で、脳外科、整形外科等が続ぎ、放射線科は人気のないところの真ん中辺である。医は仁術でないのでしょうか？

建築学科も人気学科で、最近では世界でも著名な建築家が客員だったせいもあって(タレントのせいも)、工学部で一番である。彼らのほとんどは、芸術的な建築家や官僚を目指し、構造計算も耐震計算も得意でない。航空機産業のない我が国で、航空宇宙学科が人気があるのも奇異な気がする。20年ほど前、航空学科の先生から、異常人気になってしまったので、航空部でグライダーなど自作している飛行機野郎たちが進学できなくなったと嘆いておられた。このような人気学科に共通することは、博士課程への進学がほとんどないことである。未来のその分野の研究者が十分に育成されていないのではなかろうか。

6. 学科構造はマトリックスがいい？

加速器・レーザー・プラズマ・コンピュータなどはシーズあるいはツールあるいは基盤技術である。応用あってのものであり、その応用が時代で変遷する。応用分野は社会からの要請の反映でもあり、学生人気をも左右する。その時代の一番人気分野に例のブランド性が付いてまわる。図2に、それらのマトリックス構造を模式化してみた。応用分野では、様々なツールが活用される。例えば治療用電子ライナックシステムで加速器の占めるコストの割合は25%程度で、その他がメカ・計測・制御・コンピュータ・ソフトウェアである。特に臨床医・医学物理士・技師に使いやすい治療計画ソフトウェアが高価で付加価値が高い。加速器だけの知識では全体システムの設計と製造ができない。であるとすれば、前述のように、例えば加速器・レーザー・プラズマでまとまって学科などのユニットを形成するのは、かえってそれらツールの新たな利用展開を妨げてしまうかもしれない。加速器が様々な応用の可能性があるものとすれば、いつの世でも必ずニーズ・注目・人気の集まる分野で活用されるはずである。優秀な学生を集めるには学科の構造はそこリンクしていなければならない。学科構造を更新したり、学科名は変えないにしても学内裁量でコースを設置し、そのような対応を行って、理工系大学はここまで生き残ってきている。応用・システム・社会の要請に立脚した教育組織の中で加速器屋はひとりでも加わって、研究教育活動を展開しなければならない。

残念ながら加速器は今の若い世代にとって魅力のキーワードになっていない。しかし、魅力の応用分野

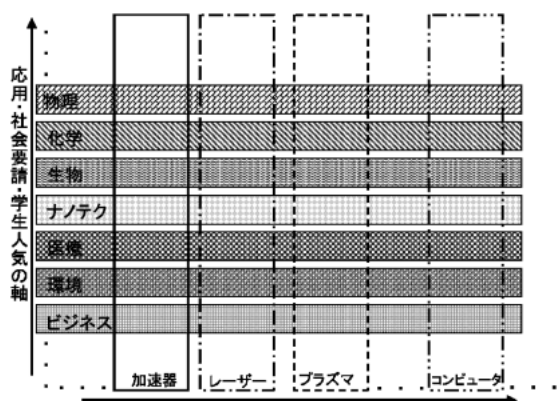


図2 大学での科学技術の教育体制のマトリックス構造

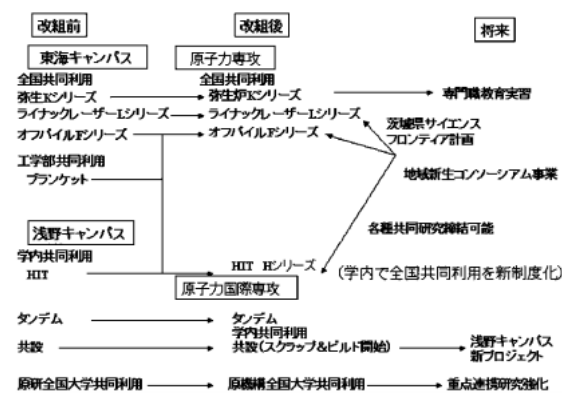


図3 外に門戸を開くための全国共同利用化

のほとんどで、ある比率で加速器技術が基盤となっている。であればそれらの魅力の分野のキーワードと加速器を結びつけるタイトルをホームページ（HP）などで宣伝に使うと効果的である。学生や若者は印字したものはあまり読まない。インターネットで検索するだけである。魅力のキーワードで検索するので、それと加速器をつけて、pdf ファイル以外で HP に掲載しておけば、“加速器”に目が留まることになる。筆者も昨年から医学物理を自身や研究室の HP に掲載し始めたところ、1 ヶ月に 1 名程度の学生から問い合わせメールがくる。それから研究室見学である。学内でも最近では医学物理で惹かれてくる学生が多くなってきた。今年に至ってはビジネスで数名である。

きっかけはどうか、研究室配属になれば、加速器物理、実験物理と機器開発をしっかりとらせるのである。

7. 加速器技術倫理の薦め

工学・産業界では、原子力検査データ改ざん、航空機不整備、鉄道事故、耐震設計偽造などの問題の対策の一環で、技術倫理の重要性が叫ばれている。日本原子力学会等でも大学教育に議論が及び、今主要な大学の工学部講義で、技術倫理が教育されている³⁾。関連の書籍も多数ある^{4,5)}。社会倫理・規範・標準を鑑み、自らの行為・方向をチェック・修正をしている。加速器建設もものによって大きな資金が必要となる。それらのほとんどは国民の血税である。自らの計画が、本当に社会倫理・規範・標準に照らし合わせ、有意義なものとなっているか？ 個人や小グループの興味や野心の実現にのみ終始していないか？ 是非上記文献・資料・HP をご一読いただくことを薦める。

8. 共同利用・産官学連携・地域性

先に悲観的なことのみ書いたが、資金は競争的資金が増えてとりやすくなっている。加速器開発利用研究のように大規模なものは単独で獲得はなかなか困難である。力のある方々とチームを組んで申請・獲得するのはひとつの方策である。筆者らの 2 専攻が運営する共同利用は、以前は全国・学内・工学部内と様々なものがあつた。それをすべて学内運用で全国共同利用に定義変えた。そのころは、ユーザを増やすのではなく（そんな体力はもうない）、競争的資金を共同獲得するチーム作りを促進させるためである。その様子を図 3 に示しておく。

競争的資金は短期的であり、既存の加速器の維持も含めることは困難である。しかし測定器など、新規研究と既存の装置に共用のものを購入できれば、実質維持費を賄ったことになる。

持続性はいかに確保できるか？ 筆者らは地域性を生かした産官学連携に注目した。3 年ほど前から茨城県のサイエンスフロンティア 21 計画という J-PARC の産官学連携利用を中心として地元企業を含めた地域振興計画に参画させていただいている。具体的活動としては、3 年前から中性子利用促進研究会活動の一環で「小型電子ライナック医療応用研究会」を、関連の研究機関・地元企業・県外企業らとやらせていただいている。ここ（東大東海）で研究開発しているシステム・アイデアの産業応用を議論している。ここには S・X バンドライナックのみならず、レーザープラズマ加速器やレーザーフォトカソードの電子顕微鏡応用も議論している。特に医療応用については東大病院で年 2 回「化学放射線治療科学研究会」を行っているが、それもこの活動の一環である。活動のとりまとめは、県 100% 出資の産官学連携推進の絆ひたちなか

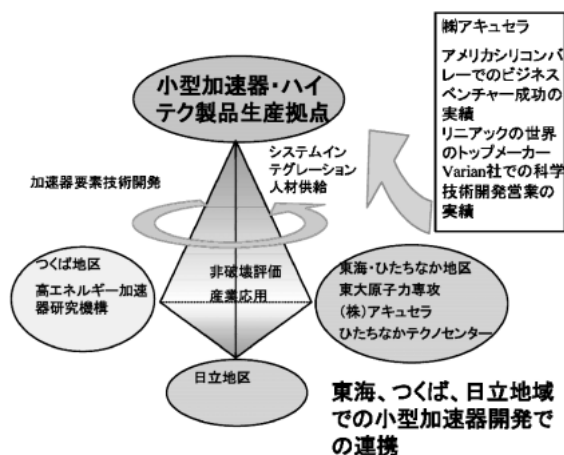


図4 地域性生かした持続的産官学連携

テクノセンターである。また昨年度原子力専攻産官学連携推進室を設置し、㈱アキュセラと共同で、ひたちなかテクノセンター内に設計オフィスを開設した。それらで議論してきた「可搬型高エネルギーリニアック X 線源の開発」プロジェクトを、経済産業省地域新生コンソーシアム事業にひたちなかテクノセンターを管理法人として申請し、採択をみた。ここでは東大、KEK、地元企業が加わっている（勿論県外企業にも機器発注）。その申請書に使ったポンチ絵を図4に示しておく。このように大学での基礎研究、研究機関での開発研究、企業での製品化を組み合わせれば、ひとつのテーマでも連続して競争的資金を獲得できる。文科省→経産省→厚労省という具合に。またそのようなネタが複数あれば、その長い線をずらして描くこともできる。このように持続して競争的資金を獲得し、共用できるものを手当てして、現装置も維持運転

していこうと考えている。

最後に人をどうするか？ がある。外部資金や企業からの委託研究費や寄附金で、特任教員、ポスドク、事務補佐員を賄う以外にはもう方策がないと考えている。COE も有効である。

9. 結 言

暗い話からだんだん明るくしていった。大学には社会を反映した新しい感性の学生が入ってきて、常にフレッシュでいられる。学問・研究の自由があり、学際性がある。複数の分野を組み合わせると新しい“システム創成”ができる。法人化で運営費交付金は減るが、外の機関・企業と組んで、競争的資金がとりやすく、また運用もしやすくなった。特任教員等でその気になれば人員も増やせる。そんな大学で、加速器の教育と研究を絶対に絶やしてはならないと考えている。

参考文献

- 1) 上坂 充「小型装置への要望」日本加速器学会誌 Vol. 2, No. 1, 2005, pp93-95
- 2) 上坂 充「医療分野における加速器関連分野の果たす役割」Vol. 2, No. 4, 2005, pp. 515-522
- 3) <http://www.utnl.jp/~madarame/lec1.html>,
http://www.nuclear.jp/~madarame/rinri_note.html,
<http://www.msel.t.u-tokyo.ac.jp/class/ethics/index.html>
- 4) Charles E. Harris, Jr. Michael Pritchard, Michael J. Rabins 著 日本技術士会訳編 “Engineering Ethics Concepts and Cases「第2版 科学技術者の倫理—その考え方と事例—」” 丸善（2002）
- 5) 杉本泰治，高城重厚，「技術者の倫理入門」丸善（2005）