

(海外の動向)

## インド工科大学ハイデラバード校物理学科の教育と研究

吉永 契一郎 (金沢大学・国際基幹教育院)

細川 敏幸 (北海道大学・名誉教授)

齊藤 準 (帯広畜産大学・農学情報基盤センター)

### 1. はじめに

インド工科大学 (IIT) は、インドを代表するトップの大学として知られている。1951年、カラグプル校の設立を皮切りに、現在、IITには23の分校がある。IITはこれまで、優秀な卒業生を輩出しており、その中には、サン・マイクロ・システムズ創業者 Vinod Khosla、Google・CEO の Sundar Pichai など IT 企業の有力者が含まれる。

IIT の教育力・研究力を探るため、筆者3名は、2023年2月、ハイデラバード校物理学科を訪問した。Google や Microsoft がオフィスを構えるハイテク企業の集積地に位置するハイデラバード校は、2008年、JICA の援助により設立された大学である。日本への留学経験のある教員や、日本からの派遣教員、学生の日本の大学院への進学など、現在でも、日本との関係が深い。

2022年度、インド教育省が発表する大学ランキング(NIRF)によれば、ハイデラバード校は、工学部が全国第9位、総合で14位となっている。そのキャンパスは、ハイデラバードの中心部から、車で、1時間半の場所にある。東京ドーム約50個分の敷地に、子供たちの学校を含め生活環境がすべて整っており、教職員の9割がキャンパス内で生活している。

### 2. IIT への入学

IIT の入学難易度が極めて高いことは、国際的にも知られている。毎年、IIT23校は、共同で、JEE Advanced という統一試験を実施し、JoSSA という組織が、JEE Advanced の得点と受験生に応じて、各校・各学科に、学生を割り振っている。

IIT を目指す学生は、まず、理工系共通試験であ

る JEE Main を受験する。JEE Main は、年2回、受験の機会があり、多肢選択式の問題を、テスト・センターから、オンラインで解答する。2022年度は、JEE Main 受験者90万人のうち、26万人が JEE Advanced に進むことができた (*The Times of India*, Aug.8, 2022)。その中で、最終的に、IIT に合格できたのは、1.6万人であることから、合格率は、わずか1.7%ということになる。

JEE Advanced 中の物理の過去問題は、ウェブ・サイトで公開されているが、3割は比較的容易な設問、他の3割は中難易度の推論問題、残り4割はかなりの難問である (<https://jeeadv.ac.in>)。全体の分量も多く、1問にかけられる時間は難問であっても1~3分程度しかない。そのため、思考力と同時に、テクニックも要求され、生徒の塾通いが加熱する原因ともなっている。作題は IIT の教員が行う。

IIT には、経済状況、カースト、民族、性別等に応じた学生枠など、学生のダイバーシティ確保のための仕組みがある。学費はおおよそ10万ルピーで、ローンを利用する学生はいるが、奨学金の受給はまれである。

### 3. ハイデラバード校物理学科の概要

物理学科は、専門教育を行っていると同時に、全学の専門基礎教育を担当している。専攻には、物性物理学、天文学、高エネルギー物理学などがある。ハイデラバード校全体では、コンピューター・サイエンス学科や AI 学科、電子工学科の人気が高く、物理学科は、中間的な入学難易度である。

物理学科には、本稿執筆時点で、28名の専任教員に対して、学部学生と修士学生が1学年に20~

30名程度、博士課程学生が10~20名程度在籍している。学部生は、同じ大学の大学院には、進学しようとしないので、大学院生は、すべてハイデラバード校以外の大学出身者である。



#### 4. 物理学科における教員・学生との懇談

2日間の滞在中は、物理学科 Prem Pal 学科長のご厚意により、教員・学生・大学院生一同と懇談する機会を持つことができた。また、学務課の職員から、入試を含む学務について、聞き取りをすることができた。以下はその報告である。

##### (1) 難易度の高い筆記学力試験

インド人の生徒は上級中等学校(2年制)に入学すると将来の専攻を決め、優秀な生徒の3分の2が工学部、3分の1が医学部を目指す。トップの学生はコンピューター・サイエンスや電子工学の分野に進む。大学進学には塾を中心とした2、3年間の受験トレーニングが必要となる。

90年代半ば頃までと比べると問題の難易度は低下してはいるが、特に思考力が求められる物理学において、反射神経を試す試験には弊害が多い。しかしながら、ほぼすべての学生が大学を4年間で卒業するなど、筆記学力試験は、入学者の高い学力水準を保証している。学科長によれば、国土の広さと受験者数の多さから、現時点で、筆記学力試験に替わる入学者選抜方法は考えられない。

##### (2) 英語

英語はインドの公用語であり、大学の教育はすべて英語で行われる。ただし、多くの学生は、英語以外の母国語を持っており、英語が得意でない学生もいる。

##### (3) 教育

1学期の履修単位数は20単位程度で、7、8科目を履修する。物理、化学、数学等の専門基礎科目は履修者400名程度を8クラス程度に分けて実施している。講義は伝統的スタイルだが、アクティブ・ラーニングが徐々に取り入れられつつあり、インタラクティブ・ルームも導入されている。授業は対面が原則である。

実験が4学期、プログラミングやシミュレーション、実習を交えたプロジェクトが3、4年次を中心に2学期開講されている。プロジェクトのテーマは学生の希望に基づき、データ圧縮技術やベイズ推定など、伝統的・典型的な物理学以外のテーマを取り入れている。

卒業研究に取り組むことができるのは、オナーズ・プログラムに在籍する成績優秀な学生のみである。ただし、日本へ留学した学生が、日本の研究室教育を評価しているように<sup>1)</sup>、インドの大学では、日本の研究室のような緊密な人間関係はない。

授業中、積極的に質問をする学生は、2割程度である。授業後に質問に訪れる学生もいるが、その一因に言語の問題が考えられる。汎用能力は、あくまで、専門教育を学ぶことによって育成しているが、ソフト・スキルに特化した選択科目も開講されている。

教養教育は、リベラル・アーツ学科が担当しており、日本語を含む語学のコースも提供されている。また、3年次終了後の夏休みに2ヵ月のインターンシップが必須であり、6ヵ月も選択できる。研修先には、56の日本企業が含まれ、日本でも実施している。インターンシップには、給料が支払われ、学習成果はプレゼンテーションと雇用者によるレポートによって評価される。

現在のところ、留学生は、2%程度であり、バンラデシュ、ネパール、ブータンから受け入れている。交換留学を行っているのは、シリア・スーダン・ロシア・インドネシアである。オーストラリアのスウィンバーン工科大学・ディーキンス大学と

は、共同博士課程を持っている。キャンパス内の寮は、現在、定員が4000名であるが、2030年を目処に、1万人に増やす計画である。

なお、高等教育の専門家を招いての研修など、FDの取り組みはあるが、授業方法や内容を改善する上で特に有効と考えているのは、学生からのフィードバックや匿名の授業評価である。

#### (4)卒業後の進路

2022年度、ハイデラバード校全体では、学部卒業生の7、8割は就職、残りが、大学院進学であった。理系の就職先は、製造業、金融、公的機関等である。大学院へ進学する場合は、アメリカ、日本、ドイツ、イギリスなど海外の大学がほとんどである。物理学科の特徴は、就職が5割で、大学院に進学する学生の割合が5割と高いことである。

大学は、起業家になることを推進しているが、まだ、1割以下である。大学には、デザイン学科・アントレプレナーシップ学科もあり、マイナーにすることができる。就職先に、インターンシップをした企業を選ぶ学生も多い。IITの卒業生は、ハイテク企業で高給を得ているというイメージもあるが、すべてがそうではない。

海外の大学院選択に際しては、先輩学生が在籍していることや、将来、移住できるかどうかということも重要な要素であり、その意味でもアメリカに進学する学生が多い。

#### (5)学生の様子

大学の規則により実際の授業を見学することはできなかったが、学生との懇談から、ハイデラバード校における学生の様子的一端を垣間見ることができた。彼らからは、「学業はそれほど大変ではない」「授業は役に立つ」「宿題はそれほど多く感じない」「カリキュラムの自由度が高い」「教員が親しみやすい」「JEEは難しいが準備して挑めば問題ない」「STEM分野で男女間のギャップは感じない」「物理の学習を通じて深まる基礎的な理解とインターンシップ等で身につくソフト・スキルがあればどの分野でも通用すると思う」など、随所

に落ち着きや余裕が感じられた。多くの学生は、研究職や、自身の専門性を生かした職に就くことを希望している。

日本への関心も高く、懇談後には複数の学生から日本の物理研究の動向や、大学院進学のための準備や必要な業績などを尋ねられた。日本での生活に、不安を持っているのは、言葉や食事である。



#### 5. 研究設備

ある物性物理学の実験室を見学する機会があった。当該研究室は、シリコンウェハーの研究を行うため十台近い最新の実験装置を有していた。結晶の生成、切断の装置、端子をつけるための金属蒸着装置、結晶の特性を計測するための測定装置（誘電率等）などである。一つの装置は1 m<sup>3</sup>程度の大きさがある。これらの最新の装置群は日本の一流の研究室に勝るとも劣らない。

しかし、一方で研究室の入り口には多数のバッテリーで構成された大きな電源装置がどの部屋にも配置されている。これは、電源の喪失に備えるためのものである。筆者らの滞在中には、特に電力の供給がストップするような事態はなかったが、瞬電はあったのかもしれない。2016年のハイデラバードの停電（30分以下を含む）日数はおよそ50日である<sup>2)</sup>。2014年に首相に選出されたナレンドラ・モディ首相は、「1日24時間・週7日停電することなく電気を供給する」という公約を実現すべく努力しているが、安定供給はまだまだ先のようなのである。

最新の研究を行うにあたっての課題はまだある。一つは、化学薬品の購入である。国内で生産され

ていない薬品は外国から輸入しなければならない。そのためには時間と費用がかかる。もう一つは、最新機材の維持管理である。高価な最新の機械は維持するために、それなりの手間と費用が必要である。故障した時にどうしているかを尋ねたが、ほとんどの装置は外国製であるため、その支社のある国内の都市か、外国の本社に送り返すそうである。これには、時間と費用を要する。主要な装置が壊れれば研究は何週間も止まってしまう。

見学によって、発展途上国に共通の課題がインドにも同様に存在することが確認された。先に発展を遂げた中国は自国で化学薬品や研究機材の多くを生産することができるようになっており、インドは、これからである。

## 6. 都市としての課題

ハイデラーバードは948万人(2018年推計)の大都市であるが、衛生環境はあまり良くない。都市部でも、一步外に出ると糞尿の匂いが立ち込めている。公衆トイレがあまり見当たらず、あっても壊れているか、管理されている様子がなかった。市内を流れるムンシー川は、護岸工事がされておらず、むき出しの土手には多数のゴミが投棄された場所もあった。

モディ首相は衛生問題でも2014年に「スワッチ・バーラト(きれいなインド)運動」を提唱した。1990年に感染症による死者は全体の51.5%を占めていたが、2017年には26.7%にまで減少している<sup>3)</sup>。しかし、コロナ禍にあった日本(2021年)の感染症による死者数が全体の1.5%であったこと<sup>4)</sup>を考えると、道のりはまだ遠いものがある。

## 7. まとめ

ハイデラーバード校物理学科の様子から以下のことが指摘できる。

### (1) 選抜試験による学生の質の確保

インドにおいては、人口圧力により、選抜試験を用いた学生の質の確保が機能している。少なくとも、大学入学を果たした学生については、高い学力と学習意欲が継続されており、コミュニケー

ション能力も高い。これは、日本の大学においては、受動的な学習から主体的な学習への転換が必要とされることと対照的である。

### (2) 日本との連携

インドが比較的親日的と言われることに加えて、ハイデラーバード校はその設立の経緯から、学部学生の日本の大学院に対する期待が高い。日本の研究設備が充実していることや研究室では英語環境であることなども知られている。これまで、日本の国際交流は、経済支援の一環や日本人の国際化という視点から論じられることが多かったが、今後は、海外からの優秀な人材の獲得という視点も必要である<sup>1)</sup>。

### (3) これからの IIT

すでに23校となったIITについては、上位校を除いて、問題が生じているようである。高等教育研究者によれば、産業界との競争で、教員の確保が難しくなってきたこと、地方に設置されたIITに学生が魅力を感じなくなっていること、そして、IITが、海外に人材を輩出するばかりで、地域や国内に貢献しないことなどが指摘されている<sup>5)</sup>。人口世界一となったインドの高等教育において、IITの今後の動向が注目される。

### 参考文献

- 1) 小林憲枝 *Science Portal India* 2021年11月29日&2022年2月9日
- 2) 牧田 淳「インドの電力事情および電力政策の考察」IEEJ 2018年4月
- 3) 経済産業省「医療国際展開カントリーレポート 新興国等のヘルスケア市場環境に関する基本情報 インド編」2021年3月
- 4) 厚生労働省「令和3年(2021)人口動態統計」2022年9月
- 5) Philip G. Altbach and Eldho Mathews (2021) "India: Too Many IITs, Unrealistic Expectations." *International Higher Education*.