

アフリカに天文学を

高橋 慶太郎

〈名古屋大学大学院理学研究科 〒645-8602 愛知県名古屋市千種区不老町〉

e-mail: keitaro@a.phys.nagoya-u.ac.jp



高橋



諏訪

諏訪 理

〈世界気象機関 World Meteorological Organization (WMO), Geneva, Switzerland〉

e-mail: msuwa@wmo.int

本稿では筆者達のルワンダにおける科学教育に関する体験について報告する。天然資源をもたないルワンダは大きな内戦の後、知識ベースの経済への移行を目指して科学教育に力を注いでいる。日本はこれまで国際協力機構 (JICA) を通して中等科学教育への支援を行ってきた。その先の高等教育について、日本の科学者がリーダーシップを取ることができるのではないかという可能性を、現地での教員としての経験や日本からの出前授業の体験を通して考えてみたい¹⁾。

1. ルワンダという国

ルワンダという国を耳にしたことがあるだろうか？ ほぼ赤道直下、アフリカの中央部に位置し東はタンザニア、北はウガンダ、西はコンゴ民主共和国 (旧ザイール)、南はブルンジと国境を接する。四国の1.4倍ほどの大きさの内陸国で人口は1,000万人ほどである。「ホテル・ルワンダ」や「ルワンダの涙」など1994年に起きたジェノサイドを主題にした映画で一躍有名になった。

1884年にドイツ領東アフリカに組み入れられたルワンダは第一次世界大戦敗戦後、ベルサイユ条約によりルアンダ＝ウルンディとしてベルギーの手に渡る。独立を果たしたのは1962年で、その間旧宗主国の間接統治政策により優遇されてきたのが少数派の「ツチ」である。独立後は多数派の「フツ」が実権を握ったが、「フツ」政権下で「ツチ」はスケープゴート的な役割を負わされることが多々あり、最終的には1994年に80万とも言われる「ツチ」および穏健派「フツ」が大量虐殺される〈ジェノサイド〉という事態に至った。

ジェノサイド後のルワンダについてはほとんど報道されてこなかったため、ルワンダではまだ内戦をしているというイメージがあるかもしれない。しかし実際には現在のルワンダは安定した治安を誇っている。ポール・カガメ大統領の強力なリーダーシップのもと、試行錯誤しながらも民族間の和解は進んでおり、国家は急速に復興しつつある。例えば首都キガリ市の中心ではここ数年で何棟もの高層ビルの建設が始まった (ちなみにその施工のほとんどは中国の建設会社が請け負っている)。キガリ市のマスタープランによれば、これらのビルを皮切りに、今後さらに近代的な街並みへと変貌していくということだ。またルワンダは国として2020年までに達成する目標を「ビジョン2020」として掲げ、その中で現在の農業ベースの経済から知識ベースの経済への移行を目指すとしている。国の経済を駆動するような天然資源を産出しないルワンダの発展に欠かせないのがジェノサイド後の「和解」とともに教育である。

まず「和解」に関して、公立高校教師および大学講師を務めた筆者 (諏訪) には忘れられない思

い出がある。ある日高校の同僚の一人と歩いていると、彼が1枚の写真を取り出してこれは自分の母親だと言った。「ツチ」と「分類」されていた母親は1994年のジェノサイドで殺されたという。そして遠くに見えるほかの同僚を指差し、「あいつはフツなんだ。一緒に屋根の下にいるのが辛くなるときがあるよ。」と言った。国家の復興のためには「和解」という選択肢しかありえないということは国民の間にも広く認識されているが、その一方で複雑な感情を抱えながら生きている人々がいるのだということを改めて感じさせられた瞬間であった。

2. ルワンダの教育

現在のルワンダの教育では日本と同じ6・3・3・4制が敷かれている。以前はこのうち6年が義務教育であったが最近9年に延長された。ルワンダの教育を考える際、「英語化」「IT」「科学技術教育」の三つのキーワードが重要になる。

ルワンダはベルギーの植民地だったこともあり、歴史的にはフランス語が公教育の言語だった。しかし1994年のジェノサイド後、英語圏アフリカであるウガンダやタンザニアから亡命ルワンダ人が大量に帰国し、現在は英語話者と仏語話者が混在する状況になっている。こういった経緯から現地語であるキニャルワンダに加え英仏あるいはスワヒリを話すマルチリンガルも少なくない。一方でフランスはジェノサイド発生時の政権と近く、その政権を駆逐して樹立された現政権とは感情的な齟齬もありフランスルワンダ間では一時国交が途絶えていた。それゆえここ数年はフランスと距離を置く方向にあり英語圏化が進んでいる。実際、2010年1月からすべての公教育が英語化されており、また内陸国であるルワンダはケニアやタンザニアに輸送を依存していることもあって、現在は英語を共通語とする東アフリカ共同体に加盟している。

知識ベースの経済に移行するためにルワンダ政

府はITの重要性を強調しており、国内での光ファイバーの敷設工事はほぼ終わっている。いずれウガンダを経由してケニアのモンバサで海底ケーブルに接続される予定である。また廉価なパソコン(100ドルパソコンまたはXOと呼ばれる)を途上国に広範囲に広げようというOne Laptop Per Child (OLPC)プロジェクトにも積極的に取り組んでいる。実際にいくつかの小学校ではXOを使い始めており、筆者(諏訪)も勤務の傍らOLPCプロジェクトにもかかわってきた。小学校ではまずXOの起動の仕方、クリックやタイピングといった「いろはのい」からの習得が始まったが、子供たちの習熟は早く数カ月もせず最初のプロジェクトに取りかかることができた。子供たちが最初に取り組んだプロジェクトは、スクラッチというプログラミング言語を使った「自動紙芝居」だ。「環境」「教育」「HIV/AIDS」といったようなテーマが与えられ、そのテーマに沿って自分で話を組み立て、マウスで絵を描いて文章をつけていく。音楽や音声を入れることもできる。何枚もの絵を作成し文章をつけたあとは、それらが自動的に進行していくようにプログラムをする。このスクラッチはプログラミング言語といってもあたたかもブロックを組み立てるかのようなシンプルなインターフェイスで、子供でも抵抗なく取り組み同時にプログラミングの要諦が学べるように工夫されている。「教育は巨大なシステムだ。限られた資源は小さな力で最も大きく影響を与えられるところへ集中して投資するべきだ。そしてそれは小学校教育だ。」ルワンダに駐在するOLPC教育チームのJuliano Bittencourtはこう語っている。実際子供たちの作品のでき映えはたいしたもの、小学生がXOを学ぶ早さを目の当たりにしてなるほどとうなずいたものである。

「科学技術」も重要なキーワードだ。国内唯一の国立工科系大学、キガリ工科大学では、アフリカ開発銀行の支援で実験棟を新設し、より実践的な科学技術教育を目指して前進している。また

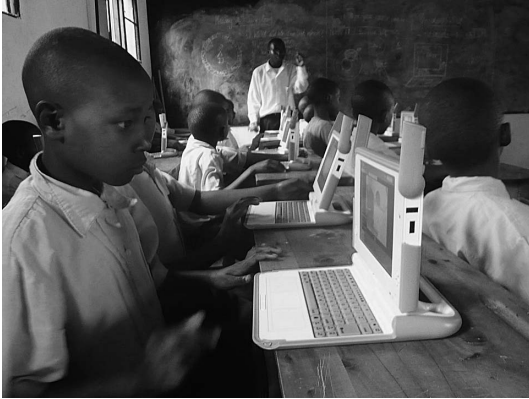


図1 OLPCを使った小学校の授業風景。

JICAの支援で開校した技術短期大学も科学技術教育の重要な一翼を担っている。科学技術教育の現状については次の章で述べる。

教育分野でさまざまな挑戦を続けるルワンダだが、もちろん問題点もある。例えば初等・中等教育の教員の給料が低く抑えられおり、教員という職業が世間の尊敬の対象となっていない。そのため有能な人材の確保が非常に難しい。これは公教育の英語化で英語話者の中から教師を確保しなければならないこと、そして義務教育が6年から9年に延長されたことを考えるとより深刻である。

3. ルワンダでの出前講義

筆者（高橋）は2009年10月の前半2週間ルワンダを訪問した。その間キガリ工科大学で宇宙論に関する講演を行い、またいくつかの高校で物理学・天文学の出前講義を行った。ここでは主に高校での講義について述べることにする。あらかじめルワンダにおける中等教育のカリキュラムを手に入れることができたので、それをもとに授業の内容を組み立てた。物理学や地学に関して学ぶ内容は日本とほぼ同様であり日本の高校生程度の知識レベルを想定することにした。講義の方向性としては宇宙物理学・天文学研究の最先端に近い内容を豊富な映像資料を示しながら紹介し、かつそれを高校で学習する物理学や身近な自然現象と結

び付けて理解させるというものである。

具体的には講義の内容は「太陽」「太陽系外惑星」「宇宙論」の三つを用意していった。「太陽」では「ようこう」や「ひので」などの日本が誇る太陽観測衛星による高解像度でダイナミックな映像をいくつか紹介した。太陽は一般に静かに燃えているという印象をもたれがちであるが、実はフレアや磁気ループといった多彩な活動が起きていることを知ってもらいたかった。実際にエクス線画像を見せるとそれが太陽であるとは信じられないといった反応であった。そして可視光とエクス線の画像を並べて見せ、同じ太陽なのになぜ大きく異なって見えるのか考えさせた。健康診断の胸部エクス線撮影はルワンダにもあり、異なる波長の電磁波によって目で見ただけではわからない情報が得られるということを彼らも知っている。しかしそれが太陽研究のような天文学にも応用できることが意外であったようで非常に興味を示していた。

「太陽系外惑星」はここ10年ほどで急速に発達した分野である。太陽系外惑星の主な観測方法は現在のところ惑星の重力による主星の微小な運動によって引き起こされるスペクトルのドップラーシフトを測るドップラー法と呼ばれるものである。惑星は軽いのでスペクトルのずれも非常に小さく観測は最近まで容易ではなかったが、その原理はドップラー効果を学んだ高校生でも理解可能である。学生たちはこれまで発見された系外惑星と我々の太陽系との大きな違いに（研究者同様）非常に驚いているようだった。また救急車の音など日常の風景と惑星の運動の発見という全くスケールの異なる現象が同じドップラー効果という物理で語られることを通して、物理学の普遍性を示すことができたことと期待している。

最後に「宇宙論」である。まず宇宙の大きさを実感してもらうために、地球から始まって太陽系、銀河系、銀河団、宇宙の大規模構造というように宇宙にはさまざまなスケールの構造が存在し

ていることを示した。そして現代宇宙論の出発点となった宇宙膨張の発見，宇宙が膨張するということがどういうことなのか，それがどのように科学的に発見されたのかを丁寧に説明した。彼らが「宇宙 (Universe)」という言葉にもともとどのようなイメージをもっていたのかわからないが，現代科学による宇宙観を多少なりとも感じ取っていたようである。

以上のような講義にルワンダの学生たちは熱心に耳を傾け，盛んに質問し，粘り強く議論した。それは今回訪問したのがルワンダではトップレベルの高校であるということもあるかもしれない。しかしルワンダの学生たちは小学校・中学・高校の卒業時に国家試験を受け，その結果によって上位学校への入学が決まるため学校での勉強は基本的に試験のための勉強である。そしてその勉強は暗記中心であり論理的思考や自然現象への興味は養われる機会は少ない。このような傾向は日本でも見られるが，ルワンダでは特にそれが著しい。そういった教育環境で育ってきた学生たちが「役に立たない」，そして試験にも関係がない純粋な科学に触れたときどういった反応を示すか非常に興味のあることであった。

先ほどルワンダでの中等教育のカリキュラムは日本とそれほど変わらないと述べた。確かに文字情報としてはルワンダの学生もそれなりの知識をもっている。しかし日本では理科離れとはいえ，テレビや図鑑その他のメディアを通して小学生ですらわれわれが球形の地球の表面に住んでおり，その地球は自転をしながら太陽の周りを回っている，というかなり明確なイメージをもっている。一方，ルワンダでは映像メディアを通して科学的知識に接する機会はほとんどなく，また学校の授業でも教師の黒板をノートに書き写すだけで教科書すらない。「人間は地球の外側に住んでいるのか，内側に住んでいるのか」，「惑星の軌道は何でできているのか」，「太陽は何に支えられているのか」など，おそらく日本ではあまり聞かれないよ



図2 ガヒニ高等学校における授業風景。

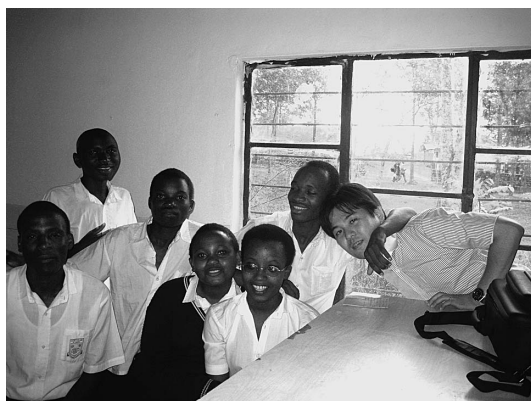


図3 ガヒニ高等学校の生徒たちと。

うな質問をされるのは学生たちが専ら文字情報だけで科学に接しているからであると思われる。

これは宇宙だけでなくもっと身近な話題に関しても同様である。例えば筆者（諏訪）は高校で自然地理学も担当していたが，海には塩分がある，ということに彼らに実感を伴って理解してもらうのに非常に苦労した経験がある。ルワンダは内陸国なので海がなく，そもそも「海」に相当する現地語が存在しない。湖すら見たことのない生徒たちが「まず海とは大きな水たまりで，しかもその水は塩辛い。」という説明に少しでも実感をもてるようにと，西部コンゴとの国境付近のキブ湖へフィールドトリップに出かけたこともあった。生徒たちは湖で二枚貝を拾ってきてこれは何かと質問したり，コンゴ側に見える火山（ニラゴンゴ山）



図4 キブ湖へのフィールドトリップ。

の山頂がなぜ平らなのかと生徒同士で考えあったり、授業で習った海岸線の特徴を目の前の湖岸線と比べながら復習したりとさまざまな反応を示した。その様子を見て、文字情報でない学びをいかに与えることができるのか、ということの大切さ・難しさを感じた。

このようにルワンダ学生たちの科学的知識は自然現象に対する直観的な理解を伴っていないことが多いが、それでも学生たちは全体的に好奇心旺盛で、少数の学生は出前講義の内容をこれまで自分たちが学習してきたことと結び付けて理解しようと試みていた。ブラックホールや星の崩壊といった話題に関して断片的な知識をもっている学生もいた。また「太陽系外惑星」の講義で太陽系と大きく異なる惑星系の説明をしたときには、「惑星の質量や主星からの距離はどのようにして決まるのか」といった本質をついた、そしてまだ科学者でも説明できない問題を質問してきた学生もいた。このように文化的教育的背景の異なるルワンダ人の学生に少しでも知的刺激が与えられたことをうれしく思うとともに、一部のポテンシャルの高い学生にだけでも高度で良質な教育環境が与えられれば、と研究者・教育者としての責任を感じるのである。

4. ルワンダの大学での懇談の結果

ルワンダ訪問のもう一つの目的はルワンダ学生の日本への留学も含めた日本・ルワンダの大学間協力・交流について大学関係者と意見交換することであった。意外かもしれないが、ルワンダ人は日本に対してある程度の親近感を抱いている。日本は第2次大戦でアメリカと戦い原爆を投下された。戦後、天然資源をほとんどもたないながらも高い技術力を発展させ世界有数の工業国として先進国に仲間入りした。このような事実を彼らは世界史の一部として学習している。そしてこれはある意味でルワンダの歩んできた歴史と重なり、また目指すべき方向となっている。ルワンダも17年前の内戦で国土は荒廃し、天然資源ももたないため教育によって人材を育成し科学技術立国として発展していこうとしているのである。「日本はどのように発展したのか」、「どうしたらルワンダも日本のように発展できるか」とは多くの学生から受けた質問である。そうした意識もあってか、日本への留学を希望する学生が少なからずいる。とはいえ、欧米の有名大学に比べれば日本の個々の大学はほとんど知名度がなく、どうすれば日本に留学できるかという情報も全く届いていないというのが現状である。

一方、日本では「留学生30万人計画」が2008年に提案された。これは2020年までに現在12万人ほど受け入れている留学生を30万人に増やそうという中期的目標である。日本の大学のグローバル化に向けた戦略であるとともに、進行する少子化の中で大学や企業の人的規模・質を維持するために海外からの人材を積極的に受け入れようという試みでもある。この目標を達成するための具体的な事業として「国際化拠点整備事業（グローバル30）」があり、拠点となる大学に重点的に資金を配分して英語のみで学位を取れるコースを新設・拡充したり留学生の受け入れ体制を充実させたりしようとしている。

「留学生 30 万人計画」では留学生の数だけでなくその多様性も重要視されている。現在留学生の 9 割はアジア諸国出身者であり、アフリカからの留学生は 1%程度に過ぎない。日本とアフリカは地理的にも遠く、歴史的なかわりもあまり深くないため人材交流のパイプが太くないのもある意味仕方がない。そのような中でルワンダはアフリカ進出へのきっかけとなりうる。それは単にルワンダ人が親日的だからというだけでなく、アフリカ諸国の中でルワンダにはある程度安定した政治体制や良好な衛生環境が確立されており、英語を公用語としているからである。

筆者（高橋・諏訪）らは首都キガリにあるキガリ工科大学と第 2 の都市ブタレにあるルワンダ国立大学を訪問した。前者ではアカデミック担当の副学長ジョン・ムシャナ氏と物理学科長オティエノ・フレドリック氏、後者では応用科学部長ディグネ・ルワブフング氏と面談をした。さらに前駐日ルワンダ大使であり元ルワンダ国立大学長でもあるエミール・ルワマシラボ氏とも面談をする機会に恵まれた。ルワンダ側はさまざまなレベルでの交流、つまり学部留学、大学院留学、研究交流に興味を示した。特に実用的なプログラム、例えば日本の企業で研修を受けることができるコースがあれば多くの学生が興味をもつであろうとのことであった。筆者（高橋）の在籍する名古屋大学では 2011 年度から学部で 5 コース、大学院で 6 コースの英語コースが新たに設置されるが、学部コースの一つに自動車工学というものがある。これは工学部の各学科が協力して分野横断型カリキュラムを提供するとともに、トヨタ、ホンダ、日産、三菱などの自動車関連企業の技術者や研究者を非常勤講師などに採用し、さらにそれらの企業との協力によるインターンシップや見学を通じて生きた自動車工学教育を行うというユニークなコースである。このような日本の強みを生かしたコースによって優秀な学生を獲得することが重要であろう。

また留学生受け入れについての大きな課題はお互いがお互いに関して情報不足であることである。多くの場合、日本への国費留学生の申請は大使館や総領事館を通じて行われる。これまでルワンダでの領事業務は在ケニア日本大使館によって兼轄されており、その分そのような情報に接しづらい状況にあった。2010 年 1 月に在ルワンダ日本大使館が新設されたが、やはり大使館を通しての情報伝達には限界がある。そこでキガリ工科大学とルワンダ国立大学で日本への留学情報を流すとともに、周辺の高等学校にも周知させることが可能であるとの提案をいただいた。また、ルワンダにおいてはラジオによる宣伝活動が特に有効であるとのアドバイスもいただいた。

またルワンダ側からは留学生関係の協力だけでなく、教員同士の交流、特に日本から研究者・教員をルワンダに派遣して欲しいとの強い要望があった。ルワンダの大学は一般的に学生数/教員数比が大きい。日本や欧米の上位大学ではこの比は 10 以下、中には 5 を切る大学もある。一方キガリ工科大学では 30 以上、ルワンダ国立大学では 20 ほどである。また概してルワンダの大学生は日本に比べて多くの単位を取得する必要がある。その分教員にとって講義が大きな負担となっている。このような状況で教員が研究活動を活発に行うことは極めて難しく、学生は「生きた学問」を学ぶ機会がない。筆者（高橋）がキガリ工科大学で宇宙論の講演を行ったとき、講演が終わって真っ先にやって来たのが物理学科長で「宇宙論がこんなに面白いものだとは知らなかった。計算式ばかり見せられるのかと思っていたよ。」と感激した様子であった。つまり教員ですら学問の面白さを十分味わう機会がないのではないかと思われるのである。したがって 1 学期間もしくはもっと短期の集中講義であっても現役の研究者がルワンダの大学で講義をすることは学生（さらには教員）にとって大きな刺激となることは間違いない。



図5 ルワシラボ氏と。

実際これはルワンダの学生のためのみならず、日本にとっても有益であると考えられる。それは日本の教員が直に学生に接することによってルワンダの教育状況が把握できるし有望な学生に留学を勧めることもできるからである。先にルワンダでは日本への留学情報が全く伝わっていないと述べたが、日本人教員が直接ルワンダ学生に宣伝を行う方が学生にとってもイメージが湧きやすいしより留学への意欲をかきたてることは間違いないだろう。

以上が面談の概要であるが、これが日本-ルワンダ交流の最初の第1歩になることを願っている。当然ながら第2歩、第3歩がなければ何も起こりようがない。

5. 日本の大学の途上国での役割

先に述べたようにルワンダの学校での教育は基本的に机上の勉強であり、例えば小中学校で図画工作や理科実験、自由研究などの活動はほとんどない。そのような教育環境で育った学生が工業高校に来ていきなりはんだごてを握ったり、大学で卒業研究に取り組んだりすることになる。科学技術教育にかかわる青年海外協力隊員の多くがここに困難を感じている。

そこで現在日本はJICAを通し「中等理数科教育強化計画プロジェクト」という支援をルワンダ

に行っている。暗記中心だった理数科科目を、実験を通して学んでもらうことを目指す試みである。具体的には中等教育に関わる理数科教師に研修を受けさせ、生徒中心・実験中心の授業を展開するスキルを身につけてもらうことを目標にしている。もともとケニアで始められたこのプロジェクトは成功をおさめ、現在はアフリカ全土へと展開を始めており、ルワンダでも2008年に初めて研修が開かれた。

ただ中等教育が改善していくとしてもその後に質の良い高等教育が提供されていなければ、その効果も半減するだろう。当然のことながら教育とは小学校から大学までの「縦の線」をどう機能させるかを考えて初めて質の向上が可能になる。これまで日本はJICAのプロジェクトや青年海外協力隊を通して中等教育には大きな貢献をしてきた。一方、高等教育はどうだろうか。ここに日本のアカデミズムが果たせる役割があるのではないだろうか？ルワンダの大学関係者との面談の内容を踏まえたうえで、私たちは以下の二つを提言したい。

1. 日本の研究者がアフリカに行って講義を試みよう。
2. 人の交流を増やし、ポテンシャルの高い人材に日本に来て学んでもらおう。

最先端の研究に携わる日本の研究者がルワンダ学生に与えられる知的刺激の大きさは先に述べたとおりである。科学が産業や工業の発展のための手段としてとらえられがちな途上国では、科学を学ぶモチベーションとなる知的刺激が必要なのである。

また途上国で講義をすることは日本の研究者、特に若い研究者にとってとても貴重な経験となる。それは単に英語で科学を伝えるという経験にとどまらない。例えば日本国内で一般向けの講演をするとき、研究者は普段それほど思いを馳せることのない「科学という営みの意味」について多少なりとも考えさせられる。そうした根本的な問

いへの立ち戻り方は、科学技術が高度に発達しその恩恵を十分受けている先進国で講義を行うときと、そうではない途上国で講義を行うときとは、質的に大きく異なるのではないのだろうか。そうした内省の機会が研究者としての財産とならずである。

21世紀、世界はアフリカを抱えながら前進しなければならない。アカデミズムにとってこの問題は「これまで主に先進国の中で閉じていた知の循環にアフリカを組み込む」と読み替えられるかもしれない。サブサハラのアフリカ諸国の中ではルワンダは比較的早くこの循環に組み込まれようとしている。例えばルワンダは地球科学系の事案（地震・火山・地熱発電・キブ湖のメタン）を多く抱えており、マサチューセッツ工科大学 (MIT) の地球・大気・惑星科学科とのパートナーシップを模索している。また MIT はウェブで録画講義や講義資料を公開する「オープンコースウェア」の嚆矢であるが、これを途上国でもっと有効に活用してもらおうという「iLAB」プロジェクトをルワンダ国立大学と始めている。そのほかにもルワンダには欧米諸国からさまざまな試みが行われて

いるが、それはルワンダの比較的安定した治安、良好な衛生状態、汚職の少なさによるものであり、ルワンダはアフリカにおける一つのモデルケースとなっているのである。

このような状況で日本のアカデミズムはアフリカ・世界に対してどのようなメッセージを発信していくことができるのだろうか？ 例えば科学の分野で日本人が目に見えるということ。ルワンダでは技術の国としての「日本」のイメージは広く浸透している²⁾。しかし、そこに「日本人の顔」は見えない。科学技術の分野で車・電化製品などの「モノ」と相補的に「ヒト」のイメージが浸透していくことは国益という観点からも意義のあることだろう。現地の人たちの目に見える形で、日本の科学者がリーダーシップをとるべき場所がここにあるのではないかと筆者らは考えている。

参考文献

- 1) 高橋慶太郎, 諏訪 理, 2010, 日本物理学会誌 65, 731, 816
- 2) <http://worldreporter.jica.go.jp/blog/rwanda/2009/01/001495.php>