

科学に関する国別の影響度

各国が研究支出から得る収穫をデータから分析する。

原文: *The scientific impact of nations*

Nature Vol.430(311-316)/15 July 2004; www.nature.com/nature

David A. King

各国政府や企業、財団などは科学に関する優先事項や資金拠出を決定しなければならず、ある国が科学界で占める順位を判断する能力が重要となってくる。本稿では、過去10年を対象に研究投資で得られた研究業績とその価値(the output and outcomes; 以下、研究成果)を分析し、研究の質を国家単位で評価するとともに、世界的視野で検討する。科学研究の質を評価する方法は数多くあるが、十分とされているものはほとんどない。今回の分析は、1981～94年を対象としたMayの画期的業績¹を更新、拡張するものであり、イギリス科学技術庁(OST)が委託した1993～2002年の研究²を利用している。OST研究の目的は、表向きイギリスの科学技術研究の成績評価という限定的なものであるが、本稿は成果の判断基準の提供や、他国の研究成果の分析も行っており、より幅広い関心が持たれるはずのものである。

国別の科学の量と質を評価するために分析したのは、発表された研究論文および総説の数とその被引用数である。データはすべてトムソンISI(旧称、科学情報研究所)から提供を受けた。トムソンISIが索引を作成している科学誌は8,000誌、36言語にわたり、科学技術界で重要な資料のほとんどすべてを対象に評価している。

この種の計量書誌学的分析で考えられる問題のひとつは、結果を歪曲している論文がありうるということである。たとえば、内容が疑わしいために被引用頻度が高くなっている論文もあるであろうし、自らの論文を必要以上に引用する著者があるかもしれない。しかし、今回の分析で対象とした論文の数は膨大で、そのためそのような歪み現象は問題にならないと考えられる。大規模な研究所の所長は、論文への寄与がおおよそ間接的なものであっても著者として名を連ねている場合がある。しかし、今回の分析で考慮したのは著者が拠点とする国である。それは著者が働いて

いる場所であって個人の氏名ではない。さらに、引用に関する分析は分野間の比較に利用してはならない。たとえば、医学研究論文は数学と比較して被引用回数が多い。このため、分野間にまたがって被引用数を合計してしまうと、被引用頻度の高い分野が低い分野を目隠してしまうことになる。この問題に関しては後で考察する。

比較した31カ国(比較群)には、G8各国や2004年の拡大前のEU15カ国が含まれる。具体的には、イギリス、イタリア、カナダ、ドイツ、日本、フランス、米国、ロシア(以上G8各国)、アイルランド、イスラエル、イラン、インド、オーストラリア、オーストリア、オランダ、韓国、ギリシャ、シンガポール、スイス、スウェーデン、スペイン、台湾、中国、デンマーク、ベルギー、フィンランド、ブラジル、ポーランド、ポルトガル、南アフリカ、ルクセンブルクである。世界の高被引用論文は98%以上がこの比較群の国々から発表されている。ここでいう高被引用論文とは、分野別、発表年別の被引用頻度上位1%というトムソンISIの定義によるものである。これ以外の全162カ国による高被引用論文は合計しても2%に満たない。

上位グループ

表1に示すのは比較群に関する被引用数の分析と総論文数であり、これは科学技術の全分野を対象としている。各被引用論文は著者が拠点を置く国すべてに1回ずつ割り振られている。このため論文によっては2回以上数えられるものがある。国別論文数の合計が全世界合計を上回っているのは、国際共同研究のためである。国別占有率の合計も同じく100%を超えている。グループ論文数の集計(EU15カ国、世界)ではこの点を考慮し、著者が複数国にまたがる論文の重複分を除外して正味の合計を正確に算出した。

表1の順位は項目ごとの順位の違いがわずかであり、1981～94年のものに近い¹。い

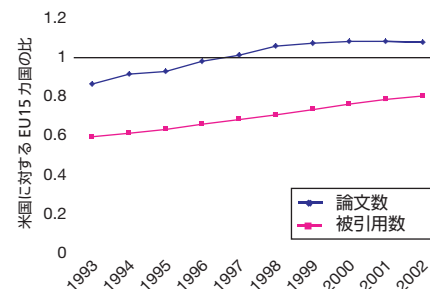


図1 ヨーロッパと米国の比較。米国を1としたときの比較群内EU15カ国の論文数と被引用数。1993～2002年のISIデータベースによる。著者がEU内の複数国にまたがる論文があるため、EU15カ国の合計には重複がある。米国、EU15カ国とも、論文数と被引用数は当該年の合計値。

この被引用数分析値を用いるかによる影響はほとんどない。世界の被引用数の占有率(被引用数占有率指標)は全分野の被引用数の国別占有率であり、医学など被引用頻度の高い分野の被引用数が強く反映されている。米国は論文数、被引用数、上位1%被引用論文占有率で大きく他を引き離しているが、今やEU15カ国を合わせれば米国を上回る数の論文が発表されており(図1)、被引用数も接近してきている。イギリスはいずれの被引用数でも第2位であるが、論文数では日本がほぼ肩を並べており、被引用数ではドイツとの差がわずかとなってきている。

1993年から2002年の間に米国の被引用数占有率が約3%低下している一方、イギリスとドイツは上昇している。データ補正後のイギリスの占有率は1993～97年には10.87%、1997～2001年には11.39%、2001年には11.6%であった。被引用頻度の最も高い国々は残りの国々を大きく引き離している。G8各国はおおむねこの最上位区分に属しているが、ロシアはソ連の崩壊以来科学への投資が激減して遅れをとっている。上位7カ国の背後には北欧の国々が追っており、北欧としてまとめてみればこの最上位区分に加わることになる。

世界の科学界に対する各国の寄与は間違いなく重要な指標であるが、人口や国内総生産(GDP)に照らして研究成果を比較するのにも

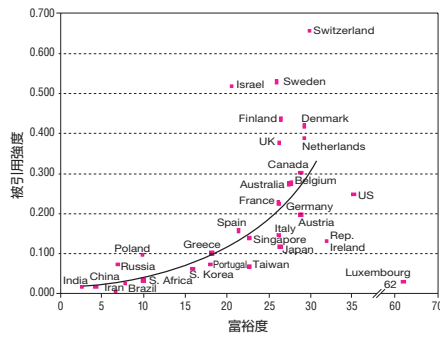


図2 経済的および科学的豊かさの比較。比較群内31カ国に関して、国別の科学被引用強度(全論文への被引用数と各国GDPとの比として算出)を国別の富裕度(1人当たりGDP)の関数として表示。GDPと富裕度は1995年の購買力平価を利用して単位1,000米ドルに換算。情報源: トムソンISI, OECD, 世界銀行。

意義である。図2は「富裕度」(1人当たりGDP)と「被引用強度」(単位GDP当たりの被引用数)の関係を表している。スカンジナビア諸国やイスラエル、オランダ、スイスは群内では小国であるが、いずれもこの指標では上位となり、スイスの優位性が際立っている。富裕度が1人当たり20,600米ドル(スペイン)から35,800米ドル(米国)までの国々に関しては被引用強度の広がり10倍近くになり、この範囲では相関がほとんど認められない。G8のなかで外れた値を示しているのは、比較群全体の平均被引用強度を下回っている米国と日本、それに平均を上回っているイギリスである。座標のもう一端の方に目を転ずると、GDPが世界第2位の中国、第4位のインドが、いずれも富裕度、被引用強度とも低くなっている。

論文当たりの被引用数はある国の研究業績がもつ影響度の指標として有用である。分野ごとに被引用率が異なることによる歪みを是正するため、各分野の平均に対して規準化し発表年を考慮に入れることによって、データを再計算することもできる。こうして作成されたのが再計算影響度(RBI)の数値である。表2が示すのは全分野にわたる31カ国のRBIで、1993~2002年の平均値とともに、傾向を表すため2002年の値も示す。G8各国の中では米国が首位であるが、やはりイギリスとドイツがこの期間で急激に差を縮めている。米国のRBIはこの期間に小幅

な上昇を示していることから、被引用数占有率が低下している(表1)のは、論文の発表数が相対的に減少する一方、平均的に質が高いことによるものである。

現在一般に質の高い論文はすべて英語で発表されると考えられており、この表の結果は英語使用による偏りを反映するものではないと考えられる。しかし、確かな証拠があるわけではないが、米国の寄与全体の大きさを考えると、米国では自国の論文が引用される傾向が強いため分析結果が歪曲されている可能性も考えられる。日本とロシアは、科学の面でほかの主要国と隔離されていることから、特にこのことで伸び悩んだ可能性がある。

分野別の検討

各国政府にとって、国際比較に基づく分野ごとの強さと弱さに関する示唆も必要である。ひとつの分野についての国家間の比較することは、ある国のなかで2分野を比較するよりも容易であろう。

分野の分け方は何通りもある。経済協力開発機構(OECD)のデータベースでは、医学、自

然科学、農学、工学技術、それに社会科学の5種類に大分類されている。イギリスでは、公的研究支出を決定するための評価が68の分野単位に基づいて実施されている。イギリスではなくイングランドを含む7カ国に関するAdamsの計量書誌学的分析³はこの単位に基づいて1988~96年を対象に行われ、68分野単位が数ブロックに類別されている。さらに、OSTがイギリス大蔵省から受ける助成金は主として7研究会議に分配され、それぞれが政府と一定の距離を置いて運営されている。

こうした分類法を考慮し、イギリスの68分野単位の研究者による科学誌利用の類似性を踏まえて、OSTの委託先による分析²では臨床医学、前臨床医学および衛生、生命科学、環境、数学、生命科学を除く自然科学、それに工学という7分類が利用された。

国別、分野別に分解すると大きなデータベースがで上がるが²、これはレーダーチャートで簡潔に表すことが可能である。各分野の被引用数占有率は研究への影響の尺度となるものである。比較のため各国の被引用数全体の占有率を示した。多角形が大きいほど、その

表1 高被引用論文上位1%の占有率(1997~2001年)に基づく国別順位

国	論文数		被引用数		高被引用論文上位1%	
	合計	世界百分率	合計	世界百分率	合計	世界百分率
United States	1,248,733	37.46	1,265,808	34.86	21,664,121	52.3
EU15 (正味合計)	1,180,730	35.42	1,347,985	37.12	15,147,205	36.57
United Kingdom	309,683	9.29	342,535	9.43	4,502,052	10.87
Germany	268,393	8.05	318,286	8.76	3,575,143	8.63
Japan	289,751	8.69	336,858	9.28	3,123,966	7.54
France	203,814	6.11	232,058	6.39	2,638,563	6.37
Canada	168,331	5.05	166,216	4.58	2,315,140	5.59
Italy	122,398	3.67	147,023	4.05	1,535,208	3.71
Switzerland	57,664	1.73	66,761	1.84	1,113,886	2.69
Netherlands	83,600	2.51	92,526	2.55	1,335,748	3.22
Australia	89,557	2.69	103,300	2.84	1,078,746	2.6
Sweden	63,757	1.91	72,927	2.01	1,007,418	2.43
Spain	79,121	2.37	103,454	2.85	813,722	1.96
Belgium	40,147	1.2	48,010	1.32	574,095	1.39
Denmark	31,808	0.95	37,198	1.02	508,183	1.23
Israel	41,804	1.25	45,944	1.27	517,027	1.25
Russia	121,505	3.65	123,629	3.4	509,105	1.23
Finland	28,727	0.86	34,690	0.96	427,873	1.03
Austria	26,100	0.78	33,598	0.93	332,145	0.8
China	68,661	2.06	115,339	3.18	392,055	0.95
South Korea	26,838	0.81	55,739	1.53	183,122	0.44
Poland	34,680	1.04	42,852	1.18	237,622	0.57
India	72,877	2.19	77,201	2.13	316,461	0.76
Brazil	27,874	0.84	43,971	1.21	211,460	0.51
Taiwan	32,620	0.98	45,325	1.25	216,852	0.52
Rep. Ireland	9,880	0.3	12,779	0.35	104,442	0.25
Greece	16,463	0.49	22,333	0.62	128,646	0.31
Singapore	9,030	0.27	15,306	0.42	63,228	0.15
Portugal	8,102	0.24	13,583	0.37	74,196	0.18
South Africa	1,7461	0.52	18,123	0.5	121,598	0.29
Iran	2,152	0.06	4,813	0.13	10,706	0.03
Luxembourg	300	0.01	430	0.01	2,796	0.01
World (正味合計)	3,333,464	106.23	3,631,368	108.94	41,425,399	118.27

ここでこの分析には全学問分野の5年間の論文数を用いている。1993~97年の発表論文に関して、合計被引用数は2002年までの累計値である。1997~2001年の発表論文も合計被引用数は2002年までの累計値であるが、発表後の経過時間が短い被引用数が少ないと考えられる。研究支出、要員および教育訓練に関する国際比較を行うためのデータは主としてOECDのものである(<http://www.sourceoecd.org/content/html/index.htm>の'statistics'を参照)。『主要科学技術指標(Main Science)』とBasic Science and Technology Statisticsの2002年版データも利用した。正確さと信頼性については参考文献2で検討されている。Frascati Manualのデータ定義とそのOECDデータ解釈には可能な限り忠実を期した。

国が世界の科学界に及ぼす影響度は大きい。**図3**は米国を除くG8各国のレーダーチャートである。米国の被引用数占有率はイギリスの約3倍であるため、別途目盛を変えた分野別レーダーチャートでEU15カ国およびイギリスと比較した(**図4**)。

図3から顕著な偏りがいくつか見て取れる。ロシアは生命科学を除く自然科学と工学が比較的強く、生命科学が弱い。日本は生命科学を除く自然科学と工学に強さを示している。フランスは数学が強く、ドイツは生命科学を除く自然科学の影響度が最も強い。イギリスはこの7カ国のなかでは医学、生命科学、環境の影響度が最高であり、数学も上位であるが、生命科学を除く自然科学と工学はそれほど強くない。米国とEU15カ国の比較(**図4**)では、

表2 論文1本あたり被引用数を規準化して算出した再計算影響度(RBI)

Country	2002	1993-2002
Switzerland	1.70	1.59
United States	1.48	1.41
Denmark	1.48	1.33
United Kingdom	1.39	1.21
Netherlands	1.39	1.33
Germany	1.33	1.15
Austria	1.24	1.09
Belgium	1.21	1.17
Sweden	1.21	1.25
Canada	1.18	1.13
Finland	1.18	1.20
France	1.12	1.07
Italy	1.12	1.07
Australia	1.09	1.01
Israel	1.09	1.05
Rep. Ireland	1.03	0.93
Spain	0.97	0.89
Luxembourg	0.94	0.82
Japan	0.91	0.90
Portugal	0.82	0.80
Poland	0.76	0.61
South Africa	0.76	0.61
Greece	0.70	0.67
South Korea	0.64	0.61
Singapore	0.61	0.61
Brazil	0.58	0.62
Russia	0.55	0.40
China	0.55	0.51
Taiwan	0.55	0.56
India	0.48	0.40
Iran	0.42	0.44

1993～2002年の平均RBI。世界のRBIを1とした。ある年のある分野の論文への被引用数 c は発表後の経過時間 t とともに増加して漸近線 $c \bullet$ に近づき、ほぼ指数関数 $(1 - c/c \bullet) = \exp(-t/t_{1/2})$ に従う。ここで $t_{1/2}$ はこの関数の半減期を表す定数であり、被引用数が $c \bullet(1 - 1/e)$ となったときの値である。生命科学の半減期は生命科学以外の自然科学と比較して短い。1981～2002年に地質学分野の30誌に発表された論文の分析²では、被引用半減期が5年とされている。

EU15カ国を合わせてもなお分野別レーダーチャートは米国の方が大きい。これは生命科学関係の強さによるところが大きい。EU15カ国のレーダーチャートは正八角形に近く、米国と比較して生命科学を除く自然科学と工学がわずかに強いが、生命科学と医学が弱い。

支出の見返り

Mayによる1997年の分析¹では、科学面の研究業績が政府の研究開発向け支出(国防を除く)との比較で評価されているが、これは大いに意見や議論を巻き起こすものであった⁴⁻⁶。

この分析で主たる要因とされたのは、高等教育研究開発(定量的には、その業績とは学位を取得した研究者の数や論文の本数)、政府による研究開発(一般に高等教育と比べて国家予算が多く割り振られる)、公的支出による研究開発(政府と高等教育との和)、高等教育研究開発の企業支出、それに研究開発向け国内総支出である。

研究支出と研究業績(論文数)、研究業績とその影響との間にはそれぞれ時間差があり、生産性の理解には多変量モデルが必要となる可能性があることを認識するのは重要である。また国際的な飛び火現象というものがあり、ある国の支出が増加すると別の国、特に直接的な共同研究を行っている国の研究業績も増加する場合がある。

図5はロシアを除くG8各国のデータを重ね合わせたレーダーチャートである。相対的な強さと弱さが非対称性となって表れている。フランスとドイツの六角形は対称的であり、7カ国の平均に近い。それ以外の六角形は顕著な非対称性を示している。資金投入量側では頂点同士が密に重なり合っている。イギリスは公的研究開発支出が第4位で米国と近く、高等教育の項目は第6位となっているが、研究成果の規準化全3項目で首位である。逆に、日本は公的支出項目が第3位、高等教育が首位であるが、研究成果の指標はすべて最下位である。

上記の評価では公共部門と企業の研究業績が明らかに区別されていない。これにはたとえば上記投入量が生成する豊かさの評価が必要になると考えられるため次項で検討する。G7のなかで、高等教育研究開発向けの相対的企業支出は日本と米国が最も高く、イタリアが低い。投入量と成果に関してこのように重大な不備があることを踏まえてもなお、こ

のレーダーチャートは各国の研究業績の国際的影響度で評価される支出の対価について示唆を与えるものである。イギリスは上記各項目の好成績が際立っており、以下にカナダと米国が続いている。その理由については改めて検討する。

図6のレーダーチャートで比較するのは、強さを見せる小国を含むEU15カ国と米国、それにイギリスである。研究成果の評価ではEUの影響度が大きさが示されたが、研究開発向け公的支出当たりの被引用数がほぼ等しいことに注目していただきたい。

経済成長の刺激

企業の研究開発活動の指標を考察するのも有意義である。**表3**では、企業による研究開発支出のGDP比に基づいてG8各国を順位付けしている。この順位は、研究の影響度順に並べた**表1**とはさまざまな点で異なっている。特に、この数値では日本が際立った強さを示しており、米国がEU15カ国をはるかに上回っている。この重要な指標でイギリスは第5位に沈んでいる。

国家の知識基盤と経済力は高度な教育を受けた人材を輩出することで維持され発達していく。これは持続可能な経済発展の必要条件であるが十分条件ではなく、インフラ投資を含む政治的要因とマクロ経済学的要因がともに整っていることも必要である。国家の知識基盤を表す指標のひとつに博士号取得者輩出数がある(**表3**)。国家人口で規準化すると、ドイツとイギリス、フランスがこの指標で米国を上回り、日本は相対的に下位となる。この順位を研究者としての常勤被雇用者労働力比率と比較すると、文化的習慣の大きな違いが見えてくる(**表3**)。この指標では日本と米国の強大な経済力が顕著であり、データが入手可能なG8各国の中で首位と第2位となってフランス、ドイツ、カナダ、イギリスを大きく引き離している。日本の産業界は、定年まで企業内で働くことを期待して大卒の研究開発要員を採用し、実務のなかで訓練を積ませる傾向がある。欧米では、特に工学以外の多くの産業界では、博士号をもつ研究開発要員を雇用するほうが一般的である。特に経済下降期には、博士レベルまでの一般的教育訓練を受けた研究開発労働力の流動性が高いほうがおそらく有利であろう。

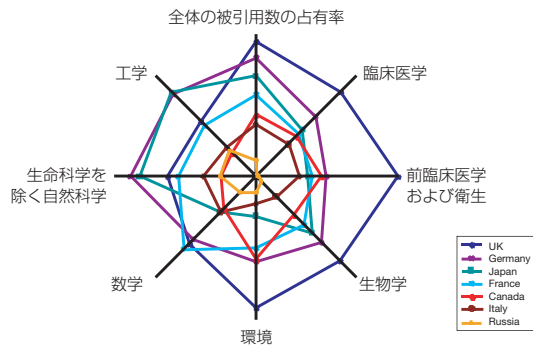


図3 分野別の各国の強さ。7研究分野別および全体の被引用数の占有率に基づき、米国を除くG8各国の研究の特徴をレーダーチャートで示す。原点から各頂点までの距離が被引用数占有率に比例。医学・生命科学が右側、それ以外の自然科学と数学が左側である。

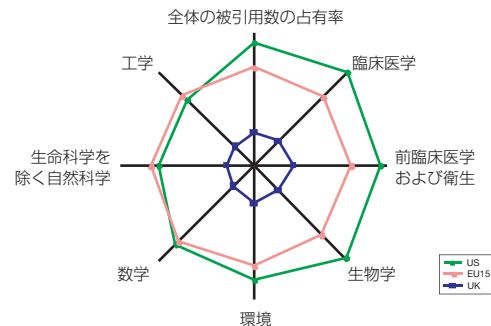


図4 米国、比較群内EU15カ国、イギリスに関する分野別の強さ。原点から各頂点までの距離が被引用数占有率に比例。

位の中国や第22位のインドのような国々はこの数年で科学の基盤が急速かつ効果的に発達している。インドの主要な科学大学は特筆すべき強さをもっており、レベルの高い卒業生を輩出して国の持続的な経済成長に大いに貢献

かわらず、イランが第30位に入っているのみである。

こうした結果をみて言いたい

は、競争性の強い世界市場での持続可能な経済発展には知識の創出への直接的な取り組みが必要であるということである。健康管理や水質浄化、公衆衛生、食品、輸送に関して工学、技術、医学、経営、経済学、社会科学の資質が必要であるが、これをもたない国が多い。新興国の研究技術能力に関して国連事務総長が最近書いた記事⁸ではこうしたことに力点が置かれている。金や石油などの天然資源の輸出国は技術や知識を輸入することができるが、それも天然資源が続く限りのことである。そうした国々にとって、持続可能性とは技術基盤の向上を通じて代替となる農業力や技術力に投資することを意味するものであろう。

貧困と依存の連鎖を断ち切るのは、「北」と「南」と捉えられることが多い、科学力の高い国と低い国の間での能力構築のみであろう。しかし、被引用数順位(図2、表1、表2)だけでは重要な動きが見えなくなってしまうことには注意しなければならない。特に今回第19

している。バンガロールのソフトウェア産業にみられるものがその好例である。中国の大学も高いレベルを維持している。研究基盤への投資と財政支出が増えたことによって、外国、特に米国で教育を受けた科学者、ときには研究を行っていた科学者が祖国に惹き戻され、世界最高の経済成長率を維持している。両国では未だこうした発展に科学の研究業績が追いつく時期ではない。

研究活動に関しては近年このほかにもいくつか比較が行われている。四大国際科学賞¹や14科学分野ごとの高被引用研究者上位100人⁹に基づいて種々行われた研究業績評価の結果はさまざまである。高被引用研究者評価では上位1,222科学者のうち815人(66%)が米国からであり、イギリス(100人)、ドイツ(62人)、フランス(29人)、スイス(26人)、スウェーデン(17人)、イタリア(17人)の6カ国を合わせてもわずか251人である。この結果は研究業績や影響度と対立するものであるが、高被引用論文については一致している。世界の一流科学者を引き寄せるために米国の一部の大学や研究所が支払うきわめて高い報酬が、この格差を存続させている大きな要因で

民間部門が公共研究部門に対して1年間に行う投資は、企業と高等教育の間の相互作用や知識移転の指標として有用である。この指標は今回の分析が対象とする10年間で大きな変化を示している。比較群の企業投資については、研究開発向け全公的支出に対する比率が平均1.8%低下した。イタリアの投資は公的支出による研究開発の比率として3.4%から0.6%に低下し、ポーランドも大きく低下している。一方スイスとオランダ、イギリスは大幅に上昇し、イギリスでは公的支出による研究開発に対して1995年にわずか6.5%であったものが現在は11%まで上がっている。これはG8各国で最高であり、以下カナダとドイツの7%、フランスの5.5%、米国の3.5%が続いている。

偏った世界

1993~2001年の高被引用論文上位1%にあたるもののうち、約84.5%が科学論文被引用数順位(表1)で第8位までの国々から発表されている。これに続く9カ国によるものは13%あり、それ以外の国の占有率は2.5%である。第1グループと第2グループの間には、科学に対する国別の影響度に明らかな差がある。さらに、今回の分析対象は世界193カ国のうちわずか31カ国にすぎないが、これが世界の高被引用論文の97.5%を発表している。

この対比がもつ政治的意味合いは厳然としたものである。今回第29位となった南アフリカはアフリカから唯一リストに載った国である。イスラム教圏にはGDPの高い国が多く、ノーベル賞受賞者のAbdus Salam(物理学賞、1979年)やAhmed Zewail(化学賞、1999年)⁷をはじめ有能な科学者を輩出しているにもか

表3 民間部門研究開発費と博士号保持者数および研究者数*との比較

国	BERD†	BERDの対GDP比	博士数	人口1人当たりの博士数	常勤研究者数	被雇用者1,000人当たりの常勤研究者数
Japan	65,726	2.12	10,962	0.08	644,208	9.59
US	169,228	1.97	44,955	0.17	1,148,271	8.17
Germany	31,013	1.66	24,940	0.30	238,944	5.93
France	18,186	1.38	10,056	0.17	156,004	5.99
UK	15,048	1.22	11,253	0.19	147,035	5.02
EU	95,733	1.19	6,323	0.18	784,066	5.6
Canada	8,343	1.06	3,871	0.13	90,245	5.88
Russia	6,577	0.72	-	-	-	-
Italy	6,569	0.53	3,494	0.06	69,621	3.09

1997~2001年の平均値で示す。ただし、博士数に関しては1998~2000年のデータのみ。
 * 研究者の定義は、OECD/Frascatiに従い、新たな情報や製品、工程、方法、システムの考案や創造に従事する者およびそれに関連する事業の管理者とした。
 † BERDは企業の研究開発費を指す。購買力で調整し、1995年の金額(単位100万米ドル)として算出。

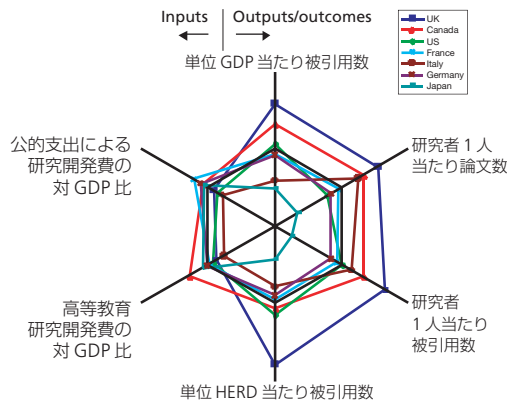


図5 投入資金と科学における研究成果との比較。G8各国の研究の特徴をレーダーチャートで示す(ただし、相当する経済学的データの入手できないロシアは除く)。データは正六角形で示す7カ国の平均値で規準化した。HERDは研究開発用高等教育向け支出を指す。

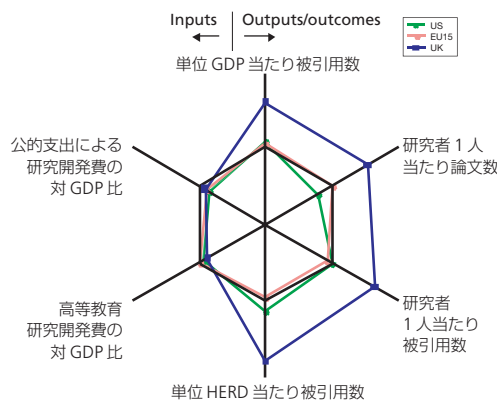


図6 EU15カ国、米国、イギリスについて図5と同じ方法で規準化。HERDは研究開発用高等教育向け支出を指す。

あろう。ロシアの若き数学者 G Perelman を招聘しようという米国の大学群の最近の試みはこのことを例証している¹⁰。欧州各国は、特に超一流に関しては市場が世界的であり、創造性のある最高の頭脳を獲得するためには報酬と条件を引き上げる必要があることを認識しなければならない。

科学の基盤

上海教育学院は最近、世界の上位500大学のリストを発表した¹¹。その順位は、1911～2002年のノーベル賞受賞者数、高被引用研究者数、*Science*、*Nature* 両誌への掲載論文数、発表論文数、それに以上4項目の平均を常勤教員数と比較して決められている。しかし、いずれの項目にも被引用数と同等の信頼性がないと思われる。上記5項目の比重を同じとすると、上位20大学のうち15大学(75%)が米国、4大学がイギリス、1大学が日本である。上位40大学に広げても米国が75%を占めている。上位100大学では、58大学が米国、31大学がヨーロッパである。イギリスの研究評価活動(Research Assessment Exercise)は、イギリスの研究リストの上位を走り他を引き離している4大学(ケンブリッジ、インペリアル・カレッジ、オックスフォード、ユニバーシティ・カレッジ・ロンドン)と、米国と同じく一流研究者を集中化させる方向性を作り上げてきた。

対照的に、米国とEU15カ国の被引用数を比較すると(表1、図1)、1993年までの数値による May の分析¹以来両者の差が目に見えて

縮まっていることがわかる。生命科学では依然差があるが、EUは今や生命科学を除く自然科学、工学、数学で米国と肩を並べている(図4)。科学論文被引用数占有率でイギリスは米国に及ばないものの第2位であり、被引用強度は主要国最高である(図2)。イギリスの現在の強さに関する逆説的理由のひとつは、1980～95年に科学への公的支出が大幅に削減されたことである。この削減は科学者多数の反対運動を招いたが、研究者のなかではある種の創造性がはぐくまれ、このとき進められた産業界やEUへの働きかけが現在結実している。たとえば、イギリスの公的研究への企業投資は、公的支出による研究開発との比では世界最高である。また、現在のイギリス政府は財政支援とインフラ再構築に積極的であり、イギリス科学という剪定された植物は再び旺盛な成長を見せている。OSTの科学予算は1997年から2005年の間に倍増し、2004年7月の時点で、さらに大蔵省はこの予算について、2008年3月までの3カ年に実質年率平均5.6%で増加させると発表している。これは、2014年には公的研究開発と企業研究開発の合計をGDPの2.5%にするという科学技術革新10カ年戦略¹²の一環である。

EU主要国ではこのほかドイツの寄与が過去20年で最も急激に伸び、今や被引用数、高被引用数とも占有率がイギリスまであと数パーセントに迫っている。分野別レーダーチャート(図3)はドイツとイギリスの科学被引用数が相補的であることを示している。ドイツは生命科学を除く自然科学と工学が強く、医学、生命科学、環境科学に強いイギリスと住み分けている。

また北欧各国は被引用強度が高く(図2)、ヨーロッパの科学界で果たしている役割を認めることが重要である。たとえば、ベルギー、デンマーク、フィンランド、オランダ、スウェーデン、それにスイスを合わせると総人口は5300万人であるが、1997～2001年にはこの国々から高被引用論文の12.7%が出されて

おり、イギリス(12.8%)やドイツ(10.4%)に匹敵する。GDPの合計はイギリスをわずかに(6%)下回っており、6カ国をひとまとめでみた被引用強度はイギリスをしのご。

科学の強力な基盤は豊かさの形成に必ずしも直接つながるわけではない。たとえば、イギリス科学の基盤の強さはよく知られているが、それをもとに高等教育-産業界間の知識移転を伴うハイテク集積地が発達したのはごく最近のことである。しかし、科学の力はそれぞれの国にとっても世界全体にとっても付加的な利益をもたらすものである。世界的なテロリズムや病気の流行から地球温暖化の危機まで、各国政府が科学者に頼らざるを得ないような脅威は次々と出現している。

筆者の David A King は、イギリス科学技術庁(Office of Science and Technology, 1 Victoria Street, London SW1H 0ET, UK)に所属している。

1. May, R. M. *Science* **275**, 793-796 (1997).
2. *PSA target metrics for the UK Research Base* (UK Office of Science and Technology, October 2003); www.ost.gov.uk/policy/psa_target_metrics.htm. The original analysis provided by Evidence Ltd has been fully checked and updated for the work presented here. Publications and citation data are from Thomson Scientific.
3. Adams, J. *Nature* **396**, 615-618 (1998).
4. Grant, J. & Lewison, G. *Science* **278**, 878-879 (1997).
5. May, R. M. *Science* **278**, 879-880 (1998).
6. Margolis, R. M. & Kammen, D. M. *Science* **285**, 690-692 (1999).
7. Zewail, A. *Voyage Through Time* (American Univ. in Cairo Press, Cairo-New York, 2002).
8. Annan, K. *Science* **303**, 925 (2004).
9. Batty, M. *Env. Planning A* **35**, 761-765 (2003).
10. Singer, E. *Nature* **427**, 388-389 (2004).
11. <http://ed.sjtu.edu.cn/ranking.htm>
12. *Science and Innovation Investment Framework* (HM Treasury, London, 2004).

謝辞

図表を精査するとともに意見をくれた OST の R Thornes と J Kirk、それにデータマイニングを支援してくれた Z King に感謝する。