

第1回 SPARC Japan セミナー2012

「学術評価を考える」

研究活動分析における革新的な取り組み —Discovery, Collaboration, Evaluation 機関の 意思決定を支援—

ミヒール・コールマン

(エルゼビア シニア・バイス・プレジデント)

講演要旨

書誌計量学に基づく分析手法を主に使用した、学術研究評価の概要を紹介する。まず、トップ20カ国の研究発表を質・量・最新性の面で比較する。次に日本が強みを持つ研究領域に注目した後、共同研究の現状について日本を例に説明する。さらに、英国のビジネス・イノベーション・職業技能省（BIS）と弊社の共同研究から得られた研究者の頭脳循環（brain circulation）についての知見を報告する。



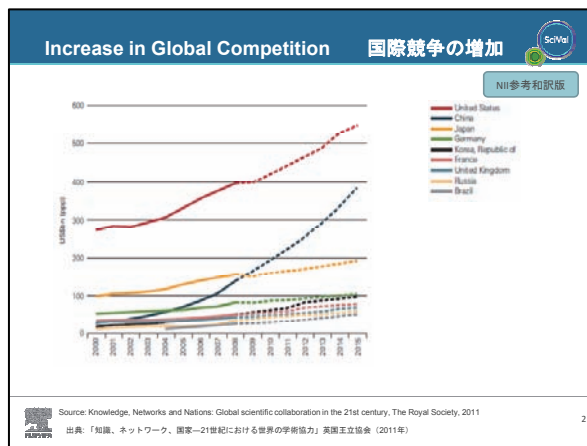
ミヒール・コールマン

エルゼビアのシニア・バイス・プレジデントで、学会、研究評議会や大学など、学術界のリーダーの方々との対話等、リレーションに力を注ぐ国際的なチームのリーダー。また、研究パフォーマンス指標等、イノベーション活動に関する記事の執筆などメディア対応も行う。

1995年にエルゼビアに入社し、色々な出版部門のディレクターを務め、その間に業界初のオンラインジャーナルの一つであるNew Astronomyを創刊。Beilsteinデータベースを取り扱うドイツ支社の代表も務めた。オランダのライデン大学を卒業後、フルブライト奨学生としてニューヨークのコロンビア大学で宇宙物理学のPhDを取得。国際出版連合（IPA）のエグゼクティブ・コミッティーの一員。京都で開催のSTS Forumには過去3年間参加し、2011年は講演者の一人。

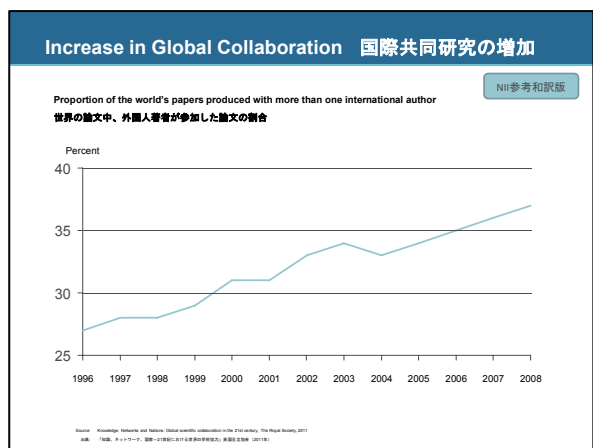
国際競争・国際共同研究の全般的な増加傾向

国際競争が増加しており、国際的な学術的共同研究への各国の支出を見ると、驚くことにどの国でも増大しています（図1）。研究開発投資が増えているのですから、これは非常に喜ばしいことです。アメリカが大幅に伸びていますが、ひときわ目立つのは中国の動向です。ただし、研究者としての立場から言えばこのデータは外挿であり、そのため将来的にどうなるかには常に大きな不確実性が付きまといまいます。



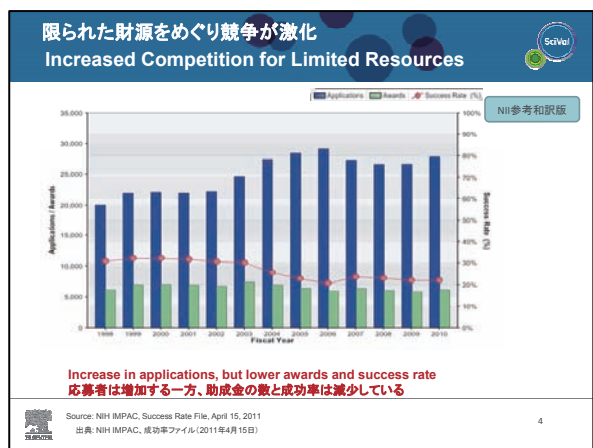
(図1)

国際共同研究も増加しています（図 2）。私たちが 1996 年に統計作成を開始した際、世界の学術論文のうち、外国人著者の参加を得て執筆されたものは約 27%でした。現在、その割合は 40%近くに達しています。自国外の著者の協力を得て発表される論文の数が、全般的に増加している傾向が見られます。



(図 2)

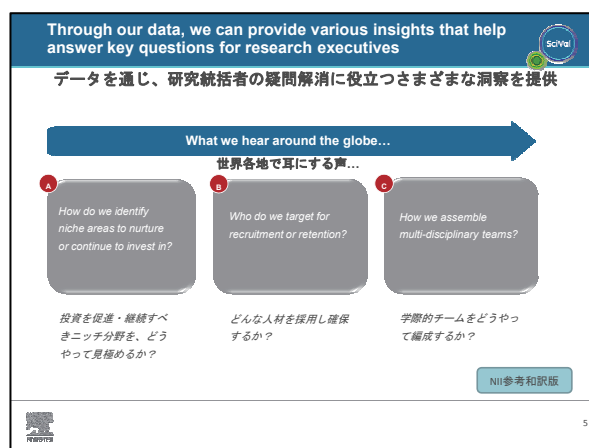
さらに財源は減少する一方、競争が激化しています（図 3）。国立衛生研究所（NIH）のデータによると、付与される研究助成金数は減っているのに、応募者はむしろ増えているといいます。その結果、成功率は今や 20%に低下しており、研究助成を受けられるのは応募者 5 人中 1 人に過ぎません。



(図 3)

研究統括者の課題

われわれは、世界的に三つの大きな課題を耳にします（図 4）。最初の課題は、投資を開始または継続すべき領域をどう見極めるかというものです。二つ目の課題は、適切な人材をどのようにして採用するかです。大学を運営する場合、どうやって適切な教員を見つけ、彼らを確実に引き留めるかが問題になります。生産性の高い非常に優秀な教員を確保することが、大学や研究機関にとって非常に重要だということです。最後に三つ目の課題として、学際的研究が増えつつある動向を受け、いかにして適切なチーム編成を行うかという問題があります。私たちは、本当の意味で分野横断的なチームを擁しています。以上が、主な課題の一部です。当社が開発してきた、コンテンツと書誌計量学に基づくさまざまなサービスを用いて、これらの課題への取り組みを支援します。

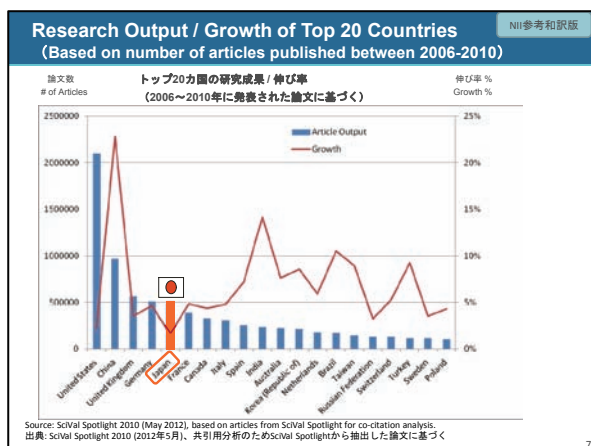


(図 4)

リーダーシップ — トップ 20 カ国の比較

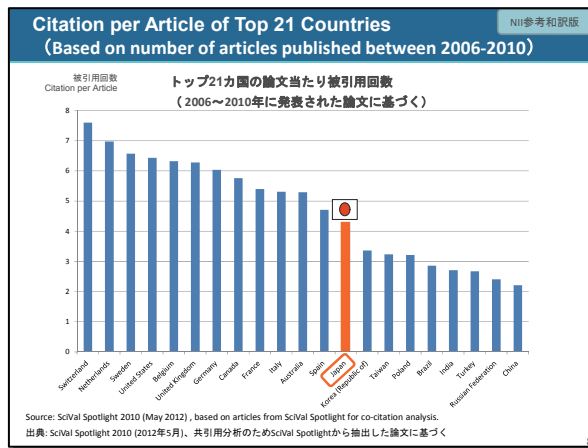
リーダーシップはさまざまな形で定義できますが、ここでは三つの基準を選びました。最初の基準は論文の数とシェアであり、これは大学 1 校または 1 国当たりの論文作成数です。二つ目の基準は、質の指標となる被引用回数です。三つ目の基準は、時代の先端を行っているかという最新性です。

トップ 20 カ国の研究論文数のデータを示します (図 5)。Scopus に基づく、2010 年までの 5 年間のデータです。青い部分が論文数で、アメリカが 200 万本以上と間違いなく 1 位であることがすぐ分かります。次いで中国が 100 万本前後です。日本も 50 万本程度とトップ 5 カ国に入り、世界の舞台で非常に重要なプレーヤーであることが分かりますが、以降の小国になると件数が急激に減少しています。次に伸び率に目を向けると、様相は全く変わってきます。中国が 20% 以上の大幅な伸びを示し、インドも 15% に迫る勢いです。また研究新興国として、台湾やトルコなど全く新たな国家グループも台頭しており、これらの国は実績が確立した国々をはるかに上回るスピードで成長しています。アメリカと日本の伸び率は、わずか数%に過ぎません。絶対数と伸び率では、全く異なる構図になっています。



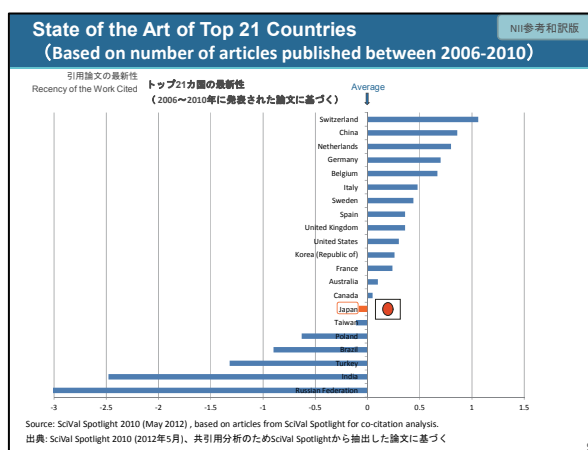
(図 5)

リーダーシップの二つ目の基準は、質の指標である被引用回数です (図 6)。スイスなどは、論文 1 本当たりの被引用回数が 7 回以上と高い実績を挙げており、オランダもほぼ 7 回となっています。被引用回数に限っていえば、スウェーデンやベルギーといったヨーロッパの小国も健闘しています。日本は 4 回強とまずまずの数字ですが、5~6 回となっているドイツ、イギリスなどの研究大国には劣ります。一方、研究新興国は回数が低く、中国は 2 回、トルコ、インド、ブラジルも同じく 2~3 回の間に位置します。



(図 6)

三つ目の基準は、私たちが最新性と呼ぶものです (図 7)。2012 年に発表された論文の参考文献が、すべて 2011~2012 年の論文であった場合、時代の最先端を走っており最新性が極めて高いと言えます。逆に論文中に引用されている文献がすべて 50~60 年代のものであれば、最新性は非常に低くなります。数学の世界では、1950 年代に正しかったことが今も正しいでしょうが、生命科学の分野では、引用文献が古ければ通常は時代遅れの論文と考えられます。国家別に見て最新性が非常に低い場合、それはすなわち引用文献が最新のものでないことを意味します。



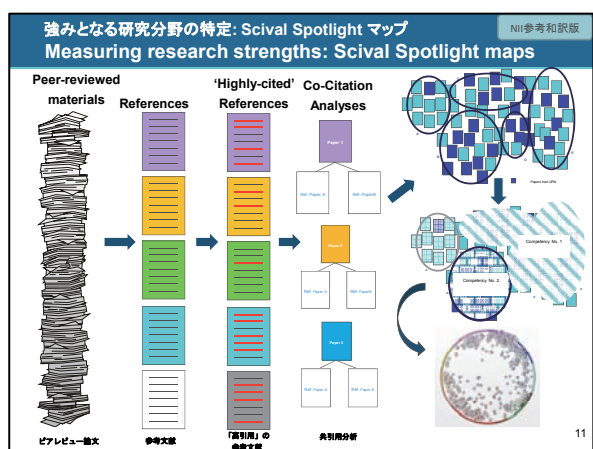
(図 7)

被引用回数が最も高かったスイスがここでも高い評価となり、最新性で 1 位となっています。オランダ、それにドイツ、ベルギー、イタリアも非常に良い評価を得ています。影響力が高い国は、最新性も高いという傾向が若干見受けられます。日本は平均を少し下回

り、ロシア、インド、トルコ、ブラジルなどの一部の研究新興国も低い値を示しています。実際、非常に古い文献を引用しています。ただし中国は唯一の例外で、驚くべきことに、彼らは各分野の最新の研究結果を正確に把握し、最新の文献を引用しています。これは昨今新たに生じた傾向であり、私としても想定外でした。被引用回数が多ければ最新性も高いという全体的な相関関係は、中国には当てはまりません。

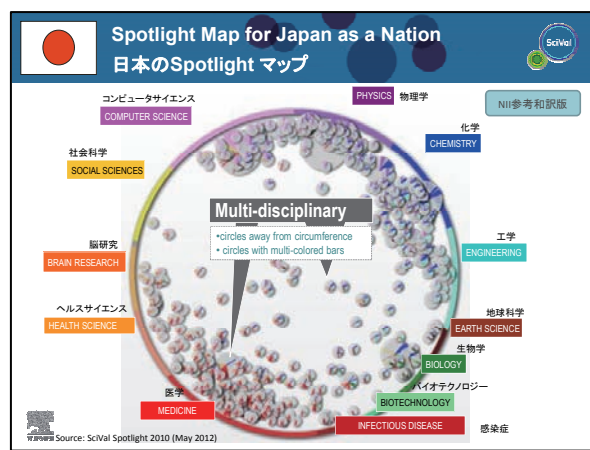
日本の強みとなる研究 — 概要

Scopus のデータ 5 年分を用いて引用回数が高い参考文献を抽出し、詳細な共引用分析を実施しました。10 万の専門領域で、多様な領域について、主導的存在（リーダー）が誰かという選定を実施しており、国単位での比較である国家がリーダーである場合もあれば、大学などの研究機関ごとの比較で、ある機関が主導的地位にあるとみなせる場合もあります。この分析に基づいてマップを作成しています。マップ上の小さな円は強みを示します（図 8）。すなわち、その国（または機関）が、リーダーシップをとれる領域です。リーダーシップの基準は三つあり、一つ目は発表件数に関するリーダーシップ、二つ目は引用回数に関するリーダーシップ、三つ目は最新性に関するリーダーシップです。これは、どれだけ時代の先端を行っているかを示すもので、イノベーションの指標と言えるでしょう。



(図 8)

こうして「マップ・オブ・サイエンス」を作成しました。これが日本のマップになります（図 9）。円の外側の色づけされた部分は各専門分野を表し、コンピュータサイエンス、物理学、化学、工学、地球科学、生物学、バイオテクノロジー、感染症、医学、ヘルスサイエンス、脳研究、社会科学に分かれています。大小合わせ約 400 個の円が描かれており、この円一つ一つが、日本が他国と比べ秀でている分野を表します。円が大きいほど論文数が多くなっています。中心部にもたくさんの円が散らばっていますが、これは学際的な研究です。例えば化学、工学、医学などの分野から

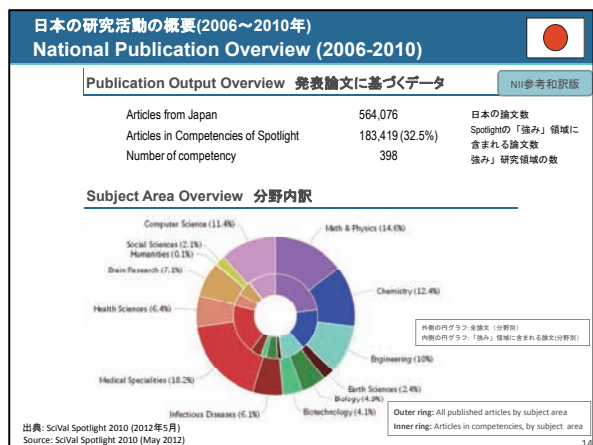


(図 9)

協力を得ており、真の意味で学際的な強みと言えます。

この方法を用いて共引用分析から出発し、ボトムアップ方式でこうしたマップを作りました。分野横断的な領域を明らかにできるという意味で、これは非常に効果的なアプローチであり、別のやり方をとれば当然、分野横断的あるいは学際的な領域は明確にならないでしょう。トップダウン方式ではそれができないため、私たちはボトムアップ方式を選んだのです。

日本の論文発表数は、既に見たように 50 万本以上です（図 10）。このうちほぼ 3 分の 1 が、主導的地位にある論文として強みに数えられ、日本には 400 ほどの強みがあります。分野別の内訳をグラフに示します。外側の円グラフは、日本のすべての論文の内訳です。医学専門領域が突出しているのが目につきますが、例えば数学・物理学も目立ちます。



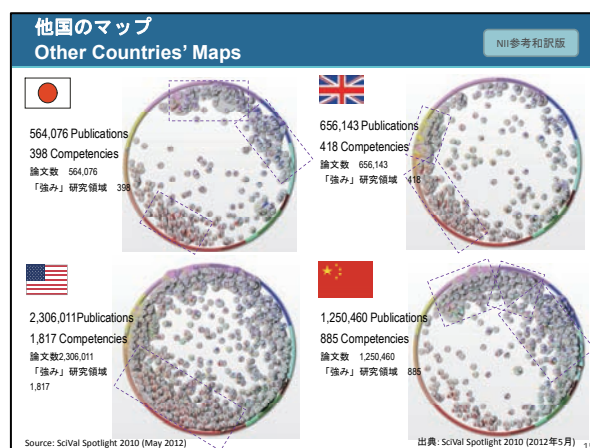
(図 10)

内側の円グラフは、日本がリーダーシップをとっている論文です。これはすべて、マップ上の円に当たる日本の強みとなる文献です。どちらのグラフも分布はおおむね似通っていますが、いくつか違いもあります。例えば社会科学の論文は全体の2%を占めますが、この分野でリーダーシップをとっている論文は皆無です。これは社会科学の研究の質に全く関係しません。社会科学という学問が文化と密接に結びついているため、非英語圏である国がグローバルリーダーになるのは非常に難しいことです。数学・物理学はさらに興味深く、日本の論文はこの分野の全発表論文のおよそ15%を占めるのに対し、リーダーシップをとっている論文という観点では4分の1近くになります。つまり日本は、数学・物理学の分野では非常に進んでいるということです。この分野で、日本が主導的地位にあることが示されています。

他国のマップと分布

日本のマップを、イギリス、アメリカ、中国などの他国と比べたものがあります(図11)。日本は論文数が50万本、強みは400研究領域です。イギリスの強みも、ほぼこれと同数であり、アメリカは論文数が200万本、強みは1,800研究領域となっています。中国は論文数が100万本以上、強みは900研究領域近くあります。強みは、いくつかの特定分野に固まって

います。日本はコンピュータサイエンス、数学、物理学、化学、工学に強く、医学でも大きな円が確認できます。他方、イギリスと比較すると、イギリスは化学分野が比較的弱く空白が目立ちます。コンピュータサイエンスも、パッとしません。ですが日本と同様、医学とヘルスサイエンスでは多くの円が認められ、社会科学は大きな強みとなっています。イギリスと日本の間にはかなり違いがありますが、アメリカはほぼ全分野でリーダーになっているため、面白みに欠けるマップになっています。この結果は、アメリカの科学研究の質と最新性によるものでしょう。生命科学と医学でも大きな強みを見せています。対照的に中国のマップは、興味深いものです。中国は生命科学と医学が弱い反面、コンピュータサイエンス、数学・物理学、化学、工学を強みとしています。その意味で、日本とやや重複しています。



(図 11)

日本の強みとなる研究分野

— 機関・研究分野別の考察

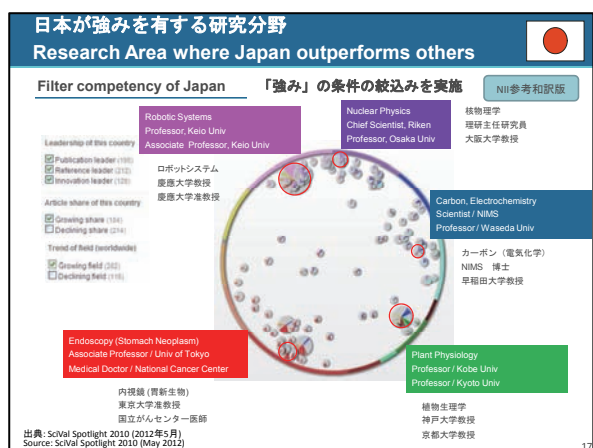
研究実績のある分野をさらに詳しく検討すると、新たなマップの使い道が見えてきます。日本のマップ上には、世界的に成長していて、かつ日本が市場シェアを伸ばしている分野が含まれています(図12)。例えばロボットシステム、核物理学、電気化学、植物生理学、医学などの分野です。

強みの一つであるロボット工学という専門分野に着目すると、世界で 4 万 7,000 本の論文が発表されています (図 13)。この分野の伸び率は 10%なので、順調に成長しています。このうち 8,000 本が日本の論文で、日本の伸び率は 11%と非常に高い数値です。この研究領域ではロボット工学、実験、制御、センサーなどを扱っています。日本のトップ著者、その研究領域、そしてキーワードからはロボットシステムだけでなく、データマイニングの非常に重要な存在であることがわかります。この研究領域の著者は、Lecture Notes in Computer Science や IEEE、そして日本の学術誌に論文を発表しています。Scopus のデータベースは、日本の学術誌も対象としており、そうした雑誌が数百誌含まれていると思います。

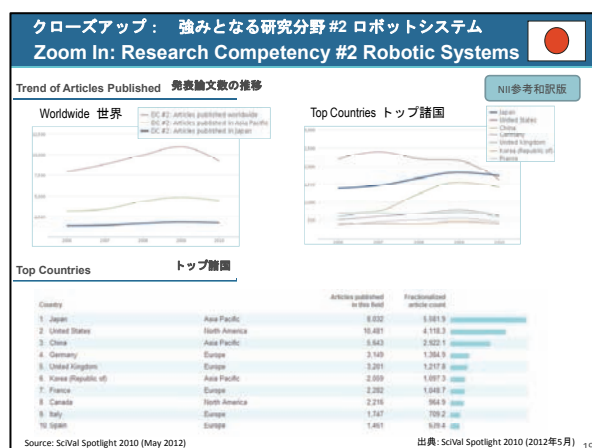
また、変化という側面からデータを追跡することもできます (図 14)。トップ諸国に注目すると、1位の

アメリカは長年高い実績を挙げていますが、実際にはやや減少気味です。日本は 2 位ですが、最新データではナンバー 1 の位置にいます。他の国は中国以外はかなり安定しており、中国は最初こそ少なかったものの劇的な増加を見せ、今は明らかにトップ 3 入りを果たしています。この分野において、発表論文数では日本はトップ国の一つです。日本の論文数はひときわ目を引き、アメリカと中国が後を追っています。

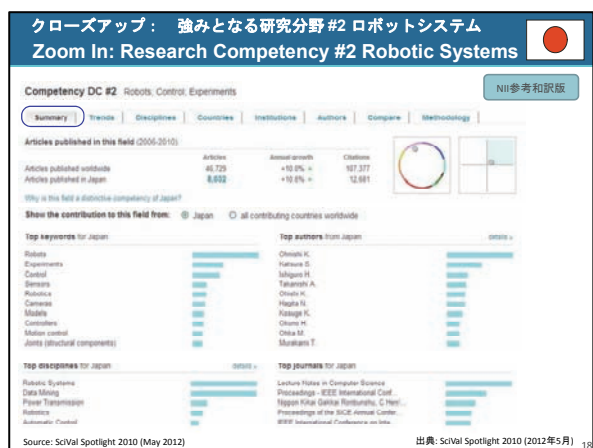
ロボット工学の分野では慶應大学が重要な研究機関であり、次いで東京大学、大阪大学の名前が挙がります (図 15)。日本の研究機関が数多く見られ、個人別に見ても重要な著者はすべて日本人で、トップ 8 人を占め、これは日本として素晴らしい成果です。



(図 12)



(図 14)



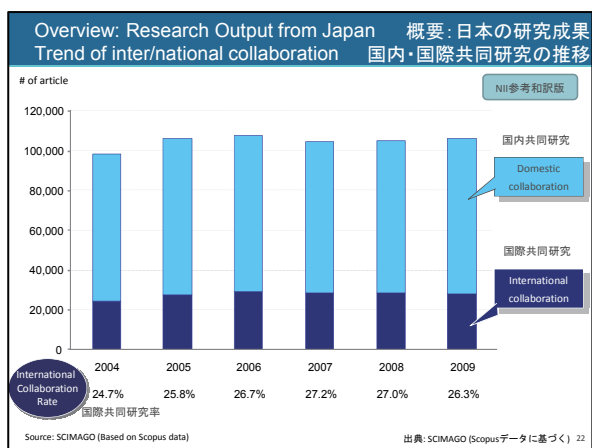
(図 13)



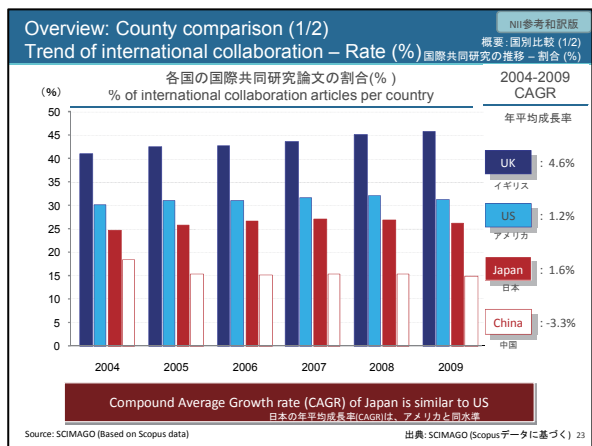
(図 15)

新たな共同研究の機会

日本は年間 10 万本以上の論文を発表しており、おおよそ 4 分の 1 が外国人著者との共同執筆です（図 16）。ここでは彼らを、海外共同研究者と呼びます。他国と比較すると、極めて興味深いことに、イギリスは論文数や強みの数で統計上日本とほぼ同じであるにもかかわらず、日本よりはるかに国際的です。海外との共同研究は、日本の 25% に対しイギリスは 40～45% となっています（図 17）。アメリカは無論、国が大きいので国内共同研究の機会に恵まれています、それでも 30% が海外との共同研究で、外国人著者の増加に伴いこの数字も上昇しつつあります。他方、中国は興味深いケースで、やや減少傾向にあり、現時点で海外との共同研究は 15% と、今日期待されるほど国際的ではありませんが、それも今後変わる可能性があります。



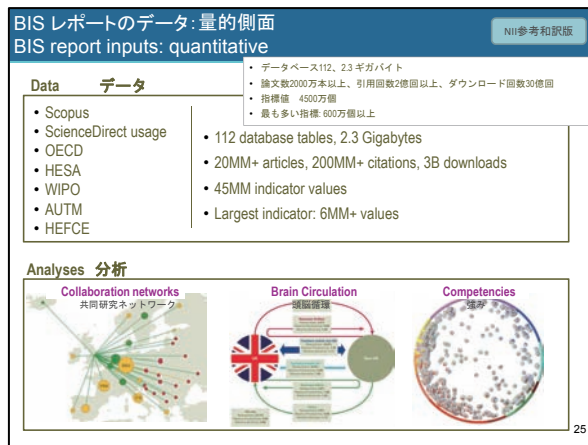
(図 16)



(図 17)

イギリスの研究実績の評価 — BIS レポート

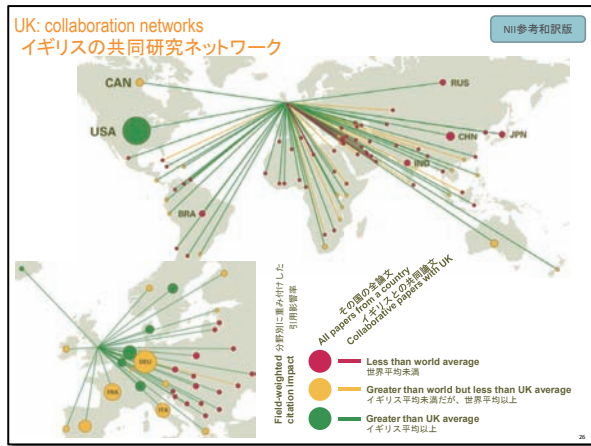
私たちは、イギリスのビジネス・イノベーション・職業技能省 (BIS) のためレポートを作成しました。「研究大国としてのイギリスの現状を評価してほしい」との依頼を受け、BIS レポートを発表したのです。Scopus のデータをはじめ、レポートのため多くのデータを使用しました（図 18）。ScienceDirect の利用統計を使い、「イギリスで最もダウンロード回数が多い論文は何か?」「イギリスの論文のダウンロード回数が、他国と比べて多い国はどこか?」といった質問に回答できるようにしました。加えて OECD や WIPO のデータ、イギリスの高等教育財政審議会のデータも集めました。全部合わせて 2.3 ギガバイト、論文 2,000 万本、引用回数 2 億回、ダウンロード回数 30 億回という大規模なデータになりました。イギリスの強みや学術研究マップの分析も実施し、次いで特定の分野別に詳しく検討し、イギリスの研究者の協力を得てデータの解析を行いました。さらに共同研究ネットワークや頭脳循環についても検討しました。



(図 18)

イギリスはどこで共同研究を行っているのか、そして適切な国と協力しているのかという問いに対し、図中の丸のサイズが大きいほど協力関係が強いことを示します（図 19）。緑色は、分野別に重みづけした引用影響率がイギリスより高い国です。黄色は、引用影響率がイギリスより低いものの世界平均よりは高い国で、赤色は世界平均を下回る国です。このマップによると、

一番協力関係が強い相手はアメリカであり、アメリカは影響率の高い国であるためこれは非常に望ましいことです。ドイツ、フランス、イタリアやヨーロッパの小国、ブラジル、オーストラリア、それにももちろん中国、日本、ロシアとも共同研究が行われています。



(図 19)

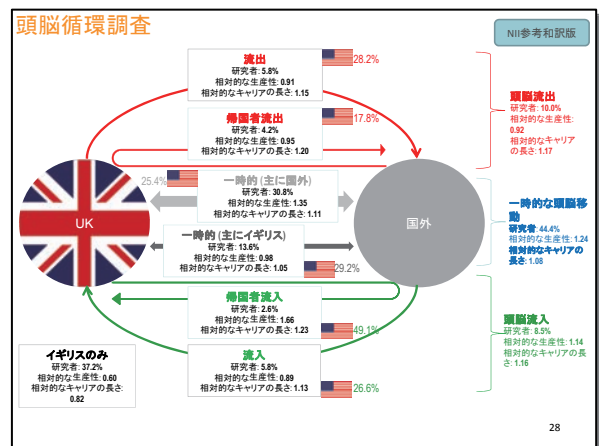
頭脳循環の調査

次に頭脳循環ですが、私たちが頭脳循環を調べ始めた当初、イギリス政府関係者、特に政治家はイギリスが頭脳流出に悩まされていると信じていました。国が素晴らしい大学を作って学生を集めても、卒業後の報酬が少ないため国外に去ってしまう、つまり他国のため教育を行っていることになり、政府にとって懸念すべき状況であると考えられていました。そこでさまざまな移動パターンを検討しました（図 20）。まずイギリスを離れ他国に行ってしまう人々、これはいわゆる頭脳流出に当たります。次にイギリスに入ってくる人々がいます。これは頭脳流入です。それから、いったん国外に出て比較的短期間で戻ってくるグループがいて、2年以内のこうした移動を、ここでは一時的な頭脳移動と呼びます。最後に、国外に出ずイギリスにずっと残るグループがあります。

4 グループの生産性を調べ、平均を 1 としました。各グループの生産性を順に見ると、頭脳流出グループの相対的な生産性は 0.92 で平均を下回ります。頭脳流入グループの生産性は 1.14 と、平均を上回ります。

一時的な頭脳移動グループは 1.24 と、非常に高い生産性を示します。国外に出ないグループは 0.60 と最も生産性が低くなりました。さらに、イギリスを出て 1~2 年以内に帰国するサブグループもいて、彼らの生産性は 1.66 と最も高い数値になっています。以上から、頭脳流出は起こっていないと分かります。頭脳循環が非常に上手くいっていて、イギリスは生産性が高い優秀な人材を誘致しています。特にイギリス出身で、国外に出て戻って来るグループは極めて高い生産性を示しています。もし私が教育省の大臣なら、研究者が短期留学後に母国に戻れるよう特別助成金を付与するでしょう。また国外に出よう積極的に促すと思います。

また、イギリス人なら誰もが思う「みんなアメリカに行ってしまう」という問題の真偽についても検証しました。その結果、頭脳流出グループのうち、アメリカに行く人は 28%に過ぎないことが分かりました。頭脳流入も 26~27%程度です。ただ一点指摘すると、イギリスから国外に出て戻ってきた人々の半数は、渡航先がアメリカで、彼らは非常に高い生産性を示しています。これは興味深い事実です。もう一つ気づくのは、各グループの規模を見ると、ずっとイギリスにとどまる研究者は 37%程度です。15 年の調査期間中に 37%が国内に残っていることから、すなわち 63%は何らかの形で持続的に移動を続けているか、一時的に国外に出ていることになります。



(図 20)