

第8回 SPARC Japan セミナー2010

世界における“日本の論文/日本の学術誌”のインパクト

科学研究のベンチマーキング 2010

—論文分析でみる世界の研究活動の変化と日本の状況—

阪 彩香

(文部科学省 科学技術政策研究所 主任研究官)

講演要旨

現在世界で発表される論文数は1年間に約100万件、一貫した増加傾向にあり、世界の研究活動はその歩みを留めることなく進んでいる。このような状況下、世界の研究活動のネットワークの構造も変化しつつある。その潮流の中、我が国日本はどのような位置にあるのか。このような問題意識の下、ビブリオメトリックス手法を用いて、世界の研究活動の動的変化の把握とそれを踏まえた我が国の科学研究のベンチマーキングを行なったので紹介したい。また、初めて日本については組織区分別の論文産出構造の分析を試みたので、合わせて紹介したい。



阪 彩香

2004年3月東京大学大学院新領域創成科学研究科先端生命科学専攻博士課程修了(先端生命科学博士)。04年4月から05年3月まで、日本原子力研究所博士研究員。05年4月より10年3月まで、文部科学省科学技術政策研究所任期付き研究員。10年4月より、現職。第1期および第2期科学技術基本計画レビュー調査、第3期の科学技術基本計画フォローアップ調査に参画。基礎研究を中心とした各国の研究活動のベンチマーキング、基礎研究を俯瞰的に把握する手法開発、日本の大学に関するシステム分析などに従事。

今日は、2010年末に出した「科学研究のベンチマーキング 2010」の結果を報告させていただきたいと思います。また、この調査とは別に行っているサイエンスマップについても併せてご紹介したいと思います。私の報告で注意していただきたいところがあります。私が「日本の論文」と言う場合は、それを発表した研究機関が日本にあるという意味です。例えば理化学研究所は日本にあります。そこにいらっしゃる方が日本人とは限りませんが、データベース上は国籍までは入っておらず、基本的に集計にはアドレス情報を使ってい

ます。ですから、機関が日本にある場合に「日本の論文」とご紹介します。

研究活動の把握

科学技術政策研究所では、国単位で研究活動の状況を定量的に把握したいと考えています。それは、研究者が研究活動を行った後に、できた知識を皆さんと共有するために書く学術論文(アウトプット)を分析することで把握できるのではないかと考え、そのようなアプローチを取っています。研究活動の中には、研究

者、研究費、研究環境などいろいろな要素があり、それをどのように切って日本の状況を見るかがポイントになってきます。

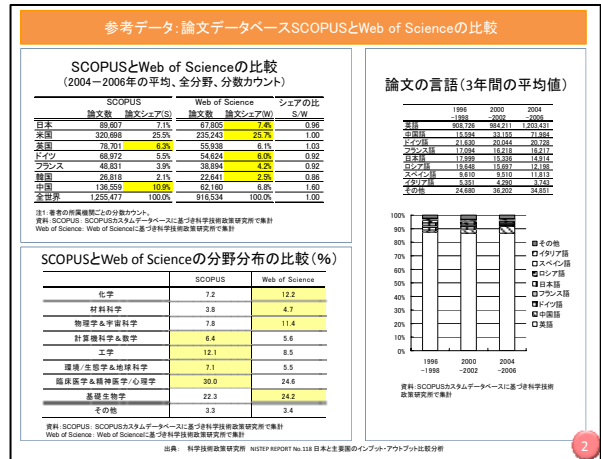
一つのアプローチは、ここは化学、ここは材料科学、ここは物理学というように分野を分けてしまうというものです。ジャーナルごとに分野を分け、その枠組みの中で各国について、また、組織区分（国公立大学など）の状況を分析する手法です。

もう一つのアプローチはサイエンスマップです。今、時代的にも、例えばこの研究は化学なのか、材料科学なのかと言われても、どちらにも入るという研究が多くなってきました。これはそのような学際的な研究も含めて、科学の状況、日本の状況を見るためのアプローチです。

Scopus と Web of Science

このような分析に使える大きな情報源として、トムソン・ロイター社の Web of Science と、近年出てきたエルゼビア社の Scopus があります。これらのデータベースには、論文数だけではなく、何を引用しているか、何から引用されているかという被引用関係の情報がありませんので、論文と論文の関係も見えていくことができます。それが使いやすいところで、科学技術政策研究所では今この二つのデータベースを保有しています。どちらを使うかは状況にもよるのですが、トムソン・ロイター社の Web of Science を使用した例としてはサイエンスマップや科学研究のベンチマーキングがありますし、エルゼビア社の Scopus を使った分析も順次発表しています。

Scopus と Web of Science を比べてみると、Scopus の方は書誌情報が多いことが一つの特徴だと思います。また、この二つでは分野によって収録されている割合が結構違います。Scopus の方で黄色くマークされているところが Web of Science よりシェアが多い分野、Web of Science の方で黄色くマークされているところは Scopus よりシェアが多い分野です(図 1)。これは、その国の強みを見るために全分野の論文シェアを計算



(図 1) Scopus と Web of Science の比較

する際に関係してきます。例えば日本は化学が強いといった場合に、その全分野に占めるシェアは Web of Science で計算した方が高く出ます。どちらがいいというわけではなく、それぞれデータベースの癖がありますので、きちんとそれを理解した上でデータを読んでもらいたいです。データベースに違いがあるので、Web of Science のデータと Scopus のデータをごちゃ混ぜに使ってストーリーを作るのはナンセンスということです。

「科学研究のベンチマーキング 2010」の概要

本調査の目的は、論文を対象として国単位で状況を見ることです。日本の状況を見るために、米国、英国、ドイツ、フランス、中国、韓国などを比較対象とし、国、部門、組織区分という分析単位で論文数や被引用回数が高い論文の数を見ています。分析手法としては、トムソン・ロイター社の Web of Science を使い、われわれの研究所で集計・分析しました。分析期間は 1981 年から約 30 年で、2009 年末の被引用回数を用いています。時系列の変化については 3 年移動平均で表しています。これは、データベースに収録される件数は年によって若干増えたり減ったりするので、日本の論文が例えば 10 本増えた、減ったといって一喜一憂する必要はなく、それよりも時系列で増えているのか減っているのかという大きな流れを皆さんに見ていただき

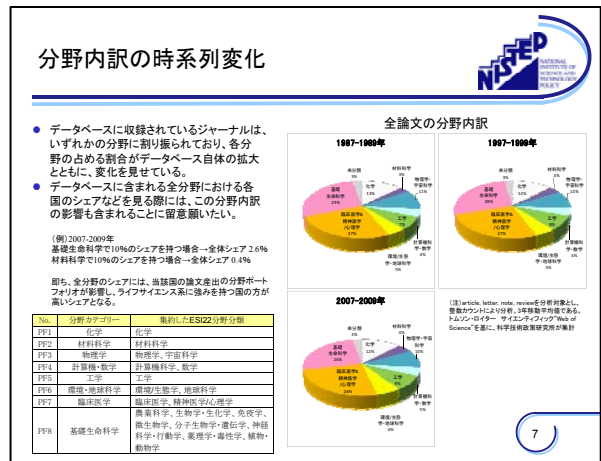
たいというわれわれのポリシーによるものです。また、部門・組織区分については、それぞれテーブルを作り、分けて計算しています。

論文のカウント方法

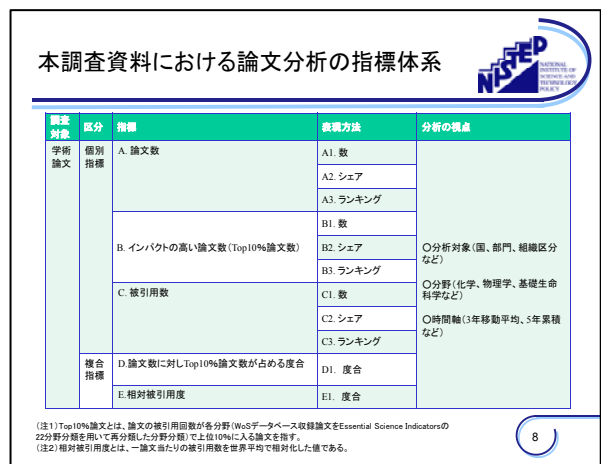
この数年でいろいろな方々のご理解をいただけるようになってきましたが、論文数の数え方については、整数カウント、分数カウントがあり、カウント方法によって論文数が変わってきます。例えば日本とアメリカの共著であれば、整数カウントの場合は、日本 1 本、アメリカ 1 本と数えます。つまり、参加しているということ数を数として数える方法です。一方、分数カウントの場合は、日本とアメリカをそれぞれ 2 分の 1 本とします。これは、知識を 1 としたときに、それぞれ 2 分の 1 の貢献をしたとして計算する方法です。国際共著論文が多い国の場合は、論文数が整数カウントで大きく見え、分数カウントでは小さく見えます。各国の比較を行うときに、どちらの方法を取るかによって日本のポジションは結構変わってきてしまうので、カウント方法も気に留めながらデータを見ていただければと思います。

分野内訳の時系列変化

トムソン・ロイター社が ESI (Essential Science Indicators) 22 分野という分類テーブルを出していますので、われわれはそれに準じて分野を分けました。それを 8 分野に統合したものをご紹介します (図 2)。その割合の経時変化を右側の図で示しています。半分以上が生命科学系で、化学が 12~13%です。つまり、化学で 10%のシェアを持つ場合と生命科学で 10%のシェアを持つ場合とでは、全分野のシェアへの効果が変わってきます。やはり生命科学に強みを持つ国の方が、全分野の計算をしたときに強く出るようになります。そのため、われわれは全分野のデータをお示するとともに、分野ごとにも見ていただく必要があると考え、今回の調査資料では全分野のデータの後に必ず 8 分野のデータも載せてご紹介しています。



(図 2) 分野内訳の時系列変化



(図 3) 本調査資料における論文分析の指標体系

論文分析の指標体系

近年、皆さまもいろいろなところでいろいろな論文の指標のデータをご覧になっているのではないかと思います。われわれが今回使った指標をお見せしたいと思います (図 3)。

まずは「A.論文数」です。それから「B.インパクトの高い論文数 (Top10%数)」です。これは分野ごとに、例えば化学分野の 100 本について、それぞれ 1 本ずつ被引用回数を計算し、被引用回数が高い方から低い方に並べて上位 10%の論文を取って、その中に日本の論文は幾つあるかといった計算をするものです。そして、「C.被引用数」です。この A、B、C を個別指標としています。

一方、複合指標（D、E）は、A、B、C の数を使って計算できる指標です。「D.論文数に対し Top10%論文数が占める割合」は、一般的に 10%あるのがいいというラインだと考えられますので、このように設定しています。そして「E.相対被引用度」は論文 1 本当たりの平均被引用数で、世界平均で各国の 1 論文当たりの被引用数を除することで算出します。

個別指標では論文数の表現方法として、数、シェア、ランキングという 3 通りがあり、いろいろな情報を取り出すことができます。それだけややこしくなってくるということですが、特に日本の場合、「論文数は増加している、しかしシェアは低下している、ランキングは変わらない」というように、示し方によって表現が変わってくる場合があります。シェアが低下したからといって日本の力が減ったのかというと、論文数は増えているからそうではないと考えることもできます。この表現方法の違いについても十分注意していただきたいところです。

分析の視点としては、国単位、組織区分単位、分野単位で行うことができ、時間軸も近年、もしくは 1980 年代で見るといった工夫をすることができます。

本調査資料を読むに当たり、ご留意いただきたい点としてもう 1 点、複合指標の扱い方があります。被引用回数が 0 もしくは低いものを削ってしまうと、この指標の数字は上がるのです。しかしこのような基礎研究においては、そういう議論がいいのか悪いのかも含めて検討しなければいけません。指標 D、E は、これが上がることが日本の研究開発現場にとって幸せなのかということをきちんと考えてから使っていただきたいと思います。指標 A、B に関しては、全体数あるいは Top10%数が増えること自体が知識の向上を表すことと見ることができるのですが、指標 D、E に関しては、数を上げることが目標にするといろいろな議論が発生するリスクもあります。そういうことを理解した上でご覧いただく必要があります。

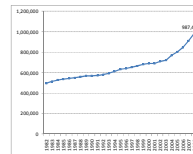
では、ここから実際のデータをお示しします。

世界の研究活動の動的变化

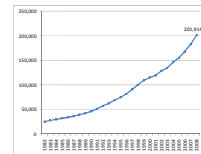


- データベースに収録された世界の論文量は一貫して増加傾向であり、最近では年間約100万件である。特に、2003年から増加率が上昇している。
- 複数国の研究機関による論文(国際共著論文)の数の増加は顕著であり、国際共同研究などが増加していることを意味し、国のボーダーを超える知識生産や知識の共有が活発化してきていることが示唆される。

全世界の論文数の変化



全世界の国際共著論文数の変化



10

（図 4）世界の研究活動の動的变化

世界の論文数の変化

まずは全世界の論文数です。これは 1 年ごとの、論文のデータベース収録件数です（図 4）。年々増え、特に 2003 年当たりから急激に増えています。現在 1 年間で 100 万件程度が収録されています。

この中で、ここ 30 年間の大きな変化は、国際共著論文が増えたことではないかと思います。急激に数を増やして、現在、国際共著論文は約 20 万件となっています。

これを国ごとに見ると、どういう状況が見えてくるでしょうか。こちらはアメリカだけ軸が違いますのでご注意くださいなのですが、どの国も基本的には増加傾向にあります（図 5）。中でも中国はすごい勢いで論文数を伸ばしています。現在、アメリカ、中国に次いで、イギリス、ドイツ、日本がだんご状態で、少し差がありフランス、そして韓国が続いています。

国際共著論文の特徴

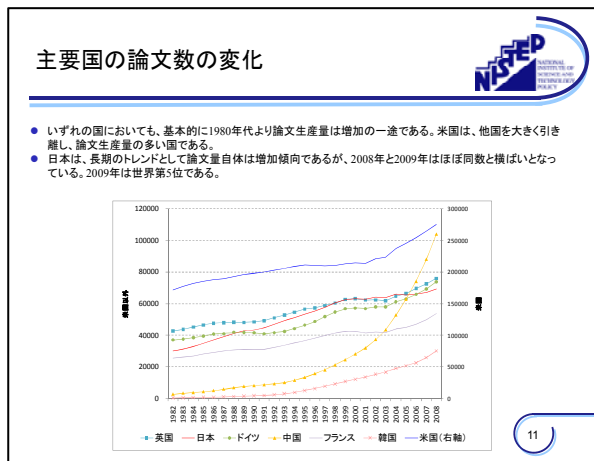
その中で、各国の国際共著率を見てみましょう。日本の論文における国際共著論文の割合は現在 25%ぐらいです（図 6）。基本的に右肩上がりになっていますが、ここで注目されるのは、イギリス、ドイツ、フランスは約 50%が国際共著論文だということです。一方で中国は、1990 年代に比べると緩やかな下降傾向にあります。ただ、国際共著率は日本より低いのですが、

国際共著論文数では日本を上回っています。

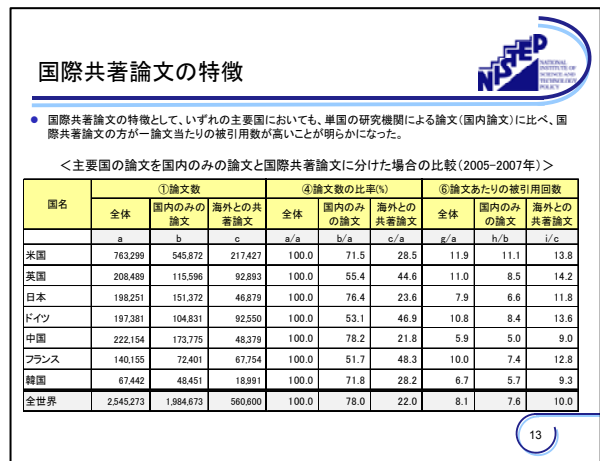
なぜこの国際共著論文について皆さんにこんなに注意を喚起するかというと、国際共著論文には特徴があるのです。まず、この表を見てください（図 7）。これは 2005～2007 年の論文を取ってきて、全体、国内のみ、海外との共著論文と分けて示しています。真ん中は割合です。「論文あたりの被引用回数」を見ると、全世界で論文 1 本あたりの平均被引用回数が 8.1 回であるのに対して、国内のみで書いた場合は 7.6 回、海外との共著の場合は 10 回となっています。ほかの国をそれぞれ見ても、アメリカでさえも国際共著論文の方が国内のみで書いた論文より被引用回数が高いという

傾向が見られます。もちろん日本もそうです。国際共著論文数の増加は、被引用回数の被引用パターンに影響を及ぼすということです。先ほどイギリス、ドイツ、フランスに関しては 50% 近くが国際共著論文であるご紹介しましたが、それらの国は被引用回数という指標で見ると、やはり数が多くなります。

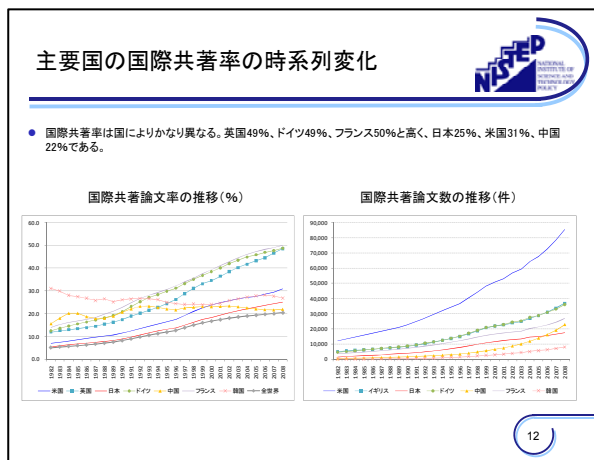
また、国際共著率は分野によって特徴が見られる指標です（図 8）。物理学・宇宙科学が 30% 程度で、今、若干頭打ちになっています。それに対して環境、地球科学がぐんぐん伸びています。一番低いのは臨床医学ですが、それでも 15% 以上は国際共著です。論文自体が、単国で書くよりもほかの国と共著をしながら書く



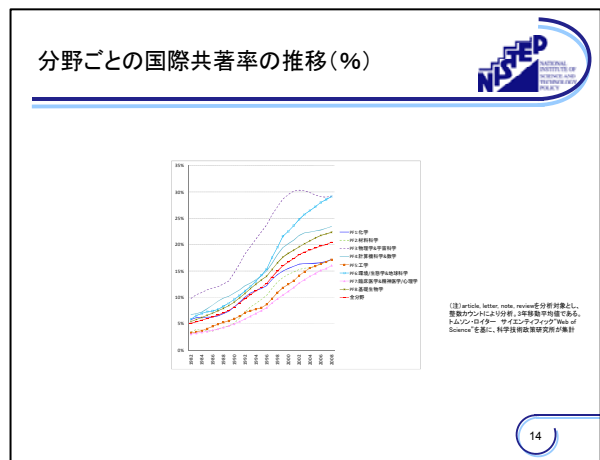
(図 5) 主要国の論文数の変化



(図 7) 国際共著論文の特徴



(図 6) 主要国の国際共著率の時系列変化



(図 8) 分野ごとの国際共著率の推移(%)

ようになってきている、すなわち知識を生み出す形態自体が 1980 年から急速に変わってきているということが分かります。

そこで主要国について国ごとに、どの分野の国際共著に重みがあるのかを見てみたいと思います（図 9）。上の表は各国および全世界の分野ごとの国際共著率を示しています。下が、全分野を 1 としたときの各分野の重みを計算したものです。全世界で見ると、全分野を 1 としたときに、物理学、環境・地球科学の国際共著率が高いのに対して、化学や臨床医学などの分野の国際共著率は低くなっています。主要国は大体同じような傾向にあるのですが、中国だけが違う動きをしています。中国内では、物理学が 0.95 とそれほど国際共著に重みを置いていないのに対して、臨床医学、基礎生命科学の国際共著率が強めに出ています。このように、国によって分野の重みの置き方が違うことが分かりました。

国際研究協力の構造変化

国際共著論文が増えたということは、知識の作り方が変わってきており、単国の中だけではなく国の壁を越えて行う研究活動が増えてきているのだとご紹介しました。その共著の相手国を、機関名の分析によって見てみました。上が 1990 年代後半、下が 2000 年代後半の全分野および 8 分野の国際共著の相手です（図 10）。まず 1990 年代には、日本の相手は第 1 位がアメリカでしたが、2000 年代後半になると材料科学では中国がアメリカを抜いて 1 位になっています。このように共著関係が変化しています。

では、ほかの主要国にとって日本はどういう存在なのでしょう。アメリカの状況としては、1990 年代後半に比べて 2000 年代後半には日本の順位が低くなっています（図 11）。中国が共著相手として順位を上げてきていることも併せてご覧いただけるかと思います。ドイツにおいてもやはり同様の傾向で、まず日本の出現数が減っています（図 12）。ドイツはアジアと手をつないでいないのではないかとと思われるかもしれませ

主要国の国際共著率の分野別比較

- 国際共著率は研究活動のスタイルも反映するため、分野ごとに異なる。物理学や環境・地球科学で比率が非常に高く、臨床医学、化学、材料科学、工学では比較的低い。全ての分野で国際共著率は増加傾向にある。これらの傾向は米国や英国、ドイツ、フランスに共通している。
- 日本と韓国は、分野ごとの国際共著率を見ると、米・英・独・仏と同じ傾向であるが、国際共著率自体が低い水準となっている。
- 中国は他国と異なる特徴を示している。国際共著率をみると、臨床医学では微増しているが、その他の全ての分野では低下している。

2007-2009年	全分野	化学	材料科学	物理学	計算機・数学	工学	環境・地球科学	臨床医学	基礎生命科学
米国	30.9%	28.1%	32.0%	46.6%	35.7%	29.8%	38.4%	25.1%	31.4%
英国	48.5%	47.4%	49.0%	66.8%	52.4%	43.3%	63.4%	36.7%	54.7%
ドイツ	48.7%	45.7%	48.8%	67.7%	50.3%	42.9%	64.1%	35.8%	50.3%
フランス	48.9%	50.8%	52.2%	68.9%	48.3%	43.4%	65.3%	32.9%	53.2%
日本	25.1%	19.1%	25.8%	37.4%	20.0%	23.6%	44.6%	16.7%	26.4%
韓国	26.9%	23.1%	29.3%	37.7%	31.0%	25.8%	49.5%	16.5%	27.1%
中国	22.0%	11.9%	14.0%	20.9%	27.4%	23.5%	35.3%	29.0%	29.6%
世界	20.4%	17.2%	17.2%	23.2%	23.5%	17.2%	29.1%	18.0%	22.3%

2007-2009年	全分野	化学	材料科学	物理学	計算機・数学	工学	環境・地球科学	臨床医学	基礎生命科学
米国	1.00	0.81	1.06	1.51	1.16	0.96	1.24	0.81	1.02
英国	1.00	0.88	1.01	1.38	1.08	0.89	1.31	0.78	1.13
ドイツ	1.00	0.84	1.00	1.39	1.03	0.88	1.32	0.74	1.02
フランス	1.00	1.01	1.05	1.34	0.97	0.87	1.31	0.65	1.07
日本	1.00	0.76	1.03	1.49	1.04	0.95	1.78	0.67	1.05
韓国	1.00	0.85	1.09	1.40	1.15	0.96	1.84	0.61	1.01
中国	1.00	0.54	0.66	0.95	1.25	1.07	1.81	1.30	1.35
世界	1.00	0.84	0.84	1.43	1.15	0.84	1.42	0.78	1.09

（図 9）主要国の国際共著率の分野別比較

<国際共著相手の時系列変化> 国際共著論文から明らかになる 国際研究協力の構造変化（日本）

(A) 1997-1999年

相手国	米国	英国	ドイツ	フランス	中国	韓国	日本	その他
全分野	21.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
化学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
材料科学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
物理学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
計算機・数学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
工学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
環境・地球科学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
臨床医学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
基礎生命科学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3

(B) 2007-2009年

相手国	米国	英国	ドイツ	フランス	中国	韓国	日本	その他
全分野	21.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
化学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
材料科学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
物理学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
計算機・数学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
工学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
環境・地球科学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
臨床医学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
基礎生命科学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3

- 日本の国際共著相手国の時系列変化を見ると、1997-1999年では第1位の相手国は全論文およびいずれの分野においても米国であったが、2007-2009年では材料科学において第1位が中国になるという変動が起きた。

（図 10）国際共著論文から明らかになる
国際研究協力の構造変化（日本）

<国際共著相手の時系列変化> 国際共著論文から明らかになる 国際研究協力の構造変化（米国）

(A) 1997-1999年

相手国	米国	英国	ドイツ	フランス	中国	韓国	日本	その他
全分野	21.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
化学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
材料科学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
物理学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
計算機・数学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
工学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
環境・地球科学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
臨床医学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
基礎生命科学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3

(B) 2007-2009年

相手国	米国	英国	ドイツ	フランス	中国	韓国	日本	その他
全分野	21.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
化学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
材料科学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
物理学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
計算機・数学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
工学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
環境・地球科学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
臨床医学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3
基礎生命科学	12.1	12.1	8.4	12.1	4.3	4.3	4.3	4.3

- 米・英・独の国際共著相手国の時系列変化を見ると、日本は、いずれの国の国際共著論文においても順位を下げている。また各分野においても順位やシェアを低下させている。

（図 11）国際共著論文から明らかになる
国際研究協力の構造変化（米国）

んが、中国はきちんと上位に入ってきていますので、そういう政策を取っているわけではないということが分かります。

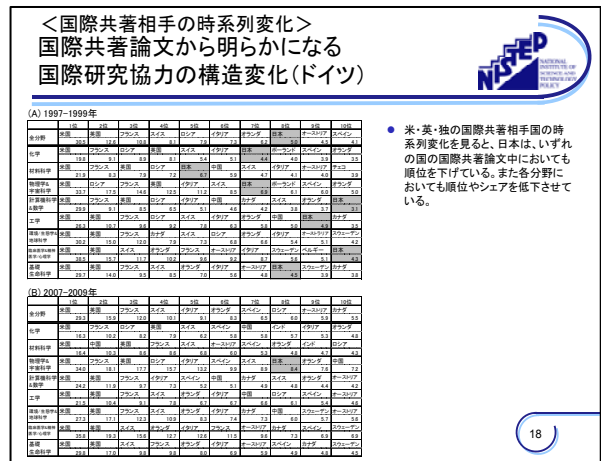
では、中国から見て日本はどんな存在でしょうか。日本は、位置としてはあまり変わりがなく、2000 年代後半には 2 位を占めている分野が多いです（図 13）。しかしながら各分野について見ると、1990 年代と比べて中国の国際共著論文に占める日本の割合が大体下がってしまっています。ですから、順位は変わっていないのですが、相対的に存在感は薄れていると考えた方がよいかと思います。オーストラリア、シンガポール、韓国の順位が上がってきていますので、中国は独自に共著関係を作り始めているのではないのでしょうか。

論文数、Top10%論文数およびシェアの変化

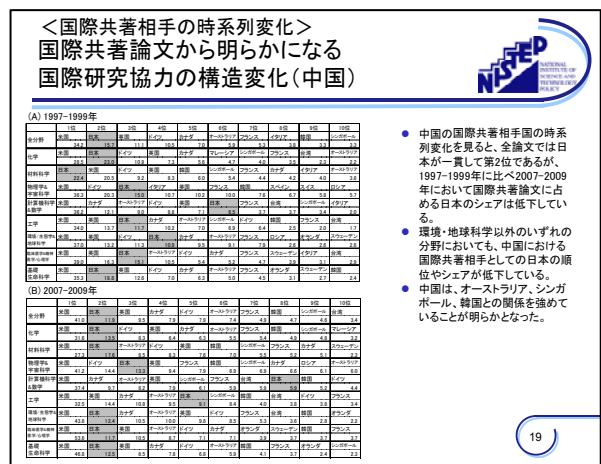
今度は主要国の全分野の論文数と Top10%論文数の変化をご覧くださいと思います。表の左側が整数カウント、右側が分数カウントです（図 14）。日本は国際共著論文の割合がそれほど高いわけではないので、カウント方法によって大きくそのシェアが変化することはありません。しかしながら、やはりイギリス、ドイツの位置はこの二つのカウント方法で変わっています。

整数カウントで世界の論文数シェアを見てみると、アメリカ、中国、イギリス、ドイツ、日本という順で、日本が第 5 位となります。一方、分数カウントでは、アメリカ、中国、日本という順で、日本は 3 位となります。大きくシェアを増やしているのは中国で、逆に日本は 2000 年代に入ってからかなり急激にシェアを落としていることが分かります。

こちらは Top10%論文の中での各国のシェアを表したものです（図 15）。見方は同じで、左側が整数カウント、右側が分数カウントです。アメリカだけ軸が右側になっています。注目度が高い Top10%論文数について見ても、現在、日本は中国に追い抜かれて、アメリカ、イギリス、ドイツ、中国、フランス、日本という順になっています。こちらの Top10%のシェアでも、



(図 12) 国際共著論文から明らかになる
国際研究協力の構造変化 (ドイツ)



(図 13) 国際共著論文から明らかになる
国際研究協力の構造変化 (中国)



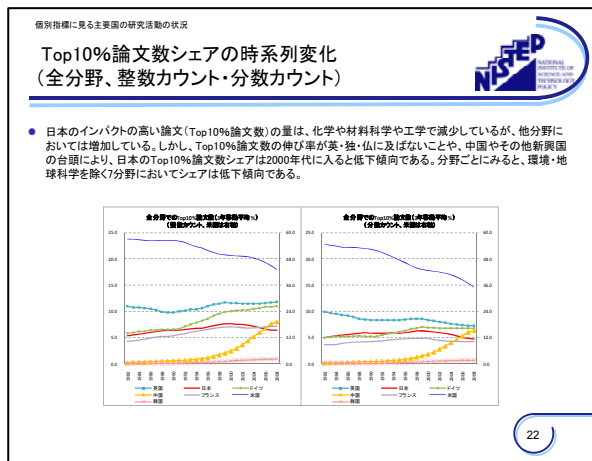
(図 14) 主要国の論文数、Top10%論文数

イギリス、ドイツはカウント方法によってかなり数値が変わります。

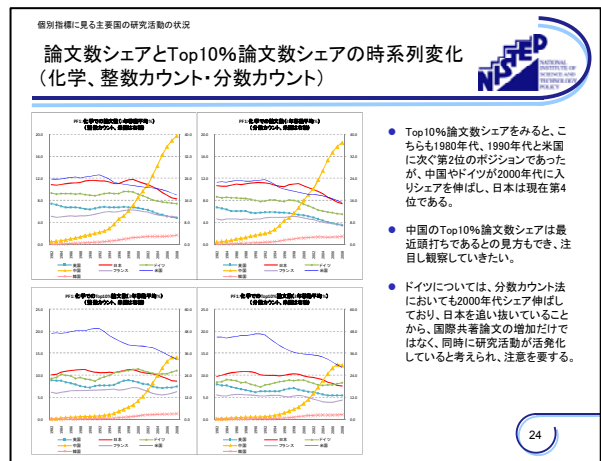
また、これは上が 1990 年代、下が 2000 年代で、論文数、シェア、世界ランクを示すデータです (図 16)。これは全分野ですが、日本の位置がかなり下がってきています。ただし、論文数自体は減っていないことが分かります。これは 8 分野すべてについて分析しており、調査資料には入っていてウェブで公開していますので、ご興味があったらご覧いただきたいのですが、ここでは例として化学をご紹介します。化学は、とにかく中国がシェアを大きく伸ばしている分野です。上が論文数シェア、下が Top10% シェア、左

が整数カウント、右が分数カウントです (図 17)。日本は論文数シェアと Top10% 論文数シェアが、どちらのカウント方法でも右肩下がりです。ただ、こういうことを言うと楽観的だと言われるのですが、Top10% 論文数シェアにおいて中国は近年、若干頭打ちの傾向ではないかと考えています。今後も注意深く見ていきたいと思います。

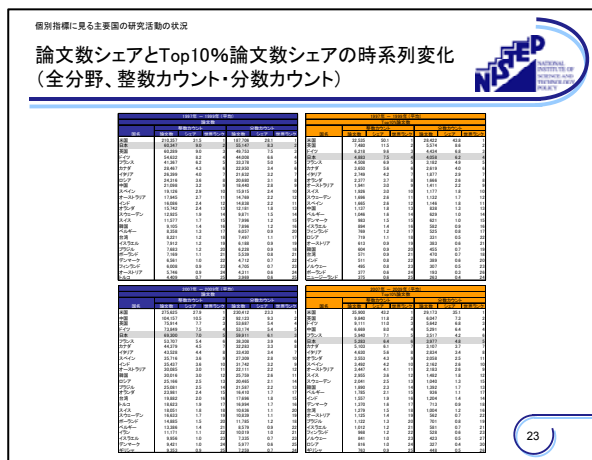
さらに臨床医学の論文数シェア、Top10% 論文数シェアを見ていただいても、2000 年代後半に日本のシェアが下がってきていることが分かります (図 18)。



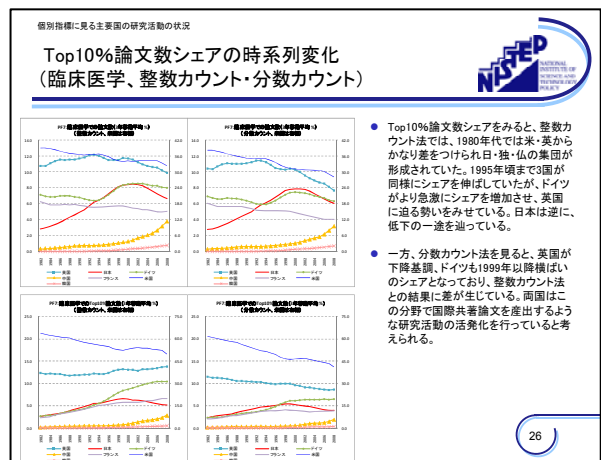
(図 15) Top10%論文数シェアの時系列変化 (全分野、整数カウント・分数カウント)



(図 17) 論文数シェアと Top10%論文数シェアの時系列変化 (化学、整数カウント・分数カウント)



(図 16) 論文数シェアと Top10%論文数シェアの時系列変化 (全分野、整数カウント・分数カウント)



(図 18) Top10%論文数シェアの時系列変化 (臨床医学、整数カウント・分数カウント)

ジャーナルごとの分析

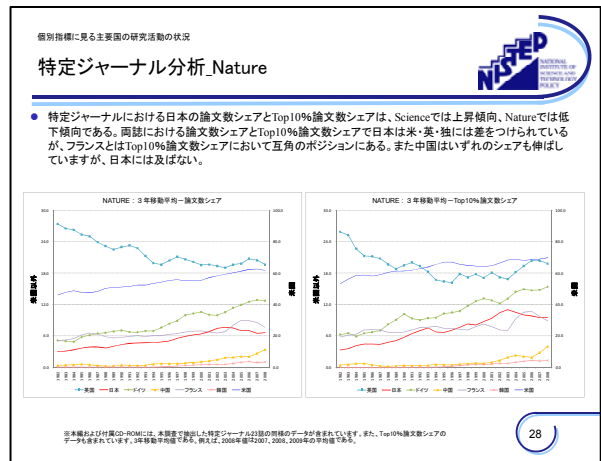
分野で見えていくと、その分野に当てはまるジャーナルを全部計算することになるのですが、今度はジャーナルごとに見ると何が分かるのかということをご紹介します。ジャーナルは、興味が似ている研究者たちが投稿し、その知識を見てもらうという役割があると思いますので、知識なり研究内容の似ている方々が集まると考えられます。ですから、その特定の研究者の集団を見ることによって日本の状況を見てみようという分析です。今日は皆さんがよくご存じの「Nature」についてご覧いただきます。左側が論文数シェア、右側が Top10%論文数シェアです（図 19）。日本は 2000 年代までは緩やかに上ってきていたのですが、2000 年代に入ると横ばい、あるいは少し低下しています。Top10%論文数に関しても同様の傾向が見られます。

「Nature」と比べられる機会が多い「Science」では、日本は緩やかな上昇傾向にあると読んでいいと思います（図 20）。

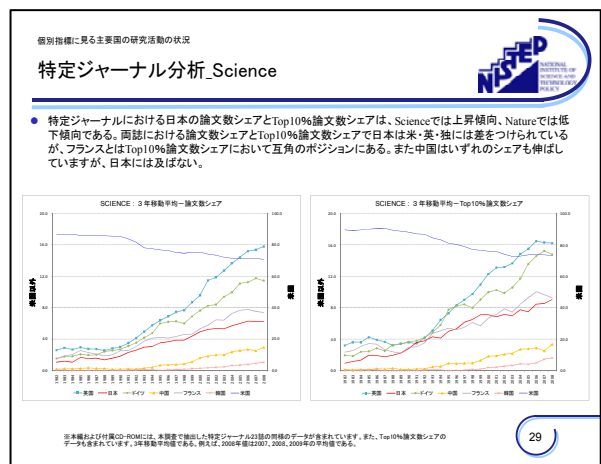
今度は「The New England Journal of Medicine」です。これは臨床医学の主要ジャーナルで、この分野の研究者の方がよくご覧になると聞いていますが、論文数、Top10%論文数のいずれもアメリカが大きなシェアを占めています（図 21）。日本は横ばいという感じですが、注目していただきたいのは中国の動きです。日本より中国のシェアの方が高くなっていることが分かります。これは「The Lancet」でも同様の傾向が見られます。臨床医学全体で見ると日本と中国では差が開いているのですが、いわゆるトップジャーナルにおいては、既に日本は追い抜かれています。分野という大きな枠組みで見ると、ジャーナル一つに絞って見る場合では、日本の状況が違って見えてきます。

分野ごとの論文数シェアの比較

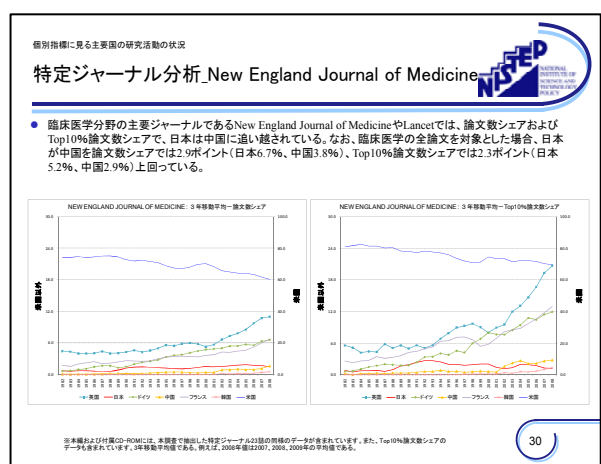
今度は主要国の分野ポートフォリオを比較してみたいと思います。化学、材料科学、物理、計算機・数学、工学、環境・地球科学、臨床医学、基礎生命科学の 8



（図 19）特定ジャーナル分析_Nature



（図 20）特定ジャーナル分析_Science



（図 21）特定ジャーナル分析_New England Journal of Medicine

分野を軸として、世界シェアをプロットしています
(注: アメリカのみ軸目盛が 60%) (図 22)。黒い線が論文数シェア、青い線が Top10%論文数シェアです。日本は丸に近くて、強みがあるのかどうか分かりにくい構造になっています。アメリカは生命科学、臨床医学に重みがあります。中国は逆の方向で、化学、材料科学、物理学の方のシェアが高い構造になっています。

ここで見比べていただきたいのは、日本や中国は黒いラインより青いラインの方が内側に入っているのに対して、アメリカ、イギリス、ドイツ、フランスは黒いラインより青いラインの方が外側に出ているという点です。アメリカ、イギリス、ドイツ、フランスは論文数シェアより Top10%論文数シェアが高くなっているため、効率的に被引用回数の高い論文が出ていると見ることができます。

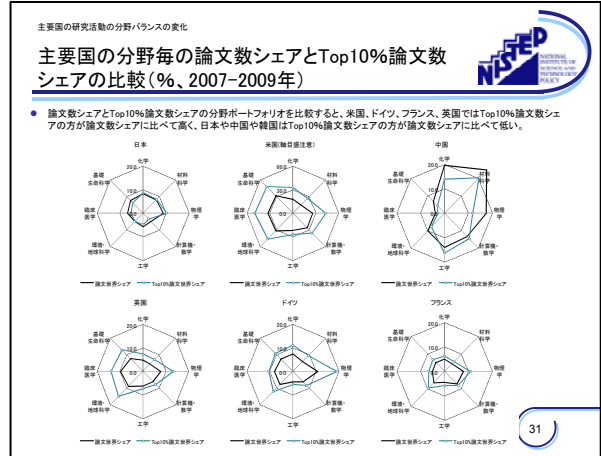
中国と日本の時系列の変化を見ると、日本も初めから丸かったわけではなく、1990 年代後半はこのような形をしていて、中国に比べると大きさでも差がありました (図 23)。化学、材料科学、物理学などが突出していて、そこに強みがあると私も過去の報告書に書いていたのです。しかし 2000 年代になると大きさ自体も随分小さくなりましたし、やはり中国が化学、材料科学、物理学でシェアを取るようになって日本のシェアが食われ、日本としての強みが見えづらい状況になっています。

複合指標の状況

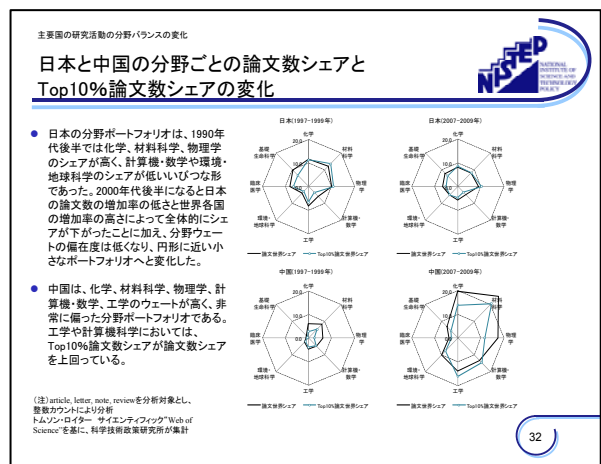
複合指標について見ると、論文数に占める Top10%論文数の割合は日本は低下傾向にあります (図 24)、相対被引用度は上昇傾向にあります (図 25)。これをどう読むかに関しては今後の分析が必要ですが、Top10%より下で被引用回数を稼ぐところが少し増えたのではないかと考えています。

日本の各組織の状況

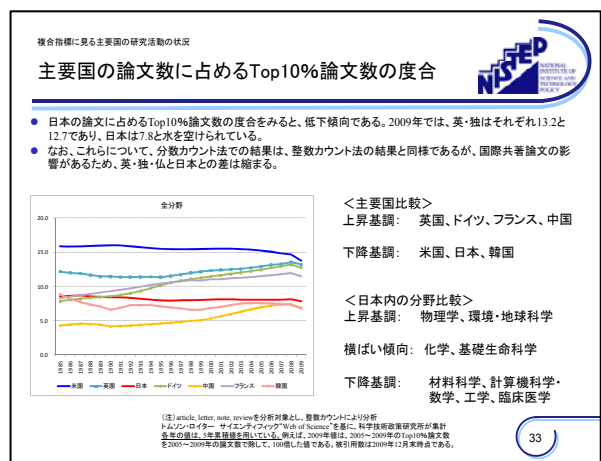
今回は日本の中の組織区分の状況をご紹介します。



(図 22) 主要国の分野毎の論文数シェアと Top10%論文数シェアの比較 (%、2007-2009 年)



(図 23) 日本と中国の分野ごとの論文数シェアと Top10%論文数シェアの変化



(図 24) 主要国の論文数に占める Top10%論文数の割合

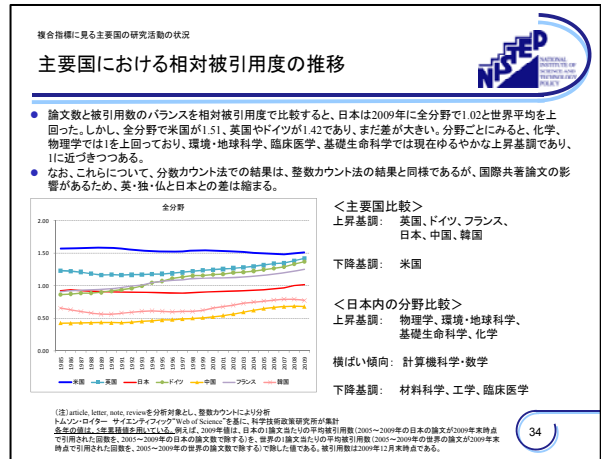
組織区分別できちんと出すのは今回初めてのことで、皆さんからもこれについて問い合わせをいただいています。各組織区分が論文数に対して、また Top10%論文数に対してそれぞれどれぐらいを占めているかというものです（注：国立大学のみ右軸）（図 26）。なお、組織区分に関しては分数カウントを使っていますので、1本の論文に国立大学と私立大学がかかわっていれば、国立大学2分の1本、私立大学2分の1本とカウントしています。

1980年代後半から、いつの時代も国立大学が約半分を占めています。つまり、日本の知識生産の約半分には国立大学がかかわっていることになります。第2組織として私立大学があります。そして、第3組織が変わったことが大きな変化です。1980年代後半にその役割を果たしていた企業が急激に落ち、今それに代わってきているのが独立行政法人です。そのほかの組織区分の在り方はあまり変わっていません。

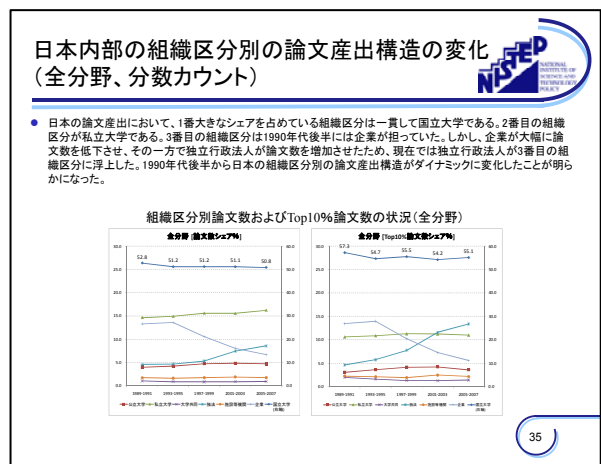
Top10%論文数を見ると、国立大学の役割がさらに大きくなっています。企業は、1980年代後半には第2位でしたが、こちらでも同様に下がっていて、現在では国立大学、独立行政法人、私立大学、企業という順番に変わっています。

また、私たちの分析ではシェアを出して折れ線グラフで公表することが多かったのですが、今回、数をきちんと皆さんに見ていただきたいということから、実数を出してご紹介します。世界シェアで国立大学の状況を示すこともできますが、シェアにすると全部下がってしまい、一体何が起きているのか分からないのです。数は伸びているのか、数でも落ちてしまっているのかということを見ていただきたいと思います。

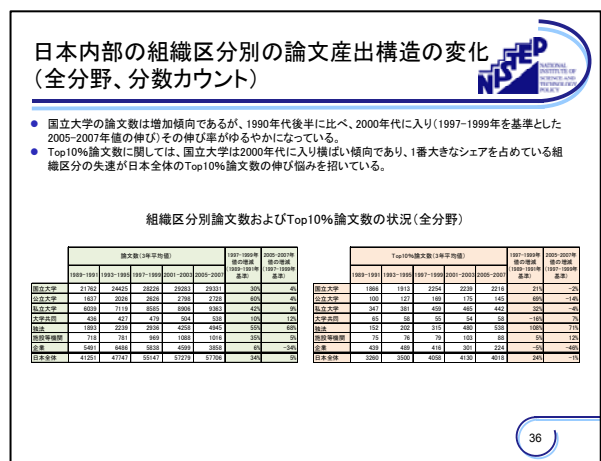
日本全体・全分野において、論文数は2000年代に入って5%の伸びを示しています（図 27）。Top10%論文数は-1%ですが、この程度のマイナスであれば横ばいにとらえればよいと思います。それに対して各組織区分では、企業が-34%と急激に論文数を減らしています。国立大学、公立大学、私立大学は緩やかな上昇、そして独立行政法人は約70%の伸びを示してい



（図 25）主要国における相対被引用度の推移



（図 26）日本内部の組織区分別の論文産出構造の変化（全分野、分数カウント）



（図 27）日本内部の組織区分別の論文産出構造の変化（全分野、分数カウント）

るので急激に増加していることが分かります。

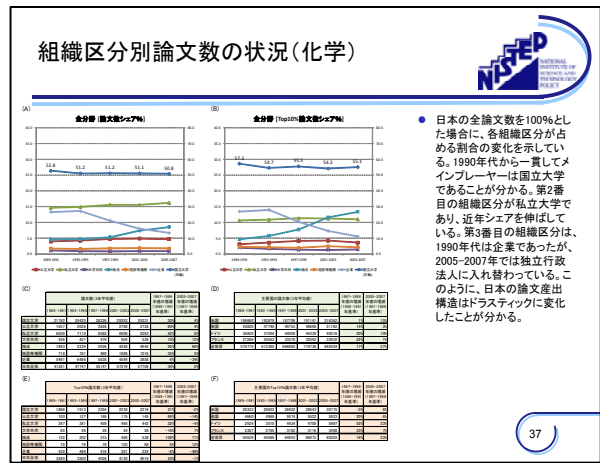
組織ごとの分野別論文数・シェアの変化

これから 8 分野のデータをお示しします (図 28)。

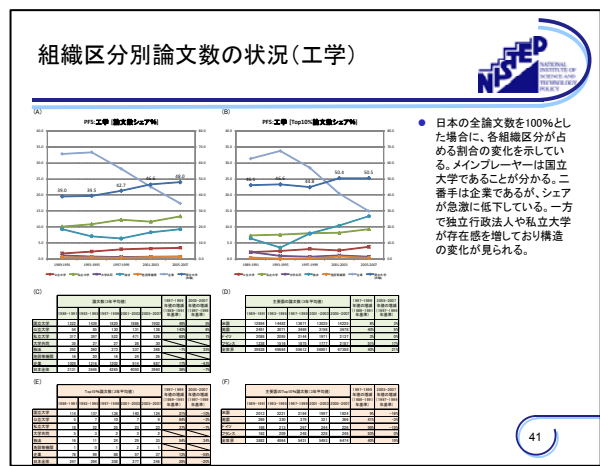
グラフ A、B は先ほどご紹介したものと一緒で、論文数と Top10%論文数に占める各組織区分の時系列変化です。化学であれば、国立大学、私立大学、独法、企業という順番になっています。C が各組織区分の論文数の変化、E が Top10%論文数の変化です。D と F は比較対象がないと分かりづらいので、アメリカやイギリスのデータを示してあります。ただ、こちらの方は組織区分には分けることができていないので、そのまま見るというより、C や E の日本全体の数字と比較していただくことになります。化学だと 5% ぐらい増加なので、数としては増えています。ただし主要国では 10% 程度上がっていますので、日本の伸びは必ずしも強いものではありません。Top10%論文数も 1% なので、横ばいという感じです。それに対して主要国は 2000 年代に入っても伸びを示していますので、日本の伸びはかなり少ないことが分かります。

工学では、日本全体で論文数自体が減ってしまい、-7% です (図 29)。世界の中のシェアどころではなく、日本の中から出される論文数自体が減っているのです。これは大きな問題です。やはり企業が大きな役割を果たしていた分野なので、その減少が日本全体に響いています。

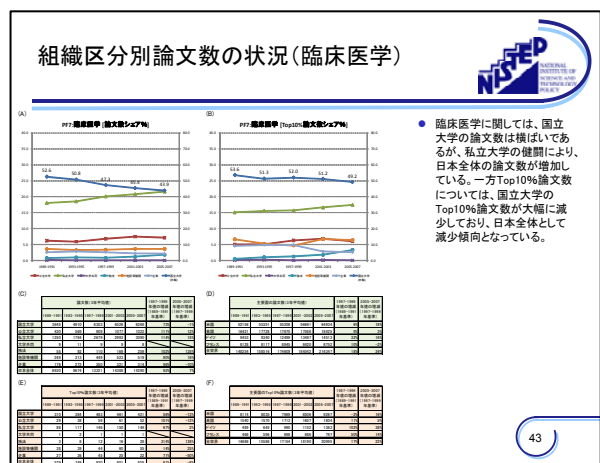
臨床医学はほかの分野と違い、国立大学の果たす役割が年々小さくなっています (図 30)。それに対して私立大学が健闘しています。日本の中で私立大学がこれほど大きな役割を果たしている分野はほかにはありません。国立大学は論文数自体が -1% なので横ばいですが、私立大学は +15% で、日本全体では 7% 伸びています。つまり、国立大学ではなく、私立大学が伸びているから日本全体の臨床医学の数が伸びているのだということが分かります。このように分野ごとに見ていくと、どこが日本全体の変化に関与しているかという組織区分の役割も見ることができます。



(図 28) 組織区分別論文数の状況 (化学)



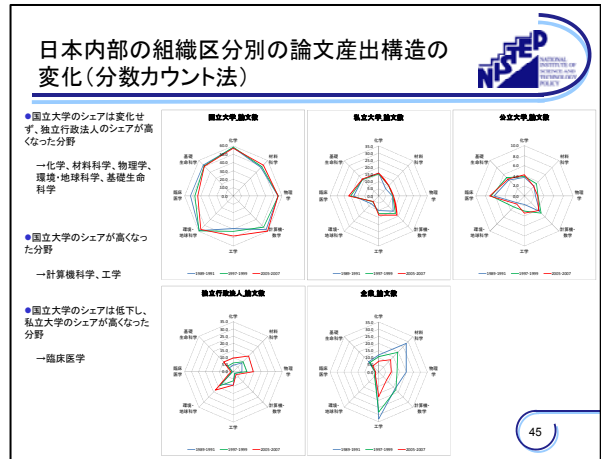
(図 29) 組織区分別論文数の状況 (工学)



(図 30) 組織区分別論文数の状況 (臨床医学)

各組織区分が強みを持つ分野を見ると、国立大学は全方位型、私立大学は決まった分野になっています(図 31)。独立行政法人は、あの独立行政法人があるからこういう形なのではないかという、分かりやすい形になっています。やはり一番変化が大きいのは企業でしょうか。形がそのまま小さくなっており、シェアが減っていることが見て取れます。

このようなデータに関してはわれわれのホームページでご紹介していますので、関心のある分野についてだけでもご覧いただければと思います。

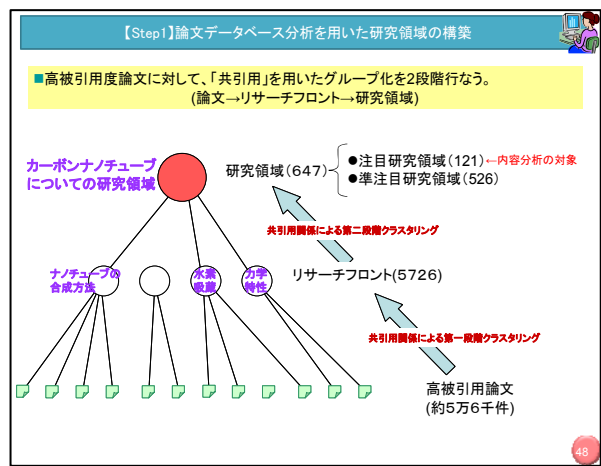


(図 31) 日本内部の組織区分別の論文産出構造の変化(分数カウント法)

サイエンスマップ 2008 の概要

ここからはサイエンスマップ 2008 をご紹介します。今まで、このジャーナルは何分野、このジャーナルは何分野と分類していたので、自然科学系の研究者の方から「なぜ自分の研究が臨床医学なのか分からない」「科学でそんな計算をされても困る」といったコメントをいただく機会も多くありました。われわれの方としても、確かにどの分野と言いつらい研究が増えていると感じていたので、科学を 1 枚の紙の上に載せて上から俯瞰することはできないかということを考え、サイエンスマップを進めています。サイエンスマップの目的は、分野で区切るのではなく、科学全体を俯瞰した上で日本の状況を把握することです。

サイエンスマップには 3 ステップあります。まず Step1 で、論文のグループ化によって研究領域を構築します。ここで被引用回数の高い Top1% 論文の状況を見るのですが、論文が 1 年間に約 1 万件程度あります。サイエンスマップは 6 年分のデータを 1 回で集計するのですが、6 万件を全部読むわけにはいかないので、共引用関係という、いつも一緒に引用されているものは同じような内容を示しているという法則を使って論文をグループ化します。それでも 5000 という論文の固まりがあります。それをマッピングして何らか意味のある固まりに落とすのが Step2 です。そして、その論文の固まりの内容を分析するのが Step3 です。ここでは国内の研究者の力を借りて内容を読む作業をして



(図 32) Step1 : 論文データベース分析を用いた研究領域の構築

います。既に 4 回の調査を行い、ようやく時系列の変化も見られるところまでデータが蓄積されてきました。

こちらが Step1 です(図 32)。論文のグループ化を 2 回行い、研究領域という論文の固まりを作ります。その論文の固まりの共引用関係が近ければ近くなるように、そうでなければ遠くに来るように描いたものが研究領域間ネットワーク図で、その上に色を乗せたものがサイエンスマップ 2008 です(図 33)。論文の量が多ければ山が高く、そうでなければ低く見える、山並みを上から見るような感じで描こうと、このような表し方をしています(図 34)。赤いところには高い山があり、青いところには山があまりないということです。

サイエンスマップ2008から見える科学研究の姿

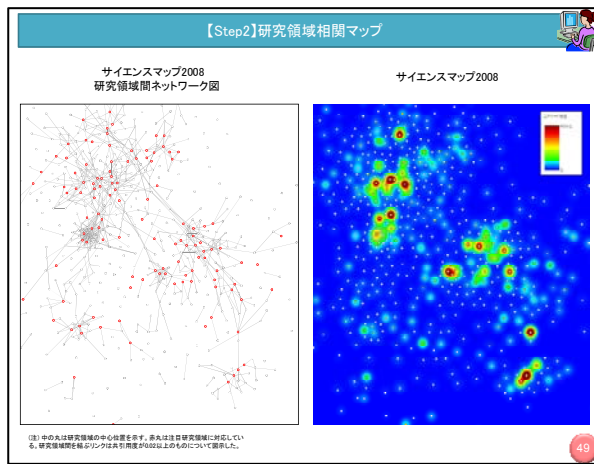
国内の研究者の方に力を借りて内容を全部読み、題名を付けていただいて、どの辺にどういう研究領域があるのかという枠組みをわれわれの方で大まかに付けました。左上から心臓・血管疾患、脳神経、感染症・免疫、肥満、がん、再生医学、ポストゲノム、植物科学、そして少し空けて化学、ナノサイエンス、物性研究、素粒子・宇宙論、そして環境が固まりを作らずにぼんやりとあるという図が見えてきます(図35)。

現在4枚あるサイエンスマップで論文数の変化を計算したところ、生命科学系が49%から43%に減っています(図36)。Top1%、つまり注目度が高い論文で

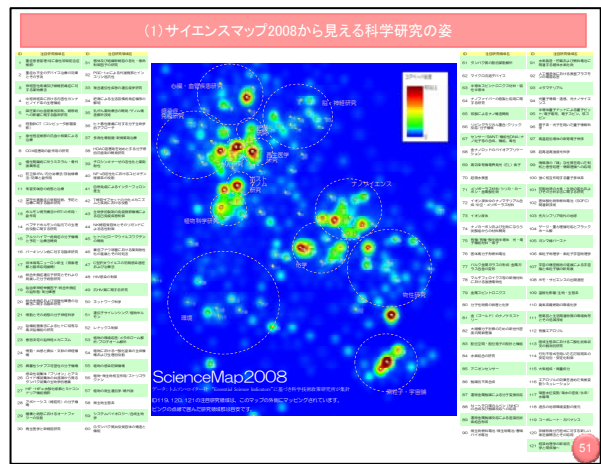
生命科学系のシェアが若干減り、それ以外の研究が注目を集めているという変化が時系列の中で示されています。増えてきたのはナノサイエンス・化学の枠に入る論文で、全体の22%から26%になっています。また、物性研究と素粒子・宇宙論研究という、マップ上ではかなり距離があった領域の間に論文が位置し始めました。ここもかなり変化している場所と見るができます。

学際研究と分野融合的な研究領域について

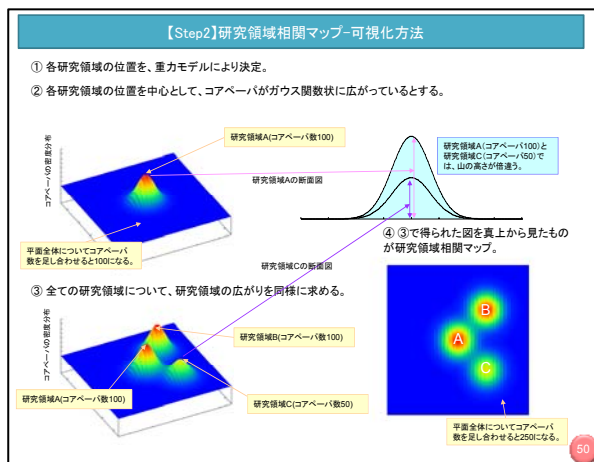
こちらのマップでは、研究領域をそれぞれ見て、どの分野のジャーナルかを計算し、例えば化学のジャー



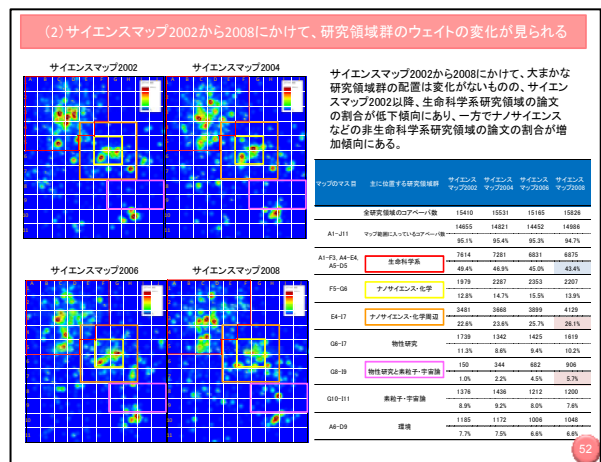
(図33) Step2: 研究領域相関マップ



(図35) サイエンスマップ2008から見える科学研究の姿



(図34) Step2: 研究領域相関マップ-可視化方法



(図36) サイエンスマップ2002から2008にかけて、研究領域群のウェイトの変化が見られる

ナルを 6 割以上含んでいればその研究領域は化学、そうでない場合は学際的・分野融合的研究領域と分けて、黄色い点で示しています（図 37）。学際的・分野融合的研究領域の位置をマップ上に示すという試みです。学際的・分野融合的研究領域とは何なのかということは、それこそ今、国際会議のセッションになるぐらいのネタですが、ここでは、ある分野のジャーナルを 6 割含んでいたら軸足を持つ研究領域、そうでなければ学際的・分野融合的研究領域と機械的に分けています。

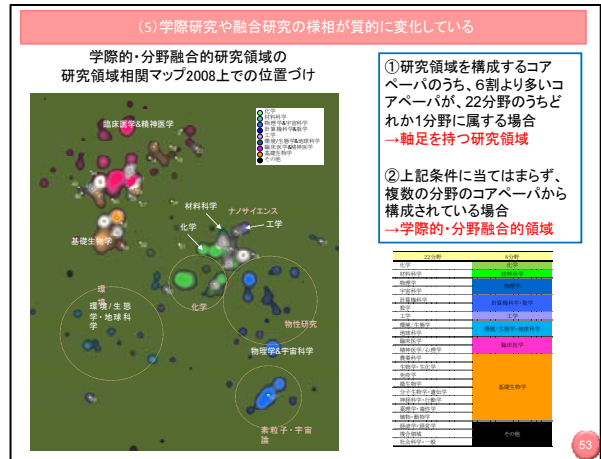
サイエンスマップ 2002 からサイエンスマップ 2008 までの 4 時点の黄色い点の位置を見てみると、2002 年には生命科学系のあたりに存在していたのですが、2009 年になるとマップ上全体に広がるという変化がありました（図 38）。計算すると全研究領域の距離はあまり変わらないのですが、学際的・分野融合的研究領域のみの研究領域間の距離は、2002 年から 2008 年にかけて増加しているのです。つまり、マップ上で広がりを見せているということです。

このように学際的なものが科学の中で広がっていることは何を示しているのでしょうか。研究領域を構成する論文の分野の組み合わせが、例えば生命科学系のものだけだったサイエンスマップ 2002 の時代に比べて、サイエンスマップ 2008 の時代になると、生命科学系と生命科学系以外の分野が融合されたような研究領域が発生しています。つまり、分野の組み合わせがサイエンスマップ 2002 の時代とは随分変わってきていることが定量的に示せたのではないかと考えています。

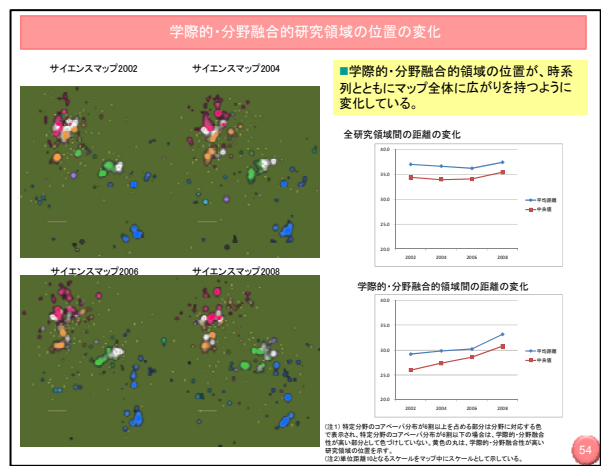
サイエンスマップに見る日本の状況

そのように科学の世界が変わっている中、日本のシェアを出してみると、残念なことにサイエンスマップ 2004 以降、整数カウントと分数カウントのどちらで見ても落ちてしまっています（図 39）。整数カウントでは、ドイツ、イギリスが日本に随分と差を付けていることがご覧いただけます。

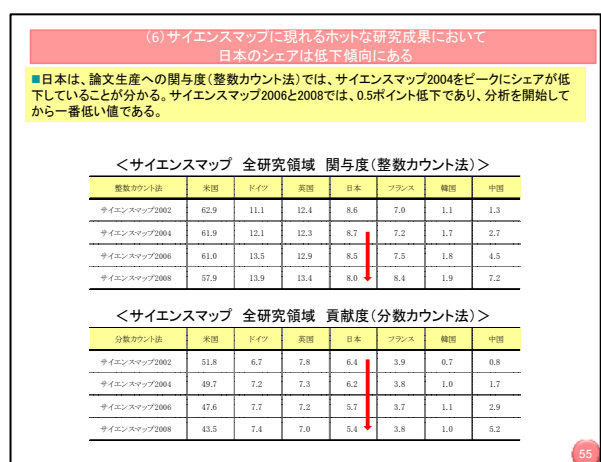
次に、日本の強みを示すために日本のシェアの色の



(図 37) 学際研究や融合研究の様相が質的に変化している



(図 38) 学際的・分野融合的研究領域の位置の変化



(図 39) サイエンスマップに現れるホットな研究成果において日本のシェアは低下傾向にある

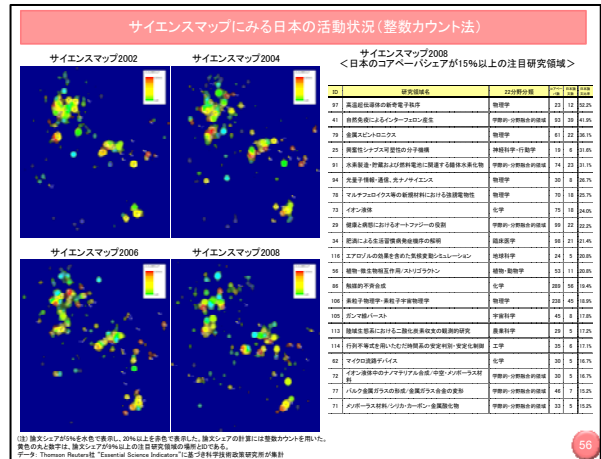
情報を乗せてみました。赤がシェアの高いところ、ブルーがシェアの低いところ（図 40）。赤いところは大きな変化がありません。また、集中してシェアの高い研究領域があるのではなく、それぞれが点在しているのが日本の特徴だと思います。

日本のシェアが低下している理由を考えると、特徴的だと思ったことがあります。サイエンスマップ 2008 には 647 の研究領域があるのですが、軸足を持つ研究領域と、学際的・分野融合的研究領域の数を出し、その研究領域で日本が 1 本以上持っていれば「参加している研究領域」として数えました。例えば農業科学に軸足を持つ研究領域は 8 領域あり、そのうち日本は 3 領域に参加していると読みます（図 41）。ここから、日本が、イギリスやドイツに差を付けられているのは臨床医学と学際的・分野融合的研究領域であることが示されました。日本は約半分の研究領域で差を付けられてしまい、参加すらしていないということです。

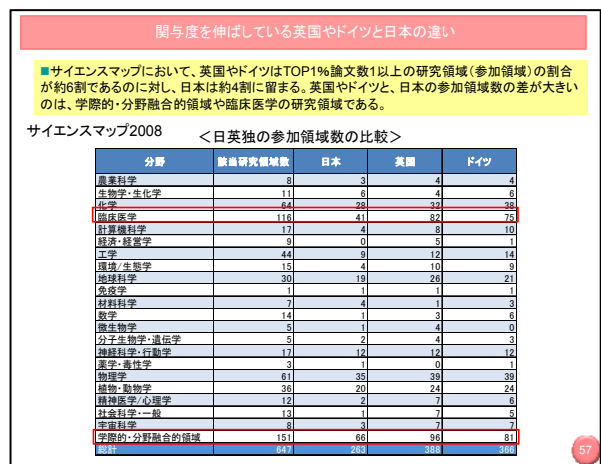
最後に

サイエンスマップは既に経済開発協力機構(OECD)の方でイノベーション戦略関連の指標として採用していただきました。このような科学の流れを見ていくことで、イノベーションの起こりやすい領域を見ることができないかと、ご活用いただいています。しかし、残念なことに日本では活用されていないのです。講演のお話をいただくと、必ずサイエンスマップについて話してほしいというリクエストがあるのですが、政策立案の場面でお使いいただいたことがありません。ただ、研究者の方が興味を持ってくださるということは、研究者の方に使っていただく方法を考えた方がいいのではないか、政策立案に資することばかりを考えずに、研究者のファンをまず増やしていこうと思って今日もご紹介しました。

この科学研究のベンチマーキング 2010 とサイエンスマップ 2008 は、私だけではなく、研究者の協力を得ながら行っているものです。どちらのデータもホー



（図 40）サイエンスマップにみる日本の活動状況（整数カウント法）



（図 41）関与度を伸ばしている英国やドイツと日本の違い

ムページで公開していますので、興味のある方はアクセスしていただければと思います。