

SPARC Japan Seminar 2008

第1回

「研究成果発表の手段としての学術誌の将来」

数学系ジャーナル及び 紀要の過去と現在、これから

過去から現在に渡って日本の数学系ジャーナルが果たしている役割を紹介する。

数学系を含む基礎科学系の論文は、過去の研究成果に対する依存度が他の研究分野に対して極めて高い。日本の数学系ジャーナルが主要な役割を果たした時期が確かに存在したこと、現在においてもその重要性は失われていないことを提示したい。

次に、数学分野において学術論文という形態にはなじまないと考えられる学術コミュニケーションの具体例を紹介する。即時的な動画配信とそのアーカイブ [1] が数学研究に与えるインパクト、抽象的な数学概念と computation に関わる話題 [2] とその問題点、出版形態に与える影響などを議論したい。

[1] 例えば <http://www.ms.u-tokyo.ac.jp/video/> など

[2] 例えば <http://www.knoppix-math.org/wiki/> など

行木 孝夫

北海道大学理学研究院

私は日本数学会の出版委員会の技術専門部会で、電子化関係の仕事をしてきました。その経験から、先ほどの土屋先生の非常に高尚な内容とは対照的になりますが、数学会、あるいは大学の中で、紀要あるいはジャーナルのデジタイズに関してどのような問題があるか、そのデジタイズの過程で論文がどのように変わっていくか、あるいは、研究成果の公開方法の変わり方と同時に、論文というものはどのように変わっていくだろうかということを考えてきましたので、その内容をご紹介しますと思います。

数学の教育研究について

今日ご出席されている方たちの所属などを拝見すると、もしかしたら数学の研究にはあまりなじみがない方もいらっしゃるようです。まず、数学の研究がどのように進められているかという状況を見ていただきたいと思います。

代表的な数学の研究分野として、4つの分野があります。「代数」「幾何」「解析」「応用」の4カテゴリーです。これは数学者が見てエレガントと思われる順番なのです。代数が一番美しく、幾何、解析、応用と、具体的になっていくにつれてあまり美しくなくなるということになっています。実際には具体的な「もの」を扱うわけではありま

せんから、例えばオープンユニバーシティや公開講座などで高校生を受け入れるときには、その対応が非常に難しいのです。実験系の研究室だと、研究室に連れていって何かものを扱わせて、その研究領域をイメージしてもらうことができますが、私たちは何か具体的なものを見せて研究の実態に触れさせるといことができません。結局、講演をしたり、入門的な講座をしたりということになるのです。

この数学における大学と高校とのギャップは何かということ、結局、大学での教育課程で受ける「抽象化」というトレーニングを経ているかどうかには尽きると思います。しかし、抽象化というのは、特に難しいことではありません。数を数えるときに、私たちは、例えばペットボトルが1本、2本、3本、いすが1脚、2脚、3脚あるというように、同じ1、2、3という抽象的な数字に置き換えて数を数えているわけで、それをもう少し高度にしたものを大学で学ぶということです。そういう抽象化のトレーニングを受けた上で、そのときに問題になっている定理あるいは命題を証明し、それを論文にしていくのが数学の研究なのです。ですから、私たちは「研究成果」という言葉はあまり使わないで、「研究結果」という言葉を主に使っています。

その研究結果を最初にチェックする場として、セミナーという単位があります。私は、この問題をこのように証明した、あるいはこのように解いたという形で、ある研究グループのセミナーで紹介するのです。そのセミナーでは、最近は大いぶ変わりつつあるけれども、主に「黒板」と「チョーク」を進めていきます。黒板で展開される数学のセミナーあるいは講義を、遠隔地コミュニケーションで展開すると仮定すると、その瞬間に非常に困難が生じます。物理などではどのようにやっているかわかりませんが、黒板に書かれた内容をカメラで撮影し、その内容がうまく伝わるように遠隔地と通信するという作業は非常に難しいもので、プロのカメラマンに依頼しても、講演者をきれいに映すだけで肝心の黒板の内容が映ってこないということがよくあります。そのことは、実際の活動の内容として後半でご紹介したいと思います。

ともかく、このようなセミナー活動の結果として、日常的な議論が展開される中でアイデアが具体化され、そのアイデアが過去に解かれているのではないかといったことをサーベイした後に、論文を作成し、論文出版の前段階のプレプリントとして一度公開するわけです。そのような流れが数学の研究です。

数学教育・研究を支える数学系ジャーナル

まず、数学系ジャーナルのパフォーマンスを紹介したいと思います。国内で発行される数学の主なジャーナルは、大規模な数学教室10教室のジャーナル、数学会のジャーナル、あるいは学士院の紀要を挙げることができます。そのうち8誌がSPARCで選定されています。従って、SPARC Japanの活動は、少なくとも数学系ジャーナルの進歩に関しては、重要な貢献です。

その他に、国公私立大学の一定規模の数学教室が、紀要を発行しています。国立では中規模の数学教室を一口に22大学と呼びますが、そこは一定の質のジャーナルを発行しています。

以上の紀要については、査読される場合とそうでない場合があります。査読される場合は、国内の主要ジャーナルは大学の数学関係者だけでなく、広く世界中からレフェリーが選定されています。中小規模の大学の場合も、そこまでではないにしても、レビューされていて、レフェリーはなされているといえます。

さらには、ことに国立大学の大学の改組に伴って理学部や教養部、教育学部などが次々と改組されておりますが、その影響で廃止になったけれども冊子だけは残っているような紀要、あるいはいまだに発行が続いているような紀要などにも、数学の論文が掲載されています。

これら数学の論文は、アメリカ数学会 (American Mathematical Society = AMS) が発行している "Mathematical Reviews" という書誌情報データベースにレビューとともに掲載されています。

このデータベースには、1940年以降の文献が網羅的にインデックスされており、数学の論文であれば日本の高専の紀要に至るまで受け入れています。そこに掲載されている日本の紀要のタイトルは、昨年調べたところによると300以上ありますが、実は全貌を誰も知らないという状況にあるのです。

"Mathematical Reviews" のWeb版MathSciNetで何らかのキーワードを検索すると、DOI (Digital Object Identifier) が付いていればもちろん、DOI がなくても論文のURLがAMSに把握されていれば、各論文へのリンクが出力されます。さらに各論文にレビューが載っていれば、そのレビューへのリンクもあるというデータベースとなっています。そのレビューそのものは、アメリカ数学会が論文を受け取った後に、レビュー者を選んで書いてもらっているのです。

これから数学の論文がどのように変わるだろうかということを見ると、動画の共有や、あるいはComputationということが重要になっているのは、間違いありません。先ほど、数学の分野を美しい順に代数、幾何、解析と並べていると言いましたが、代数や幾何という分野においては、実際のものを用いるような研究はこれまであまりありませんでした。ところが、最近の潮流として、抽象的な概念を実際にコンピュータに実装できるようなソフトウェアが次第に開発されてきています。それを利用した研究成果もある程度出てきており、これらをどう扱っていくかという問題が出てきました。

また、そのようなソフトウェアに関しては、実行する場合に実行環境を持たなければいけないわけで、論文の結果を通知する際にも、同じ実行環境が必要になります。そこから、大量に存在する、あるいは今後、膨大に出てくると考えられるソフトウェアの実行環境をどうするかという

問題も出てきたのです。

それらを踏まえて、XML (Extensible Markup Language) への対応やその他の問題を議論させていただきたいと思います。

確保すべき研究成果発表の手段

議論は多少前後しますが、数学の紀要数は“Mathematical Reviews”にレビューされている論文数が1,000を超えるような紀要が数十タイトルあり、論文数100を超えるようなものと合わせると100～200タイトルになります。しかし、論文数10～100というようなものも100タイトルくらいになって、これらが本当にロングテール部分になっているかどうかは、もう少し解析する必要がありますが、1本だけというものも100を超える程度のタイトルがあります。だから網羅性を保証できるような状況にはないことを理解いただきたいと思います。

ところで、果たしてこれだけの膨大なタイトルを本当に出版し続ける必要があるのでしょうか。

まず、私たちにとって、どうあっても研究成果の発表手段を、確保しておかなければならないという事情があります。というのは、数学の分野では、査読に半年から1年かかる論文がざらにあり、これから博士論文を書こうというような若手の研究者にとっては、その半年、1年というのは非常に重要な期間というより、致命的な期間になりかねません。その上、いわゆる有名な専門誌では、査読の終了から掲載までに数年かかるのが当たり前という状況です。一方、主要ジャーナルあるいは紀要ならば、その大学の大学院生であればかなり速やかに掲載されることが多いのです。これは北海道大学の動物学教室の柝内先生に言わせると、紀要は「若手研究者のラストリゾートである」ということです。

同時に、最近のオープンアクセスの動向とも関連することですが、数学の論文は、たとえ大学院生であっても単著であることが奨励されています。著者支払いモデルのオープンアクセス誌という性格にもよると思います。ところが、著者支払いの掲載料である1000ドルあるいは3000ドルを研究費から払える若手は多くありません。数学の科研費の規模から見ると、たとえば指導教官が科研費を持っていても大学院生などは多くが払えないと考えられます。著者支払いのモデルは、この意味で若手研究者を

育てると思えません。私たちは、現状では機関が負担して行くべきだと思っています。

率直に言って、私もオープンレビューに関して非常に興味があります。ただし、現在機能するとも思いません。将来的に「2ちゃんねる」や「ウィキペディア」、ブログに慣れた世代がある程度の主流を占めた段階で、ブレークする可能性は否定できないのは事実です。だから、その可能性を考えた上で、何らかの対応を今から考えておく必要があると思います。

数学のモデルとしては紀要のモデルというのは悪くないと思うのですが、現在私たちを取り巻いている諸般の事情は、それほど楽観できません。それをどう打開するかというのは私たちにとっての問題でもあるし、正直に言って、研究者が中小規模の大学で編集委員長を務め、編集作業を行いつつ出版作業をするというモデルが、将来的にも成り立つのかどうかを考えておく必要はあります。

他ジャーナルを得るための研究紀要

そういう中で、ロシアやブラジルが数学に関して新興国だとは思いませんが、中国などと並んで、膨大な数の研究者を出してきていますから、結果として、有名な専門誌への掲載待ちの期間が長くなりつつあるように思われます。

こういうことを考えると、ことに若手の研究者の研究成果の発表手段としての紀要の重要性は変わりません。

同時に、海外の数学教室の紀要は数学研究者にとって非常に重要なジャーナルですが、自ら紀要を発行することで、交換できるというメリットがあります。通常、数学の紀要1タイトルは数百誌と交換しますが、“Mathematical Reviews”にインデックスされているだけでも数十誌が数え上げられます。このように、紀要そのものが世界の研究成果を確保する手段にもなっているのです。

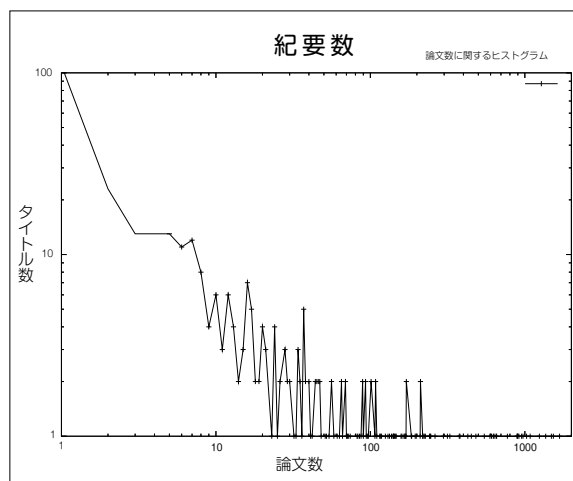
植田先生が、私に「紀要はやはり重要なのか」とお尋ねになりましたが、紀要にも一定数の論文が載っているということをご紹介したいと思います。

この「日本の貢献が多い研究分野」という表は、“Mathematical Reviews”に日本の研究機関からどれだけの論文が出ているかを示したのですが、多い分野だと16～10%のシェアを持っています(表-1)。論文数に関する小数点は、共著の割合を平均して取っていることから出現したものです。

論文数比	論文数/総数	研究分野
16.53	(2040.45/12342)	57 多様体と胞複体
13.23	(2226.33/16826)	14 代数幾何学
13.03	(766.00/5879)	55 代数的位相幾何学
12.31	(1614.62/13116)	32 複素多変数関数と解析空間
12.19	(363.67/2983)	31 ポテンシャル論
10.43	(2625.82/25182)	53 微分幾何学
9.67	(783.08/8094)	13 可換環と可換代数
9.32	(3276.82/35156)	11 数論
8.06	(4924.28/61097)	35 偏微分方程式
7.96	(1367.30/17187)	30 複素一変数関数
7.92	(773.23/9764)	17 非結合的環と代数
7.57	(527.00/6963)	22 位相群 リー群
7.33	(2625.70/35799)	58 大域解析, 多様体上の解析

(表-1)

代数幾何学の分野では、1985年から2005年の20年間で、年間の論文発行数は400論文から1,100論文に増え、その間、日本の研究機関は大体10～15%のシェアを持っているという状態にあります(図-1)。



(図-1)

その中で、日本の紀要で出版された論文がどのくらいあるかというと、大体10～5%のところ、先ほどの「日本の貢献が多い研究分野」と同じような研究分野が名前を連ねています。研究成果のほぼ5～3%が海外に流出しているといわれていますが、2つの表を見れば、大体その数字の通りであるといえます。この意味でも、研究成果の発表手段としての紀要の重要性は、定量的にもおそらく問題ないと考えられます(表-2)。

同じ研究分野での日本全体の紀要を見ると、60年代、70年代には、いわゆる大出版社のジャーナルよりも多く出版されていて、しかも主要大学だけのジャーナルだけが担っているのではない点がわかります。その後の動向

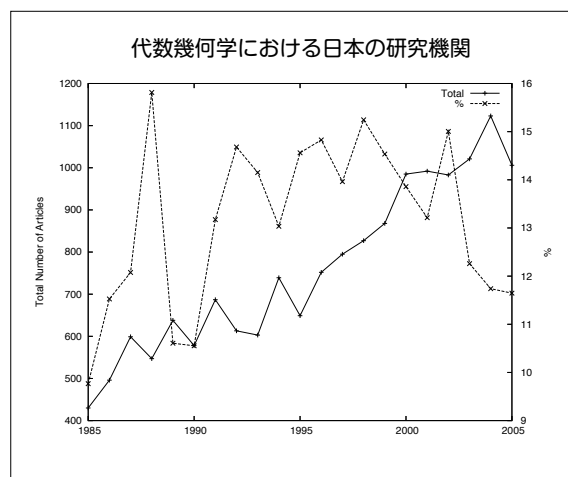
論文数比	論文数/総数	研究分野
10.623	(1923/18103)	57 多様体と胞複体
10.008	(1852/18506)	32 複素多変数関数と解析空間
9.482	(545/5748)	31 ポテンシャル論
9.461	(1048/11077)	55 代数的位相幾何学
9.208	(1902/20655)	14 代数幾何学
8.158	(3307/40538)	53 微分幾何学
7.681	(875/11392)	13 可換環と可換代数
7.456	(525/7041)	12 体論と多項式
6.580	(2301/34968)	11 数論
6.251	(734/11742)	22 位相群, リー群
5.844	(1922/32891)	30 複素一変数関数
5.444	(1305/23970)	16 結合的環と代数

(表-2)

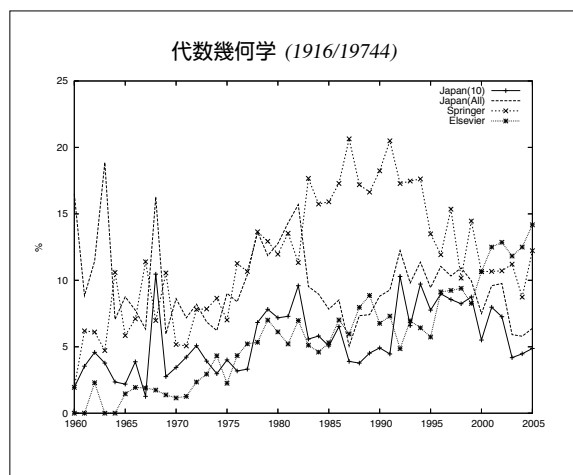
については、タイトル間の継承関係などをもう少し徹底して調査する必要がありますが、特徴的な別の分野を見ておきたいと思います。

微分幾何学の分野では、日本は60年代から80年代前半にかけて、非常に占有率が高かったことが分かります。単に論文数あるいは従来のパラダイムでの出版モデルということであれば、日本の数学関係の紀要あるいはジャーナルの存在価値は、世界的にもけっして見劣りしないと考えられます(図-2、図-3、図-4、図-5、図-6)。

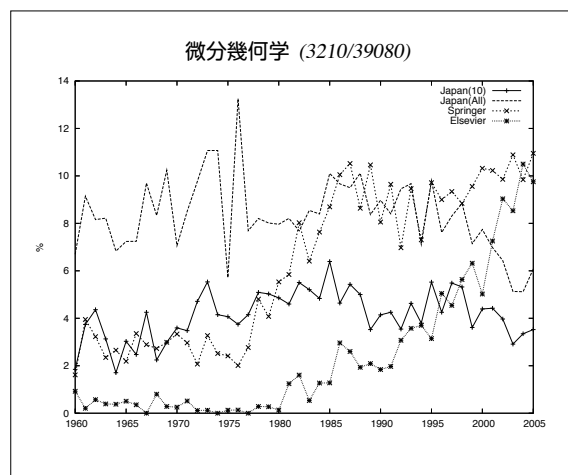
ただ、既に主要な出版社のジャーナルは電子化され、さらに高い付加価値を備えるようになる時代が到来しつつあります。日本の紀要あるいはジャーナルの電子版の状況はどうであるかといえば、非常に問題があるかもしれません。そのような問題提起をして、論文とジャーナルの問題はひとまずおきたいと思います。



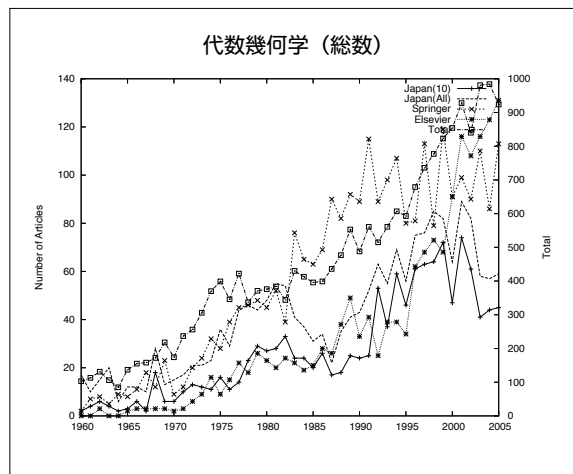
(図-2)



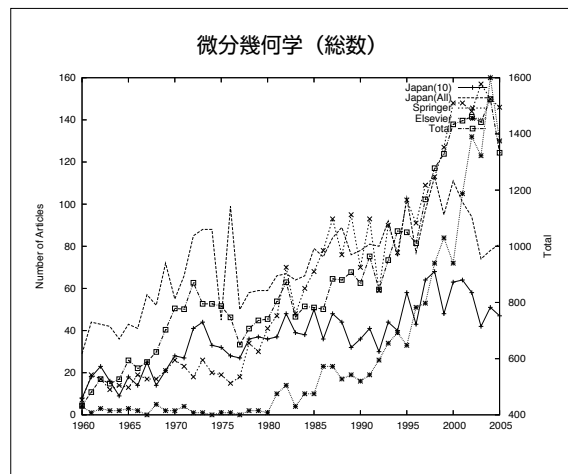
(図-3)



(図-5)



(図-4)



(図-6)

学術コミュニケーション手段の変化と今後の課題

これからの問題として、日常的なコミュニケーションとして動画を共有するコミュニケーションが可能かどうかということが挙げられます。これに関しては、実例を交えてご紹介したいと思います。さらに、先ほど触れましたが、ソフトウェアとの関係はどうか大きな問題です。

それらを見た上で、もう一度論文の問題に立ち戻りたいと思います。

動画を共有するというコミュニケーションの概念は、インターネットの帯域が十分に確保され、その上でストレスなく大容量のデータを流すことができるという前提があって成り立つものです。しかし、冒頭にも簡単に触れましたが、私たちの研究スタイルとして同僚の研究者とのディスカッションが不可欠ですので、これは非常に重要なテクノロジーだといえます。

例えば無限粒子系という一つの研究分野では、日本の

主要な研究者は、千葉大、横浜国大、姫路工大などに散在しています。1つの大学に同じ分野の研究者が集まると、その大学の教育体系が崩れてしまうという問題もありますから、なかなか同じ分野の研究者が1カ所に集まるということではできません。こういう状況にありますから、各地で開かれるセミナーや講演会を同時にストリーミングで視聴できる、あるいはアーカイブして後から見直せるというサービスは非常に重要です。いくつかの活動例を紹介してみましよう。

東京大学の数理科学研究科では、この5年ほど系統的に談話会やシンポジウムのビデオをアーカイブ化してきました。このような活動を通じて私たちは、先ほど申し上げた「黒板」をどうするかという問題や、PC等によるプレゼンテーションをどうするかといった、具体的な技術利用のノウハウなどを蓄積できました。そのような流れから、研究集会等の場合は予稿と講演映像とを同時並列的に流

して、ディスカッションができたという報告もされています。

いまや日本数学会でも、学会の年会や総合分科会での総合講演に関しては、アーカイブ化を進めるようになっていきます。しかしながら、動画のアーカイブはできたとしても、私たちにとっての問題は幾つか残っています。

ひとつは、動画に対してどのようにメタデータを付けるかという問題です。というのは、あるセミナーや講演の動画を見たとしても、最初から最後まで見て聞いていないと何が話されているかは分かりません。しかし、そのセミナーで最も重要なことは、話の一部に出てくる主定理や、どのようにその定理の証明が展開されるかということなのです。その動画の中の何分何分まで、主要な結果が述べられているというメタデータをどのように付与するかというのは、私たちにとって非常に問題であり、それはまだ解決していません。

また、こうやってしゃべっているときに、私たちはよく間違いを犯します。定義を忘れたり、証明の一部を忘れたりするのです。ところが、それがアーカイブに残ってしまうと簡単には訂正できなくなります。それに対しては、適切なメタデータ、あるいは実際にその結果が公表される出版論文とのリンク、さらには何らかの技術的な手段によるナビゲーションを付与することによってカバーすることが必要なのですが、それは私たち自身の手には余る技術的な問題と言わざるを得ません。

Computationの問題

同時に、先ほど Computation ということ申し上げましたが、コンピュータについて数値計算にとどまらない利用形態が、ここ数年で非常に目立つようになってきました。それは、例えば代数系や幾何系などの非常に抽象的な概念を、もう一度現実的な問題へ応用するものといえるでしょうか。つまり、何かのものごとを抽象化するという操作は、そもそも何か現実の問題を抽象化する場合が多いのですが、これまでは、それが抽象化された後に、その抽象化された内部で数学独自の発展を遂げるという形のものでした。いま出てきたのは、ソフトウェアの助けで、それをもう一度現実的な問題へ投げ返すというような研究方法なのです。

それは実際には、ソフトウェアを実装することで研究が進むものですが、計算ホモロジーと画像認識、台数統計

と有限群論、マルコフ連鎖モンテカルロ法の厳密解、精度保証数値計算とトポロジー、カオス、双曲性判定などでは、どれも本質的な貢献をそれぞれの研究分野に関して与えています。

けれども、このようなソフトウェアをつくって、果たしてそれが論文になるかどうかという問題が出てきました。先ほど土屋先生からご紹介があった千葉大学の物理の例だと、数式処理系のジャーナルの論文にはなるだろうと思います。けれども、そのような論文はやはり引用はされにくいはずで。というのは、ソフトウェアを使って何か具体的に計算をするというときに、それは道具としては使いますが、道具の出典をいちいち明示的に引用するという習慣をわれわれは持っていないからです。だから、ハッカーといいますが非常に優れたプログラミング能力を持つ数学者に対して、優秀なソフトウェアを作成した業績を高く評価するかどうかは、今の段階では非常に微妙なものがあると思います。

例えば、ホモロジー群という概念は、幾何的な対象を代数的に扱う概念ですが、ある画像についてトーナツ型のような穴が開いているかどうか、その穴が幾つあるかどうかというような認識を確実に行うことができることから、画像診断などの領域への応用が期待されています(図-7)。そのようなことを実際に代数的に計算する概念が、ここ数年で確立してきています。かといって、それでソフトウェアが開発されたとして、それが引用される業績となるかどうかは、別問題です。

ソフトウェアの項目では最後になりますが、このように多様なソフトウェアがある場合に、その実行環境をいち



(図-7)

いち用意するのは、どのような場合にも非常に困難です。つまり、ソフトウェアの数は、おそらく主要なものでも数十から数百まで存在すると思いますが、その場合、いちいちダウンロードしてインストールするという作業は、ある意味では苦痛を伴います。しかも、問題ごとに適切なソフトウェアを選択しなければなりませんから、それを総合的に利用するという作業となると、非常に難しいことになります。

そういうこともあって、ある人が Linux のディストリビューションを作成しました。1枚のCDでブートして、Linux で起動する KNOPPIX というディストリビューションは、かなり前から配布されていました。それを数学関係のソフトウェアのプラットフォームとして開発してしまうというのです。その成果が、いま出はじめています。適切なスクリーンショットがなかったため、ここではお見せできませんが、膨大な数のソフトウェアが1枚のDVDあるいはCDに収まるということが、どれほど画期的なことかということなのです。そのようなものであるとご理解ください。

ただ、現状ではセミナーの講演や動画でのアーカイブは、業績にはまったくカウントされていないことを付け加えておきます。

数学系論文の今後

最後に、「論文の今後」という観点から、論文の問題へ立ち戻りたいと思います。数学系の論文は、ほぼTeXというタイプセット系のソフトウェアで記述されています。これをMathMLへ変換することで、場合によってはソフトウェアへ渡し実行できる形になります。

例として、実際の論文を見てみます。これは先ほど中小大学の紀要と呼ばれたものの中から、ある大学の機関リポジトリに掲載されている1ページを取り出したものです。論文中に一枚の図がありますが、この図はスキャン精度の関係か、判別し難いものとなっています。このような図をデジタイズするときに、どの程度の精度でスキャンするかという問題は常に付きまとい、600dpiで十分か、1,200 dpiで十分か、その答はなかなか出せません。ただし、このような図は、通常ソフトウェアを作成して描画しますので、そのソフトウェアが利用できれば問題は解決します。

実は、この論文には、この図を描くために利用した数式に含まれるパラメーターの値が明示されていないので、この図を再現することはできません。けれども、ソフトウェアが用意されていれば、それは探索することはできます。それを見てみましょう。

本来この論文に掲載されている白黒二値の不鮮明な画像は、数列の発散する過程に応じて彩色した鮮やかな出力であるはずで、実際にソフトウェアで描いてみて、少しパラメーターを変えるとまた違った図が出てきます。

先ほどの論文に載っている研究成果は、私の研究分野と近い位置にありますから、このようなソフトウェアでの探索を繰り返した上で得られたものだと思います。これはXMLで、先ほどの論文を組み直してみたサンプルです。この最後に計算されている数式から、ソフトウェアヘインターフェイスを作成し、その著者の試行錯誤の結果をさらに追試することも、技術的にはすでに可能な域に達しています。

もちろん、ソフトウェアは本質ではないといえますが、数式というものも手段であって、私たちとしては、その数式の意味するところが確実に伝わらなければならないと考えています。あるいは、語彙の多少の揺らぎにも誤解なくコミュニケーションできれば、問題はあまりないと考えているのです。

このセミナーの冒頭での、永井さんのXMLをどうするかという問いに対しては、技術的には可能であるけれど、ただ、それをどうすればいいかはよく分からないというのが、今の段階での数学からの回答になると思います。

問題なのは、ソフトウェアを利用したとき、そのソフトウェアにバグがないことを保証するのは非常に困難であるということです。バグについては、結局のところ、そのソフトウェアを作成した個人に頼る以外ありませんから、その個人へたどり着く保証として、何らかの個人認証という仕組みが必要ではないかと考えています。

論文とソフトウェアとの関係

問題だけ列挙することになりますが、こうして見てくると、ある論文の中に著者の研究結果とソフトウェア、あるいは何らかのオブジェクトが同時に掲載される可能性があります。そのときに、例えばソフトウェアは著者が作ったものではないかもしれません。そうなると、論文を構成する構

成要素あるいはその Deep Indexing は、何を対象とするのでしょうか。それは結局、論文として一くくりでくれるものかどうかというところから議論を始めることになると思います。

「論文」と一口で言っていますが、数学であればそこで提出されている主要な結果、あるいはそれを証明するために使われた補助定理について、Indexing できてしかるべき時代が来ているのではないのでしょうか。つまり、「論文」と言ったとき、あるいは研究結果・研究成果の境界が非常にあいまいになってくるからです。そのあいまいになっているという例を、“Science Direct”の論文から少し見てみたいと思います。

これは、私の研究分野に近いところから持ってきた“Science Direct”の論文です。本文は HTML でタイプセットされていて、例えばこの数式の部分は画像ですが、Math M L という XML のアプリケーションで取得することもできます。そうすると、XML 中のアプリケーションである Math M L という数式で記述されているということは、この数式自体、あるいは主要な結果、主要な定理も、XML で表現できるということでもあります。

結論として、例えばいま、Open Archives Initiative で提案されている Object Reuse and Exchange Protocol (OAI-ORE) を利用して、論文の境界を再定義するのです。つまり、ある著者の主要な結果は、ある XML によって定義されるということになります。けれども、その論文という研究成果に関して、ソフトウェアや動画など、その他もろもろのコントリビューションが出てくるわけですが、それらについては別に XML を定義することで、別のコントリビューターの成果として認識されることになります。そのような結果が、将来は描けるのではないかと考えています。

【参考文献】

- (1) 文部科学省委託調査「イノベーションの創出のための数学研究の振興に関する調査」報告書（北海道大学大学院理学研究院作成）
- (2) 東大数理ビデオアーカイブ
(<http://www.ms.u-tokyo.ac.jp/video>)
- (3) Knoppix/Math
(<http://www.knoppix-math.org>)
- (4) chomp.rutgers.edu
(<http://chomp.rutgers.edu/>)

profile



Takao Namiki

平成 4 年 3 月東京大学教養学部基礎科学科第一卒、平成 6 年 3 月東京大学数理科学研究科数理学専攻修士課程修了。現、北海道大学大学院理学研究院数学部門助教、博士（理学）。この間、複雑系、特にセルオートマトンの力学系的諸性質の研究に従事。最近では OAI-PMH を数学分野の研究情報へ活用する手段を実装し、平成 20 年度 SPARC Japan 事業「数学ポータル構築」では OAI-PMH を利用した数学系ジャーナルのポータルを実現。