

日中科学技術

No. 124

2008.3.20

発行所

特定非営利活動法人 日中科学技術交流協会

〒103-0003 東京都中央区日本橋横山町 3-1 横山町ダイカンプラザ 403 号

E-mail : jcstea@alpha.ocn.ne.jpURL : <http://www13.ocn.ne.jp/~jcstea/>

電話 : 03 (6431) 0456

Fax : 03 (6431) 0466

特集 2007 年度中国人留学生研究 奨励賞を受賞して

本協会の重要な事業の一つである研究奨励賞の授賞式と受賞者による研究発表会は、去る12月12日(水)午後、東京都千代田区神田錦町の学士会館本館において開催されました。受賞者の氏名、研究テーマ、研究内容、授賞式と研究発表会の様子などについては、さきの会報 (No.122/123) で詳しくお知らせしましたが、このほど各受賞者から、下記の感想が寄せられましたので、ここに掲載します。

第19回伏見康治研究奨励賞を受賞して

電気通信大学大学院 電気通信学研究科 知能機械工学専攻 博士課程3年 李 英太



このたび、日中科学技術交流協会の「第19回伏見康治研究奨励賞」をいただきまして、誠に光栄に存じております。ここに、伏見康治先生をはじめ、日中科学技

術交流協会理事長有山正孝先生および協会の方々、また、本研究を行うにあたり、終始適切な助言をいただきました宮寄武先生に深く感謝致します。

私は2000年7月に瀋陽建築工程学院城市建设系を卒業し、同年11月に日本に来て、大阪の「メリック日本語学校」で2年間、日本語の勉強をしました。2003年4月に電気通信大学大学院知能機械工学専攻に入学し、修士課程を経て、現在博士後期課程3年生になり、2008年3月には理学博士の学位を得ることになります。

私は修士課程から宮寄研究室で「準地衡風楕円体渦モデル」に関する研究をして来ました。研究の背景として、地球流

体運動は密度成層効果や回転効果(コリオリ効果)の影響を受けることでいくつかの特徴を持つことが知られています。その一つは渦運動であります。地球流体中では秩序渦構造が安定で、その寿命が長く、広域流れに大きく影響します。秩序渦構造は地球流体運動の動力学ばかりでなく、エネルギーや物質等のスカラー輸送現象も支配しています。地球流体運動はおよそ水平二次元的であるので、最も簡単には、水平面内の二次元的運動に近似することができます。しかし実際の地球流体中の渦構造は三次元的であり、流体運動は水平面内で起きますが、各水平面ではその様相が異なります。

Miyazaki らは、異なる水平面間の相互作用を取り入れた準地衡風近似のもとで、簡単な乱流渦モデルとして各渦を細長い渦に近似した「wire 渦モデル」を開発し、さらにこれを楕円体渦モデルに拡張しました。しかし、これらのモデルでは、counter-rotating 型の渦体を接近させたとき、 $1/2$ まで倒れる特異な振舞いが見られました。

本研究では、楕円体渦モデルをモーメント近似から離散点近似に変えることによってこれらの特異現象を解消し、モデルの精度を向上させました。一方、スカラー輸送・混合現象に関しては、静止流体中における楕円体渦構造近辺に焦点を合わせ、回転楕円体渦のアスペクト比をわずかに変化させて楕円体渦にしたときに起きるカオス混合を、Melnikov の方法と数値計算を用いて解明しました。

このように、準地衡風近似のもとで楕円体渦モデルを構築・改良することによって、地球流体中の渦動力学の特徴を抽出することが可能となりました。また、合体现象を加味した準地衡風球渦モデルを構築し、その統計性について調べることで、地球流体乱流場におけるエネルギー・エントロピー輸送現象の基本的なメカニズムを捉える為の乱流モデルの開発指針が与えられます。これらの成果により、エネルギー・運動量輸送の物理過程を

正確に反映するサブグリットスケールの乱流渦モデルの構築に向かって一步を踏み出すことが可能となりました。

私は日本に来てもう 8 年になります。最初は慣れない言葉・食文化などに大変苦労した覚えがあります。しかし、今ではすっかり日本での生活に慣れ、日本が外国ということすら忘れるぐらいです。このように日本での生活に馴染むことができ、また研究でも成果を挙げることができたのも、宮崎武先生をはじめとする人々の支えがあったからこそと思っております。

私にとって多大な励みとなったこの賞を第一歩として、これからも初心を忘れずに日々頑張っていきたいと思います。また、科学技術交流を含む日中交流の様々な活動にも積極的に参加することで、日中友好関係のために少しでも力になれるように頑張ります。

最後になりますが、「日中科学技術交流協会」の先生の方々、また私を支えて下さった皆様に、重ねて深くお礼を申し上げます。



指導教官 宮崎先生による紹介



第 5 回 菅野昌義記念研究奨励賞を受賞して

千葉大学 自然科学研究科 情報科学専攻 博士課程 2 年 李 叶秋



今回、日中科学技術交流協会の第 5 回菅野昌義記念研究奨励賞を頂いたことにつきまして私は大変光栄に存じております。ここに、本奨励賞を受賞いたしましたことにつきまして、故菅野昌義先生のご遺族の方々、日中科学技術交流協会理事長有山正孝先生および協会の先生方に厚くお礼を申し上げます。また、私をご推薦下さった千葉大学教授谷萩隆嗣先生、研究で色々お世話になっている指導教官千葉大学准教授呂建明先生に心から深く感謝致します。

私は中国の吉林省に生まれ、1997 年 7 月保定にある華北電力大学電気工学学部を卒業し、同年 7 月に中国電力部龍源会社に就職、発電所制御システム開発本部に勤務しておりました。その後、1999 年 10 月に夫の仕事の関係で来日し、自分の知識と研究力の不足を痛感し、より先進的な技術と知識を身に付けるために 2003 年 4 月より千葉大学大学院自然科学研究科研究生を経て、2004 年 4 月、千葉大学大学院自然科学研究科前期博士課程知能情報専攻に入学しました。2006 年 3 月に千葉大学の修士学位を取得し、同年 4 月に同研究科の博士課程に進学しました。

修士課程から自然科学研究科の谷萩、呂、関屋研究室で「劣化画像の復元処理」の研究を始め、劣化画像のポアソン雑音

を除去する方法を提案し、その雑音のポアソン特性について研究を続けて来ました。

今回受賞の対象になった研究は、私の博士課程の研究課題である「複数ニューラルネットワークを用いた医療画像の雑音除去一方法」です。

X 線画像は、医用画像診断として利用されています。この X 線画像の粒状性は、照射線量や量子モトルによって変化し、照射線量の減少とともに X 線画像の粒状性は増大します。特にコンピュータドラジオグラフィ (Computed Radiography: CR) 画像に関しては、階調処理や周波数処理等の画像処理の影響により強調される場合があります。CR 画像形成の際、発生する X 線は受光系に不連続に到着するため、時間的・空間的揺らぎが生じ、その揺らぎはポアソン分布に従います。したがって、コンピュータを用いた診断支援システムにおいては、前処理としての雑音除去が重要な意味を持っています。

このため、今までにいろいろな平滑化処理を行う画像フィルタが多数提案されています。このうち、メジアンフィルタは線形フィルタでは不可能であるエッジの保存とインパルス性雑音の除去に有効なフィルタですが、画像のエッジ部分とそうでない部分を考慮せずに処理するため、画像に新たなぼけが生じるという問題があります。また、ウィーナーフィルタは一般の線形フィルタよりも画像のエッジや高周波数部の保存に有効で、ガウス性雑音のような白色雑音に対して効率よく機能します。一方、Wavelet 変換を用いた雑音除去手法では、帯域分割領域での復元処理を施し、原信号成分が支配的な帯域での信号保存と雑音が支配的な帯域での雑音除去が試みられています。

最近、非線形の入出力関数をもつニュー

ーラルネットワークの研究が注目されています。さらに、バックプロパゲーションによる階層型ニューラルネットワークの設計法が提案され、画像の雑音除去が試みられました。しかし、この方法は、学習画像と特徴が異なる画像への適用が困難です。そこで私の研究では、学習画像とは特徴が異なる医療画像にも効果的に適用するため、複数のニューラルネットワークを画像の特徴によって使い分ける方法を提案しました。

一般医用 X 線画像の標本化と濃度階調は 2048×2048 画素 \times 12 ビットです。X 線画像の粒状性は、照射線量や量子モトルによって変化し、照射線量の減少と共に X 線画像の粒状性が劣化します。画像形成の際、発生する X 線は受光系に不連続に到着するため、時間的、空間的揺らぎが生じ、その揺らぎはポアソン分布に従います。そのため、ポアソン性雑音の加わった画像となります。

次に提案フィルタの設計について説明します。

劣化した信号 $x(i, j)$ を入力、復元された信号 $y(i, j)$ を出力とし、3 階層ニューラルネットワークによる 2 次元デジタルフィルタを構成します。このニューラルネットワークに対し、入力画像から $N \times N$ 画素を切り取って入力します。この処理を、切り取る位置を 1 画素ずつずらしながら行い、画像全体に対して処理を行います。

一般にニューラルネットワークでは、学習の際にローカルミニマムに陥ってしまうことが多く、何らかの対策が必要となります。本研究では、ニューラルネットワークの結合定数の初期値を以下のように設定し、初期状態においてもある程度画像のエッジ部分を保存できる平滑フィルタとなるように初期化します。これによって、学習がローカルミニマムに陥る可能性を低くすることができます。

1 . 入力層 (i, j) 番のニューロンと中間層 (k, l) 番のニューロン間の重み:

$$\omega_{ij,ij} = 0, \omega_{00,ij} = -1(i, j \neq 0), \\ \omega_{ij,kl} = 0(i, j \neq k, l; j, j \neq 0).$$

2 . 中間層 (k, l) 番のニューロンと出力のニューロンと間の重み:

$$c_{00} = 1, c = \frac{1}{N \times N}(k, l \neq 1)$$

従来のニューラルネットワークは、教師画像に用いた画像と実際の処理に用いた画像の特徴が似ている場合にはうまく働くと考えられます。しかし実用医療画像に対して、大量の教師画像を見つけることは困難です。そこで本研究では、ニューラルネットワークによる雑音除去を教師画像と特徴の異なる画像にも効果的に適用するため、複数のニューラルネットワークを画像の特徴によって使い分ける方法を提案します。

入力された $N \times N$ 画素の特徴を「特徴判断システム」において計算し、その結果に基づいて、決めた役割に対応するニューラルネットワークに振り分けます。各ニューラルネットワークで処理を行い、結果を出力します。この結果をシステム全体の出力とし、画像の復元を行います。

シミュレーションで用いたニューラルネットワークの階層は 3 階層としました。入力層のニューロンは 3×3 、中間層のニューロン数は入力層と同じ 3×3 としました。学習データとしては、高放射線量で撮影された背骨の X 線画像を教師画像として、低放射線量で撮影された脊椎の X 線画像を学習画像としました。今回シミュレーションに使用した画像の局所的な標準偏差を調べ、入力 3×3 画素の標準偏差の最大値は 60 であるので、ニューラルネットワークの総数を 12 個にしました。

復元に使用した処理画像は、学習画像と異なっている低放射線量で撮影された“肺”の X 線画像です。従来の平均値フィルタ、中央値フィルタ、単一ニューラルネットワークと提案方法のそれぞれによる処理結果の評価としては、復元画像

と高放射線量で撮影された“肺”の画像の PSNR を使用しました。提案方法では従来方法より PSNR 値が約 0.5dB 改善できました。その結果、学習画像とは特徴の異なる画像に対しても雑音の除去を効果的に行うことができたと考えられます。

私は、本研究奨励賞を受賞することができ、心から嬉しく思っております。私の博士課程における研究は非常に興味深いものであり、楽しく研究生活を続けることにより、科学的知識のみならず多くの事柄を学ぶことができました。このことは、私の研究が高く評価していただいたということで、非常にうれしく感じますし、また今後の研究生活を行っていく上での大きな励みになると思います。今後とも研究に邁進するとともに、日中の科学技術交流に少しでも貢献できるよう

にがんばりたいと思います。

最後になりましたが、熱心に指導して下さいました先生方や先輩の方々、一緒に研究を頑張った後輩達、いろいろな面で応援してくれた方々に、この場を借りて感謝し、厚く御礼を申し上げます。



指導教官 谷萩先生による紹介

第4回向坊隆記念研究奨励賞を受賞して

筑波大学大学院 数理物質科学研究科 物質・材料工学専攻 博士課程3年 馬 雁



この度、私は日中科学技術交流協会の第4回向坊隆記念研究奨励賞に選ばれたことを大変光栄に、また嬉しく思っております。故 向坊 隆先生、ご遺族の方々、日中科学技術交流協会理事長有山正孝先生始め、協会の諸先生方に心からお礼を申し上げます。また、研究をご指導くださいました私の指導教官平野敏幸先生、この賞にご推薦くださいました日中科学技術交流協会理事岡田雅年先生および物

質・材料研究機構唐捷博士に心から感謝いたします。また、研究を進めていく過程で多くのご指導を頂いた同じ研究室の許垂博士、出村雅彦博士に深く感謝します。

私は 1973 年に中国北京市に生まれ、1995 年に西安交通大学を卒業した後、中国原子能科学研究院で 9 年勤めました。2004 年秋に、中日原子力科学交流研究者として初めて来日し、日本の進んだ科学技術研究に深い印象を受けました。その時、日本に留学し、もっと研究能力と知識を身につけようと決意をしました。そして、友人の紹介で、独立行政法人物質・材料研究機構ディレクターおよび筑波大学大学院数理物質科学研究科物質・材料工学専攻教授の平野先生にお会いし、博士課程への入学希望を申し上げます。2005 年に入学試験に合格し、平野研究室で博士後期課程学生として、Ni₃Al 金属間化合物の触媒特性の研究を始めました。

この研究テーマは、私にとってこれまで全く経験がなく、大きな挑戦でしたが、平野先生を始め、研究室の皆様のご指導と助力のもとで、多数の研究成果を得ることができました。

燃料電池の実用化には、小型、低コスト、高効率の水素製造法の開発が重要となっており、そのためには高活性、長寿命の高性能触媒が不可欠です。工業的な大規模水素製造装置で用いられている酸化担持 Ni 触媒は、燃料電池の要求に性能が不足しています。Pt、Ru、Pd など貴金属は優れた触媒ですが、資源の制約、コスト高の問題があり、貴金属を含まない新しい触媒材料を開発する必要があります。これまで金属間化合物の触媒研究は極めて少ないのですが、私の研究では、新触媒の可能性を期待して、Ni₃Al 金属間化合物の触媒特性を探索しました。その結果、Ni₃Al はメタン水蒸気改質反応に対して触媒特性を有する有望材料であることを見出しました。なお、Ni₃Al は耐熱構造材料として多くの研究がされていますが、触媒特性の研究はなく、本研究結果は世界で初めての報告です。

(1) 急凝固粉末試料を用いた触媒特性探索と表面処理方法の研究

急凝固粉末そのものは、900 以上の高温でないと触媒活性を全く示しません。しかし、私は硝酸溶液に浸漬処理後、アルカリ溶液に浸漬処理する 2 段階表面処理法を考案し、600 以下の低温から高い触媒活性が現れることを見出しました。この顕著な 2 段階表面処理効果は、比表面積測定、XRD、SEM、TEM による解析から、次のようなメカニズムによることを明らかにしました。急凝固粉末は平衡相 Ni₃Al 中に微細な準安定相 NiAl が分散する 2 相組織です。第 1 段の硝酸処理では、NiAl 相が優先的に溶出し、粉末表面は多孔質となって表面積が増大します。第 2 段のアルカリ溶液処理では、Ni₃Al、NiAl 両相とも Al が選択的に溶出し、この時、多孔質表面には数 10nm 径の Ni 微粒子が多数形成されます。この多孔質表

面上の Ni 微粒子が高い触媒活性をもたらすと考えられます。この成果は、特許出願するとともに、2005 年の金属学会秋期大会で口頭発表、Catalysis Letters に論文発表を行いました。

(2) 2 段階表面処理した Ni₃Al 粉末の触媒熱安定性の研究

2 段階表面処理した Ni₃Al 粉末の触媒特性の熱安定性を等温実験によって評価すると、Ni₃Al は 700 以下の温度では、触媒活性は安定した値を保ち、低下することはないことが分かりました。上記 (1) と同様、表面のキャラクタリゼーションにより、700 以下では、触媒活性を担う Ni 微粒子が安定に存在し、良好な触媒活性が保たれることを明らかにしました。これらの結果について、2006 年の金属学会春期大会で口頭発表し、Applied Catalysis B に論文を投稿しました。

さらに、2 段階表面処理した Ni₃Al 粉末について、触媒特性の熱安定性におよぼす水蒸気とメタンの混合比の影響を調べました。その結果、水蒸気/メタンの混合比が 1 まで低下すると、炭素析出は若干、起こるが、既存の酸化担持 Ni 触媒とは異なり、触媒活性の熱安定性が良くなることを見出しました。水蒸気/メタンの混合比が小さいほど触媒反応の熱効率は良いため、本触媒は、既存の酸化担持 Ni 触媒には見られない好ましい特性を持つことが明らかになりました。この結果は、2006 年の金属学会秋期大会で口頭発表し、米国化学エンジニアリング協会年会でもポスター発表しました。

(3) 冷間圧延箔を用いた触媒活性の研究

上記 (1) (2) の粉末試料の研究から得られた知見をもとに、冷間圧延箔の触媒特性を調べました。Ni₃Al 冷間圧延箔は私が所属する研究室が世界で初めて製造に成功したものです。通常、平坦な箔は表面積が小さいため、触媒活性は極めて低く、触媒として利用することは考えられません。しかし、Ni₃Al 冷間圧延箔の場合、メタン水蒸気改質反応に対して明

瞭な触媒活性を示すことを見出しました。これは極めて異例な結果であり、新しい小型水素製造器、マイクロリアクターへの応用が期待できます。さらに、冷間圧延箔に水蒸気表面処理を前もって行うと触媒活性は約 2 倍、増大することを見出しました。この結果は、2007 年の金属学会春期大会で口頭発表し、論文投稿を準備しています。

以上の研究成果から、 Ni_3Al は粉末、冷間圧延箔、いずれの形態でも、メタンの水蒸気改質反応に対して触媒活性があり、水素製造触媒として応用の可能性があることを示しました。

私は 2008 年 3 月に博士課程を修了する予定です。その後、中国に帰り、大学で

研究を続けたいと考えています。今後微力ながら日中両国の科学技術交流に少しでも貢献したいと思います。

最後に、日中科学技術交流協会の先生方、色々なご指導と協力を下さった先生、同僚達に再び心からお礼を申し上げます。



平野先生による紹介

桂林での第 9 回原子力材料、燃料および核融合炉材料に関する日中シンポジウム

京都大学エネルギー理工学研究所教授 木村晃彦
日中科学技術交流協会副理事長 山脇道夫

本シンポジウムは、2007 年 10 月 23 日(火)～10 月 26 日(金)に桂林で開催された。2 年に一度の割合で日中交互に開催され、今回で 9 回目となる。第 1 回は 1992 年に北京で開催されている。今回のシンポジウムは、西南物理研究所 (SWIP) が主催し、本協会も共催した。開催地は、中国第一の観光都市「桂林」であり、折しも金木犀の花の香が街全体に漂い、絶好の時期であった。

今回は、特に核融合炉材料・炉工学に焦点を当ててプログラムが構成された。すなわち、核融合エネルギー等の先進エネルギーシステムの実現を左右する炉工技術として、先進材料プロセス技術があり、その技術開発にあたり、システムに特有の材料要件を明確にし、開発方針を徹底させる必要性が認識されていること

から、本セミナーでは、代表的な先進核エネルギーシステムとして核融合ブランケットシステム等を取り上げ、各システムに特化される材料要件を抽出するため、その実現に向けた先進材料製造プロセス技術に関する最近の研究成果を発表する機会と位置づけた。

参加者数は、日中合わせて 102 名であり、そのうち日本からは 31 名の参加であった。中国の主な参加機関は、プラズマ物理研究所、西南物理研究所、近代物理研究所、核物理化学研究所、蘭州大学、北京科学技術大学などであった。

シンポジウムでは、ITER-TBM として各極から提案されている核融合ブランケットシステムの紹介、TBM 実験の第 1 段階ブランケット構造材料としての鉄鋼材料の開発状況、第 2 段階に特有の先進

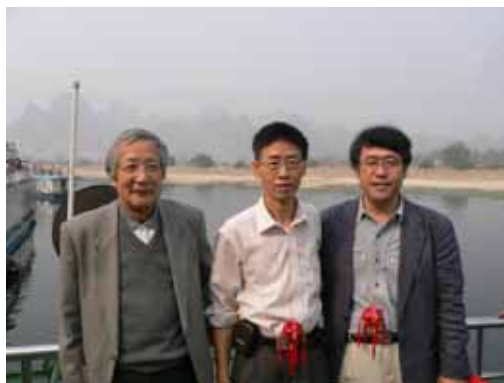
材料 (ODS 鋼, パナジウム合金, 炭化珪素複合材料) 段階に応じた材料製造技術開発研究の現状などが報告された。

本シンポジウムの開催により、各プラットフォームにおける重要な技術開発目標が設定され、日中両国のシステム・材料統合に関わる共通課題が明確になり、今後の当該分野での日中研究協力体制の基盤が構築されると期待される。

なお協会の上海合肥訪中団団員中下記 5 名が会議に参加した。

山脇道夫 協会副理事長 (訪中団団長)
 木村晃彦 京都大学教授 (訪中団 A 班)
 四窠樹男 東北大学教授 (訪中団 A 班)
 佐藤 学 東北大学助教 (訪中団 A 班)
 磯野高明 JAEA 研究主幹 (訪中団 A 班)

10 回シンポは平成 22 年秋に京都で開催予定である。



図中左より山脇道夫副理事長、K.M.Feng SWIP 教授 (会議議長)、木村晃彦教授 (会議共同議長)

講演会「中国の数学と日本の数学」

H20年3月13日(木) 於 東京理科大学 若宮校舎W21 室
 小松彦三郎 当協会理事、東京理科大学教授、東京大学名誉教授

本年、2008 年は江戸時代の数学者関孝和の没後 300 年に当り、日中科学技術交流協会は、日本数学会と日本数学史学会を後援して、8 月 25 日から 31 日まで、東京理科大学神楽坂校舎で「関孝和三百年祭記念数学史国際会議」を開催いたします。

当協会ではこれに先立ち、国際会議の責任者であり、当協会理事、東京理科大学教授 小松彦三郎氏から、中国の数学と日本の数学について講演をいただき、日中の数学交流の歴史を振り返りました。

また、理科大学近代資料館で開催中の関孝和 300 年展示会を見学しました。

1. 古代中国の数学

子供の時から、図鑑などで見る古代の遺跡がどれも不毛の砂漠か塩田のようにしか見えないのに、なぜこのような所で大帝国が栄えたのか不思議だった。

私は、戦争中高知の山奥に住む伯母の



もとに預けられた。疎開先では、夏には田んぼの雑草を取る仕事、秋には害虫の退治を手伝わされた。長じてスタンフォード大学近くの家に住んだときは、水やりさえ気をつければ、雑草は生えてこないし、害虫も管理できることを体験して乾燥地農業の労働生産性の高さを実感した。しかし、その水は、200 キロもかなたのシエラネヴァダ山脈に降った雪解けの水を引いてくるのである。

古代の帝国ではどこでも、その広大な領土の住民から公平に税金を徴収し、代

って灌漑施設を整え、新しく農地を開拓するために高度の数学を必要とした。そのための学校が作られ、教科書が書かれた。しかし、生産設備が整い、建設の技術が王の墓やその他の記念建造物にしか使われなくなると、もとなつた数学はたちまち衰え、教科書類も消えてしまう。

数学について一番古い記録は、今のイラク、メソポタミアから発掘された紀元前 2000 年頃の楔形文書にある。古いものほど高度で、時代が下がれば退化していった様子が読み取れる。

中国では漢代に編集された官吏のための教科書『九章算術』がほぼ完全な形で残っている。また、これより古い『算数書』が 1983 年に前漢の墓から発見された。これらの本の内容は 2000 年も前に書かれたとは信じられないほど程度が高い。『九章算術』の第七章「盈不足」では 2 元連立 1 次方程式をクラメルの公式で解き、次の「方程」では一般の多元連立 1 次方程式をガウスの消去法で解く。与えられた方程式の係数が正であっても、この過程で負の数が係数となる方程式に変換されることがある。銭は 0 や負数の起源はここにあるとし、これがインドに伝わってインド数字になったと推測している。私も賛成である。

『九章算術』の最終章「勾股」は直角三角形が対象で、2 次方程式を解く問題が現れる。2 次方程式を算木の運用で解くこの方法は、後に高次代数方程式の解法に拡張され、それが江戸時代の日本の数学の出発点となった。

ピタゴラスの定理を元に 2 次方程式を立て問題を解く事は前 20 世紀のバビロニアでも行われていた。ところが、現在の我が国の中学校では、一般の数を係数とする 2 次方程式を解くことは学習指導要領により禁止されている。

『算数書』や『九章算術』の本文は、問題、その答、及び問題の数値を使って答を計算する術だけが書かれており、なぜそのようにして計算すれば答が得られるのか、理由を説明することはめったに

しない。これは、ユークリッドの『原論』が数値のない命題の証明ばかりであるのと著しい対照をなすと言われてきた。しかし、263 年に劉徽が『九章算術』につけた注釈を込めると違ってくる。そこでは、至る所で原文の誤りが訂正され、正しい命題のほぼ全てに証明があり、さらに球に関わる問題のように当時の数学では正しい答が得られなかったものに対しては、正直に分からないと書いてある。

劉徽がここで計算した円周率の近似値 3.1416 も、この後祖冲之(429--500)が得た 3.1415927 も共に当時の世界記録である。後の記録は 1000 年間破られなかった。併せて近似分数 355/113 を得た詳細を論じた祖冲之の著書『綴術』は『九章算術』などと共に、中国の唐朝、朝鮮の新羅、我が国の奈良朝で官吏のための学校、算学の教科書として用いられた記録がある。ところが、656 年に完成した正史隋書「律曆志」に既に「著わす所の書、名を『綴術』と爲す。学官に能く其深奥を究むるはなし。是故に廃して理(おさめ)ず」と書かれる有様で、この本は理解する人がいないままに三国共に滅んでしまった。

『九章算術』は自然数に対する四則は既知として書かれている。分数の計算についても詳しい説明はない。当然もっと初等的な所から始める教科書が必要になる。唐代にはこの需要をみたす教科書類が調べられ、『九章算術』や『綴術算経』を含めて『十部算経』あるいは『算経十書』と呼ばれた。

2. 宋元代の数学

次いで宋、元の時代に中国の数学は新しい発展をとげた。手工業、そして必ずしも国家管理ではない貿易などの商業が発展、税金を含め万事が金銭で決済されるようになると、全ての人々がお金の勘定をしなければならなくなる。計算が複雑な分数は嫌われ、細かい単位を付け加えた十進小数に取って代わる。そして、だれもが計算法を身に付けることができるように、掛け算の他、割り算の九九な

どが口調で覚えられるように工夫されていた。このようにして数学の担い手は国家から民間に移る。

そして高次の一元代数方程式の数値解法である「開方術」と、このような代数方程式の立て方である「天元術」が確立されていった。

役人の仕事は『九章算術』を暗記して類題の数値を変えるだけで済んだのが、例えば利子がからむ問題ではそうはいかなくなつたためであろう。

「開方術」は『九章算術』にある 2 次方程式の解法の延長である。零や負の数も数と認め、係数の正負に拘わらず統一的に扱えるようになるにはしばらく時間がかかったが、秦九韶の『数書九章』(1247)としてでき上がったものは 19 世紀のホーナーの解法と同じである。「天元術」の書物としては李冶の『測円海鏡』(1248)と『益古演段』(1259)、朱世傑の『算学啓蒙』(1299)と『四元玉鑑』(1303)が今日まで伝えられている。

3. 明末清初の数学

明の太祖朱元璋は大商人と知識人たちを憎み徹底的に弾圧した。書物も同じで、宋元代の算書としては上に述べたものの他にわずかに楊輝が宋末に出版した本を集めた『楊輝算法』(1378)が残っているだけである。これは『算学啓蒙』と同様 15 世紀に李氏朝鮮で復刻されたために生き延びることができた。

朱元璋は貧しい農民の出で、貨幣経済の下、富が自らは物を作らない少数の商人たちに集中し、その中で知識人たちは国家に寄食しながら、皇帝、官僚と人民に対し守られもしない道義を説くのに我慢がならなかったのである。他方、物作りに関わる農業と手工業は保護した。次の永楽帝になると大規模な海外貿易にも乗り出した。

これらに必要な数学も守られた。当時の教科書として、呉敬の『九章算法比類大全』(1450)と程大位の『直指算法統宗』(1593)が残っている。共に、章建ては『九章算術』に倣って、これに初等的な計算

法を補い、更に当時の人々が必要とした問題と解法を加えている。解法を当時の流行歌の旋律にのせて歌えるようにした点も共通している。

珠算がいつ生まれたのか判然としないが、『算法統宗』は計算法として珠算を全面的に取り入れ、そのためにこの本は中国ばかりでなく、広く日本を含む漢字文化圏に普及した。

しかし、全般的にみて明末まで中国の科学は停滞する。高次の代数方程式を扱う「開方術」も「天元術」も理解する人がいなくなってしまった。『算法統宗』は昔の書物からパスカルの三角形を引き写しながら、何のためにあるのか分からないと書く有様である。それでも 2 次方程式まで忘れてしまったのではない。

その中で、明末清初の一時期皇帝や政府高官たちがイエズス会の宣教師たちから直接西洋の科学技術を学ぶことが起きた。動機は当時の大統暦が天行に一致せず、さりとて元以来の授時暦も回暦も合わないという事態にも関わらず、暦官たちに為す術がなかったためである。

徐光啓(1562--1633)はマテオ・リッチ(1552--1610)にユークリッドを学び、前 6 巻の漢訳『幾何原本』(1607)を出版、さらにアダム・シャルルたちを用い、『崇禎曆書』137 巻を完成、明の末年に新暦ができた。これは翌 1645 年清の順治帝により「時憲暦」の名で発布された。

清の康熙帝(1654--1722)はフランス人宣教師ブーヴェたちに学び、1721 年『御製数理精蘊』53 巻『御製曆象考成』42 巻等を完成させ、これらは次の雍正帝の元年に出版された。この間、梅文鼎(1633--1721)は、このようにして輸入された西洋の数学と暦学を中国の伝統の中に組み入れる仕事を行い、膨大な著作を残した。

中でも『曆算全書』(1723)は直ちに日本に舶来され、日本人が西洋の数学、暦学を知る窓口になった。ただし、カトリックの宣教師たちを経て得られたこれらの知識は、デカルト、ガリレオに始まる

科学革命以前のものであり、日本人の判断を誤らせた可能性がある。

同じ事は中国人についても当てはまる。『数理精蘊』には「借根方比例」という名前で代数学が紹介されている。この原語はアルジバタで、その意味は「東来法」だと康熙帝に聞かされた梅文鼎の孫梅穀成は、これではじめて古典にある「天元一」の意味が理解できたが、同時に代数学の起源は中国にあると信ずるようになった。そして、以後多くの中国人数学者の関心は西洋に学ぶより、中国の偉大な古典を復活させ、その意味するところを深く詮索する方向に向かっていった。

例外は、三角関数及びその逆関数の冪級数展開である。フランス人ジャルトゥーが 1710 年に証明なしに 3 つの展開式を伝えたのに対し、モンゴルの数学者明安図はその証明を試み、永年の辛苦の後、他の 6 つの展開式と共に証明を与えることに成功した。死後の 1774 年弟子が『割円密率捷法』を完成させたが、出版には更に時間がかかった。彼が発見した新しい級数の中には、1722 年建部賢弘が発表した日本最初の冪級数展開が含まれている。

この後も中国人数学者たちは冪級数展開を利用して楕円の周長を計算するなど多くの業績を挙げた。これらが彼らのオリジナルな仕事であったことは間違いない。しかし、発表の時点で世界最初であったものは多くない。

4. 江戸期以前の日本の数学

戦国末期まで日本には数学がなかったというのが歴史家の定説である。これより古い数学書で今日まで伝わるものがないという意味では真実であるが、本当になかったのではない。

239 年に倭の女王卑弥呼は三国魏に使節を送った。続いて、彼女の墓と信じられている箸塚古墳を手初めに、巨大な古墳が日本中で造営されるようになる。『日本書記』は、この墓を「昼は人が作り、夜は神が作った。人民は相継いで手渡しで石を運んだ」と記す。それまでと隔絶

した技術で工事が行われ、人民はそれを歓迎し、協力したと解される。この後に灌漑用の池の造成がいくつか記録されているところから判断すれば、輸入された新技術は精密な測量に基づく大土木事業用の技術であったと思われる。同じ魏の劉徽が『九章算術』に注を付けたとき、欠けていた測量術を補うため『海島算経』を書いたが、その原型のようなものもたらされたのであろう。

日本の大規模な農地造成は湿原の干拓で行われた。大和政権の経済的な基盤は、河内平野から奈良盆地に至る大和川流域の開発に成功したことにある。そして、その技術は日本中どこでも使えるものであったために国家統一に成功したのである。実際、日本の大河川の河口近くは、ほとんどすべて人工の放水路になっている。『日本書記』は次の大工事であった淀川の改修を仁徳天皇の業績としている。

下って 8 世紀には天武・持統朝によって律令制が確立され、戸籍、地籍と共に班田図という大縮尺の地図が作られた。この地図は、律令制のお手本となった唐にも例を見ないものであったが、班田制度が崩壊した 10 世紀以降も永く国司の下に継承された。日本の農業は耕作者が永く一所懸命になって世話をするのでなければうまく行かないが、その権利を公的に認めるのに役立ったためである。

律令制でできた式部省の下には、官僚養成のための大学寮が置かれ、数学を専攻する「算道」では 2 人の算博士が 30 人の算生を教えた。教科書には『九章』『海島』『綴術』などが用いられた。しかし、平安末期には形骸化してしまい、世襲の算博士だけが残った。

5. 吉田光由の『塵劫記』

我が国固有の数学は江戸時代になって漸く興る。撰津瓦林から京都に移り住んで割り算の塾を開いていた毛利重能が 1622 年『割算書』を出版したのがほぼ最初の記録である。この門下にいたことがある吉田光由は、1627 年「塵劫記」を出版して非常な成功を収めた。これから数

学は一挙に全国に普及する。光由は京都嵯峨に本拠があった角倉吉田家の一員で、木活字および木版による印刷、出版は既にここで始まっていた。『塵劫記』をその海賊版と区別するために色刷りの版を出したりしたのが、やがて浮世絵版画につながる。

もう一つの対策は、答えがない問題を巻末に置き、答えが出せるかどうかによって師匠を評価せよというものであった。自信のある師匠は答えを載せた本を出版し、自身も答えのない問題を添えるという習慣がずっと続いた。光由が 1641 年に出版した『新篇塵劫記』に始まるこの伝統を遺題継承という。日本の数学はこれによって大いに進歩した。

光由は『算法統宗』や『算学啓蒙』を参考にしてこの本を書いたようであるが、引き写したような所はない。珠算で平方根や立方根を求める方法まで書いているが、天元術はない。

6. 沢口一之の『古今算法記』

天元術が紹介されている『算学啓蒙』と、現在の受験参考書に似ているいろいろな題材が扱われている『楊輝算法』の朝鮮版は、おそらく秀吉の朝鮮出兵の際に日本にもたらされた。

このうち『算学啓蒙』は、1658 年に久田玄哲が訓点付きで翻刻出版し、1672 年には星野実宣が註解付きで出版した。

しかし、この本の内容をどれだけ理解して註解を付けたのか疑わしいところがある。代数方程式の解法である「開方術」は、昔からある開平方、開立方の術の延長上にあり、数係数の一元代数方程式が対象である。未知数の冪の係数は算盤上の算木で表され、冪数は置かれた算木の算盤上の上下の位置で示されるだけである。そのため、未知数そのものが置かれるべき場所を明示するため、未知数の名前を言ってそこに係数 1 を表す算木を置くことから始める。これを「天元の一を立て、何々と為す。」といったが、その解法があいまいである。

また、数学の問題はすぐに未知数の数

が複数の多元方程式になる。その場合、連立方程式をそのまま算盤上で表現し、処理することはできない。これを一元方程式に還元するには補助の未知数の消去が欠かせない。『算学啓蒙』では、簡単な場合について数式を言葉で表現し、消去を実行しているのであるが、この辺りを理解するのが難しかったようである。

実は、朱世傑のもう一つの著書『四元玉鑑』は、算木を布く算盤を 2 次的に使い、四つまでの未知数を含む連立代数方程式を解いた例を集めた本であったのであるが、これは日本には来なかったとされている。その上、この方法はいつも成功するとは限らない。

これらの困難を克服して「天元術」をわが物にした最初の人には京都に在住の沢口一之である。1670 年に書かれた 7 巻本『古今算法記』の最初の 3 巻は普通の算書であるが、後半の 3 巻では佐藤正興の『算法根源記』(1669) の遺題 150 問に答える形で、複数の文字に関する整式を漢文で表記する標準を定め、あいまいさを残すことなく消去を行ってみせた。

現在われわれの使うデカルト流の数式表現では括弧が欠かせない。ところが、漢文には括弧に相当するものがない。この困難を切り抜けるため、沢口は今日の論理学で言うポーランド記法と同じものを発明し使っている。

また、『算法根源記』では既知数が具体的な数値として与えられていたが、沢口の解答では、既知数も文字で表して方程式を立て、補助の未知数消去までを行っている。

沢口はさらに第七巻として、とびきり難しい遺題 15 問を付けて当時の数学者達に挑戦した。

7. 関孝和の『發微算法』

1674 年江戸にいた関孝和は『發微算法』を出版してこれに応えた。第 14 問では 6 つの未知数に対する 1 つの 6 次式と 5 つの 3 次式からなる連立代数方程式を解かなければならない。関は 5 つの未知数を消去した単独方程式が 1458 次に

なることを示したが、さすがにこれを解くことまではしていない。ごく最近までだれにもできなかった。もと富士通研究所にいて、現在は神戸大学でコンピュータによる数式処理を研究している野呂正行さんたちのグループに計算してもらったところ、これより簡単な方程式にはならないこと、そして元の連立方程式はただ 1 組の正数解をもつことを確かめてくれた。

『發微算法』は不親切な本である。上の第 14 問など、解法の方針が書いてあるだけで、面倒な計算の詳細は殆ど省略してある。方程式は、同じものを 2 通りに表わして両辺に置き、一方を移項して得られる。天元術では同じ量を 2 通りに表せばよいが、『發微算法』では問題の条件から導かれる同じ意味をもつ 2 つの数式を使う。ところが、関は片側の計算結果しか書かず、それが意味するもう一方の数式の計算は読者に任せて、最後に書かなかった方のこれとこれが等しいから書いてある 2 式が等しく方程式は得られたと書く。沢口流の漢文による数式表現を使ってもう片側の計算を書いたのでは止めどもなく長くなるのを嫌ったのであろうが、読者は戸惑うばかりである。

11 年後の 1685 年弟子の建部賢弘 (1664 ~ 1739) が『發微算法演段諺解』を出版してようやく理解されるようになった。ここでは「傍書法」という算木の横に係数となる文字を書く数式表現が使われ、以後の日本の数学の基礎となった。相変わらず括弧はなく、最初は割り算のための棒線もなかったが、幕末には直角だけ回転させればデカルト流になる数式表現が使われるようになった。この点では中国の洋書の翻訳書より進んでいたといえる。

しかし、『發微算法』も、『四元玉鑑』と同様、うまくいった結果が書いてあるだけでいつも適用できる解法は与えていない。

これについては、1683 年重訂という日付をもつ関孝和の『解伏題之法』が世界

最初に発表された消去の一般理論となった。未知数の消去には普通 2 つの方程式を使い、共通に使われている未知数を消す。これらの方程式が広い意味で共通の解をもつために方程式の係数が満たさなければならない方程式を終結式という。関はこの終結式を初めて一般的に定義し、更にこの計算に自然な形で行列式が現れることを示した。フランスでベズーが同じ理論を発表した 80 年ほど前のことである。

この間、田中由真 (1651 ~ 1729) たち京阪に在住した数学者も関や建部に対抗して独自の消去理論を作っていた。田中は『算法明解』 (1679) を発表し、沢口の遺題に対する別解を与え、次数の低い方程式系の終結式を導入した。これは関より早い。『解伏題之法』には 5 次の行列式の計算に間違いがあったが、田中は『算学紛解』 (1690 頃) でこれを正している。

しかし、計算法としては正しくても、本来の消去理論との自然な関係は失われた。この流れをくむ伊関知辰の『算法發揮』 (1690) は行列式及び消去の理論に関する世界最初の刊本である。

このようにして、代数方程式を用いて定式化される問題は、解があるならばすべての解を求める手段ができた。これはデカルトが『幾何学』 (1637) で夢想した数学の姿そのものである。関と建部賢弘、賢明 (1661 ~ 1710) 兄弟はこれを期にすべての数学を包括する大著作を計画、28 年を費やして 1711 年に『大成算経』全 20 巻を完成させた。本来ならばこれは直ちに印刷出版されて日本の『原論』となるべき労作であったが、そうはならなかった。わずかな数の写本が作られ、御三家の図書館とごく少数の数学者の所蔵になったまま、殆どだれにも読まれずに 300 年が過ぎてしまった。

8. 円理

江戸時代の円理の研究は村松茂清の『算俎』 (1663) に始まる。彼は内接する正方形から始めて次々に角数を倍増した正多角形の周長を計算し、正 32768 角形

の周長として 3.14159264877 を得た。関孝和は『算俎』をよく研究したようである。若いときに書いた遺稿を没後弟子の荒木村英たちが編集出版した『活要算法』(1712)の第 4 巻には、この計算を更に正 131072 角形まで続けた結果と、はなはだ収束の遅いこの数列の収束を最後の 3 項を使って加速させて得た結果 3.14159265359 微弱があり、これから祖冲之の密率を導いている。

9. 建部賢弘の『綴術算経』

建部賢弘が書いたと思われる『大成算経』巻之十二「形率」では上の結果がもっと手際よく再現されている。円周率の計算では、収束加速法の改良によって、正 512 角形までしか使わずに 3.141592653589793238462643 強を得ている。

近似分数の計算にも賢弘によって連分数展開の方法が導入された。

1722 年の日付をもつ『綴術算経』では円周率の計算に更に改良を加え、正 1024 角形までを使って小数点以下 40 桁を計算している。

この本は、本来数学の方法を論じた本である。ここで建部賢弘は、天下り式に術を与え、答数を得る旧来の数学を批判し、答数から術を発見する方法も、織物の経(たていと)と緯(よこいと)の関係に似て、同様に重要であると論じた。

建部は冪級数を発見しながら、円周率の計算には使わなかったが、松永良弼は『方円算経』(1739)の中で、逆正弦関数の展開を使って小数点以下 50 桁まで計算した。これが江戸時代を通じての日本記録である。

西洋では 1670 年頃にメルカトール、ニュートン、グレゴリーによってそれぞれ対数関数、正弦関数とその逆及び逆正接関数の冪級数展開が発見され、それがニュートンとライプニッツによる微積分学誕生につながる。

残念ながら、中国や日本で同じことは

起きなかったが、中国同様日本でも定積分の計算には使われた。

東京理科大学近代資料館見学



手動タイガー計算機



パラメトロン電子計算機



微分解析機



近代資料館 見学会参加者

(左より藤崎副理事長、堂山理事、有山理事長、井形理事、小松理事、永崎事務局長、山脇副理事長、岡田理事)

香港專業教育學院学生と東京大学学生との交流会

H20年3月17日 於東京大学本郷キャンパス 山上会館



日中科学技術交流協会は、香港職業訓練局 VTC(Vocational Training Council)の要請を受け、日本留学を希望している香港專業教育學院(Institute of Vocational Education, IVE)学生と東京大学生(日本人学生と中国人留学生)、日本香港協会との交流会を、2008年3月17日(月)、東京大学本郷キャンパスの山上会館で開催した。

香港專業教育學院は、工科短期大学と7つの工業学院が合併してできた專業学院で、香港職業訓練局に所属し、9キャンパスで、応用科学、衣料工業、コンピュータ、建設、電気工学、工業技術、海洋工学・土木、機械工学、自動車工業、印刷、繊維工業、商業、一般、デザイン、ホテル管理、旅行業などの教育を行っている。

交流会は、昼食の立食会を兼ねて行わ

れ、東大生を囲んだ輪が各処で作られ、約2時間に亘り、香港学生から活発な質問がなされた。

参加者は山脇道夫副理事長、永崎隆雄事務局長、矢形朋由学生会員・本交流会責任者、塚本勝弘日本香港協会事務局長、東京大学学生：長山大介さん、森裕紀子さん、中国人学生：カ比力江 吾貫尔さん、趙 芬芳さん、趙 玉亮さん、崔 月黎さん、張旭さん、龍甚良さん。

香港職業訓練局：張慧薇外務処主任、侯聰玲全人發展項目策画処署理高級項目主任、張玲芝 香港專業教育學院工商管理系教導員、学院学生 48名。

香港の学校制度は、英国式の6・5(3.2)・2制で9月～7月の2学期制で、義務教育(小学校6年、前期中学校3年) 2年間の後期普通中学(日本の高校)または職業訓練中学校・工業中学(工業高校、商業高校) 專業教育學院(2年制の大学予科と1～2年制の技術学院が合併) 3年制大学または2～4年制カレッジ、5年制医学 2～3年制の修士課程大学院 2～3年制の博士課程となっている。



第11回理事会

H19 年度会計見通、H20 年度事業計画

第11回理事会は2008年3月13日に、東京理科大学若宮校舎にて理事 11 名、監事 1 名の出席、書面委任状提出理事 10 名により開催されました。

議題1: 2007年度会計見直し

収支は10数万円程度の赤字見直し。

個人会費未納者が会員の半数(50人50万円)以上あり、赤字。

上海訪問団が約20万円の黒字。

菅野昌義記念研究奨励賞基金は菅野夫人から追加寄付を頂いた。基金が不足するものについては寄付で補填した。授賞式の経費が増えているので基金取崩しの増額が必要である。

会報発行は合併号などで節約。

事務所賃料は移転によって節約。

会費収入不足に対しては、若手や中堅の方々を対象として入会を勧誘する。特に奨励賞受賞留学生の指導教官の入会勧誘、若手の中国研究院訪問ツアー等の実施による入会勧誘、日中社会貢献活動希望者の募集などを行う。

議題2: 2008年度事業案

今年の研究奨励賞は4件とし、基金が不足する場合は一般会計からの補填、または寄付金により補う。

国際シンポ「アジアの大気を考える」は9月～11月予定。運転資金と人の問題を検討する。

「日中交流の言語障害を越える情報処理技術」講演会は、実施の是非を含めて検討。

「日中金属資源問題とその解決を考える」は「...都市鉱山問題を考える」に変更。

理事提案事業

1) 関孝和三百年祭記念数学史国際会議後援: 招聘費50万円募金。

2) 信号処理国際学会 ICSP 08 (10月26～29日、北京) は本協会の共催が決定。

3) 中国農地汚染調査。

4) 循環型社会専門家招聘提案(中国国家発展と改革委の郭啓民氏)。

5) 清華大学交流シンポ: 中国若手招聘予算を獲得し、日本での開催を進める。

6) 学生の夏休中国科学院訪問研修。

2007年度入会会員

中川 保祐 様: 2008年2月29日

目 次

2007年度中国人留学生研究奨励賞を受賞して	1
桂林での第9回原子力材料、燃料および核融合炉材料に関する日中シンポジウム	7
講演会「中国の数学と日本の数学」	8
香港專業教育學院学生と東京大学学生との交流会	15
第11回理事会 平成19年度会計見直し、 平成20年度事業計画ほか	16

