

## 会員ニュース

### 石井志保子氏の恩賜賞・学士院賞受賞に寄せて

東京大学名誉教授

宮岡 洋一

本年（2021）の学士院賞・恩賜賞受賞者2名のうちの一人として、石井志保子氏が選ばれた。受賞対象となった研究題目は「特異点に関する多角的研究」である。心からの祝意を表す。言うまでもなく、恩賜賞は最も格の高い学術賞の一つである。数学分野からは掛谷宗一、吉田耕作、伊藤清、角谷静夫、加藤和也の諸氏に続く6人目の受賞、女性としては1960年の上野アキ氏（6名の共同受賞）以来2人目、自然科学の女性研究者として史上初受賞という快挙であって、数学界全体にとって大いなる名誉といわなければならない。

石井氏の略歴を記しておく、富山県高岡市生まれ。東京女子大学理学部卒業の後、早稲田大学理工学研究科修士課程を経て東京都立大学理学研究科博士課程を満期退学、1984年に理学博士の学位を取得した。その後九州大学理学部助手、東京工業大学理学部助手・助教授・教授、東京大学大学院数理科学研究科教授、東京女子大学特任教授、清華大学丘成桐研究中心客員教授を歴任した。現在は東京工業大学名誉教授、東京大学名誉教授である。

石井氏は1995年に数学分野からは二人目の猿橋賞を、2011年には日本数学会代数学賞を受賞している。本誌の読者なら、氏が特異点研究における国際的指導者の一人であり、論文執筆に研究集会組織に大活躍していることはご存知であろう。代数学賞受賞の折の『数学』の記事を参照していただければ、特異点理論の専門家ではないわたしが氏の業績について改めて書く必要もないような気がしないではない。しかしここはやはり、歴史的受賞を記念する意味で、拙文の前半では駆け足で氏の研究を概観しておく。

幾何学や解析学の問題を取り扱うとき、特異点はしばしば重要な局面に出現し深刻な困難を引き起こす。したがって特異点は厄介者として扱われることが多い。この厄介者を手懐け困難を緩和する一つの方法が広中の特異点解消理論である。また Perelman による幾何化予想の証明も、特異点における微分方程式解の爆発を制御するという方法であり、同様の発想である。つまり特異点は存在しないに越したことはないが、存在する以上はなんとか統制しなくてはならない「必要悪」と暗黙にみなさ

れているのである.

特異点に対しては如上の公安警察的な見方がある一方, 特異点それぞれの個性と多様性を慈しみ味わおうとする流儀も存在し, 「特異点論」と呼ばれる. 特異点, および付随する諸現象それ自体を, 多様で豊穡な内容をもつ研究対象として捉え, 性質や構造を理解するとともに, あわよくば「良い」特異点を分類しようという立場であり, 石井氏の研究の立脚点である. その初期の成功例は R. Thom のカタストロフィー理論であるが, 前世紀末以来急速に発展した高次元双有理幾何 (森理論) においてはある種の特異点の解析が必須であって, 総合的多角的な特異点論の重要性は今や常識となった. こうした潮流の中で輝きを増す石井氏の業績から, まずは氏の自選になる論文 3 篇を取り上げ, その主結果および影響・発展を紹介しよう.

(1) **Du Bois 特異点の双有理幾何的特徴付け** (*On isolated Gorenstein singularities*, Math. Ann. **270** (1985)). 孤立 Gorenstein 特異点についての 3 条件, (a) ホッジ理論によって記述される Du Bois 特異点であること, (b) 双有理幾何 (森理論) の言葉で記述される対数的標準特異点であること, (c) 古典的な概念である有理特異点または楕円特異点であること, 以上 (a)(b)(c) が同値であることを証明した. 視点を変えることによってまったく異なる特徴づけがある, というこの結果は, 後に S. Kovacs, J. Kollar, K. Schwede らによって非孤立特異点の場合に拡張された. 正標数基礎体上の  $F$  特異点理論との関連も次第に明らかになっており, 正標数双有理幾何の新展開にも大きな影響をおよぼした. 石井氏本人にとって最も愛着がある論文, とうかがっている.

(2) **Nash 問題への貢献** (*The Nash problem on arc families of singularities*, Duke Math. J. **120** (2003), J. Kollar との共著). 特異点の弧空間 (特異点を通る無限小曲線全体の集合) は, 自然な特異点解消を構想していた J.F. Nash が導入した概念である. この弧空間の既約成分の集合と広中の特異点解消に現れる本質因子の集合との間に 1 対 1 対応があるのではないかと, というのが Nash が提起した問題である (1968). Nash 問題について石井氏らは, 特異点にトーリックという条件をつければ解答が肯定的であることを示し, 無条件の場合は 4 次元以上で反例を構成した. 半世紀近い懸案への反例として, 代数幾何・位相幾何の研究者に衝撃を与え, 石井氏の国際的名声を大いに高めた論文である. その後 T. De Fernex が 3 次元の反例を発見し, 一方 2 次元 Nash 問題は, 位相幾何出身の J. Fernandez Bobadilla と M. De Perreira が肯定的に解いて, Nash 問題は完全に解決した. また石井氏自身, トーリックの条件をプレトーリック特異点に緩めても任意次元で Nash 問題が肯定的であることを証明した (*Arc valuations and Nash maps*, J. Reine Angew. Math. **588**

(2005)).

(3) トーリック多様体の弧空間の構造 (*The arc space of a toric variety*, *J. Algebra* **278** (2004)). 一般の多様体の弧空間を具体的に記述するのは不可能に近い。しかし代数トーラス  $T$  が作用するトーリック多様体の場合、弧空間から  $T$  の弧空間の作用による商空間 (軌道空間) を作れば、それはトーリック多様体を定める扇の格子点集合で完全に記述されることを示した。この結果は弧空間やジェット空間の研究を遂行する際の基本指針となり、A. Reguera, H. Mourtada, J. Sebag, D. Bouqui ら多数の新進研究者に影響を与えている。T. Arakawa-A. Moreu の頂点代数理論 (2019) で用いられる球状多様体理論がモデルとしたのも上記の結果である。

石井氏の代表的な業績として以上3篇を紹介したが、他にも**孤立特異点の多重種数の上半連続性の証明** (1986)、多様体間の射に弧空間の間の射を対応させる**自然関手の単射的性質の証明** (2010, J. Winkelmann との共著)、特異点の双有理不変量である**極小対数的食い違い指数の弧空間による表示** (2017) といった重要な成果がある。特異点および弧空間に関して氏が行ってきた研究業績は深くかつ多面的であり、「特異点に関する多角的研究」という受賞題目がまことにふさわしい。

石井氏の研究のひとつの特徴は、良い意味の意外性であろう。その典型的な現れはさまざまな予想 (上記 Nash の問題や、特異点に付随するニュートン図形に関して M. Reid が提起した問題など) に対する反例の構成であり、また諸概念の間の隠された関係の発見 (ホッジ理論と双有理幾何、弧空間と双有理幾何、等々) である。石井氏がもたらした新鮮かつ独創的な知見の影響は、代数幾何にとどまらず、可換環論や位相幾何など広い分野にわたっている。石井氏は国際共同研究にも積極的で、そのパートナーは J. Kollar, T. De Fernex, L. Ein, J. Winkelmann, A. Reguera など数多く多彩である。

\* \* \*

以上ごく簡略ではあるが、もって石井氏の業績紹介を終えることとし、ここからは個人的な回想を交えつつ彼女の人柄その他について気ままに書いてみたい。以下では呼称も他人行儀の「石井氏」から長年なじんできた「石井さん」へと変更させていただく。

わたしが石井さんを初めて知ったのは 1979 年秋、2年間暮らしたドイツから帰国したときで、彼女は都立大学博士課程の院生として故笹倉頌夫先生のセミナーに所属していた。以来 40 年以上にわたり、わたしにとっての石井さんは、笹倉セミナーの同窓生であり、気の置けない友人であり、かつは永遠のマドンナである。

石井さんからわたしが最初に受けた印象は、落ち着いた人<sup>1</sup>、あえて誤解を恐れずに言えば「腹が据わった人」、であった。当時の都立大学数学教室に流布していた伝説はその印象を補強する。博士課程入試を受験した石井さんは、筆記試験のあいだ緊張の様子もなく、試験監督が彼女の横に立ち止まるとやおら顔をあげ、にっこりとほほえみかけた。引き続き開かれた判定会議で、これだけ落ち着いている大物なら絶対間違いない、と即刻合格が決まったという伝説である。真偽のほどは保証しないが、当時の牧歌的な後期課程院試を思い起こせば、いかにもありそうな話ではある。

それはさておき、「腹が据わっている人」を言い換えると、「熟慮を重ねた後に果断に判断を下し最後まで意志を貫く人」になる。実は石井さんの経歴がすべて順風満帆だったわけではない。前世紀日本国の女性研究者にとって、結婚・出産・子育てはとてつもなく大きなハンディキャップであった。石井さんには息子さんが一人いたから、大学院では一年休学し、結果として学位取得が遅れることともなり、また研究職の地位を獲得する上での障害にもなった。関係者の尽力によりついに九州大学助手のポストを得た 1988 年からの 1 年間は、毎週東京福岡間を飛行機で往復し<sup>2</sup>、家を空けるあいだ泊まり込みベビーシッターを依頼していたそうである。また東工大在籍中の一時は、夫君が出向していた静岡からの新幹線通勤だった。肉体的にも精神的にも厳しい状況であったことは想像に余りある。今世紀に入ると昨 2020 年までは富山県知事夫人として、選挙などの政治活動にも関わらざるを得なかったようである。しかしこうした大変な環境にあっても決して暗い表情を見せず、困難は賢い工夫をさまざまこらして切り抜け、「大好きな数学」を明るくやりぬいてきたところが、石井さんの「腹が据わっている」ゆえんなのである。顧みれば、1980 年代半ばから石井さんの研究が充実していくさまは、まさしく瞠目に値するものだった。

与えられた制約や障害を克服するために石井さんがどのような工夫をこらしたか、それを詳らかにすることはわたしの手に余る。しかしいろいろな折に石井さんがふと漏らす断片的な情報を後から再構成してみると、生活を犠牲にすることなく<sup>3</sup> 数学研究という大目的を達成する秘訣は、「賢明で合理的な集中投資」にあるらしい。妙に禁欲的になって負担を一人で背負い込むのは合理的とは言えない。金銭で状況を好転させることができるのなら必要経費と割り切って、思い切りよく投資を行うという選択もある。育児はベビーシッターや保育園に助けてもらい、必要に応じ家庭教師も活用する。研究教育以外の事務作業に割く時間を節約したかったら、少し給与をはずんでも有能な個人秘書を雇用すべきである。めったに機会の来ない長期海外出張を最大限有効活用するには、事前に外国人の出張レッスンで語学を磨いておくのがおすすだ。家庭と研究の両立の第一条件は体力と健康だから、勤務の合間を見計らい、近所

に確保したフィットネスクラブでウエイトトレーニングや水泳に励む<sup>4</sup>、等々。こうした周到な準備仕事を支えに<sup>5</sup>、しかし究極のところは数学への熱い情熱と強い意志とが現在の石井さんを作った。

我が国の女性研究者は生命系など特定分野に偏っており、数学や理論物理学、情報科学といった方面では悲しくなるほど層が薄い。一因は、女性が数理系に向いていないと教師や親が根拠なく思い込み、子供たちを洗脳していることだろう。そんな迷信に対する有無を言わせぬ反証が石井さんである。また数学に代表される理論科学は、実験施設が不要で勤務時間や場所の縛りが少なく、育児や介護との両立が比較的容易であるという点、むしろ女性活躍に大きく開かれた場なのであって、これまた彼女の事例が証明するところである。今回のめでたい受賞を契機として、第二第三の石井さんをめざす「算法少女」が全国各地の数学教室にあふれること、それがわたしの切なる願いである。

<sup>1</sup> 石井さんの落ち着いた雰囲気には、彼女の話し方や動作も大いに関わっている。心地よいコントラストが早口になることはまずないし、なんともいえずゆったりした独特の歩き方をする。遠くから白い日傘の石井さんが歩んでくるとき、スペインあたりの貴婦人の面影をわたしはつい重ねてしまう。

<sup>2</sup> 口惜しいことに、国内路線のマイレージは当時まだなかった。

<sup>3</sup> 石井さんの料理の腕もなかなかのものである。1996年春、1ヶ月ほどの間、石井さんと一緒にジョンスホプキンズ大学に招かれ同じアパートで暮らすという得難い機会に恵まれた折は、おいしい料理や手作りケーキを何度か堪能させてもらった。この滞在の間、昼食や食後の散策にしばしば付き合っただき、散策の途次立ち寄ったボルティモア美術館で世界最高とも評されるマティス・コレクションに遭遇したことなど、忘れ難い思い出になっている。ちなみに石井さんは美術愛好家でもあって、なかなしく華やかにして軽やかなアンリ・マティスが大のお気に入りなのである。

<sup>4</sup> 石井さんは水泳のメドレー4種目をすべてこなすらしい。きついバタフライで25メートルをこどもなく泳ぎ通すなんて、わたしにはとてもできない。

<sup>5</sup> 有効投資を惜しまないかわり、石井さんは流行やブランド品にいたって冷淡である。能率的に仕事を続けるため彼女が編み出した実践的対処法を、女性研究者みながそのまま採用できるとは思わないが、状況に合わせて適宜修正を加えるなら、その合理的な考え方は広く応用がきくのではなかろうか。