

恩賜
日本学士院賞
受賞者
石井志保子



略歴	生年	専攻学 科目
昭和四八年三月	昭和二五年二月	数学
同五〇年三月		
同五七年九月		
同五九年四月		
同六三年三月		
平成元年一〇月		
同二年一〇月		
同 一〇年四月		
同 二三年三月		
同 二三年四月		
同 二八年四月		
同 二八年六月		
同 三一年二月		
東京女子大学文理学部数理学科卒業		
早稲田大学大学院理工学研究科修士課程修了		
東京都立大学大学院理工学研究科博士課程単位取得満期退学 理学博士		
九州大学理学部助手		
東京工業大学理学部助手		
東京工業大学理学部助教授		
東京工業大学大学院理工学研究科教授		
東京工業大学名誉教授		
東京大学大学院数理学研究科教授（平成二八年三月まで）		
東京女子大学特任教授（平成三一年一月まで）		
東京大学名誉教授		
中国・清華大学兼職教授（令和三年一月まで）		

理学博士石井志保子氏の「特異点に関する多角的研究」に対する授賞審査要旨

石井志保子氏は特異点研究における国際的指導者の一人である。

特異点は幾何学や解析学のあらゆる局面に現れ、その特徴を具現化するとともに種々の困難も引き起こす。この困難を克服する一つの方法が広中平祐博士による特異点解消理論である。その一方、特異点およびそれに付随する諸現象それ自体を、豊かな内容をもつ研究対象として捉え、その性質・構造を理解するとともに、可能ならば「良い」特異点を分類しようという立場がある。前世紀末から本格的に発展してきた高次元双有理代数幾何（極小モデル理論）の枠組みにおいては、ある種の「良い」特異点を取り扱うことが必須であり、特異点研究の重要性がますます高まってきている。こうした潮流の中にあってひとときわ輝きを放つのが石井氏の業績である。同氏の研究は正規孤立特異点論を中心に極めて多岐に渡るが、以下に代表的な三つの成果とその影響を紹介する。

(1) Du Bois 特異点の特徴付け ([3], 1985)

孤立 Gorenstein 特異点からなる次の三グループ、(a) ホッジ理論で記述される Du Bois 特異点、(b) 極小モデル理論の言葉で記述される対数的標準特異点、(c) 古典的な概念である有理特異点または純楕円特異点、が同一のものであることを証明した。この結果は複数の全く異なる視点からの特徴づけを与える点で注目され、後に孤立していない特異点の場合にも拡張された。

(2) Nash 問題への貢献 ([16], 2003, J. Kollar との共著)

代数多様体 X の弧空間 (X 上の無限小曲線全体の集合) は、自然な特異点解消を構想した J. E. Nash が導入した概念である。 X のどれかの特異点を通る無限小曲線の全体は有限個の成分 (Nash 成分) からなる。この Nash 成分の集合と、 X の広中特異点解消の本質因子と呼ばれるものの集合との間に一対一対応があるのではないか、というのが Nash が提出した問題である (一九六八年)。Nash 問題について石井氏らは、トーリック多様体では全次元で解答が肯定的であることを示し、一般的多様体では四以上の各次元で反例を構成した。この結果は三〇年以上にわたる懸案への反例として、代数幾何・位相幾何の研究者に大きな衝撃を与えた。

(3) トーリック多様体の弧空間の構造 ([17], 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、多数の研究者に影響を与えている。例えば、 ∇ -Batyrev - A. Morcau の球状多様体理論 (二〇一三年) でも用いられている。

石井氏の代表的な業績として以上三つを挙げたが、他にも孤立特異点の多重種数の上半連続性の証明 (一九八六年)、多様体の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 ([23], 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 (二〇一七年) といった重要な成果がある。

石井氏の研究のひとつの特徴は、良い意味での意外性である。その典型的な現れはさまざまな予想 (例えば、上記 Nash の問題) に対する反例の構成であり、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。同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。共同研究にも積極的で、その共著者は数多く多彩である。

このように、特異点および弧空間に関する石井氏の深く幅広い研究業績は、日本学士院賞にふさわしいものである。

主要論文

- [1] Moduli space of polarized del Pezzo surfaces and its compactifications, Tokyo J. Math. 5, (1982) 289–297.
- [2] A characterization of hyperplane cuts of smooth complete intersections, Proc. Japan Acad. Ser. A Math Sci. 58, (1982) 309–311.
- [3] On isolated Gorenstein singularities, Math. Ann. 270, (1985) 541–554.
- [4] Small deformations of normal singularities, Math. Ann. 275, (1986) 139–148; erratum: Math. Ann. 277, (1987) 351.
- [5] Du Bois singularities on a normal surface, Adv. Stud. Pure Math. 8, (1987) 153–163.
- [6] Isolated $\mathbf{Q}$ -Gorenstein singularities of dimension three, Adv. Stud. Pure Math. 8, (1987) 165–198.
- [7] Two dimensional singularities with bounded pluri-genera are $\mathbf{Q}$ -Gorenstein singularities, Contemp. Math. 90, (1989) 135–145.
- [8] The asymptotic behavior of pluri-genera for a normal isolated singularity, Math. Ann. 286, (1990) 803–812.
- [9] Quasi-Gorenstein Fano 3-folds with the isolated non-rational loci, Compositio Math. 77, (1991) 335–341.

- [10] Simultaneous canonical modifications of deformations of isolated singularities, *Algebraic Geometry and Analytic Geometry*, *Proceeding of the Satellite Conference of ICM 90*, Springer Lecture Note, (1991) 81–100.
 - [11] (with Ki. Watanabe) A geometric characterization of a simple $K3$ -singularity, *Tohoku Math J.* 44, (1992) 19–24.
 - [12] The canonical modifications by weighted blow-ups, *J. Algebraic Geom.* 5, (1996) 783–799.
 - [13] The quotient of log-canonical singularities by finite groups, *Adv. Stud. Pure Math.* 29, (2000) 135–161.
 - [14] (with M. Tomari) Hypersurface non-rational singularities which look canonical from their Newton boundaries, *Math. Z.* 237, (2001) 125–147.
 - [15] (with Y. Prokhorov) Hypersurface exceptional singularities, *Internat. J. Math.* 12, (2001) 661–687.
 - [16] (with J. Kollár) The Nash problem on arc families of singularities, *Duke Math. J.* 120, (2003) 601–620.
 - [17] The arc space of a toric variety, *J. Algebra* 278, (2004) 666–683.
 - [18] Arcs, valuations and the Nash maps, *J. Reine Angew. Math.* 588, (2005) 71–92.
 - [19] The local Nash problem on arc families of singularities, *Ann. Inst. Fourier (Grenoble)* 56, (2006) 1207–1224.
 - [20] Maximal divisorial sets in arc spaces, *Adv. Stud. Pure Math.* 50, (2008) 237–249.
 - [21] (with T. De Fernex and L. Ein) Divisorial valuations via arcs, *Publ. RIMS* 44, (2008) 425–448.
 - [22] Smoothness and jet schemes, *Adv. Stud. Pure Math.* 56, (2009) 187–199.
 - [23] (with J. Winkelmann) Isomorphisms of jet schemes, *C. R. Math. Rep. Acad. Sci. Canada* 32, (2010) 19–23.
 - [24] Mather discrepancy and the arc spaces, *Ann. Inst. Fourier (Grenoble)* 63, (2013) 89–111.
 - [25] (with A. Reguera) Singularities with the highest Mather minimal log discrepancy, *Math. Z.* 275, (2013) 1255–1274.
 - [26] (with L. Ein) Singularities with respect to the Mather-Jacobian discrepancies, *Publ. MSRI* 68, Vol. II, (2015) 125–168.
 - [27] (with L. Ein and M. Mustafiz) Multiplier ideals via Mather discrepancy, *Adv. Stud. Pure Math.* 70, (2016) 9–28.
 - [28] (with A. Reguera) Singularities in arbitrary characteristic via jet schemes, *Adv. Lect. Math.* 39, (2017) 419–449.
- 柳井 隆**
- [1] S. Ishii: *Introduction to Singularities*, Springer, (2014) 223 pp., 2nd version (2018) 236 pp.