2015年度日本数学会幾何学賞授賞報告

2015年度（第29回）日本数学会幾何学賞の受賞者は，入谷寛氏（京都大学大学院理学研究科）と佐伯修氏（九州大学マス・フォア・インダストリ研究所）の2氏に決定し，先の日本数学会秋季総合分科会（於京都産業大学）において受賞者の発表と授賞式が執り行われました．以下に，受賞者の授賞題目，授賞理由および受賞特別講演についてご報告致します．

受賞者：入谷　寛
（京都大学大学院理学研究科 准教授）

授賞題目：量子コホモロジーの研究

授賞理由:量子コホモロジーは，シンプレクティック多様体の Gromov–Witten 不変量を組織的に計算する枠組みを提供する深遠な理論である．Gromov–Witten 不変量は，大雑把に言って擬正則曲線の個数を数え上げる有理数で1990年に登場した．量子コホモロジーは通常のコホモロジー環の係数を拡張するもので，量子カップ積がシンプレクティック多様体の部分空間がどのように擬正則曲線の鎖で結ばれるかを記述し，その展開の係数に Gromov–Witten 不変量が現れる．

Gromov–Witten 理論の発展初期の頃，量子コホモロジーはループ空間上の S^1-同変 Floer 理論と等価であるという Givental による発見的考察があり，Gromov–Witten 不変量の計算のためにも有効であったが，無限次元の困難があり，厳密に正当化されていなかった．入谷氏は，トーリック多様体の中の完全交叉の場合に，S^1-同変 Floer 理論を厳密に定義し，さらに第一 Chern 類が nef の場合に，量子D加群の理論を用いて両者が等価であることを示した．これに続き，nef とは限らない場合への拡張，トーリック多様体の場合の Gromov–Witten 不変量の収束性の問題の解決など，顕著な成果を挙げ，世界の逸材が集う競争激しい分野で華々しいデビューを果たし，2009年に「Gromov–Witten 不変量に関する研究」という題目で建部賢弘賞特別賞を受賞している．

この仕事以降，入谷氏は Gromov–Witten 理論研究の主役の一人として認知され，先進の研究者との研究交流を深めている．とくに Coates，Corti，Tseng との2006年から現在に至る共同研究で，一般の空間の完全交差について量子 Lefschetz 定理を示し，その応用として，Ruan によるクレパント解消予想，すなわち軌道体の小量子コホモロジー (3点付き $\mathbb{P}^1$ の場合) は，そのクレパント特異点解消の小量子コホモロジーと等価であるという予想を，2次元A型特異点の場合に解決した．さらに，Bryan と Graber によるクレパント解消予想の大量子コホモロジーの場合への拡張についても重要な貢献を残し，また，トーリック軌道体の完全交叉の場合の Gromov–Witten 不変量の計算も行っている．

入谷氏のもう一つの，そしておそらくこれまでの一番大きな貢献として，量子コホモロジー理論に整構造（Γ 構造ともよばれる）を導入した点が挙げられる．シンプレクティック Calabi–Yau 多様体から Gromov–Witten 理論を経由した Hodge 構造変形の A モデル（超弦理論における閉弦側）と，そのミラーから複素構造の変形を経由した B モデル（開弦側）は如何に関係するかという，ミラー対称性を実質化する上で欠かせない自然な問いがある．入谷氏は，B モデル側には整係数の通常のコホモロジーから決まる整構造があることを拠り所に A モデル側に Γ 関数を用いて整構造を導入した．この知見は，過去のミラー対称性定理をも精密化するものであり，Gromov–Witten 理論研究のエキスパートの間では，従来の視点では取り付くことすらできなかった問題を手の内にもたらす画期的な成果と評価されている．実際，入谷氏自身も Chiodo と Ruan と共に，整構造を本質的に利用し Landau–Ginzburg/Calabi–Yau 対応を与え，整構造の有用性を明示し Gromov–Witten 理論の新たな展開に大きく寄与している．

以上のように，入谷寛氏の研究業績は量子コホモロジーの研究にブレークスルーをもたらす卓越したものであり，将来の益々の発展が期待される．

日本数学会幾何学賞受賞特別講演：

2015 年度秋季総合分科会（於京都産業大学）幾何学およびトポロジー分科会合同

入谷　寛：トーリック多様体のミラー対称性 （9 月 14 日 10:50〜11:50）

受賞者：佐伯　修

（九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 教授）

授賞題目：安定写像と多様体のトポロジーの研究

授賞理由：佐伯修氏は長年にわたり幅広い分野で活躍されているが，その活動の中核にある C^∞ 安定写像を用いた 3 あるいは 4 次元可微分多様体のトポロジーの研究は，大変ユニークで優れたものである．

多様体のトポロジーの情報を Morse 関数の特異点の指数から引き出す Morse 理論は，前世紀半ばに始まり今日までその有用性に陰りはない．一方佐伯氏は，ターゲットの次元を上げることで設定を多様化し，一貫して，特定の型の特異点のみをもつ安定写像の存在・非存在が定義域の多様体のトポロジーや微分構造をどのように反映するか，というよりワイルドな問いに取り組んでいる．その過程で，独自の道具を開発し，コボルディズム理論，特異点論および低次元トポロジーの技法などを駆使している．佐伯氏の一連の仕事は 1980 年代中盤以降の微分トポロジーの大きな流れとはやや違い，微分トポロジー揺籃期の Thom や Milnor の問題意識に立ち返るものであるが，安定写像が主体の研究の中では，ターゲットの次元がソースの次元よりも低い安定写像の微分トポロジーの研究は真に佐伯氏が世界を牽引している．

具体的成果の幾つかを挙げる．4 次元多様体から 3 次元多様体への安定写像については，カスプ特異点の解消の障害類の同定，佐久間氏と共同で 4 次元位相多様体上の微分構造の違いが読み取れること，また，山本卓宏氏と共同で多様体の符号数は特定な型の特異ファイバーの符号付個数と一致，などを示している．4 次元多様体から 2 次元多様体への安定写像については，たとえば定値折り曲げ（definite fold）はいつでも解消できることを示し，3 次元多様体から 2 次元多様体への安定写像に対しては，単純安定写像を許容する 3 次元多様体のクラスがグラフ多様体のクラスと一致することや，各ファイバーの連結成分を 1 点に潰した空間からの誘導写像である Stein 分解を通した単純安定写像の分類等を行っている．

さらにここ数年，佐伯氏のこれまでの研究は低次元トポロジーの研究に基本的な影響を与え始めていることは特筆に価する．Donaldson らが導入した 4 次元多様体の特異レフシェッツ束（broken Lefschetz fibration）や Turaev が導入した 3 次元多様体の影（shadow）は，安定写像を介して理解することが自然に可能であり，佐伯氏が開発した特異点解消や Stein 分解を使った技法が，今日のその研究に活用されている．また，Gromov も佐伯氏の仕事を一つの根拠に安定写像の位相的複雑度に関してアイデアを提唱している．

以上のように，佐伯修氏の研究業績は自身が設定した安定写像と低次元多様体のトポロジーの研究における基礎を構築するものであり，成果は幅広い分野で基本的文献となっており，そのインパクトと重要度は着実に広がっている．

日本数学会幾何学賞受賞特別講演：

2015 年度秋季総合分科会（於京都産業大学）幾何学およびトポロジー分科会合同

佐伯　修：安定写像と多様体のトポロジー （9 月 14 日 13:15〜14:15）

（日本数学会幾何学賞委員会）