

2021 年度日本数学会幾何学賞授賞報告

2021 年度（第 35 回）日本数学会幾何学賞は、河澄響矢氏（東京大学大学院数理科学研究科教授）と久野雄介氏（津田塾大学学芸学部准教授）、村上順氏（早稲田大学理工学術院基幹理工学部教授）の 2 件に授賞すると決定いたしました。受賞者の発表は、日本数学会秋季総合分科会での幾何学賞受賞特別講演（online）に合わせて行いました。授賞式は、後日執り行うことを考えております。以下に、受賞者の授賞題目、授賞理由についてご報告いたします。

受賞者：河澄 響矢（東京大学
大学院数理科学研究科 教授）

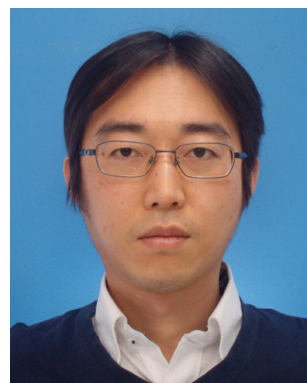
久野 雄介（津田塾大
学学芸学部 准教授）

授賞題目：Lie 代数の手法による
曲面の写像類群の研究

授賞理由：曲面の写像類群の研究
は多くの分野と関連しながら
大きな発展が続けている。河澄
氏と久野氏は Johnson 準同型



河澄 響矢 氏



久野 雄介 氏

の Lie 理論的研究で画期的な研究成果を挙げている。Johnson 準同型は、曲面のホモロジー群に自明に作用する曲面の写像類群の部分群、Torelli 群の Johnson filtration に伴う Lie 代数から、「曲面のホモロジー群の生成する自由 Lie 代数のシンプレクティック微分全体のなす Lie 代数」への準同型で極めて重要な研究対象である。Johnson 準同型の研究において、その像の決定は中心的問題であり、Johnson 余核を検知するためにトレースと呼ばれるものが構成されてきた。河澄氏と久野氏は、Dehn twist の曲面の基本群への作用を Goldman Lie 代数を用いて記述し、その Johnson 準同型による像の Magnus 展開の公式を与えた。さらに研究を進めて、Goldman–Turaev Lie 双代数を用いて幾何学的に Johnson 余核を検知する方法を開発した。専門家から、この方法は Johnson 余核の理解において概念的に優れていると高く評価されている。また、Anton Alekseev 氏、Florian Naef 氏を加えた 4 人での共同研究で、Lie 理論に由来する Kashiwara–Vergne 問題が、種数 0 の場合の Goldman–Turaev Lie 双代数の形式性を与える Magnus 展開を求める問題と等価であることを証明し、Kashiwara–Vergne 問題の新解釈を与えた。

こうした一連の研究以前には、河澄氏は、Mumford–Morita–Miller 類のねじれ係数版を導入し、森田茂之氏との共同研究で曲面の写像類群について、森田氏により Johnson 準同

型とシンプレクティック群の表現論を用いて構成された特性類全体が Mumford–Morita–Miller 類の生成する部分代数 (tautological algebra) と一致することを証明した. また, Magnus 展開の手法を発展させて Johnson 準同型の定義を拡張してテンソル代数を用いて代数的に取り扱う理論の構築, 複素解析的 Gelfand–Fuchs コホモロジーの研究など様々な重要な研究成果を挙げている. また, 久野氏は, 特異ファイバーを許した 4 次元ファイバー空間の符号数に関わる Meyer 関数について, 平面曲線族や低種数の一般型非超楕円曲線族の場合の構成, ハンドル体部分群の場合 (佐藤正寿氏との共同研究) など優れた研究をしている. 曲面の写像類群のねじれ係数 1 次元コホモロジーに関連した, Morita–Penner 構成とその変種に付随する 3 価ファットグラフスパインの二次不変量の研究 (Robert Penner 氏, Vladimir Turaev 氏との共同研究を含む) や, 非単純閉曲線に沿う一般 Dehn twist と呼ばれる代数的構成についての 3 次元多様体論的解釈を与えた研究 (Gwenael Massuyeau 氏との共同研究), 4 次 Fermat 曲面から生じる Lefschetz ファイバー空間構造に関し, そのモノドロミーから興味ある正の Dehn twists の関係式が現れることを見出すなどの重要な研究成果を挙げている.

以上のように, 河澄響矢氏と久野雄介氏の Lie 代数の手法による曲面の写像類群の研究は高く評価され, それぞれの研究業績も優れており, 2021 年度幾何学賞に誠に相応しい.

受賞者: 村上 順 (早稲田大学理工学術院基幹理工学部 教授)

授賞題目: 結び目の 3 次元多様体の量子的位相不変量に関する一連の研究

授賞理由: 村上氏は, 結び目や 3 次元多様体の量子位相不変量の研究で数々の重要な研究成果を挙げている. 絡み目の多項式不変量の並行化版の研究や Kauffman 多項式に対して Jones 多項式の Iwahori–Hecke 代数に相当する代数 (Birman–Murakami–Wenzl 代数) を Birman–Wenzl と独立に構成したことなどに始まり, Thang Tu Quoc Le 氏と共同で Kontsevich 積分を研究し, Kontsevich 不変量を枠付きタングルの不変量に拡張するなど多くの重要な成果を得ている. Le 氏との共同研究の流れと大槻知忠氏の研究の流れが合わさること でなされた 3 次元多様体の普遍的な有限型量子位相不変量 (LMO 不変量) の構成はこの分野の金字塔である. 村上氏との共同研究で Rinat Kashaev 氏の不変量が色付き Jones 多項式の 1 の冪根における値と等しいことを示し, Kashaev の予想の再定式化 (体積予想) をしたこともよく知られている.

また, 八野正和氏や Alexander Kolpakov 氏との双曲多面体の体積に関する共同研究や, Francesco Costantino 氏との 量子 $6j$ 記号と双曲体積の共同研究, Jinseok Cho 氏との



複素 Chern-Simons 汎関数の臨界点と双曲性方程式との関係に関する共同研究, Qingtao Chen 氏との共同研究で 1 の冪根での量子 $6j$ 記号の漸近挙動を調べ, Kashaev の体積予想との関連をつけたことなど多くの重要な結果を得ている. また, 永友清和氏との共同研究や最近の Marco De Renzl 氏との共同研究では, 非半単純な量子位相不変量の族を構成している. この研究は, 対数的共形場理論やそれに関わる表現論に深く関わりを持つ重要な一歩であると評価されている.

以上のように, 村上 順氏の量子位相不変量の研究は高く評価されており, 2021 年度幾何学賞に誠に相応しい.

日本数学会幾何学賞受賞特別講演:

2021 年度秋季総合分科会 (千葉大学, オンライン開催) 幾何学およびトポロジー分科会合同

河澄響矢, 久野雄介: 写像類群のリー代数を求めて (9 月 15 日 10:35~11:35)

村上 順: ジョーンズ多項式とその応用 (9 月 15 日 13:15~14:15)

(日本数学会幾何学賞委員会)