

ENCOUNTER with MATHEMATICS

第71回

フーリエ・カールソンから 21世紀の調和解析へ

2018年11月30日(金) 14:40 ~ 12月1日(土)

於：東京都 文京区 春日 1-13-27 中央大学理工学部5号館

11月30日(金)

14:40~15:40 イン트로ダクション

: 古谷 康雄氏 (東海大)

16:00~16:50 掛谷の問題-1

: 田中 仁氏 (筑波技術大)

17:10~18:00 フーリエ制限定理-1

: Neal Bez 氏 (埼玉大)

12月1日(土)

10:30~12:00 Fourier 級数の概収束

: 宮地 晶彦氏 (東京女子大)

13:50~15:10 掛谷の問題-2

: 田中 仁氏 (筑波技術大)

15:30~16:50 フーリエ制限定理-2

: Neal Bez 氏 (埼玉大)

17:20~ ワインパーティー (懇親会)

別紙の趣旨に沿った集会の第71回を以上のような予定で開催いたします。非専門家向けに入門的な講演をお願い致しました。多くの方々のご参加をお待ちしております。講演者による講演内容へのご案内を添付いたしますので御覧下さい。

尚、この集会は、JSPS 受託学術動向調査研究 代表：小島 定吉 (早稲田大・理工学術院)、科学研究費補助金 基盤研究 (A)「Floer 理論の深化と symplectic 構造の研究」課題番号：2624700 代表：小野 薫 (京大・数理研)、科学研究費補助金 基盤研究 (B)「結び目理論とその諸科学への応用の研究」課題番号：16H03928 代表：下川 航也 (埼玉大・理工)、および科学研究費補助金 基盤研究 (B)「3・4・5次元上の葉層・接触・シンプレクティック構造の研究」課題番号：17H02845 代表：三松 佳彦 (中央大・理工) からの支援を受けています。

連絡先：112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部数学教室: 03-3817-1745

ENCOUNTER with MATHEMATICS: homepage: <http://www.math.chuo-u.ac.jp/ENCwMATH>

三松 佳彦: yoshi@math.chuo-u.ac.jp / 高倉 樹: takakura@math.chuo-u.ac.jp

Jean Baptiste Joseph Fourier(1768–1830) Early 19C, engraved, from WIKIPEDIA.

Lennart Carleson(1928–) Uppsala, March 1966, photo from DigitaltMuseum, UB022312, modified.

イントロダクション

古谷 康雄（東海大学・理学部）

私はこの後話される真打ちの先生方による調和解析の奥深い世界を紹介する講演の前座を務めさせていただきます。深遠なる世界の入り口まで皆さんをお連れいたします。重要な用語や記号の定義はここでしておきましょう。「関数の分解」をキーワードに話をしたいと思います。

パート 1 は「フーリエ (1807) からカールソン (1966) まで」ということで、フーリエが主張したフーリエ級数の収束問題がカールソンによって解かれるまでの歴史を簡単に振り返ります。解決には 100 年以上かかったわけで、その間に解析学の様々な分野に影響を与えました。総和法はパート 2 で重要な役割を果たします。カールソンの成功は実解析的手法の勝利です。宮地先生の話に繋がります。

パート 2 は「2 変数 (多変数) フーリエ級数の収束問題から派生した 21 世紀の調和解析の問題」についての入門編です。フーリエ級数が終わった問題ではなかったことに驚かれる方がいらっしゃるかもしれません。ボホナー・リース平均、掛谷の問題、フーリエ制限定理をキーワードにした三題嚆です。見かけ上まったく違うこれらの問題がお互いに関係しあっていることを解説します。掛谷の問題は田中先生、フーリエ制限定理は Bez 先生の話に繋がります。

掛谷の問題

筑波技術大学
田中仁

$0 < \delta \ll 1$ を非常に小さいパラメーターとして, 集合 $E \subset \mathbb{R}^n$ の δ 近傍を

$$\mathcal{N}_\delta(E) := \{x \in \mathbb{R}^n : \text{dist}(x, E) < \delta\}$$

と表す. 特に, 単位線分の δ 近傍を δ -tube と表す.

掛谷宗一は, 1917 年, 後に掛谷の針問題として知られるようになる次の問題を提起した.

単位線分 (針) を平面内で半回転させるのに必要な領域の面積の最小値を求めよ.

この問題は, 10 年後の 1927 年 Besicovitch によって魅惑的な解決を見た. すなわち,

任意に正の小さな数を与えたとき, その数より小さい面積を持ち, その内部で針を回転させることのできる領域を構成できる.

Besicovitch の解答は次の二つの事実による.

1. 平面内の有界な開集合で, その面積は任意に小さく, その内部にあらゆる方向の単位線分を含むものを構成できる.
2. 針を軸方向に平行移動させるとき面積は増えない.

1 のような集合を幾つか構成的に配置して, それらの間に針を順次移動させる.¹

Besicovitch (or Kakeya) set $\mathbb{R}^n$ ($n > 1$) 上の n 次元 Lebesgue 測度 0 のコンパクト集合で, あらゆる方向の単位線分をその内部に含むものを Besicovitch 集合 (または Kakeya 集合) という.

掛谷集合は, その体積 0 にもかかわらず幾何的な広がりを持つことが想像される. それは $0 < \delta \ll 1$ を非常に小さいパラメーターとして, 掛谷集合の δ 近傍の大きさの減衰に関する **掛谷予想**として定式化される. すなわち, $E \subset \mathbb{R}^n$ を掛谷集合として, $\delta \rightarrow 0$ のとき堆積 $|\mathcal{N}_\delta(E)|$ が, 任意の $a > 0$ に対して, δ^a より早く減衰しないという予想である.

単位球面 $S^{n-1} \subset \mathbb{R}^n$ 上に δ 分離した最大数のベクトル列 $\{\omega_i\}_{i=1,2,\dots}$ を取る. (総数は $\sim \delta^{1-n}$ となる.) 各 ω_i に対して, 同じ方向を持つ δ -tube T_{ω_i} を一つずつ用意して, $\{T_{\omega_i}\}_{i=1,2,\dots}$ をその方向を変えることなく平行移動させてできるだけ小さいエリアへ押し込めることを考えたい.

そのエリアは, 2 次元に於いて $\sim (\log(1/\delta))^{-1}$ となることが Keich によって証明されている.² すなわち, 上記の予想は 2 次元で正しい. これに対応する事実が 3 次元以上に於いても成立するとしているわけで, 掛谷予想は確かに難問である.

¹F. Cunningham: ‘The Kakeya problem for simply connected and for star-shaped sets’, Amer. Math. Monthly, **78** (1971), 114–129.

²U. Keich: ‘On L^p bounds for Kakeya maximal functions and the Minkowski dimension in $\mathbb{R}^2$ ’, Bull. London Math. Soc., **31** (1999), 213–221.

筆者の二つの講演の内、最初の 50 分講演では Keich の証明を丁寧に解説したい。掛谷問題の面白さと困難さを示せればと思っている。二日目の 80 分講演では掛谷最大関数に関する Wolff の定理を中心に話すことにしたい。この方向の進展は近年停滞の感が否めない。しかし、掛谷の予想という big wall の前に佇むことになってしまった数学者たちの営みを、共感の気持ちと共に示すことができればと思っている。

Wolff は、Bocher prize を受賞し、その後まもなく早逝した優れた数学者である。文献³は掛谷の予想に関する古典的概説である。この中に一つの toy model として有限体上の掛谷予想が提案されている。⁴

F を有限体とする。 $K \subset F^n$ が掛谷集合であることを、任意の方向 $\omega \in F^n \setminus \{0\}$ に対してある $y \in F^n$ を選んで $\{y + t\omega : t \in F\}$ で与えられる直線が K に含まれることとして定義する。有限体 F 上の掛谷予想は、 $K \subset F^n$ を掛谷集合とすればその大きさが $|K| \geq C_n |F|^n$ と下からの評価を持つとする予想である。この予想が正しいとすれば、異なる方向が $\frac{|F|^n - 1}{|F| - 1} \sim |F|^{n-1}$ 個あることに注意して、この方向の各直線はちょうど $|F|$ 個の点を持つゆえ、掛谷集合の中で直線はほとんど分離した形で位置することになる。すなわち、掛谷集合はある意味の広がりを持つべきことが分かる。

この問題は他の掛谷の問題と同じ程度に難しいものと想像されていた。しかし、文献⁵において以下のように実に簡単に証明された。

有限体 F 上 n 変数 d 次以下の多項式全体の集合を $\mathcal{P}_{n, \leq d}$ とすれば、

$$\dim_F \mathcal{P}_{n, \leq d} = \binom{n+d}{n}.$$

今 $d = |F| - 1$ として

$$\dim_F \mathcal{P}_{n, \leq d} > |K|$$

と仮定してみる。すると、評価作用素

$$\text{eval} : \mathcal{P}_{n, \leq d} \rightarrow F^{|K|}$$

の核は正の次元を持ち、従って 0 ではない多項式

$$P = \sum_{i=0}^c P_i$$

が存在して

$$P(k) = 0 \text{ for all } k \in K$$

とできる。ここで P_i は n 変数の i 次多項式であり、 $0 < c \leq d$, $P_c \neq 0$ である。

³T. Wolff: ‘Recent work connected with the Kakeya problem’, Prospects in mathematics (Princeton, NJ, 1996), 129–162, Amer. Math. Soc., Providence, RI, 1999.

⁴以下は Jonathan Hickman の概説 <http://math.uchicago.edu/~j.e.hickman/Slides/Kakeya.pdf> に基づく。

⁵Z. Dvir: ‘On the size of Kakeya sets in finite fields’, J. Amer. Math. Soc. **22** (2009), 1093–1097.

任意の $\omega \in F^n \setminus \{0\}$ に対して, $y \in F^n$ を選んで多項式 P は直線 $\{y + t\omega : t \in F\}$ の上で消えているようにできる. すなわち,

$$Q(t) := P(y + t\omega) = 0 \text{ for all } t \in F.$$

$Q(t)$ は $d = |F| - 1$ 以下の次数を持つ t の多項式ゆえ, $Q = 0$ となる⁶. 特に, t^c の係数となる $P_c(\omega)$ は 0 に等しい. $\omega \in F^n \setminus \{0\}$ は任意であり, P_c の次数は $d = |F| - 1$ 以下ゆえ $P_c = 0$ が従い⁷ 矛盾に至る. ゆえに, 仮定は否定されて

$$|K| \geq \dim_F \mathcal{P}_{n; \leq d} = \frac{1}{n!} \prod_{i=1}^n (|F| + n - i) > \frac{|F|^n}{n!}.$$

有限体上の掛谷予想は正しい.

⁶ $Q \neq 0$ と仮定して因数定理によりそれを分解すれば, $|F| - 1$ 以下の t の 1 次式の積となる. すると, $f_0 \in F$ で $Q(f_0) \neq 0$ を満たすものが現れてしまい矛盾する.

⁷ $P_c \neq 0$ と仮定して因数定理によりそれを分解すれば, $|F| - 1$ 以下の n 変数の 1 次式の積となる. すると, $\omega_0 \in F^n \setminus \{0\}$ で $P_c(\omega_0) \neq 0$ を満たすものが現れてしまい矛盾する.

フーリエ制限定理

NEAL BEZ (埼玉大学・理学部)

この 10 年、15 年の間に [1] で Bennett、Carbery、Tao の三人により証明された多重線形制限定理と掛谷定理の応用から、Fourier 制限問題における数々の重要な進展およびそれらに関わる問題が出現した。多重線形制限評価を証明する主なモチベーションは、Stein による元々の (線形) 制限予想の解決に寄与することであった。何年かのち、Bourgain と Guth [7] は全く新しい手法を考案しブレイクスルーを引き起こした。その巧妙なアイデアの中で彼らは、[1] の多重線形評価を用いることで、Stein 予想において当時最も良い結果の導出に成功した。その一方で、近年において Bennett–Carbery–Tao の多重線形評価の持つ非常に多くの応用が明らかになっている点も興味深いだろう。その多くはデカップリング評価の発展を通してその姿を現した ([5])。

最初の講演では、Bennett–Carbery–Tao の多重線形評価の応用およびデカップリング定理の応用に焦点を当て、数論や微分方程式、幾何学の問題を考える。ここには、Bourgain、Demeter、Guth [6] により完全に明らかにされた Vinogradov 平均値予想が含まれる。Vinogradov 平均値予想は、1930 年代に生まれた解析的数論の問題であり、Waring 問題に関係している。その他の注目すべき応用例としては、臨界線上の Riemann ゼータ関数に対して各点評価および二乗平均有界性を調べた Bourgain [4] や Bourgain–Watt [8]、[9] の仕事が挙げられる。離散的 Strichartz 評価などの PDE への応用および幾何学も同様に議論する。

次の講演では、Bennett、Carbery、Tao による多重線形評価そのものに焦点を当てる。いくつかの特別なケースを考えるが、ここから自然に Brascamp–Lieb 不等式への議論へと発展する。Brascamp–Lieb 不等式は [10] を起源に持つが、制限定理およびデカップリング定理との繋がりのおかげで、現在も非常に活発な研究分野となっている ([2]、[3])。

REFERENCES

- [1] J. Bennett, A. Carbery, T. Tao, *On the multilinear restriction and Kakeya conjectures*, Acta Math. **196** (2006), 261–302.
- [2] J. Bennett, A. Carbery, M. Christ, T. Tao, *The Brascamp–Lieb inequalities: finiteness, structure and extremals*. Geom. Funct. Anal. **17** (2007), 1343–1415.
- [3] J. Bennett, N. Bez, T. Flock, S. Lee, *Stability of the Brascamp–Lieb constant and applications*, Amer. J. Math. **140** (2018), 543–569.
- [4] J. Bourgain, *Decoupling, exponential sums and the Riemann zeta function*, J. Amer. Math. Soc. **30** (2017), 205–224.
- [5] J. Bourgain, C. Demeter, *The proof of the l^2 Decoupling Conjecture*, Ann. of Math. **182** (2015), 351–389.
- [6] J. Bourgain, C. Demeter, L. Guth, *Proof of the main conjecture in Vinogradov’s Mean Value Theorem for degrees higher than three*, Ann. of Math. **184** (2016), 633–682.
- [7] J. Bourgain, L. Guth, *Bounds on oscillatory integral operators based on multilinear estimates*, Geom. Funct. Anal. **21** (2011), 1239–1295.
- [8] J. Bourgain, N. Watt, *Decoupling for perturbed cones and the mean square of $|\zeta(\frac{1}{2} + it)|$* , Int. Math. Res. Not. IMRN 2018, no. 17, 5219–5296.
- [9] J. Bourgain, N. Watt, *Mean square of zeta function, circle problem and divisor problem revisited*, arXiv:1709.04340.
- [10] H. J. Brascamp, E. H. Lieb, *Best constants in Young’s inequality, its converse, and its generalization to more than three functions*, Adv. Math. **20** (1976), 151–173.

Fourier 級数の概収束

宮地晶彦（東京女子大学現代教養学部数理科学科）

区間 $[0, 1]$ 上の L^2 空間で関数系 $\{e^{2\pi i n x} \mid n \in \mathbb{Z}\}$ は完全正規直交系をなす。したがって、 $[0, 1]$ 上のすべての L^2 関数 f は L^2 ノルムに関して収束する級数として $f(x) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n e^{2\pi i n x}$ と展開でき、係数 c_n は $c_n = \int_0^1 f(x) e^{-2\pi i n x} dx$ で与えられる。この L^2 収束の理論は、比較的簡単に証明できるが、級数 $\sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n e^{2\pi i n x}$ が $f(x)$ に各 x で収束するかどうかを考えると、問題が難しくなる。大学初年級の解析学の教科書には $f(x)$ が滑らかな関数であれば f の Fourier 級数は $f(x)$ にすべての x で収束することの証明が載っているが、 f に滑らかさを仮定しないときが問題である。Paul du Bois-Reymond (1873) は、 f が連続であるというだけでは f の Fourier 級数はすべての x では必ずしも収束しないことを、反例をあげて示した。また A. N. Kolmogorov (1923, 1926) は、 L^1 クラスの関数で、その Fourier 級数がどの x でも収束しないものが存在することを示した。そこで、 $f(x)$ が連続関数である場合にその Fourier 級数が Lebesgue 測度に関してほとんどすべての x で収束（概収束）するか、ということが長く未解決の問題となっていたが、L. Carleson (1966) が L^2 クラスの関数の Fourier 級数は概収束することを示した。Carleson の証明は難解なものであったが、C. Fefferman (1973) は Carleson とは違った方法で L^2 クラスの関数の Fourier 級数の概収束を証明した。また、M. T. Lacey と C. M. Thiele (2000) が Carleson と Fefferman の証明法を合わせた簡明な証明を与えた。講演では、Carleson, Fefferman, Lacey-Thiele らの証明に含まれるアイデアと、そのアイデアが最近の調和解析に応用されていることを紹介したい。

ENCOUNTER with MATHEMATICS

(数学との遭遇, d'après Rencontres Mathématiques) へのご案内

中央大学 理工学部 数学教室

当研究科では France・Lyon の Ecole Normale Supérieure de Lyon で行われている RENCONTRES MATHÉMATIQUES の形式を踏襲した集会 "ENCOUNTER with MATHEMATICS" (数学との遭遇) を年 4 回ほどのペースで開催しております。

France では、2 か月に一度の Rencontres Mathématiques と、皆様よくご存知の年に 4 回の Séminaire Bourbaki という、二つの特徴ある研究集会が行われています。これらの集会では、多くの数学者が理解したいと思ってるテーマ、又は、より多くの数学者に理解させるべきであると思われるテーマについて、その方面の (その研究を直接行った本人とは限らない) 専門家がかなり良い準備をし、大変すばらしい解説をしています。

勿論、このような集会は、France に限らず、日本や世界中で行われており、Surveys in Geometry 等は、その好例と言えるでしょう。そのなかで Rencontres Mathématiques は分野・テーマを限定せずに、定期的に集会を開催しているという点で、特徴のある集会として、評価されていると思います。

Séminaire Bourbaki は、各講演 1 時間、1 回読み切りで、講演内容の level は、講義録で良く分かるとおりです。一方、Rencontres Mathématiques は、毎回テーマを一つに決め、二日間で計 5 講演、そのうち 3 つは、柱となる連続講演で、level は、Séminaire Bourbaki に比べ、より一般向きに、やさしくなっていますが、逆に、講演の準備は、大変かもしれません。

実際に ENS-Lyon で Rencontres Mathématiques がどのように運営されているかということについては、雑誌“数学”1992 年 1 月号の坪井俊氏の紹介記事を以下に抜粋させていただきますので御覧ください。

ここ ENS. Lyon の特色として、ほとんど毎月行われているランコントロール・マテマティークがあります。これは 1988 年秋から行われているそうですが、金曜、土曜に 1 つのテーマの下に 5 つの講演を行っています。その 1, 3, 5 番目の 3 つは同一講演者によるもので、残りの 2 つは一応それをサポートするものという形をとっています。1 つの分野のトピックを理解しようとするとき にはなかなか良い形式だと思いました。

私が興味をもって参加したものでは、1 月には‘3 次元のトポロジー’ (金曜に Turaev, De la Harpe, Turaev, 土曜に Boileau, Turaev), 3 月には‘複素力学系’ (金曜に Douady, Kenyon, Douady, 土曜に Tan Lei, Douady), 5 月には‘1 次元の幾何学’ (金曜に Sullivan, Tsuboi, Sullivan, 土曜に Zeghib, Sullivan) がありました。これまでのテーマでは、‘天体力学’; ‘複素解析’; ‘ブラウン運動’; ‘数論’; ‘ラムダカルキュラス’など数学全般にわたっています。

ほとんどの参加者は外部から来るのですが、ENS.-Lyon には建物の内部に付属のアパートがあって、40~50 人のリヨン市外からの参加者はそこに宿泊できるようになっています。ランコントロール・マテマティークは自由参加ですが、参加する場合は、宿泊費、建物内のレストランで食べ放題の昼食代は ENS. Lyon の負担ですから、とても参加しやすい研究集会です。ランコントロール・マテマティークのテーマ、内容や講演者を考え、実際の運営にあたっている ENS. Lyon のスタッフの努力で、フランスの新しい重要なセミナーとして評価されていると思います。

実際、Rencontres Mathématiques は多くの数学者に対して根深い数学文化を身につけるための良い機会として重要な役割を果たしているのみならず、若い大学院生たちに数学のより深い研究への動機付けを与える大切な場面を提供しています。

ENCOUNTER with MATHEMATICS もこれらのことを目標としたいと考えていますので、大学院生をはじめ多くの数学者の参加をお待ちしております。

このような主旨のもとに、

- 特定の分野へのテーマの集中は避ける
- up to date なテーマも良いが、古典的なテーマも取りあげる

といった点を特に注意して進めていきたいと考えています。

取りあげるテーマ等、この企画に関する皆様のご意見をお寄せ下さい。

これまでに行われた ENCOUNTER with MATHEMATICS (講演者敬称略)

- 第 1 回 岩澤理論と **FERMAT** 予想 1996 年 11 月, 加藤 和也 (東工大・理), 百瀬 文之 (中大・理工), 藤原 一宏 (名大・多元)
- 第 2 回 幾何学者は物理学から何を学んだか 1997 年 2 月, 深谷 賢治 (京大・理), 古田 幹雄 (京大・数理研)
- 第 3 回 粘性解理論への招待 5 月, 石井 仁司 (都立大・理), 儀我 美一 (北大・理), 小池 茂昭 (埼玉大・理), 長井 英生 (阪大・基礎工)
- 第 4 回 **Mordell-Weil** 格子 9 月, 塩田 徹治 (立教大・理), 寺杣 友秀 (東大・数理), 斎藤 毅 (東大・数理)
- 第 5 回 **WEB** 幾何学 11 月, 中居 功 (北大・理), 佐藤 肇 (名大・多元)
- 第 6 回 トロイダル・コンパクト化 1998 年 2 月, 佐武 一郎 (中大・理工), 石井 志保子 (東工大・理), 藤原 一宏 (名大・多元)
- 第 7 回 天体力学 4 月, 伊藤 秀一 (東工大・理), 小野 薫 (お茶大・理), 吉田 春夫 (国立天文台)
- 第 8 回 **TORIC** 幾何 6 月, 小田 忠雄 (東北大・理), 梶田 幹也 (阪市大・理), 諏訪 紀幸 (中大・理工), 佐藤 拓 (東北大・理)
- 第 9 回 実 1 次元力学系 10 月, 坪井 俊 (東大・数理), 松元 重則 (日大・理工), 皆川 宏之 (北大・理)
- 第 10 回 応用特異点論 1999 年 2 月, 泉屋 周一 (北大・理), 石川 剛郎 (北大・理), 佐伯 修 (広島大・理)
- 第 11 回 曲面の写像類群 4 月, 森田 茂之 (東大・数理), 河澄 響矢 (東大・数理), 阿原 一志 (明大・理工), 中村 博昭 (都立大・理)
- 第 12 回 微分トポロジーと代数的トポロジー 6 月,
服部 晶夫 (明大・理工), 佐藤 肇 (名大・多元), 吉田 朋好 (東工大・理), 土屋 昭博 (名大・多元)
- 第 13 回 超平面配置の数学 10 月, 寺尾 宏明 (都立大・理), 吉田 正章 (九大・数理), 寺杣 友秀 (東大・数理), 斎藤 恭司 (京大・数理研)
- 第 14 回 **Lie** 群の離散部分群の剛性理論 2000 年 2 月, 金井 雅彦 (名大・多元), 納谷 信 (名大・多元), 井関 裕靖 (東北大・理)
- 第 15 回 岩澤数学への招待 4 月, 栗原 将人 (都立大・理), 佐武 一郎 (東北大/UC Berkeley), 尾崎 学 (島根大・総合理工),
市村 文男 (横浜市大・理), 加藤 和也 (東大・数理)
- 第 16 回 **Painlevé** 方程式 6,7 月, 岡本 和夫 (東大・数理), 梅村 浩 (名大・多元), 坂井 秀隆 (東大・数理), 山田 泰彦 (神戸大・理)
- 第 17 回 流体力学 12 月, 木村 芳文 (名大・多元), 今井 功, 宮川 鉄郎 (神戸大・理), 吉田 善章 (東大・新領域創成科学)
- 第 18 回 **Poincaré** 予想と 3 次元トポロジー 2001 年 2 月, 小島 定吉 (東工大・情報理工), 加藤 十吉 (九大・理), 松本 幸夫 (東大・数理),
大槻 知忠 (東工大・情報理工), 吉田 朋好 (東工大・理)
- 第 19 回 **Invitation to Diophantine Geometry** 4 月, 平田 典子 (日大・理工), 宍倉 光広 (京大・理), 小林 亮一 (名大・多元数理)
- 第 20 回 不変式論のルネサンス 9 月, 梅田 亨 (京大・理), 向井 茂 (京大・数理研), 寺西 鎮男 (名大・多元数理)
- 第 21 回 実解析への誘い 10 月, 新井 仁之 (東大・数理), 宮地 晶彦 (東京女子大・文理), 小澤 徹 (北大・理), 木上 淳 (京大・情報)
- 第 22 回 「離散」の世界 2002 年 2 月, 砂田 利一 (東北大・理), 小谷 元子 (東北大・理), 藤原 耕二 (東北大・理), 井関 裕靖 (東北大・理)
- 第 23 回 複素力学系 6 月, 宍倉 光広 (京大・理), 松崎 克彦 (お茶大・理), 辻井 正人 (北大・理)
- 第 24 回 双曲幾何 10 月, 小島 定吉 (東工大・情報理工), 大鹿 健一 (阪大・理), 藤原 耕二 (東北大・理), 藤原 一宏 (名大・多元)
- 第 25 回 **Weil** 予想 12 月, 堀田 良之 (岡山理大・理), 藤原 一宏 (名大・多元), 斎藤 毅 (東大・数理), 宇澤 達 (名大・多元)
- 第 26 回 極小曲面論入門 2003 年 3 月,
山田 光太郎 (九大・数理), 小磯 深幸 (京教大・教育), 梅原 雅顕 (広大・理), 宮岡 礼子 (上智大・理工)
- 第 27 回 分岐被覆と基本群 4 月, 難波 誠 (阪大・理), 岡 睦雄 (都立大・理), 島田 伊知朗 (北大・理), 徳永 浩雄 (都立大・理)
- 第 28 回 リーマン面の退化と再生 11 月, 足利 正 (東北学院大・工), 今吉 洋一 (阪市大・理), 松本 幸夫 (東大・数理), 高村 茂 (京大・理)
- 第 29 回 確率解析 12 月, 楠岡 成雄 (東大・数理), 重川 一郎 (京大・理), 谷口 説男 (九大・数理)
- 第 30 回 **Symplectic** 幾何と対称性 2004 年 3 月,
小野 薫 (北大・理), 森吉 仁志 (慶応大・理工), 高倉 樹 (中大・理工), 古田 幹雄 (東大・数理), 太田 啓史 (名大・多元)
- 第 31 回 スペクトル・散乱理論 2004 年 12 月, 池部 晃生, 峯 拓矢 (京大・理), 谷島 賢二 (学習院大・理), 久保 英夫 (阪大・理),
山田 修宣 (立命館大・理工), 田村 英男 (岡山大・理)
- 第 32 回 山辺の問題 2005 年 1 月, 小林 治 (熊本大・理), 芥川 和雄 (東京理大・理工), 井関 裕靖 (東北大・理)
- 第 33 回 双曲力学系-安定性と混沌- 2005 年 2 月, 国府 寛司 (京大・理), 林 修平 (東大・数理), 浅岡 正幸 (京大・理), 三波 篤郎 (北見工大)
- 第 34 回 非線型の特異関数論～**Painlevé** 方程式の応用 2005 年 7 月,
大山 陽介 (阪大・情報), 村瀬 元彦 (UC Davis), 寛 三郎 (立教大・理)
- 第 35 回 山辺不変量 -共形幾何学の広がり- 2005 年 12 月, 小林 治 (熊本大・理), 石田 政司 (上智大・理工), 芥川 和雄 (東京理大・理工)
- 第 36 回 正 20 面体まつわる数学 2006 年 3 月, 増田 一男 (東工大・理), 加藤 文元 (京大・理), 橋本 義武 (阪市大・理)
- 第 37 回 数学者のための分子生物学入門ー新しい数学を造ろうー 2006 年 6 月, 加藤 毅 (京大・理), 阿久津 達也 (京大化学研究所),
岡本 祐幸 (名大・理), 斉藤 成也 (国立遺伝学研究所), 田中 博 (東京医科歯科大)
- 第 38 回 幾何学と表現論 - **Kostant**—関口対応をめぐる - 2006 年 12 月,
関口 次郎 (東京農工大・工), 中島 啓 (京大・理), 落合 啓之 (名大・多元), 竹内 潔 (筑波大・数学系)
- 第 39 回 **Lusternik-Schnirelmann** カテゴリ 2007 年 3 月,
岩瀬 則夫 (九大・数理), Elmar VOGT (東大・数理/ベルリン自由大), 松元 重則 (日大・理工), 田中 和永 (早大・理工)
- 第 40 回 力学系のゼータ関数 - 古典力学と量子力学のカオス - 2007 年 5 月,
首藤 啓 (首都大・理工), 盛田 健彦 (広大・理), 辻井 正人 (九大・数理)
- 第 41 回 **Euler** 生誕 300 年 - **Euler** 数と **Euler** 類を巡って 2007 年 9 月,
佐藤 肇, 秋田 利之 (北大・理), Danny Calegari (Caltech/東工大・情報理工), 松本 幸夫 (学習院大・理), 森田 茂之 (東大・数理)
- 第 42 回 **Euler** 生誕 300 年 - **Euler** からゼータの世界へ 2007 年 11 月,
黒川 信重 (東工大・理工), 落合 啓之 (名大・多元), 平野 幹 (成蹊大・理工), 権 寧魯 (九大・数理)

- 第 43 回 **Euler 300 歳記念 流体力学・変分学編—始祖の業績と現在・未来への展開—** 2008 年 2 月,
岡本 久 (京大・数理研), 鈴木 貴 (阪大・基礎工), 木村 芳文 (名大・多元)
- 第 44 回 **環境数理におけるモデリングとシミュレーション—数学は環境問題に貢献できるか—**2008 年 3 月,
水藤 寛 (岡山大・環境), 太田 欽幸 (中大・理工), 伊藤 昭彦 (国立環境研究所), 柳野 健 (気象庁・気象研究所),
渡辺 雅二 (岡山大・環境)
- 第 45 回 **McKay 対応を巡って** 2008 年 5 月, 松澤 淳一 (奈良女子大・理), 石井 亮 (広大・理), 伊藤 由佳理 (名大・多元),
John McKay (Concordia 大/京大・数理研), 植田 一石 (阪大・理)
- 第 46 回 **幾何学的変分問題—神の選択・人間の方法—** 2008 年 9 月,
西川 青季 (東北大・理), 長澤 壯之 (埼玉大・理), 利根川 吉廣 (北大・理)
- 第 47 回 **アクセサリー・パラメーターとモノドロミー—微分方程式の未開の領域を目指して—** 2008 年 10 月,
原岡 喜重 (熊本大), 横山 利章 (千葉工業大), 加藤 満生 (琉球大), 大島 利雄 (東大・数理)
- 第 48 回 **微分方程式に対する逆問題—既知と未知が逆転したときに何が視えるか?—** 2008 年 11 月,
望月 清 (中大・理工), 池島 優 (群馬大・工), 磯崎 洋 (筑波大・数理), 渡辺 道之 (東京理科大・理工), 山本 昌宏 (東大・数理)
- 第 49 回 **流体の基礎方程式—色々な視点から見た流体方程式—** 2009 年 2 月,
小園 英雄 (東北大・理), 西畑 伸也 (東工大・情報理工), 清水 扇丈 (静岡大・理), 松本 剛 (京大・理・物)
- 第 50 回 **ラドン変換—積分が拓く新しい世界—** 2009 年 5 月,
筑 知之 (筑波大・数理), 木村 弘信 (熊大・自然), 磯崎 洋 (筑波大・数理), 大島 利雄 (東大・数理)
- 第 51 回 **正 20 面体にまつわる数学—その 2—** 2009 年 10 月, 作間 誠 (広島大・理), 関口 次郎 (東京農工大・工), 井上 開輝 (近畿大・理工)
- 第 52 回 **経路積分の数学的基礎—いつまでも新しい Feynman の発明—** 2010 年 1 月,
一瀬 孝 (金沢大・理), 藤原 大輔 (学習院大・理), 加藤 晃史 (東大・数理), 熊ノ郷 直人 (工学院大・工)
- 第 53 回 **シューベルトカルキュラス—様々な数学の交流点—** 2010 年 3 月,
池田 岳 (岡山理科大・理), 前野 俊昭 (京大・工), 原田 芽ぐみ (McMaster Univ.)
- 第 54 回 **頂点作用素代数入門** 2010 年 10 月, 原田 耕一郎 (オハイオ州立大), 山内 博 (東京女子大), 宗政 昭弘 (東北大), 宮本 雅彦 (筑波大)
- 第 55 回 **多変数複素解析 岡の原理—誕生から最近の発展まで—** 2011 年 2 月,
大沢 健夫 (名大・多元), 平地 健吾 (東大・数理), 伊師 英之 (名大・多元)
- 第 56 回 **計算の複雑さの理論とランダムネス** 2011 年 5 月, 渡辺 治 (東工大・情報理工), 河内 亮周 (東工大・情報理工)
- 第 57 回 **偏微分方程式の接触幾何** 2011 年 10 月, 佐藤 肇 (名大・多元), 垣江 邦夫, 山口 佳三 (北大・理)
- 第 58 回 **モジュラー曲線の数論と幾何—その魅力と百瀬さんの足跡と** 2012 年 9 月, 斎藤 毅 (東大・数理), 玉川 安騎男 (京大・数理研),
橋本 喜一郎 (早大・理工), 新井 啓介 (東京電機大・工), 加藤 和也 (Chicago 大)
- 第 59 回 **複素多様体上の岡・グロウエル理論—存在定理は空の上に—** 2012 年 10 月,
大沢 健夫 (名大・多元), 松村 慎一 (東大・数理), 足利 正 (東北学院大・工)
- 第 60 回 **結び目理論とその不変量をめぐって** 2013 年 5 月,
村杉 邦男 (トロント大), 作間 誠 (広大・理), 森藤 孝之 (慶大・経), 合田 洋 (東京農工大・工), 森下 昌紀 (九大・数理)
- 第 61 回 **代数曲面とその位相不変量をめぐって—代数曲面の地誌学—** 2014 年 6 月,
宮岡 洋一 (東大・数理), 今野 一宏 (阪大・理), 村上 雅亮 (鹿児島大・理)
- 第 62 回 **波動方程式—古典物理から相対論まで—** 2014 年 9 月,
小澤 徹 (早大・理工), 山口 勝 (東海大・理), 松山 登喜夫 (中大・理工), 中村 誠 (山形大・理)
- 第 63 回 **最適輸送理論とリッチ曲率—物を運ぶと曲率に分かる—** 2015 年 2 月,
桑江 一洋 (熊北大・自然科学), 塩谷 隆 (東北大・理), 太田 慎一 (京大・理), 高津 飛鳥 (名大・多元数理), 栗田 和正 (東工大・理)
- 第 64 回 **複素解析と特異点—留数が解き明かす特異点の魅力—** 2016 年 2 月,
諏訪 立雄 (北大・理), 田島 慎一 (筑波大・数理物質), 鍋島 克輔 (徳島大・総合科学), 伊澤 毅 (北科大・工)
- 第 65 回 **結び目の体積予想—量子不変量から見える幾何構造—** 2016 年 3 月,
村上 順 (早大・理工), 横田 佳之 (首都大・理工)
- 第 66 回 **幾何学と特異点の出会い** 2016 年 3 月,
石川 剛郎 (北大・理), 梅原 雅顕 (東工大・情報), 佐治 健太郎 (神戸大・理), 山田 光太郎 (東工大・理)
- 第 67 回 **AGT 対応の数学と物理** 2016 年 10 月,
立川 裕二 (東大・Kavli IPMU), 中島 啓 (京大・数理研), 名古屋 創 (金沢大・理工研究域), 柳田 伸太郎 (名大・多元数理), 松尾 泰 (東大・理)
- 第 68 回 **エルゴード理論と可微分力学系—一様双曲世界の向う側—** 2016 年 12 月,
鷲見 直哉 (熊北大・先端科学), 鄭 容武 (広島大・工), 高橋 博樹 (慶應大・理工)
- 第 69 回 **自由因子に特異点をもつ微分方程式—斎藤理論の広がり—** 2017 年 6 月,
斎藤 恭司 (東大・IPMU), 眞野 智行 (琉球大・理), 加藤 満生 (琉球大・教育), 千葉 逸人 (九州大・IMI), 三鍋 聡司 (東京電機大・工)
- 第 70 回 **パーシステントホモロジーとその周辺** 2017 年 12 月,
平岡 裕章 (東北大・AIMR), 浅芝 秀人 (静岡大・理), 白井 朋之 (九州大・IMI), 福水 健次 (統数研), 大林 一平 (東北大・AIMR)

お問い合わせ 又は ご意見等

112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部数学教室 tel : 03-3817-1745

e-mail : yoshiATmath.chuo-u.ac.jp 三松 佳彦 / takakuraATmath.chuo-u.ac.jp 高倉 樹 (AT を@に変更)

ホームページ : <http://www.math.chuo-u.ac.jp/ENCwMATH>