

---

# リーマン多様体とグラフ上の熱核の大域解析

---

(研究課題番号 16340044)

平成16年度～18年度科学研究費補助金  
(基盤研究 (B))

研究成果報告書

平成19年3月

研究代表者 浦 川 肇

(東北大学大学院情報科学研究科 教授)

## はしがき

リーマン多様体及びグラフ上の大域解析の研究において、最も重要なものの一つに、熱核の大域挙動の研究がある。熱核はブラウン運動、乱歩、マルコフ連鎖における推移確率とも密接に関係して多くの研究が為され、確率過程や情報理論などの分野でも盛んに研究されてきた。我々は、リーマン多様体及びグラフの熱核の時刻が無限大になるときの定常解に収束するときの収束比率に着目し、収束比率と幾何構造との関係に焦点を当てて研究を進めてきた。

上記の研究は、様々な数学構造に関係する。また、非コンパクトリーマン多様体上のラプラシアンの特値ととも関係するようにも思われる。離散群の幾何構造、グラフ理論と符号理論、コード理論などとも関係が深い。

我々はまた、数値解析における有限要素法の研究とグラフ理論との関係にも焦点を当てて、ラプラス作用素の特値と固有関数の可視化につとめ、スーパーコンピュータによる大規模な計算実験を行ない、シミュレーションを行なってきた。

本研究でこのような種々の分野が交差するところで、重層的な研究を進めて、ここにそれらの研究成果の一部をまとめる。

今後の課題として、情報科学との応用を目指し、情報幾何学や計算機科学、数値シミュレーションなどとの関わりを一層深めて行くことは、興味深い残された課題である。

3年間の研究機関、本研究に協力頂いた分担者の方々に、心からお礼申し上げます。

研究代表者 浦川 肇

## 研究組織

## 研究代表者

浦川 肇（東北大学・大学院情報科学研究科・教授）

## 研究分担者

池田 章（岡山大学・教育学部・教授）

高橋淳也（東北大学・大学院情報科学研究科・助手）

久村裕憲（静岡大学・理学部・講師）

小谷元子（東北大学・大学院理学研究科・教授）

勝田 篤（岡山大学・理学部 助教授）

麻生 透（東北大学・大学院情報科学研究科・助教授）

大塚富美子（茨城大学・理学部・助教授）

伊藤仁一（熊本大学・教育学部・教授）

陶山芳彦（福岡大学・理学部・教授）

松浦 望（福岡大学・理学部・助手）

宗政昭弘（東北大学・大学院情報科学研究科・教授）

今井秀雄（東北大学・大学院情報科学研究科・助教授）

田谷久雄（東北大学・大学院情報科学研究科・助手）

尾畑申明（東北大学・大学院情報科学研究科・教授）

日合文雄（東北大学・大学院情報科学研究科・教授）

金子 誠（東北大学・大学院情報科学研究科・教授）

有澤真理子（東北大学・大学院情報科学研究科・助教授）

梁 淞（東北大学・大学院情報科学研究科・助教授）

一山稔之（亜細亜大学・経済学部・教授）

交付決定額（配分額）

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
平成16年度	6,100,000	0	6,100,000
平成17年度	5,000,000	0	5,000,000
平成18年度	5,200,000	0	5,200,000
総計	16,300,000	0	16,300,000

## 当該研究費により主催した研究会とそのプログラム

(1) 研究集会「大域解析学と大域幾何学」(Global Analysis and Global Geometry in Sendaim 2005)

開催時期：2005年2月7日＝2月10日、

開催場所：東北大学大学院情報科学研究科

<プログラム>

山田澄生（東北大学理学研究科） On a Riemannian Penrose inequality with charge

Denis Osin, Vanderbilt Univ., USA, Asymptotic dimension of relatively hyperbolic groups

塩谷隆（東北大学理学研究科） Geometric variational convergence over metric spaces

本間泰史（東京理科大学） The Bochner Weitenbock formula for the Pfaffian element and its applications

Alexander Lytchak, Univ. Bonn, Germany, Curvature of almost convex subsets

Denis Osin, Relative isoperimetric inequalities and small cancellation theory over relatively hyperbolic groups

山瀬尊久（筑波大学） Seiberg-Witten theory on closed 3-manifolds fibering over the circle

石田政司（上智大学） Monopole classes and four-manifolds with negative Yamabe invariants

Alexander Lytchak, Local topology of  $CAT(\kappa)$  spaces

佐間誠（大阪大学） Jorgensen's parameter for quasifuchsian punctured torus groups

保坂哲也（宇都宮大学） On splitting theorems for  $CAT(0)$  spaces

小野肇（東京都立大学） Hamiltonian volume minimizing property of Lagrangian submanifolds

久村裕憲（静岡大学） A note on the essential spectrum of the Laplacian and  
weak convergence of the curvature at infinity  
十文字正樹、浦川肇（東北大学情報科学研究科） Visualization of the eigenvalue  
problems of the Laplacian

（２） 研究集会「Workshop on Differential Geometry」

開催時期：２００６年８月２４日—２５日

開催場所：東北大学大学院情報科学研究科

<プログラム>

山田拓身（東北大学情報科学研究科） On compact complex parallelizable  
pseudo-Kaehler manifolds

原田 拓（東北大学情報科学研究科） On a class of affine extremal surfaces in  
4-dimensional Euclidean space

Katarzyna Sawicz, Technical University of Czestochowa, Poland, On some  
class of hypersurfaces in space of constant curvature

浦川 肇（東北大学情報科学研究科） Flat connections, projectively flat  
connections and centro-affine immersions

八幡 誠（千葉工業大学） On the tensors A, B and C.

高橋淳也（東北大学情報科学研究科） The gap of the eigenvalues for p-forms  
and harmonic p-forms of constant length

（３） 研究集会「大域解析と微分幾何—その情報科学への関わり」

開催時期：２００６年１０月２１日—２２日

開催場所：東北大学大学院情報科学研究科

<プログラム>

原田 拓（東北大学情報科学研究科） On a class of affine extremal surfaces in  
4-dimensional Euclidean space

山田拓身（東北大学情報科学研究科） Dolbeault cohomology groups on compact  
pseudo-Kaehler manifolds

古畑 仁（北海道理学理科学研究科） Hypersurfaces in statistical manifolds

西川青季（東北大学理科学研究科） asymptotic expansion of the one-loop  
approximation of the Chern-Simons integral in an  
abstract Wiener space setting

Sorin Dragomir, Univ. of Basilicata, Italy, Subelliptic harmonic morphisms

坂根由昌（大阪大学理学研究科）Einstein metrics on solvable Lie groups

浦川 肇（東北大学情報科学研究科）Seiberg-Witten theory over compact

Kaehler manifolds

十文字正樹（東北大学情報科学研究科）ラプラス作用素の固有値問題について

松浦 望（福岡大学理学部）折線の発展と差分 KDV 方程式

松添 博（名古屋虚業大学工学研究科）Hessian curvatures on statistical

manifolds

一山稔之（亜細亜大学経済学部）Bi-Yang-Mills equations on Weyl manifolds

井関裕靖（東北大学理学研究科）Fixed-point property of discrete groups

砂田利一（明治大学理工学部）On the  $K_4$  cristal

Stefano Montaldo, Univ of Cagliari, Italy, Biharmonic maps between

Riemannian manifolds

大仁田義裕（大阪市立大学理学研究科）ラグランジュ部分多様体と球面内の等

径超曲面

#### （４）研究集会「Workshop on homogeneous manifolds with tensor fields」

開催時期：2006年10月23日

開催場所：東北大学大学院情報科学研究科

<プログラム>

沢井 洋（大阪大学理学研究科）Locally conformal Kaehler structures on compact nilmanifolds with left-invariant complex structures

坊向伸隆（大阪市立大学理学研究科）Symplectic homogeneous spaces and real simple Lie groups

浦川 肇（東北大学情報科学研究科）Invariant projectively flat or flat connections on homogeneous spaces

Stefano Montaldo (Univ. of Cagliari, Italy) On the Weierstrass representation for minimal surfaces in  $H_3$  and  $H^2 \times R$

## 研究発表

(アルファベット順)

日合 文雄

<学会誌等論文>

(1) F. Hiai and X. Zhan, Submultiplicativity vs subadditivity for unitarily invariant norms, *Linear Algebra Appl.* 377 (2004), 155--164.

半正定値行列に対し, ユニタリ不変ノルムの劣乗法性と劣加法性を比較する不等式を示した. また, いくつかの関連するノルム不等式を与えた.

(2) F. Hiai, D. Petz and Y. Ueda, Free transportation cost inequalities via random matrix approximation, *Probab. Theory Related Fields* 130 (2004), 199--221.

ランダム行列近似を手法を用いて, 実数直線上の確率測度に対して, Talagrand の輸送コスト不等式の Biane-Voiculescu による自由確率版をもっと一般の設定で証明した. さらに, 単位円周上の確率測度に対しても, 自由確率論的な輸送コスト不等式を与えた.

(3) F. Hiai, Free analog of pressure and its Legendre transform, *Comm. Math. Phys.* 255 (2005), 229--252.

多変数の非可換確率変数に対する自由確率論的な圧力の概念を定義し, それの Legendre 変換と Voiculescu の自由エントロピーを比較した. これによって自由エントロピー論に新しい観点を導入した.

(4) N. Akiho, F. Hiai and D. Petz, Equilibrium states and their entropy densities in gauge-invariant  $C^*$ -systems, *Rev. Math. Phys.* 17 (2005), 365--389.

スピン  $C^*$ -環のゲージ不変  $C^*$ -部分環上の熱統計力学において, 平行移動不変な状態に対する KMS 条件, Gibbs 条件, 変分原理の同値性を示し, 粗視的一様性と関連したエントロピー密度を考察した.

(5) F. Hiai, D. Petz and Y. Ueda, A free logarithmic Sobolev inequality on the circle, *Canad. Math. Bull.* 49 (2006), 389--406.

ランダム行列近似の手法と特殊ユニタリ群の固有値分布に対する大偏差原理を用いて、単位円周上の確率測度に対する自由確率論的な対数ソボレフ不等式を証明した。

(6) F. Hiai and Y. Ueda, Free transportation cost inequalities for non-commutative multi-variables, *Infin. Dimens. Anal. Quantum Probab. Relat. Top.* 9 (2006), 391--412.

トレース的  $C^*$ -環の枠組みで、多変数の非可換確率変数のトレース的分布に対する自由輸送コスト不等式を証明した。

(7) F. Hiai and D. Petz, A free analogue of the transportation cost inequality on the circle, in *Quantum Probability*, M. Bożejko, W. Młotkowski and J. Wysoczanki (eds.), Banach Center Publications, Vol. 73, 2006, pp. 199--206.

M. Ledoux の手法を用いて、単位円周上の確率測度に対する自由確率論的な輸送コスト不等式の別証明を与えた。

(8) F. Hiai and D. Petz, Large deviations for functions of two random projection matrices, *Acta Sci. Math. (Szeged)* 72 (2006), 581--609.

ユニタリ変換で不変な2個の独立な射影行列のすべての多項式の固有値分布に対する大偏差原理を証明し、レート関数と2個の射影に対する自由エントロピーとの関係を示した。

#### <口頭発表>

[1] F. Hiai, "Equilibrium states and their entropy densities in gauge invariant  $C^*$ -systems," 25th QP Conference "Quantum Probability and Related Topics", June 20-26, 2004, Bedlewo, Poland.

スピン  $C^*$ -環のゲージ不変  $C^*$ -部分環上の熱統計力学において、平行移動不変な平衡状態とエントロピー密度に関する研究を発表した。

[2] F. Hiai, "Free statistical mechanics and free transportation cost inequality," Workshop in Free Probability and Noncommutative  $L_p$  Spaces, August 2-6, 2004, Texas A&M University, USA.

自由圧力と自由エントロピーを基礎とする自由確率論的な統計力学と、自由確率論的な輸送コスト不等式に関する研究を発表した。



[3] F. Hiai, "Free pressure and free entropy," Workshop "Free probability theory", October 9-14, 2004, Banff International Research Station, Canada.

自由圧力と自由エントロピーに関する最近の成果を発表した.

[4] F. Hiai, "Free transportation cost inequality and random matrix approximation," Fejer-Riesz Conference, June 9-13, 2005, Eger, Hungary.

ランダム行列近似の手法に基づく自由輸送コスト不等式などの自由確率路的不等式について発表した.

[5] F. Hiai, "Free transportation cost inequality and free pressure--Problems--," ARCC Workshop "Free Analysis", June 19--23, 2006, American Institute of Mathematics, Palo Alto, USA.

自由輸送コスト不等式と自由圧力に話題について, 未解決問題に焦点を当てて解説した.

[6] 日合文雄 "Orbital approach to free entropy and free entropy dimension," 研究集会「作用素環論の発展」, 2006年9月6-8日, 京都大学数理解析研究所.

自由エントロピーと自由エントロピー次元に対する軌道アプローチに関する最近の成果を発表した.

[7] F. Hiai, "Orbital approach to the microstate free entropy," 9th Workshop "Non-commutative Harmonic Analysis with Applications to Non-commutative Probability", September 29--October 5, 2006, Bedlewo, Poland.

微視的自由エントロピーに対する軌道アプローチについて発表した.

[8] F. Hiai, "Inequalities related to free entropy--Baby Talk--," 9th Workshop "Non-commutative Harmonic Analysis with Applications to Non-commutative Probability", September 29--October 5, 2006, Bedlewo, Poland.

自由エントロピーに関連する各種の不等式に関する概観講演を行った.

[9] F. Hiai, "Orbital approach to free entropy dimension (based on joint work with Y. Ueda and T. Miyamoto)," Luminy conference on random matrices, October 30-November 3, 2006, CIRM, Luminy, France.

自由エントロピー次元に対する軌道アプローチについて発表した.

=====

一山 稔之

<学会誌等論文>

- [1] T. Ichiyama, Einstein-Yang-Mills equations on Weyl manifolds, Journal of the Society for General Academic and Cultural Research, Vol. 7, 2005, 1-46

レビ・チビタ接続で構成されたアインシュタイン・ヤン・ミルズ理論をコンパクトなワイル多様体上に拡張したものです。

<口頭発表>

- [1] 一山稔之, 浦川肇, Bi-Yang-Mills equations on Weyl manifolds, 研究会「大域解析と微分幾何---その情報科学への関わり」, 2006年10月22日, 東北大学大学院情報科学研究科
- [2] 一山稔之, 浦川肇, Bi-Yang-Mills equations on Weyl manifolds, 日本数学会幾何学分科会, 2007年3月, 埼玉大学理学部

=====

伊藤 仁一

<学会誌等論文>

- [1] K. Enomoto, J. Itoh, The total absolute curvature of nonclosed curves in  $S^2$ , Results in Math., 45 (2004) 21-34

球面上の開曲線で与えられた始点始方向終点終方向を満たし絶対全曲率が最小になるものを調べた, 更に, 長さを与えたときについても議論した.

- [2] J. Itoh, R. Sinclair, Thaw: a tool for approximating cut loci on a triangulation of a surface, Experimental Math., 13 (2004) 309-325

凸曲面の最小跡を多面体近似によって描く計算機ソフトを開発し, それを用いて楕円面の任意の点の最小跡が曲率線上の弧になることを予想した.

- [3] K. Enomoto, J. Itoh, The total absolute curvature of nonclosed curves in  $S^2$  II, Results in Math., 45 (2004) 230-240

[1] の続きで与えられた曲線の長さが  $\pi/2$  未満の場合には絶対全曲率最小の開曲線は, 大円弧と小円弧の組合せになることを示した.

- [4] J. Itoh, C. Vilcu, Farthest points and cut loci on some degenerate convex surface, J. of Geometry, 80 (2004) 106-120

単体の double の上と凸多面体の double の場合にその最遠点と最小跡について調べた.

[5] J. Itoh, T. Zamfirescu, On the length of the cut locus for finitely many points, *Advanced Geometry*, 5 (2005) 97-106

曲面上の有限個の点集合の最小跡の長さについて議論した. 特に、「滑らかな凸曲面上の 3 点以上の点集合の最小跡の長さは、直径の半分よりは長くなる。」という予想について考察した.

[6] J. Itoh, Gauss-type curvatures and tubes for polyhedral surfaces, *Kumamoto J. Math.*, 18 (2005), 51-56

ガウスの驚異の定理とワイルの Tube の体積公式のアナロジーを多面体の場合に考察した.

[7] Jin-ichi Itoh and Fumiko Ohtsuka, Total curvature of noncompact piecewise Riemannian 2-polyhedra, *Tsukuba J. Math.*, 29 (2005), 471-493

非コンパクトな 2 次元の区分的リーマン多面体に全曲率を定義し, 開曲面の Cohn-Vossen の定理や等周定理の拡張を考察した.

[8] J. Itoh, T. Zamfirescu, Simplicies passing through a hole, *J. of Geometry*, 83 (2005), 65-70

辺の長さ 1 の 3 次元単体を通り抜けることが出来る平面の小さな穴で, 直径と幅が最小となるものを構成した. 4, 5 次元の場合も考察した.

[9] J. Itoh, W. Kyncl, Tightness of Graphs - , *Review Roumaine Mathematique Pures et Appliques*, 51 (2006), 1-19

グラフのユークリッド空間への埋め込みの tightness を調べた. 例えば, 3 連結グラフに関して  $m-1$  次元に tight immersion をもつことと  $K_m$  の細分を含むことと同値 当の結果を得た.

[10] J. Itoh, Y. Tanoue, T. Zamfirescu, Tetrahedra passing through a circular or square hole, *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, Suppl. 77 (2006), 349-354

[8] の問題の穴を円形と正方形の場合に制限して, その最小の場合を決定した.

[11] J. Itoh, C. Vîlcu, On the length of simple closed quasigeodesics on convex surfaces, *Comptes Rendus Math.*, 343 (2006), 259-264

凸曲面上で単純閉擬測地線の長さ、直径と面積を使ったある不等式を示し、それを用いて色々な不等式を考察した。

[12] J. Itoh T. Zamfirescu, Acute triangulations of the regular dodecahedral surface, to appear European J. of Combinatorics

正20面体の表面は12個の鋭角三角形に三角形分割でき、それ以下にはできないことを示した。

[13] J. Itoh, T. Sakai, Cut loci and distance functions, Math. J. of Okayama Univ., to appear

リーマン多様体の最小跡の構造を、距離関数の非退化性等の少し強い条件下で考察し、距離関数のモース理論を議論した。

#### <口頭発表>

[1] J. Itoh (with K. Wakamatsu), Total curvature of shortest curves on rotated convex surfaces, Convexity and Discrete Geometry -A Conference on the occasion of 60' th Birthday of Tudor Zamfirescu, July 2004, Budapest, Hungary

[2] J. Itoh (with K. Kiyohara), On the cut loci of generalized quadric surfaces, 9' th International Conference on Discrete Mathematics, August 2004, Dortmund, Germany

[3] J. Itoh (with K. Kiyohara), On the cut loci of generalized quadric surfaces, 9' th International Conference on Differential Geometry and its Applications, September 2004, Prague, Czech Republic

[4] J. Itoh (with T. Zamfirescu), Simplices passing through a hole, 5' th International Conference: Stochastic geometry Convex bodies Empirical measures & Applications to Engineering Medical and Geo-Sciences, September 2004, Palermo, Italy

[5] 伊藤仁一, T. Zamfirescu, On the length of the cut locus for finitely many points, 日本数学会秋季総合分科会幾何学分科会, 2004年9月, 北海道大学

[7] 伊藤仁一, 清原一吉, リウヴィル曲面におけるカットローカス, 種々の幾何構造と部分多様体, 2005年3月, 名城大学

[8] 伊藤仁一, Acute triangulations and some topics of intuitive geometry, 鹿児島大学教育学部談話会, 2005年3月

- [9]伊藤仁一, 清原一吉, リウヴィル曲面におけるカットローカス, 日本数学会年会幾何学学科会, 2005年3月, 日本大学
- [10]J. Itoh (C. Vilcu or K. Kiyohara), Farthest points and cut loci on surfaces, The 5'th Conference of Balkan Society of Geometry, August 2005, Mangaria, Romania
- [11]J. Itoh (with K. Kiyohara or C. Vilcu), Cut loci and farthest points on surfaces, Geometry seminar at T. U. Denmark, September 2005, Copenhagen, Denmark
- [12]家入幸喜, 伊藤仁一, Costin Vilcu, Locating farthest points on convex surfaces, 日本数学会秋季総合分科会幾何学学科会, 2005年9月, 岡山大学
- [13]J. Itoh (with K. Ieiri and C. Vilcu), Locating farthest points on convex surfaces, International Workshop on Differential Geometry, Saga University, December 2005, Saga, Japan
- [14]伊藤仁一, Costin Vilcu, Geodesic Characterizations of isoceles Tetrahedra, 等質空間の幾何学的諸相, 2006年3月, 名城大学
- [15]J. Itoh (with K. Enomoto, K. Kiyohara or C. Vilcu), Several topics of space curves and geodesics, Geometry seminar at T. U. Denmark, March 2006, Copenhagen, Denmark
- [16]榎本一之, 伊藤仁一, Robert Sinclair, 閉じていない空間曲線の絶対全曲率, 日本数学会年会幾何学学科会, 2006年3月, 中央大学
- [17]Jin-ichi Itoh (with Imre Bárány, Costin Vîlcu and Tudor Zamfirescu), Every point is critical, Workshop on Geometric and Topological Combinatorics, September 2006, Alcala de Henares, Spain,
- [18]伊藤仁一, Imre Bárány, Costin Vîlcu, Tudor Zamfirescu, Every point is critical, 日本数学会秋季総合分科会幾何学学科会, 2006年9月, 大阪市立大学
- [19]J. Itoh (with K. Kiyohara, C. Vilcu), Cut locus and geodesics on convex surfaces, Geometry seminar at Kiel Univ., December 2006, Kiel, Germany
- [20]J. Itoh (j. w. with K. Kiyohara, C. Vilcu), Cut locus and several topics of Intuitive geometry, Geometry seminar at Dortmund Univ., January 2007, Dortmund, Germany

[21]伊藤仁一 (j. w. with Imre Bȳ'arȳ'any, Costin Vȳ^ȳi lcu ȳ& Tudor Zamfirescu), Every point is critical, 幾何構造と部分多様体の交差する領域, 2007年3月, 名城大学 (予定)

[22]伊藤仁一, Costin Vȳ^ȳi lcu , On the length of simple closed quasigeodesics on convex surfaces, 日本数学会年会幾何学分科会, 2007年3月, 埼玉大学(予定)

=====

勝田 篤

<学会誌等論文>

[1] Anderson, Michael; Katsuda, Atsushi; Kurylev, Yaroslav; Lassas, Matti; Taylor, Michael; Boundary regularity for the Ricci equation, geometric convergence, and Gel'fand's inverse boundary problem. Invent. Math. 158 (2004), no. 2, 261--321.

[2] Katsuda, Atsushi; Kurylev, Yaroslav; Lassas, Matti; Stability and reconstruction in Gel'fand inverse boundary spectral problem. New analytic and geometric methods in inverse problems, 309--322, Springer, Berlin, 2004.

[3] Katsuda, Atsushi; Kurylev, Yaroslav; Lassas, Matti; Stability of boundary distance representation and reconstruction of Riemannian manifolds, Inverse Problems and Imaging 1 (2007) no. 1 135--157.

<口頭発表>

[1] 勝田 篤 : Gel'fand のスペクトル逆問題の安定性について  
日本数学会特別講演 日本大学 2005年3月30日

[2] A. Katsuda: On the stability of the Gel'fand inverse spectral problem  
Spectral Analysis, Global Analysis and PDE 2005, Keio Univ. 2005年5月13日

[3] 勝田 篤 : Gel'fand のスペクトル逆問題の安定性について  
東北大学幾何セミナー 東北大学 2005年6月28日

=====

小谷 元子

<学会誌等論文>

[1] Kotani, Motoko; Sunada, Toshikazu, Large deviation and the tangent cone at infinity of a crystal lattice, *Math. Z.*, Vol. 254, (2006), no. 4, 837--870.

[2] Kotani, Motoko, An asymptotic of the large deviation for random walks on a crystal lattice. *Discrete geometric analysis*, 141--152, *Contemp. Math.*, 347, *Amer. Math. Soc., Providence, RI*, 2004. (Reviewer: Wolfgang

[3] Kotani, Motoko; Sunada, Toshikazu, Spectral geometry of crystal lattices. *Heat kernels and analysis on manifolds, graphs, and metric spaces (Paris, 2002)*, 271--305, *Contemp. Math.*, 338, *Amer. Math. Soc., Providence, RI*, 2003.

=====

久村 裕憲

<学会誌等論文>

[1] On the essential spectrum of the Laplacian and vague convergence of the curvatures at infinity, *Communications in Partial Differential Equations*, **30** (2005), 1555-1565.

無限遠における曲率の平均とラプラシアンの実性スペクトルとの間の関係を研究した。

<口頭発表>

[1] 慶応義塾大学21世紀COEプログラム「統合数理科学：現象解明を通じた数学の発展」Stochastic analysis, Geometry and related topics, 2004年6月9日～11日, 慶応義塾大学日吉キャンパス来往舎 大会議室「An observation on integral curvature and essential spectrum problem」

無限遠における放射曲率の平均と実性スペクトルの間の関係について

[2] 日本数学会 2004年度(秋季)年会 幾何学学科会2004年9月, 北海道大学, 「On the essential spectrum of the Laplacian and vague convergence of the curvature at infinity」

無限遠における放射曲率の平均と実性スペクトルの間の関係について

[3]多様体上の微分方程式, 2004年12月6日(月)10:20~8日(水)12:20, 金沢大学サテライト・プラザ講義室, 「ラプラシアンの本質的スペクトラムと無限遠における曲率の弱収束」

無限遠における放射曲率の平均と真性スペクトルの間の関係について

[4] 名古屋微分幾何研究集会2004, 2004年12月18日(土)~21日(火), 名古屋大学野依記念学術交流館「A note on the essential spectrum of the Laplacian and vague convergence of the curvature at infinity」

無限遠における放射曲率の平均と真性スペクトルの間の関係について

[5] 研究集会「大域解析学と大域幾何学」 (Global Analysis and Global Geometry in Sendai, 2005), 2005年 2月 7日(月)午前~ 2月10日(木)午前, 東北大学大学院情報科学研究科数学教室情報科学研究科棟(青葉山キャンパス)2階大講義室, 「A note on the essential spectrum of the Laplacian and weak convergence of the curvature at infinity」

無限遠における放射曲率の平均と真性スペクトルの間の関係、さらに、固有値の非存在定理について

[6]東京理科大学理工学部談話会, エンドの幾何と連続スペクトル内の固有値の非存在, 平成 17年 5月 20日(金) 16:30 ~ 17:30, 数学科セミナー室,

多様体の(1つ)のエンドの幾何と真性スペクトル内における固有値の非存在定理について

[7]岡山大学, 2005年7月6日(水) 16時~17時30分 場所: 幾何学セミナー室(A308) 談話会「Endの幾何と真性スペクトル内の固有値の非存在」

多様体の(1つ)のエンドの幾何と真性スペクトル内における固有値の非存在定理について

[8]「Kunitachi One-Day Symposium on Geometric Analysis」, 2005年7月9日(土), 一橋大学佐野書院, 「Endの幾何と本質的スペクトル内における固有値の非存在について」,

多様体の(1つ)のエンドの幾何と真性スペクトル内における固有値の非存在定理について

[9]日本数学会2005年度秋季総合分科会幾何学分科会, 2005年9月19日(月) 15時45分~16時45分 場所: 岡山大学 特別講演,



End の幾何と本質的スペクトル内の固有値の非存在, 多様体の (1 つ) のエンドの幾何と真性スペクトル内における固有値の非存在定理について

[10]研究集会「多様体上の微分方程式」, 2005 年 12 月13 日 (火) 13 時 30 分~14 時30 分, 金沢大学サテライト・プラザ講義室, 「真性スペクトル内の固有値の非存在と Ruelle の定理」,

多様体の (1 つ) のエンドの幾何と真性スペクトル内における固有値の非存在定理と、さらに、量子力学における Ruelle の定理について

[11]研究集会「スペクトル・散乱理論とその周辺」, 2006 年 1 月17 日 (火) 16 時 50 分~17 時40 分, 数理解析研究所 4 階 420 号室, 「End の幾何と真性スペクトル内の固有値の非存在」,

多様体の (1 つ) のエンドの幾何と真性スペクトル内における固有値の非存在定理について

[12]研究集会「リーマン幾何と幾何解析」, 2006 年 2 月17 日 (金) 14 時 00 分~17 時00 分, 筑波大学, 「真性スペクトル内における固有値の非存在と量子力学における Ruelle の定理」,

多様体の (1 つ) のエンドの幾何と真性スペクトル内における固有値の非存在定理と、さらに、量子力学における Ruelle の定理について

[13]研究集会「リーマン幾何と幾何解析」, 2006 年 7 月18 日 (火) 14 時 45 分~16 時15 分, 名古屋大学幾何セミナー, 「様々なエンドを持つ多様体上のラプラシアン--極限吸収原理と絶対連続性--」,

様々な放射曲率を持つエンド達の幾何と、ラプラシアンの極限吸収原理と絶対連続性、さらに、量子力学における Ruelle の定理について

[14]日本数学会秋季総合分科会, 2006 年 9 月20 日 (水), 大阪市立大学, 「様々なエンドを持つ Riemann 多様体上の極限吸収原理とラプラシアンの絶対連続性」,

様々な放射曲率を持つエンド達の幾何と、ラプラシアンの極限吸収原理と絶対連続性、さらに、量子力学における Ruelle の定理について

[15]Workshop「Geometric Analysis, Sendai 2007」, 2007 年 1月1月14日 (日), 仙台国際センター小会議室 2, 「Radial curvature of ends and spectral structure of the Laplacian」,

様々な放射曲率を持つエンド達の幾何と、ラプラシアンの極限吸収原理と絶対連続性、さらに、量子力学における Ruelle の定理について

=====

梁松

< 学会誌等論文 >

- [1] A Bounded Property for Gradients of Diffusion Semigroups on Euclidean Spaces, J. Funct. Anal. 216 (2004), 71–85
- [2] Precise Estimations related to Large Deviations, Recent Developments in Stochastic Analysis and Related Topics (Proceedings of the First Sino-German Conference on Stochastic Analysis, a satellite Conference of ICM 2002, Beijing), 2004, 257–270, World Scientific
- [3] A Remark on different Lattice Approximations and Continuum Limits for  $\phi_2^4$ -fields, with S. Albeverio, Random Oper. Stochastic Equations 12 (2004), no. 4, 313–318.
- [4] A New Lattice Approximation for Hoegh-Krohn's Quantum Field Model, with S. Albeverio, Reports on Mathematical Physics, 54(2004), 149–157
- [5] Asymptotic Expansions for the Laplace Approximations of Sums of Banach Space-Valued Random Variables, with S. Albeverio, Annal of Probability 33(2005), 300–336
- [6] Laplace Approximations of the Large Deviations for Diffusion Processes on Euclidean Spaces, J. Math. Society Japan 57 (2005), 557–592
- [7] A Limit Theorem for the Wick Exponential of the Free Lattice Fields, with S. Albeverio, Markov Processes and Related Fields 11 (2005), 157–164
- [8] Laplace approximations for diffusion processes, Infinite Dimensional Harmonic Analysis III, (Proceedings of the Third German-Japanese Symposium), 2005, 187–195, World Scientific
- [9] Remark on the integration by parts formula for the  $\phi_3^4$ -quantum field model, with S. Albeverio, B. Zegarlinski, Infinite dimensional analysis, quantum probability and related topics, Vol. 9, No. 1 (2006), 149–154
- [10] A note on the renormalized square of free quantum fields in space-time dimension  $d \geq 4$ , with S. Albeverio, Bulletin des Sciences Mathematique, Volume 131, Issue 1 (2007), 1–11

## 内容の説明

- (1) 1. 2. 5. 6. 8. は大偏差原理の精密評価、特にラプラス近似及びその漸近展開に関する内容である。
- (2) 3. 4. 7. は量子場のラテス近似、特にフリー項と相互作用項に異なるラテス近似を用いる場合についての研究である。
- (3) 9. 10. は高次元量子場に関する研究結果である。

## <口頭発表>

[1] 5th Tunisia-Japan Symposium on Culture, Science and Technology, Tunis, May 24--26, 2004, Precise Estimations related to Large Deviation Principles  
内容(1)に関する発表です

[2] The 3rd Workshop on Markov Processes and Related Topics, Beijing Normal University (China) Aug. 10--14, 2004, A Bounded Property for Gradients of Diffusion Semigroups on Euclidean Spaces, 内容(1)に関する発表です

[3] The 2005 Abel Symposium (Stochastic Analysis and Applications - A Symposium in Honor of Kiyosi Ito), Oslo (Norway) July 29 - August 4, 2005, A Lattice Approximation for H $\phi$ o egh-Krohn's quantum field model  
内容(2)に関する発表です

[4] ICM (International Congress of Mathematicians) 2006, Madrid (Spain), Aug. 22--30, 2006, A mechanical model of Markov processes

”拡散過程の古典力学による導出”に関する結果です

[5] Stochastic Analysis and Applications, Kyoto (Japan), Sep. 11--15, 2006  
A mechanical model of Markov processes

”拡散過程の古典力学による導出”に関する結果です

=====

宗政 昭弘

## <学会誌等論文>

[1] Directed strongly regular graphs via coherent algebras,  
Linear Algebra Appl., 377 (2004), 83--109 (with Mikhail Klin,  
Mikhail Muzychuk and Paul-Hermann Zieschang).

これまで詳しく研究されて来た強正則グラフの概念を初めて向きのあるグラフに拡張した。このようなグラフの基本的な性質、固有値など代数的

性質を明らかにし、他の組合せ構造から得られる例を挙げて今後の研究の出発点となった。

[2] Spherical 5-designs obtained from finite unitary groups, European J. Combin., 25 (2004), 261--267.

有限古典群から得られる球面上の配置の中で、唯一 4 元体上のユニタリ群からのみ、例外的に良い配置が得られることを明らかにした。

[3] Extremal self-dual  $[40, 20, 8]$  codes with covering radius 7, Finite Fields and Their Applications, 10 (2004), 183--197 (with Masaaki Harada and Kenichiro Tanabe).

Extremal な重偶自己双対符号のうち被覆半径の取りうる値が分かっていない最小の長さである  $[40, 20, 8]$  code は、その同型類が 1 万個以上あることが知られていて、そのほとんどが被覆半径 8 を持つと考えられている。これまで被覆半径 7 を持つ code がただ一つ見つかったが、この論文ではそのような例をもう一つ見つけている。どちらも大きな自己同型群を持つ例外的な code であると考えられる。

[4] On a 5-design related to an extremal doubly-even self-dual code of length 72, J. Combin. Theory, Ser. A, 107 (2004), 143--146 (with Masaaki Harada, Masaaki Kitazume).

Extremal な重偶自己双対符号のうち存在がわかっていない最小の長さである  $[72, 36, 16]$  code の存在が、ある性質を持った 5-design の存在と同値であることを示した。

[5] A new quasi-symmetric  $2-(56, 16, 6)$  design obtained from codes, Discrete Math., 29 (2004), 231--234 (with Vladimir D. Tonchev).

有限群を用いて、これまで知られていた例とは非同型な quasi-symmetric  $2-(56, 16, 6)$  design を発見した。

[6] The nonexistence of certain tight spherical designs, With an appendix by Y.-F. S. Peyerlmann, Algebra i Analiz, 16 (2004), 1--23 (with Eiichi Bannai and Boris Venkov).

長い間存在問題が未解決であった、tight spherical 5-designs, 7-designs について そのうち無限に多くの場合について非存在を示した。特に 5-design については 特殊な強正則グラフの存在と同値でもあり、それを示すのに整数格子

と保型形式の理論を用いなければならなかったことに、これまで未解決だった理由があると思われる。

[7] On some self-dual codes and unimodular lattices in dimension 48, European J. Combin., 26 (2005), 543--557 (with Masaaki Harada, Masaaki Kitazume and Boris Venkov).

48次元の code とそれに関連する格子、およびそれぞれの neighbor の持つ性質について調べた。特に、重偶でない  $[48, 24, 10]$  code とその類似である odd unimodular lattice について、これまで知られていなかった性質を明らかにした。

[8] A characterization of designs related to an extremal doubly-even self-dual code of length 48, Annals of Combinatorics, 9 (2005), 189--198 (with Masaaki Harada, Vladimir Tonchev).

Extremal な重偶自己双対符号からは 5-design が得られることが知られている。このような 5-design の持っている性質に注目し、Extremal  $[48, 24, 12]$  code から得られる design を特徴づけることができた。

[9] Some restrictions on weight enumerators of singly even self-dual codes, IEEE Trans. Inform. Theory, 52 (2006), 1266--1269 (with Masaaki Harada).

Conway と Sloane によって得られた自己双対符号の weight enumerator の可能性の表のうち、いくつかは組合せ論的議論によって排除できることを示した。

[10] Hyperplane partitions and difference systems of sets, J. Combin. Theory, Ser. A, 113 (2006), 1689--1698. (with Ryoh Fuji-Hara and Vladimir Tonchev).

情報通信に応用できると考えられる difference systems of sets と呼ばれる組合せ構造の例が有限射影幾何を用いて構成できることを示した。

#### <口頭発表>

[1] “Extremal lattices and spherical designs,” Com $\{\}$ <sup>2</sup>MaC Conference on Association Schemes, Codes and Designs, 2004年7月21日, 釜山国立大学.

論文[4]と格子の場合の類似として、球面上の 11-design と Leech 格子、および存在が分かっていない 72 次元の格子との関係について述べた。

[2] Association schemes and spherical designs, Com $\{\}$ <sup>2</sup>MaC Workshop on Distance-Regular Graphs and Finite Geometry, 釜山国立大学, 2004年7月24日.

格子から得られる球面上の  $t$ -design の例から、それを含む無限系列を作ることを目標として、知られている例の新しい組合せ論的な解釈を与えた。

[3] Singer difference sets and difference system of sets, 「実験計画とその周辺における数理解析の解明とその応用II」, ウェルサンピア伊勢, 2004年11月18日. 論文 [10] の内容について.

[4] Difference systems of sets over finite projective spaces, 組合せ論ミニ集会, 九州大学 2005年3月7日. 論文 [10] の内容について.

[5] Spherical designs and extremal lattices, Conference on Groups and Lie algebras, 上智大学 2005年3月10日. 講演(1)とほぼ同様.

[6] Binary singly even self-dual code に関連した extremal problem, 組合せデザインとその周辺における数理的基礎およびそれらの応用, 京都大学数理解析研究所共同研究集会 2005年8月4日. 論文 [9] の内容について.

[7] “Extremal lattices and spherical designs,” Geometric and Algebraic Combinatorics 3, Oisterwijk, the Netherlands, 2005年8月15日.

講演(1)とほぼ同様.

[8] Self-orthogonal designs, 代数的組み合わせ理論とその周辺, 京都大学数理解析研究所共同研究集会, 2005年10月4日.

論文[8]と同様の問題を一般の長さに考えた場合、saturated と呼ばれる概念を導入し、saturated の場合も unsaturated の場合も別の方法で強い結論が得られることを示した.

[9] Covering radii of extremal binary doubly even self-dual codes, Asian Symposium on Computer Mathematics, Korea Institute for Advanced Study, 2005年12月10日.

重偶自己双対符号の被覆半径について、Delsarte bound と実際の値を比べて見ると、長さ 56, 64 の場合に違いが出てくることがわかった。この結論を得るために必要となった自己同型群を用いた計算の効率化について述べた。

[10] “Combinatorial structures derived from extremal even unimodular lattices,” Algebra and Combinatorics, Ateneo de Manila University, the Philippines, 2006年4月1日. 講演(1)とほぼ同様.

[11] “球面上のデザイン,” 組合せ理論とその情報科学への応用, 京都大学数理解析研究所, 2006年9月14日.

球面上のデザインの入門から始めて、典型的な具体例の構成、定義の言い換えなどを述べ、射影空間上でのデザインが量子情報理論において注目されていることを述べた、サーベイ講演。

[12] On graphs with complete multipartite  $\mu$ -graphs, Korea-Japan Workshop on Algebra and Combinatorics, Pusan National University, 2007年2月10日.

完全多部グラフを  $\mu$ -graph に持つグラフの一般論を展開することによって Juriyev-Koolen の問題を肯定的に解決した。

=====

大塚 富美子

<学会誌等論文>

[1] Fumiko Ohtsuka, Structure of flat piecewise Riemannian 2-polyhedra, Math. J. Ibaraki Univ. , 36, 2004, 57-64

[2] Fumiko Ohtsuka, Erratum to: “Structure of flat piecewise Riemannian 2-polyhedra”, Math. J. Ibaraki Univ. , 37, 2005, 107-114

[3] Jin-ichi Itoh and Fumiko Ohtsuka, Total curvature of noncompact piecewise Riemannian 2-polyhedra, Tsukuba J. Math. 29, 2005, 471-493

[1] の内容：定曲率多面体の分類を研究するための手始めとして、平坦性を定義し、そのような多面体はある木(tree)と  $\mathbb{R}$  との直積であることを示した。内容としては、2005年 Tsukuba J. 掲載の論文に続く研究である。

[2] の内容：前記論文が、編集上のミスにより誤植が多数となったため、全文掲載し直しとなったものである。

[3] の内容：区分的リーマン計量を持つ非コンパクトな2次元多面体上に2種類の全曲率（リーマン多様体のアナロジーとしての全曲率と、より弱い意味での全曲率）を定義し、強い意味での全曲率に対してはCohn-Vossen 型の定理が成り立つが、弱い意味での全曲率では成立しないことを示し、その反例を与えた。

<口頭発表>

[1] 大塚富美子、2005年1月9日、Open Surface 上の閉測地線の数について、小研究会「測地線及び関連する諸問題」（熊本大学教育学部：1月8日～9日）

[2] 大塚富美子、2005年11月7日、閉測地線の数について—Thorborgsson と Bangert の結果の紹介を含めて—、熊本大学幾何セミナー  
=====

陶山 芳彦

<学会誌等論文>

[1] Y. SUYAMA, Conformally flat hypersurfaces in Euclidean 4-space II, Osaka J. Math. Vol. 42, (2005), 573-598.

4次元ユークリッド空間内の共形平坦な超曲面は、Guichard net と呼ばれる特別な座標系を持ち、この座標系により、その第一基本量は特別な形に表される。また、この特別な形の計量の共形同値類は、1つの関数を定める事により決まる。この論文では、このような共形同値類に対してただ1つ決まる関数を探す1つの方法を提案した。また、以前から知られていた共形平坦な超曲面について、この関数の特徴と超曲面の内的・外的な幾何学的特徴づけを行なった。更に、関数の性質が以前から知られていた超曲面のものと異なるものを見つけ、これらの関数から決まる計量を持つ一連の共形平坦な超曲面を構成をした。

[2] Y. SUYAMA, A classification and a non-existence theorem for Conformally flat hypersurfaces in Euclidean 4-space, International J. Math. Vol. 16(2005), 53-85.

上の論文[1] で扱った4次元ユークリッド空間内の新しい共形平坦な超曲面について、その外的な幾何学的特徴を調べた。そして、これらの超曲面は、3次元ユークリッド空間と3次元球面の定曲率曲面を基として作られることを示し、これらを共形同値類により分類した。

[3] U. H. JEROMIN and Y. SUYAMA, Conformally flat hypersurfaces with cyclic Guichard net, to appear in International J. Math.

4次元ユークリッド空間内の共形平坦な超曲面の存在問題は、論文[1]の概要で述べた“Guichard net の存在と同値である”ことを示した。即ち、特別な計量の共形同値類に定まる関数に対し、必ず共形平坦な超曲面が存在する。また、論文[2]で扱った超曲面の内的な幾何学的特徴づけを行い、これらの超曲面の中



には3次元 hyperbolic space の定曲率曲面を基として作られるものが存在することを示した。これは、論文[2]の分類で落としていた超曲面を補ったもので、これにより論文[1]で見つけた(内的・外的な幾何学的特徴を持つ)超曲面の完全な分類が完成した。また、この論文で、共形平坦な超曲面の研究は“メビウス幾何として考察する方が考え易くなる”ということを提案した。

#### <口頭発表>

[1] Y. SUYAMA: Conformally flat hypersurfaces in Euclidian 4-space, 幾何学唐津研究集会、2005年10月23-26日。

=====

高橋 淳也

#### <学会誌等論文>

[1] Vanishing of cohomology groups and large eigenvalues of the Laplacian on  $p$ -forms, Math. Zeit. 250 (2005), 43-57.

ある特殊な崩壊の下で、微分形式に作用する Laplacian の固有値が無限大に発散することを、微分形式の次数とある種のファイバーのコホモロジー群の消滅によって、完全に特徴づけすることを行った。

[2] The gap of the eigenvalues for  $p$ -forms and harmonic  $p$ -forms of constant length, J. Geom. Phys. 54 (2005), 476-484.

長さ一定の調和  $p$ -形式が存在する多様体(例えば、等質空間)において、常に関数に作用する Laplacian の固有値の方が、 $p$ -形式に作用する Laplacian の固有値よりも大きいことを示した。

[3] Collapsing to Riemannian manifolds with boundary and the convergence of the eigenvalues of the Laplacian, Manuscripta Math. 121 (2006), 191-200.

論文1の状況において、関数に作用する Laplacian の固有値の収束を、 $L^2$ -解析を用いて、証明した。

#### <口頭発表>

[1] 崩壊における  $p$ -form の大きい固有値とコホモロジー群の消滅, 微分幾何学火曜セミナー, 筑波大学, 2004年6月8日.

[2] 崩壊における  $p$ -form の大きい固有値とコホモロジー群の消滅, 微分トポロジーセミナー, 京都大学, 2004年6月29日.

- [3] Small eigenvalues on  $p$ -forms of collapsing of the even dimensional spheres, Séminaire de théorie spectrale et géométrie, Univ. de Neuchâtel, Switzerland, 18 August 2004.
- [4] Vanishing of cohomology groups and large eigenvalues of the Laplacian on  $p$ -forms, Séminaire de théorie spectrale et géométrie, Univ. de Neuchâtel, Switzerland, 20 August 2004.
- [5] The gap between the first eigenvalues of the Laplacian on function and  $p$ -forms, Séminaire de théorie spectrale et géométrie, Univ. de Neuchâtel, Switzerland, 24 August 2004.
- [6] The gap between the first eigenvalues of the Laplacian on function and  $p$ -forms, Univ. de Tours, France, 10 September 2004.
- [7] Vanishing of cohomology groups and large eigenvalues of the Laplacian on  $p$ -forms in collapsing, Analytic aspects of problem in Riemannian geometry, Brest, France, 13 May 2005.
- [8] Vanishing of cohomology groups and large eigenvalues of the Laplacian on  $p$ -forms in collapsing, Séminaire de Géométrie Univ. de Nantes, France, 27 May 2005.
- [9] Riemann 多様体の崩壊と  $p$ -form の大きい固有値, Kunitachi One-Day Symposium on Geometric Analysis, 一橋大学, 2005年7月9日.
- [10] Riemann 多様体の崩壊と  $p$ -form の大きい固有値, 第52回幾何学シンポジウム, 福岡大学, 2005年8月23日.
- [11] Collapsing, surgery and the first eigenvalues of the Laplacian on  $p$ -forms, Geometry and Probability, Tohoku Univ., 6 September 2005.
- [12] Riemann 多様体の崩壊と微分形式の固有値 1, 2, 広島幾何学研究集会, 広島大学, 2005年10月7日.
- [13] Vanishing of cohomology groups and large eigenvalues of the Laplacian on  $p$ -forms, International Workshop on Differential Geometry, Saga Univ., 24 December 2005.
- [14] 区間への崩壊と Laplacian の固有値の収束, 幾何セミナー, 東北大学理学部, 2006年4月18日.

=====

田谷 久雄

<学会誌等論文>

[1] Hisao Taya and Gen Yamamoto, Notes on certain real abelian 2-extension fields with  $\lambda_2 = \mu_2 = \nu_2 = 0$ , Trends in Math. 9 (2006), no. 1, 81--89.

実アーベル体のイデアル類群の2-Sylow部分群に付随する岩澤加群が自明になるものをすべて決定した。また、すべての実2次体の中でそのような実2次体の密度を求めた。

[2] 田谷久雄, 代数体の類数の非可除性について, 第3回北陸数論小研究集会報告集 (2005), 60--83.

実2次体を中心とした類数の可除性および岩澤不変量の自明性についての考察を行い、特に $p=3$ の場合に得られた我々の密度の下限評価が実際に予測される密度に対して非常に良い評価になっていることを検証した。

[3] 田谷久雄, 山本現,  $\lambda_2 = \mu_2 = \nu_2 = 0$ となる実アーベル2-拡大体について, 第1回・第2回室蘭数論研究集会報告集 (2007), 146--161.

アーベル体の中心拡大体のガロア群の考察を行い、 $p=2$ に関する実アーベル体のイデアル類群に付随する岩澤不変量がすべて零となるものの特徴付けを行った。

<口頭発表>

[1] 田谷久雄, 代数体の類数の非可除性について, 北陸数論小研究集会, 金沢大学サテライトプラザ, 2004年12月26日~27日,

実2次体を中心とした類数の可除性および岩澤不変量の自明性についての考察を行い、特に $p=3$ の場合に得られた我々の密度の下限評価が実際に予測される密度に対して非常に良い評価になっていることを検証した。

[2] 田谷久雄, 全単数群を用いたイデアル類群の汎用アルゴリズムについて (An algorithm for computing ideal class groups and unit groups) [企画講演], 日本応用数理学会2005年度年会, オーガナイズドセッション「数論アルゴリズムとその応用」, 東北大学青葉山キャンパス, 2005年9月23日~25日

代数体のイデアル類群の、構造も含めた計算アルゴリズムについての紹介、および、実際の計算について必要となる基本情報や計算量についての考察を行った。

[3] Hisao Taya, Gen Yamamoto, On certain real abelian fields with  $\lambda_2=\mu_2=\nu_2=0$  [招待講演], 日韓整数論セミナー, Korea-Japan Number Theory Seminar, KAIST, Daejeon, Korea, 2006年1月5日～8日.

実アーベル体のイデアル類群の2-Sylow部分群に付随する岩澤加群が自明になるものをすべて決定した。また、すべての実2次体の中でそのような実2次体の密度を求めた。

[4] 田谷久雄, 山本現,  $\lambda_2=\mu_2=\nu_2=0$ となる実アーベル2拡大体について[招待講演], 第2回室蘭数論研究集会, 室蘭工業大学, 2006年10月28日～29日.

アーベル体の中心拡大体のガロア群の考察を行い、 $p=2$ に関する実アーベル体のイデアル類群に付随する岩澤不変量がすべて零となるものの特徴付けを行った。

[5] Hisao Taya, A note on the density of real quadratic fields with  $\lambda_2=\mu_2=\nu_2=0$ , 国際研究集会「確率論と数論2005」, International Conference on Probability and Number Theory 2005, Poster Session, 金沢市、金沢読売会館 : 2005年6月20日～24日.

実2次体で $p=2$ に関する岩澤不変量がすべて零なるものを決定し、すべての実2次体の中でのそのような実2次体の密度評価を与えた。

[6] Hisao Taya, Gen Yamamoto, Certain real abelian  $2$ -extensions with  $\lambda_2=\mu_2=\nu_2=0$ , 国際数学者会議 2006, International Congress of Mathematicians 2006, Poster Sessions, Madrid, Spain : 2006年8月22日～30日.

実アーベル体のイデアル類群の2-Sylow部分群に付随する岩澤加群が自明になるものをすべて決定した。また、虚なアーベル体でも同様の議論ができることを紹介した。

=====

浦川 肇

<学会誌等論文>.

[1] Masaki Jumonji and Hajime Urakawa, Visualization of the eigenvalue problem of the Laplacian on compact embedded surfaces and its applications. the Proc. analytic aspects of problems in Riemannian geometry held at Brest, France, May, 2005, the Proceedings of Societe Math de France 発表受理.

平面上または、3次元ユークリッド空間内の2次元曲面の誘導計量に関するラプラシアン、ディリクレまたはノイマン境界値固有値問題の固有値と固有関数について有限要素法により数値計算を行ない、その画像をコンピュータ・グラフィックスで可視化した。

[2] Elisabetta Barletta, Sorin Dragomir and Hajime Urakawa, Yang-Mills fields on CR manifolds, J. Math. Physics, 47(2006), 083504, 1-41.

CR多様体  $M$  上の擬ヤングミルズ接続の概念を導入し、それが  $M$  上の標準的なサークル束上のヤングミルズ接続と1対1に対応することを示した。また、擬ヤングミルズが擬ヤングミルズ汎関数の臨界点になること、擬ヤングミルズ汎関数の第二変分公式を与えた。

[3] Hajime Urakawa, Convergence rates to equilibrium of the heat kernels on compact Riemannian manifolds, Indiana Univ. Math. J., 55(2006), 259-288. コンパクトリーマン多様体上の熱核は、時刻が無限大になると定常解に収束する。この収束率を考察し、収束率がリーマン多様体の種々の幾何学的な量に自然に依存し、連続的に変化すること、また、その評価を行なった。

[4] Cornelia-Livia Bejan and Hajime Urakawa, Yang-Mills fields analogue of biharmonic maps. Topics in almost Hermitian geometry and related fields, 41-49, World Sci. Publ., Hackensack, NJ, 2005.

調和写像はエネルギー汎関数の臨界点として定式化されているが、二階微分のエネルギー汎関数の臨界点を bi-harmonic という。そのゲージ場のアナロジーとして、第2ヤングミルズ汎関数の臨界点として第2ヤングミルズ場が定義されることを示した。

[5] Hajime Urakawa, The heat kernel and the Green kernel of an infinite graph. Discrete geometric analysis, 245-258, Contemp. Math., 347, Amer. Math. Soc., Providence, RI, 2004.

無限グラフの熱核とグリーン核をグラフの出次数と入次数の比から定義される幾何学的量で評価する結果を得た。

[6] Hajime Urakawa, The Dirichlet eigenvalue problem, the finite element method and graph theory. Inverse problems and spectral theory, 221-232, Contemp. Math., 348, Amer. Math. Soc., Providence, RI, 2004.

有界領域上のディリクレ境界値問題の固有値と固有関数を数値計算する有限要素法とグラフの離散ラプラシアン<sup>1)</sup>の固有値と固有関数との間にきれいな関係式が成立することを示した。

[7] Hajime Urakawa, Yang-Mills theory over compact symplectic manifolds. Ann. Global Anal. Geom. 25 (2004), no. 4, 365--402.

小林昭七、ヒッチンらによるコンパクトケーラー多様体上のヤングミルズ理論が自然に、シンプレクティック多様体上に拡張されることを示し、ヤングミルズ接続のモデュライ空間を決定した。

[8] Joon-Sik Park and Hajime Urakawa, Yang-Mills connections in homogeneous principal fibre bundles. International J. Pure Appl. Math. 10 (2004), no. 1, 79--90.

リーマン等質空間上の群不変なヤングミルズ接続をすべて決定し、明示的にそれを与える公式を得た。

[9] 浦川 肇、数学と工学との出会い＝離散系を中心に＝、数学通信、第9巻、第3号、2004年11月、5-17.

オペレーションズ・リサーチ、線形計画法、グラフ理論とマルコフ連鎖、コンピュータ・グラフィックスの数理について、最近の話題とその数学的な問題について解説した。

[10] 浦川 肇、数学と工学との出会い＝連続系を中心に＝、「数学のたのしみ」、2005年冬号、日本評論社、122-137.

ファジイ数理、ニューラルネットワークの数理、ロボット制御の数理、関節ロボットの運動学的機敏性について、それらに関わる数学的な構造について解説し、それらに関する成果について述べた。

[11] 浦川肇、十文字正樹、大域解析学の広がり、「数学セミナー」2004年9月号、「リッチ・フロー —いまいちばん話題の微分幾何」、34-40.

リーマン多様体のラプラシアンの固有値問題について解説し、その数値計算方法である有限要素法を用いたコンピュータグラフィックスについて解説した。

[12] 浦川肇、十文字正樹、大域解析学の広がり、「解決！ポアンカレ予想」数学セミナー増刊、2007年1月、41-47.

リーマン多様体のラプラシアンの固有値問題について解説し、その数値計算方法である有限要素法を用いたコンピュータグラフィックスについて解説した。

また、公開中の我々の特許技術を用いたスーパーコンピュータによるコンピュータ・グラフィックスによる固有関数のシャープな画像を紹介した。

#### <特許申請>

[1] 発明の名称：有限要素法直接計算プログラムおよび解析方法

発明者：浦川 肇、十文字正樹

出願番号：特願 2005-134797 (P2005-134797)

出願日：平成17年(2005年)5月6日

特許出願公開番号：特開 2006-313400 (P2006-313400A)

公開日：平成18年(2006年)11月16日

要素分割のデータ入力に際し、データ入力作業から各要素の不支店の局所番号付けする作業をなくし、高次要素を用いた計算であっても、データを与えるとほとんど誤差なく短時間に、剛性行列  $K$  と質量行列  $M$  を直接計算して求め、固有関数を精度良く可視化して出力することができる有限要素法直接計算プログラムおよび解析方法を提供することを目的とする。

#### <口頭発表>

[1] Hajime Urakawa, Yang-Mills theory and Seiberg-Witten theory on compact CR manifolds, In: The Conference on “Cr Geometry and Partial Differential Equations”, Levico, Trento, Italy, September, 12-17, 2004.

強擬凸CR多様体上のヤングミルズ接続とサーバーグウィッテン理論について最近の成果について、講演した。

[2] Hajime Urakawa, Harmonic maps and Yang-Mills connections in symplectic geometry, Seminario Interdisciplinare di Matematica, Dipartimento di Matematica, University Bisilicata, Italy, September, 22, 2004.

シンプレクティック多様体上の調和写像とヤングミルズ接続についての最近の成果を発表、講義した。

[3] Hajime Urakawa, Dirichlet eigenvalue problem, finite element method, and graph theory, Seminario Interdisciplinare di Matematica, Dipartimento di Matematica, University Bisilicata, Italy, September, 23, 2004.

ディリクレ境界値固有値問題と有限要素法とグラフ理論の三者間に極めて興味深い関係があることを解説、講義した。

[4] Hajime Urakawa, Harmonic maps and Yang-Mills connections in symplectic geometry, In: “Topics in Almost Hermitian Geometry and the Related Fields” International Conference in Honor of Professor K. Sekigawa’s 60<sup>th</sup> Birthday at Niigata University, Niigata, Japan, November, 1-3, 2004.

シンプレクティック多様体上の調和写像とヤングミルズ接続のモデュライ空間の理論の解説を行なった。

[5] Masaki Jumonji and Hajime Urakawa, Visualization of the eigenvalues and the eigenfunctions for the Laplacian on compact embedded surfaces with or without boundaries, In: International Workshop on “Integrable Systems, Geometry and Visualization”, November, 19-23, 2004, Kyushu University, Fukuoka, Japan.

ラプラシアン固有値問題の固有値と固有関数に関する数値解析方法について述べ、コンピュータ画像についての予備的な考察について述べた。

[6] Masaki Jumonji and Hajime Urakawa, Visualization of the eigenvalue problems of the Laplacian, In: Global Analysis and Global Geometry in Sendai, 2005, Graduate School of Information Sciences, Tohoku University, February, 7-10, 2005,

ラプラシアンの固有値問題の固有値と固有関数に関する数値解析方法について述べ、コンピュータ画像についての予備的な考察について述べた。

[7] Hajime Urakawa, Computer visions of the eigenvalue problem on compact embedded surfaces and 3-dimensional bounded domains, In: Analytic Aspects of Problems in Riemannian Geometry, Brest, France, May, 9-13, 2005.

ラプラシアンの固有値問題の固有値と固有関数に関する数値解析方法について述べ、コンピュータ画像についての述べ、特許申請を行なったことを述べた。

[8] 十文字正樹、浦川肇、ラプラス作用素の固有値問題について、日本応用数理学会2006年度年会、筑波大学春日キャンパス、2006年9月16日～18日。

ラプラシアンの固有値問題の固有値と固有関数に関する数値解析方法について述べ、コンピュータ画像についての述べ、特許申請を行なったことを述べた。

[9] 浦川 肇、高次元ケーラー多様体上のサーバーグ・ウィッテン理論、



福岡大学微分幾何学研究会、2005年10月7～10日、福岡大学セミナーハウス。

高次元ケーラー多様体上のサーバーグ・ウィッテン理論について、解空間のモデュライ空間の有限次元性、コンパクト性について述べた。

[10] 浦川 肇、高次元ケーラー多様体上のサーバーグ・ウィッテン理論、大阪大学微分幾何学研究集会、2005年12月15～17日、千里ライフセンター。

高次元ケーラー多様体上のサーバーグ・ウィッテン理論について、解空間のモデュライ空間の有限次元性、コンパクト性とその後の進展状況について述べた。

[11] 浦川 肇、Computer visions of the problems of the Laplacian on embedded surfaces、曲線と曲面の非線型解析、埼玉大学サテライト・キャンパス、2005年12月19日～21日。

ラプラシアン固有値問題の固有値と固有関数に関する数値解析方法について述べ、コンピュータ画像についてスーパーコンピュータを使った最新の研究成果について述べた。

[12] 浦川 肇、大型コンピュータの画像でみるラプラシアンの種々の固有値問題、第6回松山解析セミナー、愛媛大学理学部、2006年2月14日～15日。

ラプラシアン固有値問題の固有値と固有関数に関する数値解析方法について述べ、コンピュータ画像についてスーパーコンピュータを使った最新の研究成果について述べた。

[13] 浦川 肇、高次元ケーラー多様体上のサーバーグ・ウィッテン理論、日本数学会2006年度年会、幾何学分科会、2006年3月26～28日。

高次元ケーラー多様体上のサーバーグ・ウィッテン理論について、解空間のモデュライ空間の有限次元性、コンパクト性とその後の進展状況について研究成果の公表を行なった。

[14] 浦川 肇、Flat connections, projectively flat connections and centro-affine immersions、Workshop on Differential Geometry, August, 24-25, 2006, Graduate School of Information Sciences, Tohoku University.

等質空間上の平坦接続と射影平坦接続及び中心アファイン挿入と三者の関係について得られた結果を述べた。

[15] 浦川 肇、高次元ケーラー多様体上のサーバーグ・ウィッテン理論への一つの試み、非可換微分幾何学と数理物理学、2006年9月7日～9日、慶応義塾大学日吉キャンパス来往舎

高次元ケーラー多様体上のサーバーグ・ウィッテン理論について、解空間のモデュライ空間の有限次元性、コンパクト性とその後の進展状況について解説した。

[16] 浦川 肇、Seiberg-Witten theory over compact Kaehler manifolds、大域解析と微分幾何-その情報科学への関わり、2006年10月21日～22日、東北大学大学院情報科学研究科

高次元ケーラー多様体上のサーバーグ・ウィッテン理論について、その状況設定から始めて解空間のモデュライ空間の有限次元性、コンパクト性とその後の進展状況について詳しく解説した。

[17] 浦川 肇、Convergence rates to equilibrium of the heat kernel, and to optimal distribution of the Boltzman machine、シンプレクティック幾何とその周辺、放送大学秋田学習センター（秋田大学）、2006年11月14日～16日。

熱核とボルツマン・マシンによるシミュレーテド・アニーリングの収束比率に関する成果について解説した。

[18] 浦川 肇、Bi-Yang-Mills fields--gauge field analogu of bi-harmonic maps--、第3回山形数理科学研究会-幾何学・古典力学・量子力学、2006年12月6日、山形大学理学部

2-調和写像とそのゲージ場のアナロジーである2-ヤング・ミルズ場について最新の研究成果を発表した。