

ENCOUNTER with MATHEMATICS

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2日(水) 10:00 ~

於：東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部6号館

3月2日(水)

- | | | |
|-------------|------------------|------------------|
| 10:00~11:00 | 体積予想概説 | ：村上順氏(早大・理工) |
| 11:20~12:20 | カシャエフ不変量と量子双対数関数 | ：横田佳之氏(首都大東京・理工) |
| 14:00~15:30 | カシャエフ不変量に潜む幾何構造 | ：横田佳之氏(首都大東京・理工) |
| 16:00~17:30 | 体積予想のバリエーション | ：村上順氏(早大・理工) |
| 17:40~ | ワインパーティー(懇親会) | |

別紙の趣旨に沿った集会の第65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、科学研究費補助金 基盤研究(S)「ホモロジー的ミラー対称性の証明」課題番号：23224002 代表：深谷賢治(京大・理)、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)「幾何学的特異点論の展開と応用」課題番号：15H03615 代表：石川剛郎(北大・理)、科学研究費補助金 基盤研究(B)「3次元多様体の幾何構造と組合せ構造」課題番号：15H03620 代表：作間誠(広大・理)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

ENCOUNTERwithMATHEAMTICS

第 6 5 回

結び目の体積予想

～量子不変量から見える幾何構造～

概要

1984 年の結び目のジョーンズ多項式の発見は多くの人を驚かせ、これを契機に量子不変量と呼ばれる多くの結び目の不変量が構成されました。1989 年にはウィッテン氏によりジョーンズ多項式が 3 次元多様体の不変量に拡張されるなど、数学や数理論理学に大きな影響を与えました。

一方で、結び目補空間の幾何的性質と量子不変量との関係についてはよくわかっていなかったのですが、1994 年にカシャエフ氏が結び目補空間の双曲体積と関係する量子不変量を構成し、実はこの不変量がカラードジョーンズ多項式の特別なものだということがわかって、ジョーンズ多項式から双曲体積に至る道ができました。

これが結び目の体積予想なのですが、さらに横田氏により R 行列と補空間の四面体分割との対応が見出されて、量子不変量と双曲構造の対応のメカニズムが明らかにされました。

この講演のシリーズでは、量子不変量から双曲構造に至る道を時々横道にそれながらたどってみます。

体積予想概説 (村上 順)

量子不変量が双曲体積と出会うまでを振り返り、カシャエフ氏によるオリジナルの予想や、それをカラードジョーンズ多項式で述べ直した体積予想について解説します。

多くの結び目の補空間には双曲構造という負の定曲率空間の構造が入ります。この空間は全空間の双曲体積、すなわち双曲構造に対応する体積が有限になるのですが、この双曲体積とジョーンズ多項式が関係するとは想像だにされていませんでした。

しかし、不変量の漸近挙動を調べるという発想から量子不変量と双対数関数との関係が明らかにされ、双対数関数が双曲体積を表していることから、体積予想が意外と自然なものだというのがわかってきました。この様子を説明したいと思います。

カシャエフ不変量と量子双対数関数 (横田 佳之)

結び目の体積予想は、1994 年、カシャエフ氏が提唱した予想と、村上順氏・村上斉氏の共同研究が結びつき、定式化されました。カシャエフ氏は、双対数関数の量子化を用いて結び目の不変量を構成することに成功しますが、双曲四面体の体積が双対数関数で記述されることから、双曲結び目補空間の体積とカシャエフ不変量の漸近挙動の関係を予想しました。村上順氏と村上斉氏が、カラードジョーンズ多項式の 1 の冪根における特殊値がカシャエフ不変量に一致することを発見したことで、この予想が、量子不変量の幾何学的背景を探求する研究者たちの注目を浴びることになります。

この講演では、カシャエフ氏との共同研究に基づき、

- ・量子双対数関数を用いた、カシャエフ不変量の積分表示
- ・具体的な結び目に対する、カシャエフ不変量の漸近挙動

について解説し、双曲結び目に対する、証明の方針を提案します。

カシャエフ不変量に潜む幾何構造（横田 佳之）

この講演では、結び目の図式から得られる補空間の理想四面体分割から出発し、カシャエフ不変量の積分表示に現れるポテンシャル関数の臨界方程式及び臨界値から、

- ・双曲結び目の双曲構造方程式
- ・双曲結び目の双曲体積及びチャーン・サイモンズ不変量

が導かれることを、組合せ的な手法で解説します。また、村上斉氏・グコフ氏が提唱した、パラメータつき体積予想に対応する、パラメータつきポテンシャル関数から、

- ・結び目のA多項式
- ・結び目のデーネ手術で得られる閉3次元多様体の複素体積
- ・結び目のカスプ・シェイプとその一般化

などの不変量が導かれることを解説します。

体積予想のバリエーション（村上 順）

カシャエフ不変量から双曲体積を導く方法が、3次元多様体や空間グラフの量子不変量も使えることを紹介します。体積予想はまだ完全には証明されていないのですが、体積予想での手法を形式的に適用することで、結び目ばかりでなく、ウィッテン・レシェティヒン・トラエフ不変量から閉3次元多様体の体積を求めることができ、また、キリロフ氏・レシェティヒン氏による空間グラフの不変量から、双曲多面体の体積や、さらには解析接続原理を経由して3次元球面中の多面体の体積を求めることができます。

また、量子不変量から双曲構造へという体積予想の考え方を逆にして、双曲構造を量子化するという試みについても紹介します。カシャエフ自身が、結び目不変量の構成と並行して、量子タイヒミュラー空間の研究を行っています。これは、理想三角形を量子化するような話なのですが、最近ディモフテ氏により、理想四面体を量子化するという試みがされています。

一方で、体積予想に触発されて、カンドルから双曲体積を出したり、さらにはクラスター代数を用いて双曲体積を出す方法が生み出されています。クラスター代数には量子化があるのですが、これがカシャエフ不変量とうまく対応することが樋上氏と井上氏により示されました。

カシャエフ不変量がディモフテ氏の量子理想四面体と関係するものかどうかはまだわかりませんが、量子不変量と双曲構造の量子化とが対応する日も近いように思います。

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、講究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), 榊田 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 非線型の特異点論~ 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), 箕 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 -新しい数学を造ろう- 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), 斎藤 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-関口対応をめくって - 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力オス - 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,
寛 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 正氏 (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 誠氏 (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 6 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 - 物を運ぶと曲率が分かる - 2014 年 6 月,
桑江 一洋 (熊本大・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)

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>