



第 5 号
 January 2019

全
 能
 の
 数
 え
 上
 げ
 る

こんにちは
 Kavli IPMU
 です。

私の名前は、東京大学国際高等研究所 カブリ数物連携宇宙研究機構 (Kavli IPMU)。2007年10月1日に千葉県柏市に設立されました。ここには世界中からたくさんの研究者が集まっていて、宇宙に関する5つの疑問に取り組んでいます。

- 宇宙はどのように始まったのか？
- 宇宙は何でできているのか？
- 宇宙はどんな運命を迎えるのか？
- 宇宙を支配する法則は何なのか？
- 私たちはなぜこの宇宙に存在するのか？

どれも小さいときには一度は思うような素朴な疑問ですが、答えはまだわかっていません。

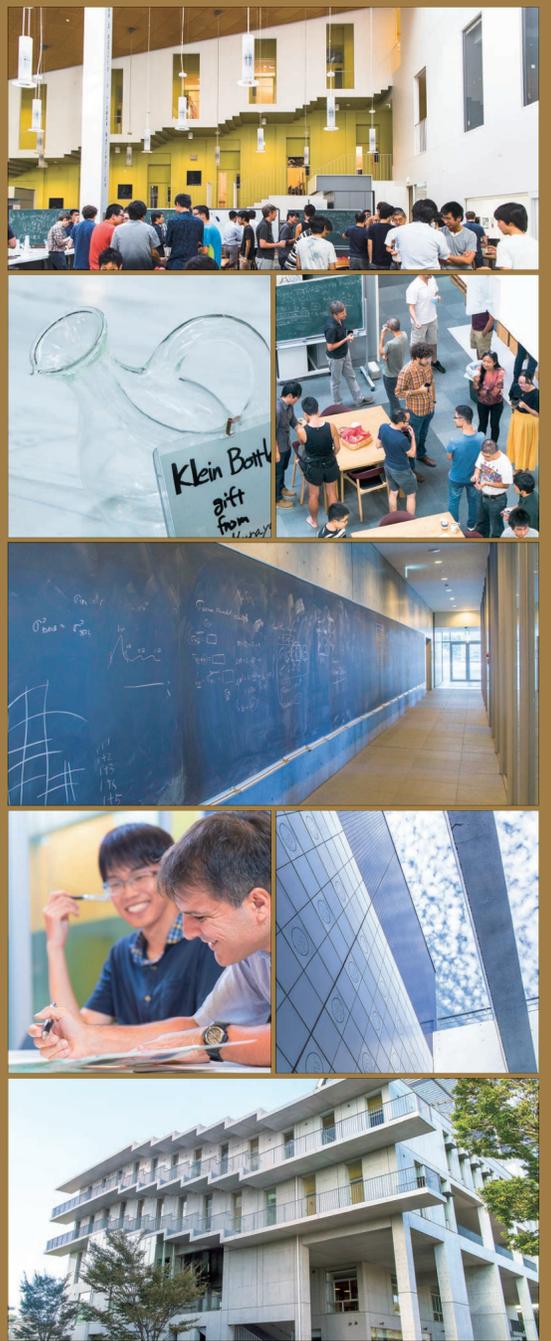
たとえば、宇宙のエネルギーのなかで、私たちが知っている物質(水素とか炭素とかです)はじつは5%にも満たないことがはっきりしています。残りの27%は得体の知れない「ダークマター」、さらに摩訶不思議な宇宙の68%を占めるのが「ダークエネルギー」。どちらも名前はついているものの、その正体はまったくわかっていません。いったい、宇宙は何でできているのでしょうか。

これらの疑問にせまるために、Kavli IPMUには数学、物理、天文などの第一線の研究者が集まり、分野を超えて共同研究を行っています。毎日、午後3時になると全員参加のティータイムが始まります。異なる分野の研究者たちが顔を合わせて、おいしいお茶とパンを口にしながらかしやべりに興じます。仲間と情報交換し、他分野の研究に触れ、思いがけない方向の議論が新しい研究のアイデアにつながります。

そして5つの疑問を解くためには、新しい物の見方を生み出していくことが大事です。頭が柔らかく、ひとつの分野にとらわれない若い力が必要です。このKavli IPMUものしり新聞を読んでくれたあなたが宇宙の超難問に挑戦し、私たちにぎやかなティータイムを過ごす未来が私の夢です。

東京大学国際高等研究所
 カブリ数物連携宇宙研究機構 (Kavli IPMU)
 〒277-8583 千葉県柏市柏の葉5-1-5
 HP <http://www.ipmu.jp/ja>
 Facebook <https://www.facebook.com/KavliIPMU/>
 Twitter @KavliIPMU

【問い合わせ先】
 TEL 04-7136-4940
 FAX 04-7136-4941
 MAIL inquiry@ipmu.jp



今の研究の役に立っている教科は何？

文学。良い文章が書けることは数学には必須です。

H. Grauert と R. Remmert の “解析的连接層 (Coherent Analytic Sheaves)” は傑作です。

もっと勉強しておけば良かったと思う教科は何？

音楽です。何か楽器を習っておけば良かったと思っています。

好きな食べ物と嫌いな食べ物は何？

甘いものが好きです。牛、やぎ、羊の肉は苦手です。

自分が研究者に向いていると思うのは、どんなところ？

気が長い、辛抱強い。

研究者に向いていないと思うのは、どんなところ？

コミュニケーション能力 (数学を離れた場合は特に) が弱いところです。

好きな数式は何ですか？

川崎のリーマン・ロッホの定理。

他分野の研究をどのくらい知っていますか？

知識を最新のものにしようと思っていますが、詳細を追う時間が減多にありません。

宇宙人っていると思いますか？

存在は信じています、数学の「予想」を信じるのと同程度には。大半の場合、数学の予想は正しいものですが誤りであることもあります。

数学者になるには、どうすればいい？

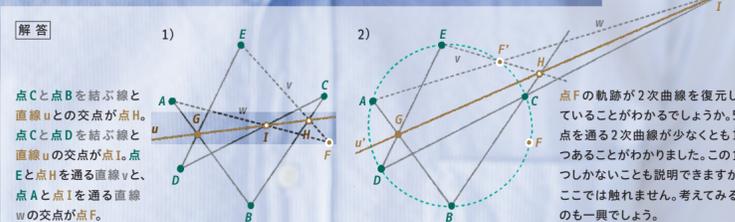
数学者と話をする。数学の本を読む。

おすすめの教科書は？

数学者になるには、どうすればいい？

数学者になるには、どうすればいい？

Q10
 研究者へ
 10の質問!



Todor Milanov

トドル・ミラノフ ● Kavli IPMU 准教授。微分方程式と複素幾何学が専門。半単純フロベニウス多様体は、少なくとも3つの異なる方法を用いて構成でき、ガウスの超幾何方程式を一般化する微分方程式を与える。最近はこの方程式の性質や、数え上げ幾何学と可積分階層への応用を研究している。

数学者になるには、どうすればいい？

数学をすればいいと思います。

宇宙人っていると思いますか？

あなたハドコカラキタデスカ？

好きな数式は何ですか？

好きな数式は特にありません。図や絵を描いて研究することが多いです。

物理の近いところは耳学問をしています、研究できるほどではありません。天文はお話程度にしか知りません。しかし、どちらにもとても興味があります。

他分野の研究をどのくらい知っていますか？

物理の近いところは耳学問をしています、研究できるほどではありません。天文はお話程度にしか知りません。しかし、どちらにもとても興味があります。

おすすめの教科書は？

教科書ではないですが、エドワード・フレンケルさんの『数学の大統一に挑む』(文藝春秋)は最近楽しく読みました。数学をあまり知らなくてもある程度楽しめると思います。

今の研究の役に立っている教科は何？

主に数学で、たまに物理です。

だいたい全てのことについて「勉強が足りないな」とは思いますが、その都度するので、特に後悔することはありません。

もっと勉強しておけば良かったと思う教科は何？

好きな食べ物と嫌いな食べ物は何？

辛い食べ物が好きです。特筆するほど嫌いな食べ物はありません。

自分が研究者に向いていると思うのは、どんなところ？

たまに集中力があるところ。

研究者に向いていないと思うのは、どんなところ？

たまに集中力がないところ。

Q10
 研究者へ
 10の質問!

桑垣 樹

くわがき・たつき ● Kavli IPMU 特任研究員。研究対象は、ミラー対称性やそれに現れる深谷圏。これらを多様体上の層の理論である超局所層理論を用いて研究している。最近、Riemann-Hilbert 対応と深谷圏の関係や深谷圏の別定義、深谷圏を用いた新しい量子群の構成などを研究している。



第5号
January 2019

2019年1月15日発行
発行所 東京大学国際高等研究所
カブリ数物連携宇宙研究機構 (Kavli IPMU)
〒277-8583
千葉県柏市柏の葉5-1-5
電話 04-7136-4940
FAX 04-7136-4941
http://www.ipmu.jp/ja



全ての可能性を数え上げる

1 1つの点を通る直線は無数にある。

2つの点を通る直線は1本だけだ。3つの点が集まらず並んだ状態を除けば、3点を通る直線は存在しない。曲線の場合はどうだろう。

2次曲線(2次方程式などの2次式によって表される曲線)を例にとると、点が5つ未満の場合、それらを通る2次曲線は無数ある。5つの点を通る2次曲線は、1つ。6つ以上の点を通る2次曲線はある特殊な位置にある場合を除き、0だ。

このようにルールを決めて、それを満たす図形がいくつあるかを求めることを「数え上げ」という。「数え上げは、18世紀からある古くて素朴な問題です。ただ、対象を広く一般化した場合、解くことがとても難しい問題です。現代になって発展したさまざま

な手法を使うことで

「ようやくアプローチできるようになりました」と、Kavli

IPMUの研究者ミラノフさんはいう。

ミラノフさんは「グロモフ・ウィッテン不変量」に関する研究をしている。これは、空間の中で、あるルールを満たす曲線

がいくつあるのかを数え上げようというものだ。空間といっても3次元とは限らない。数学の世界では5次元や6次元など、いくらでも

高い次元を考えることが可能だ。そのような高次元の空間の中での数え上げ問題を考えている。グロモフ・ウィッテン不変量は、物理学の先端で研究されている「ひも理論」とも関係している。桑垣さんは、ひも理論の研究から発見された「ミラー対称性」

に関する予想



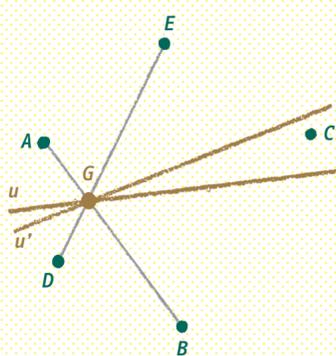
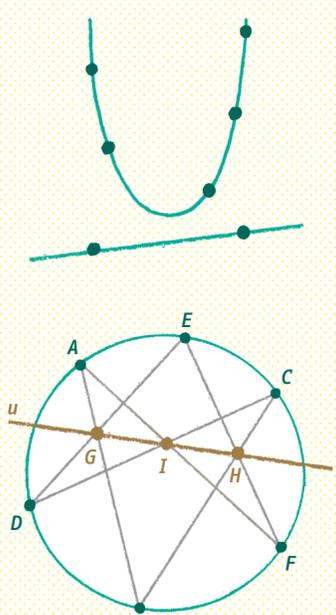
素粒子(ひも)のふるまいの可能性を数え上げる

不思議な形のチューブの切り口は、ひもの形(閉じたひも)を表している。閉じたひもが変形していく様子を連続的につなげて描くとチューブのような形になる。もし素粒子がひもだとすると、上から下に時間が進む時に、2つの粒子が次第に1つの粒子に変化していく様子を左図が表すことになる。粒子がどのように変化するか、ミクロの世界では確率的にしかわからない。その確率を求めるために、2つの粒子から1つの粒子に変化していく間の経路で、あり得るひもの動き方を全て数え上げて足し合わせる。



点の数と、その点を通る図形の数

2点を通る直線は、1本しか引くことができない。もう少し複雑な問題として2次曲線を考えると、平面上の5つの点を与えられた場合、それらを全部通る2次曲線は1本だけ引ける。本当だろうか。下図で与えられた6つの点A、B、C、D、E、Fからは、点Aと点Bを結ぶ線と、点Dと点Eを結ぶ線の交点G、同様に、BCとEFの交点H、CDとFAの交点Iを導くことができる。点G、H、Iが同一線上にあるならば、この6点は2次曲線上にある。同一線上になければ、その6点を通る2次曲線は存在しない。逆に、2次曲線上の6点を選べば、点G、H、Iを導くことにより、点G、H、I全部を通る直線uを描くことができる。このことを使って5点を通る2次曲線が少なくとも1つは存在することを確認してみよう。



- 1) 上図に直線uを与えるような点Fを書き入れてみよう。
- 2) 上図の直線uをいろいろと動かしてみよう(例えば直線u')。それぞれのuを与える点Fを書き入れてみよう。

解答は裏面 →

数学者からの挑戦状

素粒子の正体はひも!?

ひも理論

ひも理論とは、すべての物質のもととなる素粒子が粒(点)ではなく、ひもの形をしているとする物理学の理論。ひもの形には、閉じたひもと開いたひもがあり、それぞれのひもの振動の仕方の違いによって、さまざまな粒子になると考えられている。ちなみにこの理論によれば、我々のいるこの宇宙は10次元で構成されている。

