

現代物理学

~~第一回~~

第二回

~~2022/4/8~~

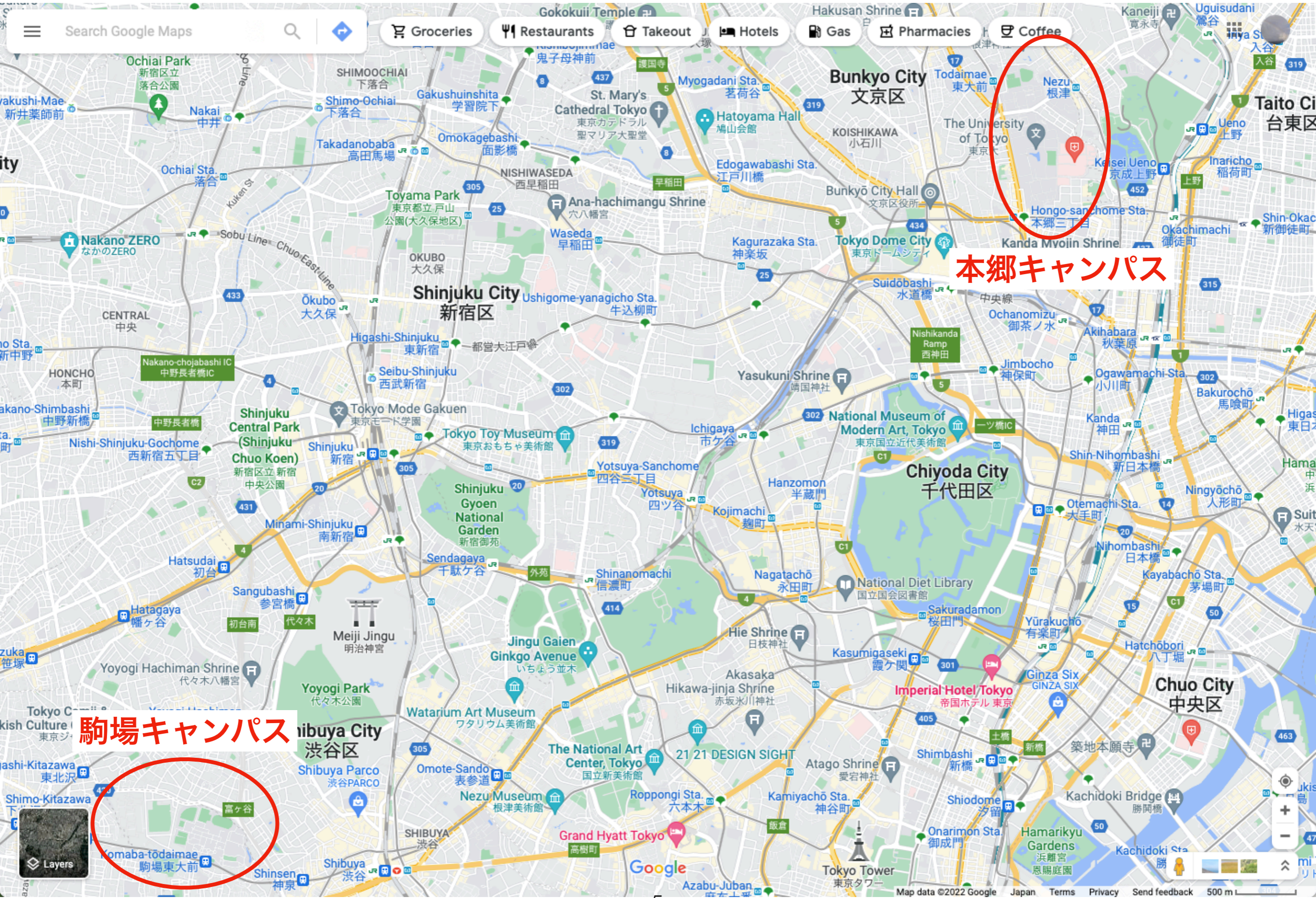
2022/4/15

- 先週は第一回から休講にしてすいませんでした。
- 子供が保育園でコロナを貰ってきたのを看病していて感染しました。皆さんもどうぞお気を付けて...

- ・ 次回からは対面です。駒場七号館721号室です。

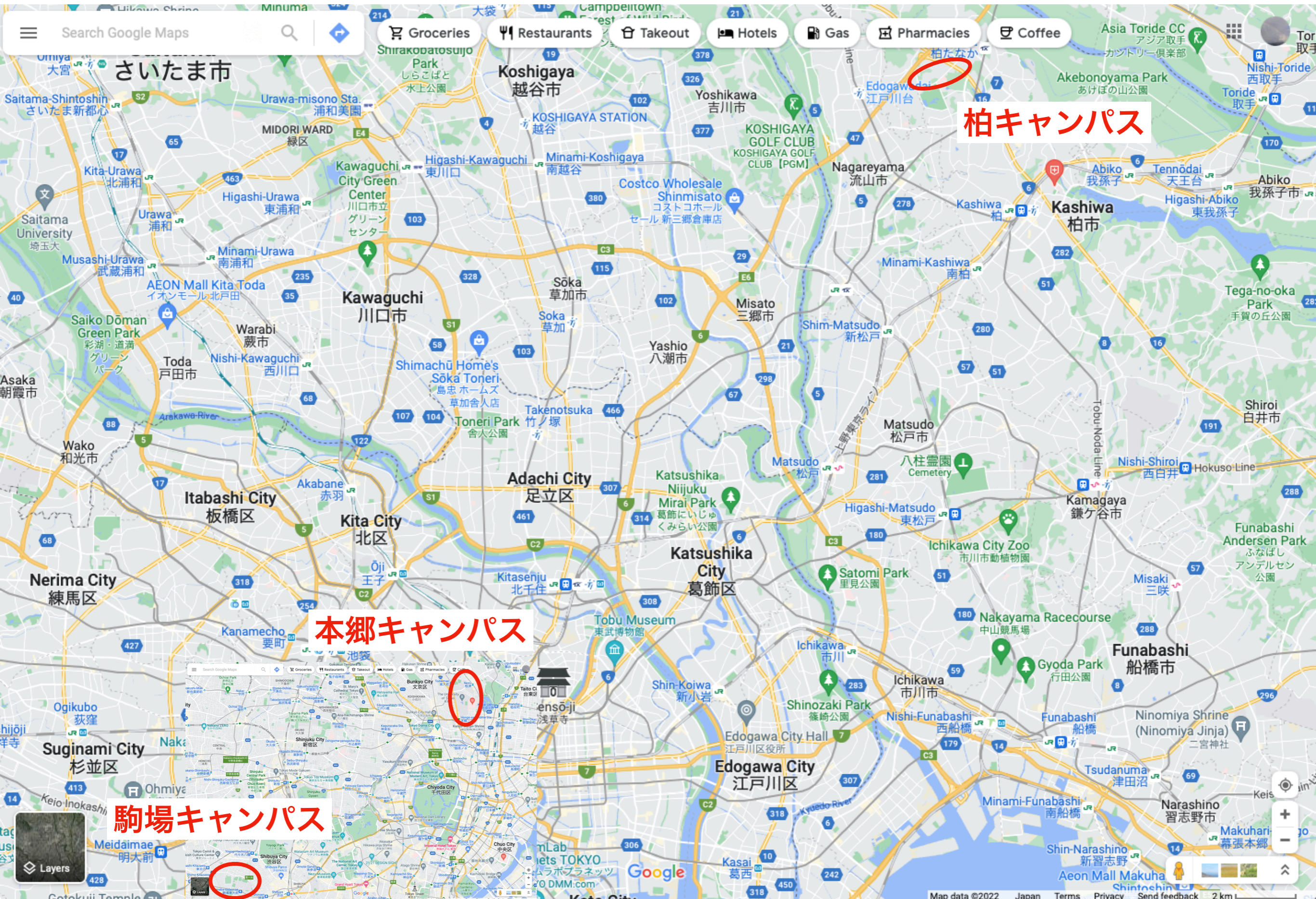


- 担当教員は私、立川裕二です。
- 所属は柏キャンパスの Kavli 数物連携宇宙研究機構 (Kavli Institute for Physics and Mathematics of the Universe, 略して Kavli IPMU) です。
- ホームページ: <https://member.ipmu.jp/yuji.tachikawa/>



本郷キャンパス

駒場キャンパス



柏キャンパス

本郷キャンパス

駒場キャンパス

- 続ける前に、何年生の受講生が多いのか知りたいので、
 - 一年生の人？
 - 二年生の人？
 - それ以外？

現代物理とは？

- 伝統的には「現代物理」という単語は、二十世紀初頭にあらわれた相対論＋量子論以降の物理を指すと思います。
- 皆さん(の大部分)の生まれたのは二十一世紀ですから、そろそろ言葉の意味をアップデートしたほうが良さそうです。

- 二十一世紀の物理、となると、僕はその進展を直接知っています。(大学入学が1998年なので。)
- 重力波の直接検出の発表が **2016** 年。
- Higgs 粒子の発見の発表が **2012** 年。
- 三次元トポロジカル絶縁体の実験的確認が**2007**年～。

重力波

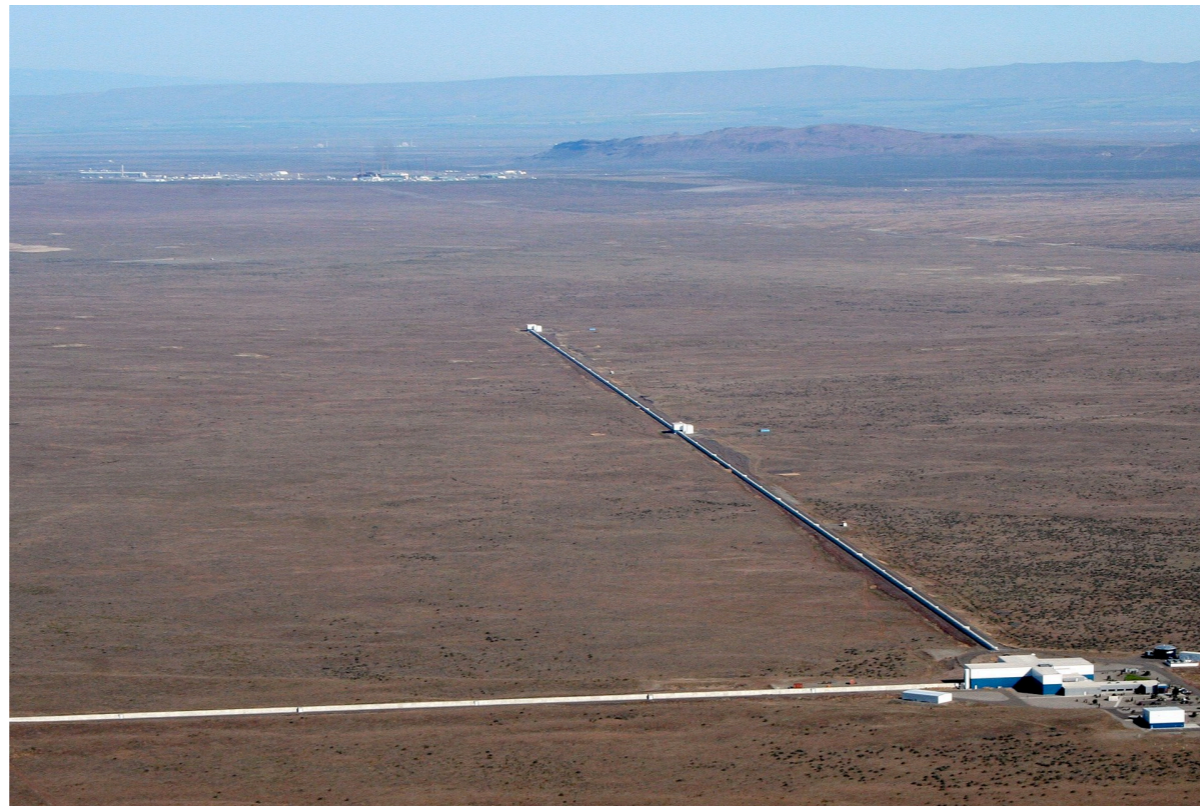
- 重力を時空の計量の揺らぎとして記述するのが一般相対性理論。その揺らぎが伝搬するのが重力波。存在が予言されたのは **1916** 年。
- 連星パルサーの観測による間接的確認はあったものの、直接観測の発表は **2016**年。
- 重力波観測装置は **1960** 年代から開発、直接観測した LIGO は **1994** 年に建設開始。

重力波

- はじめに観測されたのは、15億光年ぐらい先のブラックホールの連星がくっついた際に放出されたもの。
(宇宙の年齢が130億年、地球の年齢が45億年)
- 太陽の30倍ぐらいの重さのもの(ブラックホールの半径は3kmぐらい)が光速の5割のスピードとかでぐるぐる回ってくっついた。

重力波

- 4km の干渉計が陽子のサイズより小さい長さだけたわむのを測った。



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LIGO_Hanford_aerial_05.jpg

Higgs 粒子

- 物質を分解していくと素粒子に行き着くが、これを記述するのが素粒子の標準模型。その中で Higgs 粒子が最後に発見された。
- 理論的に記述されたのが 1964 年。
- 見つかったのが 2012 年。

Higgs 粒子

- CERN の LHC 加速器を使った。全長27km。
山手線が34km だからそれくらいのサイズです。



<https://cds.cern.ch/record/841506/files/LHC-PHO-1986-001.jpg>

重力波/Higgs

- 両方とも、僕が学部生のころ(2000年前後)には先生方が「いま建設中で、そろそろみつかるはず」と興奮げに語っていた。
- その後、十年～二十年で達成された。

トポロジカル絶縁体

- トポロジカル絶縁体というのは物質内部は絶縁体だが、表面にのみ電気が流れるという不思議な物質。
- トポロジーという数学的分野に深く関連。
- 存在が理論的に予言されたのが 2006 年、
実例の実験的確認が 2007 年。

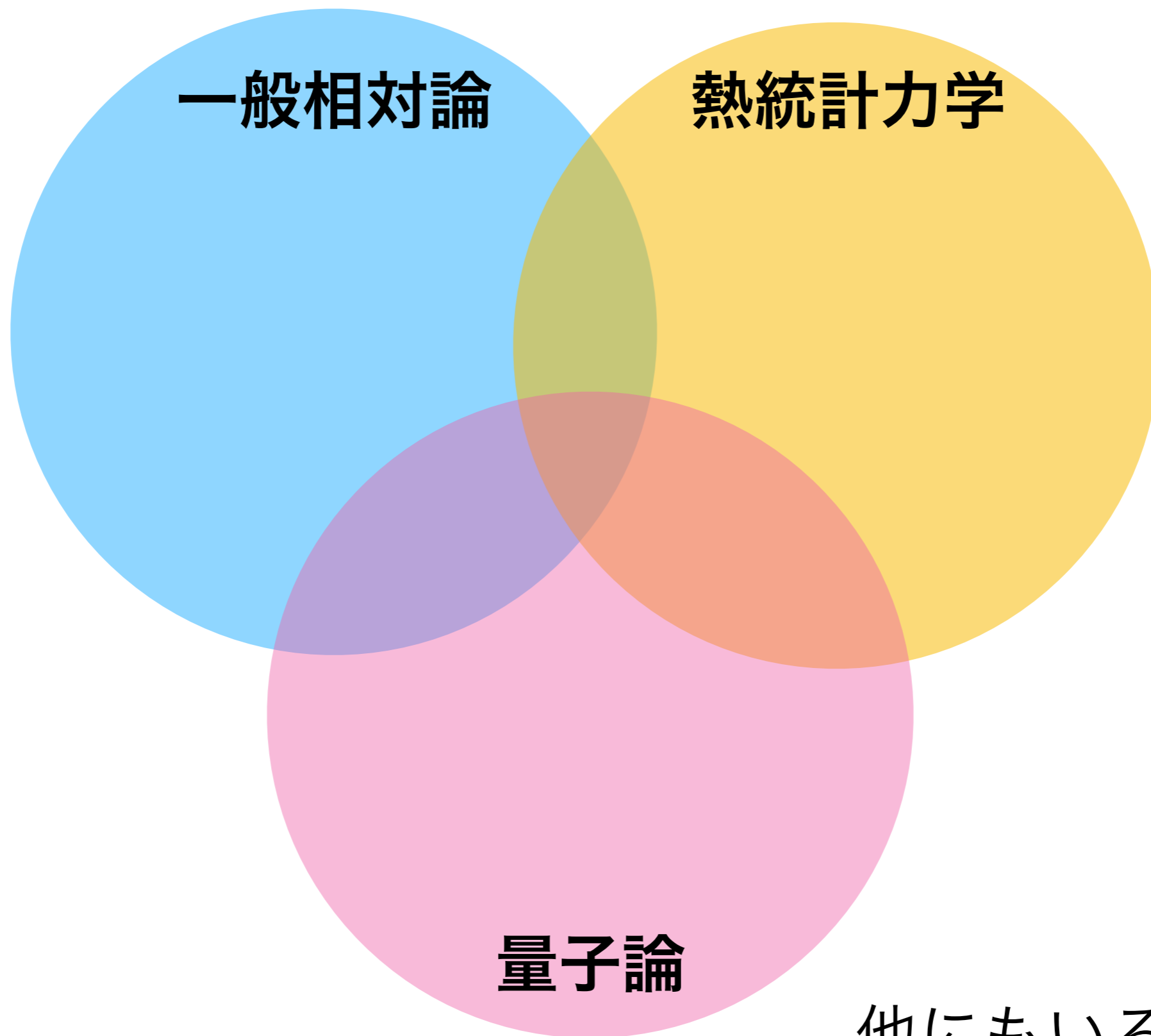
超伝導体

- 歴史は長い。いろいろなタイプのものが存在。
- 「従来型」で抵抗がゼロになる温度が一番高いものは MgB_2 で、**2000** 年に青山学院大学で当時学部生だった 永松純さんが卒業研究中に発見した。
- ちょうど僕も学部生だったのでニュースはおぼろげに覚えている。
- 皆さんも何か数年後に見つけてしまうかも？

- これ以外にも沢山沢山面白い発見や進展がある。
- 量子コンピュータがとうとう実機がでてきた、とか。
- この講義とおなじ金曜二限にやっていますね。
- それぞれ専門の教員に語らせたら一学期は軽くなる。
- 物理に限らずどんな分野でも面白い進展がある。
- 進展の早い遅いの違いはありますが。
(機械学習は最近すごいですよね。)

- 僕の専門は物理というより理論物理、そのなかでもさらに数理物理なので、「現代物理」の典型的な話にはできなさそうです。
- 今回の講義では、ブラックホールの量子力学にともなう理論的諸問題について議論できればと思っています。

理論物理とは？



一般相対論

熱統計力学

量子論

他にもいろいろ...

一般相対論

- ・等価原理
- ・アインシュタイン方程式



- ・ブラックホール
- ・重力波
- ・宇宙の膨張
- ・などなど...

理論物理の分野

いくつかの基本原則



そこそこ数学的
な導出

沢山の現象

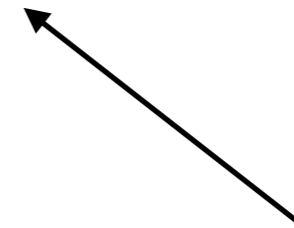
理論物理の分野

いくつかの基本原理



そこそこ数学的
な導出

沢山の現象



数理物理屋はここが面白くなってしまって
ここばかりやっている。

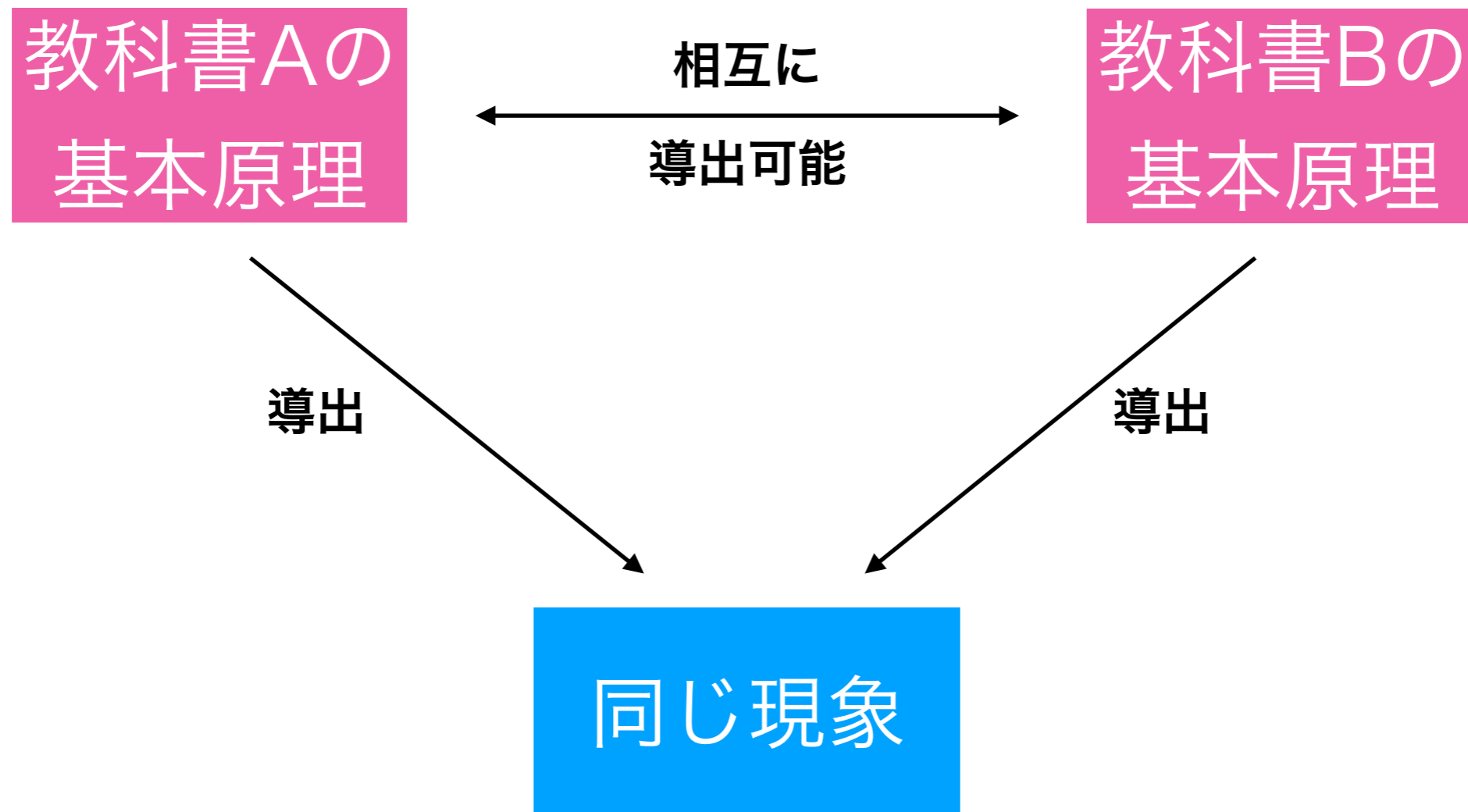
- はじめて勉強する時は全部まぜこぜになって混乱しがちですね。教科書も区別して書いていないことが多い。
- おまけに科学史的発展も一緒にかいてあってさらに混乱。

- 基本原理はなぜ正しいのか？
- そこから導出された結果沢山が実験と合うから。
- 「なぜ原理がこうでないといけないか」という研究もありますが、非常に少数派。

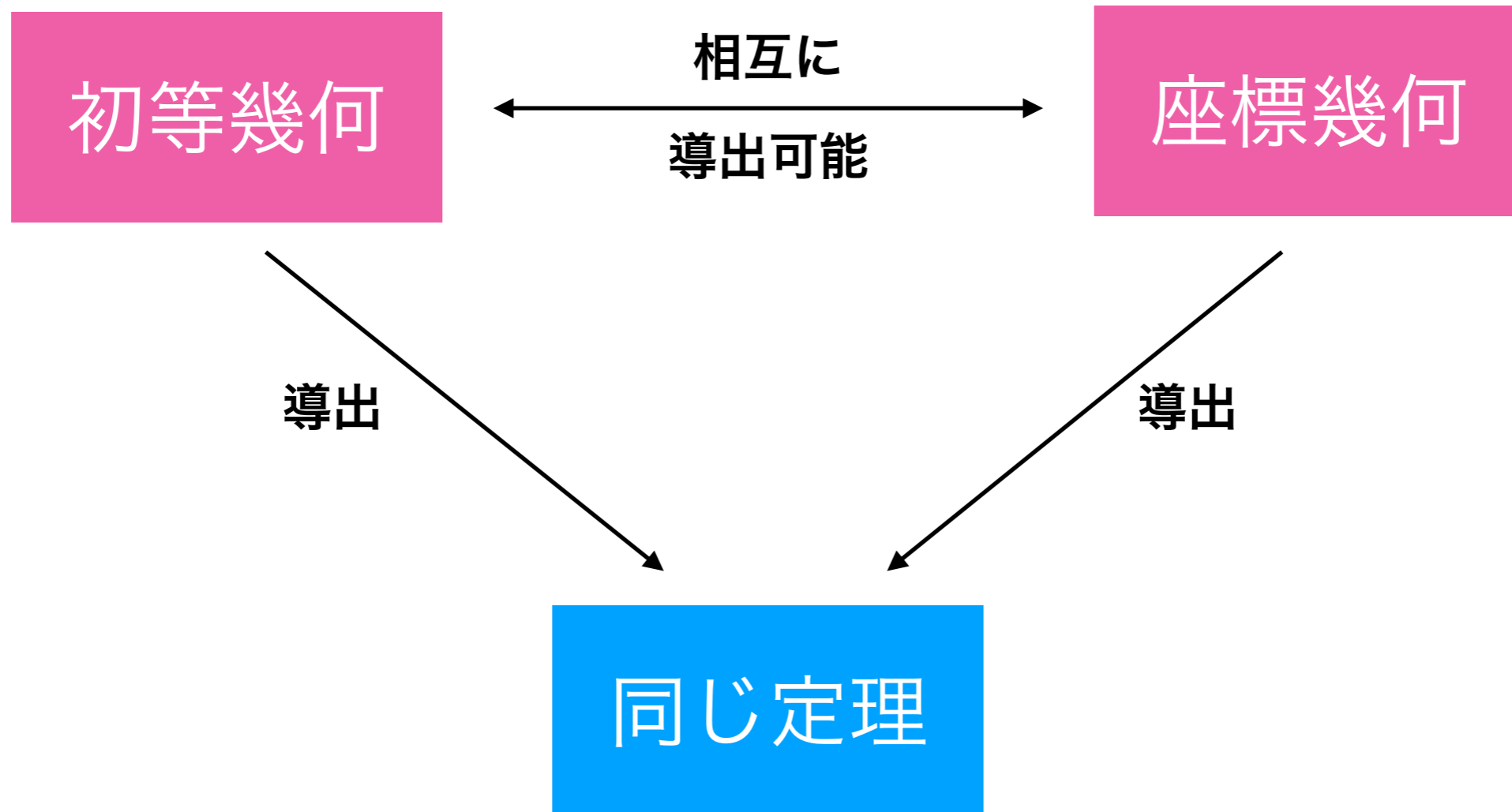
- 「相対論はおかしい、直観とあわない」とかいう
トンデモさんも沢山います。でも、少なくとも相対論は
論理的には矛盾していない。
- 異なる原理に従う宇宙をスパコンでシミュレートして、
その中に自意識をもった何かが創発して、「物理」の研究
をはじめて、その原理をみつけたとして、その原理はなぜ
なのか... シミュレートしている僕が選んだから、以上の
ことはありえないですね。
- さすがに論理的に矛盾しているものはシミュレート
できないですけど。

- 逆にいうと、理論物理学を学んでいて、基本原理がなぜそんなのか、頑張っ^て納得しようとして、判った気になっ^てちゃったりするかもしれませんが、それも(多分)気のせいです。
- また、「基本原理」は教科書によって違う表現がしてあることがある。量子力学/熱力学の古めの教科書 vs 新しめの教科書、など。

- でも「教科書 A の基本原理」「教科書 B の基本原理」は結局等価なので、そこから導出できる現象は一緒。

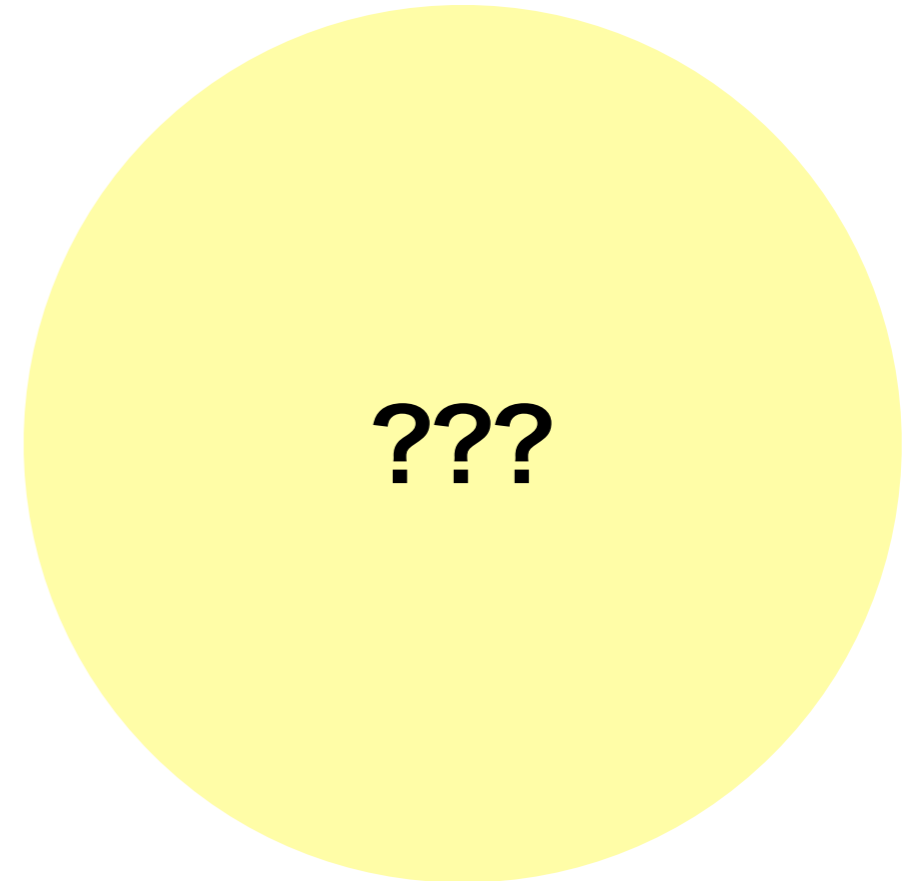
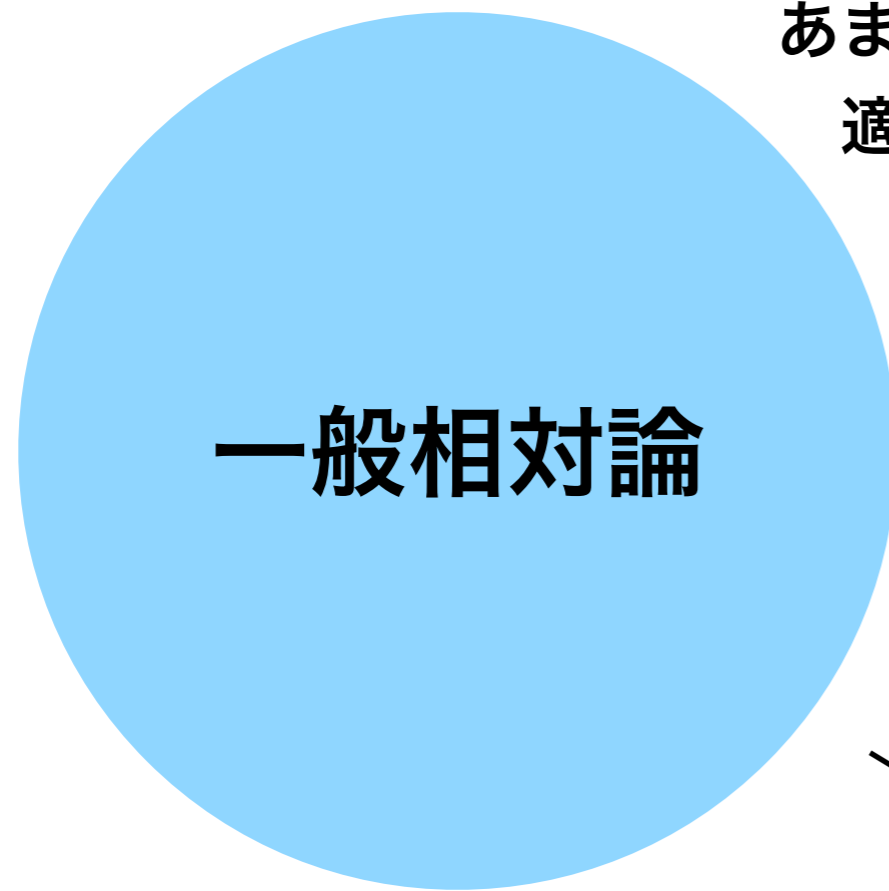


- ユークリッド幾何の基礎をギリシャ時代からある初等幾何の公理系におくか、座標幾何からはじめるかの違いのようなもの。

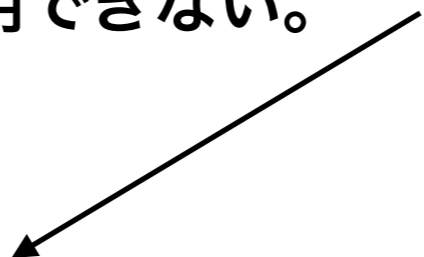


- 各分野の有名な日本語の教科書は原理の部分にこだわっていることが多い気がする。
- それも別に悪くはない(し読んでいて楽しい)のですが、
- とりあえずは基本原理は受け入れて、勉強したら良いのではないかなというのが僕の意見です。
- また...

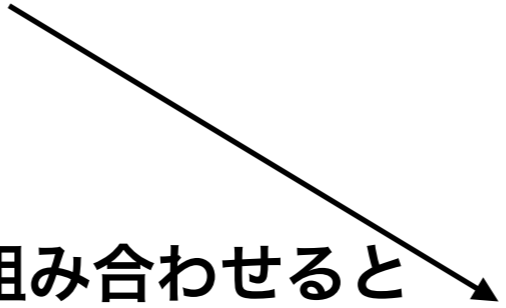
理論には適用限界がある



あまり重いものには
適用できない。



量子力学と組み合わせると
問題がある



- それぞれの段階で、論理的には矛盾が無い。でも、この世を記述する際に、適用限界を超えたものはつかえない。
- ニュートンの重力理論は「間違っている」けれど「間違っていない」わけです。
- 一般相対論のほうが「より正しい」が、ニュートン式で済むところにわざわざ一般相対論を使わなくてもよい。
- ただし、今回の講義のテーマの「ブラックホールの情報喪失問題」は、

一般相対論

熱統計力学

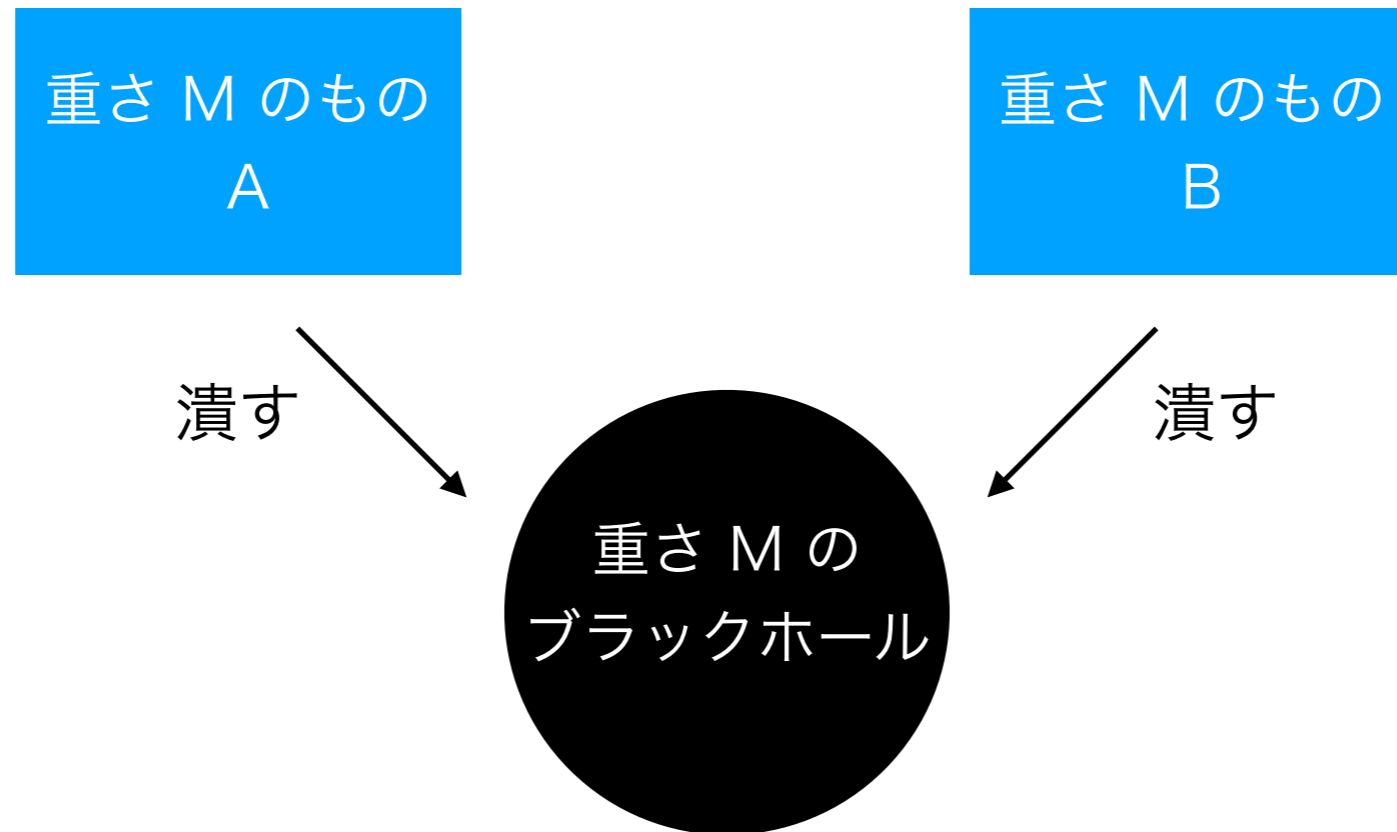
ブラックホールの
情報喪失問題

量子論

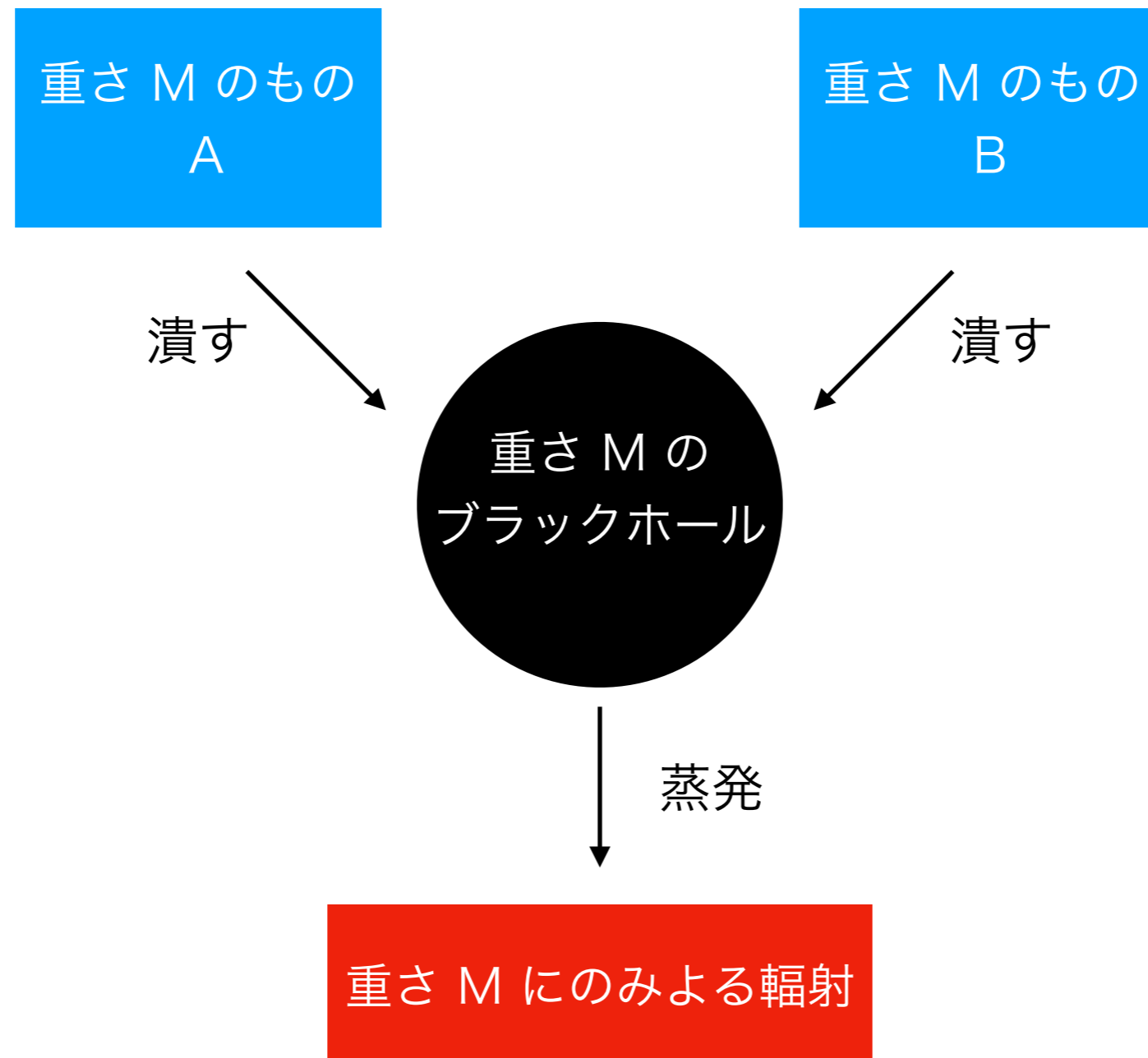
- みつつ(一般相対論、量子力学、熱統計力学)のそれぞれは自己矛盾がないのだが、みつつ合わせると矛盾しているように思われる、という点で、現在の理論物理では珍しいケース。
- これを一学期かけて紹介したい。
- おおざっぱにいうと...

- 一般相対論によると、とても重くて小さいモノは光でも何でも吸い込むブラックホールになる。
(Schwarzschild, 1916)
- そのブラックホールを量子力学的に扱うと、熱的な放射があることがわかる。
(Hawking, 1974)
- ブラックホールは量子力学的な効果による熱的な放射によってゆっくりエネルギーを失い、いずれ消滅すると思われる。

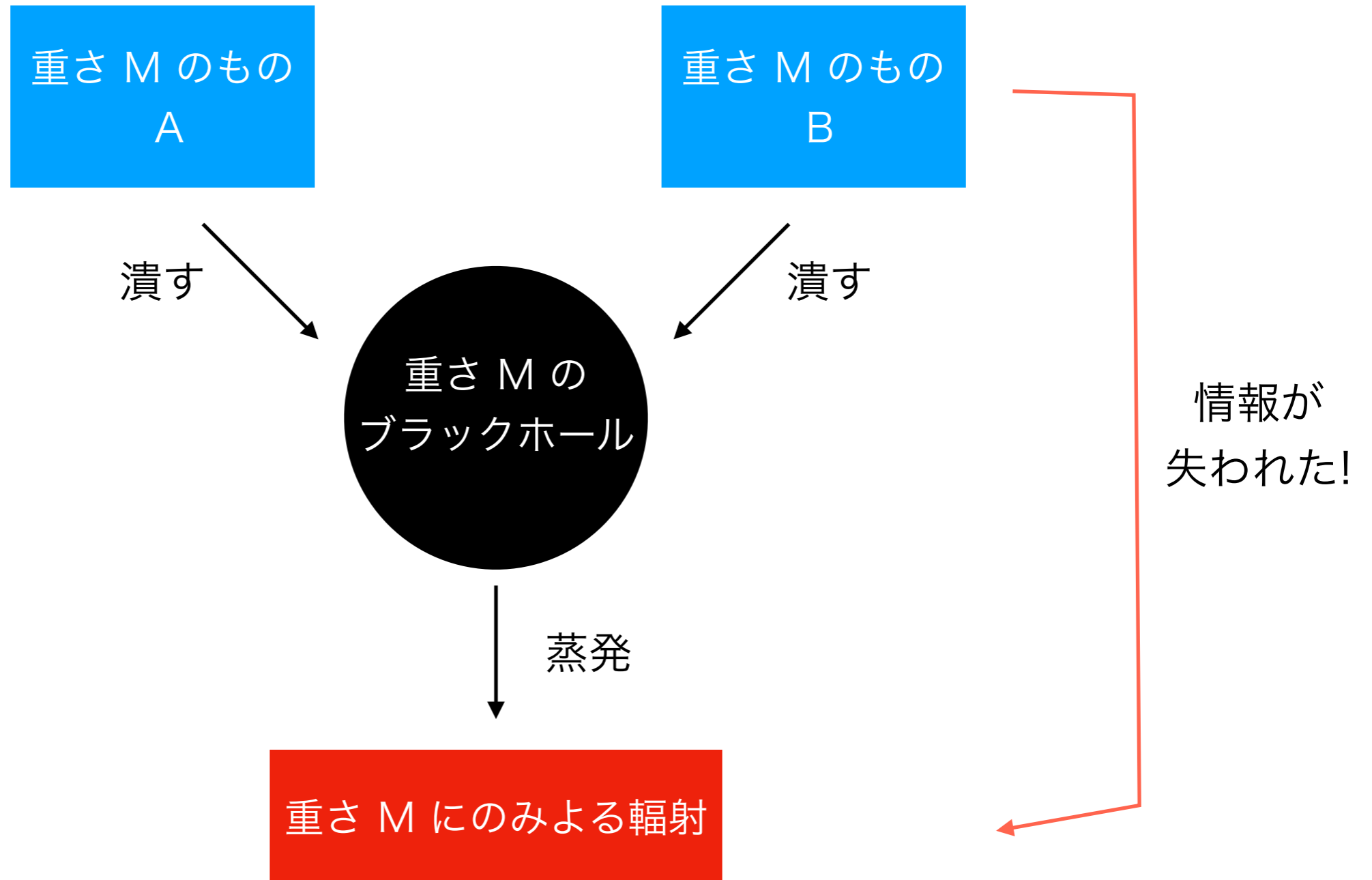
- さて、ブラックホールは何を圧縮して作っても、古典的一般相対論の段階では全質量にしか依存しない。



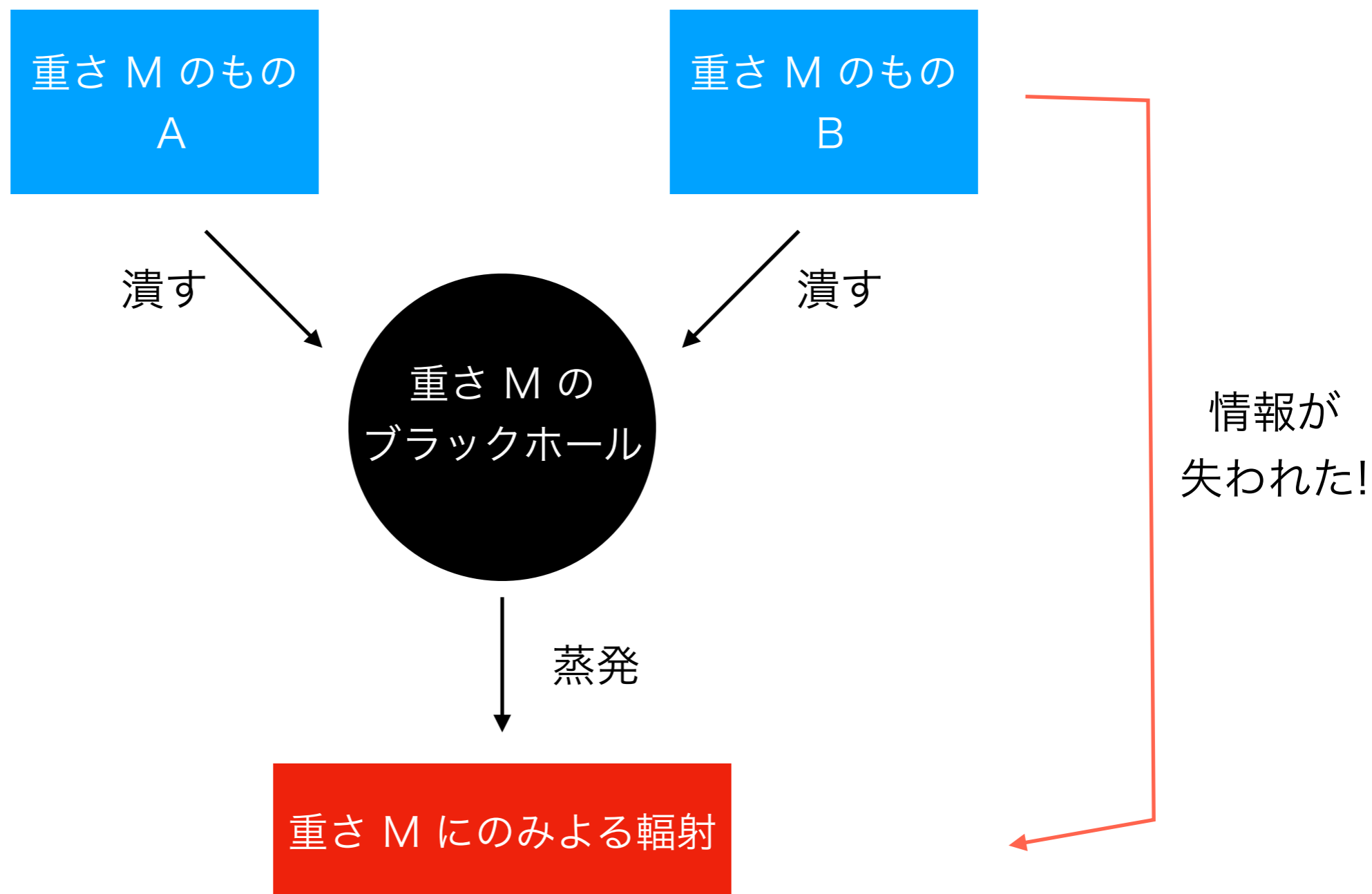
- ホーキング輻射は質量 M にしか依らない。



- 蒸発すると、何で出来ていたかを忘れてしまう。



- でも、量子力学では原理的に情報は失われぬはず。
何かがおかしい。これがブラックホールの情報喪失問題。



- みつつ(一般相対論、量子力学、熱統計力学)のそれぞれは自己矛盾がないのだが、みつつ合わせると矛盾しているように思われる、という点で、現在の理論物理では珍しいケース。
- どう解決されるか、には色々な説があって(ここ数年で大きな進展があったりしましたが)決着はついていない。
- 今回の講義では、一体どういう問題なのか、そこを理解することが目標。

第二回

- でも、今日の残りの時間は本題には入らず、まずはいろいろな諸連絡、また、~~第一回~~のみ参加してくださる人もいるでしょうから、大学および大学院での勉強/研究について、みなさんが知っていたらよいかなと思うこと(および単純に僕が伝えておきたいこと)を述べたいと思います。(いわゆる老害を発揮します。)

まあすでにそういう与太話がおおいですが。

成績評價法

“なんぢら人を審くな、審かれざらん爲なり。”

-マタイ伝 7:1

- というわけで、あまり気が進まないのですが、成績はつけざるを得ませんね。皆さんも進学振り分けがありますから気にせざるを得ません。悲しいことです。
- 学期末に、レポートを電子的に提出してください。
- レポート内容についてはまたいずれ指定します。

- 雑談ですが、僕も2012年に講義を担当し始めて数年は学期末にテストをやっていました。
- だって、僕も生まれてそれまで、講義/授業は、学期末にはテストをするものでしたからね。入試も受けてきたし。
- でも、「ずっとそうだ」からといって、「そうするのは良いことだ/必要なことだ」というわけではないです。

- 古代アステカ文明では、冬至の度に、生きている人を屠って、その心臓を太陽に捧げて、力を失ってきた太陽にまた元気を与えてきたそうです。
- ずーっとやってきて、毎回効き目があった。

- 捧げられる人「こんなのに意味はない、僕は死ぬのは嫌だ」
- 傍観者「止めてもいいんじゃない、あれ、可哀想でしょ、自分なら、死にたくないよ」
- 識者「でも、もし止めてみて、日が延びなかったらどうする。ずっと昔からやってきていつも効き目があったんだ。共同体のために死になさい！」

事象 A

冬至に生きた人間を
屠って心臓を捧げた

事象 B

その日から、昼の
長さがまた延びた

- 事象 A と事象 B には(毎年 A を行っていたアステカ文明では)確かに相関がある。でもそれは因果関係ではない。
- Correlation does not mean causation. という。
- 世の中、こういうことは多いのではないのでしょうか。

- テストだってそうです。期末テストは各国あるかもしれませんが、日本のようなタイプの大学入試は例えばアメリカではありません。
- (アメリカでやってないから日本でも無くしたほうがよい、と知っているわけでもありません。それも短絡的。)
- (中国でやっていた科挙に近い気がします。でも日本では科挙はやっていなかったので、明治期以降の大学入試はどのような経緯で始まったのでしょうか？ きっと既存研究がありますが、調べていません、すいません。)

- テスト中に教科書/ノートを参照してはいけない、というのは特に謎です。僕が研究をするときは随時必要な情報は教科書/論文/Wikipedia で調べますから。会社で働くようになって、同様では？
- まあでも例えば外科医になるなら、手術中に咄嗟な判断をするためには頭に当然体内のことが全部入っていて取り出せるようになっていないといけないでしょうから、仕事の種類に依存するのはわかりますが...

- あと、ある程度有名な話ですが、物理学者の Igor Tamm はロシア革命の際に白軍支配下のクリミアから赤軍支配地に逃げた際、赤軍の兵士に捕まり、「物理を知っているというならここでテーラー展開を誤差項を含めて導出しろ、出来なければ銃殺する」と言われて生き延びたという話がある。

ソース: <https://damtson.wordpress.com/2017/08/12/igor-tamm-and-the-taylor-expansion/>

- でも、そういうケースはむしろ稀だと思う。
どうでしょうか？

レポートを書くための(?)

情報の調べ方

ネット

本


論文

ネット

- 日本語だけでなく英語でも検索しよう。
- Wikipedia でも英語版は専門的な内容でも非常に質が高いことが多い。(物理より数学の方が質が高い気がする。)
- 国内国外の大学教員のページにも有用な情報あったり。
- 批判的に読むこと。(Wikipedia だと、あなたが読んだ数分前に、僕が嘘の内容を書いているかもしれません。)

- Yahoo 知恵袋のもっと専門的なものも英語ならある。
- 大学程度の数学: <https://math.stackexchange.com>
- 大学院以上程度の数学: <https://mathoverflow.net>
- 物理全般: <https://physics.stackexchange.com>

- 例えば数年前に僕が mathoverflow で聞いた質問



Home

Questions

Tags

Users

Unanswered

Integral (co)homology of SU/SO

Asked 5 months ago Active 5 months ago Viewed 140 times

▲ I would like to know the integral cohomology of $SU(\infty)/SO(\infty)$ (to degree 5 or 6, say.)

5 [Mimura-Toda](#) says $H^*(SU/SO, \mathbb{Z}/2\mathbb{Z}) = \wedge[w_2, w_3, \dots]$ where w_i is a pullback of Stiefel-Whitney classes via $SU/SO \rightarrow BSO$.

★ I'd like to know the image of Hurewicz images, too. Bott periodicity basically says $\pi_2(SU/SO) = \pi_3(SU/SO) = \mathbb{Z}/2\mathbb{Z}$ and I would like to know their images in $H_*(SU/SO, \mathbb{Z})$.


3

🕒 I feel stupid for asking this, because I can find many results on exceptional symmetric spaces by googling, while I do not find it for the non-exceptional symmetric spaces...

at.algebraic-topology

share cite edit close delete flag

asked Nov 5 '19 at 5:49

 [Yuji Tachikawa](#)



5,189 ● 1 ● 17 ● 50


[add a comment](#)

- それに対する答え

1 Answer

Active Oldest Votes

6  First, I'll mostly talk about U/O rather than SU/SO because U/O can be described as $B(\mathbb{Z} \times BO)$ or as the $8k - 1$ 'th space in the Ω -spectrum for KO . This gives $\pi_0(U/O) = 0$ and $\pi_1(U/O) = \pi_0(KO) = \mathbb{Z}$. From the Hurewicz and universal coefficient theorems this gives $H^1(U/O) = \text{Hom}(\pi_1(U/O), \mathbb{Z})$. This describes $[S^1, U/O] = \pi_1(U/O)$ and $[U/O, S^1] = [U/O, K(\mathbb{Z}, 1)] = H^1(U/O)$ and using this together with the H -space structure we obtain a splitting of U/O as the product of S^1 with the universal cover, which is SU/SO . So there is not too much difference between U/O and SU/SO . 

 The ring $H_*(U/O; \mathbb{Z}/2)$ has generators a_k of degree k for $k > 0$, satisfying $a_{2k} = a_k^2$. We can therefore discard the even generators and say that $H_*(U/O; \mathbb{Z}/2)$ is polynomial on the classes a_{2k+1} . The Bockstein operation is given by $\beta(a_{2k+1}) = a_{2k}$ and $\beta(a_{2k+2}) = 0$. (This would be more awkward to state if we had not introduced the classes a_k for all k .) It follows that the classes $h_{4k+1} = a_{4k+1} + a_{2k}a_{2k+1}$ satisfy $\beta(h_{4k+1}) = 0$. In fact one can show that the ring $H_*(H_*(U/O; \mathbb{Z}/2), \beta) = \ker(\beta)/\text{img}(\beta)$ is an exterior generated by these classes h_{4k+1} (including h_1 , which should be interpreted as a_1). One can also show that there are classes $b_{4k+1} \in H_{4k+1}(U/O)$ lifting h_{4k+1} , and that $H_*(U/O)/\text{torsion}$ is an exterior algebra generated by these elements. The torsion is all annihilated by 2 and is the image of the Bockstein map $\beta' : H_i(U/O; \mathbb{Z}/2) \rightarrow H_{i-1}(U/O)$. It is awkward to give a full description of the torsion, but if you are only interested in low degrees you should be able to spell it out.

I am reading all this off from [my thesis](#), where everything is done using Hopf ring methods. Certainly some parts of the calculation appear already here:

Henri Cartan, Périodicité des groupes d'homotopie stables des groupes classiques, d'après Bott, Sem. H. Cartan, vol. 60, Ecole Normale Supérieure, 1959.

However, I don't have that to hand, so I don't remember precisely what is covered.

share cite edit follow flag

answered Nov 5 '19 at 10:49



Neil Strickland

42.1k ● 6 ● 108 ● 201

2 Thanks, I need some time to digest it. I found that your reference is on line: numdam.org/actas/SHC – Yuji Tachikawa Nov 5 '19 at 12:52

本

- 最近は何でもネットで検索してしまいがちですが、本もまだまだ役に立ちますよ。
- 大学図書館には沢山専門書があります。
- ebook を大学で購入してある場合は、ネット経由で読めます。

- 出版社側としては大学所属の人が読んでいることを確認しないといけません。大学のネットワーク内からなら普通に読める筈。
- 大学のネットワーク外から図書館の ebook を読むこともできます。
- <https://www.lib.u-tokyo.ac.jp/ja/library/literacy/user-guide/campus/offcampus> 参照。

- 本を探すには、OPAC https://opac.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/opac/opac_search/ を活用しましょう。

The screenshot shows the homepage of the University of Tokyo OPAC. At the top left, the text reads "東京大学 OPAC" and "The University of Tokyo Library OPAC". To the right is a "MyOPAC ログイン" button and the University of Tokyo logo. Below these are links for "ヘルプ", "入力補助", and "English". A navigation bar contains "HOME", "ASK", "MyOPACサービス", "新着図書", and "その他". A secondary navigation bar lists "東京大学OPAC", "CiNii Books", "CiNii Articles", "IRDB", "国立国会図書館サーチ", and "WorldCat". The main search area features a search bar with "東京大学OPAC" and the description "東京大学が所蔵する図書や雑誌、電子ジャーナル・電子ブックを検索します。". Below the search bar are buttons for "簡易検索" and "詳細検索", and a search input field with "検索" and "クリア" buttons. At the bottom, an "お知らせ" section contains a notice dated "2021.03.31" regarding library services in the Hongo campus area, with a "+もっと見る" button.

- 他の学部の図書館に入って借りることも可能。
- 他のキャンパスの図書館から本を取り寄せることも可。
- お金を払ってコピーを取り寄せたりもできる
(はず。教員は出来ますが、学生はできたかな…)
- 他大学にしかない本でも、同様にコピーを取り寄せたりもできる(はず。教員は出来ますが、学生はできたかな…)

- 専門書は高いですが、大抵は東大のどこかの図書館にはあります。どこの図書館にもない場合は、図書館に購入依頼を出すこともできます。
- いつでも買ってくれるわけではありませんけど。
- (僕は柏所属なので、柏図書館に読みたかった文系の本を頼んでみたら、「柏は理系キャンパスなので文系の本は買いません」と言われたことがあります。その時は本郷の総合図書館に同じ本を無事買ってもらえて、それを柏に取り寄せたことがあります。)

- どの学部でもいいですが、図書室に入ってみるのをおすすめします。駒場の数学科だとこんな感じです。



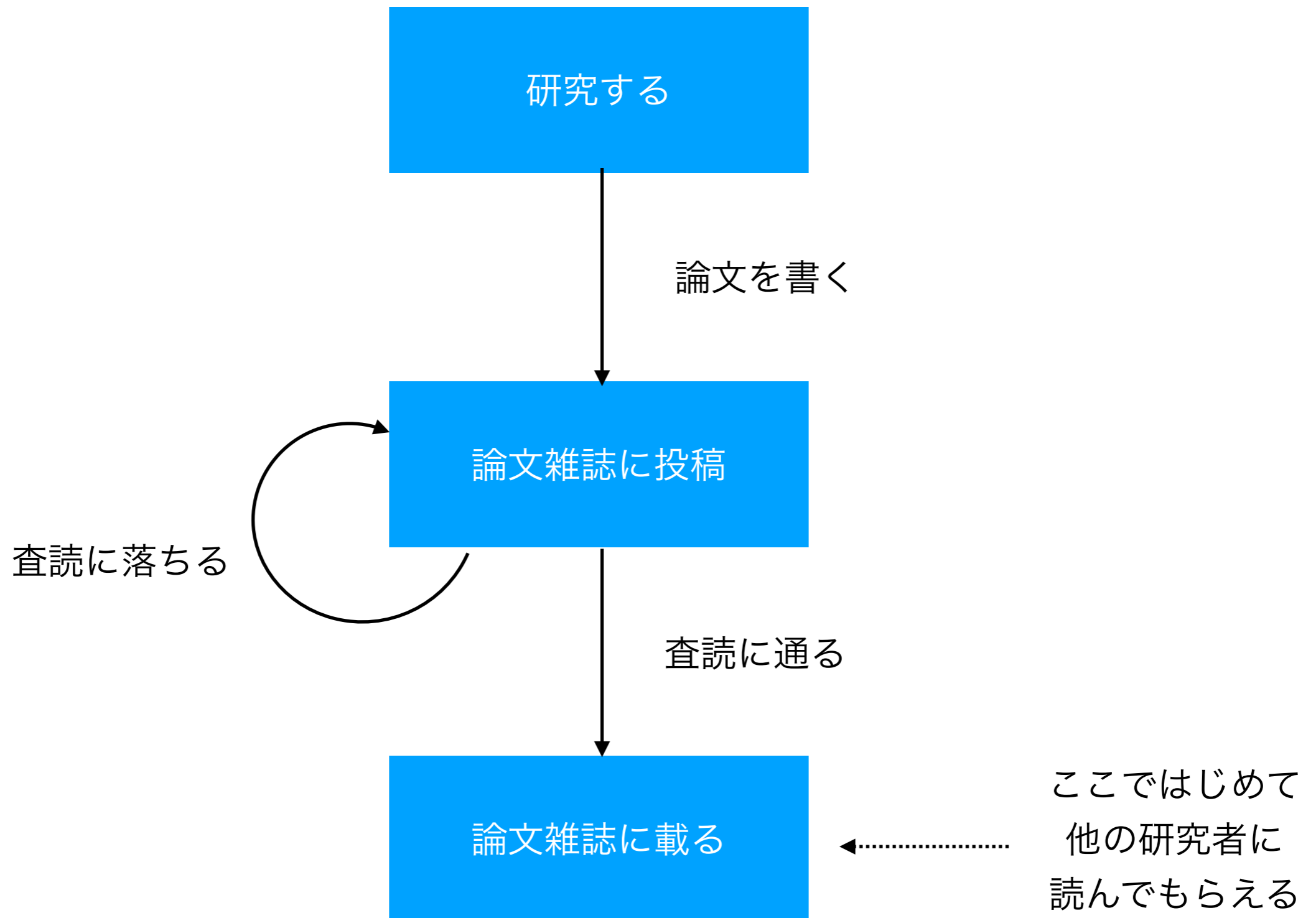
- これが全部数学の本なわけで、人類の知的蓄積に圧倒されます。他の分野だって同様です。到底自分の一生でその全体を把握できるわけがありませんね。僕はもう研究人生の半分まで来たからよりよく分かります。
- 皆さんも四年生になれば卒業研究でこの知的蓄積にほんの少しですが付け加えることになるわけです。
- (学科によると卒業研究がないこともあります。でもそういう学科は大抵の人が修士にあがって、修論で同じことをします。)

- また、図書館はじめ世の中にある知識の量を考えると、「知ったかぶり」をするのが馬鹿らしいと思えてきます。
- 学部学生→院生→ポスドク... と色々みていると、経験を積んだ人ほど知ったかぶりをしない気がします。
- 教員相手に知ったかぶりするとすぐバレます。知らないのがわかれば教えられますが、知ったフリをしているところに教えるのも憚られますしね。

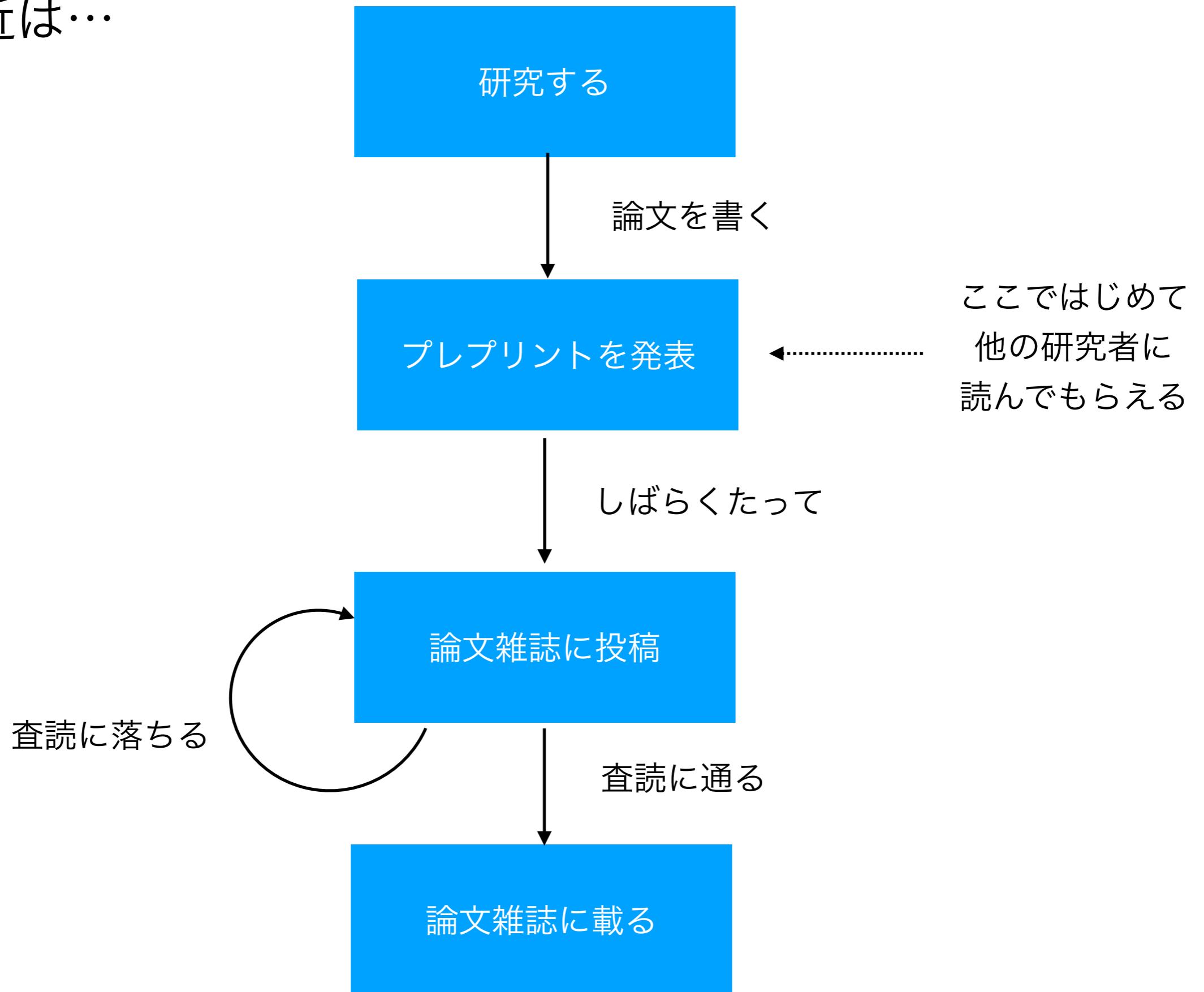
論文

- 本の話ばかりしましたが、一冊の本になっていない専門的な学術論文もさらに沢山あります。
- 最先端のこと、本には書いていない細かいことを知りたくなったら必要になりますが、皆さんにはまだすこし早いかもしれません。
- でも折角なので学術論文の話もしましょう。

大昔は…



最近は…



プレプリントって？

- プレプリントは数学、物理なら <https://arxiv.org/>

arXiv is a free distribution service and an open-access archive for 2,043,511 scholarly articles in the fields of physics, mathematics, computer science, quantitative biology, quantitative finance, statistics, electrical engineering and systems science, and economics. Materials on this site are not peer-reviewed by arXiv.

Subject search and browse:
 Physics Search
 Form Interface Catchup

News
 Read about recent news and updates on [arXiv's blog](#). (View the former "what's new" pages here). Read [robots beware](#) before attempting any automated download.

Physics

- [Astrophysics \(astro-ph new, recent, search\)](#)
 includes: [Astrophysics of Galaxies](#); [Cosmology and Nongalactic Astrophysics](#); [Earth and Planetary Astrophysics](#); [High Energy Astrophysical Phenomena](#); [Instrumentation and Methods for Astrophysics](#); [Solar and Stellar Astrophysics](#)
- [Condensed Matter \(cond-mat new, recent, search\)](#)
 includes: [Disordered Systems and Neural Networks](#); [Materials Science](#); [Mesoscale and Nanoscale Physics](#); [Other Condensed Matter](#); [Quantum Gases](#); [Soft Condensed Matter](#); [Statistical Mechanics](#); [Strongly Correlated Electrons](#); [Superconductivity](#)
- [General Relativity and Quantum Cosmology \(gr-qc new, recent, search\)](#)
- [High Energy Physics - Experiment \(hep-ex new, recent, search\)](#)
- [High Energy Physics - Lattice \(hep-lat new, recent, search\)](#)
- [High Energy Physics - Phenomenology \(hep-ph new, recent, search\)](#)
- [High Energy Physics - Theory \(hep-th new, recent, search\)](#)

COVID-19 Quick Links
 See COVID-19 SARS-CoV-2 preprints from

- [arXiv](#)
- [medRxiv and bioRxiv](#)

Important: e-prints posted on arXiv are not peer-reviewed by arXiv; they should not be relied upon without context to guide clinical practice or health-related behavior and should not be reported in news media as established information without consulting multiple experts in the field.

- プレプリントは数学、物理なら <https://arxiv.org/>

arXiv > hep-th Search... All fields
Help | Advanced Search

High Energy Physics – Theory

New submissions

Submissions received from Tue 29 Mar 22 to Wed 30 Mar 22, announced Thu, 31 Mar 22

- [New submissions](#)
- [Cross-lists](#)
- [Replacements](#)

[total of 49 entries: 1–49]
 [showing up to 2000 entries per page: [fewer](#) | [more](#)]

New submissions for Thu, 31 Mar 22

[1] [arXiv:2203.15816](#) [[pdf](#), [other](#)]

Fano 3-Folds, Reflexive Polytopes and Brane Brick Models
[Sebastian Franco](#), [Rak-Kyeong Seong](#)
 Comments: 208 pages, 45 figures, 74 tables
 Subjects: **High Energy Physics – Theory (hep-th)**; Mathematical Physics (math-ph); Algebraic Geometry (math.AG)

Reflexive polytopes in n dimensions have attracted much attention both in mathematics and theoretical physics due to their connection to Fano n -folds and mirror symmetry. This work focuses on the 18 regular reflexive polytopes corresponding to smooth Fano 3-folds. For the first time, we show that all 18 regular reflexive polytopes have corresponding 2d (0,2) gauge theories realized by brane brick models. These 2d gauge theories can be considered as the worldvolume theories of D1-branes probing the toric Calabi-Yau 4-singularities whose toric diagrams are given by the associated regular reflexive polytopes. The generators of the mesonic moduli space of the brane brick models are shown to form a lattice of generators due to the charges under the rank 3 mesonic flavor symmetry. It is shown that the lattice of generators is the exact polar dual reflexive polytope to the corresponding toric diagram of the brane brick model. This duality not only highlights the close relationship between the geometry and 2d gauge theory, but also opens up pathways towards new discoveries in relation to reflexive polytopes and brane brick models.

[2] [arXiv:2203.15818](#) [[pdf](#), [other](#)]

Type IIB flux compactifications with $h^{1,1} = 0$
[Jacob Bardzell](#), [Eduardo Gonzalo](#), [Muthusamy Rajaguru](#), [Danielle Smith](#), [Timm Wrase](#)
 Comments: 36 pages
 Subjects: **High Energy Physics – Theory (hep-th)**

We revisit flux compactifications of type IIB string theory on 'spaces' dual to rigid Calabi-Yau manifolds. This

- プレプリントは数学、物理なら <https://arxiv.org/>

arXiv > [hep-th](#) > [arXiv:2108.13542](#)

All fields Search

High Energy Physics – Theory

[Submitted on 30 Aug 2021]

Topological modular forms and the absence of all heterotic global anomalies

[Yuji Tachikawa](#), [Mayuko Yamashita](#)

We reformulate the question of the absence of global anomalies of heterotic string theory mathematically in terms of a certain natural transformation $\mathrm{TMF}^* \rightarrow (I_{\mathbb{Z}}\Omega^{\mathrm{string}})^{\bullet-20}$, from topological modular forms to the Anderson dual of string bordism groups, using the Segal–Stolz–Teichner conjecture. We will show that this natural transformation vanishes, implying that heterotic global anomalies are always absent. The fact that $\mathrm{TMF}^{21}(\mathrm{pt}) = 0$ plays an important role in the process. Along the way, we also discuss how the twists of TMF can be described under the Segal–Stolz–Teichner conjecture, by using the result of Freed and Hopkins concerning anomalies of quantum field theories. The paper contains separate introductions for mathematicians and for string theorists, in the hope of making the content more accessible to a larger audience. The sections are also demarcated cleanly into mathematically rigorous parts and those which are not.

Comments: 34 pages
Subjects: **High Energy Physics – Theory (hep-th)**; Mathematical Physics (math-ph); Algebraic Topology (math.AT)
Cite as: [arXiv:2108.13542 \[hep-th\]](#)
(or [arXiv:2108.13542v1 \[hep-th\]](#) for this version)
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2108.13542>

Download:

- [PDF](#)
- [Other formats](#)
(license)

Current browse context:
hep-th
[< prev](#) | [next >](#)
[new](#) | [recent](#) | [2108](#)

Change to browse by:

- [math](#)
- [math-ph](#)
- [math.AT](#)
- [math.MP](#)

References & Citations

- [INSPIRE HEP](#)
- [NASA ADS](#)
- [Google Scholar](#)
- [Semantic Scholar](#)

[Export Bibtex Citation](#)

Bookmark

- プレプリントは数学、物理なら <https://arxiv.org/>

arXiv:2108.13542v1 [hep-th] 30 Aug 2021

**TOPOLOGICAL MODULAR FORMS AND
THE ABSENCE OF ALL HETEROTIC GLOBAL ANOMALIES**

YUJI TACHIKAWA AND MAYUKO YAMASHITA

ABSTRACT. We reformulate the question of the absence of global anomalies of heterotic string theory mathematically in terms of a certain natural transformation $\mathrm{TMF}^\bullet \rightarrow (I_{\mathbb{Z}}\Omega^{\mathrm{string}})^{\bullet-20}$, from topological modular forms to the Anderson dual of string bordism groups, using the Segal-Stolz-Teichner conjecture. We will show that this natural transformation vanishes, implying that heterotic global anomalies are always absent. The fact that $\mathrm{TMF}^{21}(\mathrm{pt}) = 0$ plays an important role in the process. Along the way, we also discuss how the twists of TMF can be described under the Segal-Stolz-Teichner conjecture, by using the result of Freed and Hopkins concerning anomalies of quantum field theories.

The paper contains separate introductions for mathematicians and for string theorists, in the hope of making the content more accessible to a larger audience. The sections are also demarcated cleanly into mathematically rigorous parts and those which are not.

CONTENTS

1. Introduction	2
1.1. Introduction for mathematicians	2
1.2. Introduction for string theorists	6
2. Description of anomalies	10
2.1. Physics setup	10
2.2. Mathematical reformulation	11
3. Vanishing of anomalies	18
3.1. The proof	18
3.2. A corollary	21
4. Twists of KO and TMF and the Segal-Stolz-Teichner conjecture	22
Appendix A. Table of spin and string bordism groups	25
Appendix B. Tables of $\pi_*(\mathrm{tmf})$, $\pi_*(\mathrm{Tmf})$ and $\pi_*(\mathrm{TMF})$	25
Appendix C. Some examples of $(I_{\mathbb{Z}}\Omega^B)^\bullet(\mathrm{pt}) \rightarrow (I_{\mathbb{Z}}\Omega^{B'})^{\bullet+n}(\mathrm{pt})$	26
References	32

- 投稿するのも無料、読むのも無料。
- でも、論文の品質の保証は(ほとんど)無い。
- でも、読者自身が専門家なら自分で判断できるので特に問題は起きない。

- 分野によっていろいろある:
 - medicine: <https://medrxiv.org>
 - biology: <https://biorxiv.org>
 - 文系全般: <https://academia.edu>
- コロナウイルス関連の論文は上記ふたつにバンバンでていきます。判らないなりに読んだことのある人もいるのでは？

論文が論文雑誌に載るとは？

- じゃあ論文雑誌にのった論文とは？

arXiv.org > hep-th > arXiv:1905.08943
Search... All fields Search

High Energy Physics - Theory

Anomaly of the Electromagnetic Duality of Maxwell Theory

Chang-Tse Hsieh, Yuji Tachikawa, Kazuya Yonekura

(Submitted on 22 May 2019 (v1), last revised 17 Oct 2019 (this version, v2))

We consider the (3+1)-dimensional Maxwell theory in the situation where going around nontrivial paths in the spacetime involves the action of the duality transformation exchanging the electric field and the magnetic field, as well as its $SL(2, \mathbb{Z})$ generalizations. We find that the anomaly of this system in a particular formulation is 56 times that of a Weyl fermion. This result is derived in two independent ways: one is by using the bulk symmetry protected topological phase in 4+1 dimensions characterizing the anomaly, and the other is by considering the properties of a (5+1)-dimensional superconformal field theory known as the E-string theory. This anomaly of the Maxwell theory plays an important role in the consistency of string theory.

Comments: 5+1 pages, 1 figure, 1 table; v2: references added, further discussion on "the transition from the self-dual tensor to 28 fermions in 5+1 dimensions" added, published version up to formatting

Subjects: **High Energy Physics - Theory (hep-th)**; Strongly Correlated Electrons (cond-mat.str-el)

Journal reference: Phys. Rev. Lett. 123, 161601 (2019)

DOI: [10.1103/PhysRevLett.123.161601](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.123.161601)

Report number: IPMU-19-0068, THU-1908

Cite as: arXiv:1905.08943 [hep-th]
(or arXiv:1905.08943v2 [hep-th] for this version)

Bibliographic data
Select data provider: [Semantic Scholar](#) | [INSPIRE HEP](#) | [Prophy](#) [[Disable Bibex \(What is Bibex?\)](#)]

Download:

- [PDF](#)
- [Other formats](#) (license)

Current browse context: **hep-th**
< prev | next >
[new](#) | [recent](#) | [1905](#)

Change to browse by:
[cond-mat](#)
[cond-mat.str-el](#)

References & Citations

- [INSPIRE HEP](#) (refers to | cited by)
- [NASA ADS](#)
- [Google Scholar](#)
- [Semantic Scholar](#)

Anomaly of the Electromagnetic Duality o...

- [Chang-Tse Hsieh](#)
- [Yuji Tachikawa](#)
- [Kazuya Yonekura](#)

[Bibex: Semantic Scholar](#)

Bookmark

[Crossref](#) [arXiv](#) [db](#) [Google](#) [W](#) [Science WISE](#)

- じゃあ論文雑誌にのった論文とは？

PHYSICAL REVIEW LETTERS

Highlights Recent Accepted Collections Authors Referees Search Press About

Editors' Suggestion Open Access

Anomaly of the Electromagnetic Duality of Maxwell Theory

Chang-Tse Hsieh, Yuji Tachikawa, and Kazuya Yonekura
Phys. Rev. Lett. **123**, 161601 – Published 14 October 2019

48

Twitter Facebook More

Article PDF HTML Export Citation

ABSTRACT

We consider the $(3 + 1)$ -dimensional Maxwell theory in the situation where going around nontrivial paths in the spacetime involves the action of the duality transformation exchanging the electric field and the magnetic field, as well as its $SL(2, \mathbb{Z})$ generalizations. We find that the anomaly of this system in a particular formulation is 56 times that of a Weyl fermion. This result is derived in two independent ways: one is by using the bulk symmetry protected topological phase in $(4 + 1)$ dimensions characterizing the anomaly, and the other is by considering the properties of a $(5 + 1)$ -dimensional superconformal field theory known as the E -string theory. This anomaly of the Maxwell theory plays an important role in the consistency of string theory.

Received 19 August 2019

Issue
Vol. 123, Iss. 16 – 18
October 2019

Check for updates

Reuse & Permissions

50 YEARS PHYSICAL REVIEW A·B·C·D
To celebrate 50 years of

- じゃあ論文雑誌にのった論文とは？

The screenshot shows the ScienceDirect interface for an article. At the top, there's a navigation bar with 'Outline', 'Get Access', 'Share', and 'Export' options, along with a search bar and 'Advanced' search options. A banner for COVID-19 campus closures is visible. The article is from 'Annals of Physics', Volume 16, Issue 3, December 1961, Pages 407-466. The title is 'Two soluble models of an antiferromagnetic chain' by Elliott Lieb, Theodore Schultz, and Daniel Mattis. The abstract describes two quantum mechanical models for an antiferromagnetic linear chain, solved exactly, with details on ground state, elementary excitations, and free energy. The article has 2646 citing articles and 741 readers. Recommended articles include 'Entanglement dynamics in critical ran...', 'Classical impurities and boundary Maj...', and 'Topological phases of the two-leg Kita...'.

ScienceDirect

Outline Get Access Share Export Search ScienceDirect Advanced

COVID-19 campus closures: [see options for Remote Access](#) to subscribed content

Annals of Physics
Volume 16, Issue 3, December 1961, Pages 407-466

ELSEVIER

Two soluble models of an antiferromagnetic chain

Elliott Lieb, Theodore Schultz, Daniel Mattis

Show more

[https://doi.org/10.1016/0003-4916\(61\)90115-4](https://doi.org/10.1016/0003-4916(61)90115-4) Get rights and content

Abstract

Two genuinely quantum mechanical models for an antiferromagnetic linear chain with nearest neighbor interactions are constructed and solved exactly, in the sense that the ground state, all the elementary excitations and the free energy are found. A general formalism for calculating the instantaneous correlation between any two spins is developed and applied to the investigation of short- and long-range order. Both models show nonvanishing long-range order in the ground state for a range of values of a certain parameter λ which is analogous to an anisotropy parameter in the Heisenberg model. A detailed comparison with the Heisenberg model suggests that the latter has no long-range order

Recommended articles

Entanglement dynamics in critical ran...
Annals of Physics, Volume 380, 2017, pp. 22...
Purchase PDF View details

Classical impurities and boundary Maj...
Annals of Physics, Volume 372, 2016, pp. 48...
Purchase PDF View details

Topological phases of the two-leg Kita...
Physics Letters A, Volume 376, Issue 46, 201...
Purchase PDF View details

1 2 Next >

Citing articles (2646)

Article Metrics

Citations

Citation Indexes: 2646

Captures

Readers: 741

Mentions

- いろんな雑誌がある。
- おおざっぱにグレードがあって、良い雑誌の査読に通るのは難しい。
- 良い雑誌の査読はより厳密(多分)。
- 査読に通っていても正しいとは限らない。やはり最終的には読者が判断しないとイケない。

- Nature とか Science は有名だが数理物理は載らない。
- あとは Physical Review Letters というのが有名。でもこれは一論文4ページ程度という上限がある。普通僕のやってる数理物理では軽く数十ページとかになるのでかなり無理して内容を圧縮しないといけない。だからキャッチーな論文は出るが本当に意義のある論文は滅多にないと思う。

- 論文は山のようにある。どんな詰まらないネタでも、思いついた段階で、他の人がすでにやって論文を書いていると思ってよいぐらい。
- 昔フラインマンは「新着論文雑誌が図書館の棚を埋める速度はいずれ光速を超えるだろう。でもそれは相対論と矛盾しない。なぜなら情報を全く運ばないからだ！」と聞いたそうです。
- でもその前にオンライン化して実物の論文雑誌は消滅しましたが...

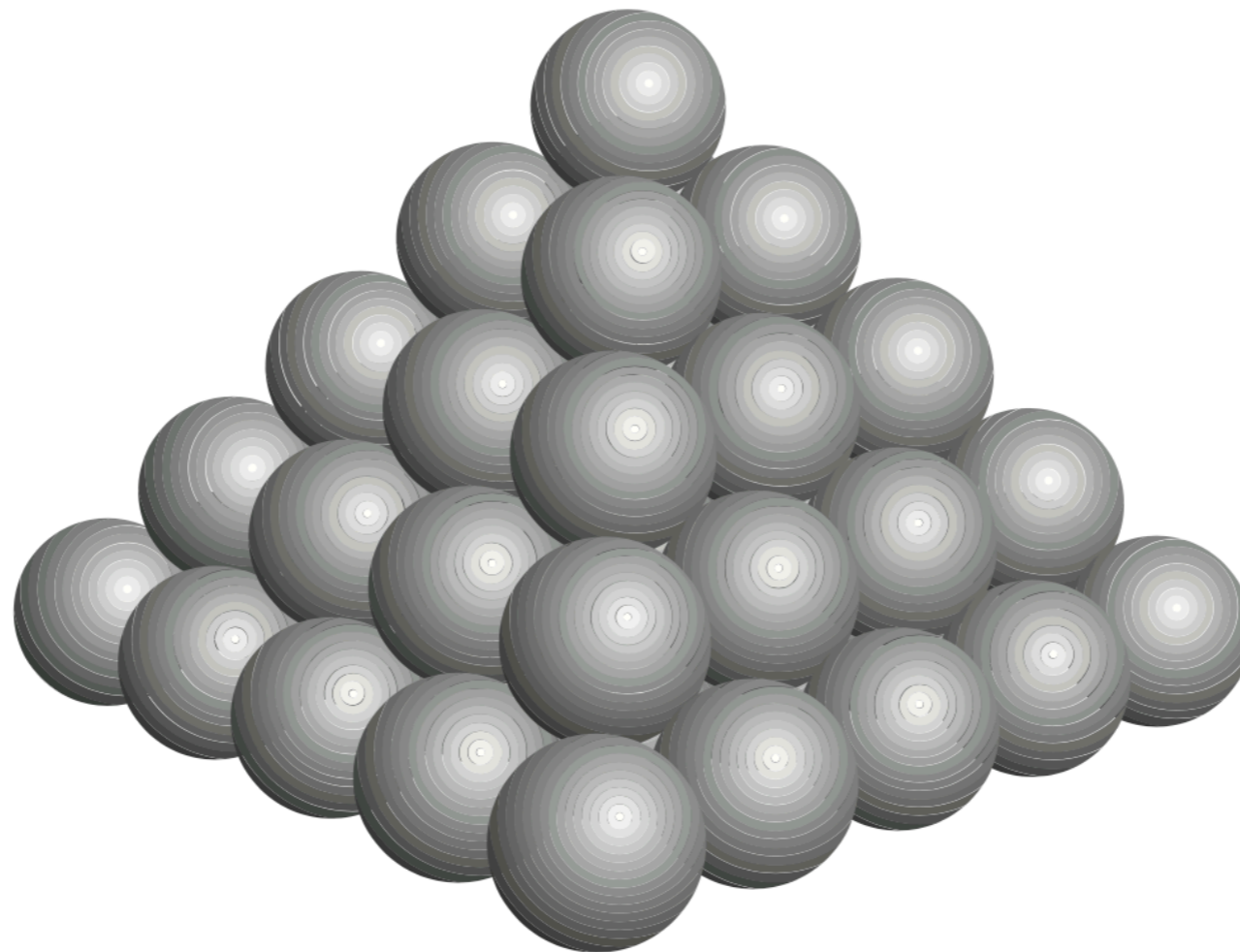
査読についてもう少し

- 査読に通ったから正しい、というわけではないことについてもう少し。
- 論文執筆、論文の査読、いろいろなステップを行うのは人間なので、悪意がなくても間違ってしまうことはある。
- 出版後に訂正がでることはよくある。
- 論文を撤回することもままある。

- 最近気になった例。数日前 NHK で京大数理研の望月新一教授による「abc 予想の証明」に関する話の特集があった。これまでの経緯は
- 2012年に合計600頁に及ぶプレプリントが発表。
- Publications of R.I.M.S. に投稿、査読に8年かかる。
- 2020年4月4日に査読が終わり出版されることが発表。

- この論文は難解だということで有名。2018年には Scholze と Stix が、論文の特定の箇所が間違っていると指摘。Mochizuki 側はそこは間違いではないと返答。
- どちらが正しいのかは僕には到底判定出来ません。
- Publications of R.I.M.S. の査読を通ったと聞いても、僕個人は何とも判断のしようがない。
- どなたか勉強して教えてください！

- また別の極端な例。三次元空間に球を最密充填するには、良く知られた「最密格子」というのが最密である、
というのはケプラー予想といって、長らく未解決だった。



- 1998年に Thomas Hales は証明をプレプリントとして arXiv に発表。コンピュータを援用した非常にややこしい証明。
- 2005年に論文は Annals of Mathematics に出版。査読者は「99%正しいと思う」とのコメント。
- それに Hales は満足出来なかったらしく、自分で 100% 確認することを開始。というのは…

- 数学は公理+三段論法の積み重ねなので、証明の各ステップで何と何を組み合わせて三段論法を使ったかをキチンと書いてあれば、証明があっているか間違っているかは機械的に確認できるはず。
- 言うは易し行うは難しで、「計算機による自動証明」という数学とコンピューティングの活発に研究されている境界領域になっている。
- 2014年まで掛かってこれを実行。
- それが 2017 年に論文として出版された。

1998

2005

2014

2017

元のプレプリント

“99%正しい”
として出版

コンピュータによる
証明の確認の
アナウンス

それが出版

- これらは極端なケースですが、査読は通常理論物理なら数ヶ月、数学なら一年ぐらい(?)掛かるのでは。
- プレプリントを書くまでに掛かる時間もいろいろ。
- 僕は通常アイデアからプレプリントまで数ヶ月くらいだった気がしますが、最近はのんびりしていて半年から一年かかることもしばしばです。
- 院生のころ(~2006)思った疑問を2018年に急に解決できたこともありました。

- 皆さんはこれまでの教育の結果として、
 - 学習、記憶したものを使って
 - 何も見ない所で
 - 一時間程度で
 - 与えられた問題を慌ててとく
- のに最適化されてると思いますが、
研究はそうではないので悪しからず！