

# 現代物理学

本来の第一回/実際には第三回

2020/4/24

# 現代数理物理学

本来の第一回/実際には第三回

2020/4/24

- 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/>

- 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。
- が、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。



- 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。

- 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。

- これ以外にも沢山沢山面白い発見や進展がある。
- それぞれ専門の教員に語らせたら一学期間では済まない。
- 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。)

- 今回の講義では、トポロジカル絶縁体の理論の一端に触れられればと思っています。
- 僕の専門は物理というより数理物理なので、その側面に偏ったものになってしまいますが…

数理物理とは？

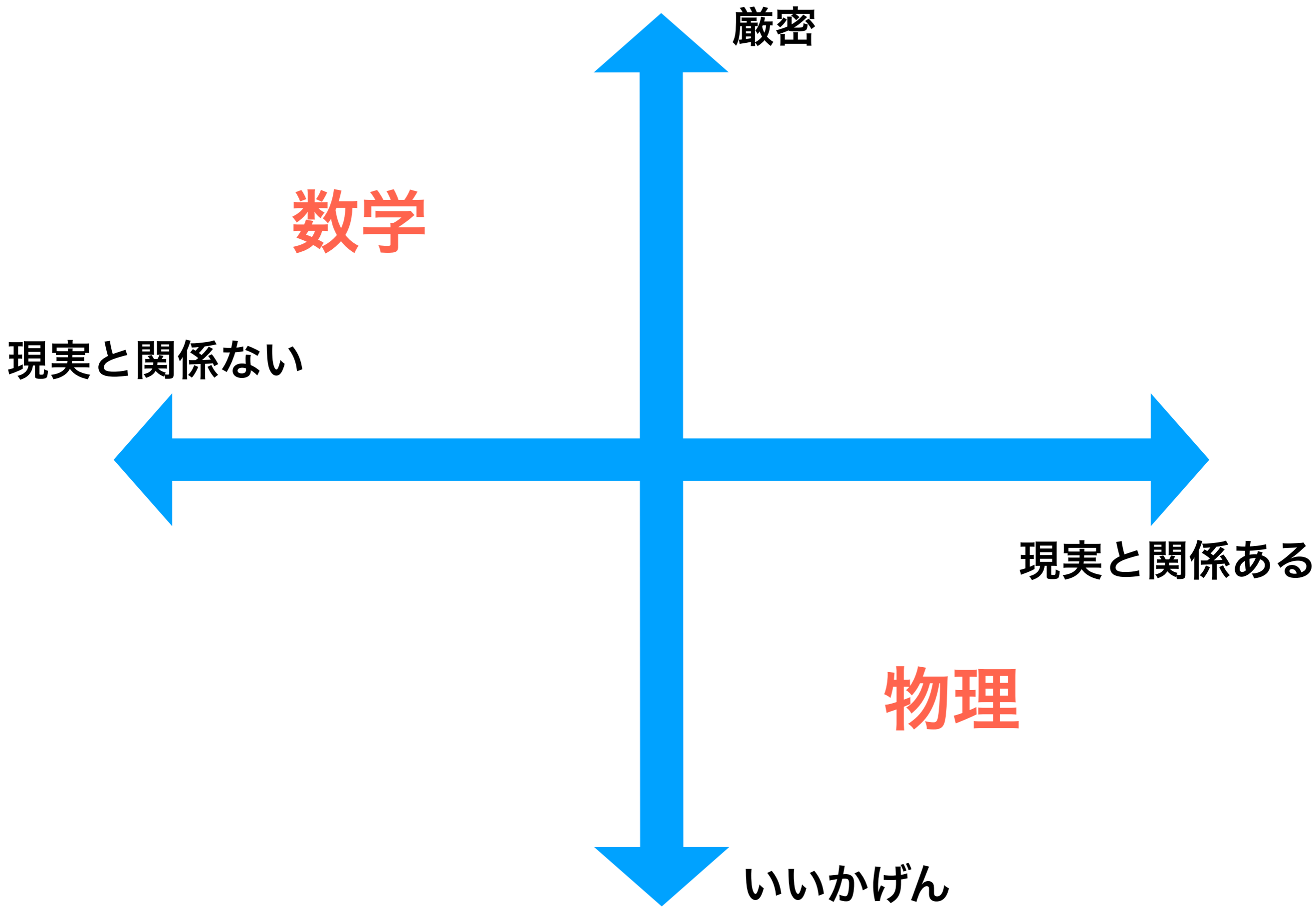
- 数学と物理のあいだぐらいの学問。
- 数理物理といっても数学に近いものから、物理に近いものまでである。

- 物理: この世のことを調べる。

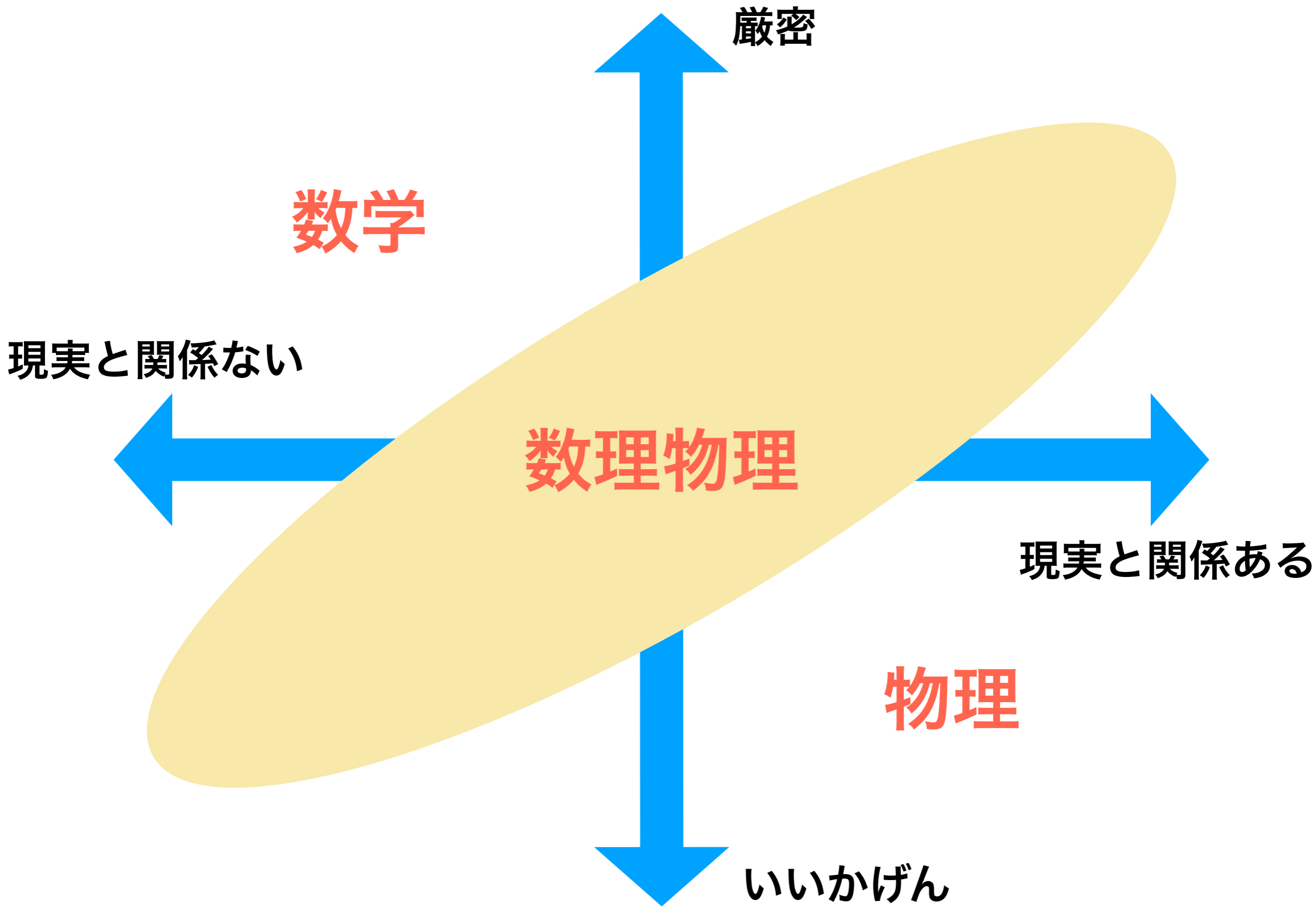
予言が測定/観測と合えばいいので、予言を出すにあたっての推論の厳密性はあまり重視されない。

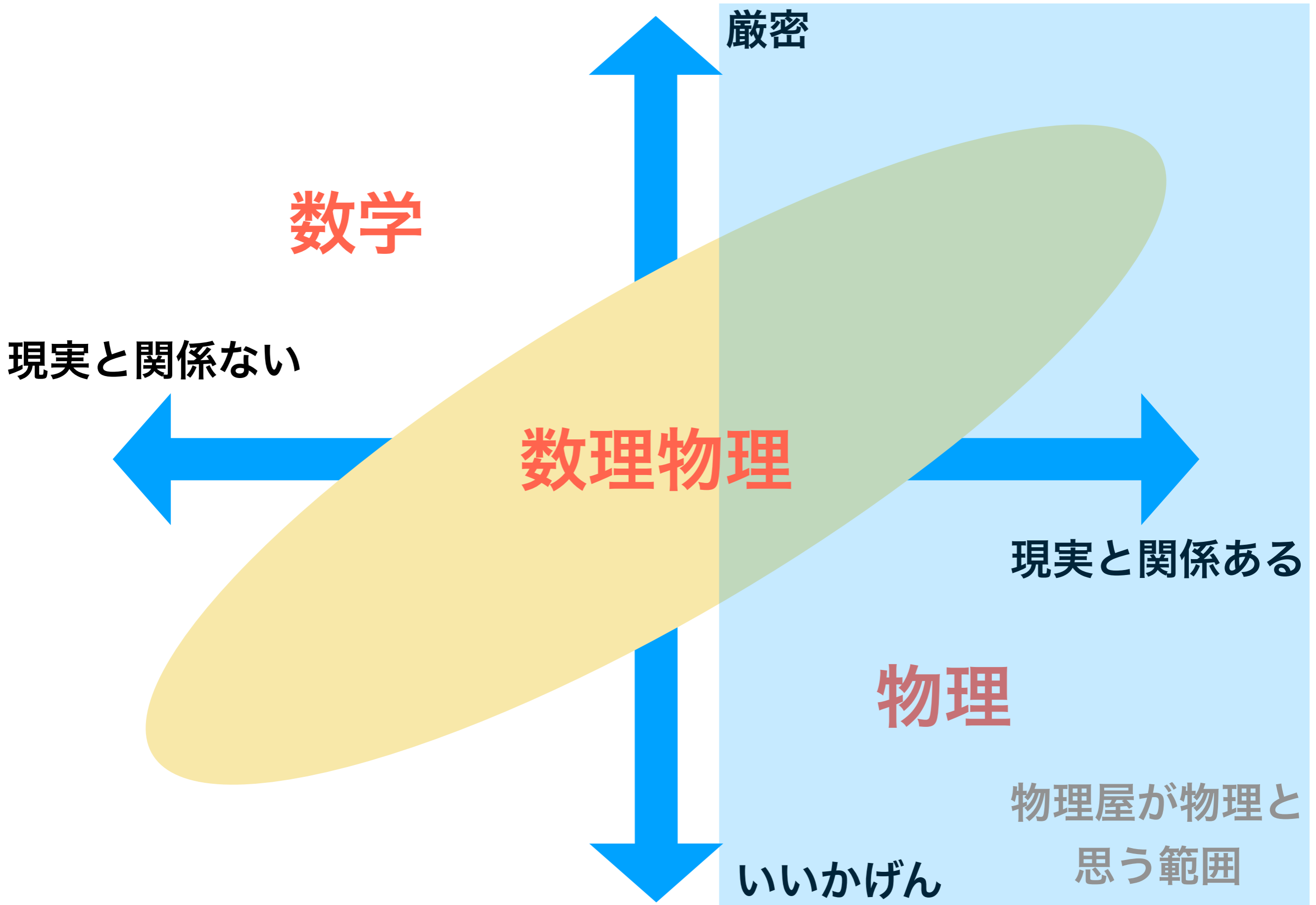
- 数学: アイデアの世界のことを調べる。

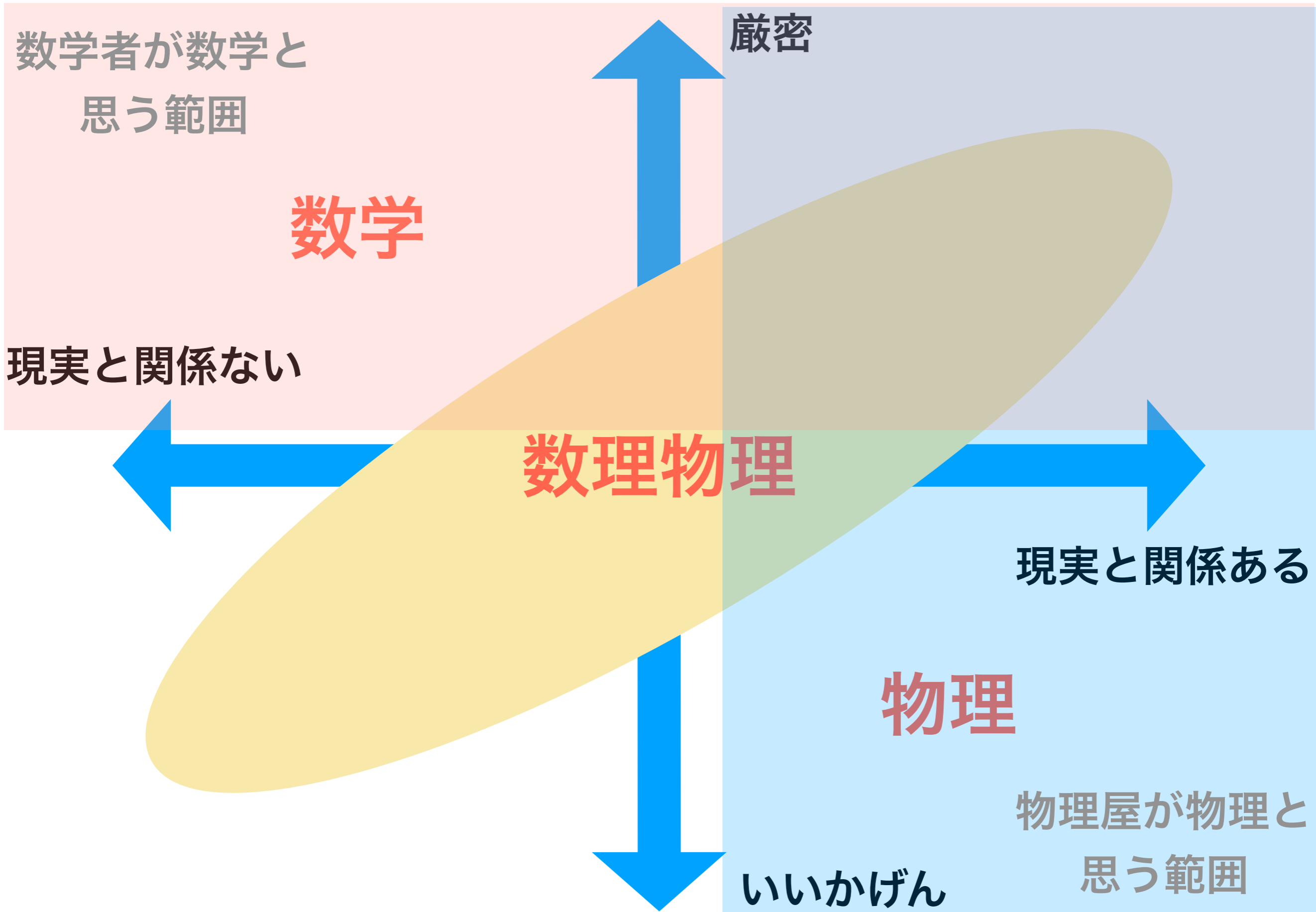
測定/観測しようがないので、推論の厳密性をもって結果の信頼性を担保する。いわゆる「定義/定理/証明」というスタイルになる。

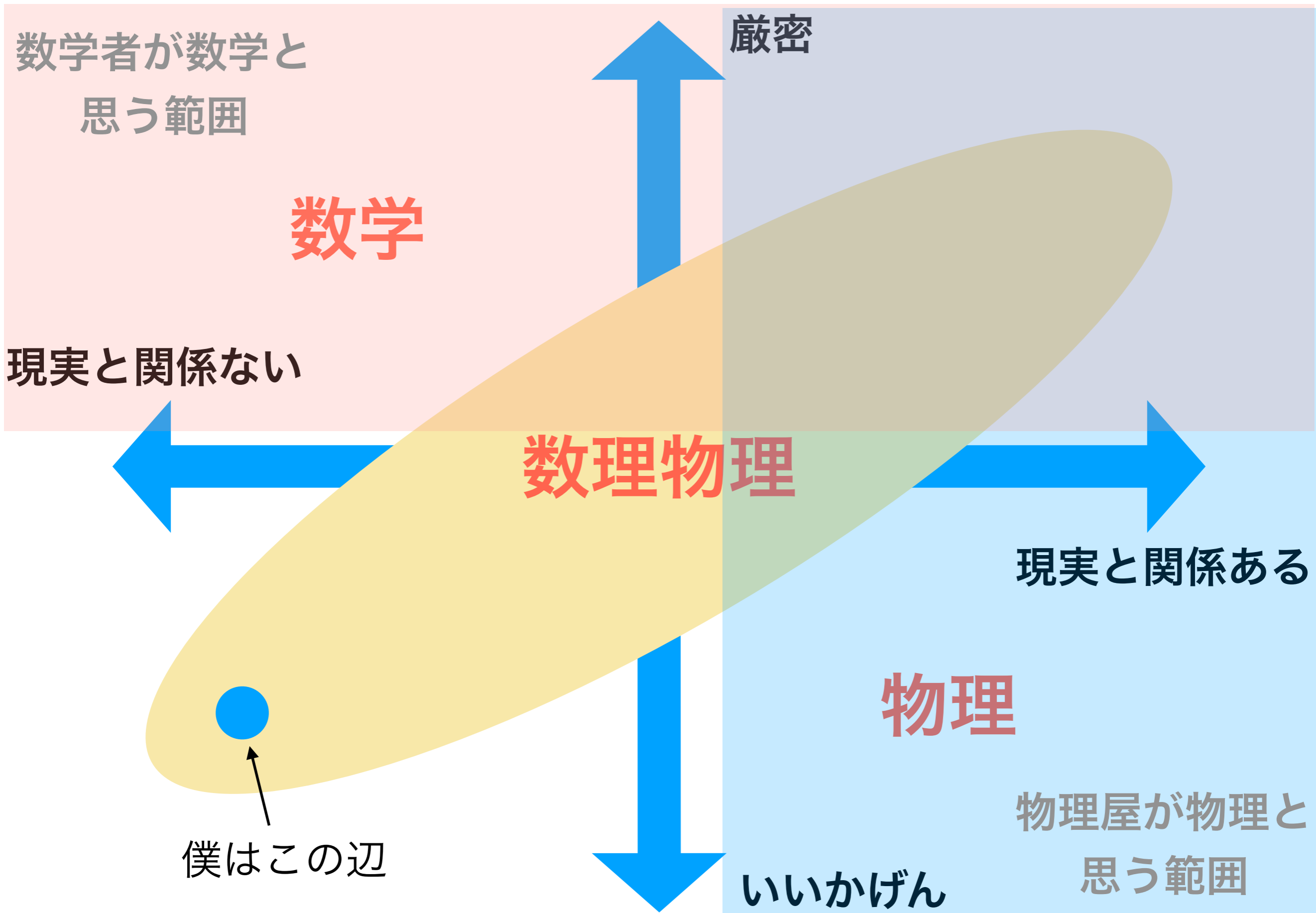


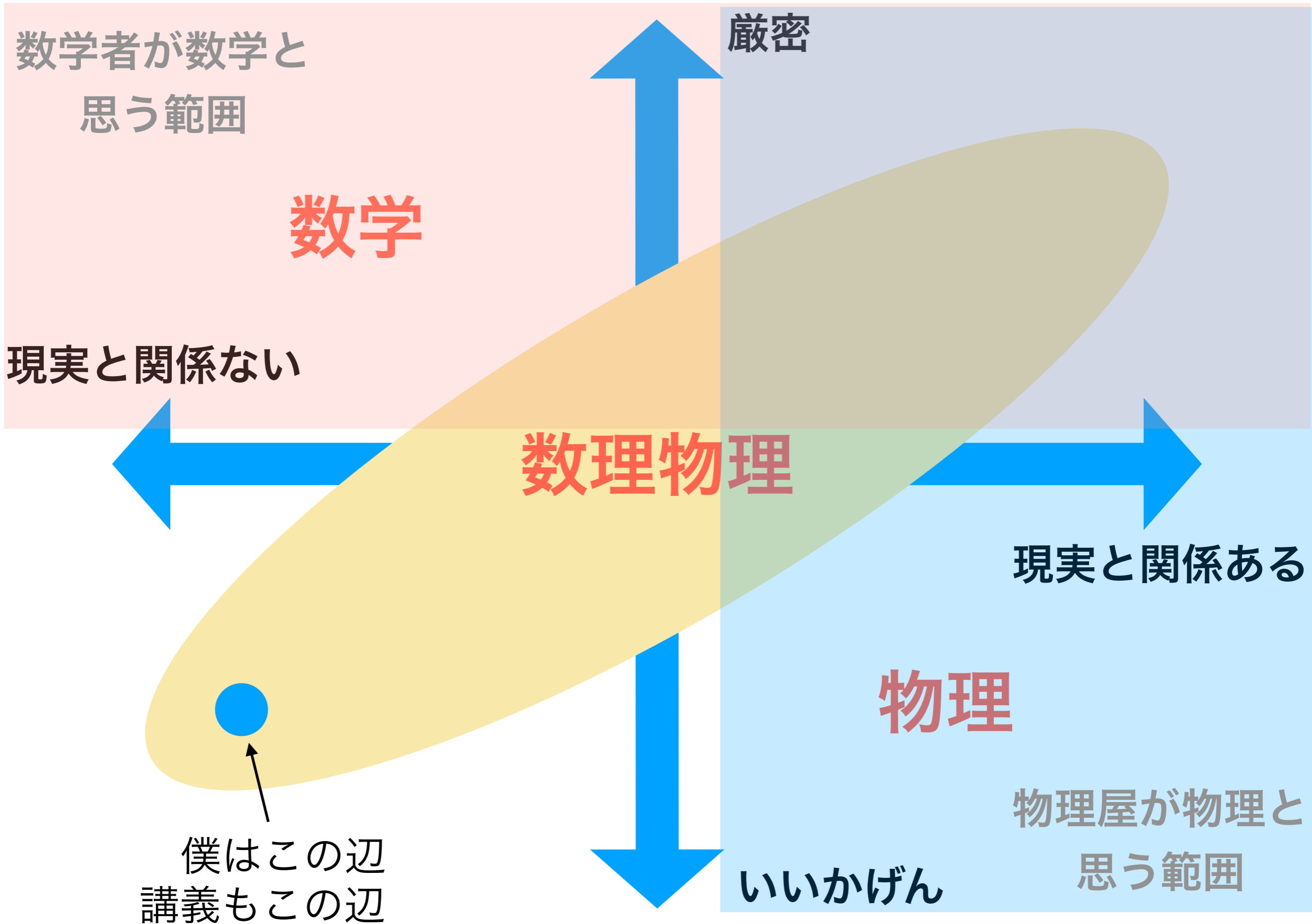












- 僕の専門は、場の量子論および弦理論の(非厳密で現実と関係ない)数理物理的な研究。
- どんなことをやっているかは、一昨年京大でやったコロキウムなどご覧ください。

- 現代物理学、といっても、非常に幅が広いです。
- 今回の講義では、一学期間かけて、世の中には「720 度まわってはじめて元に戻ることがある」という事実に伴ういろいろな数理物理的現象についてお話ししたいと思っています。

- (ここで720度回ってのはじめて戻る実演をする予定)
- youtube にビデオも上げました。
- (みんなで作ってみる。)



- この動作はいろんな文化に出てくる。
- 日本では剣玉の「秘竜のぼりけん」という技があります。  
youtube リンクはこちら
- 前頁のビデオを Facebook に投稿したらインド人の友人が教えてくれましたが、インドのベンガル地方ではドゥルガー女神を讃える踊りで Dhunachi という香炉をつかったものに出てくるそうです。 youtube リンクはこちら

- ちなみに、三次元以上では「1080 度やさらに大きな 360 度の倍数だけまわってはじめて元に戻るものは無い」ので、720度だけ特別です。

- でも、第一回の今回は、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。)

# 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。

- 講義内容をきちんと理解しているかを確認しても仕方がない気がします、大抵の人は今回のこの講義の内容そのものを将来使うということは無いでしょうからね。
- 必修でないとはそういうことですよね。
- そういうときにはどういうレポート問題がよいのでしょうか？
- 何でも良いから夏学期に面白いと思って調べたことを数ページ書いてくれれば読んでいる僕は面白いのですけど。
- それとも講義内容の確認の方がよいですか？

- どうでもいいですが最近僕が興味深いなと思った自分の専門外でコロナウイルス関係でない話は例えば:

← Thread

 悟空のおこぼれを拾うベジータ  
@gokuunookobore

きさまら.....大大大ニュースだ.....  
地球のナミビアから新しい植物の「科」が見つかった...

ティガノフィトン科Tiganophytaceae は再編などではなく、全く新しい「科」だ.....  
[novataxa.blogspot.com/2020/04/tigano...](https://novataxa.blogspot.com/2020/04/tigano...)

[Translate Tweet](#)

A



100 mm



- どうでもいいですが最近僕が興味深いなと思った自分の専門外でコロナウイルス関係でない話は例えば:



- さらにちょっと前ですけど。
- 卒業式で  
「先生、僕たち」  
「私たちは」  
「「「卒業します！！！！」」」」  
ってやりますよね。
- あれ、いつごろはじまったのでしょうか？

- 「たいてい疑問に思うことは全て既に研究されている」という法則からすると、論文か本があるはず。と思って twitter で聞いたら本の存在を教えてくださいました。



- いや、現代物理を聞きにきたんだからその話をしてくれ、  
と思っている人がいると思いますが、すいません。
- でも、面白い話っているあるあって、自分に面白くても他  
人には全然面白くないことがしばしばあるわけです。
- 「こんな面白いことがあるよ」というのを教えてくれる  
と、僕は喜びます。

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。
- 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>

- 例えば半年ほど前に僕が mathoverflow で聞いた質問

mathoverflow

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  $H_*(SU/SO, \mathbb{Z})$ .

🕒

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  $\Omega$ -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](http://numdam.org/actas/SHC) – [Yuji Tachikawa](#) Nov 5 '19 at 12:52

本

- 大学図書館には沢山専門書があります。(新型コロナウイルス禍の間に入れるのかどうか定かではありませんが…)
- 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.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/gacos/faq/gakugai.html> 参照。

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

東京大学 OPAC  
The University of Tokyo Library OPAC

MyOPAC ログイン ヘルプ 入力補助 English 東京大学

HOME ASKサービス 図書新着案内 附属図書館 データベース 論文検索(TREE)

東京大学OPAC 他大学 CiNii論文 IRDB E-journal & E-book WorldCat

簡単検索 詳細検索

検索 クリア

- 各図書館・室の臨時休館情報は[こちらのページ](#)をご確認ください。
- 現在[総合図書館](#)の一部の資料が工事準備のため利用できません。
- 東京大学OPACでのAmazon検索サービスを一時的に停止しています。再開までしばらくお待ちください。(2020.3.10)

■東京大学OPACでは、本学が所蔵するすべての雑誌と1986年以降に収集された図書を検索できます。(1986年以前に収集された図書のデータも随時入力中)

■OPAC以外のデータベースを検索できます。  
(「他大学」：全国大学図書館等の蔵書 CiNii Books、「CiNii論文」：CiNii Articles、「IRDB」：学術機関リポジトリデータベース (IRDB)、「E-journal & E-book」：東京大学で利用できる電子ジャーナル・電子ブック、「WorldCat」：世界の図書館の蔵書)

■学位論文の検索は、[「東京大学学位論文データベース」](#)をご利用ください。

■MyOPACにログインすると、返却期限の延長、貸出中の図書の予約・取寄、コピーの取寄、PDF閲覧の申込、図書購入希望の申込ができます。

OPAC、利用に関する問い合わせ：<https://opac.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/opac/ask/>

- 他の学部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、(新型コロナ禍が終われば)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。

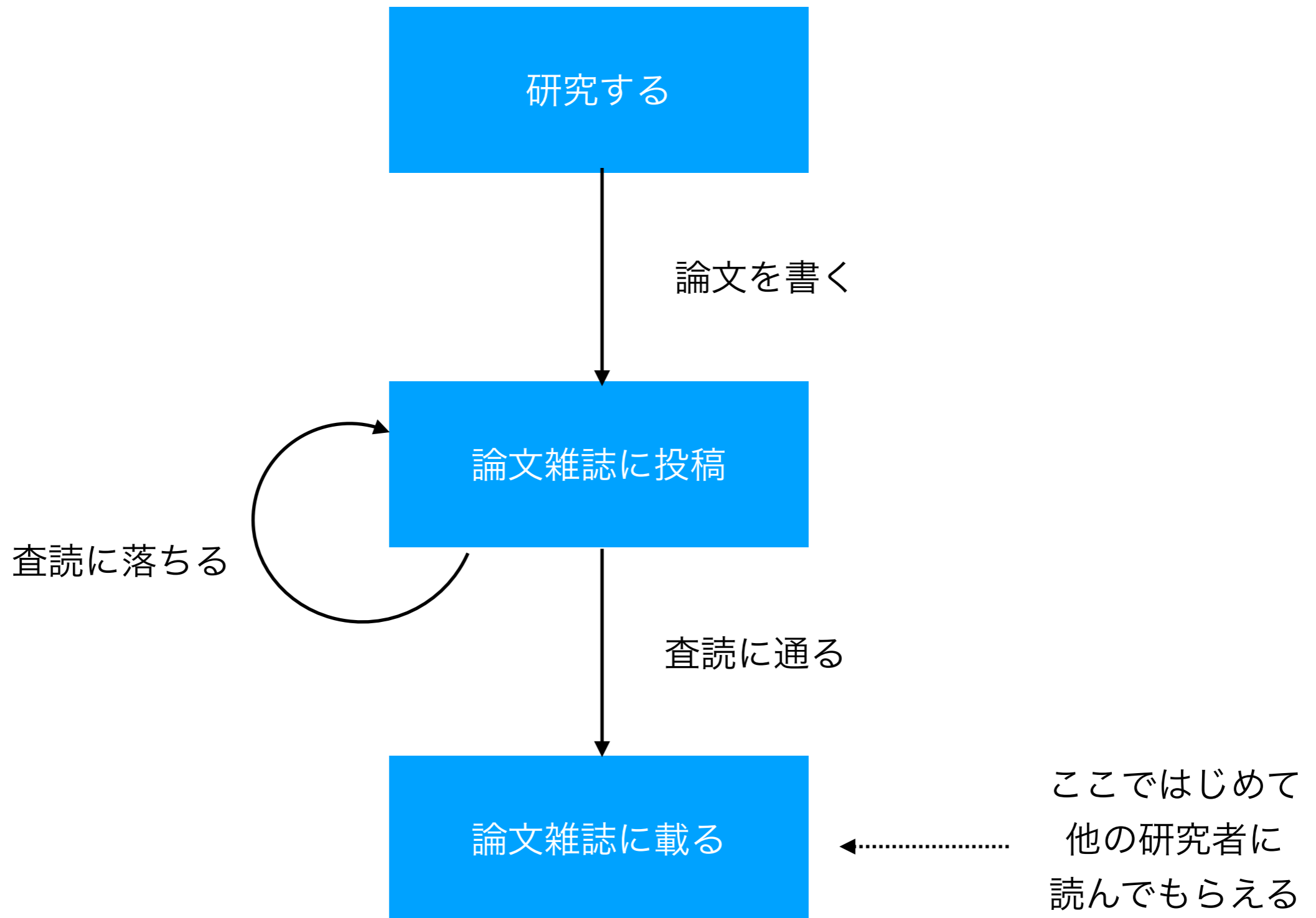


- これが全部数学の本なわけで、人類の知的蓄積に圧倒されます。他の分野だって同様です。到底自分の一生でその全体を把握できるわけがありませんね。僕はもう研究人生の半分まで来たからよりよく分かります。
- 皆さんも四年生になれば卒業研究でこの知的蓄積にほんの少しですが付け加えることになるわけです。
- (学科によると卒業研究がないこともあります。でもそういう学科は大抵の人が修士にあがって、修論で同じことをします。)

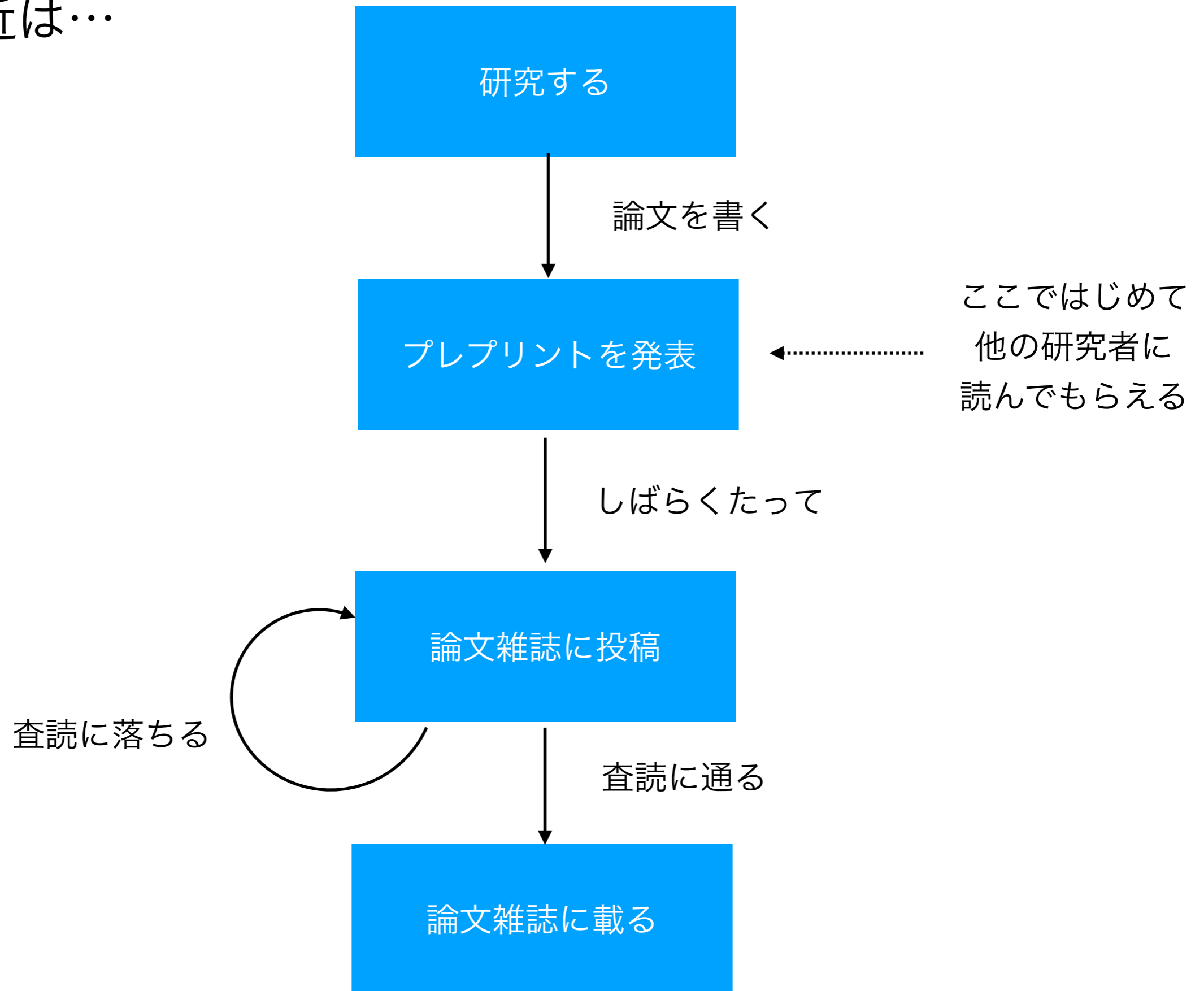
論文

- 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/>

The screenshot shows the arXiv.org homepage. At the top, there is a search bar with the text "Search" and a dropdown menu set to "All fields". Below the search bar, there are links for "Help" and "Advanced Search". The main heading "arXiv.org" is on the left. A paragraph describes arXiv as a free distribution service for 1,676,014 scholarly articles in physics, mathematics, computer science, quantitative biology, quantitative finance, statistics, electrical engineering, and systems science, and economics. Below this, there is a "Subject search and browse" section with a dropdown menu set to "Physics" and buttons for "Search", "Form Interface", and "Catchup". A "Login" link is in the top right corner. A news section lists recent updates: "16 Mar 2020: arXiv announces its first executive director" and "12 Mar 2020: arXiv responds to COVID-19 uncertainties", with a note to read "What's New" pages and a warning about automated downloads. The "Physics" section lists various sub-fields with links to "new", "recent", and "search" pages. The "Mathematics" section also lists sub-fields with similar links.

**arXiv.org** Login

Search:  All fields Search

[Help](#) | [Advanced Search](#)

arXiv is a free distribution service and an open-access archive for 1,676,014 scholarly articles in the fields of physics, mathematics, computer science, quantitative biology, quantitative finance, statistics, electrical engineering and systems science, and economics.

Subject search and browse:  Search [Form Interface](#) [Catchup](#)

16 Mar 2020: [arXiv announces its first executive director](#)  
 12 Mar 2020: [arXiv responds to COVID-19 uncertainties](#)  
 See cumulative "What's New" pages. 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 \(hep-th new, recent, search\)](#)
- [Mathematical Physics \(math-ph new, recent, search\)](#)
- [Nonlinear Sciences \(nlin new, recent, search\)](#)  
includes: [Adaptation and Self-Organizing Systems](#); [Cellular Automata and Lattice Gases](#); [Chaotic Dynamics](#); [Exactly Solvable and Integrable Systems](#); [Pattern Formation and Solitons](#)
- [Nuclear Experiment \(nucl-ex new, recent, search\)](#)
- [Nuclear Theory \(nucl-th new, recent, search\)](#)
- [Physics \(physics new, recent, search\)](#)  
includes: [Accelerator Physics](#); [Applied Physics](#); [Atmospheric and Oceanic Physics](#); [Atomic and Molecular Clusters](#); [Atomic Physics](#); [Biological Physics](#); [Chemical Physics](#); [Classical Physics](#); [Computational Physics](#); [Data Analysis, Statistics and Probability](#); [Fluid Dynamics](#); [General Physics](#); [Geophysics](#); [History and Philosophy of Physics](#); [Instrumentation and Detectors](#); [Medical Physics](#); [Optics](#); [Physics and Society](#); [Physics Education](#); [Plasma Physics](#); [Popular Physics](#); [Space Physics](#)
- [Quantum Physics \(quant-ph new, recent, search\)](#)

### Mathematics

- [Mathematics \(math new, recent, search\)](#)  
includes (see [detailed description](#)): [Algebraic Geometry](#); [Algebraic Topology](#); [Analysis of PDEs](#); [Category Theory](#); [Classical Analysis and ODEs](#); [Combinatorics](#); [Commutative Algebra](#); [Complex Variables](#); [Differential Geometry](#); [Dynamical Systems](#); [Functional Analysis](#); [General Mathematics](#); [General Topology](#); [Geometric Topology](#); [Group Theory](#); [History and Overview](#); [Information Theory](#); [K-Theory and Homology](#); [Logic](#); [Mathematical Physics](#); [Metric Geometry](#); [Number Theory](#); [Numerical](#)

- プレプリントは数学、物理なら <https://arxiv.org/>

arXiv.org > hep-th

All fields
Search

## High Energy Physics – Theory

### New submissions

*Submissions received from Tue 24 Mar 20 to Wed 25 Mar 20, announced Thu, 26 Mar 20*

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

[ total of 45 entries: 1–45 ]  
 [ showing up to 2000 entries per page: [fewer](#) | [more](#) ]

#### New submissions for Thu, 26 Mar 20

[1] [arXiv:2003.11034](#) [[pdf](#), [other](#)]

**Black holes in string theory with duality twists**  
[Chris Hull](#), [Eric Marcus](#), [Koen Stermerdink](#), [Stefan Vandoren](#)  
 Comments: Main text 48 pages  
 Subjects: **High Energy Physics – Theory (hep-th)**

We consider 5D supersymmetric black holes in string theory compactifications that partially break supersymmetry. We compactify type IIB on  $T^4$  and then further compactify on a circle with a duality twist to give Minkowski vacua preserving partial supersymmetry ( $\mathcal{N} = 6, 4, 2, 0$ ) in five dimensions. The effective supergravity theory is given by a Scherk–Schwarz reduction with a Scherk–Schwarz supergravity potential on the moduli space, and the lift of this to string theory imposes a quantization condition on the mass parameters. In this theory, we study black holes with three charges that descend from various ten-dimensional brane configurations. For each black hole we choose the duality twist to be a transformation that preserves the solution, so that it remains a supersymmetric solution of the twisted theory with partially broken supersymmetry. We discuss the quantum corrections arising from the twist to the pure gauge and mixed gauge–gravitational Chern–Simons terms in the action and the resulting corrections to the black hole entropy.

[2] [arXiv:2003.11046](#) [[pdf](#), [other](#)]

**Unruh–DeWitt detector responses for complex scalar fields in de Sitter spacetime**  
[Md. Sabir Ali](#), [Sourav Bhattacharya](#), [Kinjalk Lochan](#)  
 Comments: v1; 23pp, 5 figures  
 Subjects: **High Energy Physics – Theory (hep-th)**; General Relativity and Quantum Cosmology (gr-qc)

We derive the response function for a comoving, pointlike Unruh–DeWitt particle detector coupled to a complex scalar field  $\phi$ , in the  $(3+1)$ -dimensional cosmological de Sitter spacetime. The field–detector coupling is taken to be proportional to  $\phi^\dagger \dot{\phi}$ .

- プレプリントは数学、物理なら <https://arxiv.org/>

arXiv.org > hep-th > arXiv:1905.08943

All fields
▼
Search

[Help](#) | [Advanced 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, TU-1088

Cite as: arXiv:1905.08943 [hep-th]  
(or [arXiv:1905.08943v2](https://arxiv.org/abs/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**

- プレプリントは数学、物理なら <https://arxiv.org/>

arXiv:1905.08943v2 [hep-th] 17 Oct 2019

IPMU-19-0068  
TU-1088

### Anomaly of the Electromagnetic Duality of Maxwell Theory

Chang-Tse Hsieh,<sup>1,2</sup> Yuji Tachikawa,<sup>1</sup> and Kazuya Yonekura<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Kavli Institute for the Physics and Mathematics of the Universe (WPI),  
University of Tokyo, Kashiwa, Chiba 277-8583, Japan*

<sup>2</sup>*Institute for Solid State Physics, University of Tokyo, Kashiwa, Chiba 277-8581, Japan*

<sup>3</sup>*Department of Physics, Tohoku University, Sendai 980-8578, Japan*

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.

#### INTRODUCTION

Every physicist knows that the electromagnetic field is described classically by the Maxwell equation, and that it is invariant under the electromagnetic duality  $S : (\mathbf{E}, \mathbf{B}) \mapsto (\mathbf{B}, -\mathbf{E})$ .<sup>1</sup> The properties of the electromagnetic duality in quantum theory might not be as well known to physicists in general and, in fact, are not very well understood in the literature. This is particularly true when going around a nontrivial path in the spacetime results in a duality transformation.<sup>2</sup> In this Letter, we focus on a feature of the Maxwell theory and its duality symmetry in such a situation, namely the fact that it has a quantum anomaly [12, 13], which we explicitly determine.

We recall that a quantum theory in  $d+1$  dimensions with a symmetry group  $G$  can have a quantum anomaly, in the sense that its partition function has a controllable phase ambiguity. Our modern understanding is that such a theory is better thought of as living on the boundary of a symmetry protected topological (SPT) phase in the  $[(d+1)+1]$ -dimensional bulk. It was noticed in the last few years in [12, 14–17] that a version of the Maxwell theory (often called the all-fermion electrodynamics, where all particles of odd charge are fermions)

has a global gravitational anomaly and lives on the boundary of a certain bulk SPT phase. As we will see, this result is a special case of the anomaly and the corresponding bulk SPT phase that we find for the duality symmetry.

We study the anomaly and the bulk SPT phase by imitating the relationship between the (1+1)-dimensional chiral boson and the (2+1)-dimensional  $U(1)_1$  Chern-Simons theory and its generalization to the  $[(4n+1)+1]$ -dimensional self-dual form field and the  $[(4n+2)+1]$ -dimensional bulk theory studied, e.g., in [18–24]. The essential point is that the (3+1)-dimensional Maxwell theory with a nontrivial background for its duality symmetry is a self-dual field, and we can utilize the techniques developed in the papers listed above to study it. One of our main messages is that the subtle and interesting issues concerning the self-dual fields studied in the past already manifest themselves in the case of the Maxwell theory once the non-trivial background for its duality symmetry is turned on.

Before proceeding, we note that the electromagnetic duality group in the quantum theory is, in fact, the 2-dimensional special linear group  $SL(2, \mathbb{Z})$  over the integers acting on the lattice  $\mathbb{Z}^2$  of the electric and magnetic charges. Its effect on the Maxwell theory on a curved manifold was carefully analyzed in [25, 26] and it was interpreted as a mixed  $SL(2, \mathbb{Z})$ -gravitational anomaly in [13]. Our result in this Letter can be considered as the determination of the pure  $SL(2, \mathbb{Z})$  part of the anomaly.

Our computation shows that the anomaly of the Maxwell theory is 56 times that of a Weyl fermion in a certain precise formulation of the duality. Where does this number 56 come from? We will provide an answer using the property of a (5+1)-dimensional superconformal field theory originally found in [27, 28] and known as the E-string theory; the name comes from the fact that it has  $E_8$  global symmetry. The E-string theory has two branches of vacua, called the tensor branch and the Higgs branch. On the Higgs branch the  $E_8$

<sup>1</sup> For some of the early contributions to the study of the duality transformation, see e.g., [1, 2].

<sup>2</sup> One example is a periodic boundary condition twisted by duality:  $\mathbf{E}(x+L, y, z) = \mathbf{B}(x, y, z)$  and  $\mathbf{B}(x+L, y, z) = -\mathbf{E}(x, y, z)$ . This particular setup was studied by O. Ganor and his collaborators [3–6], but what happens in a more general situation remains unanswered, to the authors' knowledge. There is also a series of interesting papers on the flux sectors of the Maxwell theory by G. W. Moore and his collaborators [7–9], which are related to the inherent self-dual nature of the Maxwell theory. Another intriguing scenario is to consider a Maxwell theory with dynamical “duality gauge fields”, which might be thought of as a generalization of the Alice electrodynamics [10, 11] where the charge conjugation  $C = S^2$  is gauged.

- 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>

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

All fields
▼
Search

[Help](#) | [Advanced 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, TU-1088

**Cite as:** arXiv:1905.08943 [hep-th]  
(or [arXiv:1905.08943v2](https://arxiv.org/abs/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**



- 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 website interface. At the top, there is a navigation bar with 'ScienceDirect' logo, search icons, and a search box containing 'Search ScienceDirect'. Below this is a secondary navigation bar with 'Outline', 'Get Access', 'Share', and 'Export' options. A dark banner across the page reads 'COVID-19 campus closures: see options for Remote Access to subscribed content'. The main content area features the journal 'Annals of Physics' (Volume 16, Issue 3, December 1961, Pages 407-466) and the article title 'Two soluble models of an antiferromagnetic chain' by Elliott Lieb, Theodore Schultz, and Daniel Mattis. The article's DOI is [https://doi.org/10.1016/0003-4916\(61\)90115-4](https://doi.org/10.1016/0003-4916(61)90115-4). The abstract is visible, starting with 'Two genuinely quantum mechanical models for an antiferromagnetic linear chain with nearest neighbor interactions are constructed and solved exactly...'. On the right side, there are sections for 'Recommended articles' (listing 'Entanglement dynamics in critical ran...', 'Classical impurities and boundary Maj...', and 'Topological phases of the two-leg Kita...'), 'Citing articles (2646)', and 'Article Metrics' (showing 2646 Citation Indexes and 741 Readers).

- 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いけない。

- 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。

査読についてもう少し

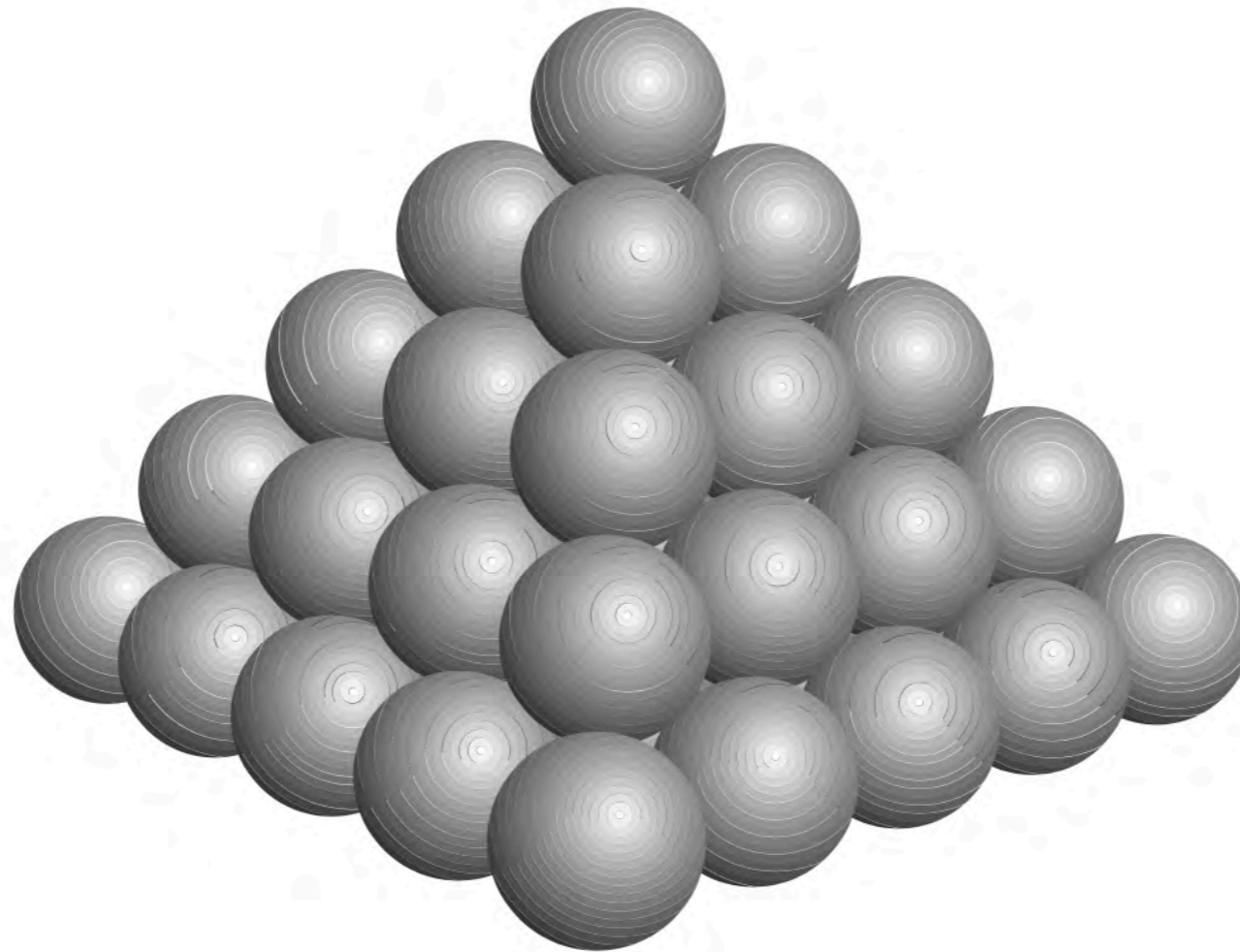
- 査読に通ったから正しい、というわけではないことについてももう少し。
- 論文執筆、論文の査読、いろいろなステップを行うのは人間なので、悪意がなくても間違ってしまうことはある。
- 出版後に訂正がでることはよくある。
- 論文を撤回することもままある。

- ごく最近気になった例。2020年4月4日、ニュースで「京大数理研の望月新一教授が abc 予想を証明」というのが流れた。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！



- もう一つの例。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」という大きい数学とコンピューティングの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。

# 論文雑誌のコスト

- 論文雑誌のお値段は？

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

- 論文雑誌のお値段は？

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

## 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  $\lambda$  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	



- 論文雑誌のお値段は？

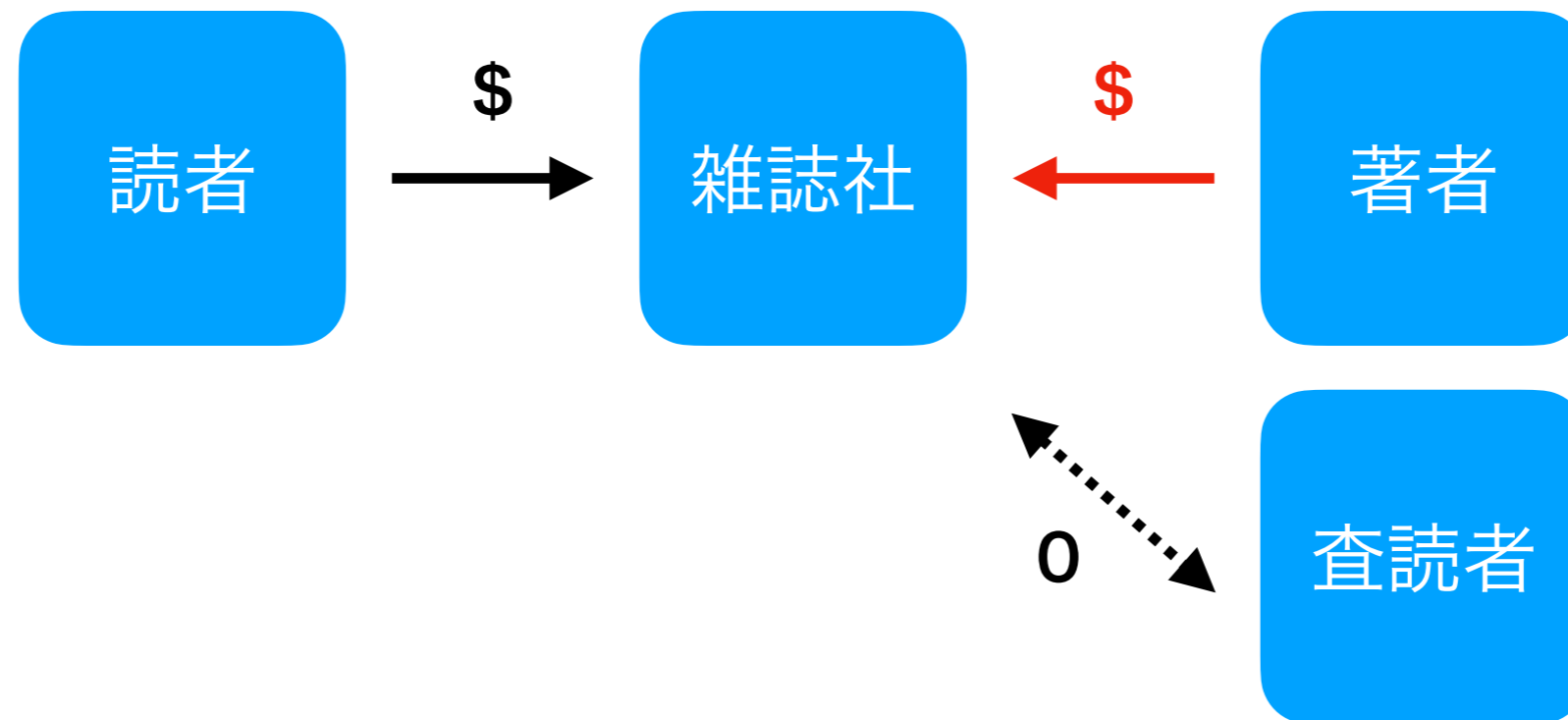
The screenshot shows the ScienceDirect interface for an article. At the top, there are navigation links: 'Outline', 'Get Access', 'Share', and 'Export'. A search bar is visible with the text 'Search ScienceDirect' and an 'Advanced' search option. The article title is 'Two solutions for an antiferromagnetic chain' by Elliott Lieb, Theodore Schultz, and Daniel Mattis. The DOI is [https://doi.org/10.1016/0003-4916\(61\)90115-4](https://doi.org/10.1016/0003-4916(61)90115-4). A modal window is open over the article, asking the user to 'Choose an option to locate/access this article:'. It offers two options: 'Check Access' and 'Purchase PDF \$35.95'. The 'Purchase PDF \$35.95' button is circled in red. On the right side of the page, there are sections for 'Citing articles (2646)', 'Article Metrics', and 'Citations'. The 'Citations' section shows 'Citation Indexes: 2646' and 'Readers: 741'.

- Open Access でないと、お金を払わないと読めない。
- 大学が雑誌社と契約していると、大学内のネットワークからだと読める。
- これはいろんな意味でひどい話。
- そもそも、大抵の研究はどこかの国でその国の税金をつかって為されているので、論文として発表された研究結果を税金を払った人が読めないというのはおかしい。

- また、普通の雑誌の記事は雑誌社が書いた人に原稿料を払う。読者は雑誌社にお金を払う。



- 論文雑誌の記事は書いた人が雑誌社に投稿料を払う。  
論文雑誌の記事は査読されているといっても、  
査読者は無償で査読をする。



- 論文雑誌社は間に立って仲介をしているだけでボロ儲け。

- インターネット普及以前は意味はあったろうが、今は存在意義は謎。
- 徐々にかわりつつある。
- まあしかし現状はそうなので、必要な論文は何とかして読みたくなる。

- 幸い東大はお金持ちなので大抵の雑誌社と契約していて、大学のネットワーク内からなら読めます。
- 大学外からも一手間かければよめます。
- <https://www.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/gacos/faq/gakugai.html> 参照。

論文雑誌社は悪？

- まあでも雑誌社も悪い事ばかりではないですけど。たとえば

THE ROYAL SOCIETY PUBLISHING | All Journals ▾ |

Journal menu ☰

# PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS

More Sections

✔ You have access

Letter

**A letter of Mr. Isaac Newton, Professor of the Mathematicks in the University of Cambridge; containing his new theory about light and colors: sent by the author to the publisher from Cambridge, Febr. 6. 1671/72; in order to be communicated to the R. Society**

Isaac Newton

Published: 01 January 1671 | <https://doi.org/10.1098/rstl.1671.0072>

**Abstract**

Sir, To perform my late promise to you, I shall without further ceremony acquaint you, that in the beginning of the Year 1666 (at which time I applied my self to the grinding of Optick glasses of other figures than *Spherical*;) I procured me a Triangular glass-Prisme, to try therewith the celebrated *Phaenomena of Colours*.

**Footnotes**



- まあでも雑誌社も悪い事ばかりではないですけど。たとえば

*A Letter of Mr. Isaac Newton, Professor of the Mathematicks in the University of Cambridge; containing his New Theory about Light and Colors: sent by the Author to the Publisher from Cambridge, Febr. 6. 1672; in order to be communicated to the R. Society.*

S I R,

**T**O perform my late promise to you, I shall without further ceremony acquaint you, that in the beginning of the Year 1666 (at which time I applyed my self to the grinding of Optick glasses of other figures than *Spherical*;) I procured me a Triangular glass-Prisme, to try therewith the celebrated *Phenomena* of

G g g g                      *Colours.*

( 3076 )

*Colours.* And in order thereto having darkened my chamber, and made a small hole in my window-shuts, to let in a convenient quantity of the Sun's light, I placed my Prisme at his entrance, that it might be thereby refracted to the opposite wall. It was at first a very pleasing divertisement, to view the vivid and intense colours produced thereby; but after a while applying my self to consider them more circumspectly, I became surpris'd to see them in an *oblong* form; which, according to the received laws of Refraction, I expected should have been *circular*.

They were terminated at the sides with streight lines, but at the ends, the decay of light was so gradual, that it was difficult to determine justly, what was their figure; yet they seem'd *semicircular*.

Comparing the length of this coloured *Spectrum* with its breadth, I found it about five times greater; a disproportion so extrava-

- まあでも雑誌社も悪い事ばかりではないですけど。たとえば

*A Letter of Mr. Isaac Newton, Professor of the Mathematicks in the University of Cambridge; containing his New Theory about Light and Colors: sent by the Author to the Publisher from Cambridge, Febr. 6. 1672; in order to be communicated to the R. Society.*

S I R,

**T**O perform my late promise to you, I shall without further ceremony acquaint you, that in the beginning of the Year 1666 (at which time I applyed my self to the grinding of Optick glasses of other figures than *Spherical*;) I procured me a Triangular glass-Prisme, to try therewith the celebrated *Phenomena* of

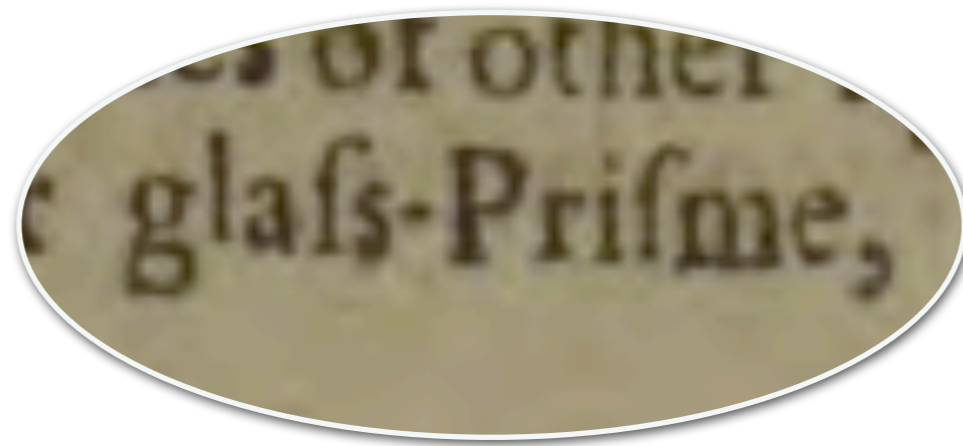
G g g g                      *Colours.*

( 3076 )

*Colours.* And in order thereto having darkened my chamber, and made a small hole in my window-shuts, to let in a convenient quantity of the Suns light, I placed my Prisme at his entrance, that it might be thereby refracted to the opposite wall. It was at first a very pleasing divertisement, to view the vivid and intense colours produced thereby; but after a while applying my self to consider them more circumspectly, I became surpris'd to see them in an *oblong* form; which, according to the received laws of Refraction, I expected should have been *circular*.

They were terminated at the sides with streight lines, but at the ends, the decay of light was so gradual, that it was difficult to determine justly, what was their figure; yet they seem'd *semicircular*.

Comparing the length of this coloured *Spectrum* with its breadth, I found it about five times greater; a disproportion so extrava-



glafs-Prifme

glass-Prisme

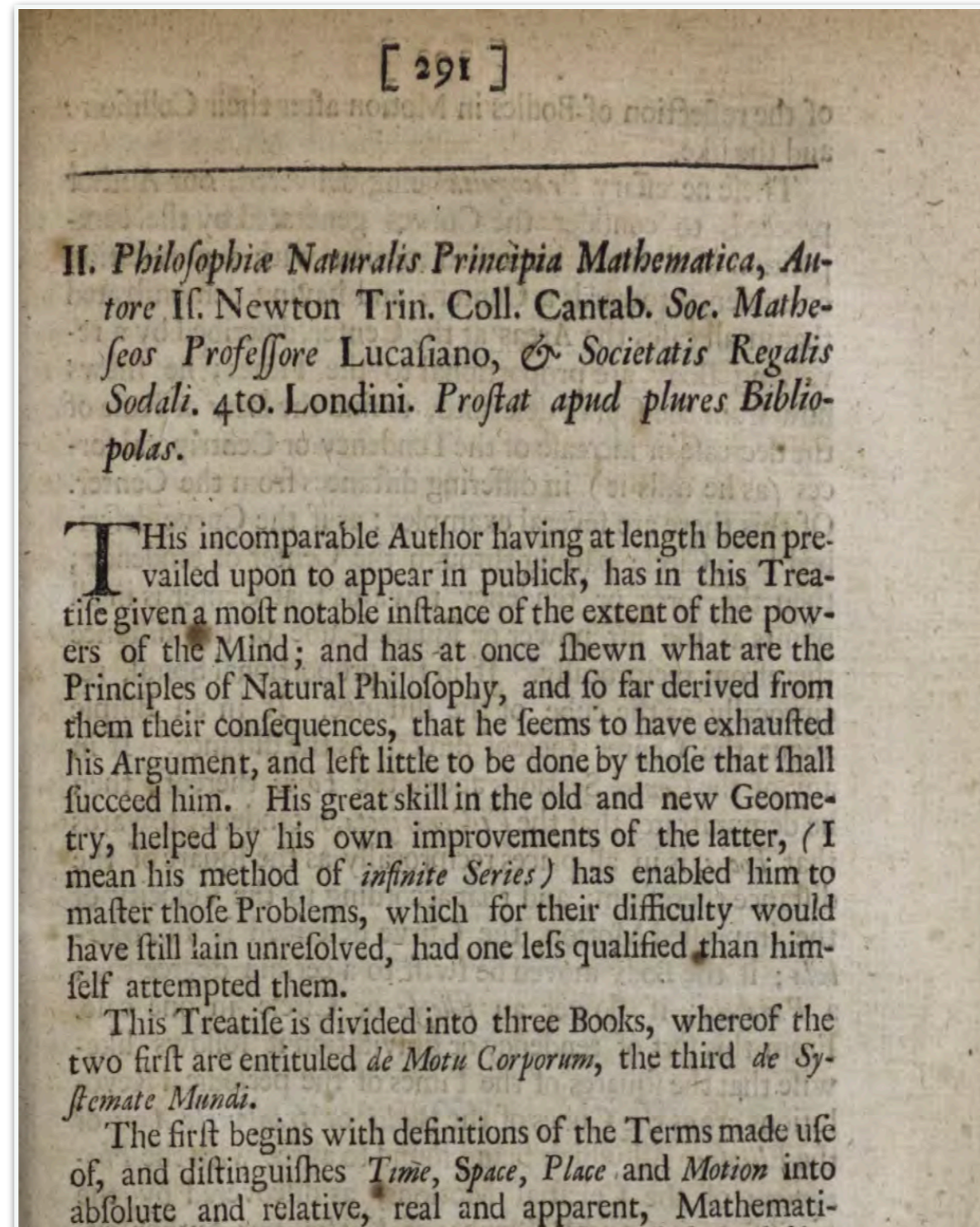
積分記号  $\int$  はこれの名残だという話です。

[https://en.wikipedia.org/wiki/Long\\_s](https://en.wikipedia.org/wiki/Long_s)

- まあでも雑誌社も悪い事ばかりではないですけど。たとえば

The screenshot displays the Royal Society Publishing website interface. At the top, the header includes 'THE ROYAL SOCIETY PUBLISHING' and 'All Journals'. The main navigation bar contains 'Home', 'Content', 'Information for', 'About us', and 'Sign up'. The journal title 'PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS' is prominently displayed. The article section is titled 'Book review' and features the title 'Accounts of books. I. Historia plantarum, species hactenus editas aliasq; insuper multas noviter inventas & descriptas complectens &c. Autore Joanne Rajo e Societate Regia. Tomus primus. Londini, 1686 Fol. Apud Henricum Faithorne R. S. Typographum; ad insigne rosæ in Cæmeterio D. Pauli. II. Philosophiæ naturalis principia mathematica, Autore Is. Newton Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali. 4to. Londini. Prostat apud plures Bibliopolas'. The author is listed as 'Joanne Rajo' and the publication date as '01 January 1687'. A DOI link is provided: <https://doi.org/10.1098/rstl.1686.0053>. The article is categorized as 'Book review' and 'Abstract'. The abstract text begins: 'The excellent Author of this great Work, is so well known for his incomparable Skill in the Botanic Science, and other Parts of useful Learning, that it will be needless to say any thing of him'. The right sidebar contains 'This Issue' information: '31 December 1687', 'Volume 16, Issue 186', and 'Article Information' including DOI, ISSN, and publication history. It also shows 'Copyright and usage' and 'Downloaded 32 times'.

- まあでも雑誌社も悪い事ばかりではないですけど。たとえば



- これを opac で調べてみると:

The screenshot shows the University of Tokyo OPAC website. At the top left, it says "東京大学 OPAC" and "The University of Tokyo Library OPAC". On the top right, there are links for "MyOPAC ログイン", "ヘルプ", "入力補助", and "English", along with the University of Tokyo logo. A navigation bar contains "HOME", "ASKサービス", "図書新着案内", "附属図書館", "データベース", and "論文検索(TREE)". Below this is a search interface with tabs for "東京大学OPAC", "他大学", "CiNii論文", "IRDB", "E-journal & E-book", and "WorldCat". The search input field contains "philosophical transactions" and has a dropdown menu showing "philosophical transactions of the royal society of london" and "philosophical transactions". To the right of the input field are buttons for "検索" (Search) and "クリア" (Clear). Below the search bar, there are several notices in Japanese, including one about temporary closure of library services and another about the search scope of the OPAC database. At the bottom, a dark blue bar contains the text "OPAC、利用に関する問い合わせ: <https://opac.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/opac/ask/>".

- これを opac で調べてみると:

東京大学 OPAC  
The University of Tokyo Library OPAC

MyOPAC ログイン ヘルプ 入力補助 English 東京大学

HOME ASKサービス 図書新着案内 附属図書館 データベース 論文検索(TREE)

簡易検索: philosophical transactor 東京大学OPAC 検索 +詳細検索

検索結果一覧に戻る 前の詳細画面 [7/7]

<雑誌>  
**Philosophical transactions / Royal Society of London**

所蔵情報を非表示

所蔵巻号をクリックすると、詳細がこの画面の下の方に表示されます。

本郷キャンパス

配架場所	所蔵巻号	年次	請求記号	コメント
<a href="#">理図・貴重書庫</a>	1-26,29-52,54-65	1665-1775		
<a href="#">理・物理図(利用停止)</a>	1-26,29-52,54-65	1665-1775		Vol.39 p41-p78 欠頁

駒場キャンパス

配架場所	所蔵巻号	年次	請求記号	コメント
<a href="#">駒場図・雑誌</a>	<a href="#">47-65</a>	1751-1775		1-46Reprint版で所蔵

柏キャンパス

配架場所	所蔵巻号	年次	請求記号	コメント
<a href="#">柏図・書庫</a>	<a href="#">2,27,80,83,85,88,97,101,126,195-200,204,206-207,210-212,214,217-222</a>	1665-1696		所蔵表記は通号による

書誌詳細を非表示

巻次年月次	1 (1665)-65 (1775)
出版者	London
変遷注記	継続後誌: <a href="#">Philosophical transactions of the Royal Society of London</a>
書誌ID	3000010019
NCID	AA00352499

印刷  
メール送信  
RefWorks出力  
EndNote出力  
Mendeley出力

BI  
他の検索サイト  
[Webcat Plus](#)  
[Google](#)  
[CiNii Books](#)  
[Google Scholar](#)  
[Yahoo!](#)

- なんと理学部図書に450年前の本物があります。
- 貴重書庫なので取り出すのは手続きが要りますけど。
- 僕が学生のころは軽い鍵が掛けてあるだけで読み放題だったのですが…



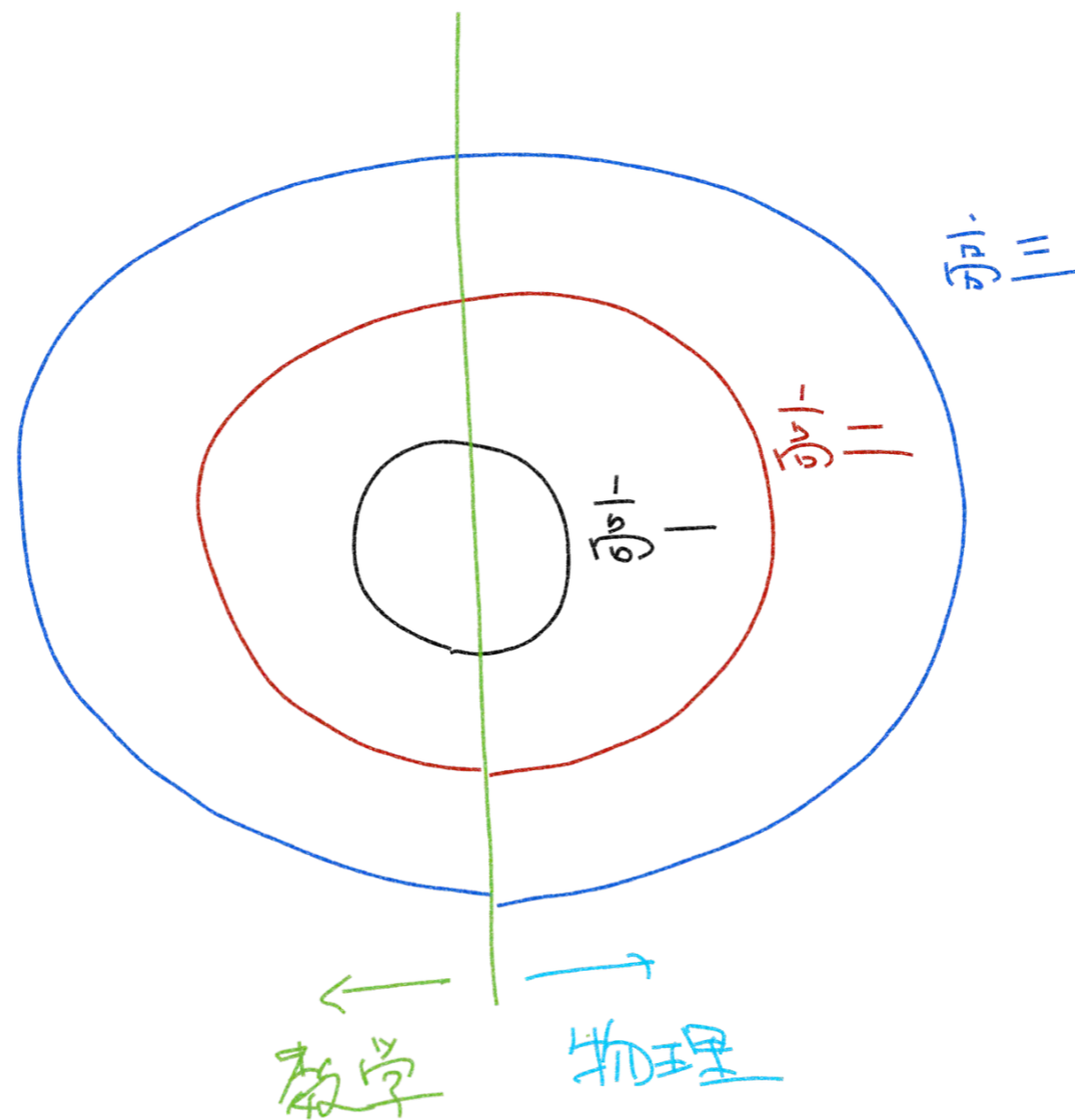
- でもあまりに古い本も気をつけないといけない。アメリカでは図書館の古い本に天然痘のかさぶたを入れた封筒が挟まれていたことがあったりしましたので。
- [Washington Post Dec/26/2003 の記事など参照](#)

- 大学教員の仕事は
  - 研究/自分の研究室の院生の指導  
/学部学生の教育/大学の運営
- といろいろあります。詰まらない必修科目のあの先生も、実は発表している論文は無茶苦茶面白いことをやっているかもしれません。論文を探して読んでみて、面白くおもったら、話しかけてみてあげてください。きっと喜びます。

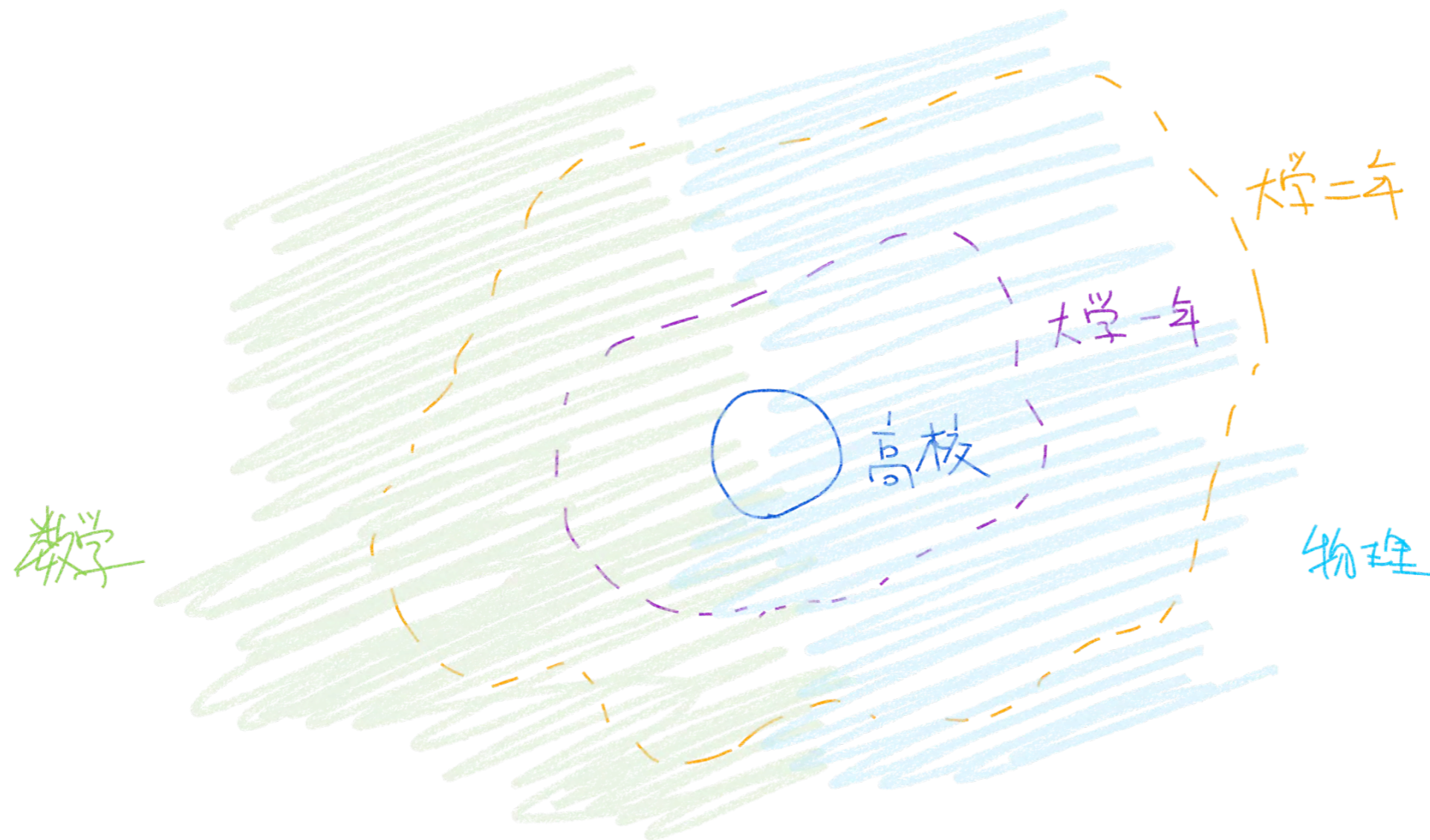
# 大学での物理や数学の 勉強の留意点

- 大学での勉強は高校までの勉強と雰囲気が変わってきます。それについて幾つか先に知っているの良いかなと思うことを並べておきたいと思います。

- 高校までは、何年生でどこまでやるか、どの科目で何をやるか、文科省がきちんと決めていきます。



- 大学でも必修講義の内容は決まっていますが、大学によって異なります。

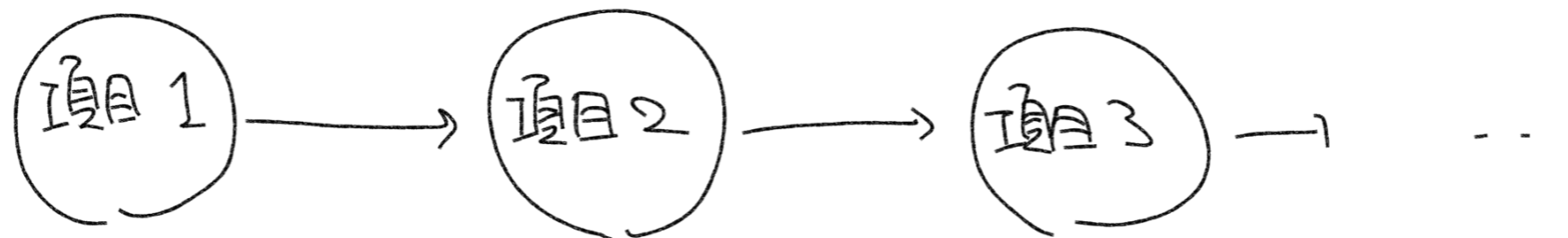


- これに関連して、
  - 物事を勉強する順番
  - 教科書/本の一貫性/信頼性
- に違いが出てきます。

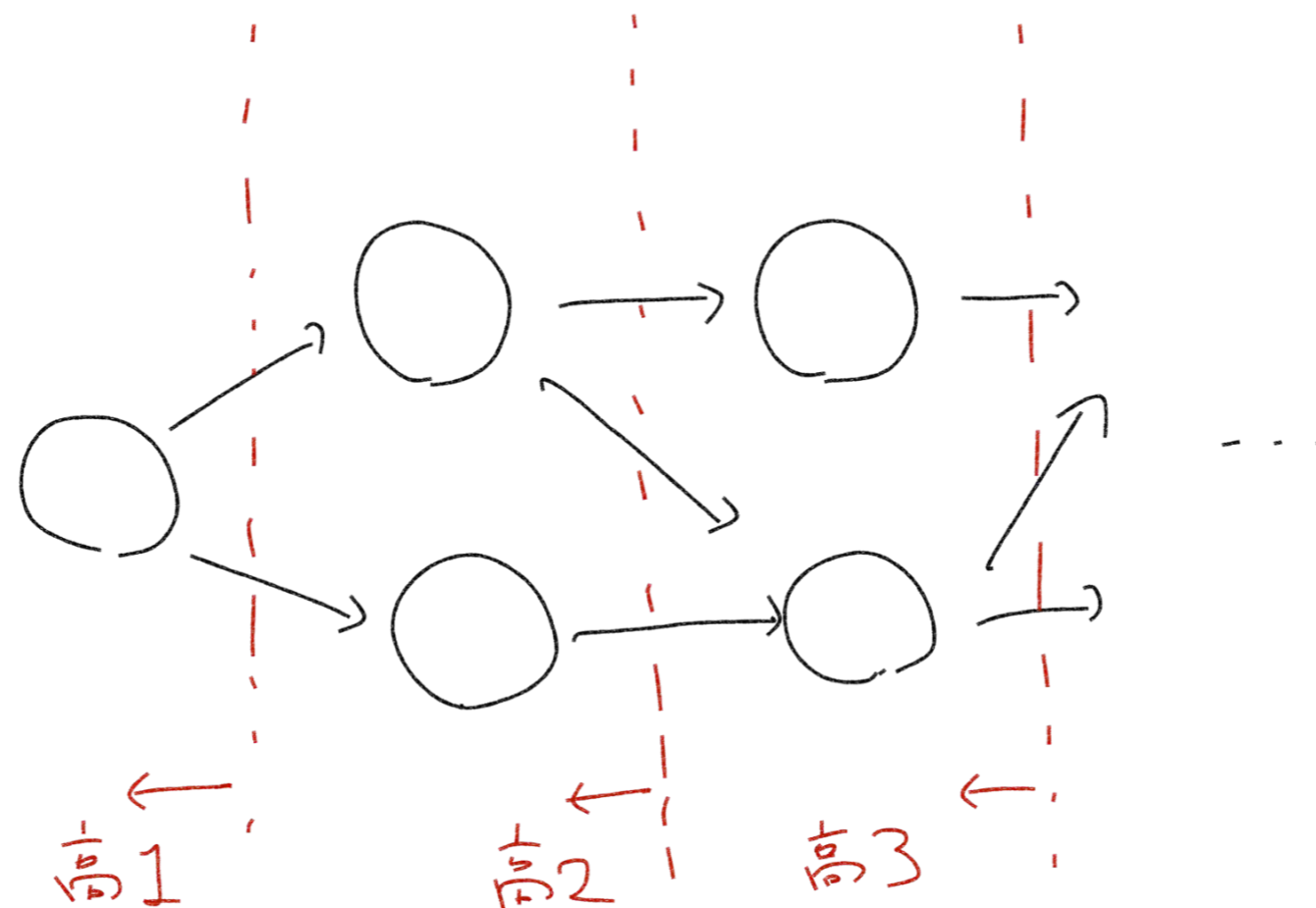
# 物事を勉強する順番



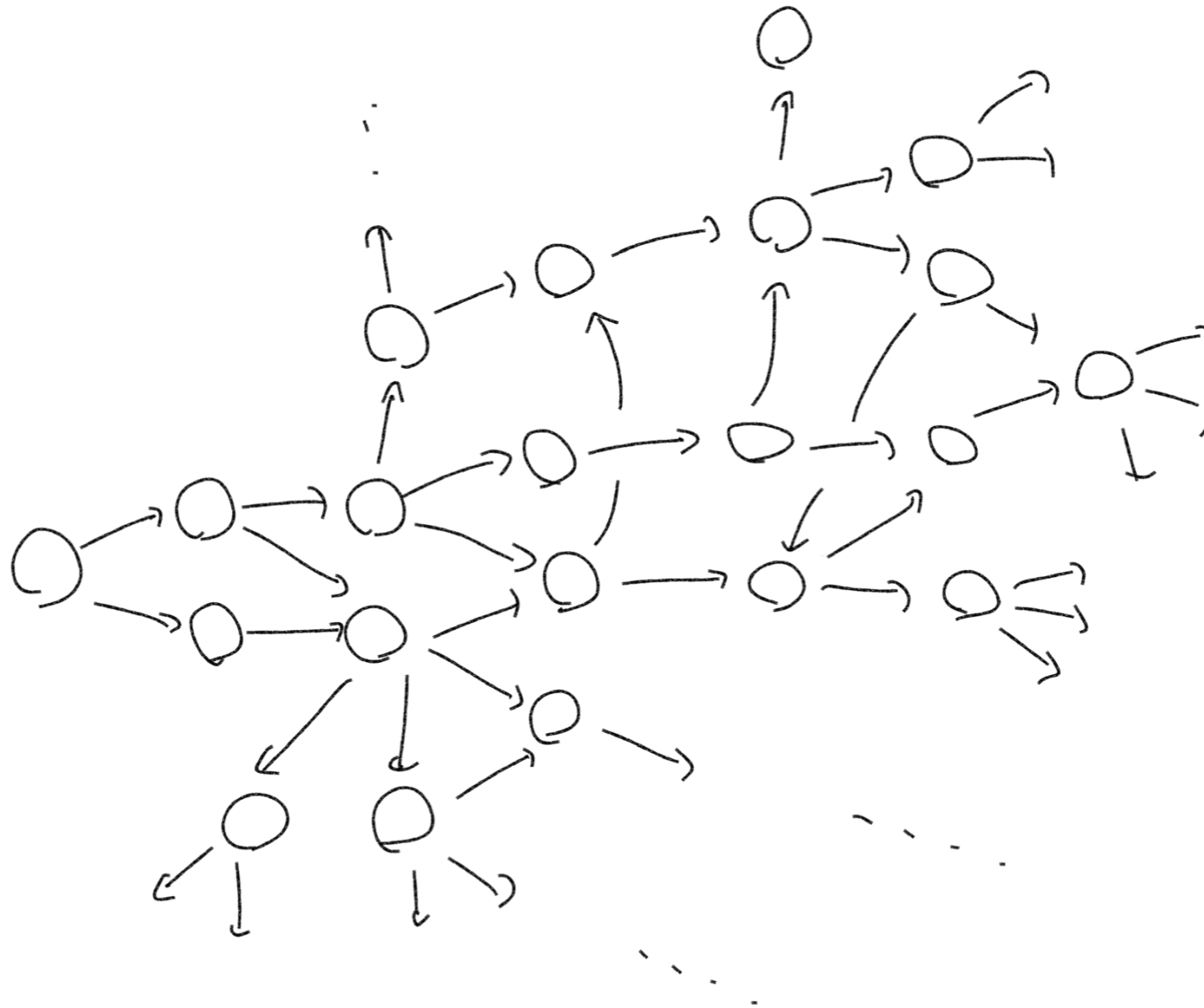
- 高校までは、まずはこれを学んで、つぎにこれを学んで、と順々に学んでいく感覚だったのではないかと思います。
- 大学でもはじめのうちはそうです。



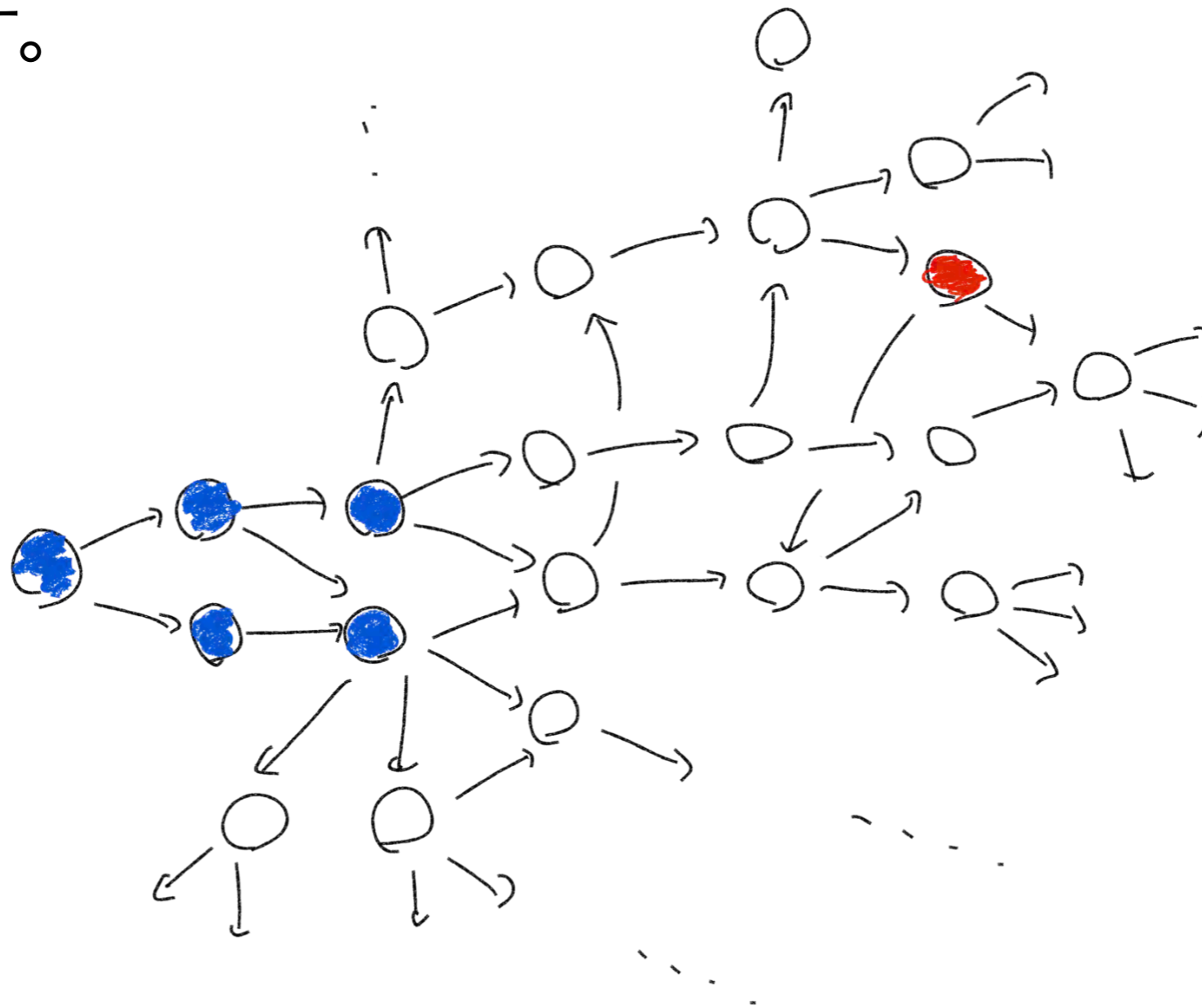
- もっと詳しく書くと、こんな感じでしょうか。この中で、何年生ではどこまで勉強してください、と、文科省は決めていたわけです。



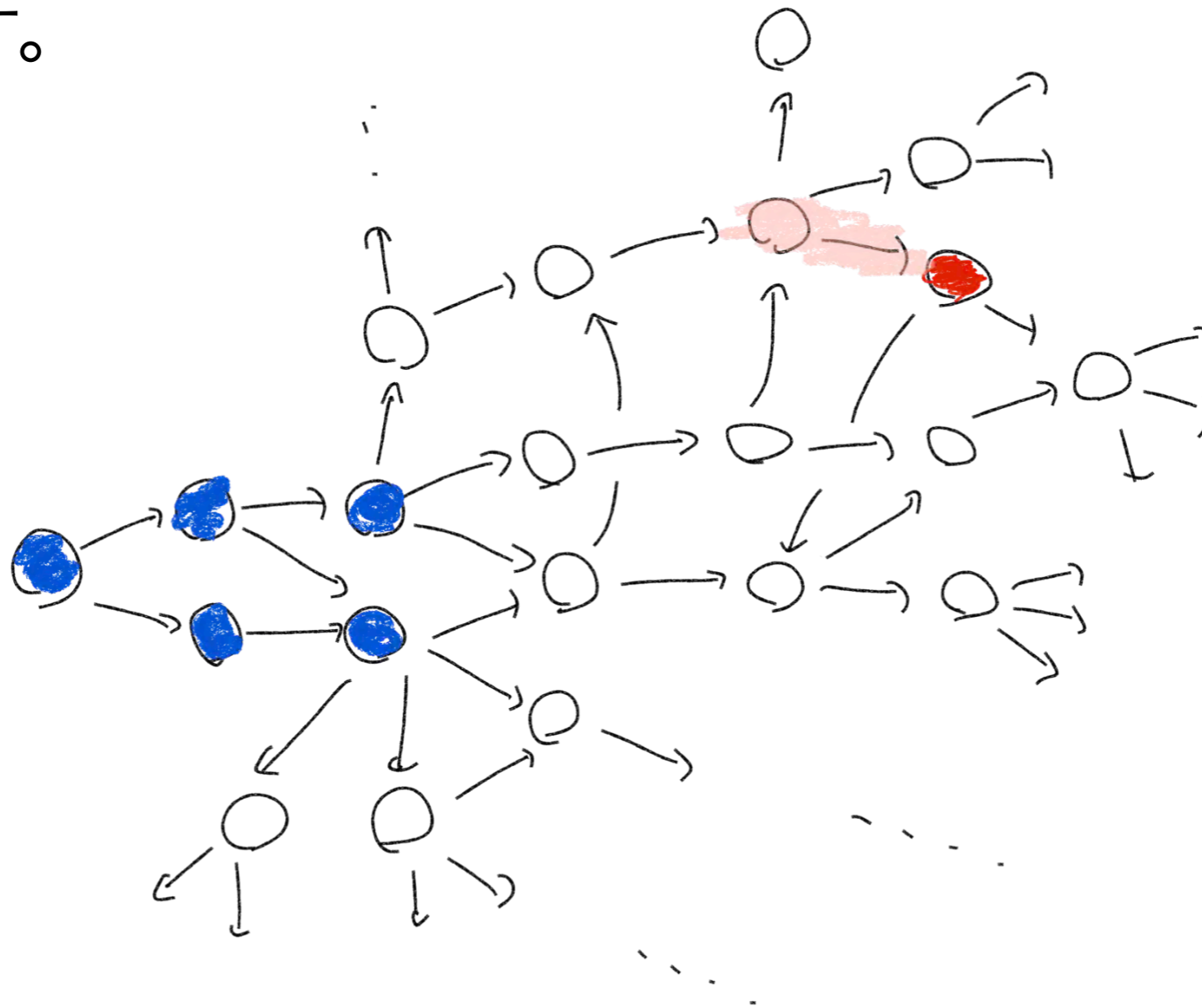
- 学問はもっともっと深く広がっています。順々に勉強していてもよいですが...



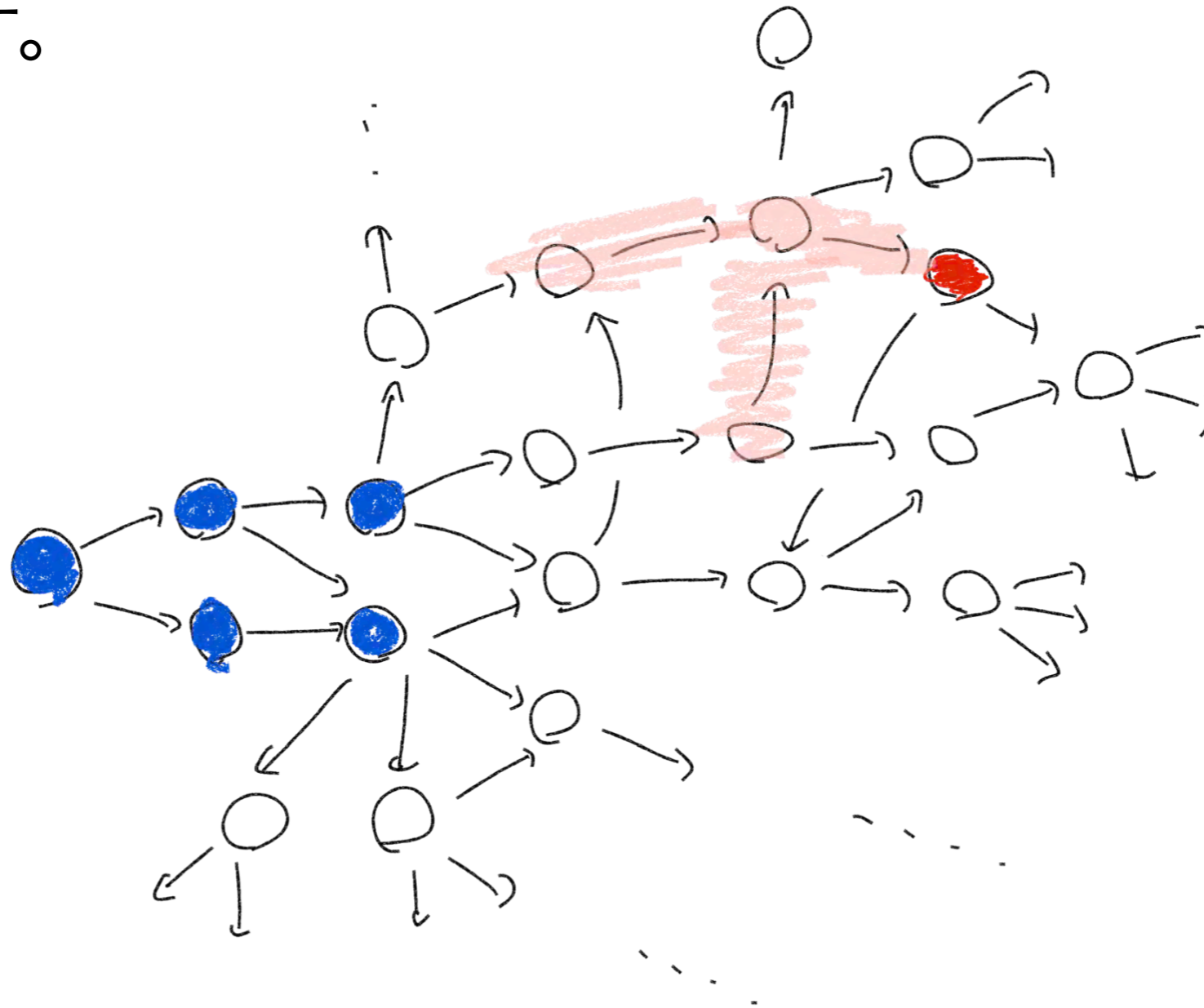
- 何か「知りたい！」ということがあると、それを学ぶために必要なものを勉強していく、というスタイルもあると思います。



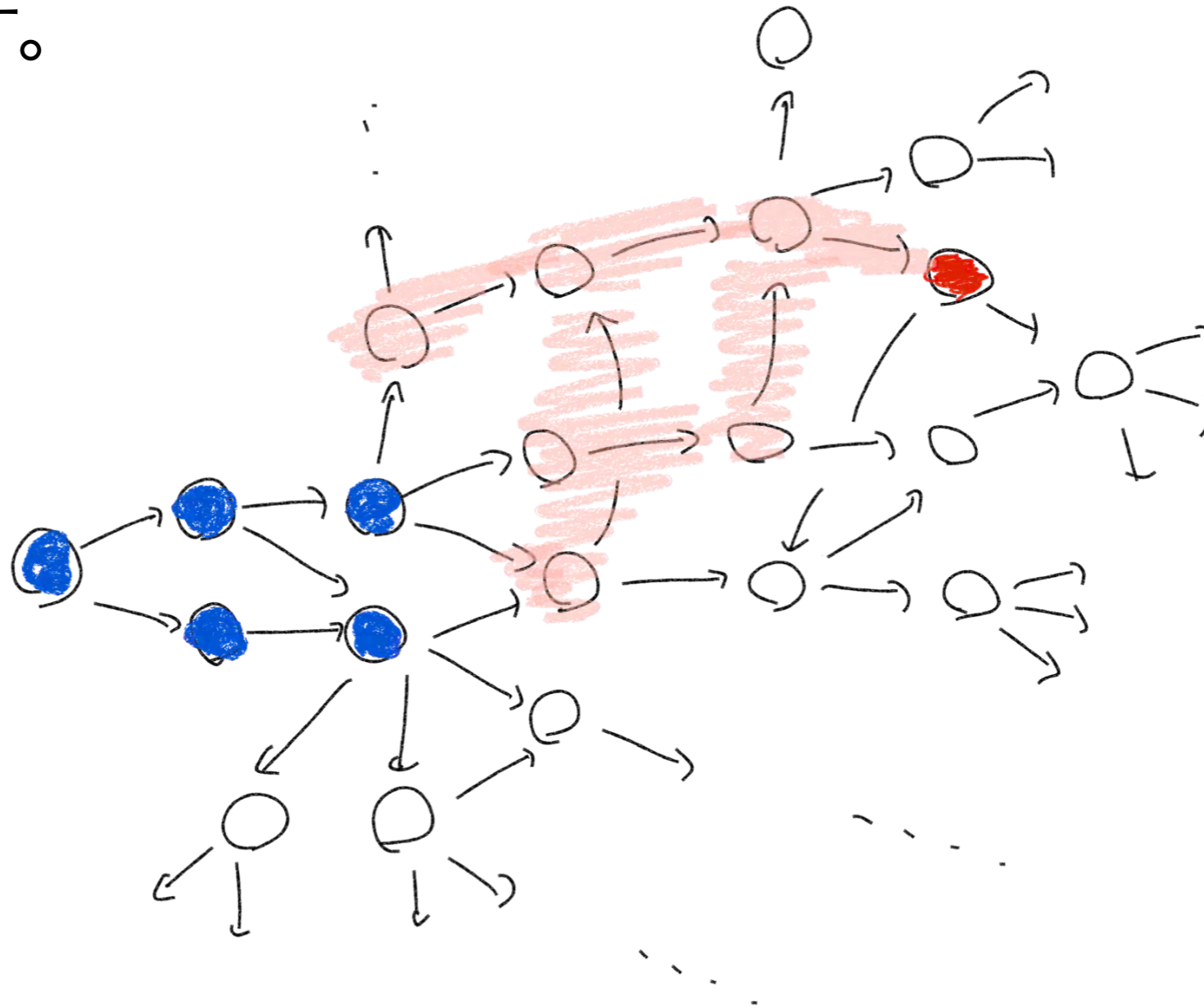
- 何か「知りたい！」ということがあると、それを学ぶために必要なものを勉強していく、というスタイルもあると思います。



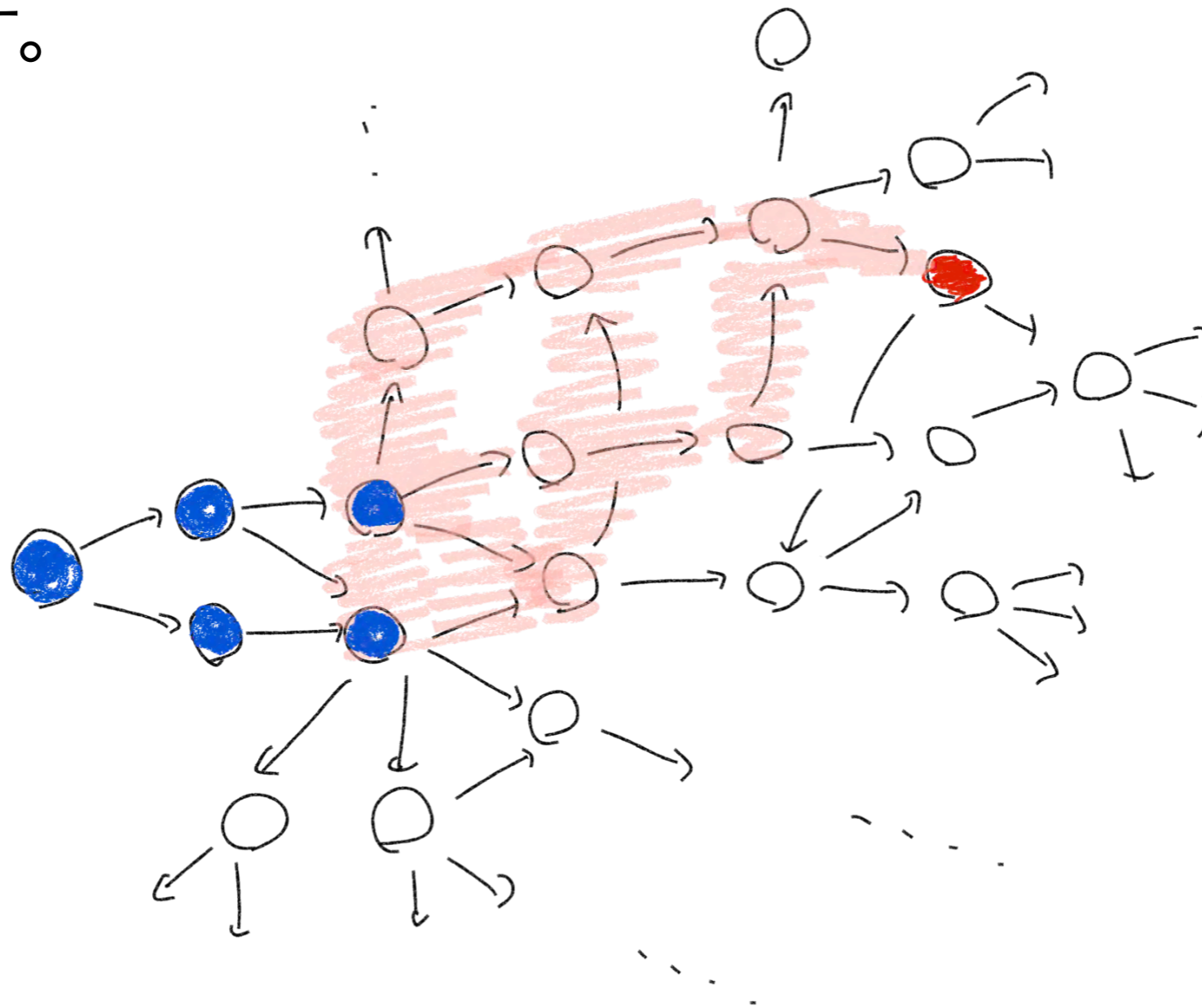
- 何か「知りたい！」ということがあると、それを学ぶために必要なものを勉強していく、というスタイルもあると思います。



- 何か「知りたい！」ということがあると、それを学ぶために必要なものを勉強していく、というスタイルもあると思います。

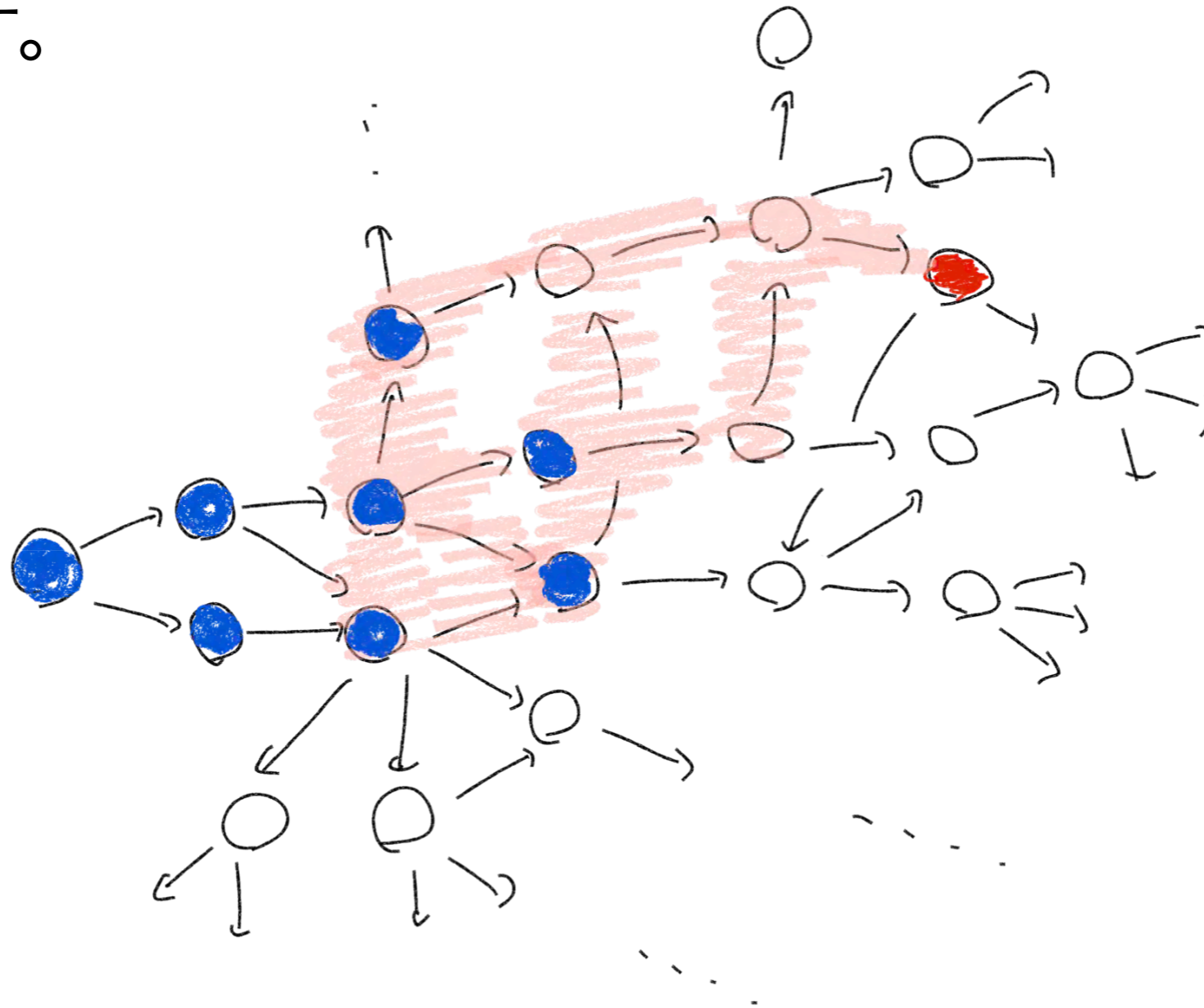


- 何か「知りたい！」ということがあると、それを学ぶために必要なものを勉強していく、というスタイルもあると思います。

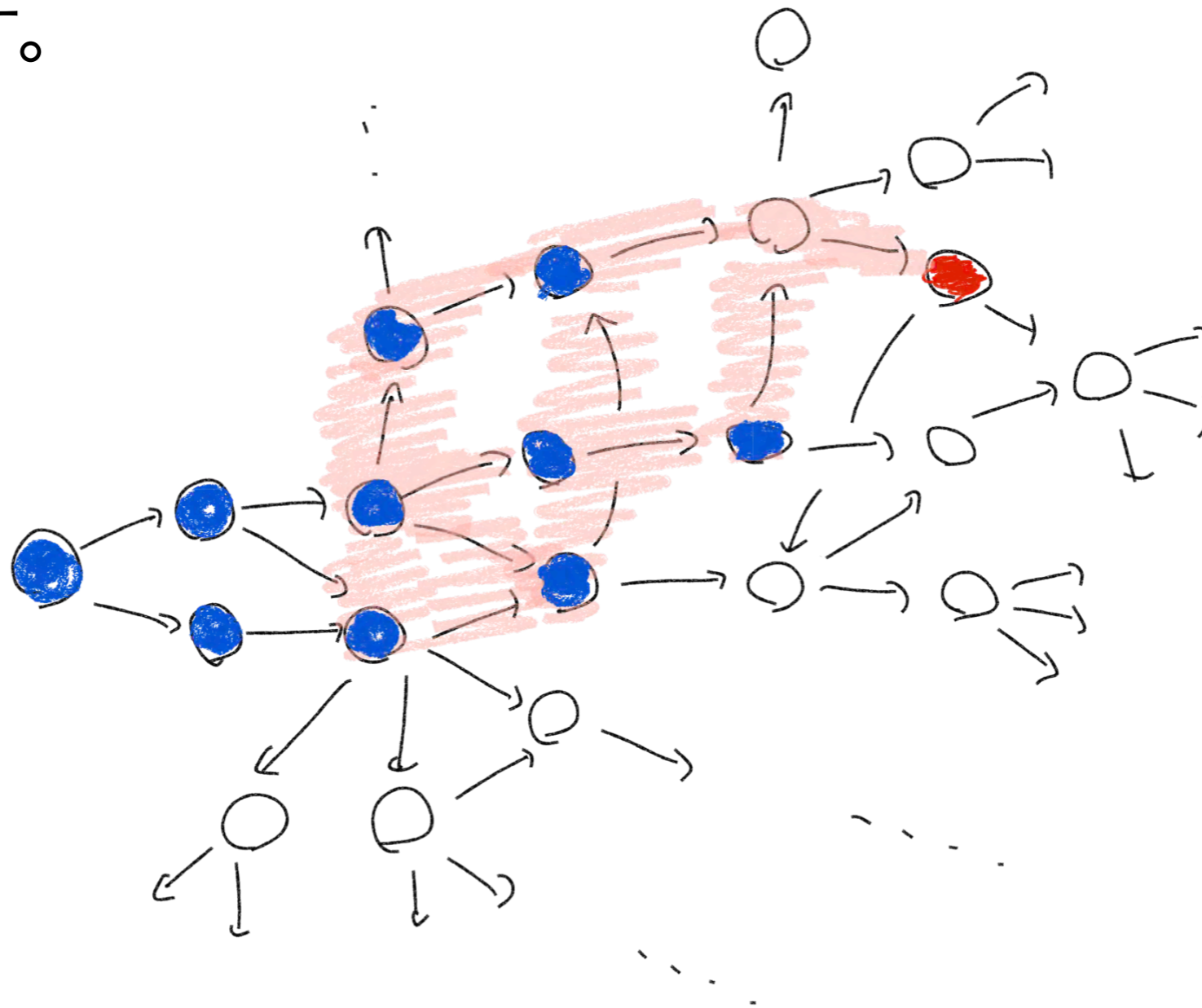




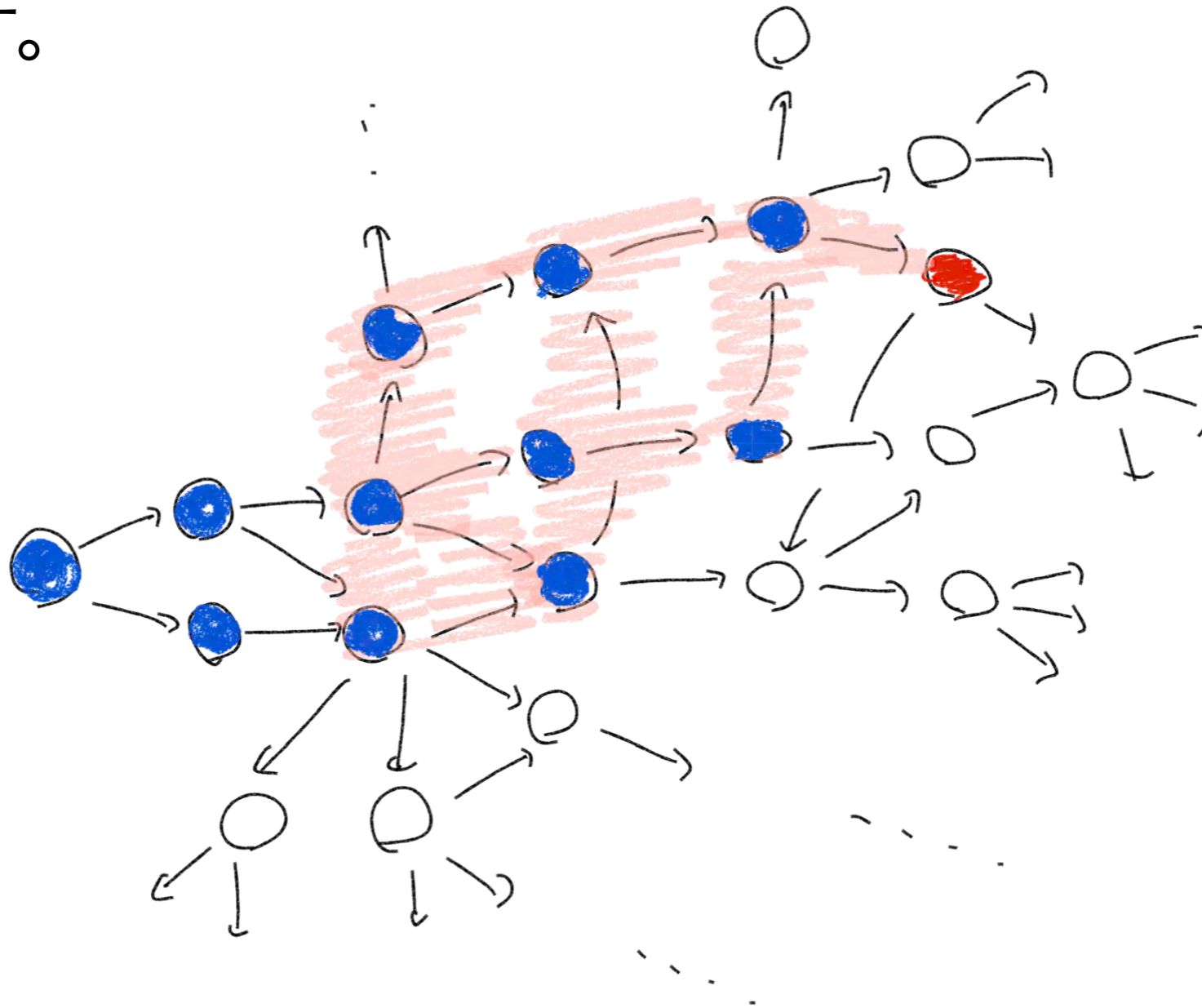
- 何か「知りたい！」ということがあると、それを学ぶために必要なものを勉強していく、というスタイルもあると思います。



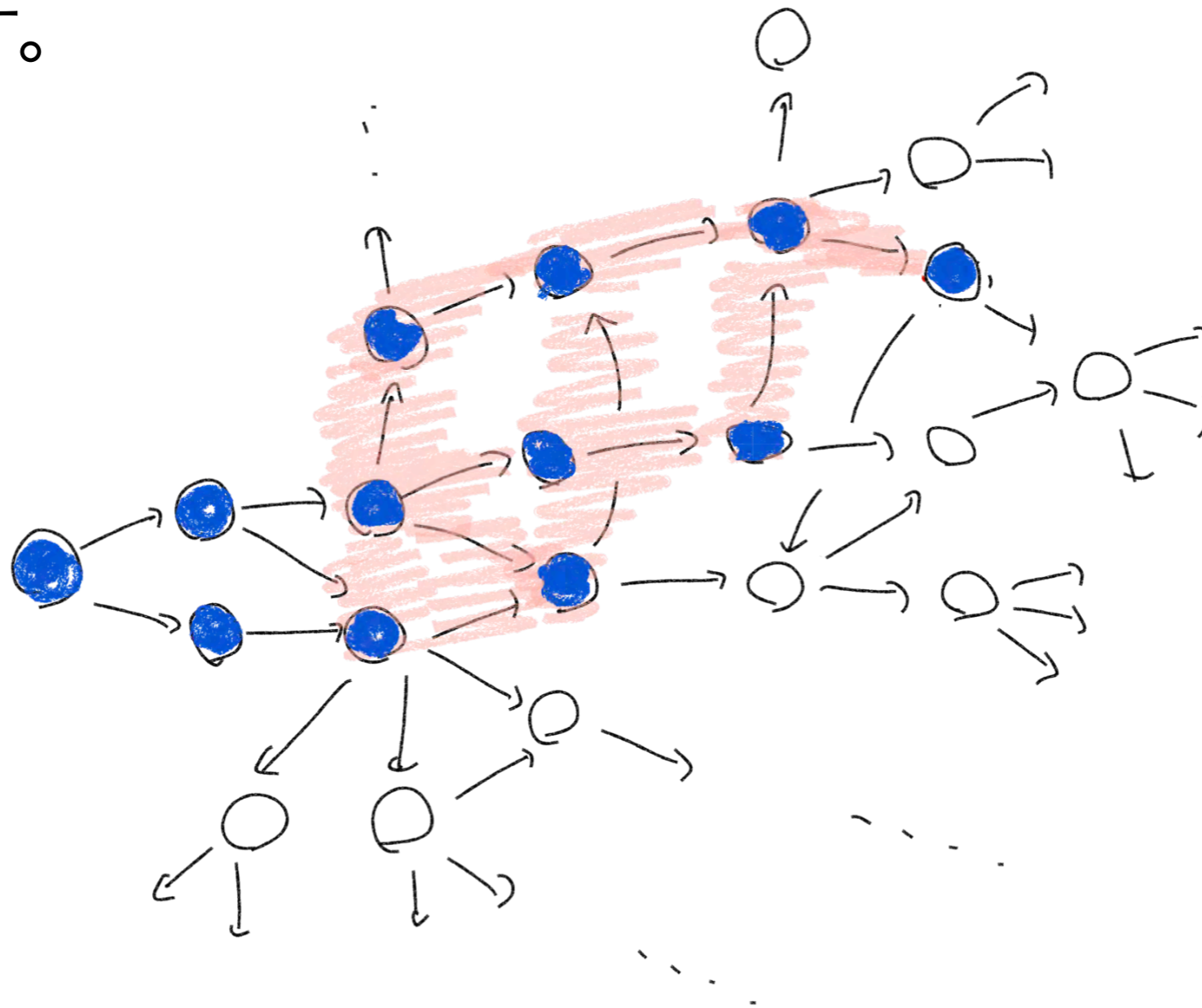
- 何か「知りたい！」ということがあると、それを学ぶために必要なものを勉強していく、というスタイルもあると思います。



- 何か「知りたい！」ということがあると、それを学ぶために必要なものを勉強していく、というスタイルもあると思います。

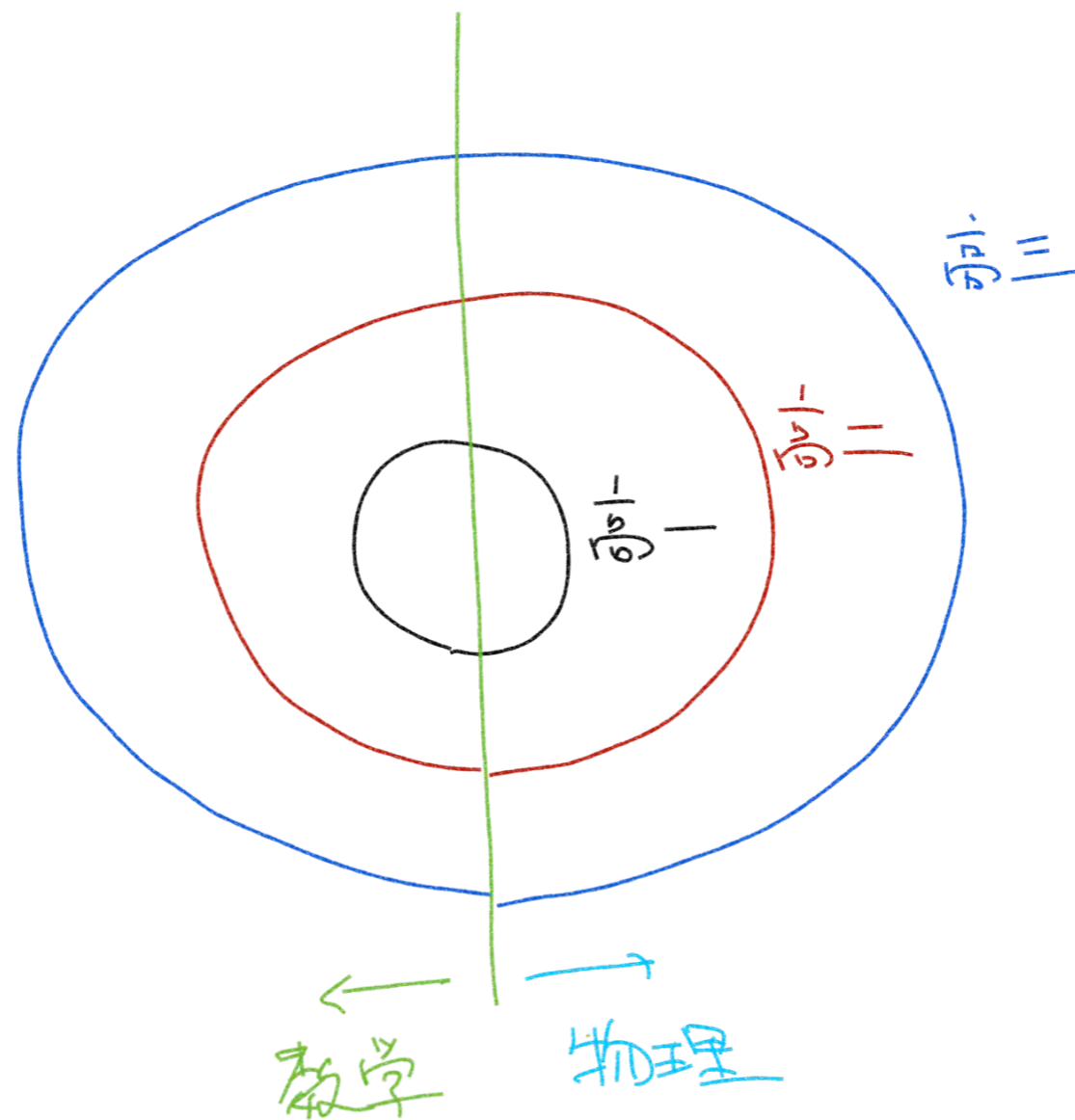


- 何か「知りたい！」ということがあると、それを学ぶために必要なものを勉強していく、というスタイルもあると思います。

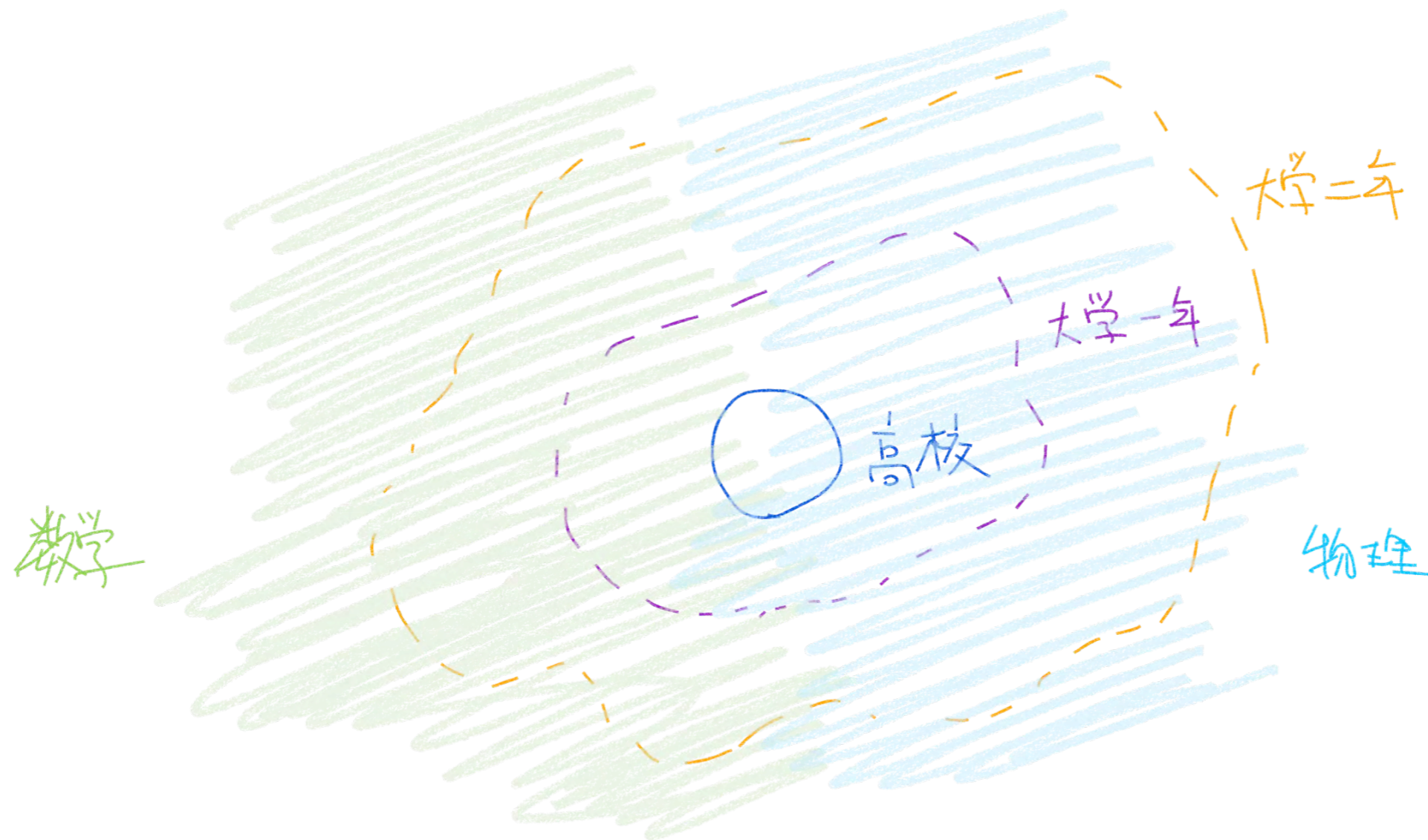


# 教科書の 信頼性/一貫性

- 高校までは、何年生でどこまでやるか、どの科目で何をやるか、文科省がきちんと決めていきます。



- 大学でも必修講義の内容は決まっていますが、大学によって異なります。



- これに対応して、高校の教科書は内容がきちんと決まっていますし、用語とその用法も統一されています。文科省の検定がありますし。
- 誤植も非常に少ない。
- だから、字面を覚えてしまうことができる。所謂暗記学習ですね。



- 一方、大学で使う教科書や専門書は、内容にばらつきがあり、用語やその用法にも本によって揺れがあります。
- 誤植もしばしばあります。
- これらは論文になるともっとひどくなります。
- だから、字面を覚えるのは非常に危険。
- 字面でなくて、書いてある「内容」を理解しましょう。

- 物理でよくある例として、使われている単位系の問題があります。最近では SI 単位系というのが標準ですが、それでも…

# 光速

- SI だと  $c = 299792458 \text{ m/s}$
- 自然単位系だと  $c = 1$

# 電子のスピン角運動量

- SI だと  $\hbar/2 = 1.054571817 \times 10^{-34}/2 \text{ kg m}^2/\text{s}$
- 自然単位系だと  $\hbar/2 = 1/2$

# 陽子の電荷

- SI だと  $e = 1.60217662 \times 10^{-19} \text{ C}$
- 自然単位系だと  $e = 1$

- ちなみに  $e$  は陽子の電荷でなくて電子の電荷を指す流派もあります。二つの定義は符合だけ違います。
- X 線衛星「ひとみ」は、一ヶ所制御データ入力の際に符合を間違えたため、運用数日で分解していますので笑い事ではありません。
- 詳細は JAXA の文書 (特に5.1.4) を参照。

- 似たような話ですが、火星探査機 Mars Climate Orbiter は、一ヶ所 SI であるべき数値がヤードポンド法で入力されたため、火星に衝突しています。やはり笑い事ではない。
- 詳細は [Wikipedia 記事](#) を参照。

- 相対性理論の例ですが、時空長さの二乗を

$$+(ct)^2 - x^2 - y^2 - z^2$$

とする流派と

$$-(ct)^2 + x^2 + y^2 + z^2$$

とする流派の二種類があります。

- 上は素粒子現象論が多い。
- 下は重力理論が多い。



- 次の例として、数学ですが、「体」という概念がある。
  - 足し算掛け算が出来、
  - 分配則  $a(b+c)=ab+ac$  が成立し、
  - 他にも幾つかルールをみたすもの。
- その中で、掛け算が可換  $ab=ba$  なものを**可換体**、必ずしも可換でない  $ab\neq ba$  なものを**非可換体**という。

- 単に「体」といったときに可換体を意味するか、非可換体でもよいとするかは数学の分野に依存します。

分野A

体=可換体

斜体=非可換体

分野B

可換体

体

- 前者が大多数だと思いますが、でも、どちらの用法がより正しいわけでもありません。
- 「体にはこれこれの性質がある」と何かの教科書/本に書いてあるのを、どちらの意味の「体」かを確認せずに使うと大変なことになります。

- 「体」ぐらい主要な概念だとそれほど揺れはありませんが、もっと細かい概念だと、もっとばらつきがあります。
- 数学の本や論文で「定義」が一々うるさく書いてあるのは、こういう間違いを避けるためでもあります。
- 物理の本や論文ではどの用法で用語を使っているのかキチンと書かれていないことが多いです。このあたりは、慣れるしかない。でも、違いがあると知っておくのは役に立つと思う。

- また、僕が学生のころの日本語 Wikipedia で、「体」の項目で、可換性を仮定するか仮定しないかで編集合戦が起きたことがありました。
- 片側の強硬派が、「この教科書にはこう書いてあるからこちらが正しい」と言って譲らなかったので非常に揉めました。(今でもノート:可換体に記録があります。)

- これは非常に悲しい話です。
- 高校の教科書だと、「教科書に書いてあるから正しい」というのは(ほぼ)正しいです。
- でも、大学で使う専門書になると、「本に書いてあるから正しい」というのはそもそも論法としておかしいです。

- 基本的には、本に書いてあることを、あなたが理解して納得したから、それを正しいと認めるわけです。
- 勿論、実験結果に関しては再試を自分で全部できるわけでは全然ないです。それでも、いろいろ考えを尽くして、判定しないとイケない。

- 著名な研究者の論文/本はつい信じたくくなります。でも、間違っていることもあるわけで…
- ノーベル賞受賞者でも受賞後にトンデモになった人が案外います。それでもそういう人が何かいうとメディアで取りあげられたりして困る。
- 偉大な数学者が年老いて「大定理を証明出来た」といってウソだったこともあります。



- 兎に角、有名な教科書だから、というような、権威とか肩書きだけで真理を判定しようというのはよくない。
- ただし、自分の信じたいことを全部正しいとするというわけではありませんが… それをやるとトンデモさんになります。
- 何事も一筋縄ではいかない。すこしずつ真実に近づくのみです。

- 尻切れトンボですが準備したのはこれぐらいです。
- さらに質問があればぜひどうぞ。