

現代物理学

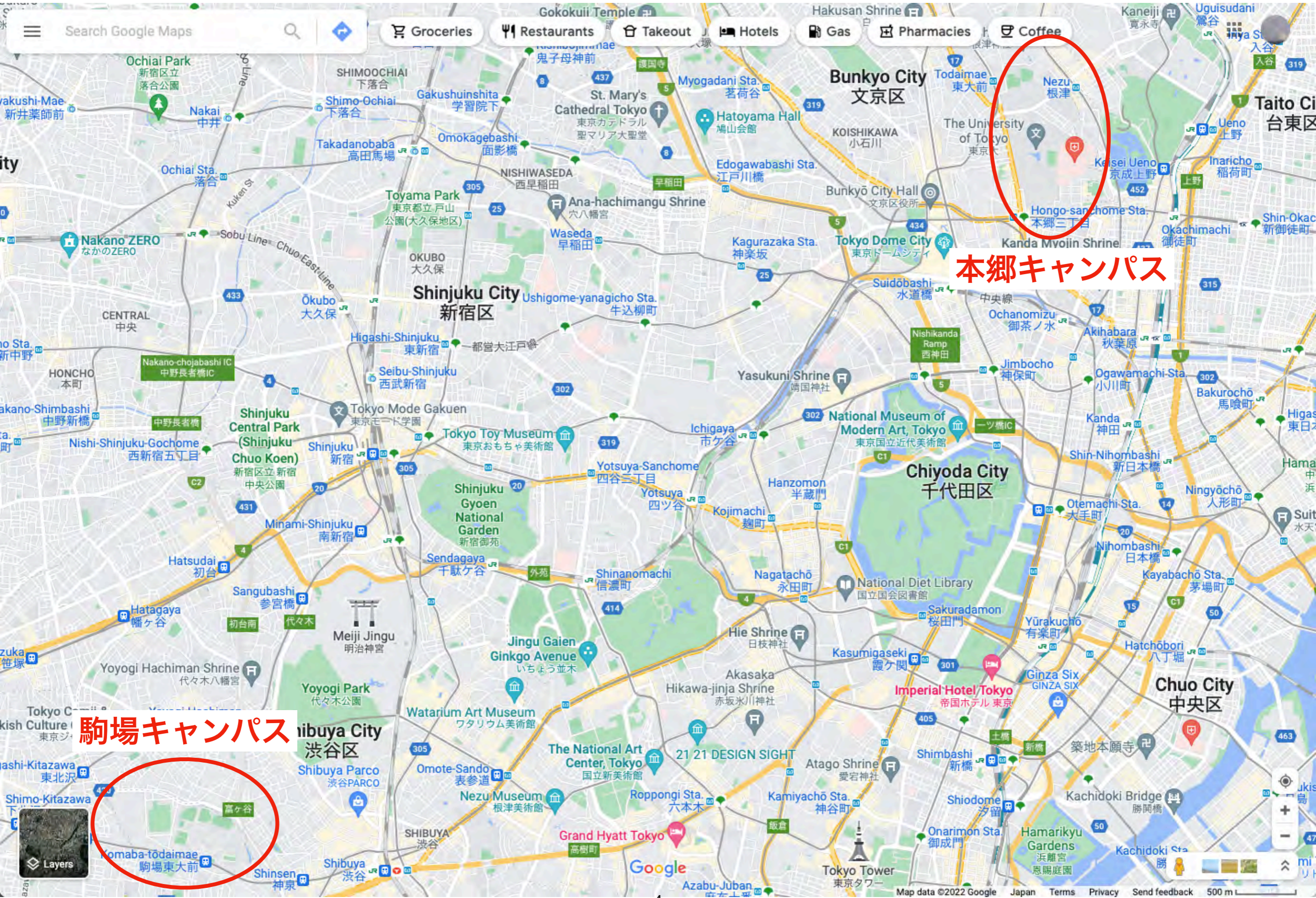
第一回

2023/4/11

- 次回からは対面です。駒場七号館721号室です。

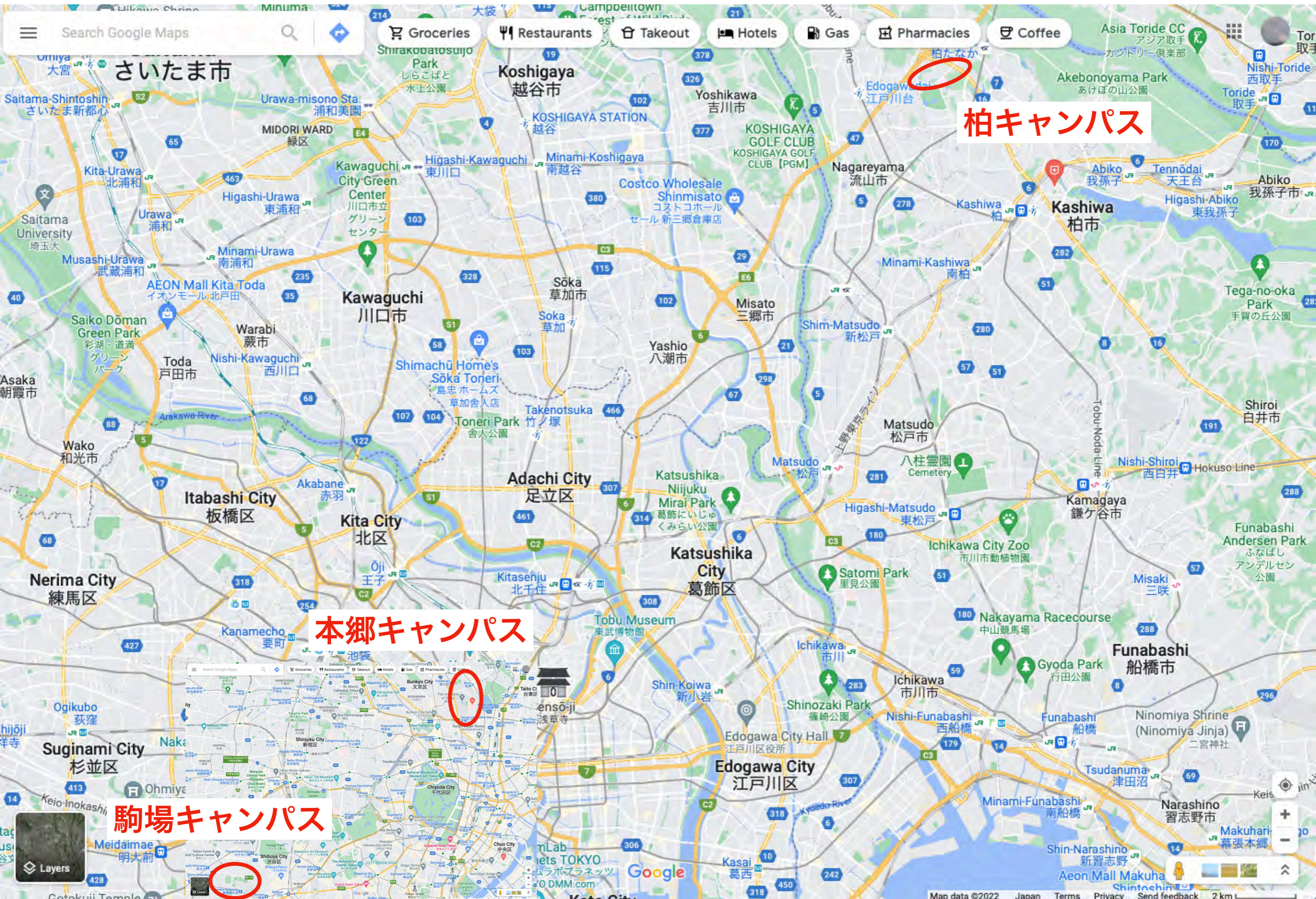


- 担当教員は私、立川裕二です。
- 所属は柏キャンパスの Kavli 数物連携宇宙研究機構 (Kavli Institute for Physics and Mathematics of the Universe, 略して Kavli IPMU) です。
- ホームページ: <https://member.ipmu.jp/yuji.tachikawa/>



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

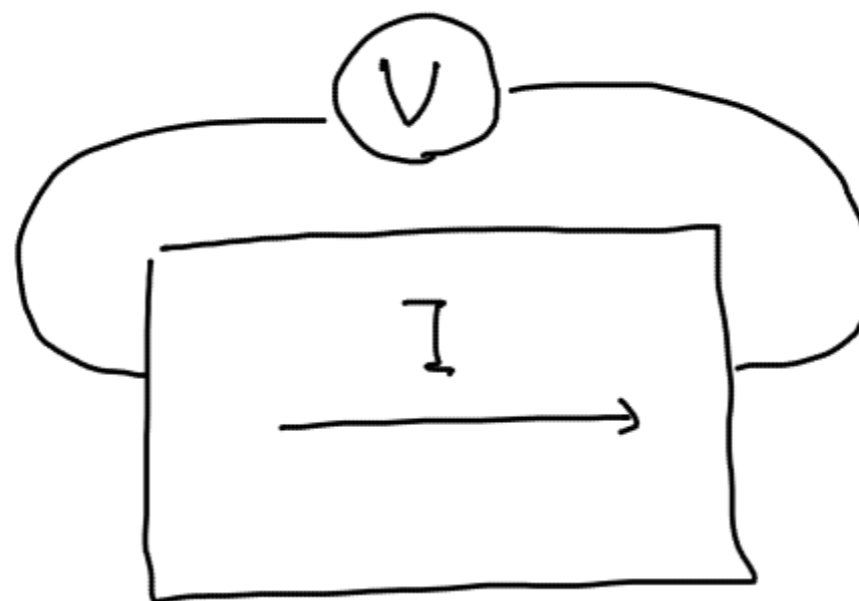
- 歴史は長い。いろいろなタイプのものが存在。
- 三月に常温超伝導体が見つかったという眉唾なニュースが。
- 「従来型」で抵抗がゼロになる温度が一番高いものは MgB_2 で、**2000**年に青山学院大学で当時学部生だった永松純さんが卒業研究中に発見した。
- 皆さんも何か数年後に見つけてしまうかも？

- 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。
- 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、整数量子ホール効果という、1980年に見つかった現象で、トポロジカル物性のさきがけとして、数理物理的観点から議論できればと思っています。

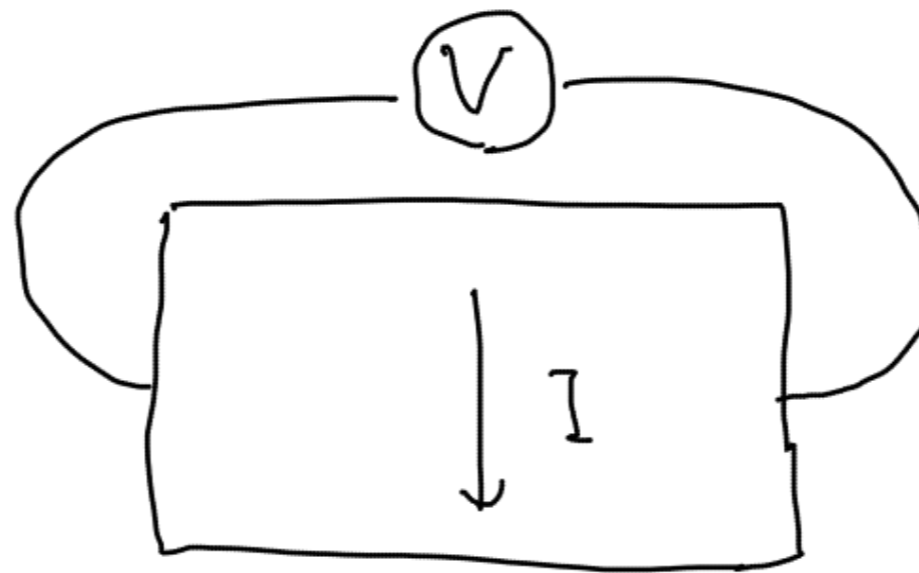
整数量子ホール効果？

- 電気抵抗は皆さん知っていると思われる。
- 図では電気伝導度 $\sigma = 1/R$ を書きました。



$$I = \sigma V$$

- ホール効果といって、電圧に直交する方向に電流が流れることがある。 σ_H をホール伝導度という。



$$\vec{I} = \sigma_H \vec{V}$$

- さらに特殊な状況で、

$$\sigma_H = \nu \frac{e^2}{h}$$

ただし ν は整数、 e は電子の電荷、 h はプランク定数、
となるのが整数量子ホール効果。

- 発見は von Klitzing, Dorda, Pepper, Phys.Rev.Lett. 45 (1980) 494

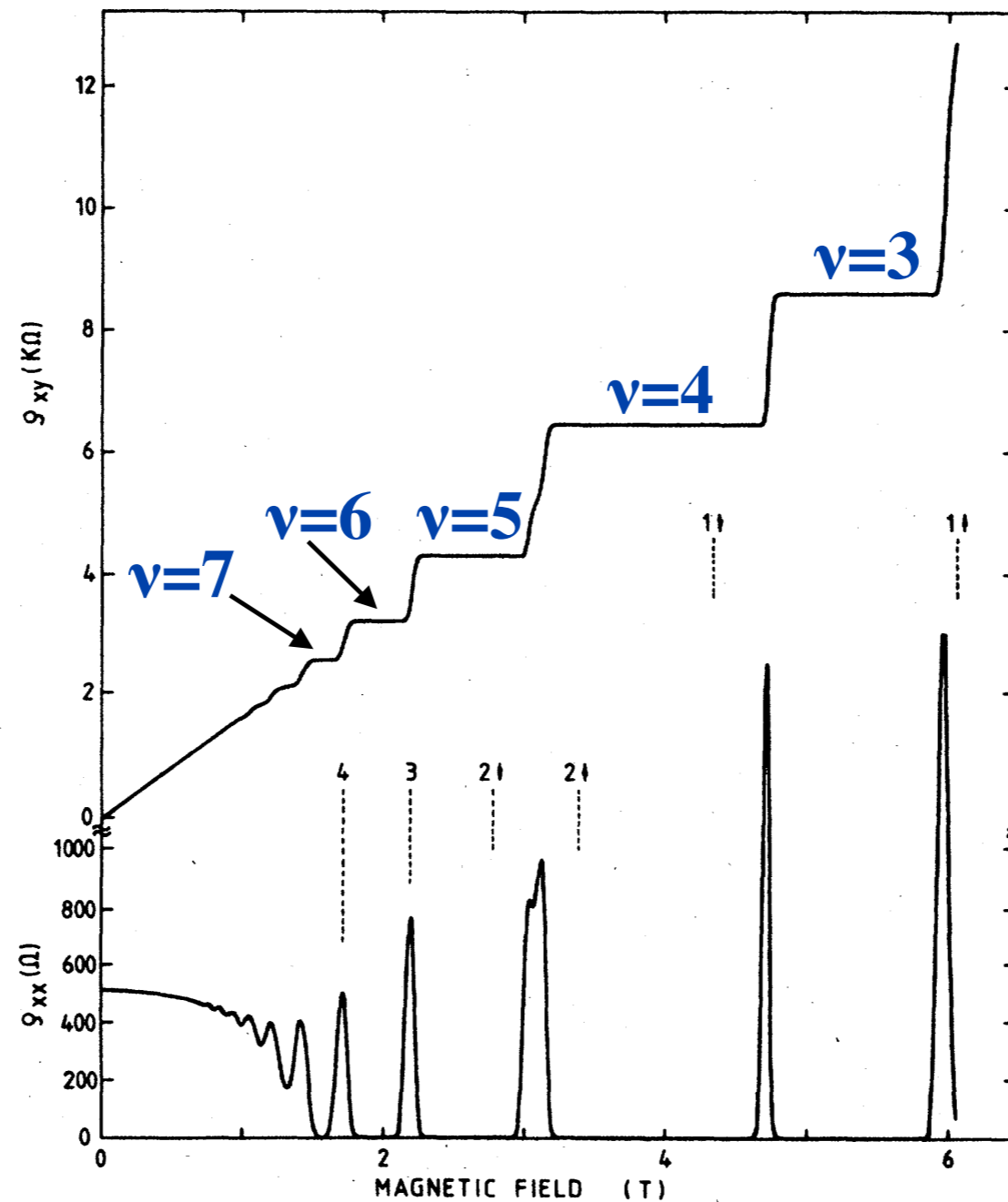


FIG. 14. Experimental curves for the Hall resistance $R_H = \rho_{xy}$ and the resistivity $\rho_{xx} \sim R_x$ of a heterostructure as a function of the magnetic field at a fixed carrier density corresponding to a gate voltage $V_g = 0$ V. The temperature is about 8 mK.

図は von Klitzing, Rev.Mod.Phys. 58(1986)519 より。

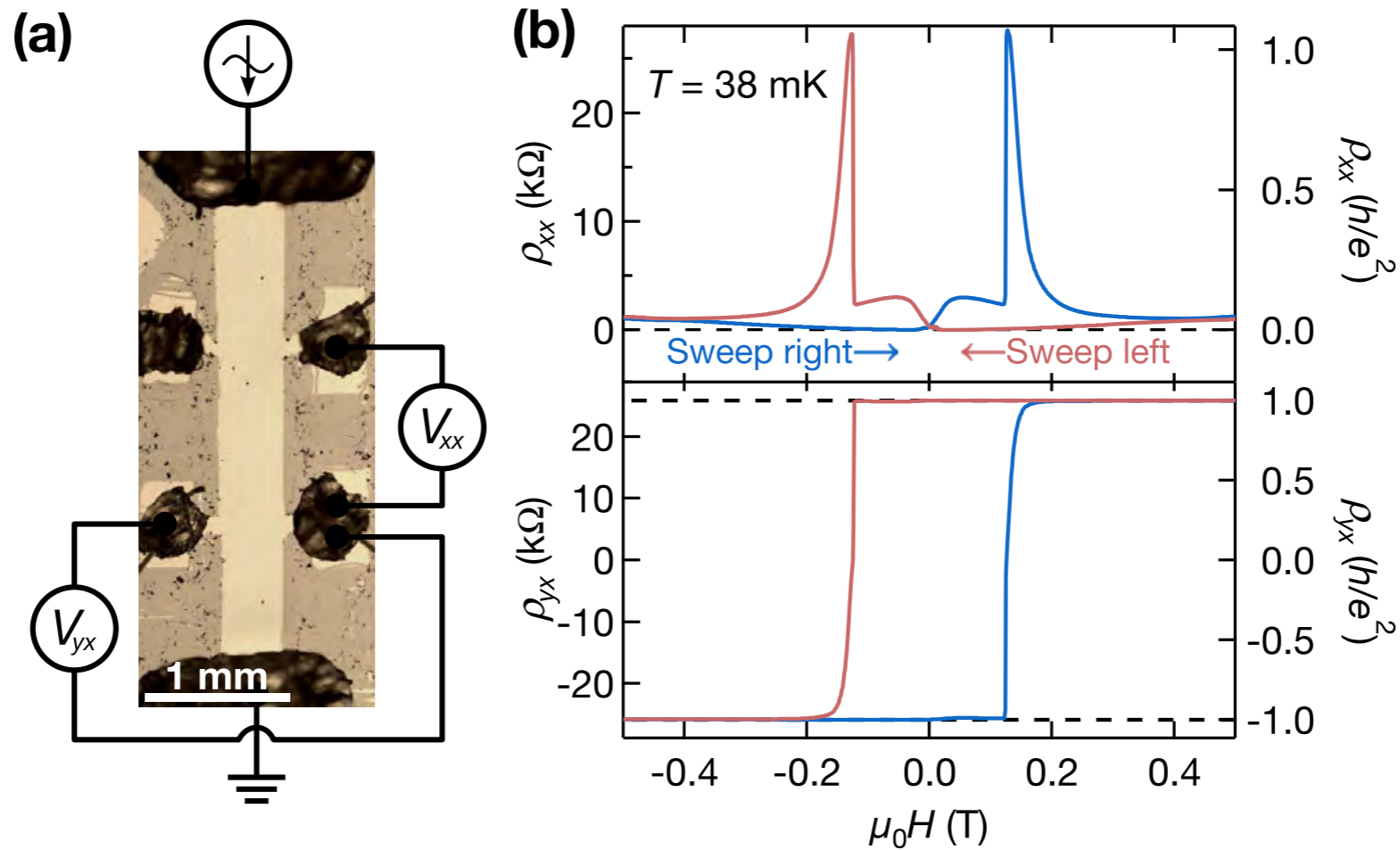


FIG. 1 (color online). Device demonstrating quantum anomalous Hall effect. (a) Photograph of 10-nm-thick film of $(\text{Cr}_{0.12}\text{Bi}_{0.26}\text{Sb}_{0.62})_2\text{Te}_3$ on a GaAs substrate, scratched by hand into a Hall bar shape, with indium metal Ohmic contacts. Schematic measurement setup included. (b) Longitudinal resistivity ρ_{xx} and transverse resistivity ρ_{yx} of the device at base temperature as a function of the applied magnetic field $\mu_0 H$ in each sweep direction, forming a ferromagnetic hysteresis loop. As the field approaches zero from either starting point, ρ_{yx} reaches its quantized value h/e^2 and ρ_{xx} approaches zero.

図は [Bestwick et al. Phys.Rev.Lett. 114\(2015\)187201](#) より。

- 実験物理的にも理論物理的にも重要。
- 実験物理的には、例えば、電気抵抗の標準。
- 理論物理的には、所謂トポロジカル物質のはじめの例。
- 数理物理/数学的にも面白い。Chern-Simons 不変量、スピン構造、などなど...

- 標準的な、ちゃんとした物理的な理解に至るには準備が沢山沢山必要で一学期間では到底できません。
- 関連する物理(量子力学、電磁気学)や数学(U(1)バンドルと接続)などの基本的なところを勉強して、間接的な理解に近づければいいなと思っています。

数理物理とは？

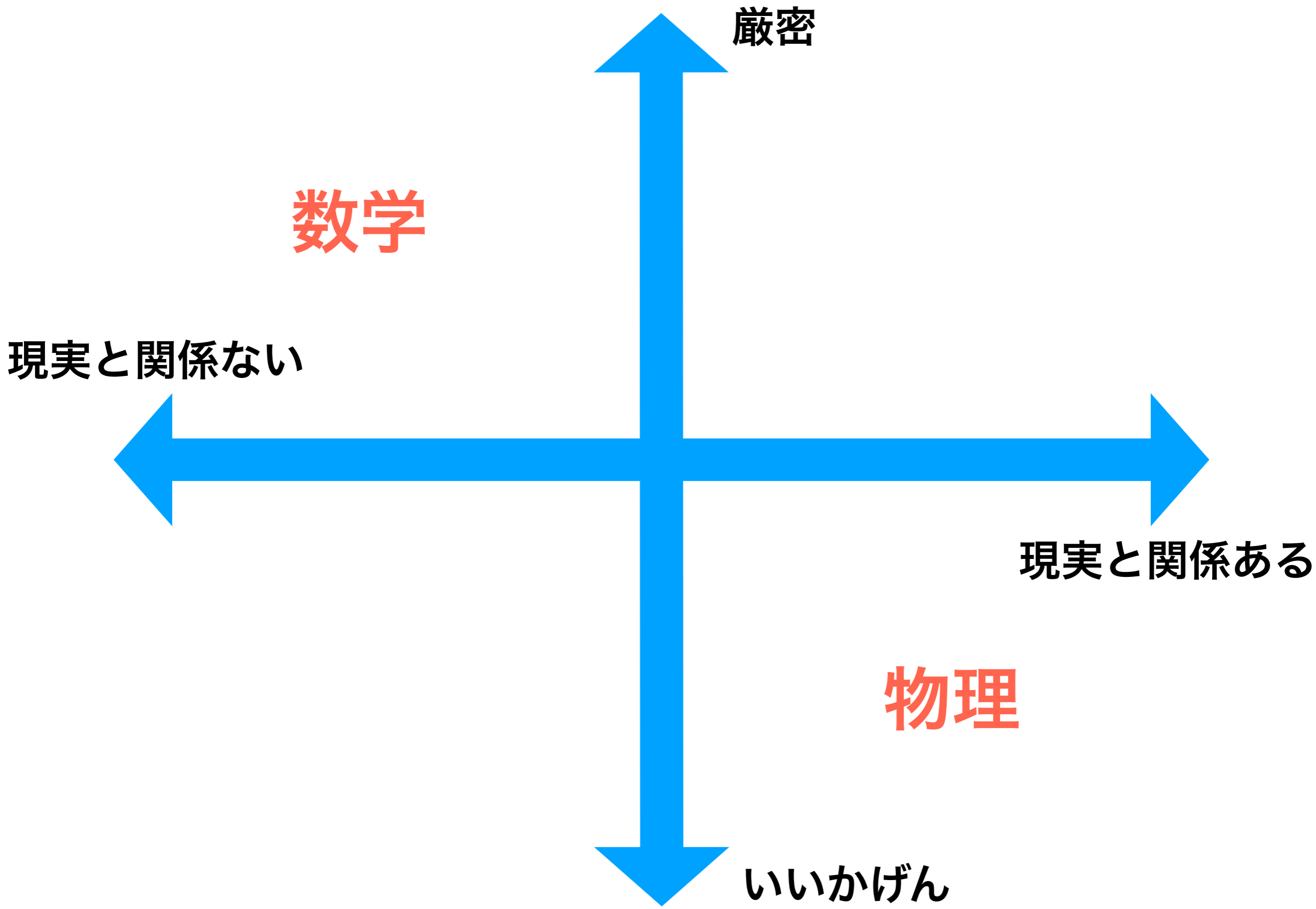
- 数学と物理のあいだぐらいの学問。
- 数理物理といっても数学に近いものから、物理に近いものまでである。

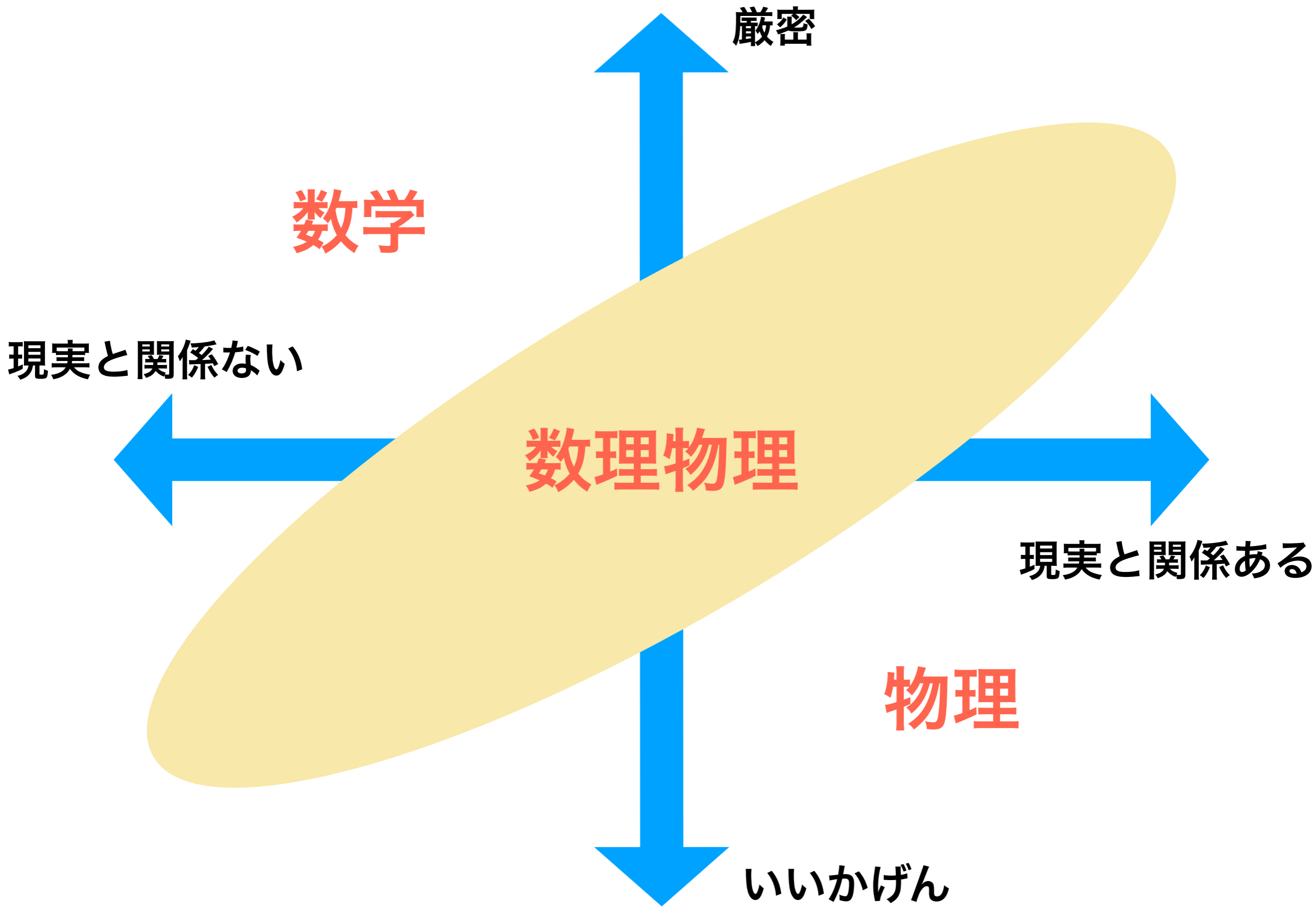
- 物理: この世のことを調べる。

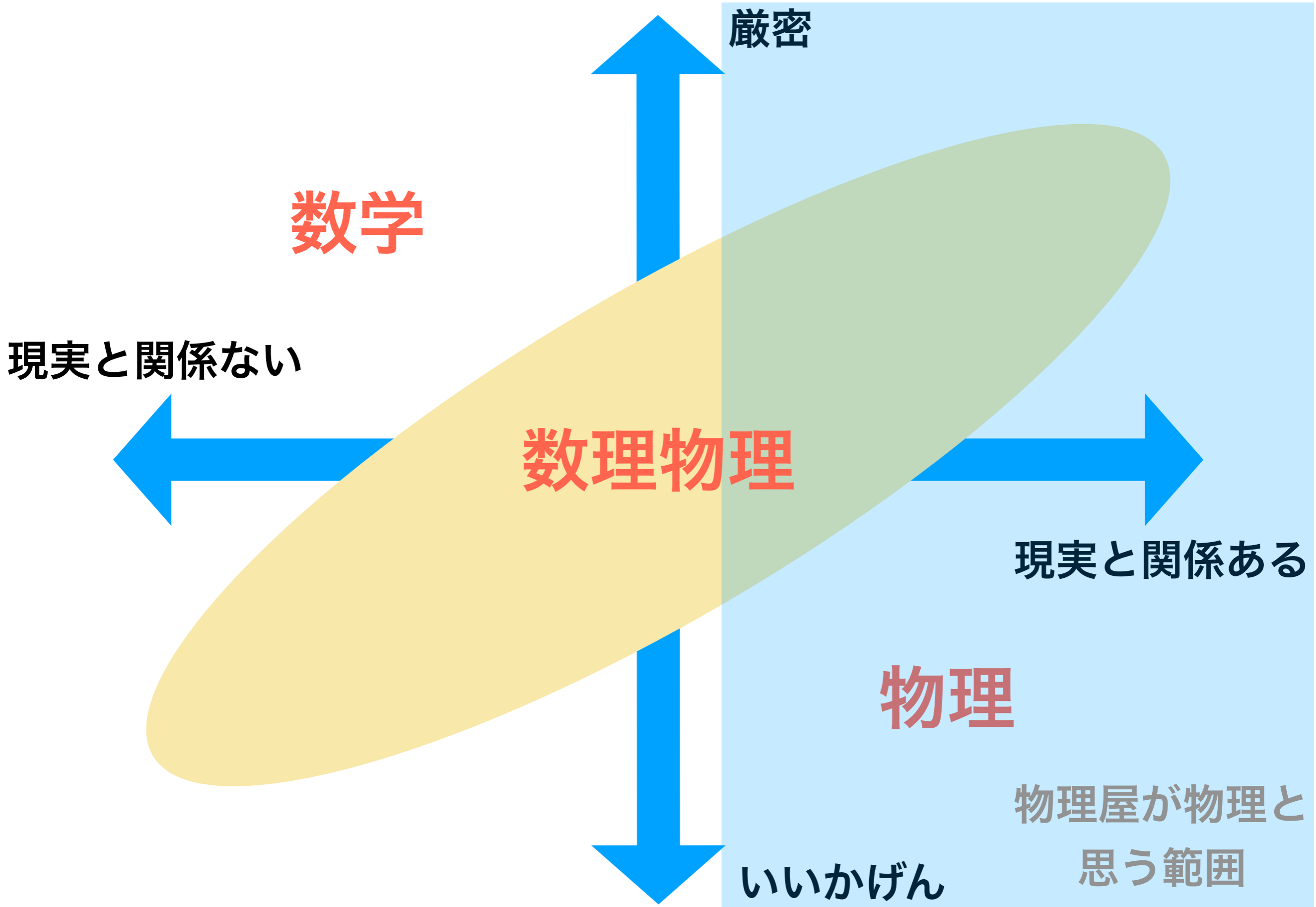
予言が測定/観測と合えばいいので、予言を出すにあたっての推論の厳密性はあまり重視されない。

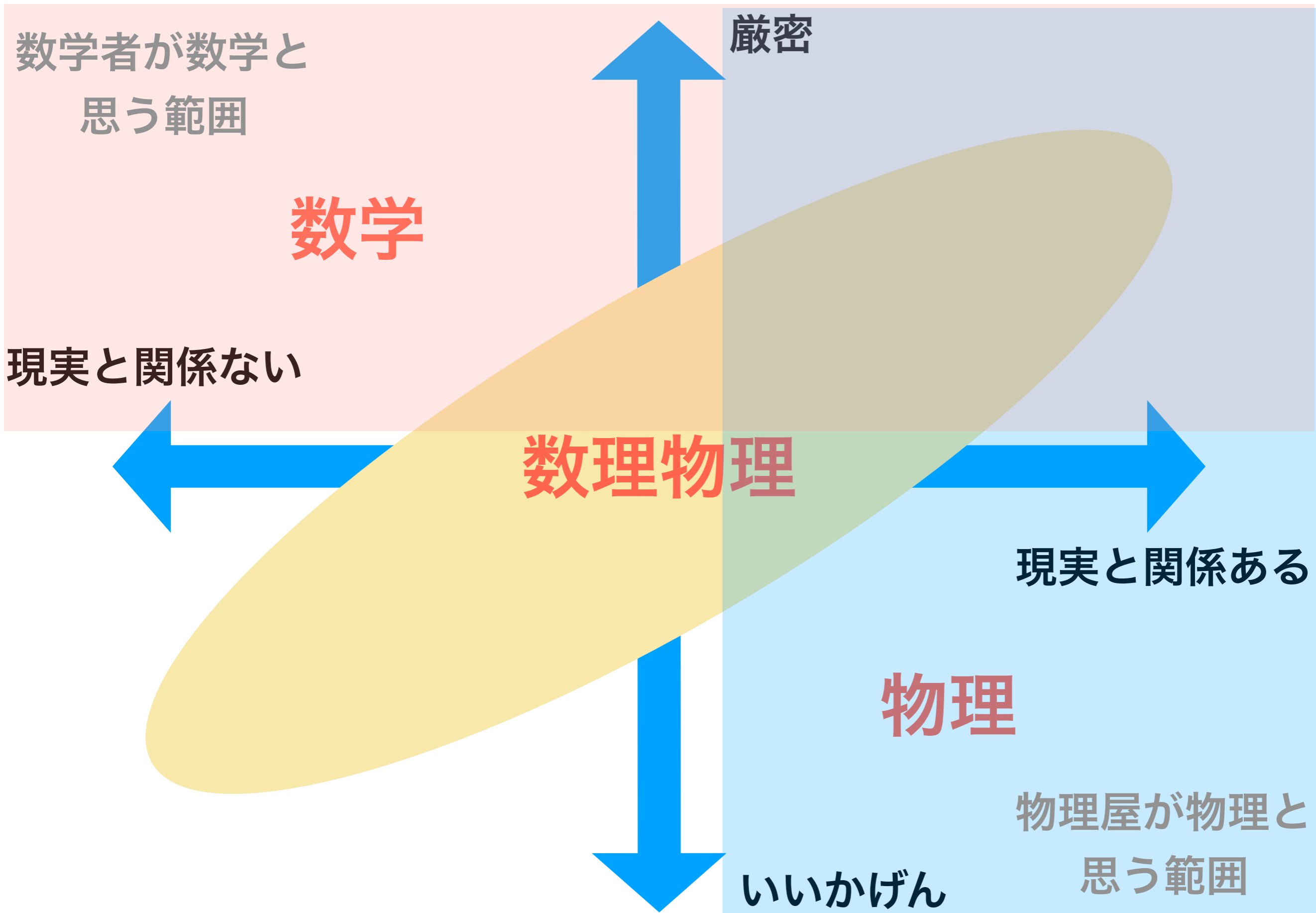
- 数学: アイデアの世界のことを調べる。

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。









数学者が数学と
思う範囲

数学

現実と関係ない

厳密

数理物理

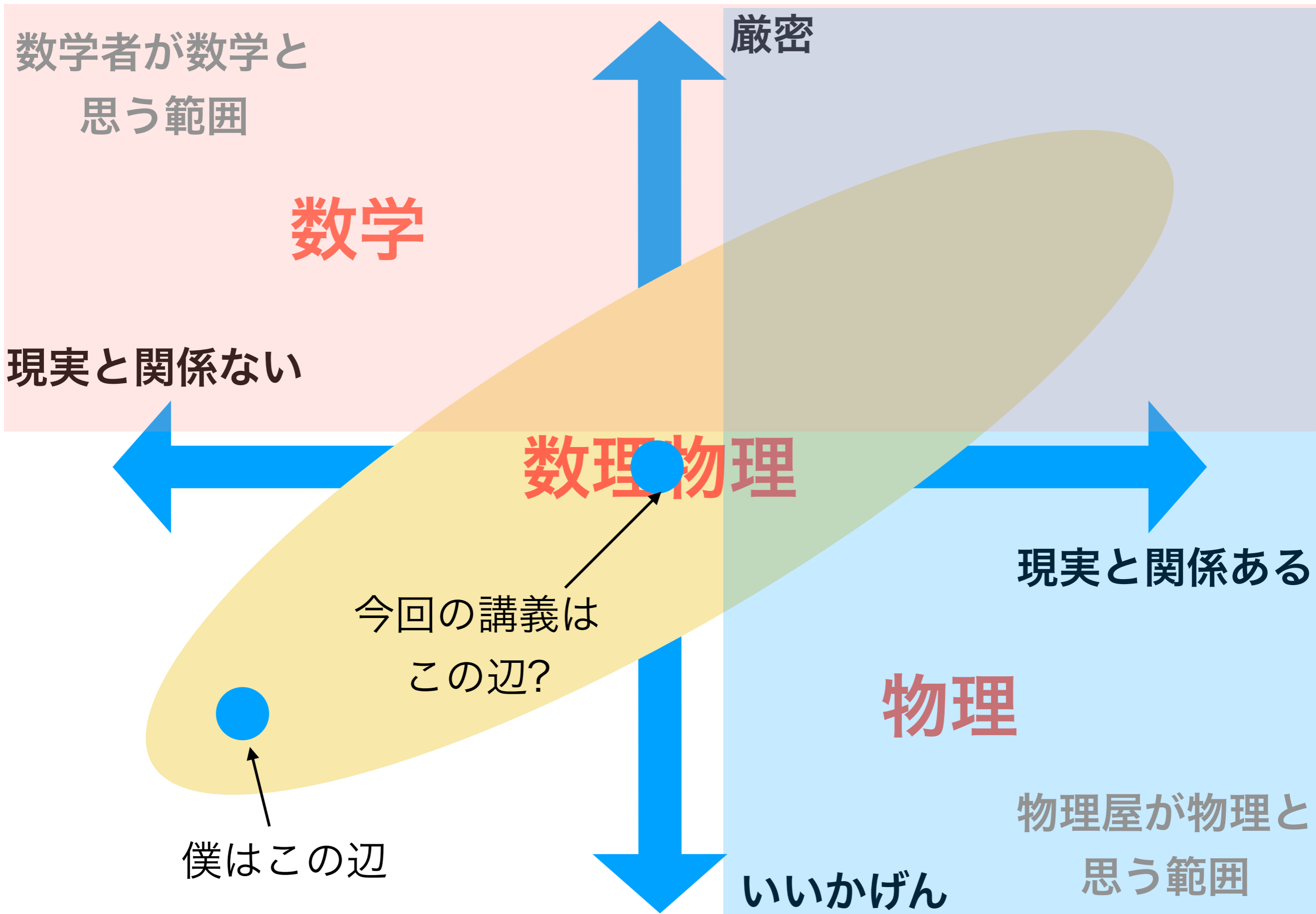
現実と関係ある

物理

物理屋が物理と
思う範囲

僕はこの辺

いいかげん



- 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。
- ChatGPT はまだ多分解けない。来年はあぶないかも？

- 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。

- 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...

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

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 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

[Yuji Tachikawa](#) Nov 5 '19 at 12:52

Thanks, I need some time to digest it. I found that your reference is on line: numdam.org/actas/SHC –

49

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, it says "東京大学 OPAC" and "The University of Tokyo Library OPAC". To the right, there is a "MyOPAC ログイン" button and the University of Tokyo logo. Below this, there 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". Below the navigation bar, there are tabs for "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 text "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。". There are buttons for "簡易検索" and "詳細検索". The search bar has a "検索" button and a "クリア" button. At the bottom, there is an "お知らせ" section with a notice dated "2021.03.31" and 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。



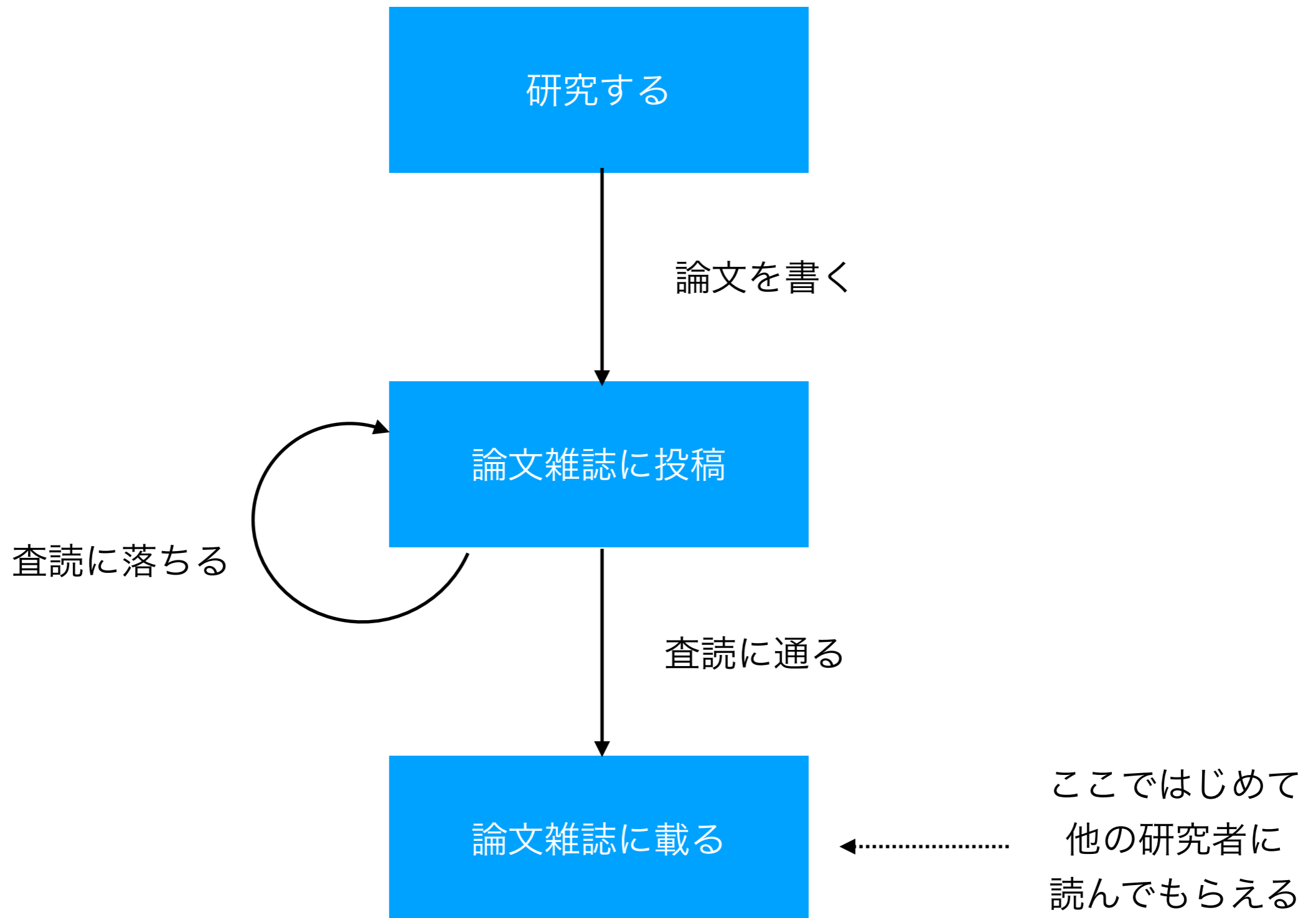
- これが全部数学の本なわけで、人類の知的蓄積に圧倒されます。他の分野だって同様です。到底自分の一生でその全体を把握できるわけがありませんね。僕はもう研究人生の半分まで来たからよりよく分かります。
- 皆さんも四年生になれば卒業研究でこの知的蓄積にほんの少しですが付け加えることになるわけです。
- (学科によると卒業研究がないこともあります。でもそういう学科は大抵の人が修士にあがって、修論で同じことをします。)

- 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。

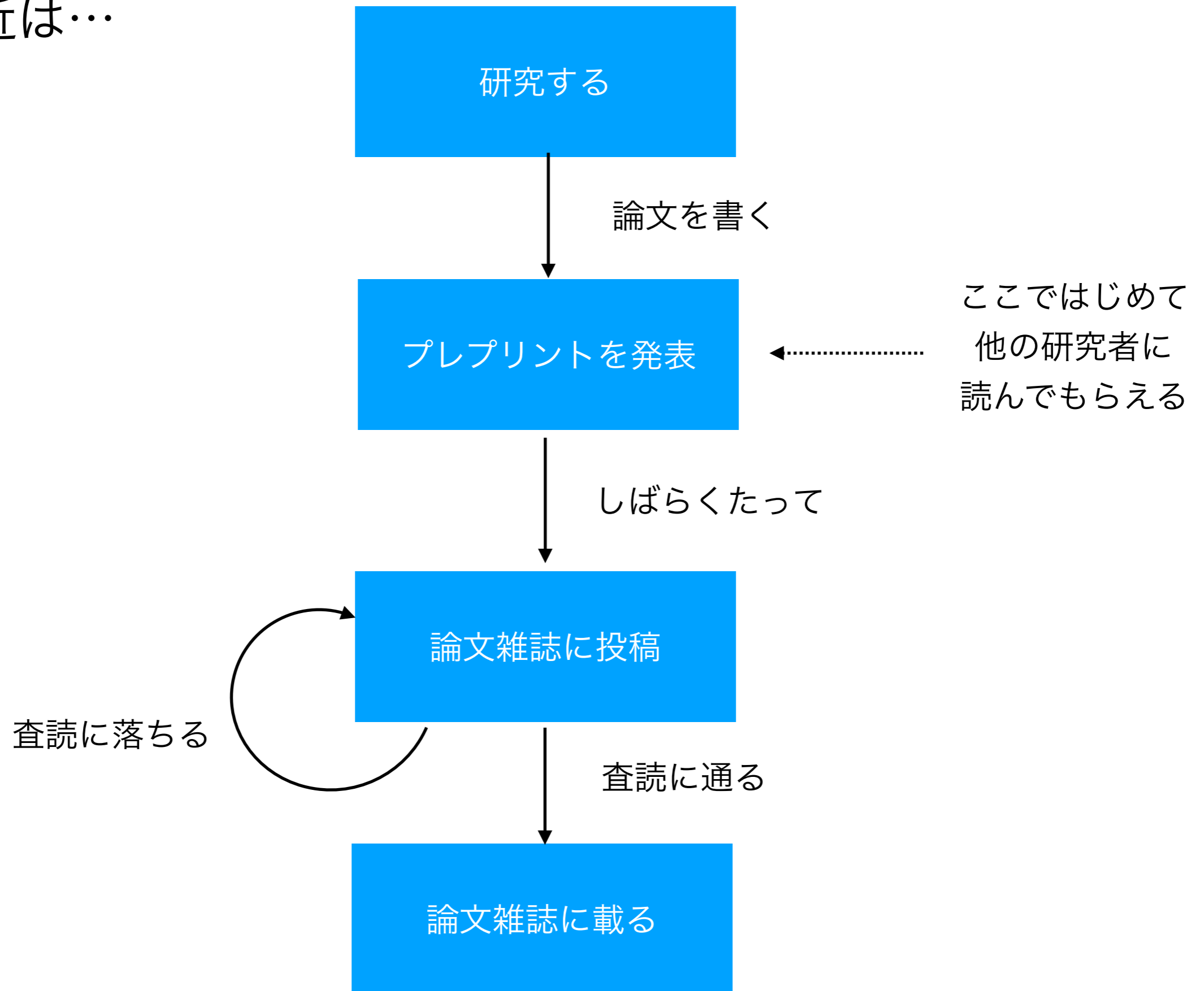
論文

- 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
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 Search

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/>

The screenshot shows the arXiv preprint page for the paper "Topological modular forms and the absence of all heterotic global anomalies" by Yuji Tachikawa and Mayuko Yamashita. The page is categorized under "High Energy Physics - Theory" and was submitted on August 30, 2021. The abstract discusses the reformulation of the question of global anomalies in heterotic string theory using topological modular forms and the Segal-Stolz-Teichner conjecture. The paper includes separate introductions for mathematicians and string theorists. The right sidebar offers download options (PDF and other formats), navigation links, and references to external databases like INSPIRE HEP, NASA ADS, Google Scholar, and Semantic Scholar. It also includes an export BibTeX citation option and a bookmark section with social media icons.

arXiv > hep-th > arXiv:2108.13542

Search... All fields Search

Help | Advanced 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 $\mathrm{TMF}^* \rightarrow (I_{\mathbb{Z}}\Omega^{\mathrm{string}})^{*-20}$, 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>

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
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-19-0059, 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](#) [ORCID](#) [ResearchGate](#) [Scopus](#) [ScienceWISE](#)

- 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 'Outline', 'Get Access', 'Share', and 'Export' options, along with a search bar and a 'Search ScienceDirect' button. A banner at the top right 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. The article title is 'Two soluble models of 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). 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, 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'. 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 'Citation Indexes: 2646' and 'Readers: 741').

- 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イケない。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！」といたったそうです。
- 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。
- 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。
- だから、査読を通過して雑誌に載ったといっても「正しい」とは限らない。

- 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。
- 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！

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？

The screenshot shows the ScienceDirect website interface. At the top, there is a navigation bar with the ScienceDirect logo, a search icon, and a menu icon. Below this, there are three buttons: 'View PDF', 'Access through your institution', and 'Purchase PDF'. The 'Purchase PDF' button is circled in red. The main content area features the journal title 'Annals of Physics', volume and issue information, and the article title 'Two soluble models of an antiferromagnetic chain' by Elliott Lieb, Theodore Schultz, and Daniel Mattis. The abstract is visible, starting with 'Two genuinely quantum mechanical models for an antiferromagnetic linear chain...'. On the right side, there is a 'Recommended articles' section with three entries, each with a 'Purchase PDF' button. Below that is an 'Article Metrics' section showing 'Citations' (3011) and 'Captures' (473). At the bottom right, there is a 'FEEDBACK' button.

- 論文雑誌のお値段は？

The image shows a screenshot of a journal article page from 'Annals of Physics'. A modal window titled 'PDF purchase options' is overlaid on the page. The modal provides two purchasing options: 'Academic and personal' for \$24.95 and 'Corporate R&D professionals' for \$32.95. Both options allow access and download for 48 hours. The background page includes a 'View PDF' button, a 'Purchase \$ 0.00' button, and a 'Recommended articles' section.

PDF purchase options

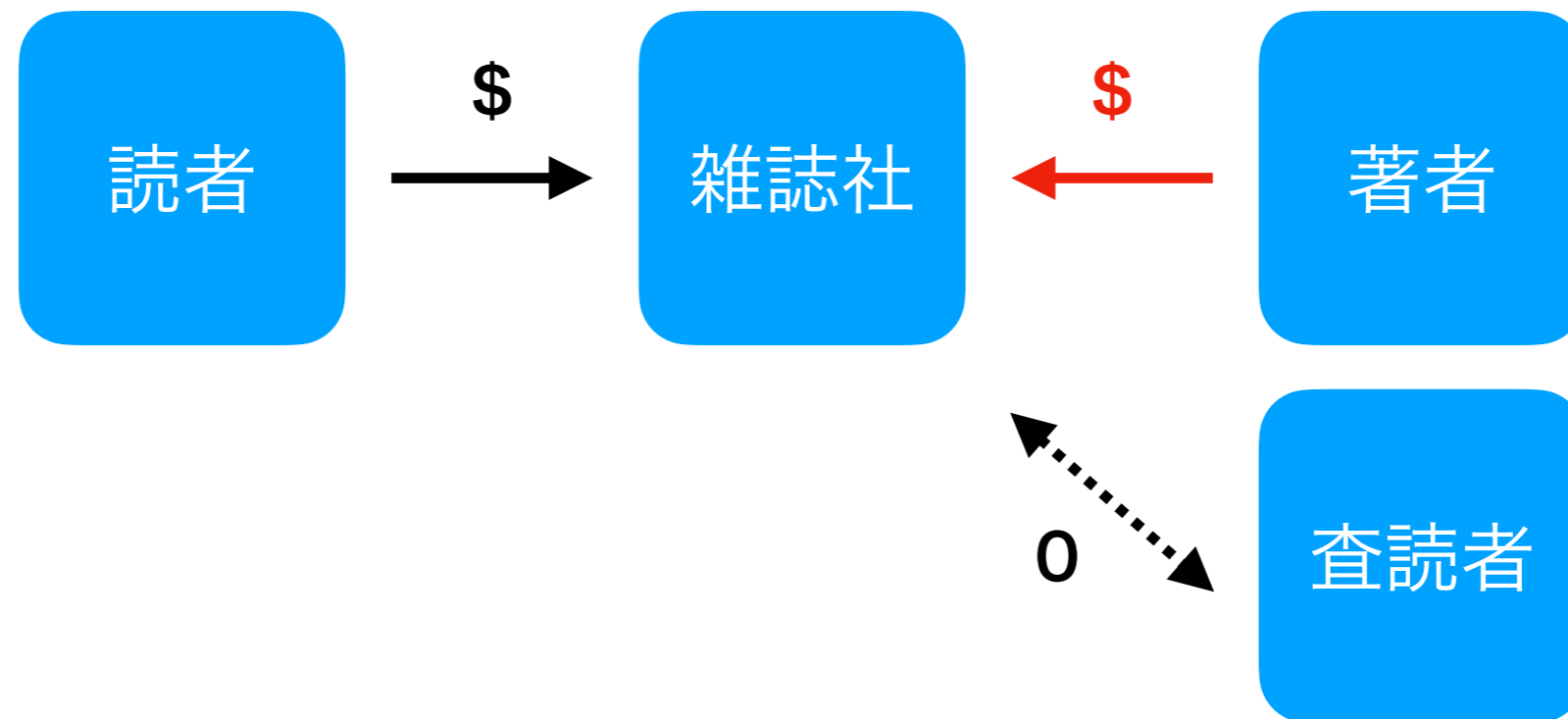
Academic and personal	Corporate R&D professionals
Access and download this PDF via our secure checkout for the next 48 hours.	Access and download this PDF via our secure checkout for the next 48 hours.
For academic or personal use only.	Learn more
\$24.95	\$32.95
Price shown is US Dollars. Local taxes may apply.	Price shown is US Dollars. Local taxes may apply.
Academic PDF	Corporate PDF

- 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.lib.u-tokyo.ac.jp/ja/library/literacy/user-guide/campus/offcampus> 参照。
- 皆さんは折角使えるのだから、積極的に使いましょう。

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,

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 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 *Phænomena* 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*.

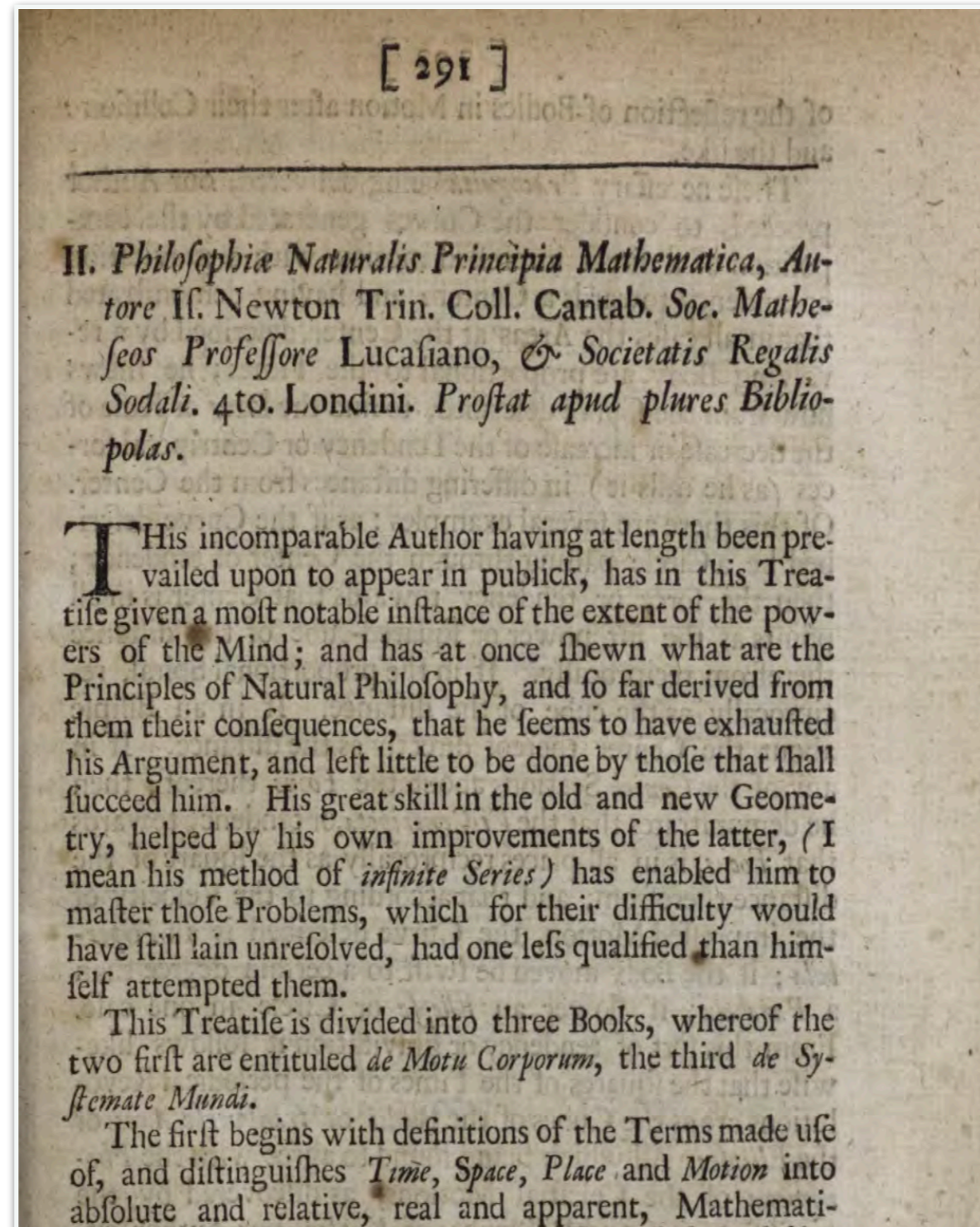
They were terminated at the sides with streight lines, but at the ends, the decay of light was so gradual, that it was difficult to determine justly, what was their figure; yet they seem'd *semicircular*.

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

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 is a "MyOPAC ログイン" button and the University of Tokyo logo. Below the logo 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 Research", "IRDB", "国立国会図書館サーチ", and "WorldCat". The main search area features a search bar with the text "philosophical transact" and a dropdown menu showing suggestions: "philosophical transactions of the royal society of london" and "philosophical transactions". There are buttons for "検索" and "クリア". Below the search bar is an "お知らせ" (Notice) section with a date of "2022.03.29" and a message: "OPACのCiNii Articles検索タブがCiNii Research検索タブに変更となりました。" (The CiNii Articles search tab in OPAC has been changed to the CiNii Research search tab). A "+ もっと見る" button is located at the bottom right of the notice.

- 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

HOME
ASK
MyOPACサービス
新着図書
データベース一覧
TREE (まとめて検索)
Repository
学術資産アーカイブズ
附属図書館

[検索結果一覧に戻る](#)

[← 前へ \[6/7\] 次へ →](#)

Ciniiで詳細を確認

[ツイート](#) [B!](#)

この文献を取り寄せる

他大学から取寄

この情報を出力する

- 印刷
- メール送信
- RefWorks出力
- EndNote 出力
- Mendeley出力

このページのリンク

<http://opac.dl.itc.u-tokyo> コピー

<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	コピー申込	PDF申込
理図・貴重書庫	1-26,29-52,54-65	1665-1775				
理・物理図(利用停止)	1-26,29-52,54-65	1665-1775		Vol.39 p41-p78 欠頁		

駒場1キャンパス

配架場所	所蔵巻号	年次	請求記号	コメント	コピー申込	PDF申込
駒場図・雑誌	47-65	1751-1775		1-46Reprint版で所蔵	コピー申込	PDF申込

柏キャンパス

配架場所	所蔵巻号	年次	請求記号	コメント	コピー申込	PDF申込
柏図・書庫	2,27,80,83,85,88,97,101,126,195-200,204,206-207,210-212,214,217-222	1665-1696		所蔵表記は通号による	コピー申込	PDF申込

- 書誌詳細を非表示

巻次年月次 1 (1665)-65 (1775)

出版者 London

- 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…

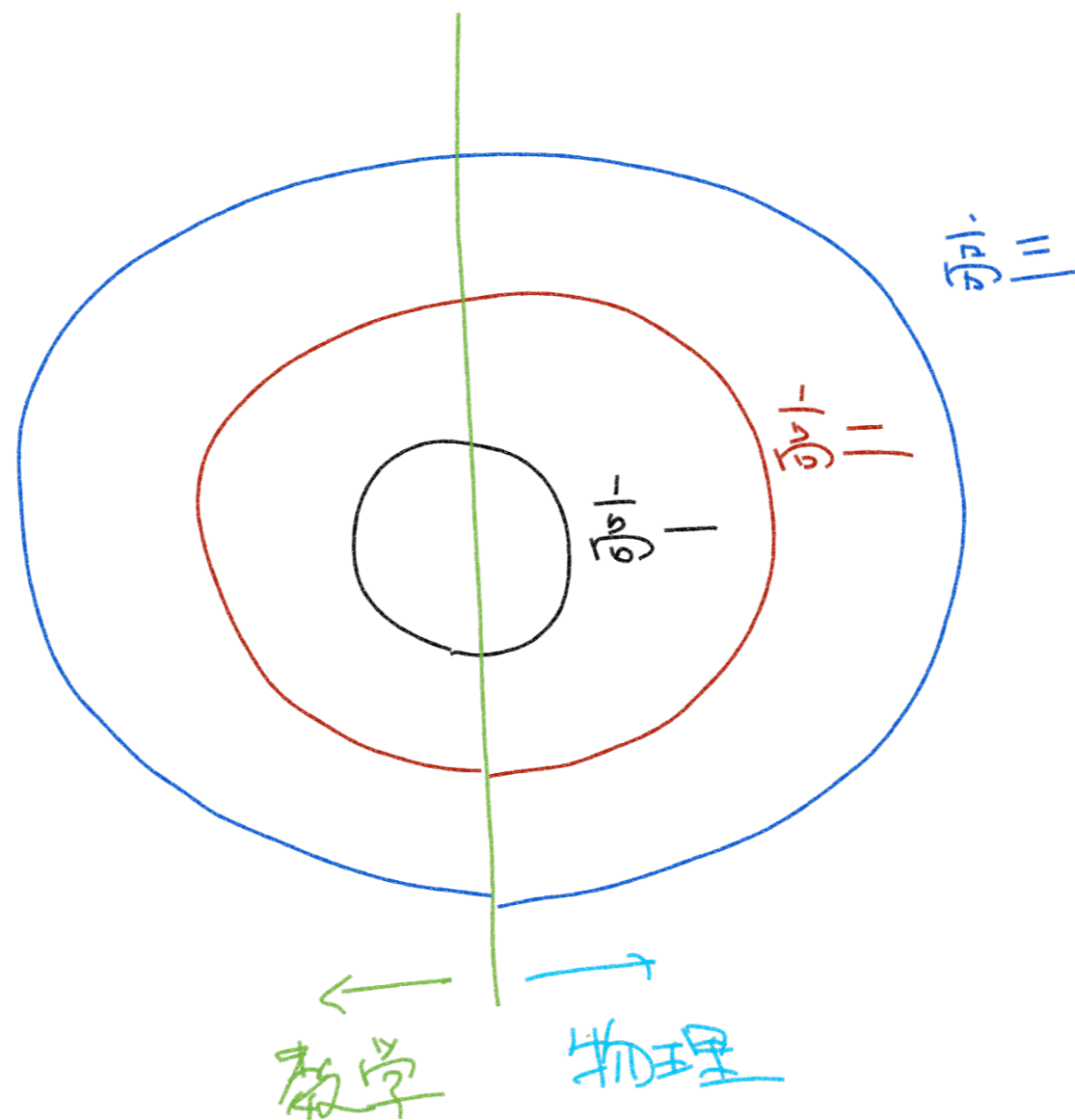
- でもあまりに古い本も気をつけないといけない。アメリカでは図書館の古い本に天然痘のかさぶたを入れた封筒が挟まれていたことがあったりしましたので。
- [Washington Post Dec/26/2003 の記事など参照](#)

- 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。

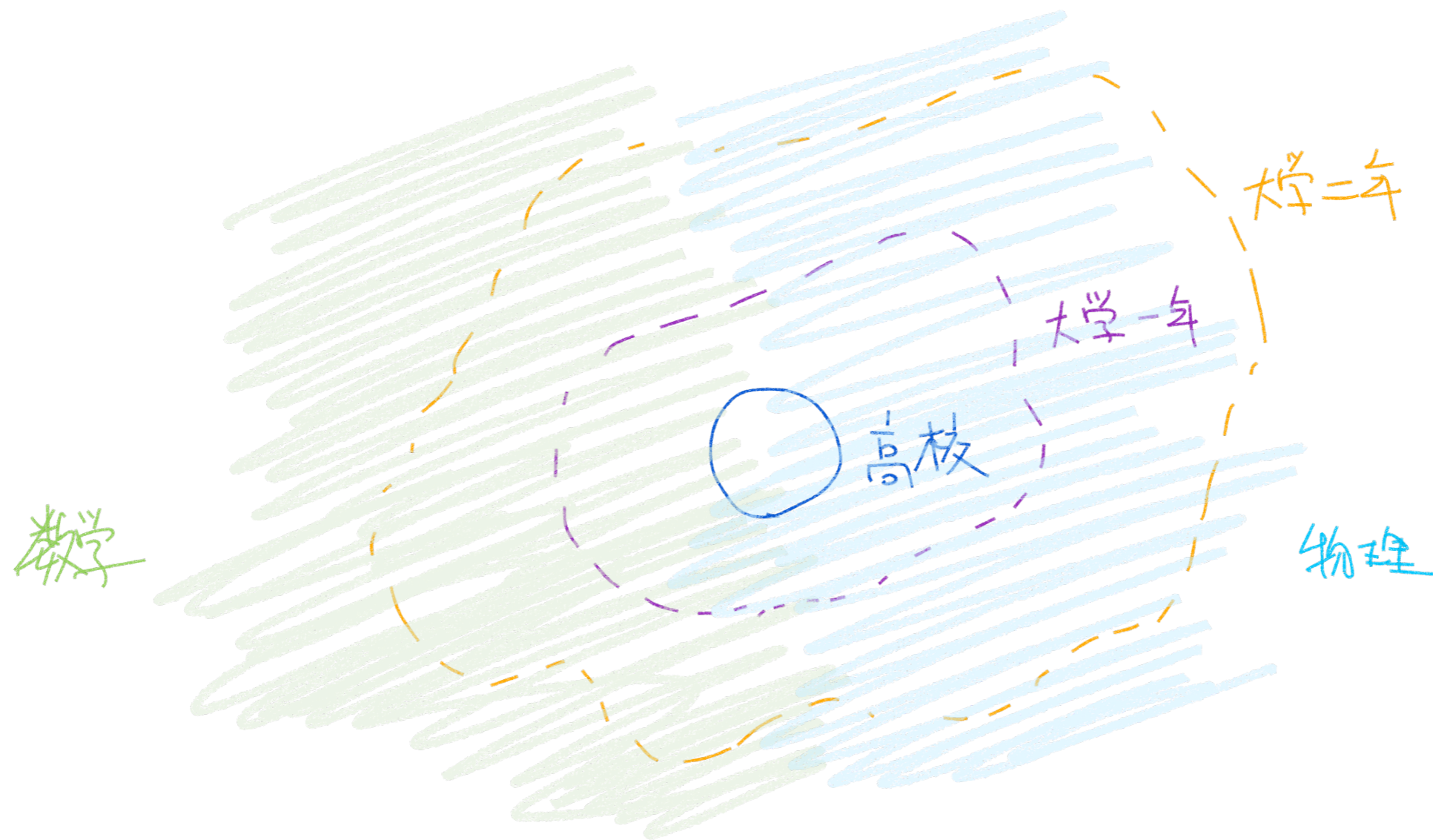
大学での物理や数学の 勉強の留意点

- 大学での勉強は高校までの勉強と雰囲気が変わります。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。



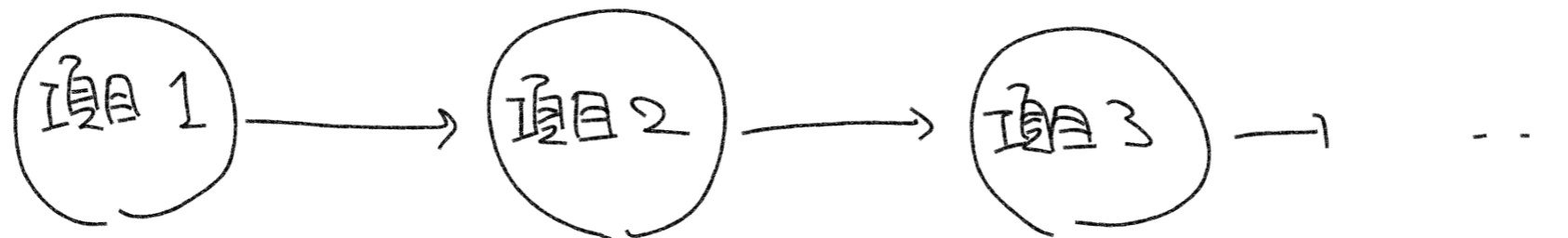
- 大学でも必修講義の内容は決まっていますが、大学によって異なります。



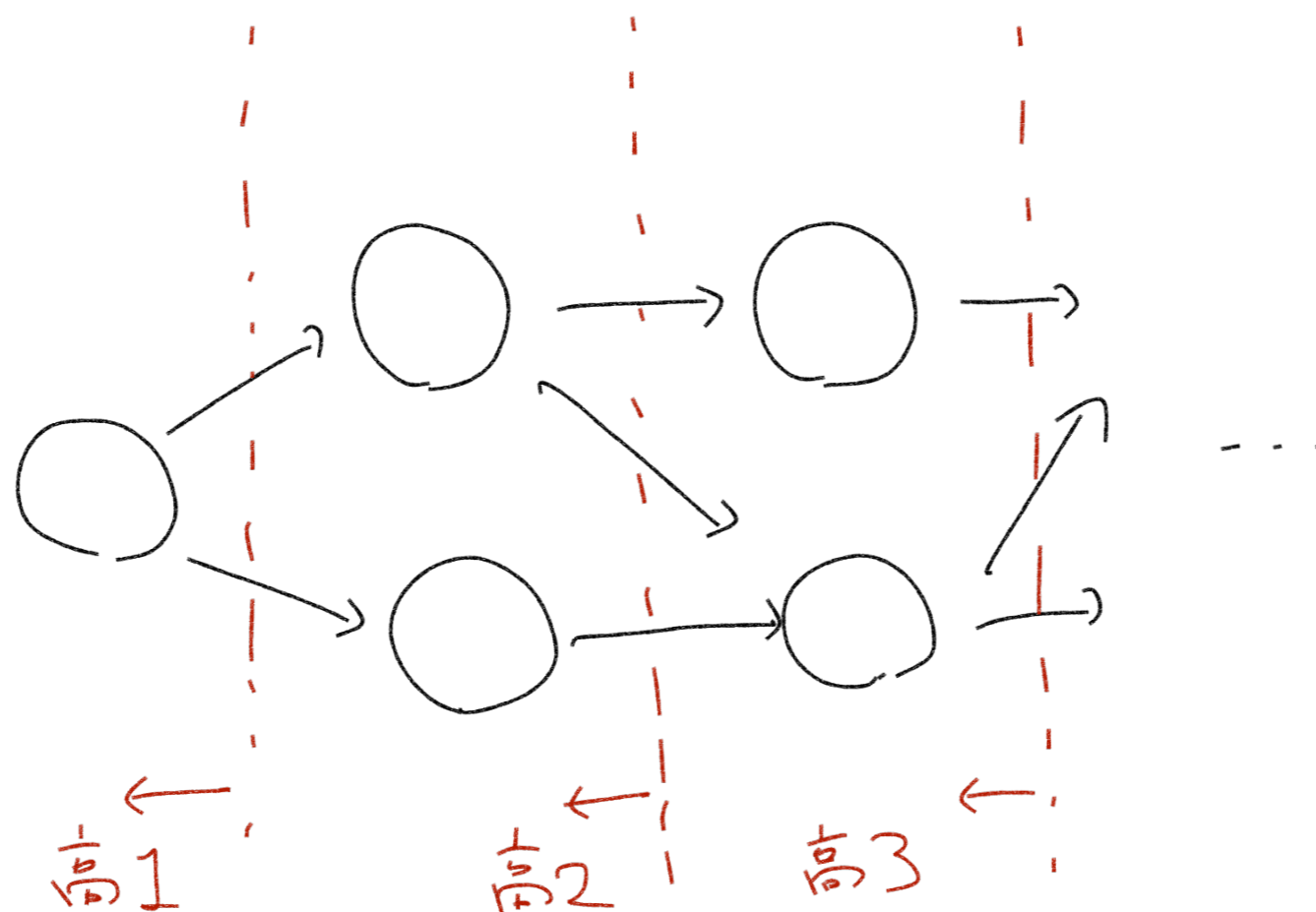
- これに関連して、
 - 物事を勉強する順番
 - 教科書/教員の一貫性/信頼性
- に違いが出てきます。

物事を勉強する順番

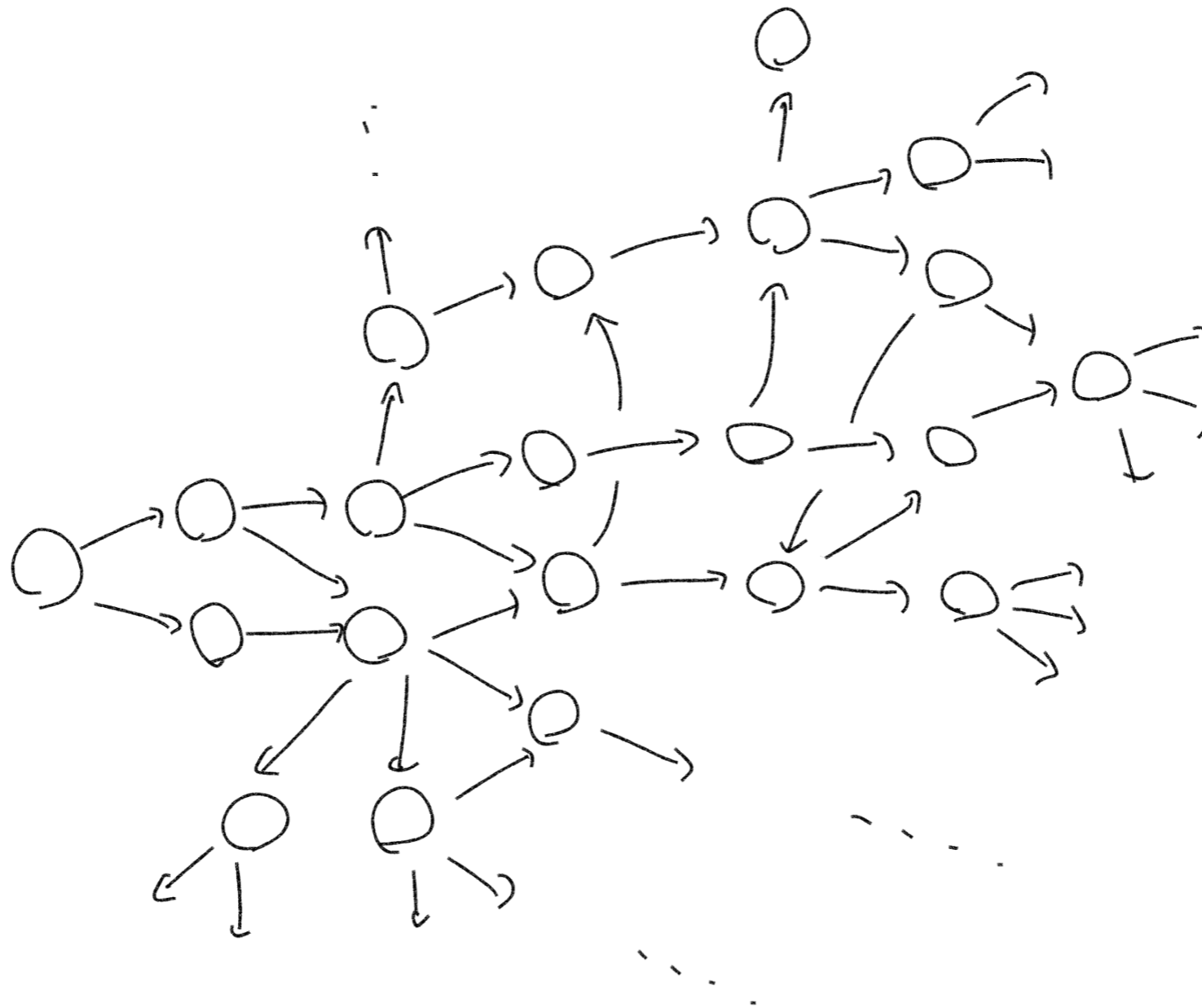
- 高校までは、まずはこれを学んで、つぎにこれを学んで、と順々に学んでいく感覚だったのではないかと思います。
- 大学でもはじめのうちはそうです。



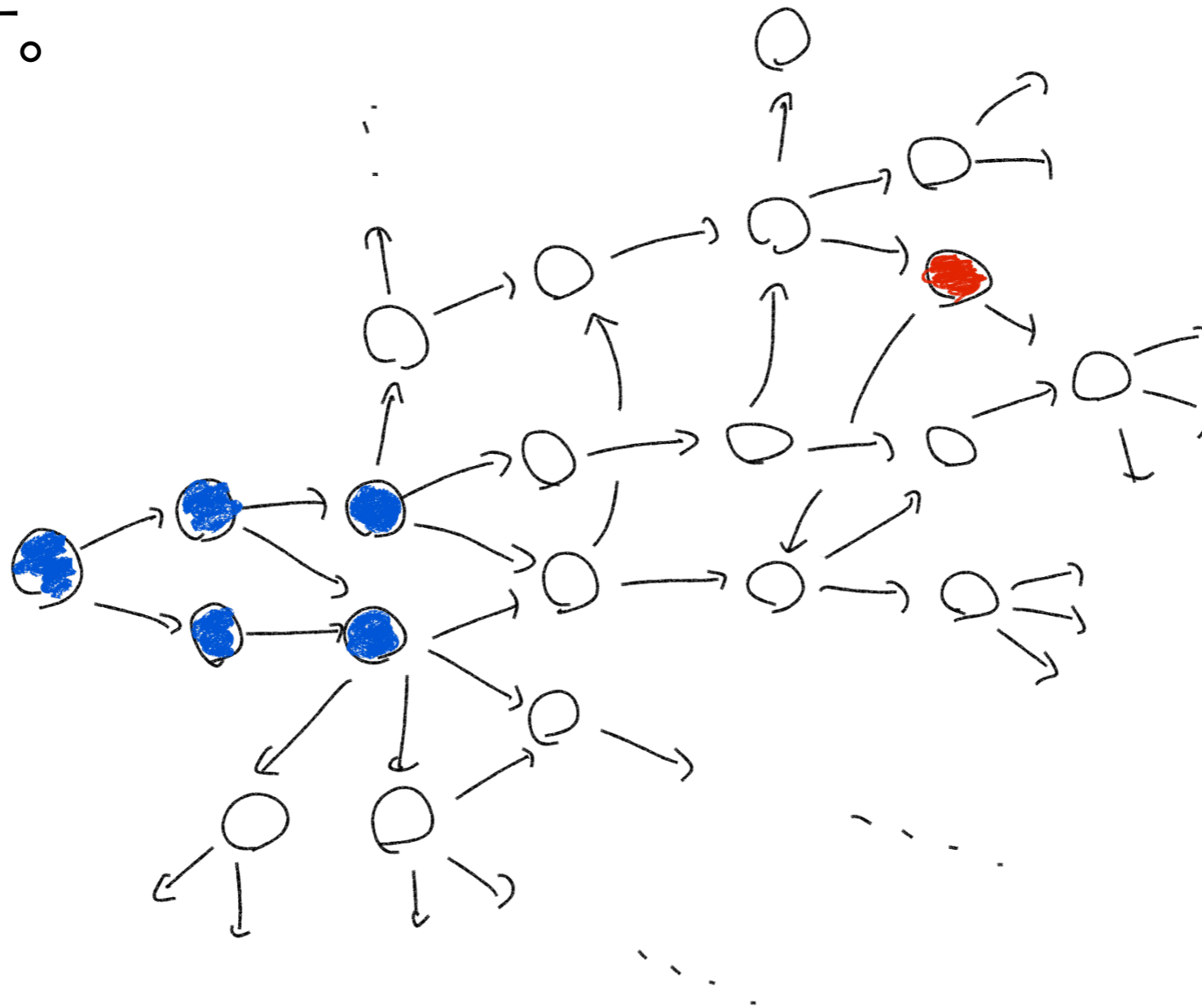
- もっと詳しく書くと、こんな感じでしょうか。この中で、何年生ではどこまで勉強してください、と、文科省は決めていたわけです。



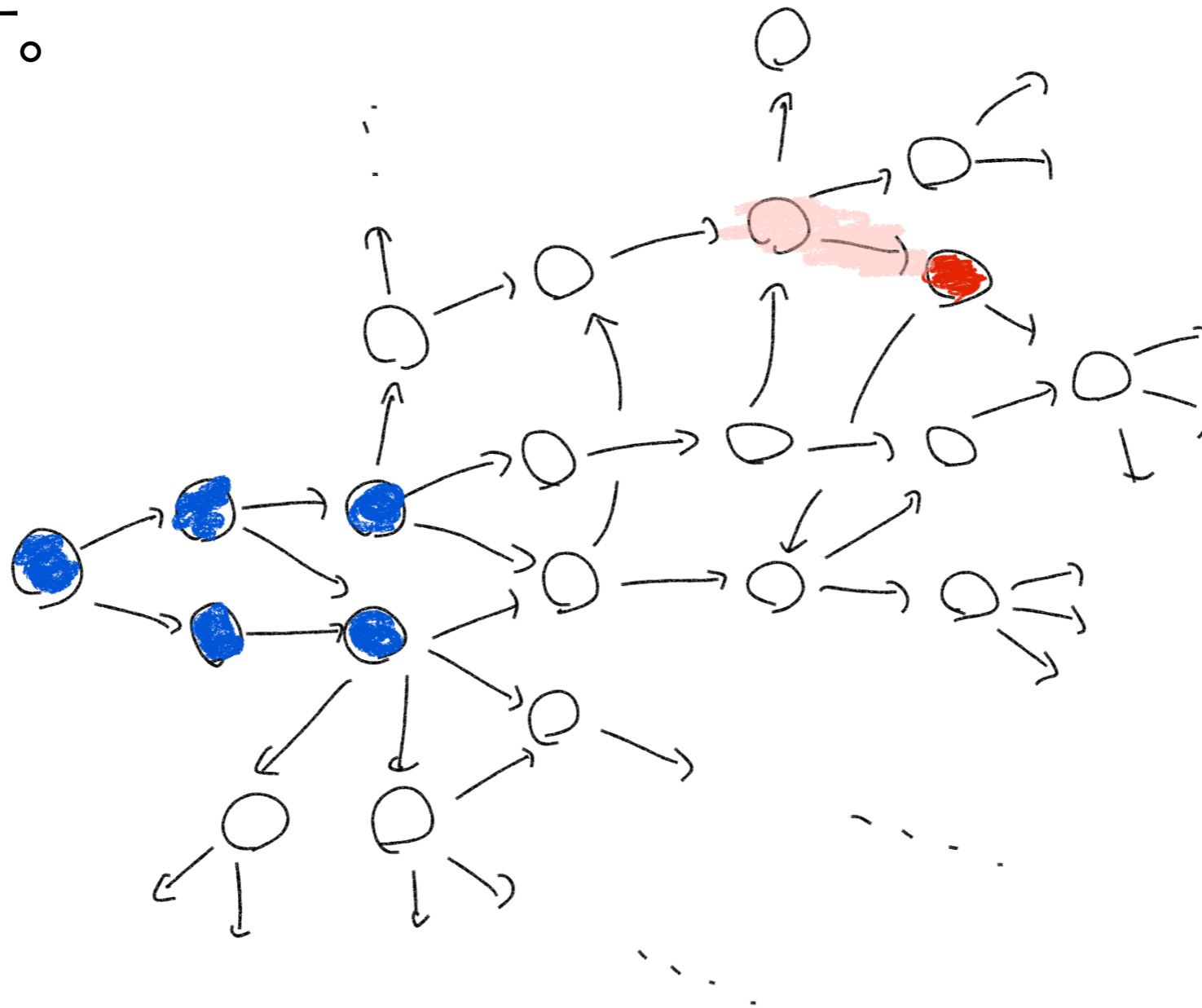
- 学問はもっともっと深く広がっています。順々に勉強していてもよいですが...



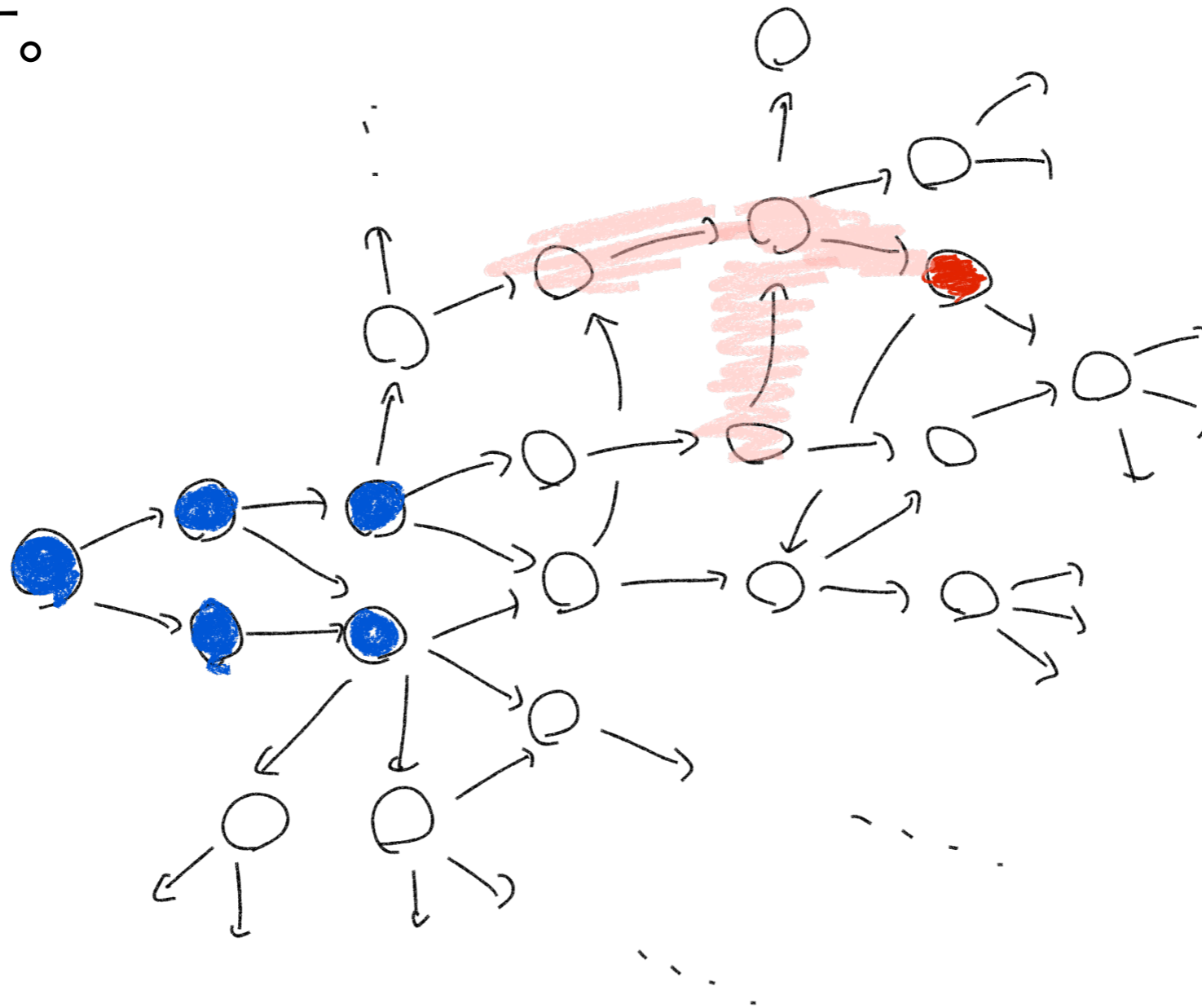
- 何か「知りたい！」ということがあると、それを学ぶために必要なものを勉強していく、というスタイルもあると思います。



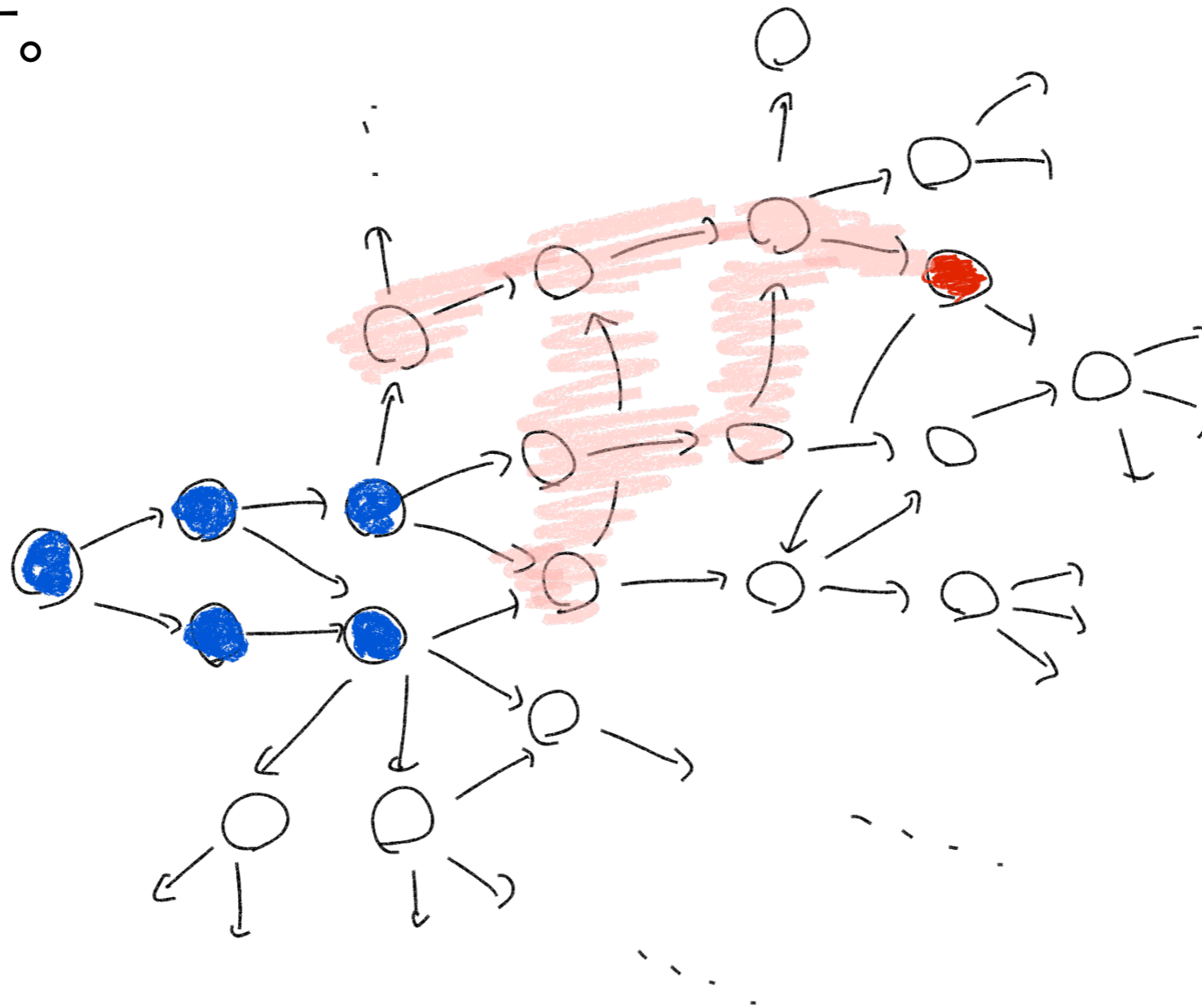
- 何か「知りたい！」ということがあると、それを学ぶために必要なものを勉強していく、というスタイルもあると思います。



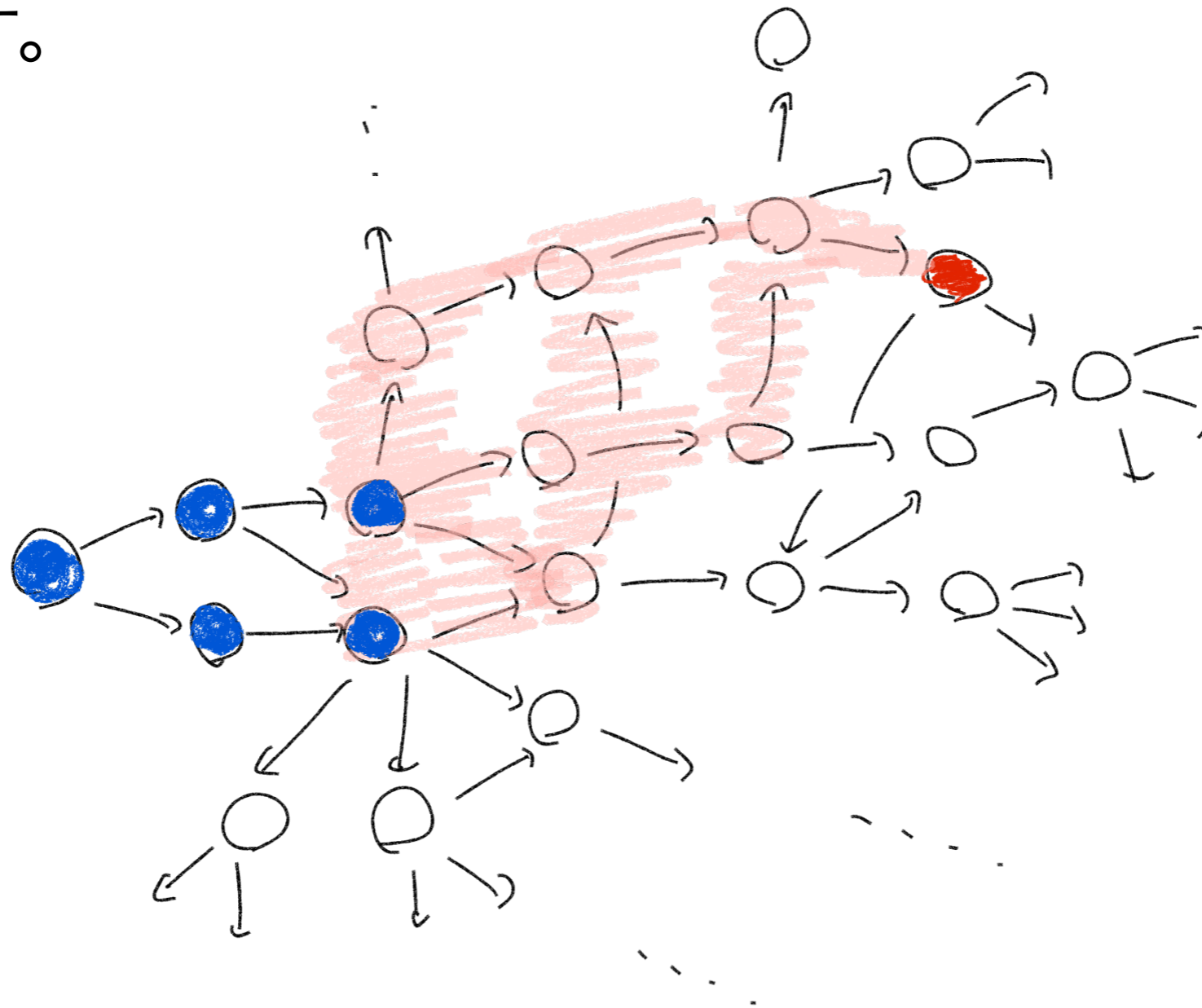
- 何か「知りたい！」ということがあると、それを学ぶために必要なものを勉強していく、というスタイルもあると思います。



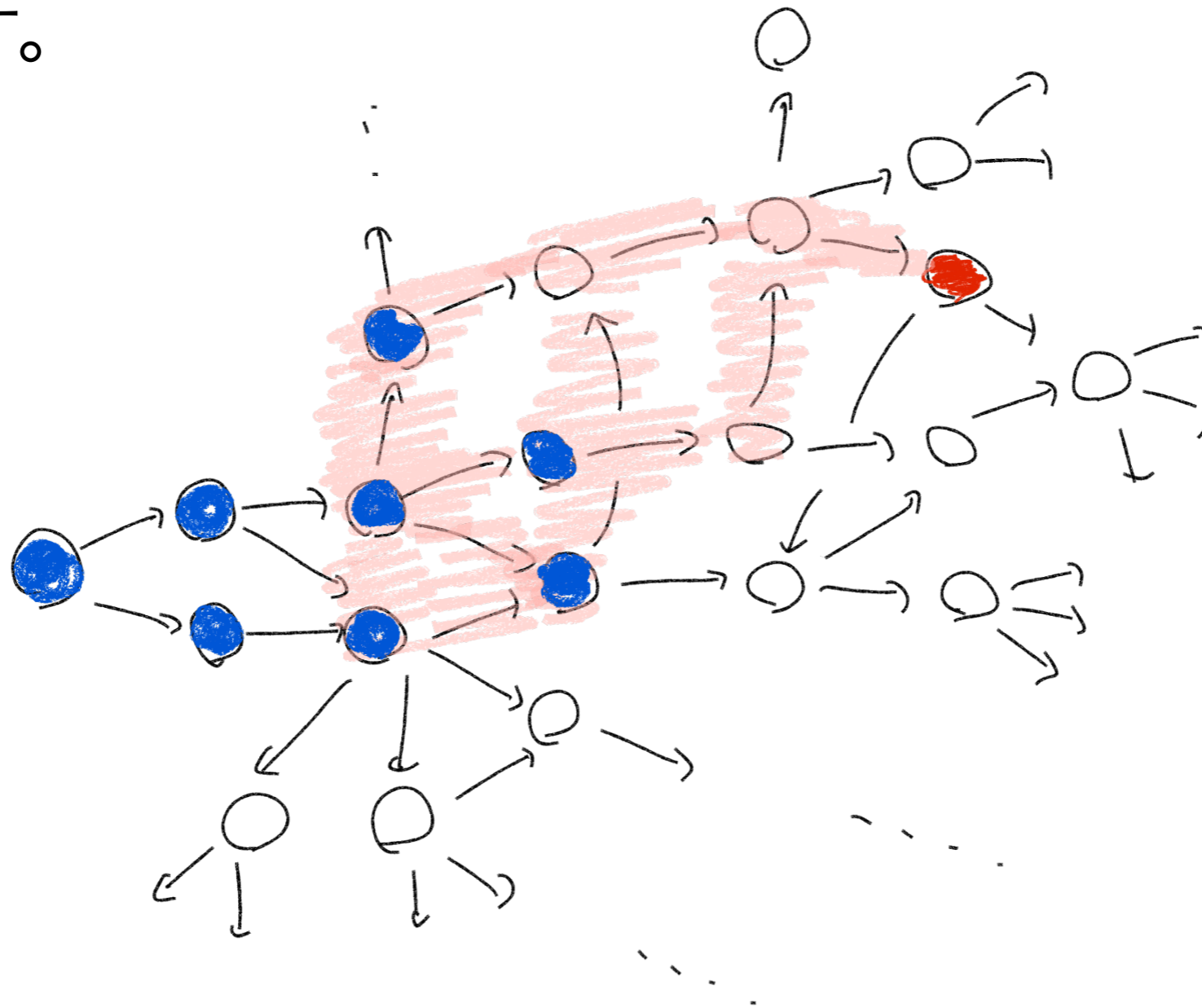
- 何か「知りたい！」ということがあると、それを学ぶために必要なものを勉強していく、というスタイルもあると思います。



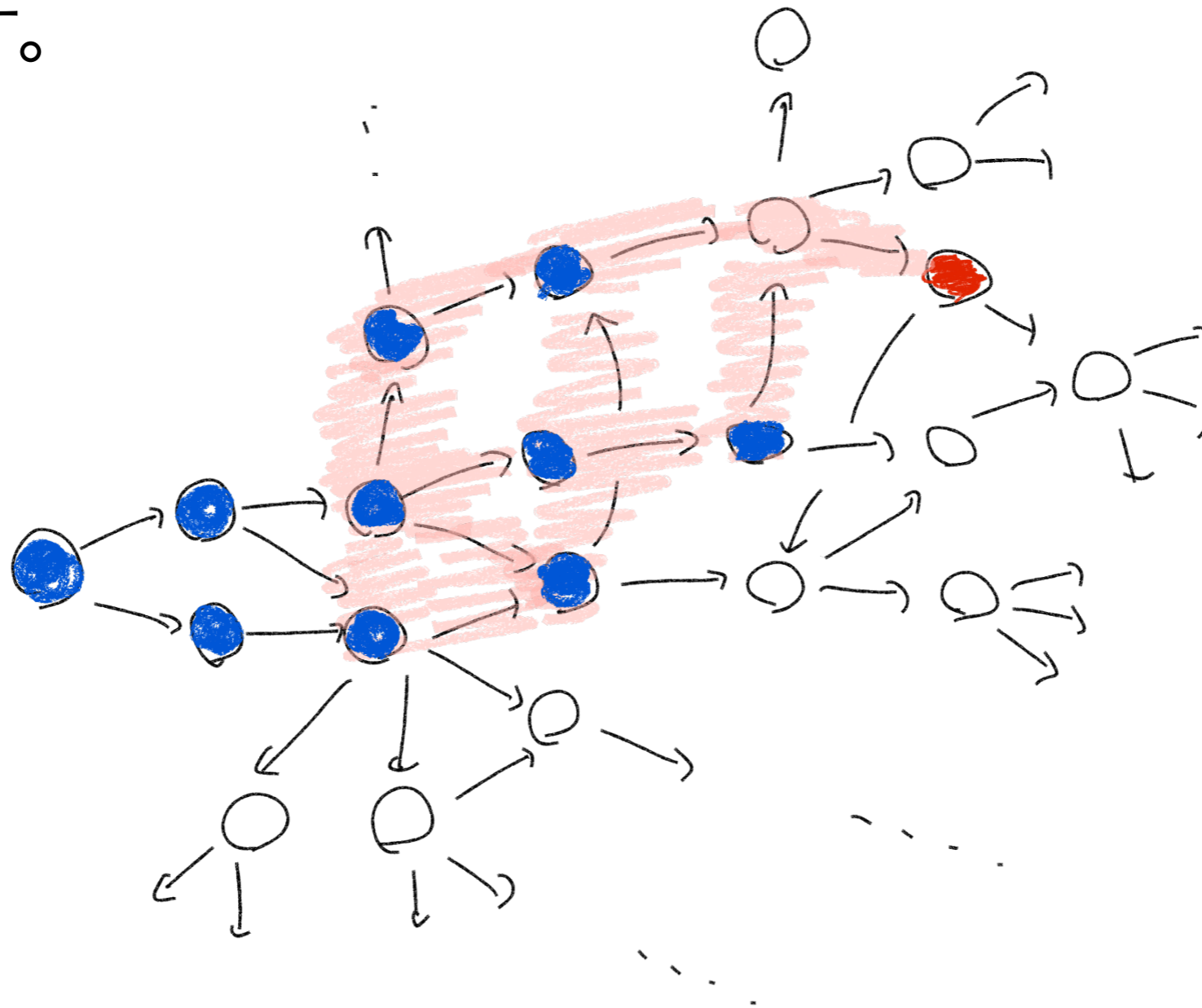
- 何か「知りたい！」ということがあると、それを学ぶために必要なものを勉強していく、というスタイルもあると思います。



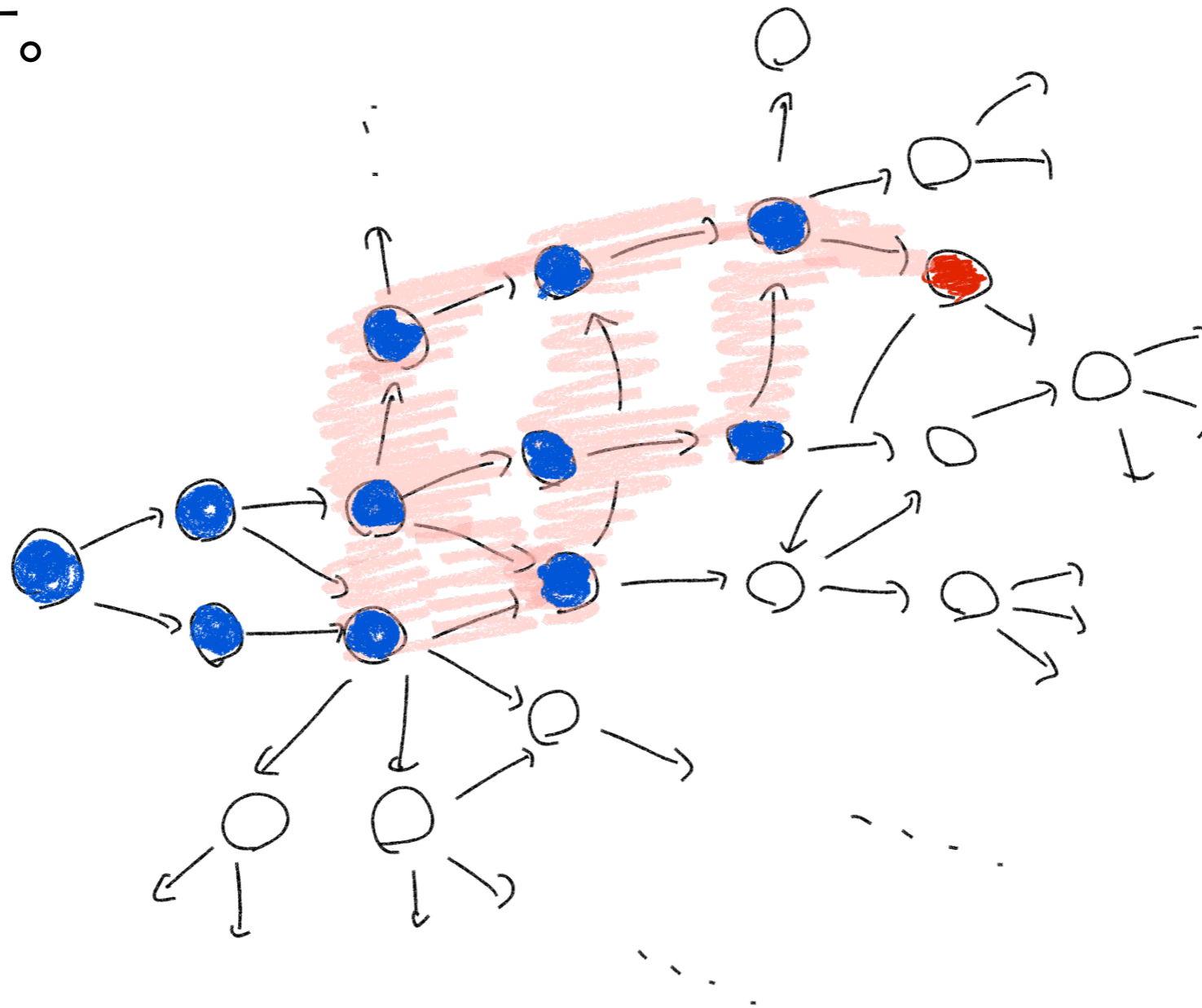
- 何か「知りたい！」ということがあると、それを学ぶために必要なものを勉強していく、というスタイルもあると思います。



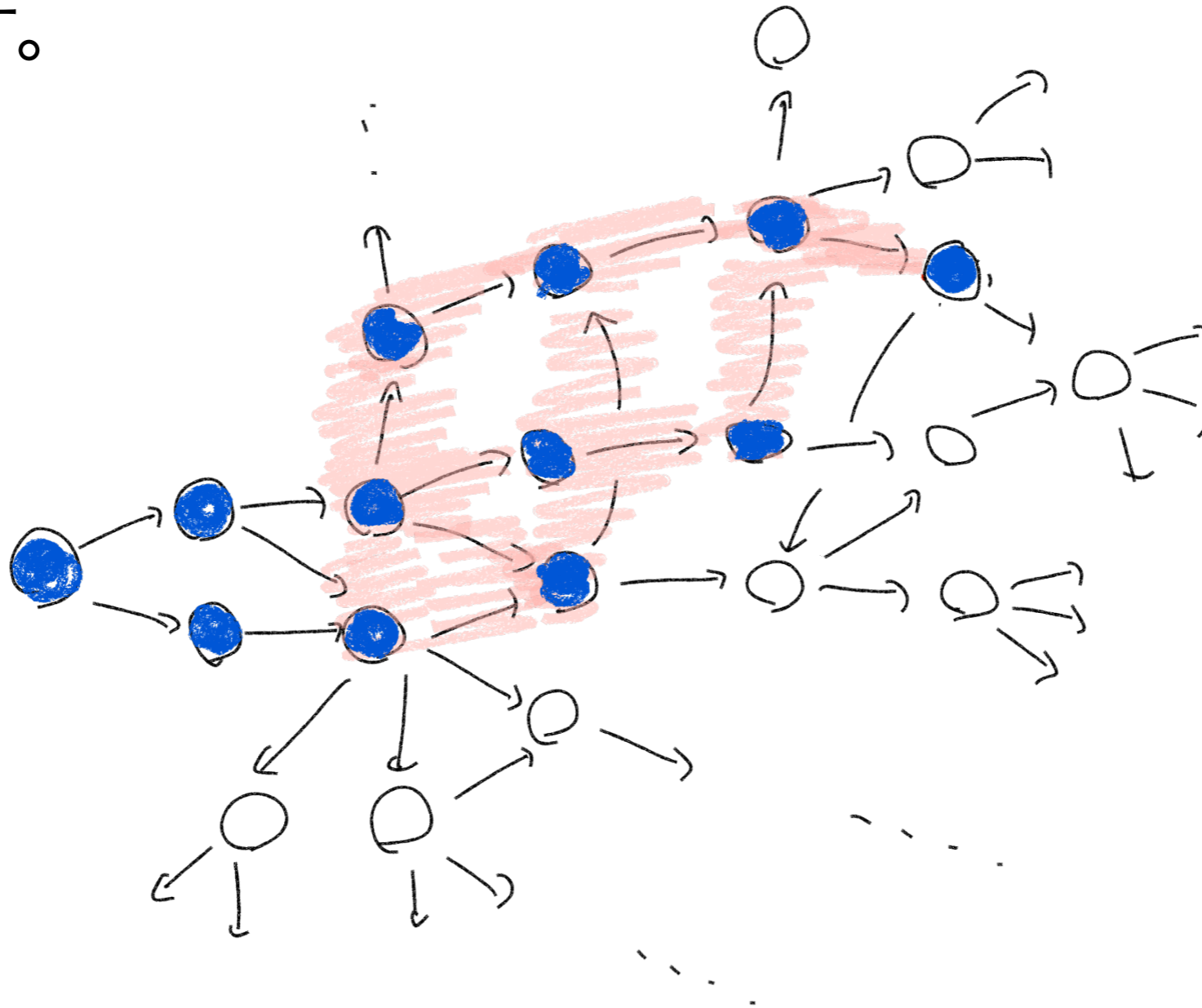
- 何か「知りたい！」ということがあると、それを学ぶために必要なものを勉強していく、というスタイルもあると思います。



- 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。

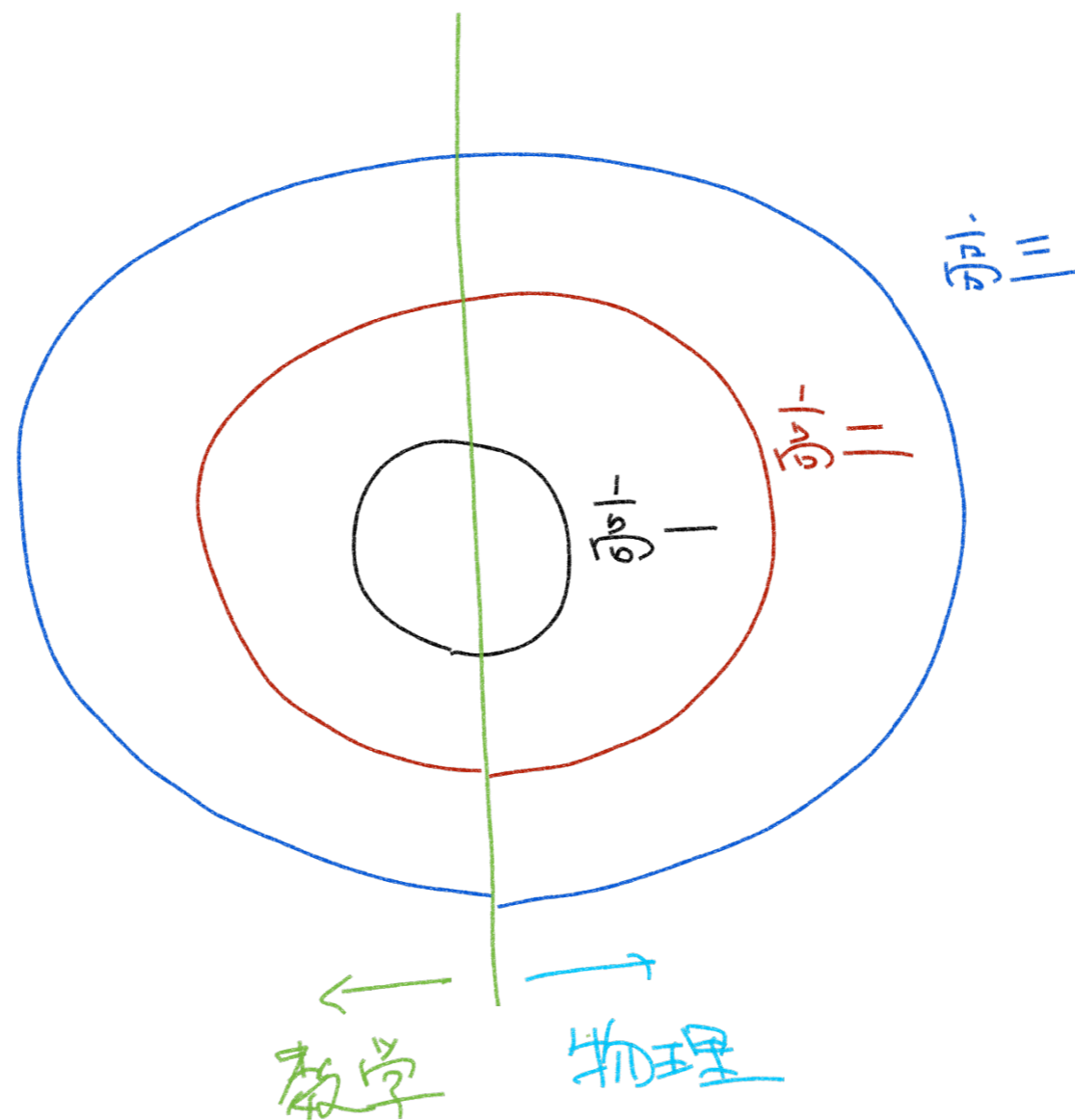


- 何か「知りたい！」ということがあると、それを学ぶために必要なものを勉強していく、というスタイルもあると思います。

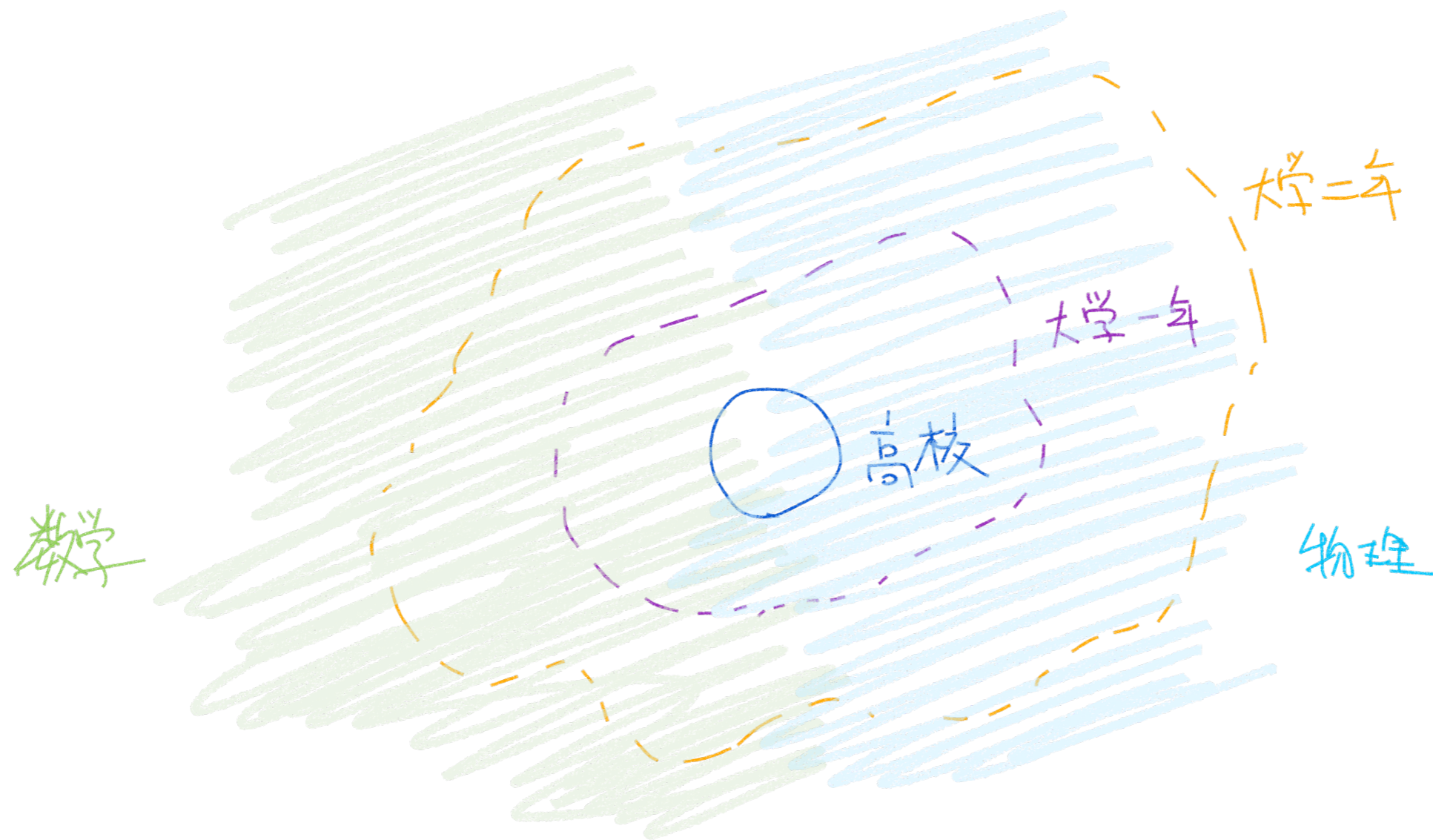


教科書/教員の
信頼性/一貫性

- 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。

- 例えば、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、SI に従っていない教科書、論文もまだいくらかでもあります。
- 例えば素粒子論では自然単位系というのが普通。

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。

- 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。

- まとめると:
- 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。

- とは言っても、手に取る教科書/論文/Wikipedia の記事の信頼度を全部一から自分で判定しているとキリがありません。何か簡便な方法はないでしょうか？
- 分野 A については分野 A の専門家が言っていることは専門外の人の方が言っていることより信頼に値することは多いと思います。
- 分野 A の専門家の間でも意見がわかれていることもありますが、まあ大多数 vs 少数意見の場合は大多数の言っているほうがより信頼に値することは多い。

- 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。
- 自分の信じたいことを補強する文献を発見したら、むしろ疑ってかかる、ぐらいが健全な態度だと思う。人間はどうしても弱いからです。

- まとめると、分野 A に関しては、分野 A の専門家の言うことをまずは採用する。
- でも、どうも怪しいというときは、自分で考える。
- その時、自分の考えに合う文献/ネットの検索結果があったとしても、とびつかない、むしろそれは疑う。
- というぐらいでしょうか。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。