

物理研究の現場から

- 素粒子・原子核分野の実験研究について -

金田雅司

東北大学大学院理学研究科物理学専攻

2017/5/3

第3回福島県高等学校理科学研究活動講習会
物理研究活動講座



研究活動講座の構成

- 講義
 - 物理の研究について
 - 素粒子・原子核の実験研究
 - 研究のプロセス
 - 研究活動に繋がる例
 - 誤差
- 体験活動
 - 誤差を実感しよう

講義の前に

自己紹介

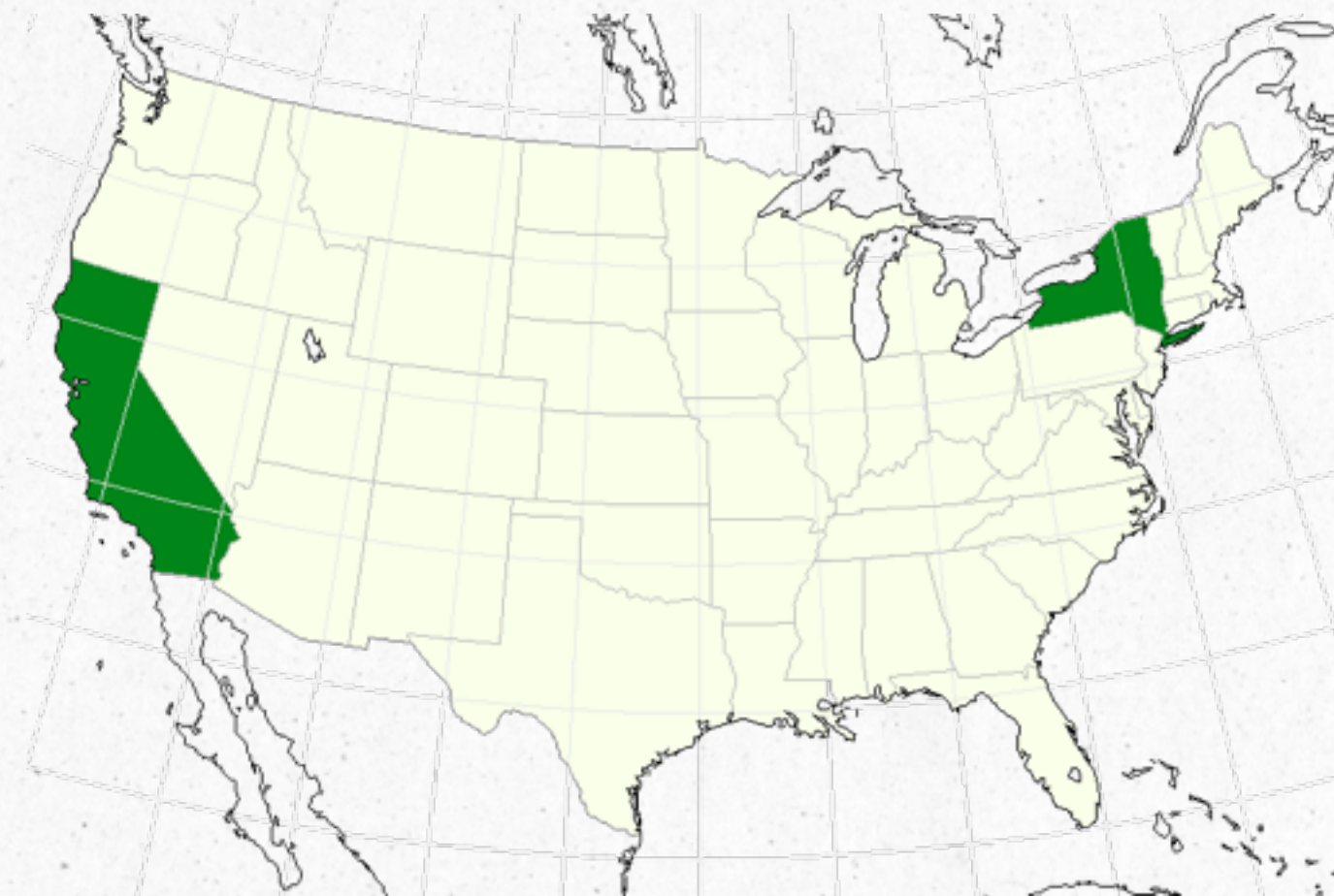


何してる人？

専門

素粒子・原子核物理
(実験)

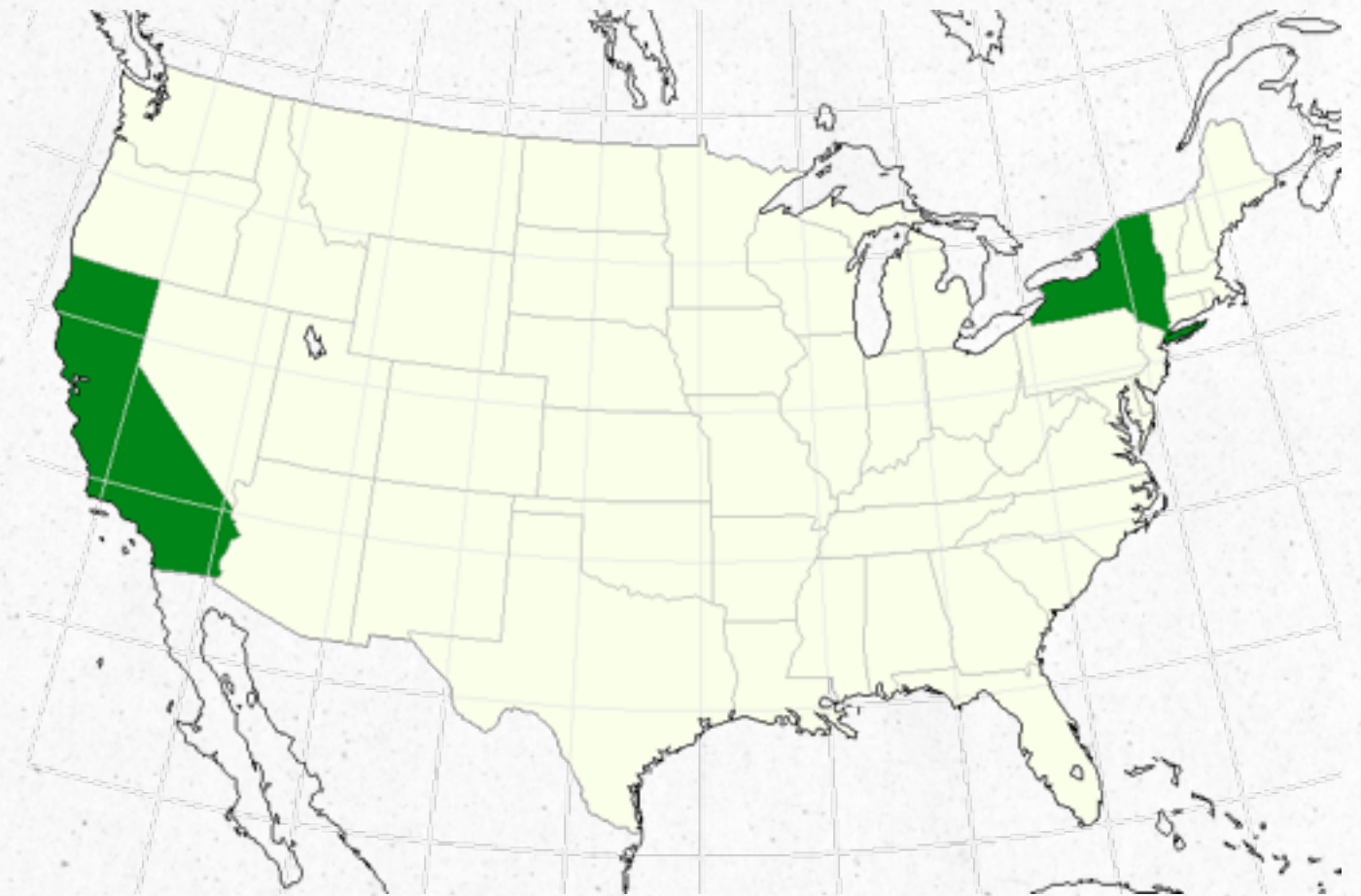
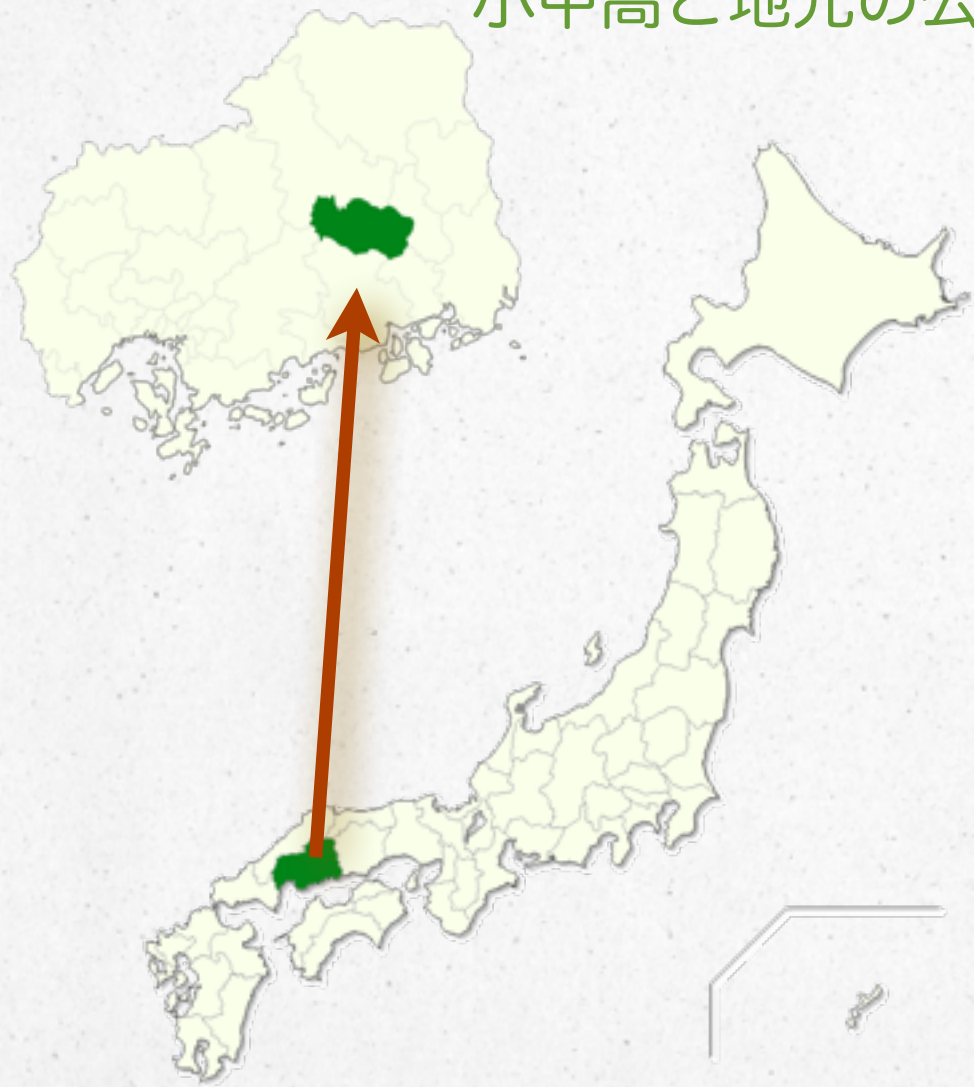
經歷



経歴

出身：広島県世羅郡

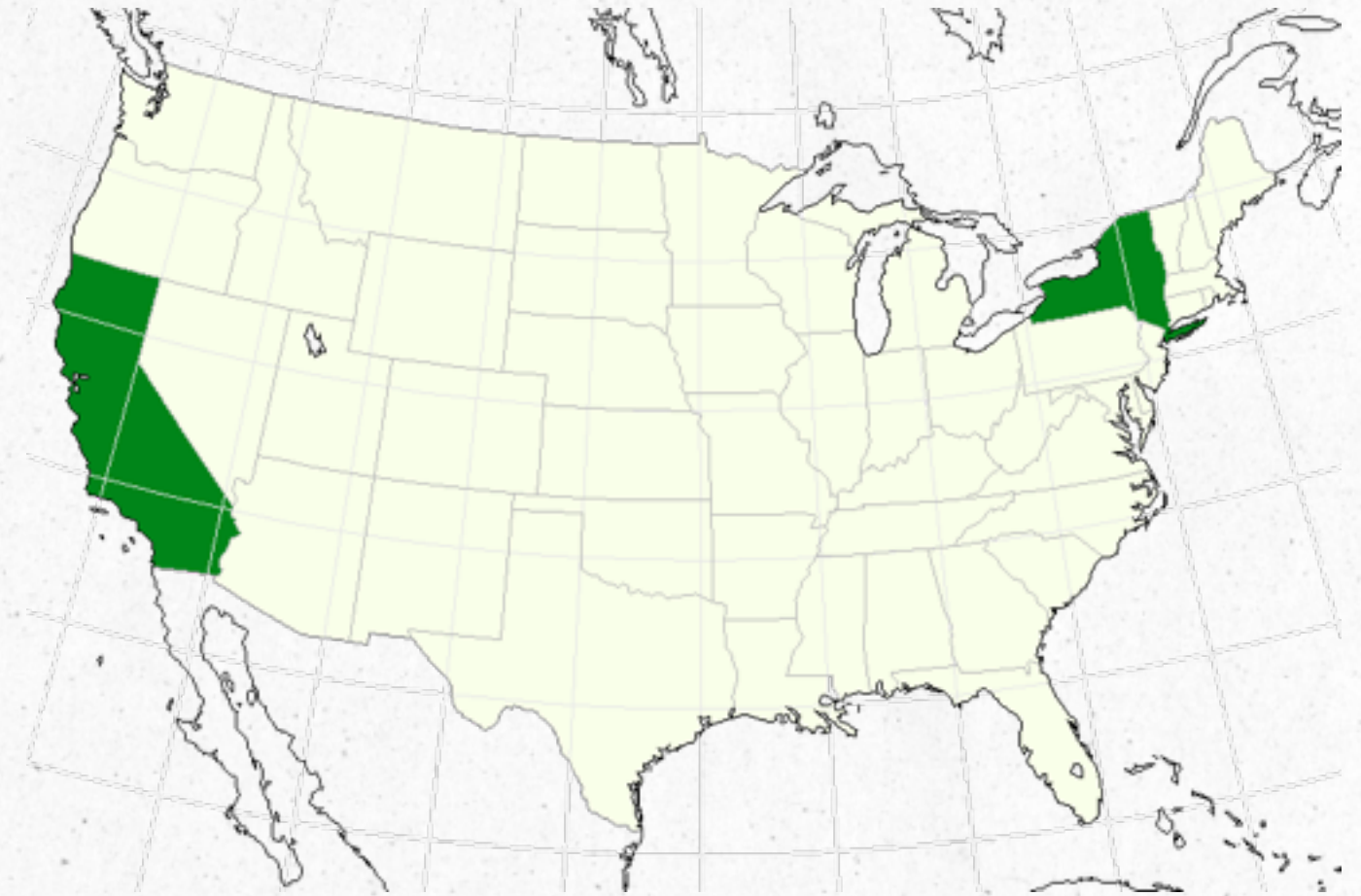
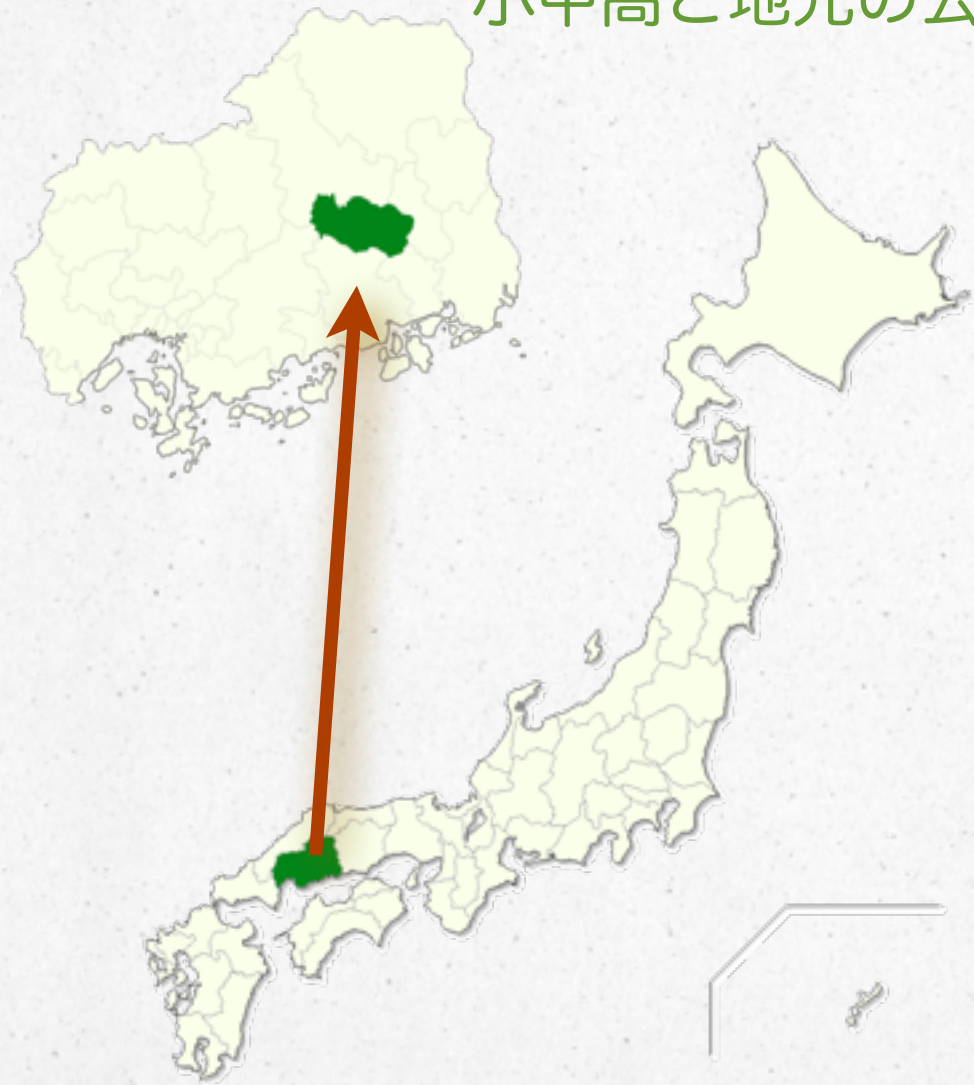
小中高と地元の公立



経歴

出身：広島県世羅郡

小中高と地元の公立

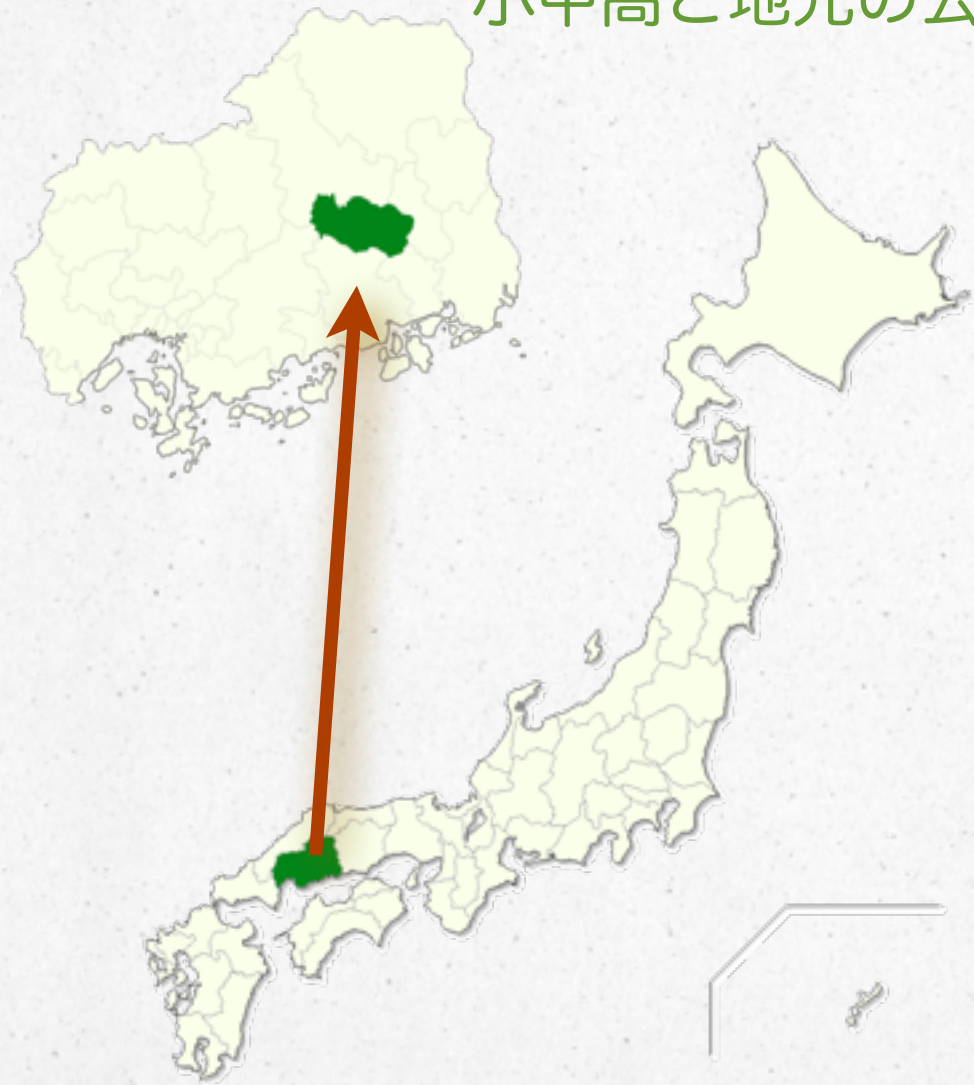


広島大学 教育学部 教科教育学科
広島大学大学院 理学研究科 物理学専攻

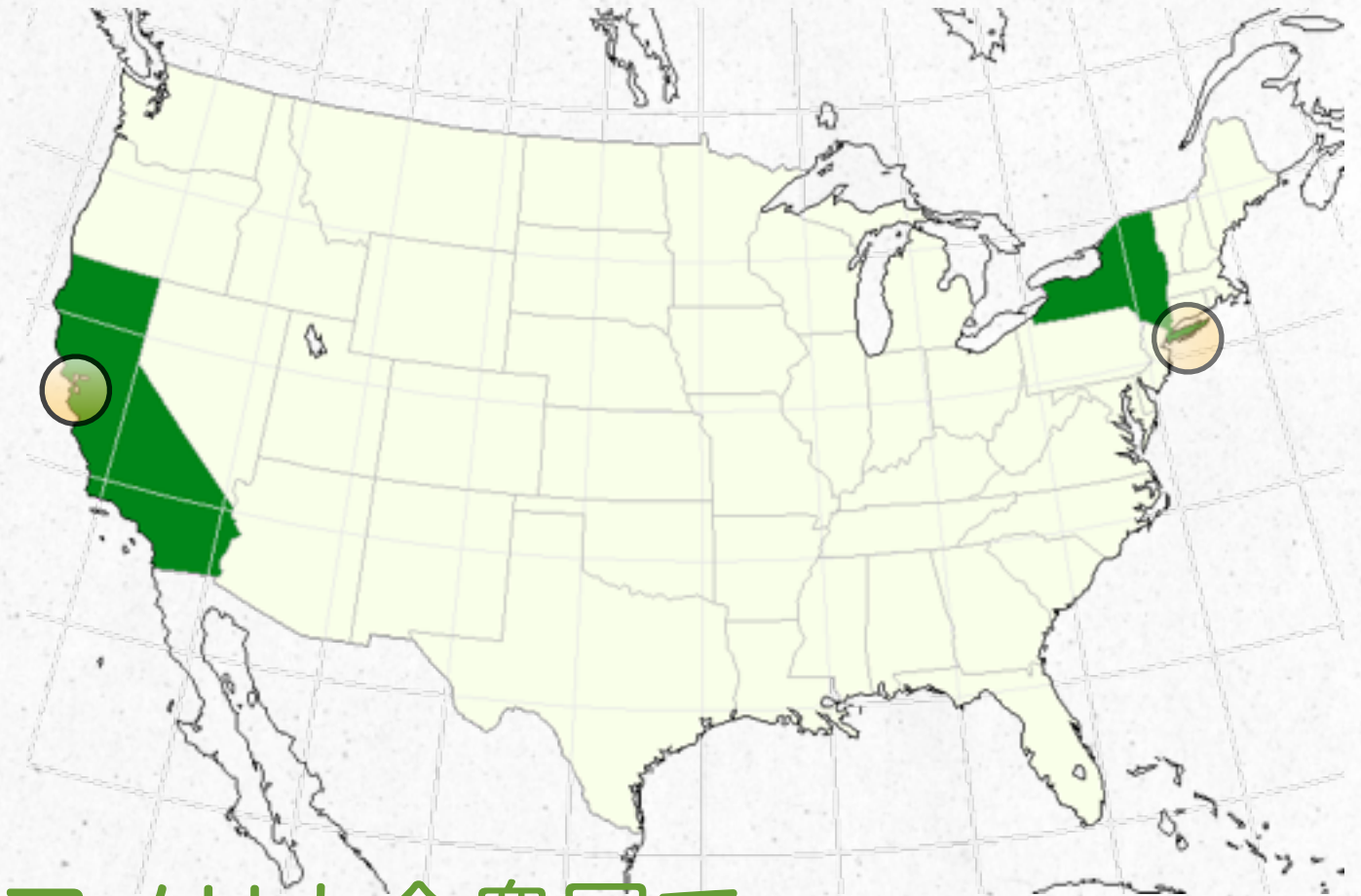
経歴

出身：広島県世羅郡

小中高と地元の公立



広島大学 教育学部 教科教育学科
広島大学大学院 理学研究科 物理学専攻



アメリカ合衆国で

ポスドク研究員（6年弱）

ローレンス・バークレイ国立研究所
ブルックヘブン国立研究所

大学院生時代

CERN

(欧州合同原子核研究所)
の加速器SPSを用いた
高エネルギー原子核衝突実験

国際共同実験

アメリカ、スウェーデン、
デンマーク、フランス、日本
から11の大学・研究所、約40名
に参加

宇宙初期にあったと考えられ
る、クォーク・グルーオン・
プラズマ探索実験



大学院生時代

CERN

(欧州合同原子核研究所)
の加速器SPSを用いた
高エネルギー原子核衝突実験

国際共同実験

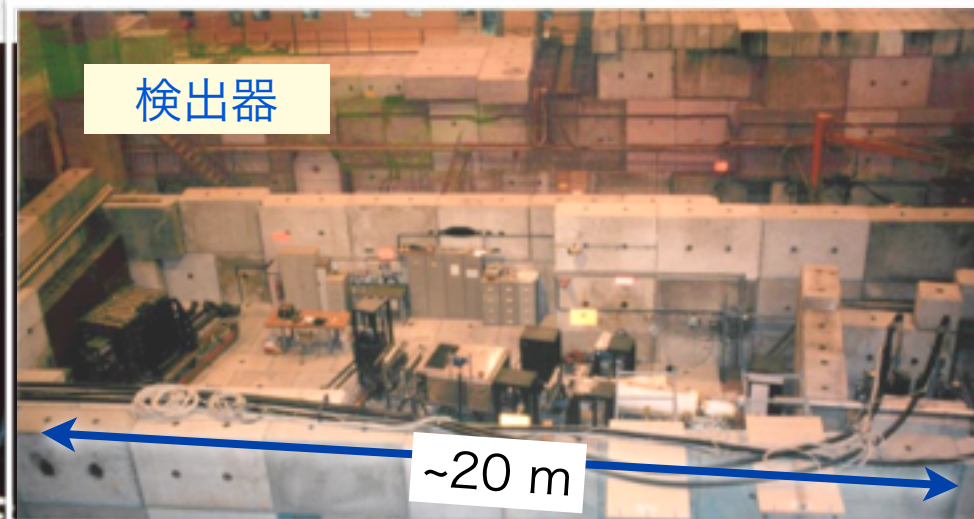
アメリカ、スウェーデン、
デンマーク、フランス、日本
から11の大学・研究所、約40名
に参加

宇宙初期にあったと考えられ
る、クォーク・グルーオン・
プラズマ探索実験

実験準備作業中



検出器



フランス

スイス

CERN

SPS

←ジュネーヴ

測定室での
ミーティング前



週末、近くの
村の朝市へ



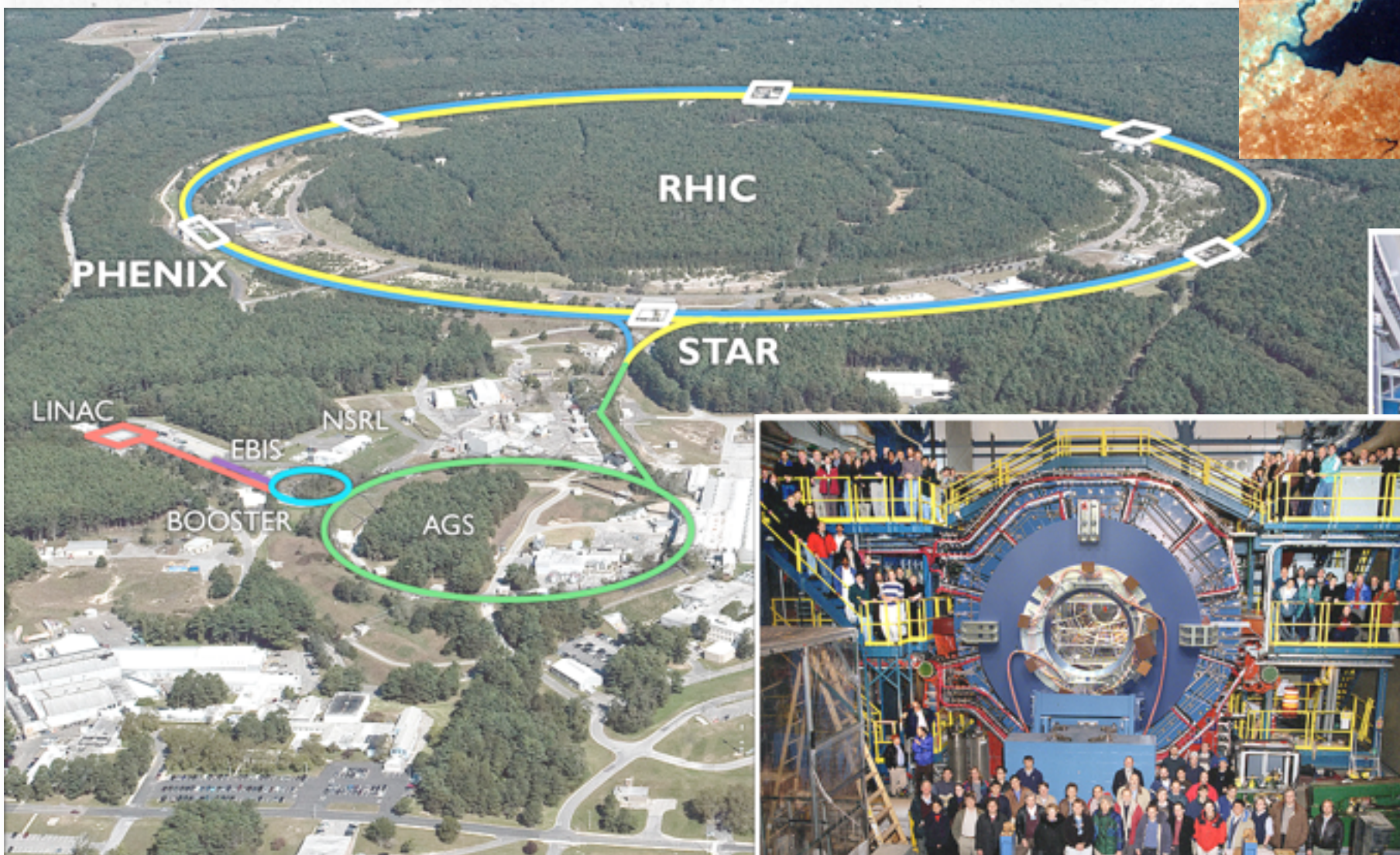
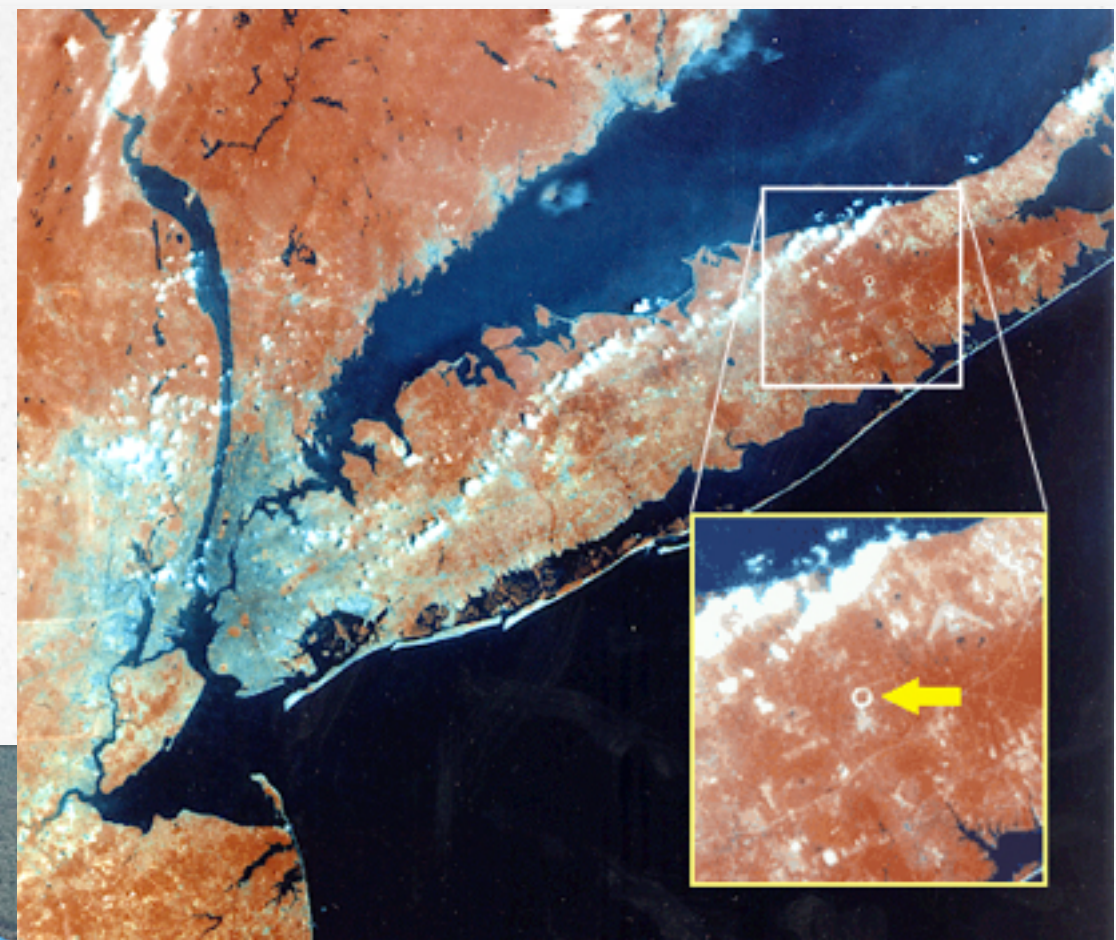
ポスドク研究員時代

ブルックヘブン国立研究所の加速器RHICを用いた
高エネルギー原子核衝突実験

STAR

PHENIX

に参加 (それぞれ400名程度)



Lawrence
Berkeley
Lab.



Brookhaven
National Lab.



現在

電子ビームを用いたハドロン・原子核物理

Physical Map of the World, April 2004

アメリカ合衆国
ヴァージニア州
ジェファークソン研究所



ドイツ
マインツ大学



日本、東北大学
電子光物理学研究センター



物理の研究について



理学 と 工学

理学 と 工学

0 を 1 に 1 を 1 0 0 に

理学 と 工学

0 を 1 に 1 を 1 0 0 に

自然界の現象の
不思議を追い求める

応用を考える
“役に立つこと”

大学(学部)で研究を行うまで

- 理学部物理学科の場合
 - 講義・演習
 - 一般教養科目
 - 人文・社会・自然科学、語学、体育、総合科目など
 - 専門科目
 - 各学科で指定される
 - 研究室配属
 - 4年生から
 - 卒業研究
 - 殆どの場合、その研究室で行っている研究に関するテーマが提示されてそこから選ぶ
- 物理は積み上げの学問

物理は積み上げ

- 学部の授業

- 授業で学ぶこと：約100年前までの物理が主

- ニュートン『プリンキピア』1687年
- ラグランジュ『解析力学』1788年
- ギブス『不均一な物質系の平衡について』1876, 1878年
- マックスエル『電気と磁気の専門書』1873年
- プランク「エネルギーの量子仮説」1900年
- ローレンツ変換、ラーモア(1897年)、ローレンツ(1899, 1904年)
- 特殊相対性理論(1905年), 一般相対性理論(1915-1916年) アインシュタイン
- ボーアの原子模型(1913年)
- 物質波(1924年) ド・ブロイ



物理は積み上げ

- 学部の授業

- 授業で学ぶこと：約100年前までの物理が主

- ニュートン『プリンキピア』1687年
- ラグランジュ『解析力学』1788年
- ギブス『不均一な物質系の平衡について』1876, 1878年
- マックスエル『電気と磁気の専門書』1873年
- プランク「エネルギーの量子仮説」1900年
- ローレンツ変換、ラーモア(1897年)、ローレンツ(1899, 1904年)
- 特殊相対性理論(1905年), 一般相対性理論(1915-1916年) アインシュタイン
- ボーアの原子模型(1913年)
- 物質波(1924年) ド・ブロイ

高校での物理はカリキュラム
の都合上、数学を使った説明
が出来ない

物理の発展は数学と共に

- 解析学

- 微分・積分

- ニュートン、ライプニッツ：独立に発見・発明
 - 運動方程式は、微分方程式・積分方程式
 - 複素数の微分・積分：電磁波、量子力学の確率振幅の記述など

- 線形代数

- ベクトル

- 三次元、二次元の運動を扱うために利用、解析学と組みあわせて広く使われる

- 行列

- 一次変換：平衡移動、回転
 - 連立一次方程式の解法
 - 量子力学の数学的取り扱い
 - ハイゼンベルグによる行列力学
 - もう一つの取り扱いはシュレディンガーの波動力学



物理の発展は数学と共に

● 解析学

● 微分・積分

- ニュートン、ライプニッツ：独立に発見・発明
- 運動方程式は、微分方程式・積分方程式
- 複素数の微分・積分：電磁波、量子力学の確率振幅の記述など

● 線形代数

● ベクトル

- 三次元、二次元の運動を扱うために利用、解析学と組みあわせて広く使われる

● 行列

- 一次変換：平衡移動、回転
- 連立一次方程式の解法
- 量子力学の数学的取り扱い
 - ハイゼンベルグによる行列力学
 - もう一つの取り扱いはシュレディンガーの波動力学

高校数学が得意な人
物理学科への進学がお勧め
抽象的な議論が好きな人
数学科か哲学科へ

物理の研究分野

素粒子

原子核

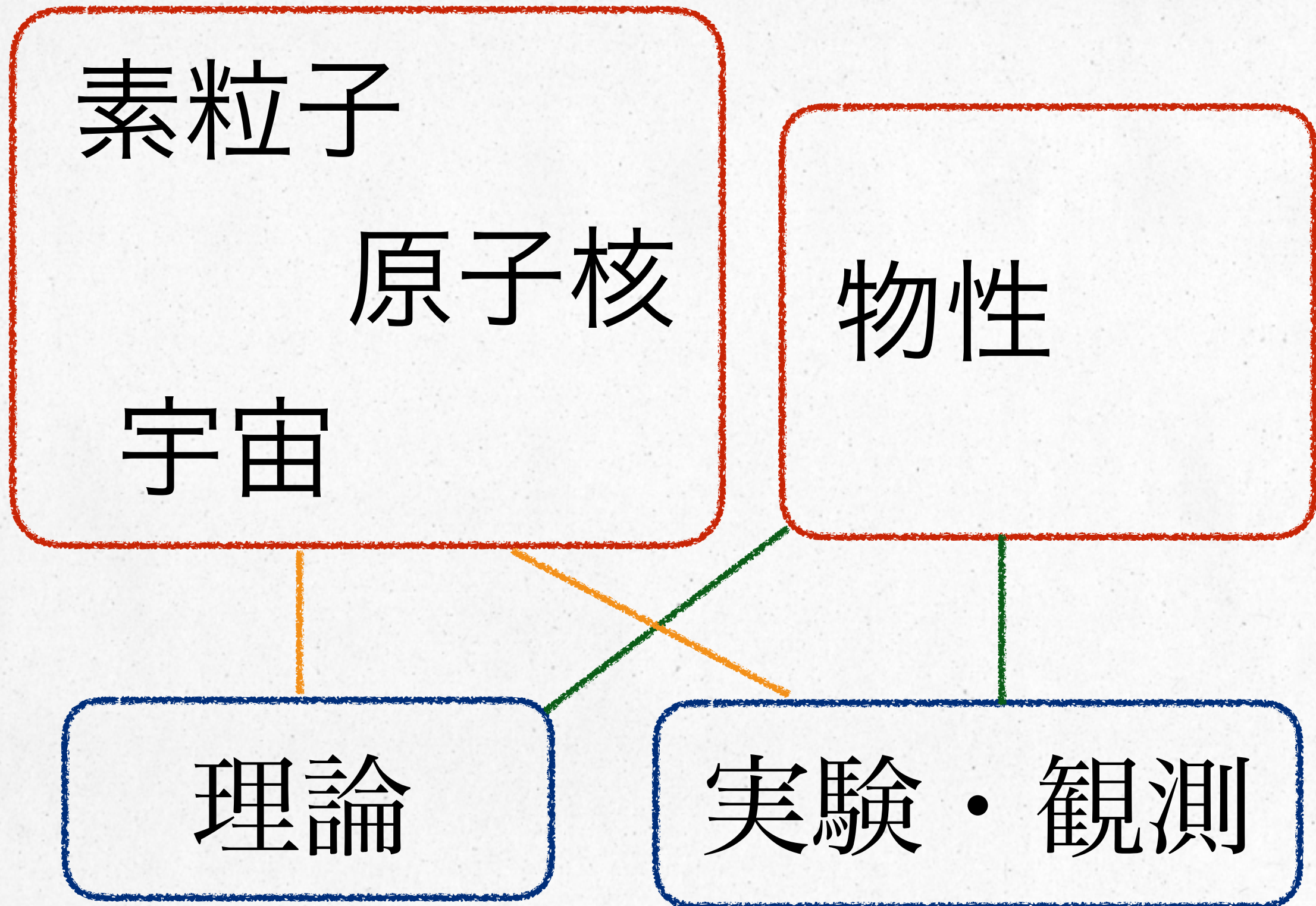
物性

宇宙

理論

実験・観測

物理の研究分野

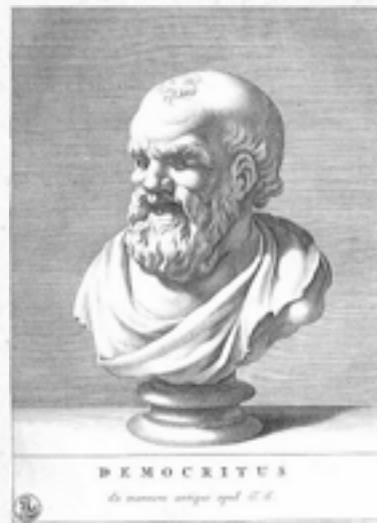


物質の最小単位は？哲学者の考え

ギリシャ哲学

レウキッポス

デモクリトス



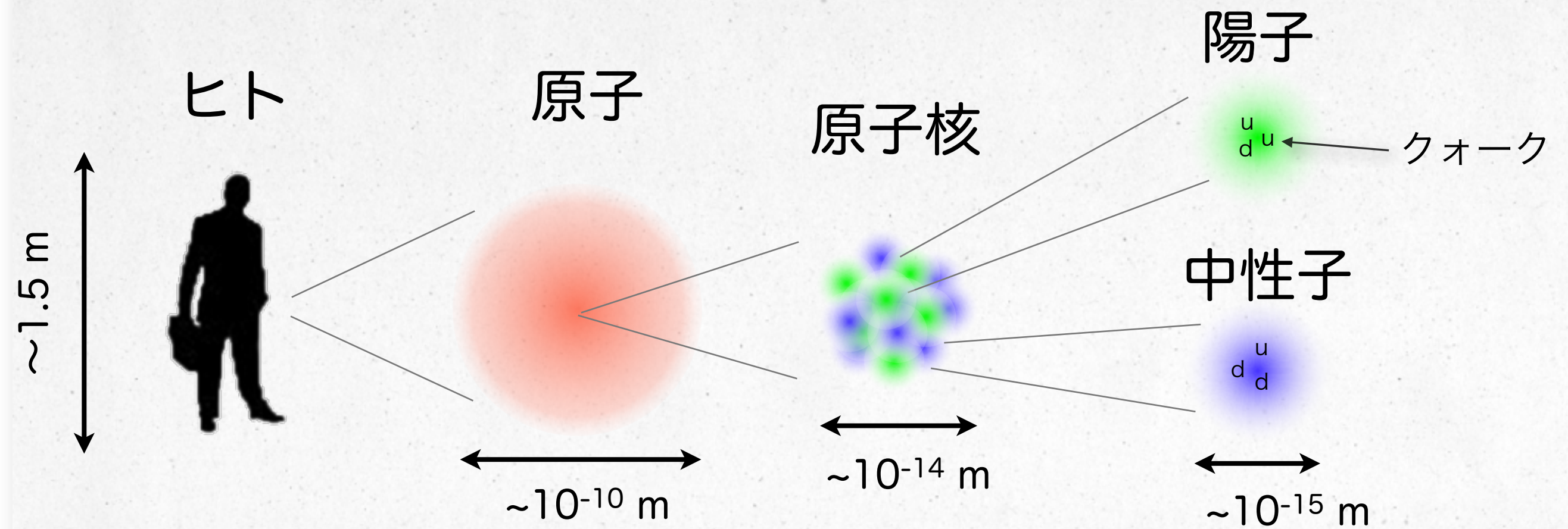
近代哲学

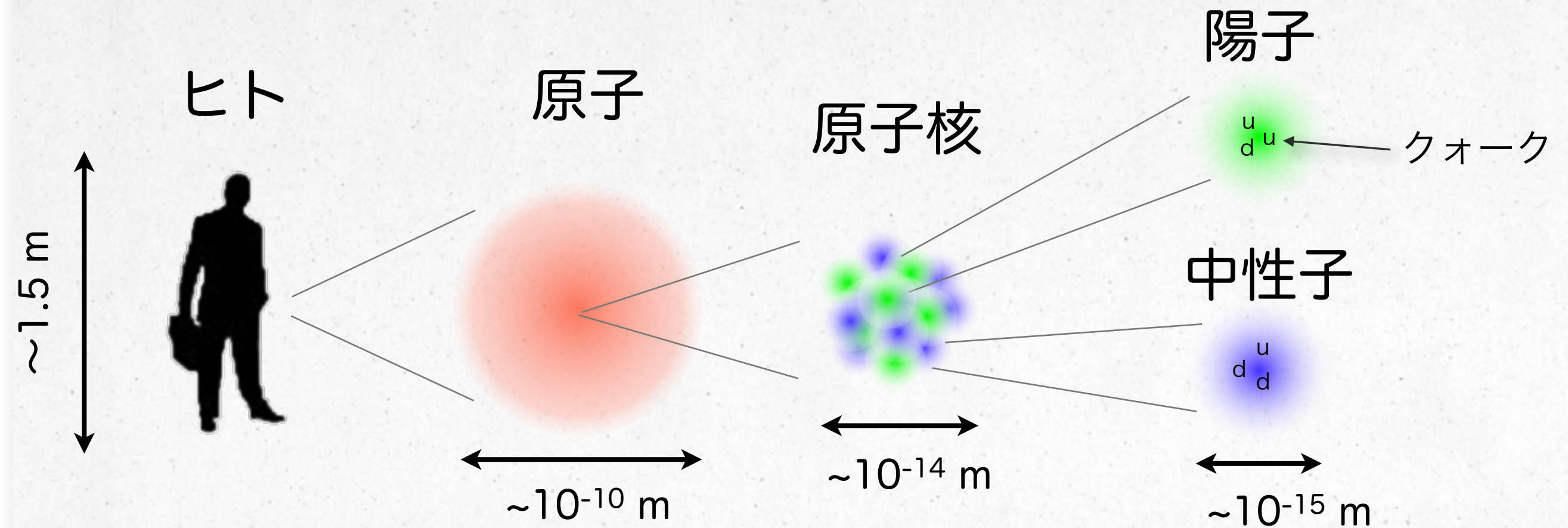
デカルト



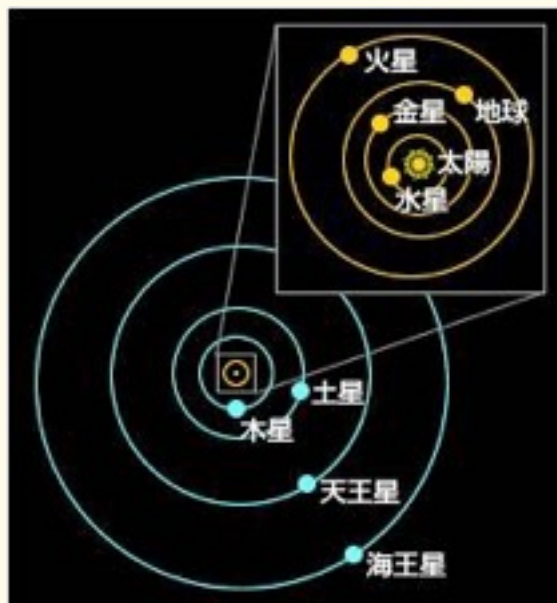
これ以上
“分解できないもの”
ἄτομος (atomos)
がある

どんなに細かくしても
さらに分割出来る

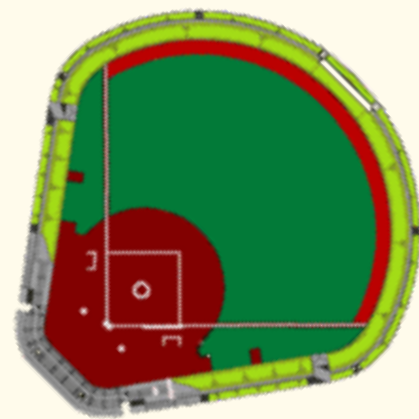




同じくらいの比率のもの



太陽から土星までの距離
1,400,000,000 [km]



野球場の外野まで距離
約 100 m



ビー玉
約 1 cm



ボールペンのボール
約 1 mm

現在素粒子と考えられているもの

クォーク

u	c	t
d	s	b

レプトン

e	μ	τ
ν_e	ν_μ	ν_τ

クォークとレプトンには
それぞれの反粒子が存在する

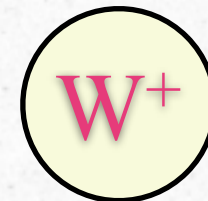
ゲージ粒子



光子(フォトン): 電磁気力



グルーオン: 強い力



W,Zボゾン:
弱い力



重力子(グラビトン): 重力
未発見



ヒッグス粒子: 素粒子に質量を与える

自然界の四つの力を伝える仮想粒子

クォークから出来ているもの = ハドロン

クォーク三つ バリオン

陽子

u
 d u

中性子

u
 d d

Λ (ラムダ)

u
 d s

クォークと反クォーク メソン (中間子)



写真: http://www.yukawa.kyoto-u.ac.jp/contents/about_us/history.html より

湯川秀樹博士によって
予言。後に発見され、
1949年ノーベル
物理学賞を受賞

u $\bar{d}$

π^+

s $\bar{u}$

K^+

ここに挙げたよりもさらに数多くのバリオンとメソン

元素（原子）の種類

周期表：物理的・化学的に似た元素を並べたもの

H																	He														
Li	Be															B	C	N	O	F	Ne										
Na	Mg															Al	Si	P	S	Cl	Ar										
K	Ca															Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr															Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Fl	Uup	Lv	Uus	Uuo

- 元素の性質
- 原子中の電子配置が決定
- 電子の個数＝原子核中の陽子の個数

元素（原子）の種類

周期表：物理的・化学的に似た元素を並べたもの

H																	He														
Li	Be															B	C	N	O	F	Ne										
Na	Mg															Al	Si	P	S	Cl	Ar										
K	Ca															Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr															Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og

- 元素の性質
- 原子中の電子配置が決定
- 電子の個数＝原子核中の陽子の個数

元素（原子）の種類

周期表：物理的・化学的に似た元素を並べたもの

H																	He														
Li	Be															B	C	N	O	F	Ne										
Na	Mg															Al	Si	P	S	Cl	Ar										
K	Ca															Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr															Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og

・元素の性質

- 原子中の電子配置が決定
- 電子の個数 = 原子核中の陽子の個数

1 1 3番元素

2004年9月28日

理化学研究所の線形加速器を用い

亜鉛とビスマス衝突させて合成に成功と発表

2012年9月28日

三箇目の113番元素の合成を確認。

2015年12月31日

IUPACによる命名権認定

2016年11月30日

正式に「ニホニウム」と命名決定

元素（原子）の種類

周期表：物理的・化学的に似た元素を並べたもの

H																	He														
Li	Be															B	C	N	O	F	Ne										
Na	Mg															Al	Si	P	S	Cl	Ar										
K	Ca															Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr															Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Uut	Fl	Uup	Lv	Uus	Uuo

・元素の性質

- 原子中の電子配置が決定
- 電子の個数 = 原子核中の陽子の個数

1 1 3番元素

2004年9月28日

理化学研究所の線形加速器を用い
亜鉛とビスマスを衝突させて合成に成功と発表

2012年9月28日

三箇目の113番元素の合成を確認。

2015年12月31日

IUPACによる命名権認定

2016年11月30日

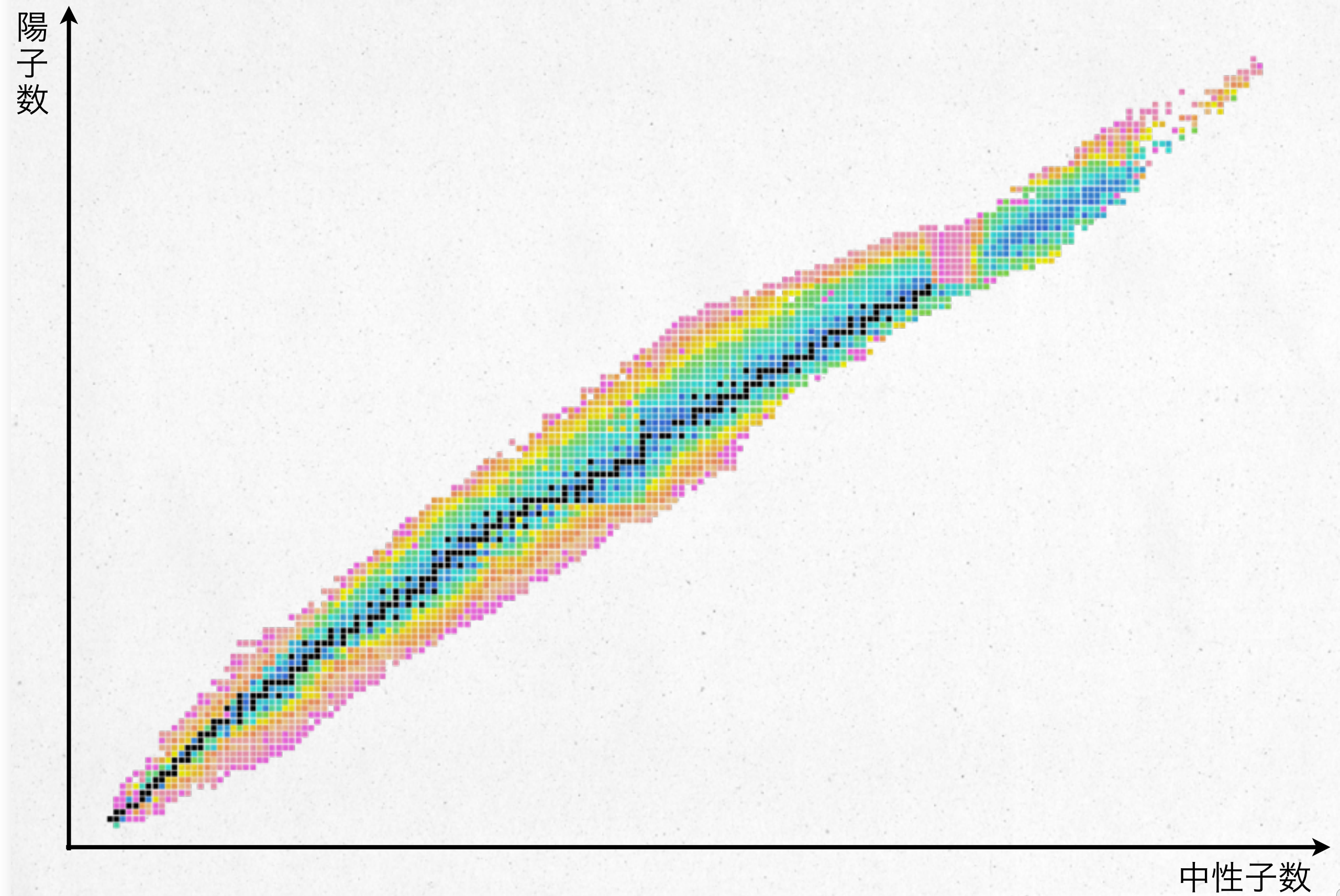
正式に「ニホニウム」と命名決定

原子核の種類

陽子数



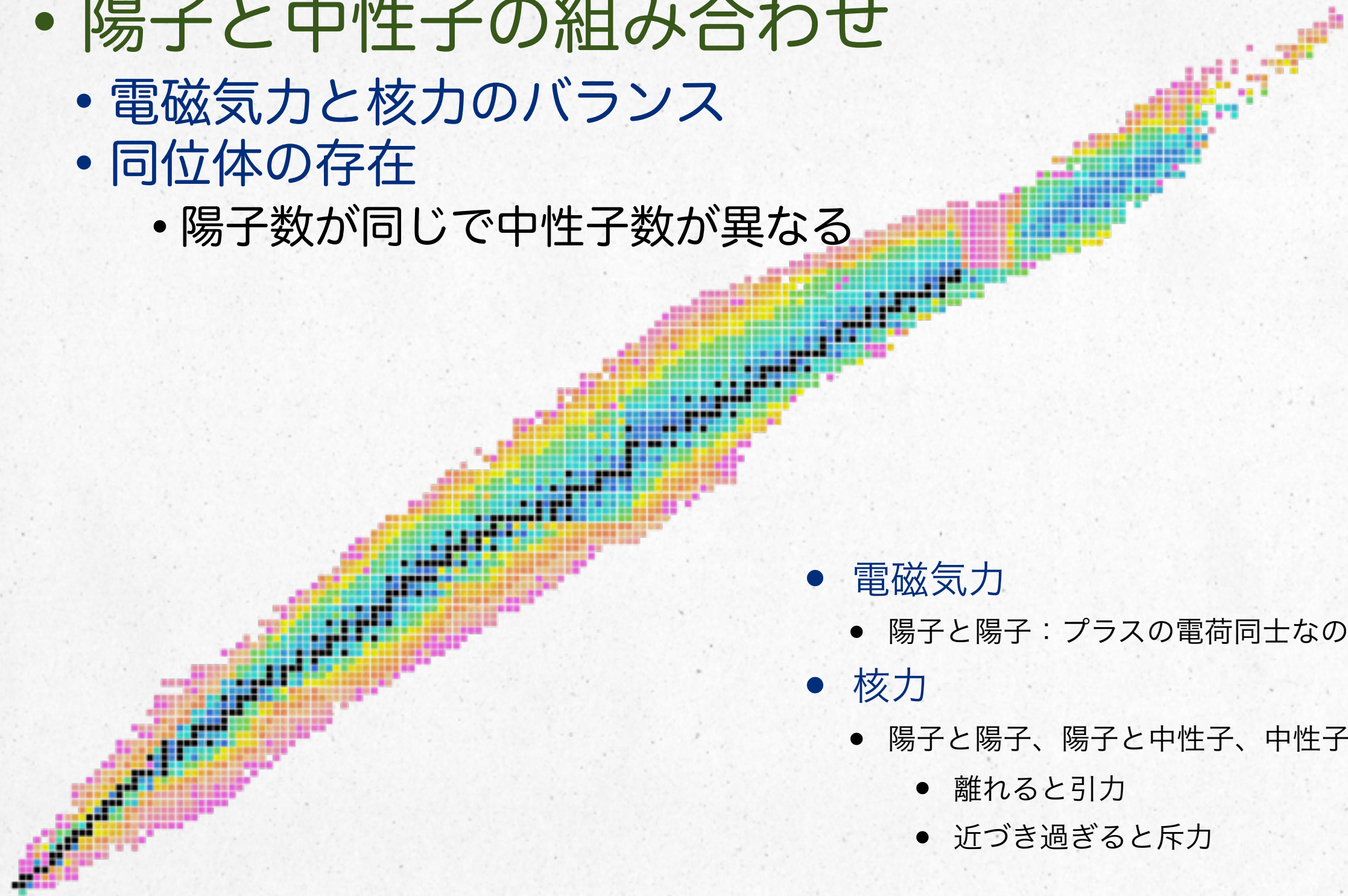
原子核の種類



原子核の種類

- 陽子と中性子の組み合わせ
 - 電磁気力と核力のバランス
 - 同位体の存在
 - 陽子数が同じで中性子数が異なる

- 電磁気力
 - 陽子と陽子：プラスの電荷同士なので斥力
- 核力
 - 陽子と陽子、陽子と中性子、中性子と中性子
 - 離れると引力
 - 近づき過ぎると斥力



中性子数

素粒子物理学

物質の最小単位、第一原理の追求

“標準理論”を超えた素粒子の探索

自然界の四つの力の統合

宇宙物理とのつながり

ビッグバン

消えた反物質

等々

現代の原子核物理

原子核そのものだけではなく
クォークから出来ているものが全てが対象

第一原理の追求（＝素粒子物理）ではなく

どのようにハドロンが作られているのか？

核力の性質は？

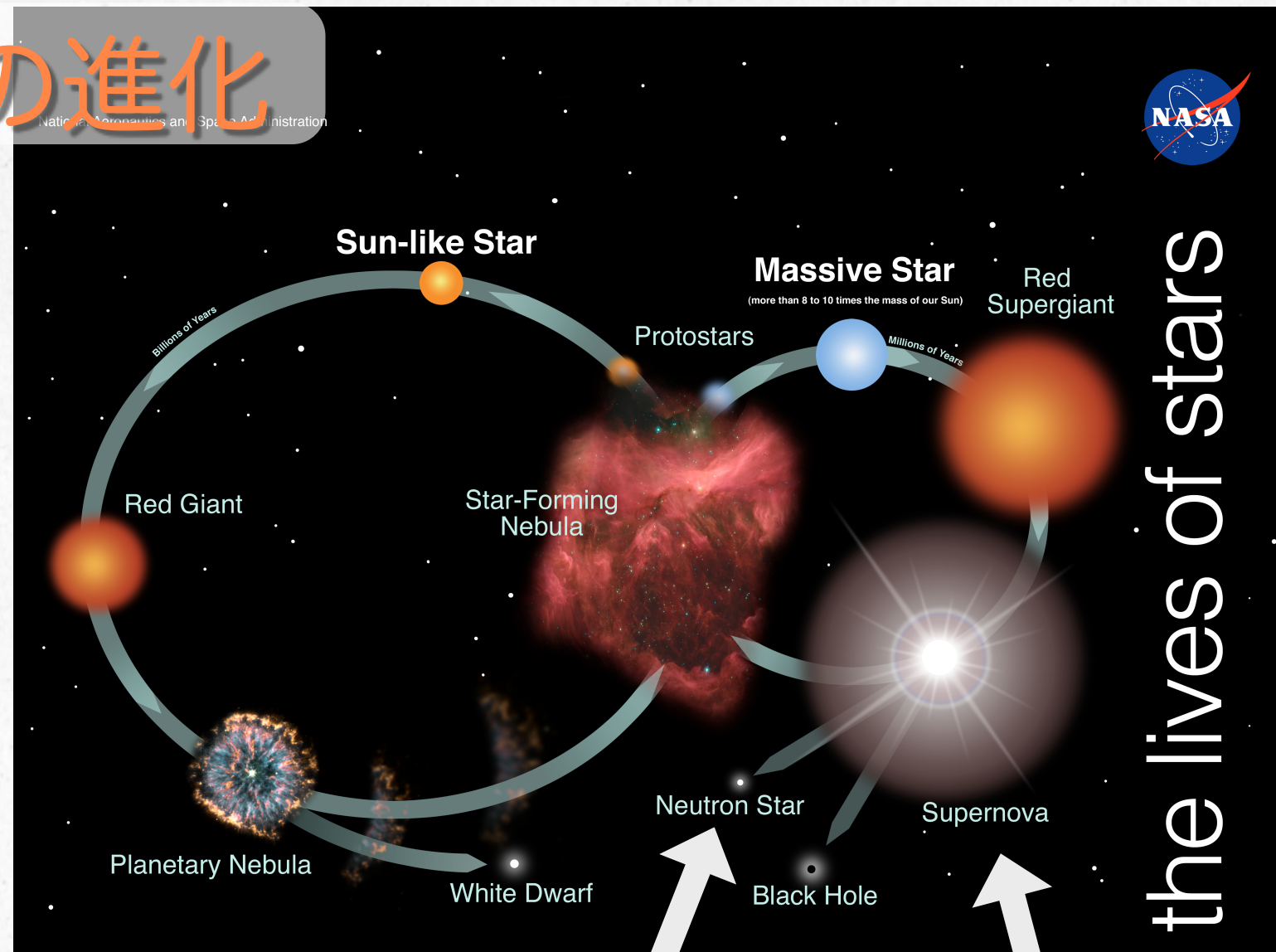
質量の起源は？

原子核を構成している陽子・中性子の質量の源は、真空中に凝縮されている
クォーク・反クォーク対による場から（カイラル対称性の破れ：南部陽一郎）
ヒッグス場は、素粒子に質量を与える

宇宙における物質の進化



Original: poster of CERN microcosm



中性子星（高密度核物質）
の生成および内部の状態

超新星爆発における
重元素の合成

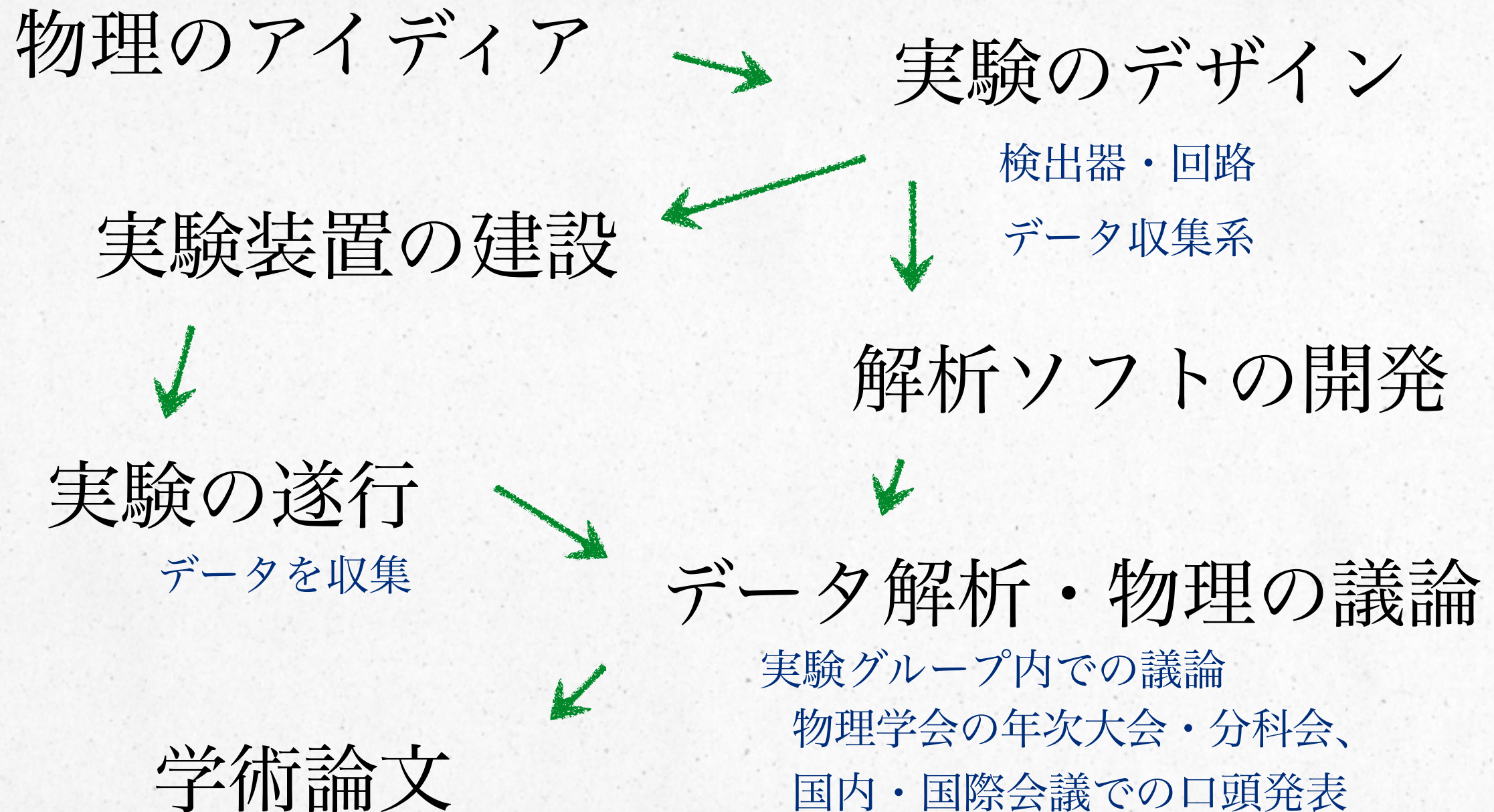
クォーク-グルーオン・プラズマから
ハドロンへの相転移（核子の生成）

研究の流れ



実験研究のプロセス

素粒子・原子核物理の場合



査読（同じ分野の専門家による評価）を経て、修正・補足
審査員・編集者が納得したら公表・出版される

実験研究のプロセス

素粒子・原子核物理の場合

物理のアイデア

実験のデザイン

検出器・回路

データ収集系

実験装置の建設

解析ソフトの開発

実験の遂行

データを収集

データ解析・物理の議論

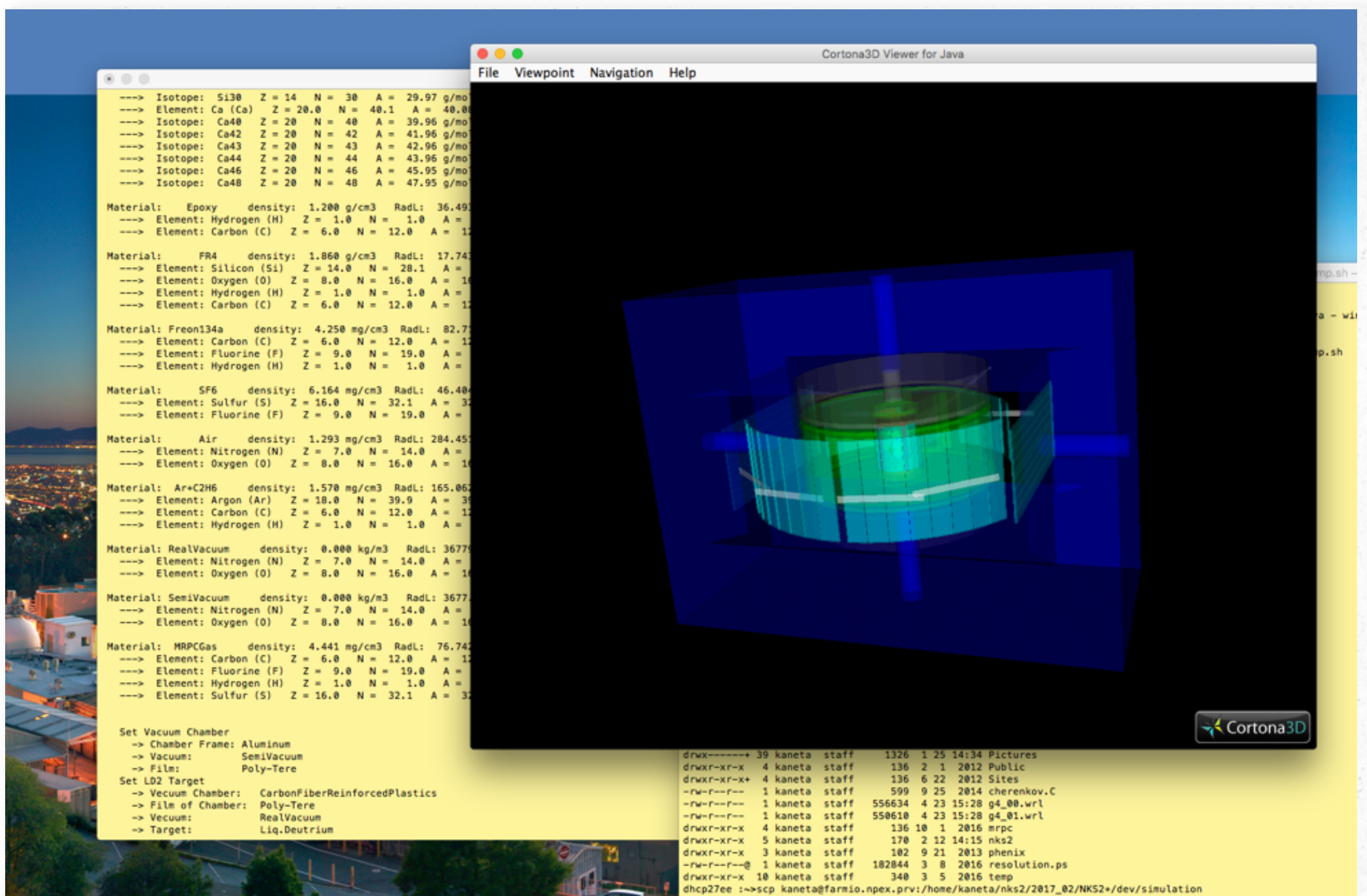
実験グループ内での議論

物理学会の年次大会・分科会、

国内・国際会議での口頭発表

学術論文

査読（同じ分野の専門家による評価）を経て、修正・補足
審査員・編集者が納得したら公表・出版される



実験のデザインがある程度まとまると検出器シミュレーションを用いて検証

実験研究のプロセス

素粒子・原子核物理の場合

物理のアイデア

実験のデザイン

検出器・回路

データ収集系

実験装置の建設

解析ソフトの開発

実験の遂行

データを収集

データ解析・物理の議論

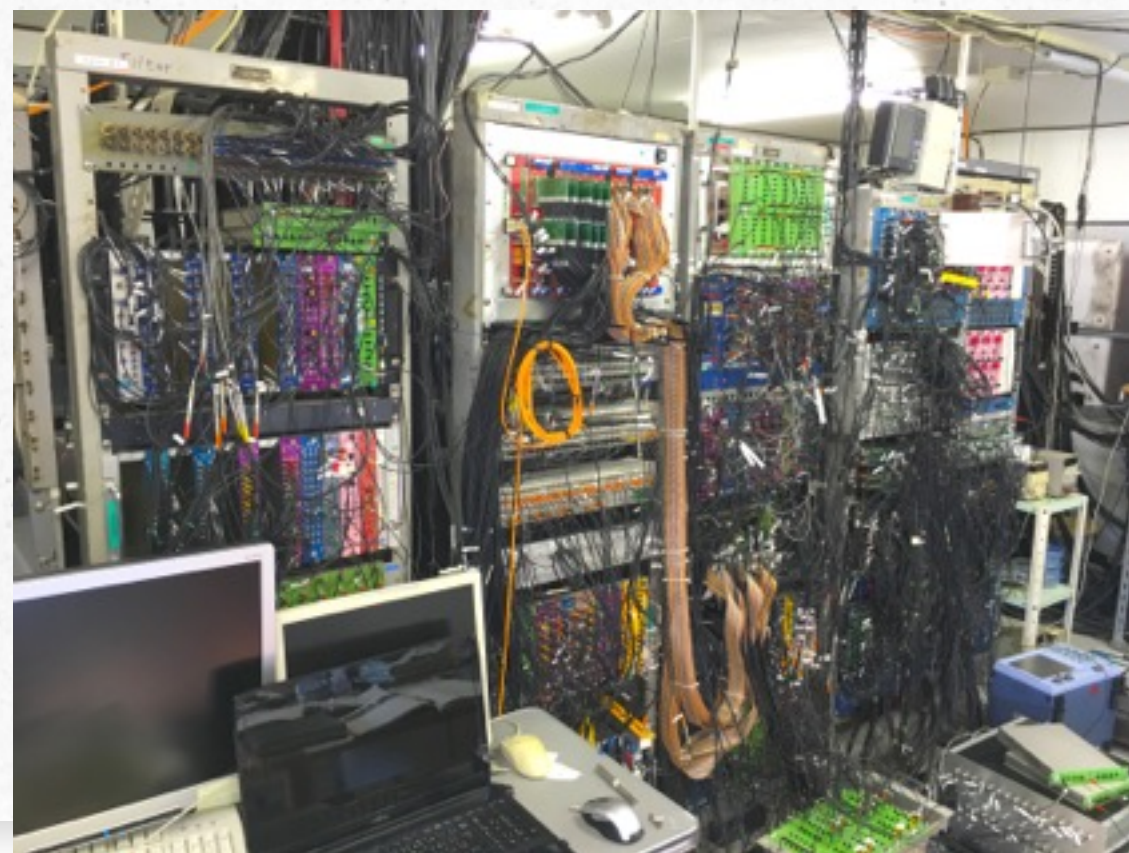
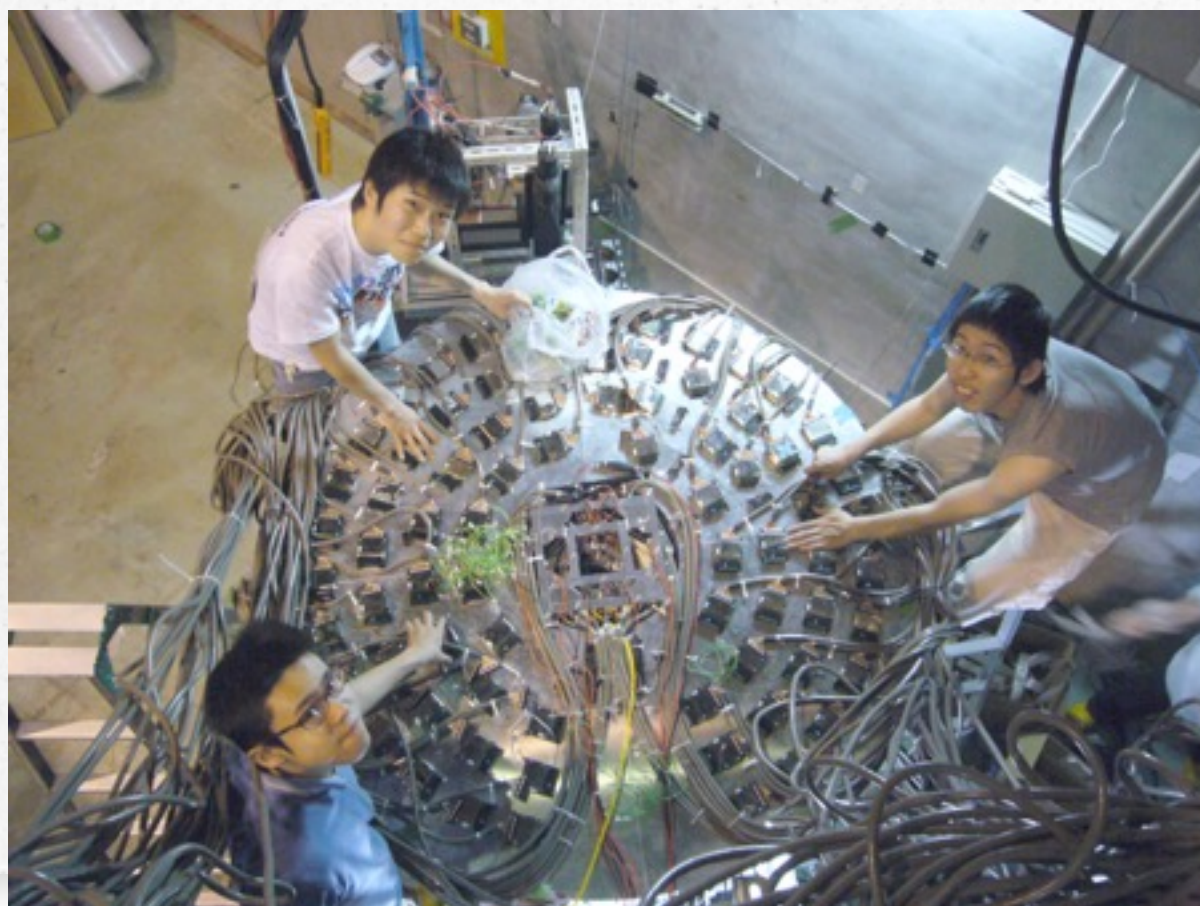
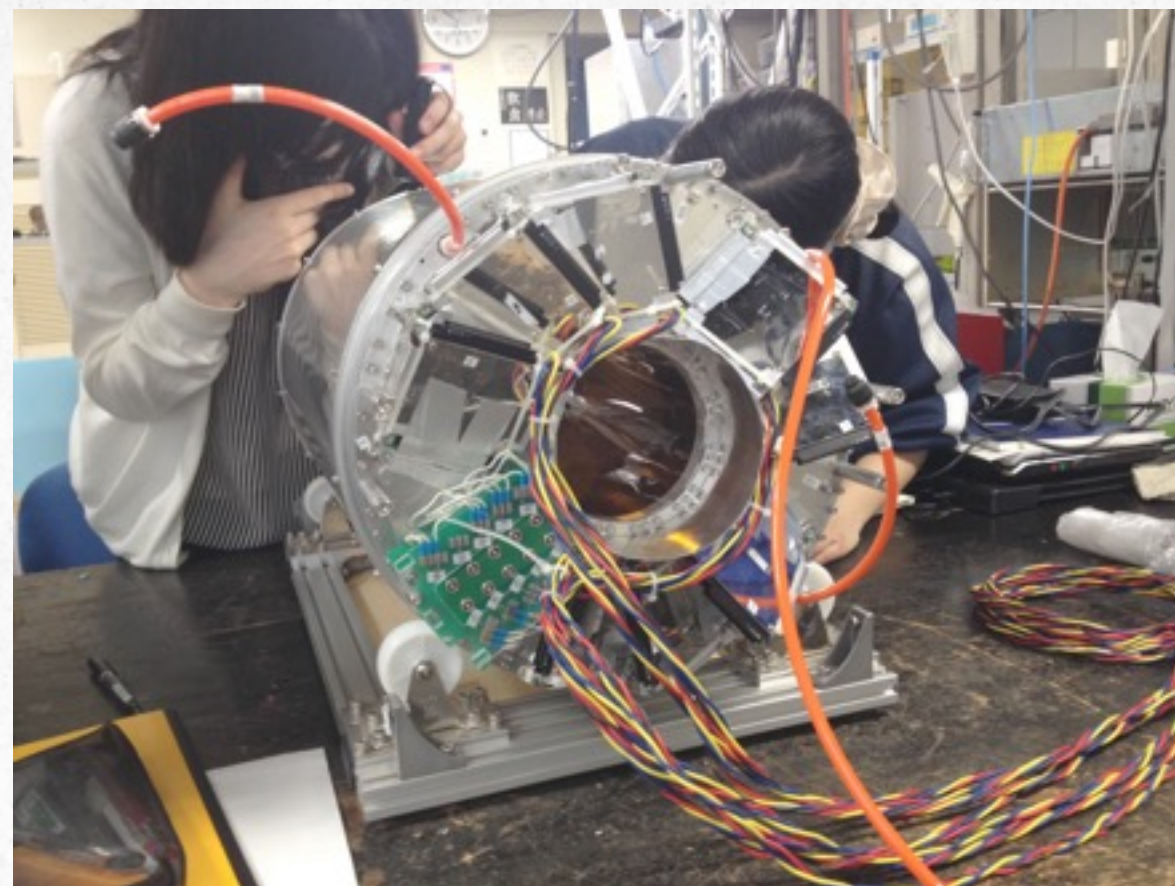
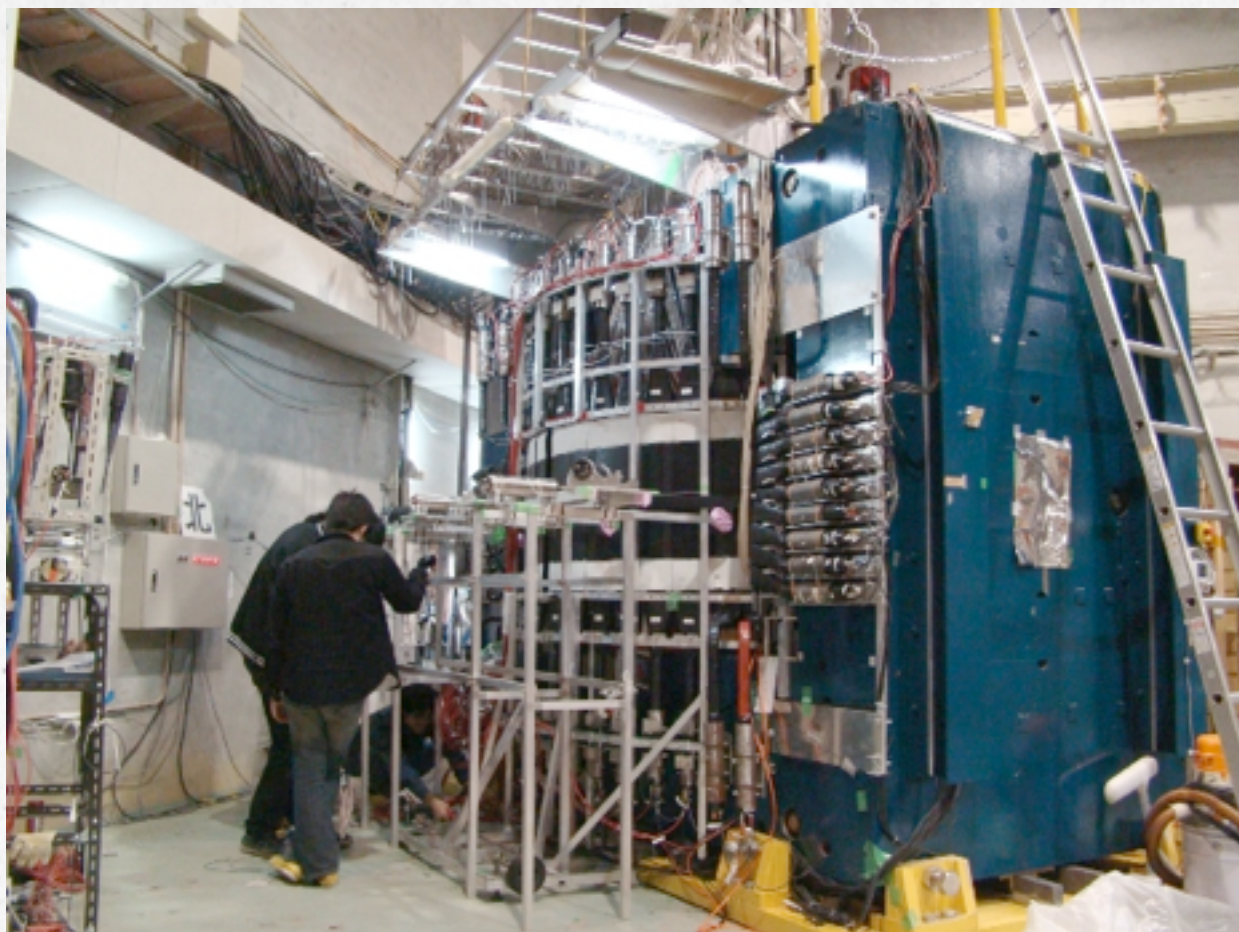
実験グループ内での議論

物理学会の年次大会・分科会、

国内・国際会議での口頭発表

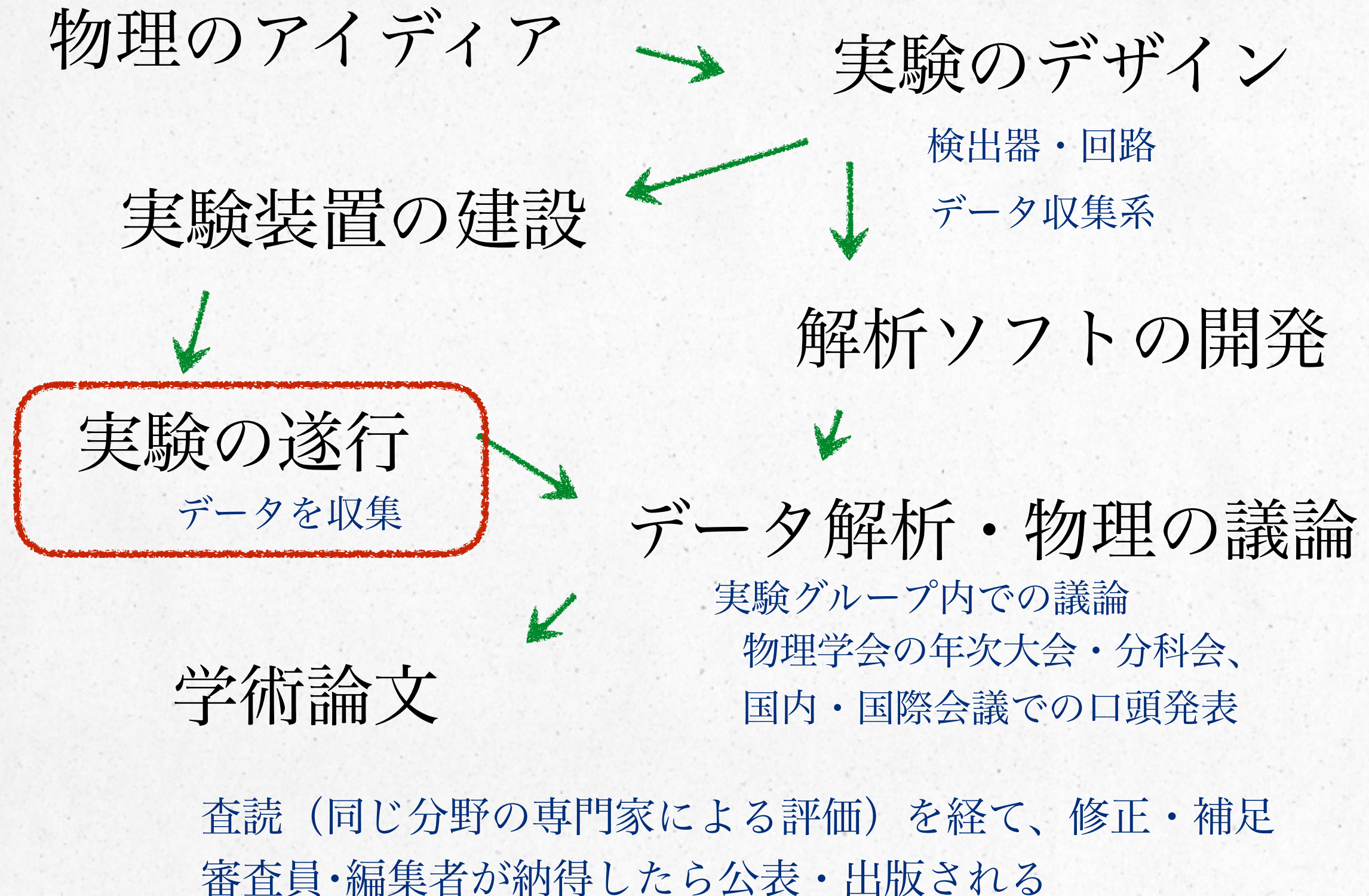
学術論文

査読（同じ分野の専門家による評価）を経て、修正・補足
審査員・編集者が納得したら公表・出版される



実験研究のプロセス

素粒子・原子核物理の場合

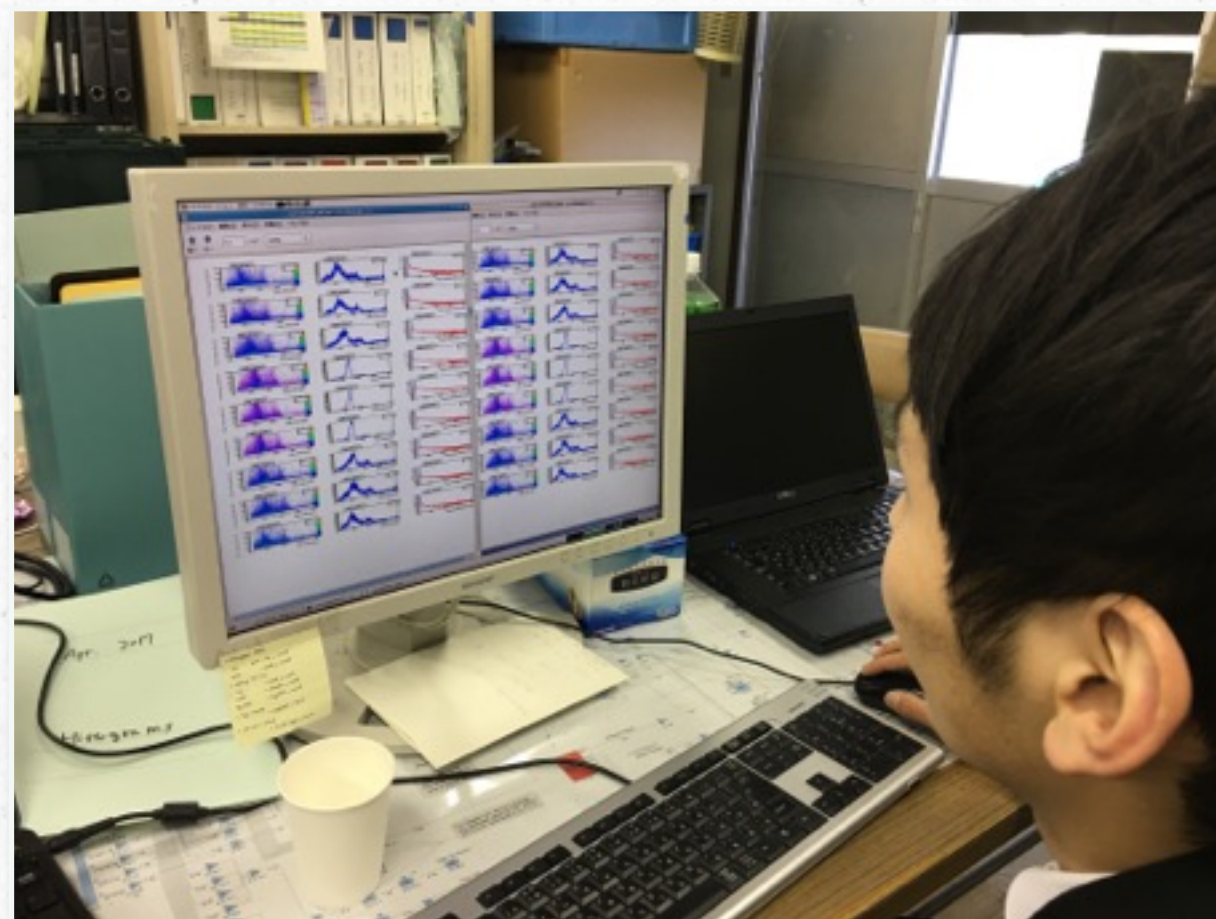


実験の遂行

- 加速器施設への実験申し込み
 - 実験計画書(Proposal)
 - 審査
 - 施設が選んだ委員会（外部からのメンバーが主）による
 - ビームタイムの割り当て
- 実験準備
 - 検出器の立ち上げ・調整

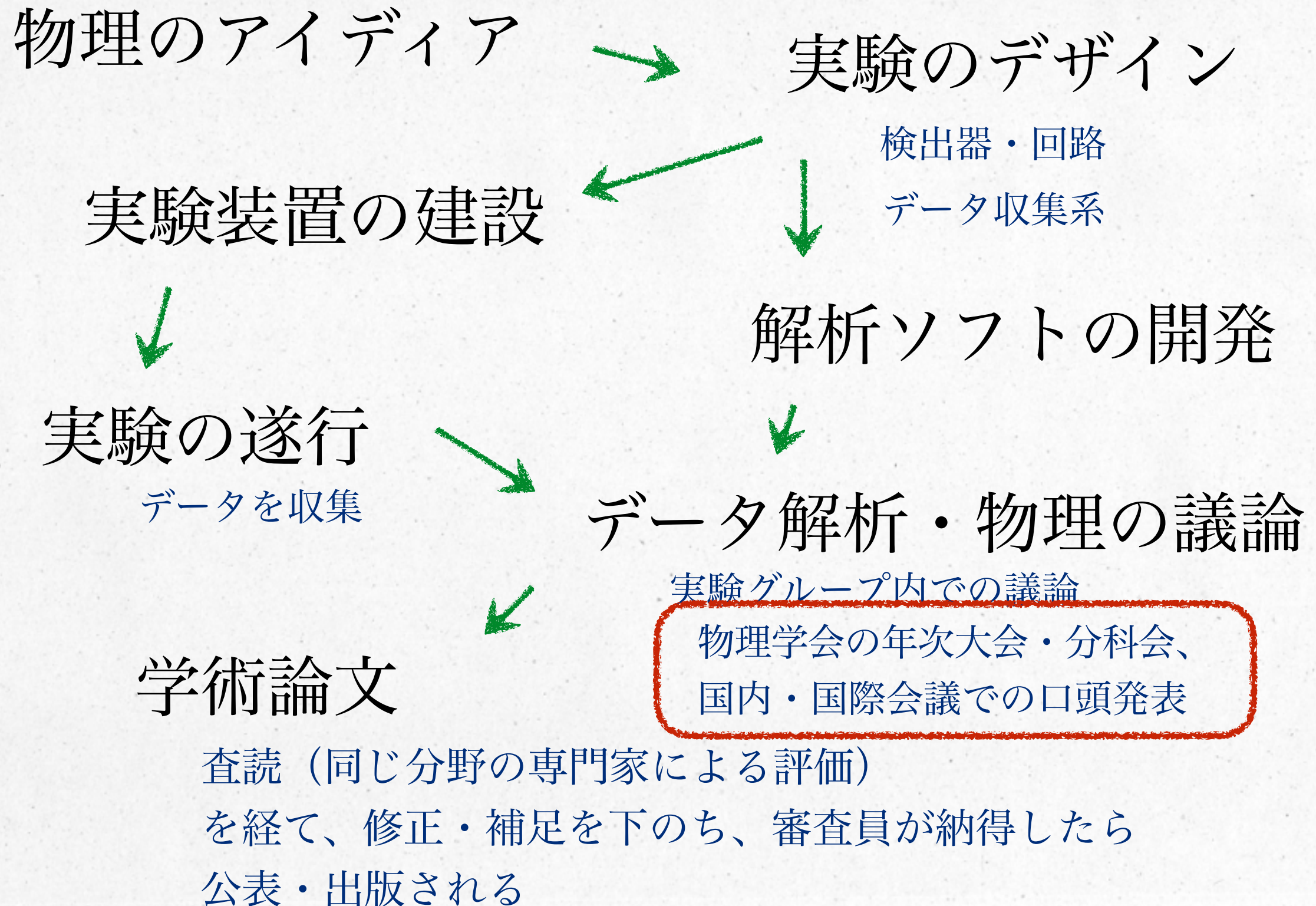
実験の遂行

- データ収集
 - 24時間連続、シフト(交代)制
 - データ収集系のコンピュータの操作
 - 所得したデータから検出器の健全性を確認



実験研究のプロセス

素粒子・原子核物理の場合



プレゼンテーション

- 人に伝える技術
 - うまく伝えられないと成果が伝わらない
 - 国際会議では共通言語は英語
 - ただし、Native Speaker は Minority
- 口頭発表
 - プレゼンテーションツールを使用
 - 文章は少なく、図や写真は大きく
- ポスター発表
 - 文章は詳しく
 - 章のタイトル、本文：文字、色、配置の統一

東北大学・飛翔型「科学者の卵養成講座」研究発展コースⅠの受講生のポスター

放射線測定の基礎と測定結果の可視化について

相原 竜 (宮城県仙台第三高等学校2年)

沖野 峻也 (福島県立福島高等学校1年)

川崎 三葉 (宮城県仙台第二高等学校1年)

飛翔型「科学者の卵養成講座」研究発展コース

指導教官：金田隆博

東北大学大学院理学研究科物理学専攻原子核物理研究室

1.はじめに

過去の大気中核実験やチェルノブイリ原発事故、自然放射線などによる放射線は身近に存在している。しかし、福島第一原子力発電所の事故を受けて、放射能物質や放射線に対する恐怖感を持つ人が多くなった。それは大前提なことだが放射線についてよく理解せず、怖いと考えるのは科学的な態度ではない。それ故に私たちが、他地域の放射線量を把握し、放射線について正しく理解することで、放射線への付き合い方や今後の生活による放射線量の増加、影響について知ることも可能となる。

2.放射線について

放射線は、外から放射を受けることなく、原子核が自然に放射線を放出する能力。

放射能物質
放射線を放出する能力を持った物質。

放射線
放射能物質から放出される、物質粒子線及び電磁波。
α(ヘリウム原子核)、β(電子、陽子、中性子、ヘリウム原子核)、γ線、X線、γ線を放射する。X線やγ線も放射線と見られる。

放射線量
単位時間あたりに放射線が通過するエネルギー、つまり放射線の強さの指標。

半減期
放射能物質の原子が放射により、半分に減るまでの時間。物質によって半減期が異なるため、放射線量を測定し続け、半減した時間から物質の量を求めることが出来る。

自然放射線
自然界にもともと存在している放射線の総和

3.単位について

今回使用した単位は、空間線量率を表す
μSv/h (マイクロシーベルト毎時)

h: 放射線が放射線に及ぼす影響を数値化したしたもの

1: 17,000,000 を表す
μSv(マイクロシーベルト)や、mSv(ミリシーベルト)の仲間

1kg(キログラム) → 1kgあたりに放射線が放射した量を表す、放射線の単位

4.各自治体での測定結果を調べる

自治体によって測定している自治体の数や測定方法が異なる。自治体によって測定している自治体の数や測定方法が異なる。自治体によって測定している自治体の数や測定方法が異なる。

5.リンク切れを調べた結果

自治体別リンク切れの結果

東北地方において市町村別リンク切れの結果

自治体	リンク切れ	リンク切れ	リンク切れ	リンク切れ
青森県	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%
岩手県	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%
宮城県	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%
秋田県	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%
山形県	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%
福島県	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%

6.考察

自治体別リンク切れの結果、自治体によってリンク切れが多いという結果となった。

市町村別だと、その結果がより顕著に見える。

東日本大震災の影響を大きく受け、福島第一原発の事故の影響を大きく受ける太平洋沿岸においてリンク切れが多発している。特に福島県においてほとんどの市町村がリンク切れを起こしている。リンク先のサイトが更新されず、原子力発電所が閉鎖されていることが原因と推測されている。

この問題は非常に重大なものである。特に東北地方において、放射線測定の測定結果は、様々な人にとって重要な情報であると考えられているが、それを調べようとしても調べることができないのは、これからの課題であり改善する必要がある。

7.目的

放射線測定の基礎と測定結果の可視化について、その重要性を伝える。放射線測定の基礎と測定結果の可視化について、その重要性を伝える。

8.方法

Googleマップを利用して、自治体別の放射線測定結果を可視化する。

9.結果

自治体別の放射線測定結果の可視化結果。

10.考察

Googleマップを利用して可視化した結果、自治体別の放射線測定結果の可視化結果。

11.震災の影響

東日本大震災の影響を大きく受け、福島第一原発の事故の影響を大きく受ける太平洋沿岸においてリンク切れが多発している。

Before

放射線測定の基礎と測定結果の可視化について

相原 竜 (宮城県仙台第三高等学校2年)

沖野 峻也 (福島県立福島高等学校1年)

川崎 三葉 (宮城県仙台第二高等学校1年)

飛翔型「科学者の卵養成講座」研究発展コース

指導教官：金田隆博

東北大学大学院理学研究科物理学専攻原子核物理研究室

1.はじめに

過去の大気中核実験やチェルノブイリ原発事故、自然放射線などによる放射線は身近に存在している。しかし、福島第一原子力発電所の事故を受けて、放射能物質や放射線に対する恐怖感を持つ人が多くなった。それは大前提なことだが放射線についてよく理解せず、怖いと考えるのは科学的な態度ではない。それ故に私たちが、他地域の放射線量を把握し、放射線について正しく理解することで、放射線への付き合い方や今後の生活による放射線量の増加、影響について知ることも可能となる。

2.放射線について

放射線は、外から放射を受けることなく、原子核が自然に放射線を放出する能力。

放射能物質
放射線を放出する能力を持った物質。

放射線
放射能物質から放出される、物質粒子線及び電磁波。
α(ヘリウム原子核)、β(電子、陽子、中性子、ヘリウム原子核)、γ線、X線、γ線を放射する。X線やγ線も放射線と見られる。

放射線量
単位時間あたりに放射線が通過するエネルギー、つまり放射線の強さの指標。

半減期
放射能物質の原子が放射により、半分に減るまでの時間。物質によって半減期が異なるため、放射線量を測定し続け、半減した時間から物質の量を求めることが出来る。

自然放射線
自然界にもともと存在している放射線の総和

3.単位について

今回使用した単位は、空間線量率を表す
μSv/h (マイクロシーベルト毎時)

h: 放射線が放射線に及ぼす影響を数値化したしたもの

1: 17,000,000 を表す
μSv(マイクロシーベルト)や、mSv(ミリシーベルト)の仲間

1kg(キログラム) → 1kgあたりに放射線が放射した量を表す、放射線の単位

4.各自治体での測定結果を調べる

自治体によって測定している自治体の数や測定方法が異なる。自治体によって測定している自治体の数や測定方法が異なる。自治体によって測定している自治体の数や測定方法が異なる。

5.リンク切れについて

自治体別リンク切れの結果

東北地方において市町村別リンク切れの結果

自治体	リンク切れ	リンク切れ	リンク切れ	リンク切れ
青森県	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%
岩手県	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%
宮城県	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%
秋田県	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%
山形県	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%
福島県	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%

6.考察

自治体別リンク切れの結果、自治体によってリンク切れが多いという結果となった。

市町村別だと、その結果がより顕著に見える。

東日本大震災の影響を大きく受け、福島第一原発の事故の影響を大きく受ける太平洋沿岸においてリンク切れが多発している。特に福島県においてほとんどの市町村がリンク切れを起こしている。リンク先のサイトが更新されず、原子力発電所が閉鎖されていることが原因と推測されている。

この問題は非常に重大なものである。特に東北地方において、放射線測定の測定結果は、様々な人にとって重要な情報であると考えられているが、それを調べようとしても調べることができないのは、これからの課題であり改善する必要がある。

After

放射線測定の基礎と測定結果の可視化について

相原 竜 (宮城県仙台第三高等学校2年)

沖野 峻也 (福島県立福島高等学校1年)

川崎 三葉 (宮城県仙台第二高等学校1年)

飛翔型「科学者の卵養成講座」研究発展コース

指導教官：金田隆博

東北大学大学院理学研究科物理学専攻原子核物理研究室

1.はじめに

過去の大気中核実験やチェルノブイリ原発事故、自然放射線などによる放射線は身近に存在している。しかし、福島第一原子力発電所の事故を受けて、放射能物質や放射線に対する恐怖感を持つ人が多くなった。それは大前提なことだが放射線についてよく理解せず、怖いと考えるのは科学的な態度ではない。それ故に私たちが、他地域の放射線量を把握し、放射線について正しく理解することで、放射線への付き合い方や今後の生活による放射線量の増加、影響について知ることも可能となる。

2.放射線について

放射線は、外から放射を受けることなく、原子核が自然に放射線を放出する能力。

放射能物質
放射線を放出する能力を持った物質。

放射線
放射能物質から放出される、物質粒子線及び電磁波。
α(ヘリウム原子核)、β(電子、陽子、中性子、ヘリウム原子核)、γ線、X線、γ線を放射する。X線やγ線も放射線と見られる。

放射線量
単位時間あたりに放射線が通過するエネルギー、つまり放射線の強さの指標。

半減期
放射能物質の原子が放射により、半分に減るまでの時間。物質によって半減期が異なるため、放射線量を測定し続け、半減した時間から物質の量を求めることが出来る。

自然放射線
自然界にもともと存在している放射線の総和

3.単位について

今回使用した単位は、空間線量率を表す
μSv/h (マイクロシーベルト毎時)

h: 放射線が放射線に及ぼす影響を数値化したしたもの

1: 17,000,000 を表す
μSv(マイクロシーベルト)や、mSv(ミリシーベルト)の仲間

1kg(キログラム) → 1kgあたりに放射線が放射した量を表す、放射線の単位

4.各自治体での測定結果を調べる

自治体によって測定している自治体の数や測定方法が異なる。自治体によって測定している自治体の数や測定方法が異なる。自治体によって測定している自治体の数や測定方法が異なる。

5.リンク切れについて

自治体別リンク切れの結果

東北地方において市町村別リンク切れの結果

自治体	リンク切れ	リンク切れ	リンク切れ	リンク切れ
青森県	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%
岩手県	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%
宮城県	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%
秋田県	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%
山形県	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%
福島県	0.01%	0.01%	0.01%	0.01%

6.考察

自治体別リンク切れの結果、自治体によってリンク切れが多いという結果となった。

市町村別だと、その結果がより顕著に見える。

東日本大震災の影響を大きく受け、福島第一原発の事故の影響を大きく受ける太平洋沿岸においてリンク切れが多発している。特に福島県においてほとんどの市町村がリンク切れを起こしている。リンク先のサイトが更新されず、原子力発電所が閉鎖されていることが原因と推測されている。

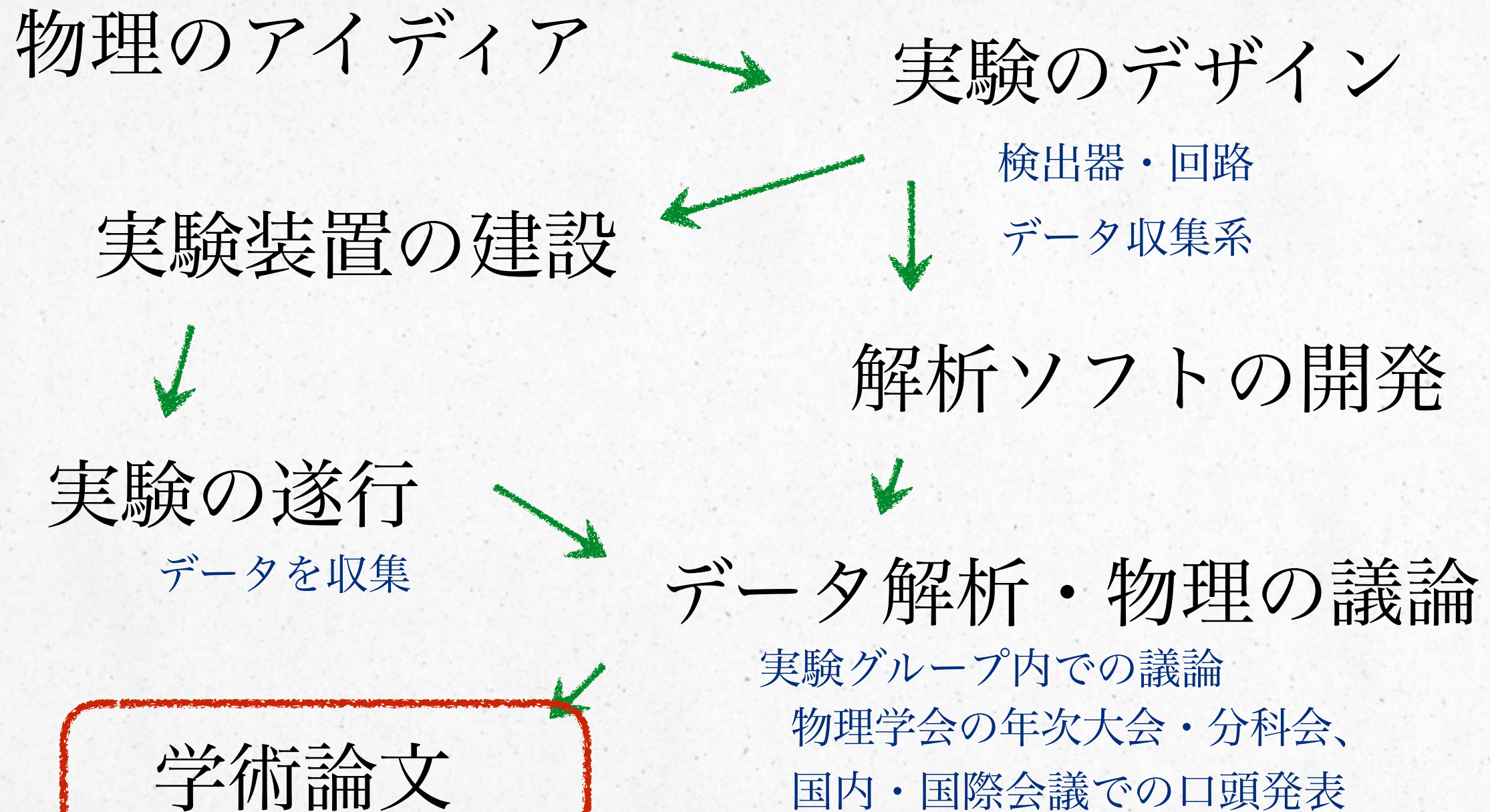
この問題は非常に重大なものである。特に東北地方において、放射線測定の測定結果は、様々な人にとって重要な情報であると考えられているが、それを調べようとしても調べることができないのは、これからの課題であり改善する必要がある。

章ごとの色：背景→枠線
枠線：細く
章のタイトルと本文のフォント
種類を変える
枠からの位置を統一
フォントサイズの統一
文字の囲みはなるべくしない

36

実験研究のプロセス

素粒子・原子核物理の場合



査読（同じ分野の専門家による評価）を経て、修正・補足
審査員・編集者が納得したら公表・出版される

Near threshold angular distributions for the $^2\text{H}(\gamma, \Lambda)\text{X}$ reaction

B. Beckford^{1,5,*}, P. Bydžovský², A. Chiba¹, D. Doi¹, T. Fujii¹, Y. Fujii¹, K. Futatsukawa^{2,6}, T. Gogami^{2,7}, O. Hashimoto^{1,†}, Y. C. Han^{3,8}, K. Hirose⁴, R. Honda^{1,9}, K. Hosomi^{1,6}, T. Ishikawa⁴, H. Kanda¹, M. Kaneta¹, Y. Kaneko¹, S. Kato¹, D. Kawama^{1,10}, C. Kimura¹, S. Kiyokawa¹, T. Koike¹, K. Maeda¹, K. Makabe¹, M. Matsubara¹, K. Miwa¹, S. Nagao¹, S. N. Nakamura¹, A. Okuyama¹, K. Shirotori^{1,11}, K. Sugihara¹, K. Suzuki⁴, T. Tamae¹, H. Tamura¹, K. Tsukada⁴, F. Yamamoto¹, T. O. Yamamoto¹, F. Yonemoto¹, and H. Yamazaki⁴

¹Department of Physics, Tohoku University, Sendai 980-8578, Japan

²Nuclear Physics Institute, Řež near Prague, 25068, Czech Republic

³School of Nuclear Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou, 730000, China

⁴Research Center for Electron Photon Science, Tohoku University, Sendai 982-0826, Japan

⁵Present address: Department of Physics, University of Michigan, Ann Arbor, MI 48109, USA

⁶Present address: Advanced Science Research Center (ASRC), Japan Atomic Energy Agency, Tokai, Ibaraki 319-1195, Japan

⁷Present address: Department of Physics, Kyoto University, Kyoto 606-8502, Japan

⁸Present address: Department of Physics and Astronomy, New Mexico University, Albuquerque, NM 87131, USA

⁹Present address: Department of Physics, Osaka University, Osaka 560-0043, Japan

¹⁰Present address: RIKEN Nishina Center for Accelerator-Based Science, Wako, Saitama 351-0198, Japan

¹¹Present address: Research Center for Nuclear Physics (RCNP), Osaka University, Osaka 567-0047, Japan

*E-mail: bobeck@umich.edu

Received March 24, 2016; Accepted April 22, 2016; Published June 30, 2016

A study of the $^2\text{H}(\gamma, \Lambda)\text{X}$ reaction was performed using a tagged photon beam at the Research Center for Electron Photon Science (ELPH), Tohoku University. The photoproduced Λ was measured in the $p\pi^-$ decay channel by the upgraded Neutral Kaon Spectrometer (NKS2+). The momentum integrated differential cross section was determined as a function of the scattering angle of Λ in the laboratory frame for five energy bins. Our results indicated a peak in the cross section at angles smaller than $\cos\theta_{\Lambda}^{\text{LAB}} = 0.96$. The experimentally obtained angular distributions were compared to isobar models, Kaon-Maid (KM) and Saclay-Lyon A (SLA), in addition to the composite Regge-plus-resonance (RPR) model. Both SLA($rK_1K_\gamma = -1.4$) and RPR describe the data quite well in contrast to the KM model, which substantially under-predicted the cross section at the most forward angles. With the anticipated finalized data on Λ integrated and momentum dependent differential cross sections of $^2\text{H}(\gamma, \Lambda)\text{X}$ [M. Kaneta et al., Nucl. Phys. A **914**, 69 (2013)], we present our findings on the angular distributions.

Subject Index D03, D24

1. Introduction

Experimental and theoretical study of the photo-nuclear production of strangeness has been performed extensively on the proton but most recently the focus has shifted to the neutron, in order

[†]Deceased.

雑誌名

タイトル

著者リスト

所属先リスト

Abstract (概要)

本文

素粒子・原子核の分野では、
Nature や Science には
ほとんど投稿しない



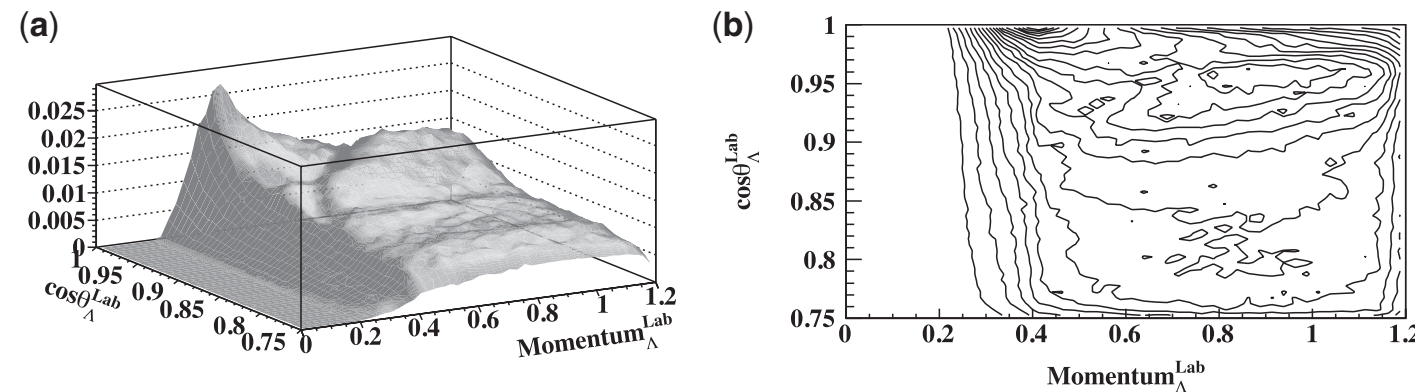


Fig. 4. NKS2+ acceptance for $\Lambda \rightarrow p\pi^-$ decay. The right panel represents the contour plot by 0.5%.

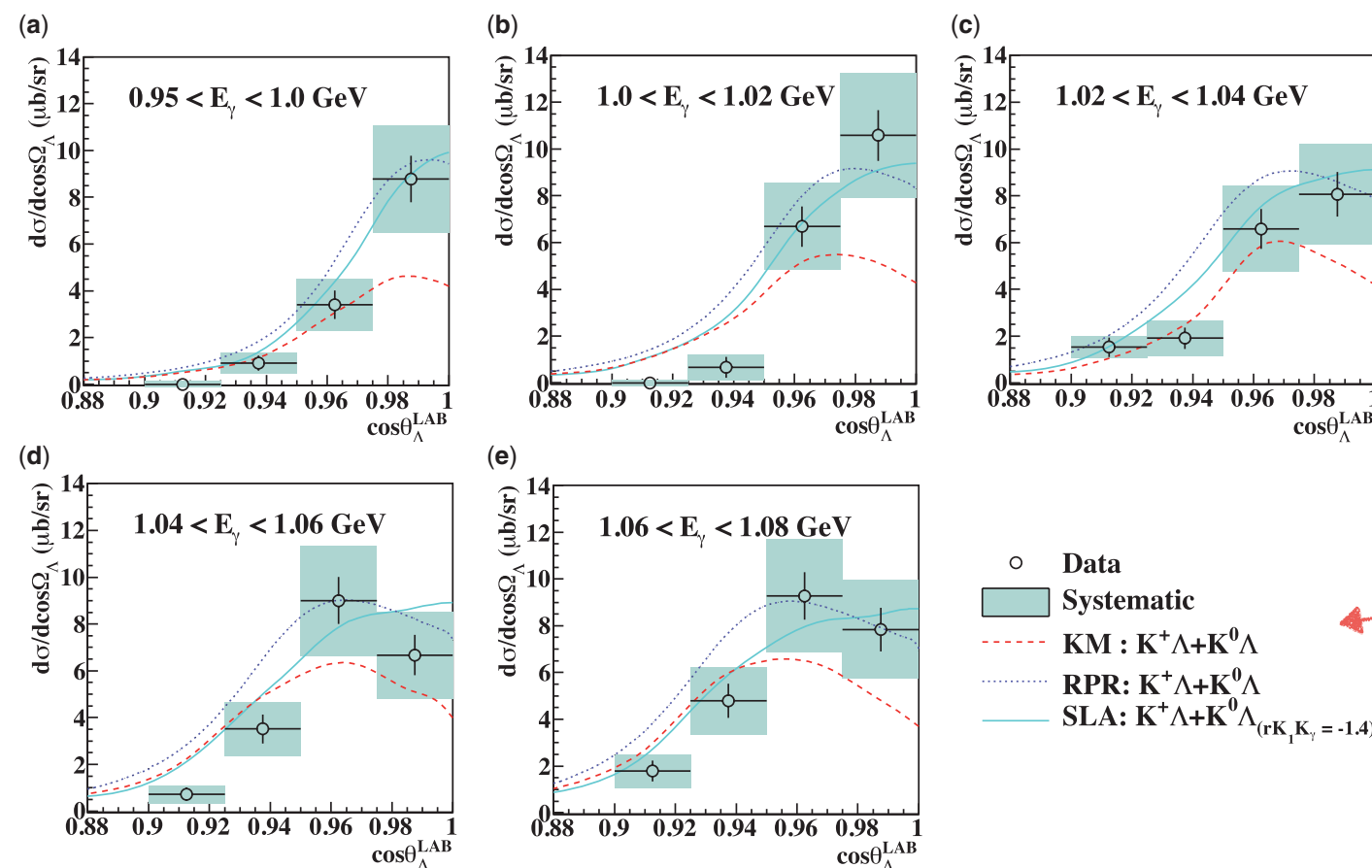


Fig. 5. (Color online) Background subtracted differential cross section as a function of the scattering angle ($\cos\theta_{\Lambda}^{\text{LAB}}$), compared with theoretical predictions of the $^2\text{H}(\gamma, \Lambda)KN$ reaction, calculated by the KM, SLA, and RPR models. Photon energy bins are indicated in the figures where the bin width and statistical errors are given as the horizontal and vertical errors respectively. Statistical and systematic errors are given as the shaded regions on the data points.

測定したデータから
物理量を求めたもの
データ点

中心値
統計誤差
系統誤差

図のマーク
線の説明

図の説明文
(キャプション)



誤差

- たまに見る議論
 - 「○○と一致しないのは誤差によると考えられる」
 - （自分が）理想とするものと一致しないものを、誤差と呼んでいないか？
- 誤差は数理統計学で扱われるもの
 - 真の値は誰も知らない
 - 実験分野で扱う誤差
 - 統計誤差（偶然誤差、統計的揺らぎ）
 - 系統誤差

誤差の例

- サイコロの目の出る確率
 - 統計誤差 (Statistical errors)
 - 無限回サイコロをふれば、ある目の出る確率は $1/6$
 - 有限回の試行では、平均値は $1/6$ とは限らない
 - 平均値とその周りの揺らぎ (標準偏差)
 - 系統誤差 (Systematic errors)
 - サイコロの作り方に依って、目の出る確率が偏る
 - 重心の位置、角の形のばらつきなどが原因

誤差の例

- サイコロの目の出る確率

- 統計誤差 (Statistical errors)

- 無限回サイコロをふれば、ある目の出る確率は $1/6$
- 有限回の試行では、平均値は $1/6$ とは限らない
 - 平均値とその周りの揺らぎ (標準偏差)

無限回試行すると、平均値が“真”の値に近づくと仮定

- 系統誤差 (Systematic errors)

- サイコロの作り方に依って、目の出る確率が偏る
 - 重心の位置、角の形のばらつきなどが原因

無限回試行しても、一種類の測定では分からない

測定装置や測定方法を変えて、ずれがどの程度かは見積もれる
すでに別の方法で精度良く測定されているものと比較

素粒子・原子核の実験研究



素粒子・原子核の実験研究

- 人間・世界の起源を追い求める基礎科学
 - 知的好奇心に基づく
 - 直接、応用（役に立つ）を考えない
- 理学・工学・数学の知識を集約した総合科学
 - 実験に必要な検出器・測定器
 - 研究者が自ら設計・製作を行う
 - 電磁気学の応用、粒子（素粒子・原子核等）と物質の相互作用
 - データ解析
 - 自分達でプログラムを組んで行う
 - 精度：数理統計学の知識が必須
 - 周辺から応用が生まれてくる
 - 放射線検出器、医学分野での診断・治療、等
 - GPS（一般相対性理論）、半導体技術（量子力学）
 - World Wide Web
 - CERNの物理学者 Sir Timothy John Berners-Lee によって開発

体験活動



誤差を実感しよう

-放射線測定から-

第13回日本物理学会Jr.セッション、ポスター発表 奨励賞

「自然放射線（ γ 線）の連続400回測定とポアソン分布の数理的再現実験」

国立香川高等専門学校高松キャンパス

三笥憲伸，小林千真，大木悠吾

から、この体験活動のアイデアが浮かびました



放射線と放射性物質

- 放射線

- α 線(^4He 原子核)、 β 線(電子・陽電子)、X線・ γ 線(光子)、中性子

- 放射性物質

- 放射線を出す能力（放射能）をもった物質
- 放射性同位体
 - 化学的性質は変わらない
 - 原子核中の中性子の数が違う
- 放射線は原子核・電子の軌道から
 - 崩壊（壊変）
 - いつ崩壊するかは分からない、間隔はランダム
 - 有る時間中に何個崩壊するかは平均値は核種ごとに決まっている

放射線の個数の記録

- 外部から来る放射線
 - 殆ど γ 線
 - 自然界に元々ある放射性物質
 - ^{40}K , ^{14}C , ^{87}Rb , ^{210}Po , ^{210}Pb 等
- 環境放射線モニタ HORIBA PA-1000 Radii
 - 通過した γ 線が落としたエネルギーと個数を測定
 - 空間線量率 ($\mu\text{Sv/h}$) に換算
- 測定値の揺らぎ
 - 原子核の崩壊する確率
 - 検出器を通過する確率
 - 検出器と反応しシグナルを出す確率



ノートに記録

- γ 線が検出器と反応した数
 - 音で確認
 - 30秒間を一回
 - 回数は時間と相談
 - 頻度分布(ヒストグラム)の作成

ノートに記録

- γ 線が検出器と反応した数

- 音で確認
- 30秒間を一回
- 回数は時間と相談
- 頻度分布(ヒストグラム)の作成

- 測定から分かること

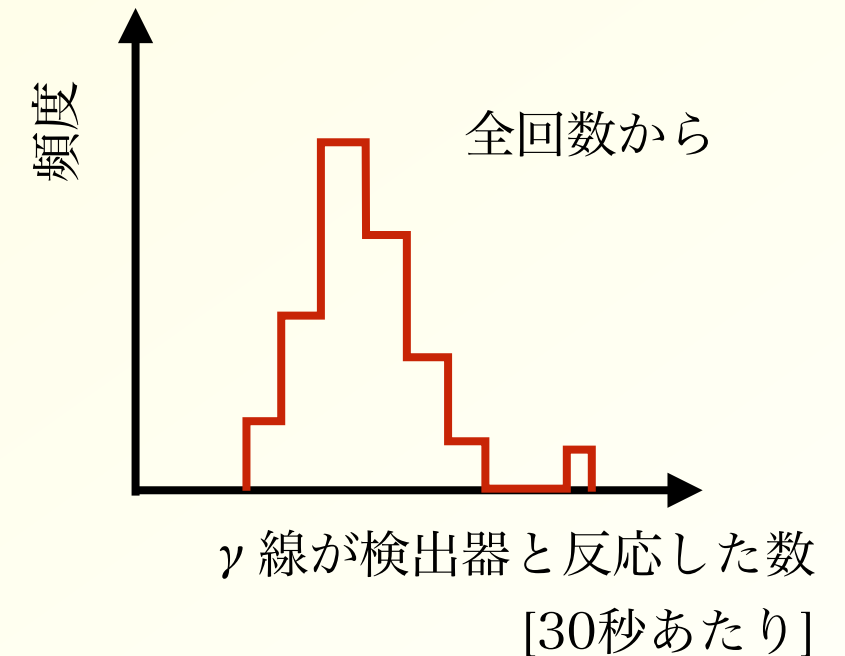
- 統計(偶然)誤差

- 各回の個数の揺らぎ

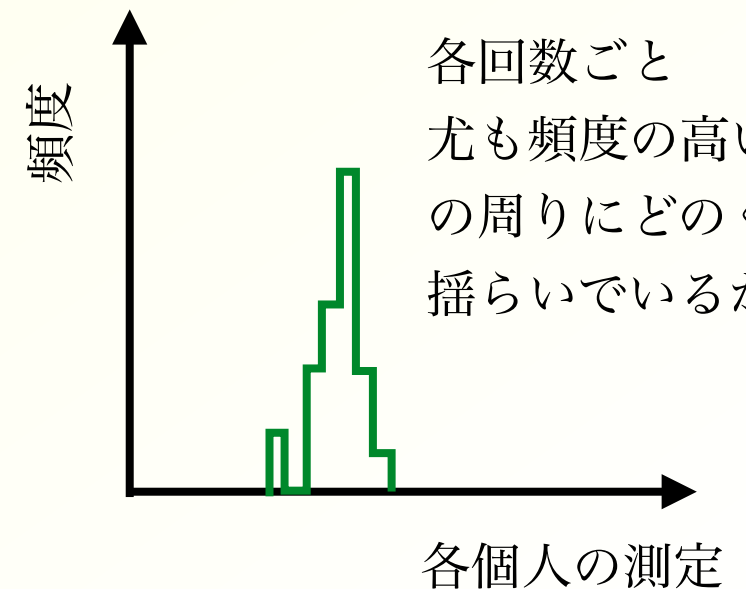
- 系統誤差

- 各回ごとに、各個人が記録する個数の精度

各個人ごとに頻度分布をつくる
測定値から平均と標準偏差がわかる



各回数ごと
尤も頻度の高いもの
の周りにどのくらい
揺らいでいるか



スプレッドシートへのリンク

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1UtAs0J7RX5DEATAUPM-dSK17Jecq7tcckb_P65NHn0I/edit?usp=sharing

短縮URLのサービスを使ったもの

<https://goo.gl/xUnbyV>

