

自然科学の歩き方

第1回目

今日の配布物

★ クリアファイル

★ 表紙

★ グラフ用紙2枚

★ 今日の演習課題

授業中に作成したグラフやレポートなどは、後で使うので、クリアファイルに入れて保管し、毎週持ってくること。最終課題も含めてクリアファイルごと提出してまいります。

この講義について

- ★ 出席点はありません（教室にいるだけでは1点にもならない。いなくても減点されない。）
- ★ 講義資料はWebで公開予定
 - ★ <http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~ft13245/lecture/2018/BasicSci/>
- ★ 成績評価は期末レポートによる
 - ★ 「ロジカルライティング」とのタイアップ科目

この講義について

1. 関数の概念・測定値・レポートの書き方
2. 近似曲線と分散
3. 最小二乗法の考え方
4. 関数の線形近似と微分の概念
5. パラメータ推定
6. より一般的なモデル推定の方法，レポートの作成
7. レポートの要旨（概要）を作成する

テーマ：最小二乗法，レポートの書き方

ロジカルライティングとタイアップ

最小二乗法とは？

- ★ 測定で得られた数値の組を，モデルから想定される適当な関数によって近似する方法。
- ★ 関数に現れる係数を，最もよい近似となるように決定していく。
- ★ 物理や化学，生物など，自然科学を学習・研究していくうえで必須の手法。

「自然科学」について

★ 自然を相手にする

★ 観察することが重要

★ しかし、漫然と世界を眺めていても何もわからない

★ うまい切り口で対象を斬っていくことが必要

★ 数学を道具として使う

「自然は数学の言語で記述されている」

★ まずは自然界の特徴を、うまい方法で「数字」で表してみることが重要

★ 次に、データをうまく説明できる**仮説**を考える ← 次回のテーマ

★ 様々な方法を用いて、この仮説を検証する

自然科学の法則

- ★ どんな法則があるか？
- ★ 自然科学の法則とは？
- ★ 法則はどれくらい正しいか？

数学と科学

- ★ 数学と科学の違いは？
- ★ なぜ自然科学では数学を利用するのか？
- ★ 数学をうまく利用するために必要なことは何だろうか？

数学を使うメリット

- ★ 数学は高度に抽象化された道具
- ★ 誰がやっても，同じ方法を使えば同じ結果が得られる
 - ★ 結果の解釈の問題が発生する場合も…
- ★ 数学を適切に使うことで，目に見えている現象の背後に隠された法則性を発見することが可能になる

数学の定理の例

3角形の内角の和は2直角（ 180° ）である

数学の定理の例

3角形の内角の和は2直角（ 180° ）である

暗黙の前提条件

1. 2つの点は直線でつなぐことができる
2. 有限な直線はどこまでも延長できる
3. 任意の点Pと距離 r に対し、そのPを中心とする半径 r の円を描ける
4. 直角は全て等しい
5. 1本の直線が2本の直線と交わり、同じ側の内角の和が2直角(180°)より小さい時に2本の直線を延長すると、この側でいずれ交わる。

自然科学の法則の例

落体運動における力学的エネルギー保存則

空気抵抗が無視できる場合，重力の影響によって物体が落下する際の運動エネルギーと位置エネルギーの和（力学的エネルギー）は変化しない。

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2$$

自然科学の法則の例

落体運動における力学的エネルギー保存則

空気抵抗が無視できる場合，重力の影響によって物体が落下する際の運動エネルギーと位置エネルギーの和（力学的エネルギー）は変化しない。

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2$$

前提条件がとても重要

前提条件がゆるい（普遍的に成り立つ）法則の方が偉い

歴史に学んでみる

- ★ 太陽，月，星は毎日東から昇って，西に沈んでいく
- ★ 惑星の位置のデータを詳しく調べると，地球を中心とする円運動ではうまく説明できない
- ★ 周転円 v.s. 地動説
- ★ ケプラーの法則による説明
- ★ ニュートンによる万有引力の発見

データの蓄積，解析，仮説の検証が重要な役割

この授業のテーマ

★ データの扱い方を学ぶ

★ 通常，実験や観察から得られるデータは大量にある

★ 適切に扱わないと，宝の持ち腐れになる

★ いかにデータを整理して，人間に理解できる情報を引き出していくか

はじめの1歩

★ 2つの量の間の関係を見つけてみる

★ A,Bの2つの量に注目し，Aを変化させたときにBがどう変化するかを調べる。

★ 表を利用してみる

ある電気抵抗を流れる電流と電圧の例

V[V]	1.50	3.00	4.50	6.00	7.50	9.00
I[A]	5.64×10^{-2}	1.12×10^{-1}	1.86×10^{-1}	2.22×10^{-1}	3.25×10^{-1}	3.32×10^{-1}

この表から何がわかるか？

さらに詳しく

- ★ 先ほどの表で、電圧を増やせば電流が増えることがわかる
- ★ もう少し正確にこの2つの量の関係を表せないか？
 - ★ どのくらい電圧を増やせば、どのくらい電流が増えるか？
 - ★ データのグラフ化が有用である
 - ★ 視覚的な表現は人間にとって理解しやすい

グラフを描くときに重要なこと

- ★ 縦軸，横軸が何を表しているかを，**単位をつけて示す**
- ★ 縦軸，横軸の目盛り，ゼロの位置を明示する
- ★ 軸の線はまっすぐ描く
- ★ 測定データの点はわかりやすく示す
- ★ 必要な領域が適切に描かれるよう，縦軸や横軸の目盛りの範囲や間隔を設定する

演習問題

以下のデータは，ある電気抵抗に電圧 $V[V]$ をかけた時に流れる電流 $I[A]$ の値を測定したものである。このデータを，横軸に V ，縦軸に I をとったグラフに表せ。

ある電気抵抗を流れる電流と電圧の例

$V[V]$	1.50	3.00	4.50	6.00	7.50	9.00
$I[A]$	5.64×10^{-2}	1.12×10^{-1}	1.86×10^{-1}	2.22×10^{-1}	3.25×10^{-1}	3.32×10^{-1}

この課題で作成したグラフは次回以降も使うので，各自保管しておくこと。

関数とグラフ

- ★ これまでの学習にグラフが登場したのであろう場面
 - ★ 数学で登場する「関数のグラフ」
 - ★ 理科関係科目で登場する，物理量間の関係を示すグラフ
- ★ どちらも基本的には同じもの
- ★ 関数とは何か？

関数とは何か？

- ★ 入力に対して、ある出力を返すものを関数という
入力と出力との対応関係のこと。
- ★ 例： $1 \rightarrow 1$, $2 \rightarrow 4$, $3 \rightarrow 9$, $4 \rightarrow 16$, $5 \rightarrow 25$, $6 \rightarrow 36$
- ★ 自然科学では、これが2つの物理量間の関係になるだけのこと。
- ★ 例「電圧の値を変えながら、電流の値を調べて、電圧と電流の関係を見つける」
→ 「電圧の値を独立変数とし、電流の値を従属変数とするような関数の形を調べる」

自然を理解するために、グラフ

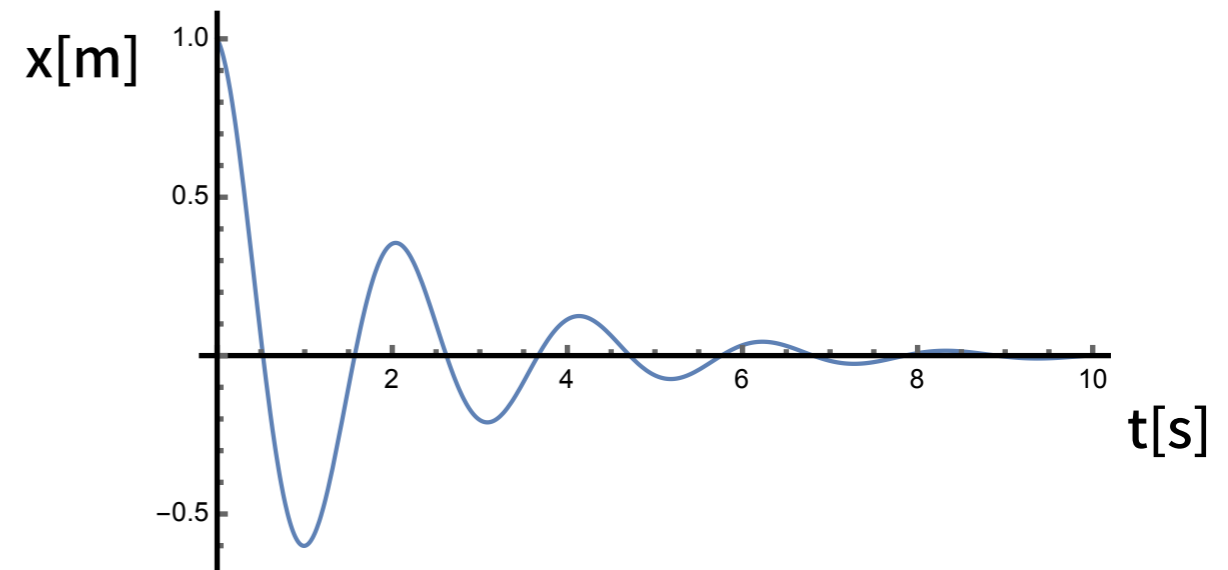
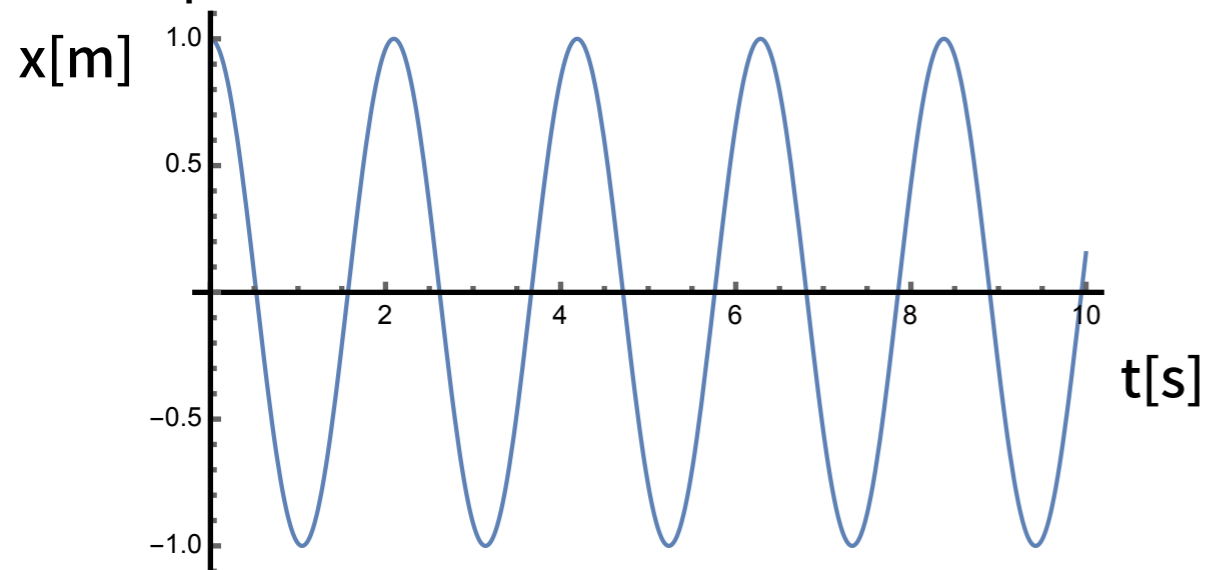
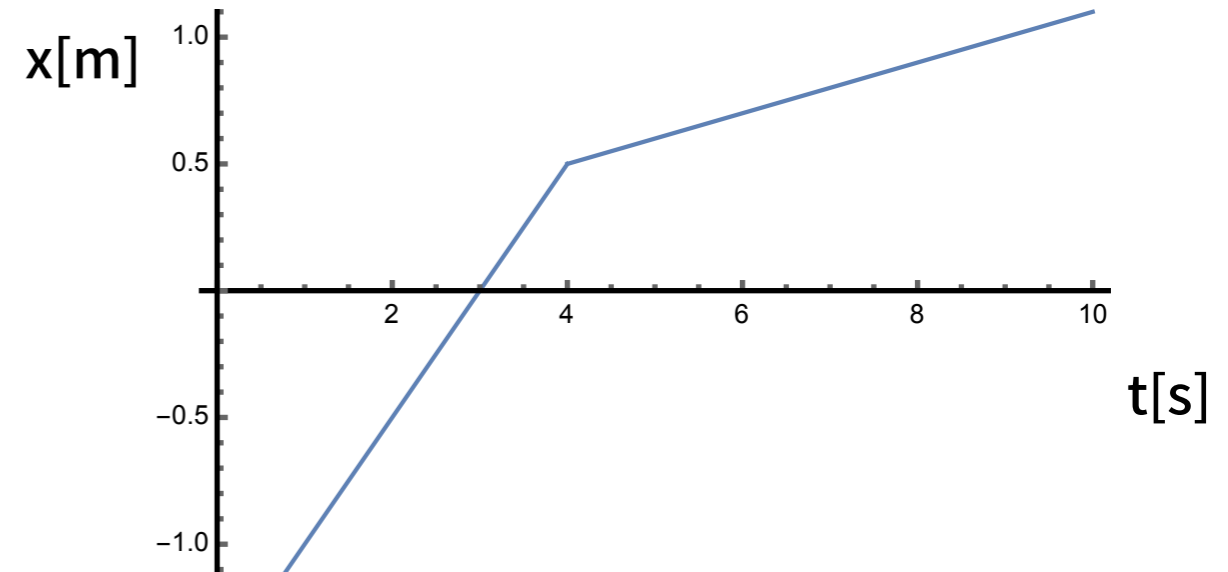
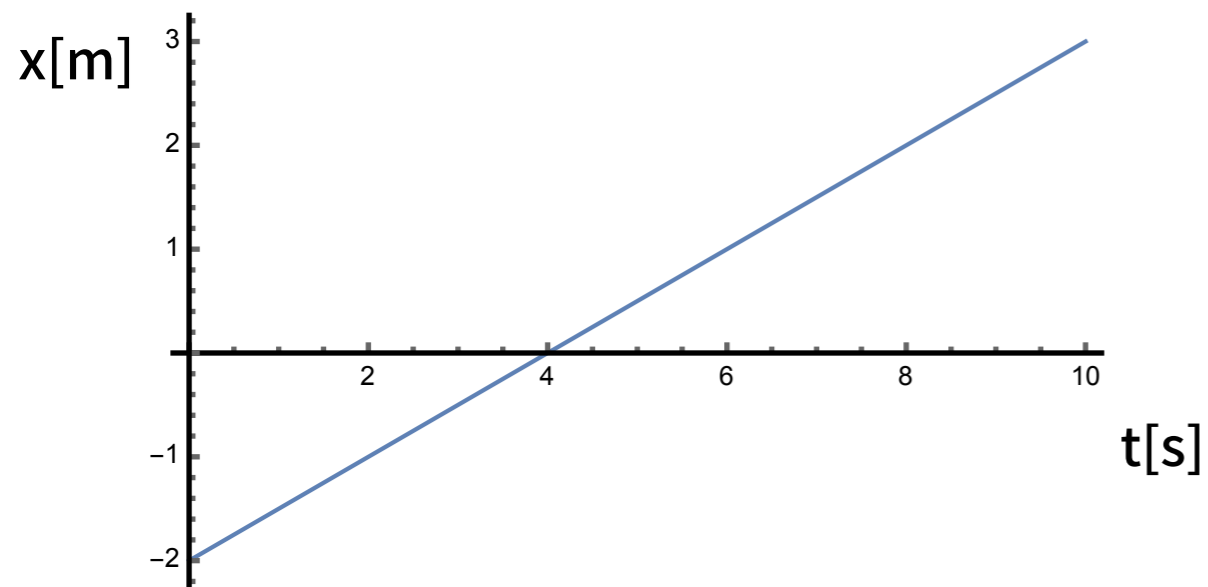
グラフの読み方

- ★ 数学のグラフは数学的関数の性質を表現している
 - ★ 1次関数→直線，2次関数→放物線，など
- ★ 自然科学におけるグラフは，現実の測定値（やそれに関係する何か）の関係という具体的な意味をもつ
- ★ グラフのふるまいを見て，具体的な現象を思い描けるかどうか**重要**→意識してグラフを読む訓練が必要

練習

次のグラフは、ある物体の時刻 t における位置 x を表したものである。

これらの運動がどんな運動なのか説明せよ。



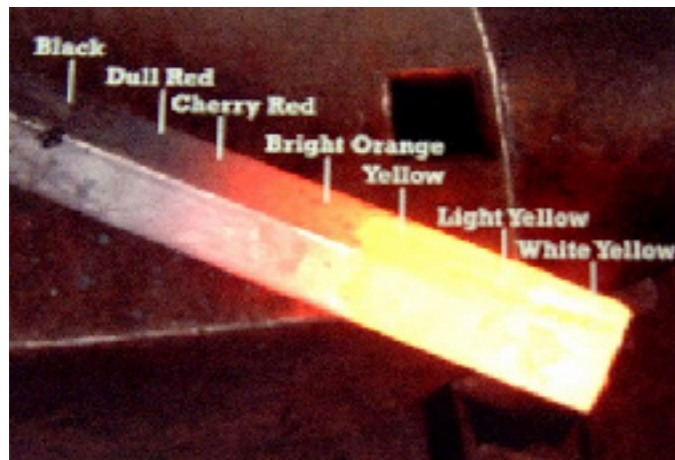
おまけの話：黒体輻射

物体を構成する原子や分子は温度に応じて熱的に振動



物体は温度で決まる**特有の電磁波を放射**

例: 鉄を熱する



低温

赤

橙色

白っぽく
なる

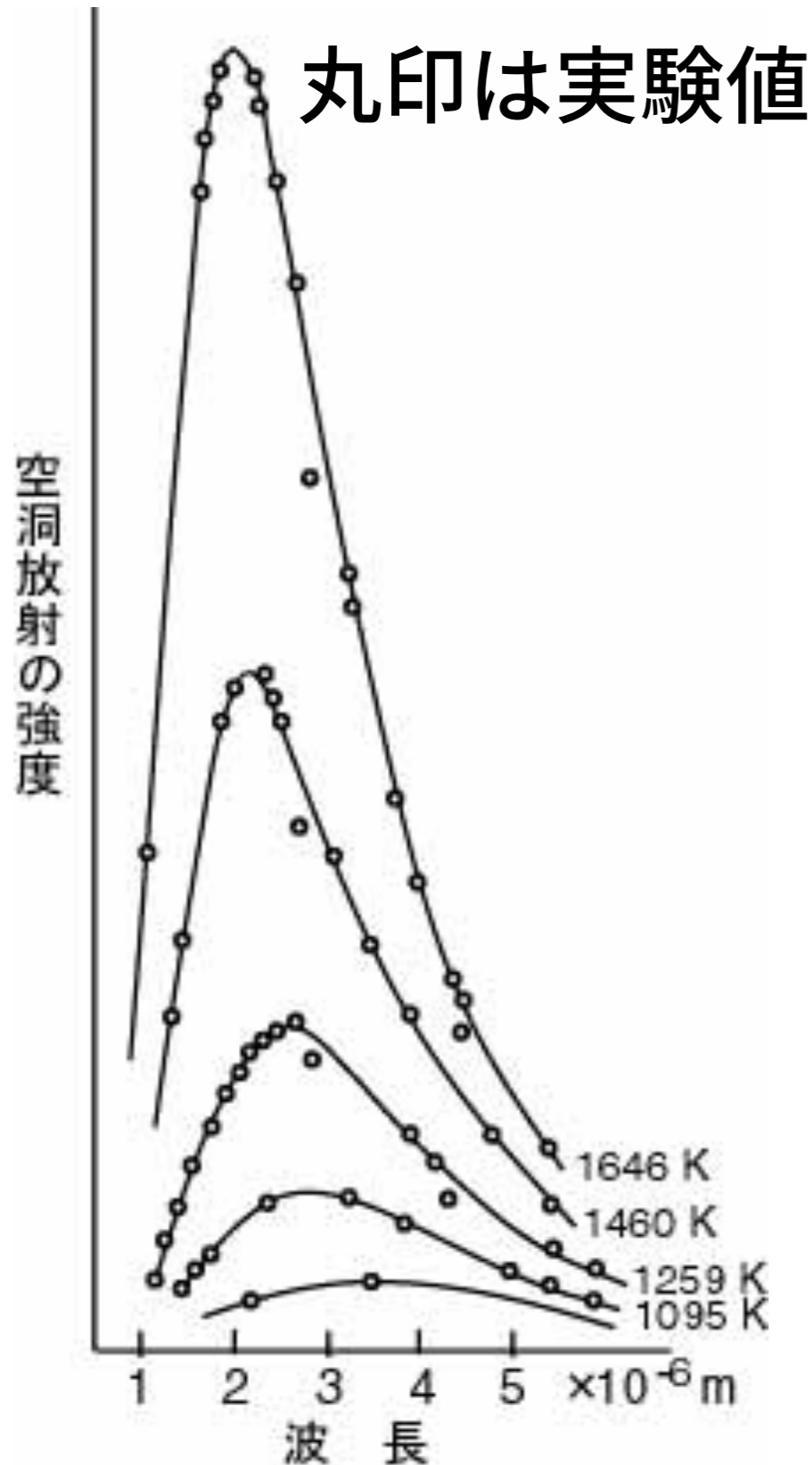
高温

阿蘇ものづくり学校のサイトより

壁が**温度 T** の黒体でできている箱（空洞）を考える

空洞内の光のスペクトルは、 T のみに依存し、壁の物質、空洞の形、大きさと全く無関係に決まる（キルヒホッフの法則）。

黒体輻射とエネルギー量子



$$u(T, \lambda) = \frac{8\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{\lambda k_B T}\right) - 1}$$

$$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg} / \text{s}$$

$$c = 2.998 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$k_B = 1.38064852 \times 10^{-23} \text{ m}^2 \text{ kg s}^{-2} \text{ K}^{-1}$$

この形は輻射エネルギーが量子化されることを示唆している

エネルギーは、連続量ではなく、振動数 ν の輻射エネルギーは $h\nu$ の整数倍しかとることができない。

エネルギー量子

仮説：

エネルギーは、連続量ではなく、振動数 ν の輻射エネルギーは $h\nu$ の整数倍しかとることができない。

この仮説とボルツマンの分布則により、1つの振動数 ν の状態について、エネルギーの平均値は

$$\langle E \rangle = \frac{\sum_{n=0}^{\infty} nh\nu e^{-nh\nu/k_B T}}{\sum_{n=0}^{\infty} e^{-nh\nu/k_B T}}$$

分子分母の和の部分を実行すると、

$$\langle E \rangle = \frac{h\nu}{e^{h\nu/k_B T} - 1}$$

これに、 ν と $\nu+d\nu$ の間にある振動数の状態数をかけると $u(\nu, T)d\nu$ になるので、そこから $u(\nu, T)$ がとまる。

レポートの重要性

★ 実験，測定，思考などによって得られた結果は，レポートとしてまとめる必要がある。

★ なぜレポートを書くか？

★ レポートには何を書くべきか？

★ どのようにレポートを書くか？

細かい話はいずれやります。

レポート(論文)の形式

先頭部分(タイトルページ)

本文

末尾

先頭部分の内容

- 表題(タイトル)
- 著者名および著者に関する情報(学籍番号等, 論文の場合には所属機関や連絡先)
- 論文の要旨(アブストラクト)
- 目次(短かいものなら不要)
- その他各種情報

雑誌情報, 巻数, 頁数等

Physics Letters B 699 (2011) 258–263



Contents lists available at ScienceDirect

Physics Letters B

www.elsevier.com/locate/physletb



タイトル

Non-decoupling effects in supersymmetric Higgs sectors

Shinya Kanemura^a, Tetsuo Shindou^{b,*}, Kei Yagyu^a

著者(分野によっては順番も大事)

^a Department of Physics, University of Toyama, 3190 Gofuku, Toyama 930-8555, Japan

^b Faculty of Engineering, Kogakuin University, 1-24-2 Shinjuku, Tokyo 163-8677, Japan

所属

ARTICLE INFO

Article history:

Received 30 November 2010

Received in revised form 9 February 2011

Accepted 4 April 2011

Available online 14 April 2011

Editor: T. Yanagida

Keywords:

Supersymmetric standard model

Extended Higgs sector

Non-decoupling effects

キーワード

受領日等

ABSTRACT

A wide class of Higgs sectors is investigated in supersymmetric standard models. When the lightest Higgs boson (h) looks the standard model one, the mass (m_h) and the triple Higgs boson coupling (the hhh coupling) are evaluated at the one-loop level in each model. While m_h is at most 120–130 GeV in the minimal supersymmetric standard model (MSSM), that in models with an additional neutral singlet or triplet fields can be much larger. The hhh coupling can also be sensitive to the models: while in the MSSM the deviation from the standard model prediction is not significant, that can be 30–60% in some models such as the MSSM with the additional singlet or with extra doublets and charged singlets. These models are motivated by specific physics problems like the μ -problem, the neutrino mass, the scalar dark matter and so on. Therefore, when h is found at the CERN Large Hadron Collider, we can classify supersymmetric models by measuring m_h and the hhh coupling accurately at future collider experiments.

© 2011 Elsevier B.V. All rights reserved.

概要(アブストラクト)

本文の構成

序論

導入部分，動機づけ，その分野における位置付けの紹介，簡単なまとめ(何をやるうとしているか)等

本論

実際にこのレポート・論文で行った調査，実験，解析の詳細な説明

まとめ

結果のまとめと総括，今後の展望，残った課題等

実験レポートのような場合

- ★ 実験を行なった目的について書く（序論）
- ★ 実験の詳細や，データの解析，結果の考察などについて書く（本論）
- ★ 実験および解析，考察を行なった結果として，何がわかったかを端的にまとめる（まとめ）

末尾部分の内容

- 謝辞(必要に応じて書く。)
- 引用文献のリスト
- 付録(本文の流れとは直接関係ないが、あると便利な公式等)
- ...

Acknowledgements

謝辞の例

We would like to thank Yasuhiro Okada for useful discussions. This work was supported in part by Grant-in-Aid for Scientific Research, Japan Society for the Promotion of Science (JSPS), Nos. 22244031 and 19540277 (S.K.), and No. 22011007 (T.S.). The work of K.Y. was supported by JSPS Fellow (DC2).

演習課題

電気抵抗の抵抗値について，この授業の最後にレポートにまとめてもらいます。そのための必要なパーツである「目的」「方法」「結果」の部分について，簡単な下書きを作成せよ。