

教員発表②  
理系科目での  
対面・オンラインのハイブリッド授業の事例

2021年6月18日

理学部物理学科  
角野秀一

# 2つの授業の事例を紹介

共通点: 対面での受講とオンラインでの受講の両者に対応  
相違点: 板書中心 ⇔ スライド中心

## ① 2020 年度後期 電磁気学 II

板書を用いた  
「ハイブリッド授業」

- 受講者は物理学科学生
  - 電磁気学の概念的な部分は理解できていることを前提
  - 理解できている概念を、数式として表現できることを目指す
  - 板書により、学生がノートを取り、手を動かすことで理解することを促す。

## ② 2021 年度前期 物理学概説 I

スライドを用いた  
「ハイブリッド授業」

- 受講者は高校で物理を学んでいない学生を含む他学科学生
  - 数式による理解よりも先に概念的な理解が必要
  - スライドを用いて、まず概念的な理解を目指す。
  - その後の数式としての理解は、課題に取り組み手を動かすことで目指す。

# 2つの授業の事例を紹介

共通点: 対面での受講とオンラインでの受講の両者に対応  
相違点: 板書中心 ⇔ スライド中心

## ① 2020 年度後期 電磁気学 II

板書を用いた  
「ハイブリッド授業」

- 受講者は物理学科学生
  - 電磁気学の概念的な部分は理解できていることを前提
  - 理解できている概念を、数式として表現できることを目指す
  - 板書により、学生がノートを取り、手を動かすことで理解することを促す。

## ② 2021 年度前期 物理学概説 I

スライドを用いた  
「ハイブリッド授業」

- 受講者は高校で物理を学んでいない学生を含む他学科学生
  - 数式による理解よりも先に概念的な理解が必要
  - スライドを用いて、まず概念的な理解を目指す。
  - その後の数式としての理解は、課題に取り組み手を動かすことで目指す。

# 電磁気学II: セットアップ

- 板書を用いた講義
- 質問の受付:
  - 対面の受講者: 授業中の口頭での質問、またはリアクションペーパー
  - リモートの受講者: マイクオンでの質問、または Zoom のチャット機能

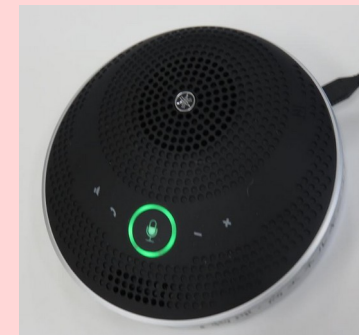
再現セットアップ



USB カメラ



スピーカーフォン



ポケット WiFi



# 電磁気学II: セットアップ

- 板書を用いた講義
- 質問の受付:
  - 対面の受講者: 授業中の口頭での質問、またはリアクションペーパー
  - リモートの受講者: マイクオンでの質問、または Zoom のチャット機能

再現セットアップ:  
教員側からみると...

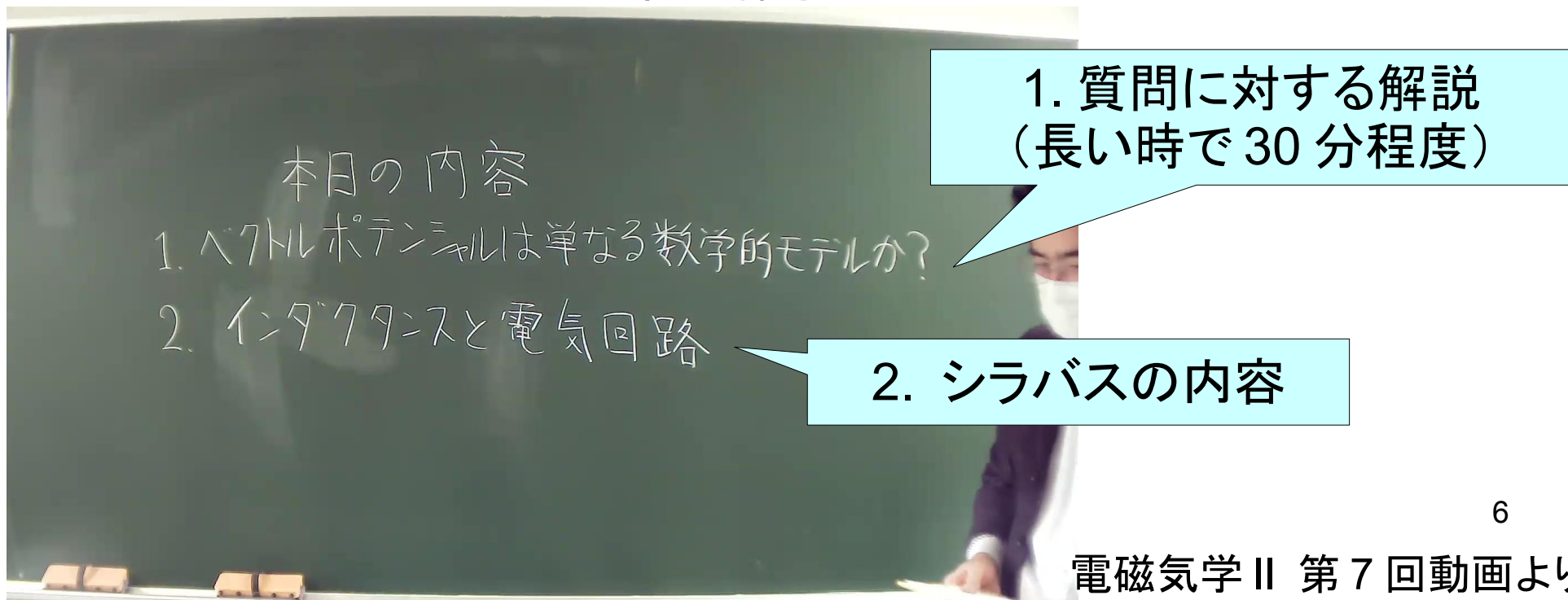
スピーカーフォンで  
双方向のコミュニケーションが可能:

- ・教員の声 → Zoom 参加者
- ・教室の学生の声 → Zoom 参加者
- ・Zoom 参加者の声 → 教員
- ・Zoom 参加者の声 → 教室の学生



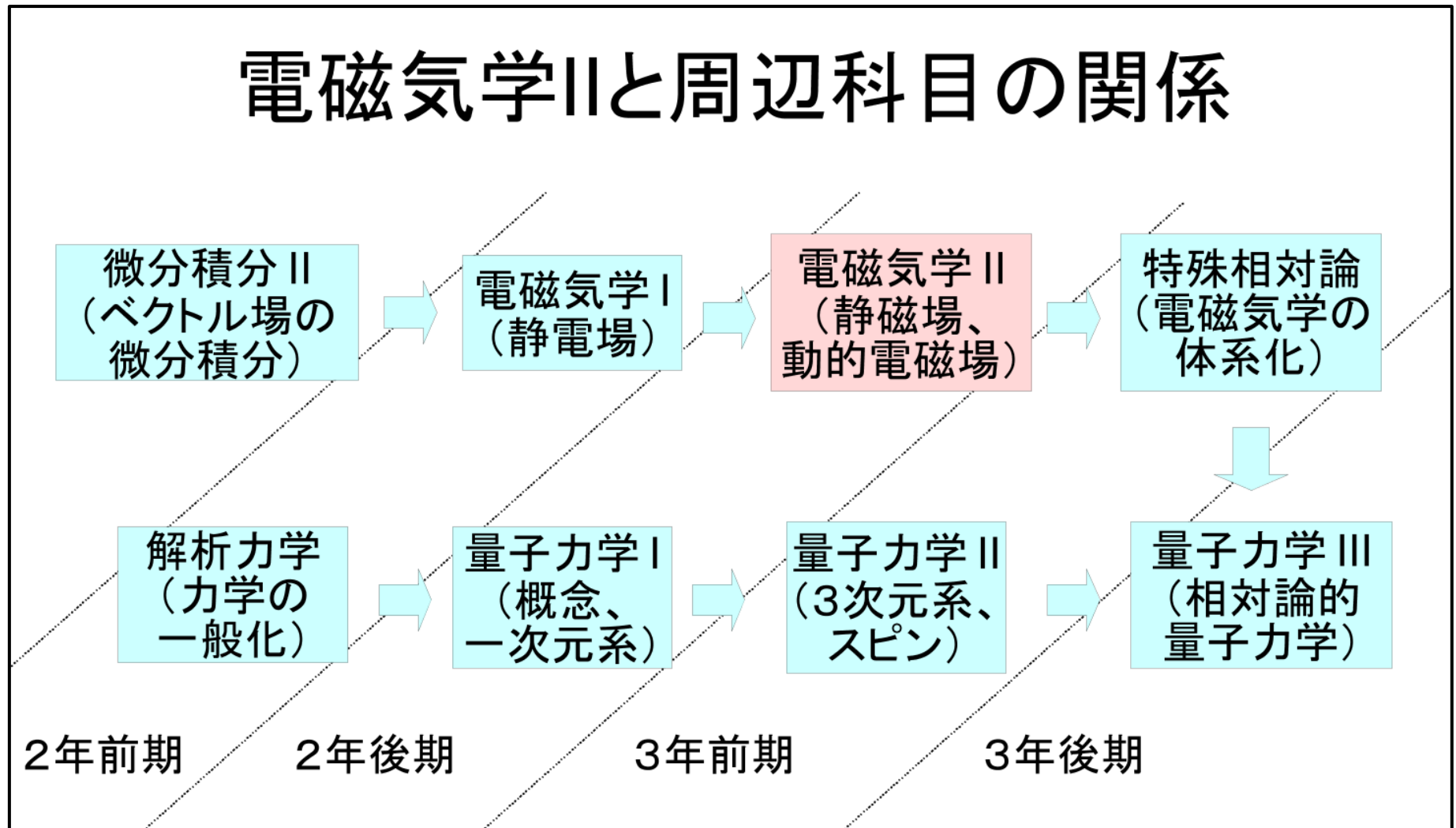
# 電磁気学II: 授業の概要

- 別途演習の授業があるため、基本的に90分間ひたすら板書  
→ 学生はノートを取り、手を動かして理解することを期待
- 内容
  1. リアクションペーパーまたは、  
授業の最後にあったZoomチャットでの質問への解説
  2. シラバスで書かれた内容の講義



# 質問への回答に時間を長く取るのは...

→ 電磁気学IIが、周辺の物理学とどのような繋がりを持つか伝え、学んでいる意義を理解してもらうため。





# 質問への回答に時間を長く取るのは...

→ 電磁気学IIが、周辺の物理学とどのような繋がりを持つか伝え、学んでいる意義を理解してもらうため。





# シラバスの内容の講義に関して

講義の途中で、(必要に応じて)学生が考える時間を取るようになっている:

例2) 半直線電流が作る磁束密度 ( $z=-\infty$ から $z=0$ まで電流 $I$ )  
位置 $r=(r, \theta, \varphi)$ につくる磁束密度  
 $\Rightarrow$ アンペールマクスウェルの法則で求める

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \left\{ I + \epsilon_0 \int_S \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \cdot d\mathbf{S} \right\}$$

(1) 閉曲面を貫く  $\left\{ \begin{array}{l} \text{真電流 } I=0 \\ \text{変位電流: } \epsilon_0 \int \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \cdot d\mathbf{S} \end{array} \right.$

$$\epsilon_0 \int_S \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \cdot d\mathbf{S} =$$

$S$ : 球面の部  
 $\mathbf{B}(r, \theta, \varphi)$   
変位電流が湧き出す  
電流を喰い込む (電荷が増加)  
 $(0, 0, 0)$   
 $I$  ( $z$ 軸上)

5分程度時間を取り、  
各々計算をさせる。

# シラバスの内容の講義に関して

講義の途中で、(必要に応じて)学生が考える時間を取るようになっている:

例2) 半直線電流が作る磁束密度 ( $z=-\infty$  から  $z=0$  まで電流  $I$ )  
 位置  $r=(r, \theta, \varphi)$  につくる磁束密度  
 $\Rightarrow$  アンペールマクスウェルの法則で求める

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \left\{ I + \epsilon_0 \int_S \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \cdot d\mathbf{S} \right\}$$

(1) 閉曲面を貫く  $\left\{ \begin{array}{l} \text{真電流 } I=0 \\ \text{変位電流: } \epsilon_0 \int \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \cdot d\mathbf{S} \end{array} \right.$

$$\epsilon_0 \int_S \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \cdot d\mathbf{S} = \epsilon_0 \int_0^{2\pi} \int_0^\theta \frac{\partial E_r}{\partial t} r^2 \sin\theta' d\theta' d\varphi$$

$$= \epsilon_0 \frac{I}{4\pi\epsilon_0 r^2} \cdot 2\pi r^2 \int_0^\theta \sin\theta' d\theta'$$

$$= \frac{I}{2} (1 - \cos\theta)$$

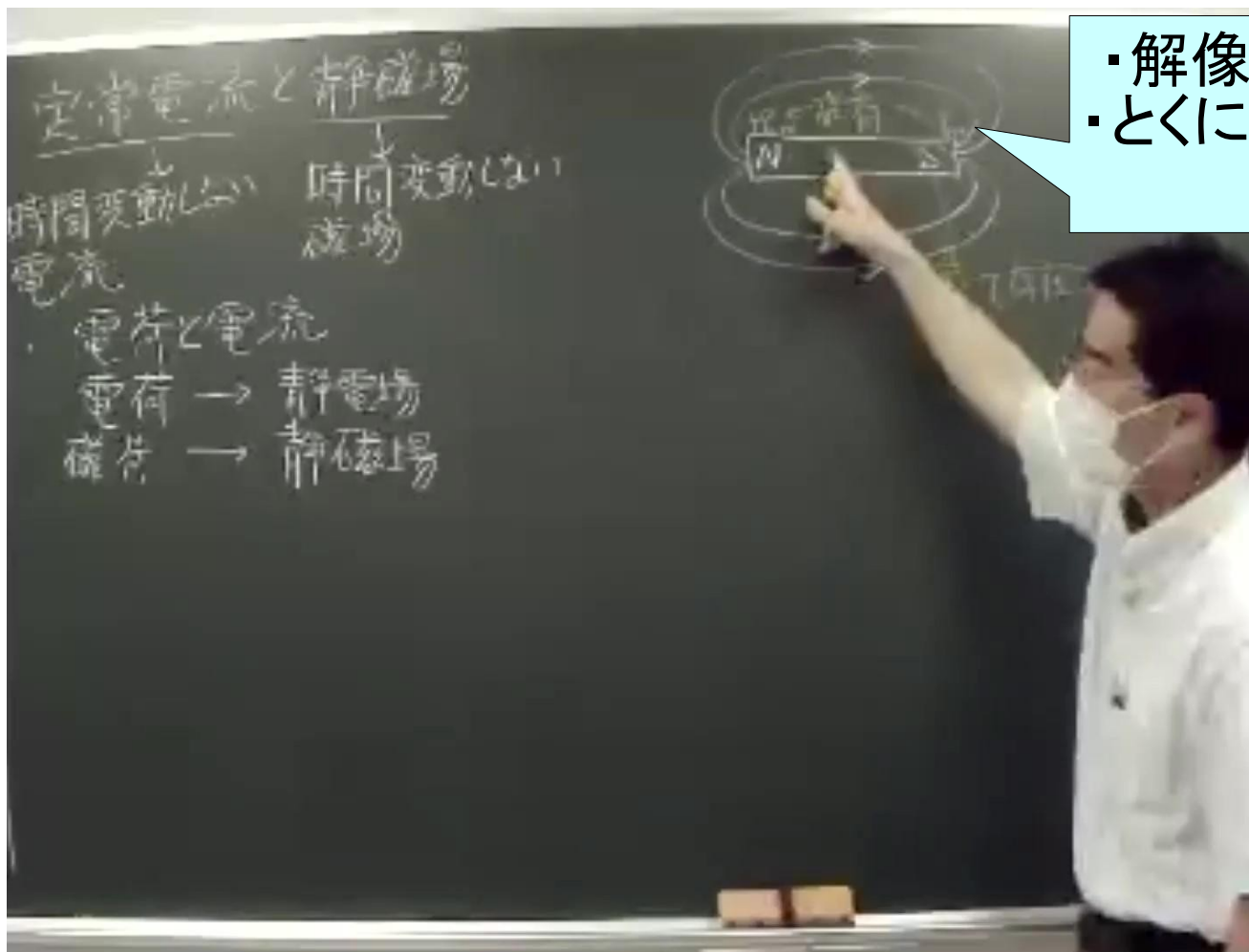
$E_r = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$   
 $\frac{\partial E_r}{\partial t} = \frac{I}{4\pi\epsilon_0 r}$

$S$ : 球面の部  
 $\mathbf{B}(r, \theta, \varphi)$   
 $d\mathbf{S}$   
 $(0,0,0)$   
 変位電流が湧き出す  
 電流を喰い出す (電荷が増加)  
 $I$  ( $z$  軸上)

その後、解説

# 板書の授業：失敗点と改善点

Zoom 配信で板書が読めないとの苦情が多数寄せられた。

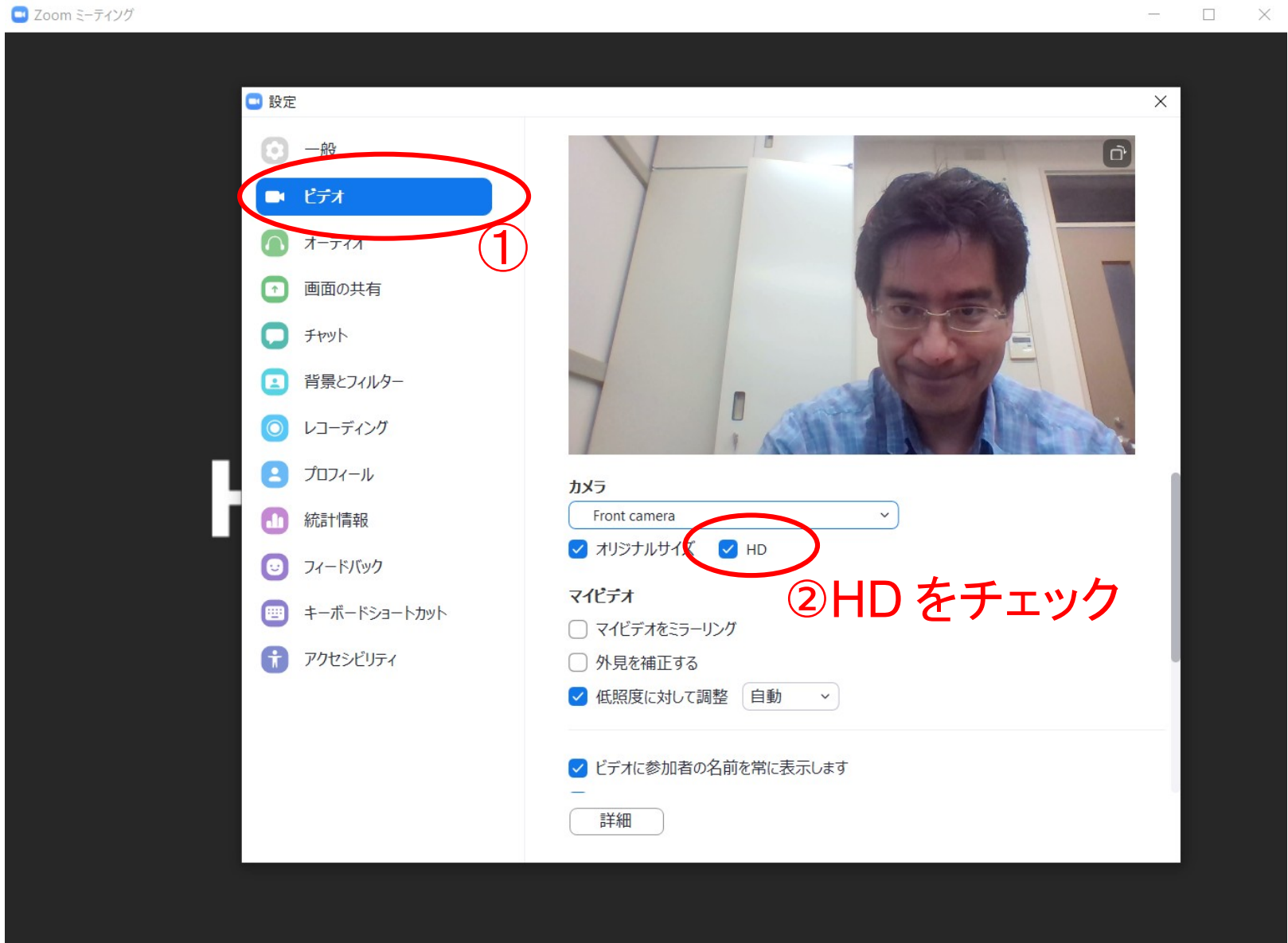


電磁気学Ⅱ 第1回授業の動画より

# 板書の授業：失敗点と改善点

Zoom 配信で板書が読める解像度にするには ...

Zoom ミーティング



設定

- 一般
- ビデオ** ①
- オーディオ
- 画面の共有
- チャット
- 背景とフィルター
- レコーディング
- プロフィール
- 統計情報
- フィードバック
- キーボードショートカット
- アクセシビリティ

カメラ

Front camera

- オリジナルサイズ
- HD ② HD をチェック

マイビデオ

- マイビデオをミラーリング
- 外見を補正する
- 低照度に対して調整 自動

ビデオに参加者の名前を常に表示します

詳細



# 板書の授業：失敗点と改善点

Zoom 配信で板書が読める解像度にするには ...

Zoom ミーティング

設定

- 一般
- ビデオ
- オーディオ
- 画面の共有** ③
- チャット
- 背景とフィルター
- レコーディング
- プロフィール
- 統計情報
- フィードバック
- キーボードショートカット
- アクセシビリティ

画面を共有している場合のウィンドウサイズ：

- 全画面モード
- ウィンドウを最大化する
- 現在のサイズを保持する
- スケールして共有されたコンテンツをZoomウィンドウにフィット
- すべてのアプリケーションのリモートコントロールを有効にします
- 左右表示モード ①
- デスクトップの共有時にシステム通知を消音

アプリケーションを共有

- 個々のウィンドウを共有
- アプリケーションからすべてのウィンドウを共有

ミーティングで私の画面を共有する場合

- デスクトップを自動的に共有します ①
- すべての共有オプションを表示

Zoom Roomに対して直接共有する場合

- デスクトップを自動的に共有します ①
- すべての共有オプションを表示

詳細 ④

④HD を詳細をクリック

# 板書の授業：失敗点と改善点

Zoom 配信で板書が読める解像度にするには ...

Zoom ミーティング

設定

- 一般
- ビデオ
- オーディオ
- 画面の共有**
- チャット
- 背景とフィルター
- レコーディング
- プロフィール
- 統計情報
- フィードバック
- キーボードショートカット
- アクセシビリティ

⑤ チェック

- 画面共有対象を以下に制限する **4** フレーム毎秒
- 共有コンテンツの周囲に緑色の境界を表示
- 画面共有にTCP接続を使用してください ?
- 画面キャプチャモード **自動** ?
- ハードウェアの加速化を以下に対して使用
  - 画面共有 ?
  - 共有画面またはホワイトボードのコメント ?
  - ビデオ共有を最適化するにはハードウェアアクセラレーションを使用します ?

⑥ 4 または 6 フレーム毎秒に  
← 通信量や動画ファイルのサイズを抑えるため

4



# 板書の授業：失敗点と改善点

Zoom 配信で板書が読める解像度にするには ...

重要：

「ビデオの開始」で  
板書を配信してはいけません

HD 画質に設定しても  
**HD 画質にはなりません。**

⑦ 「画面の共有」をクリック



# 板書の授業：失敗点と改善点

Zoom 配信で板書が読める解像度にするには ...

Zoom ミーティング

共有するウィンドウまたはアプリケーションの選択

ベーシック 詳細

Hidekazu Kakuno

画面

ホワイトボード

iPhone/iPad

Zoom

⑧ 詳細をクリック

音声を共有  ビデオクリップに最適化 共有

ミュート 1 参加者 投票 チャット 画面の共有 レコーディング リアクション 終了

# 板書の授業：失敗点と改善点

Zoom 配信で板書が読める解像度にするには ...

Zoom ミーティング

共有するウィンドウまたはアプリケーションの選択

ベーシック 詳細

⑧ 詳細をクリック

画面

ホワイトボード

iPhone/iPad

Zoom

音声を共有  ビデオクリップに最適化

共有

ミュート

ビデオの開始

セキュリティ

参加者 1

投票

チャット

画面の共有

レコーディング

リアクション

詳細

終了

# 板書の授業：失敗点と改善点

Zoom 配信で板書が読める解像度にするには ...

Zoom ミーティング

The screenshot shows the Zoom sharing options menu. The title is "共有するウィンドウまたはアプリケーションの選択". There are two tabs: "ベーシック" (Basic) and "詳細" (Advanced). The "ベーシック" tab is selected. There are five sharing options: "バーチャル背景としてのPowerPoint" (Virtual Background as PowerPoint), "画面の部分" (Part of Screen), "コンピュータオーディオ" (Computer Audio), "ビデオ" (Video), and "第2カメラのコンテンツ" (Content from Second Camera). The "第2カメラのコンテンツ" option is circled in red. Below the sharing options, there are two checkboxes: "音声を共有" (Share Audio) and "ビデオクリップに最適化" (Optimize for Video Clips). The "共有" (Share) button is circled in red.

共有するウィンドウまたはアプリケーションの選択

ベーシック 詳細

バーチャル背景としてのPowerPoint

画面の部分

コンピュータオーディオ

ビデオ

第2カメラのコンテンツ

音声を共有

ビデオクリップに最適化

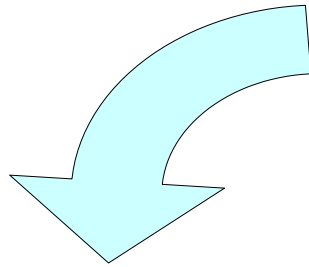
共有

⑨ 第二カメラのコンテンツをクリック

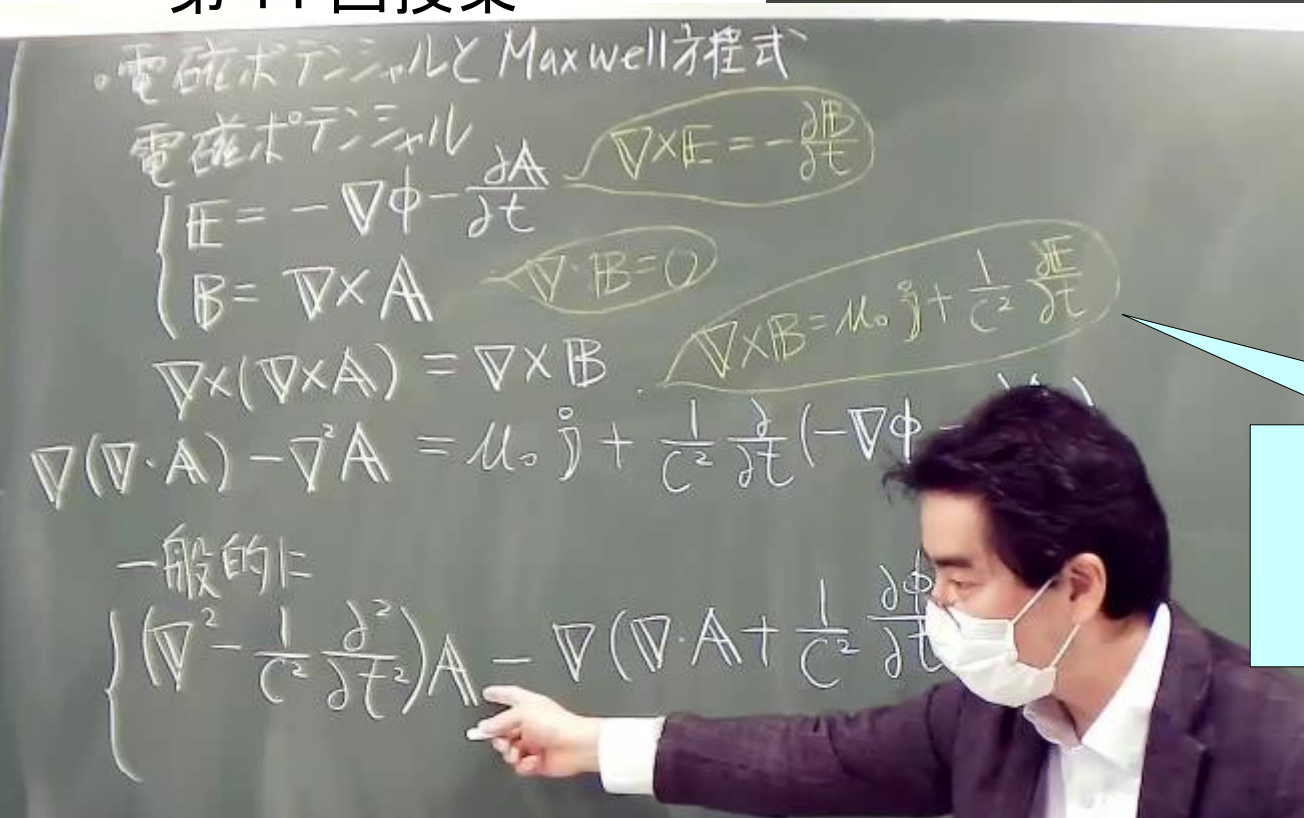
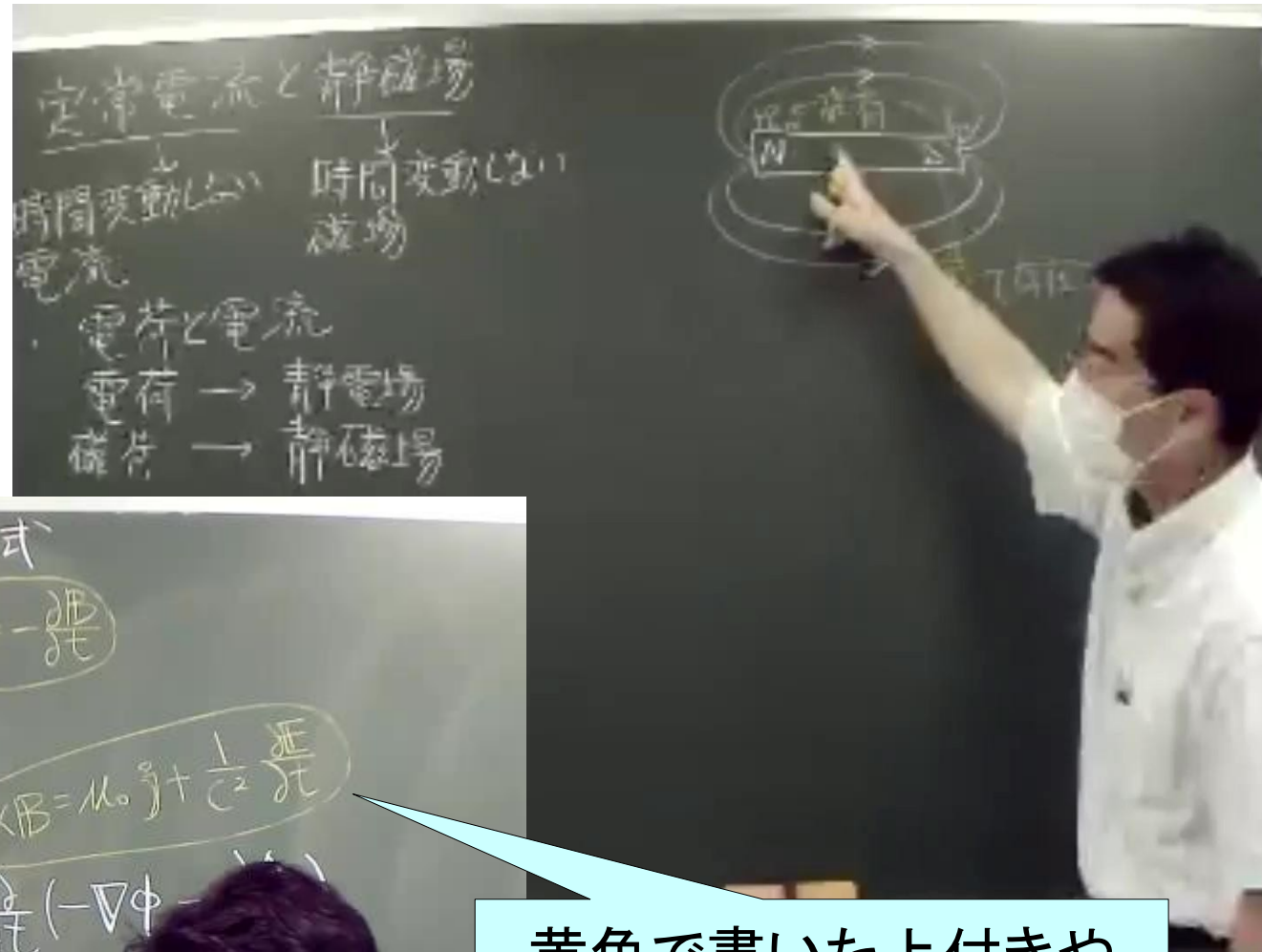
⑩ 共有をクリック

# 板書の授業：改善前と改善後

第1回授業



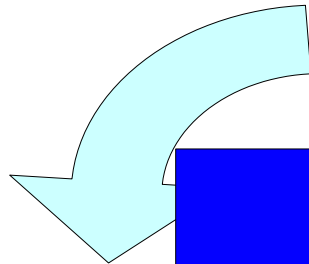
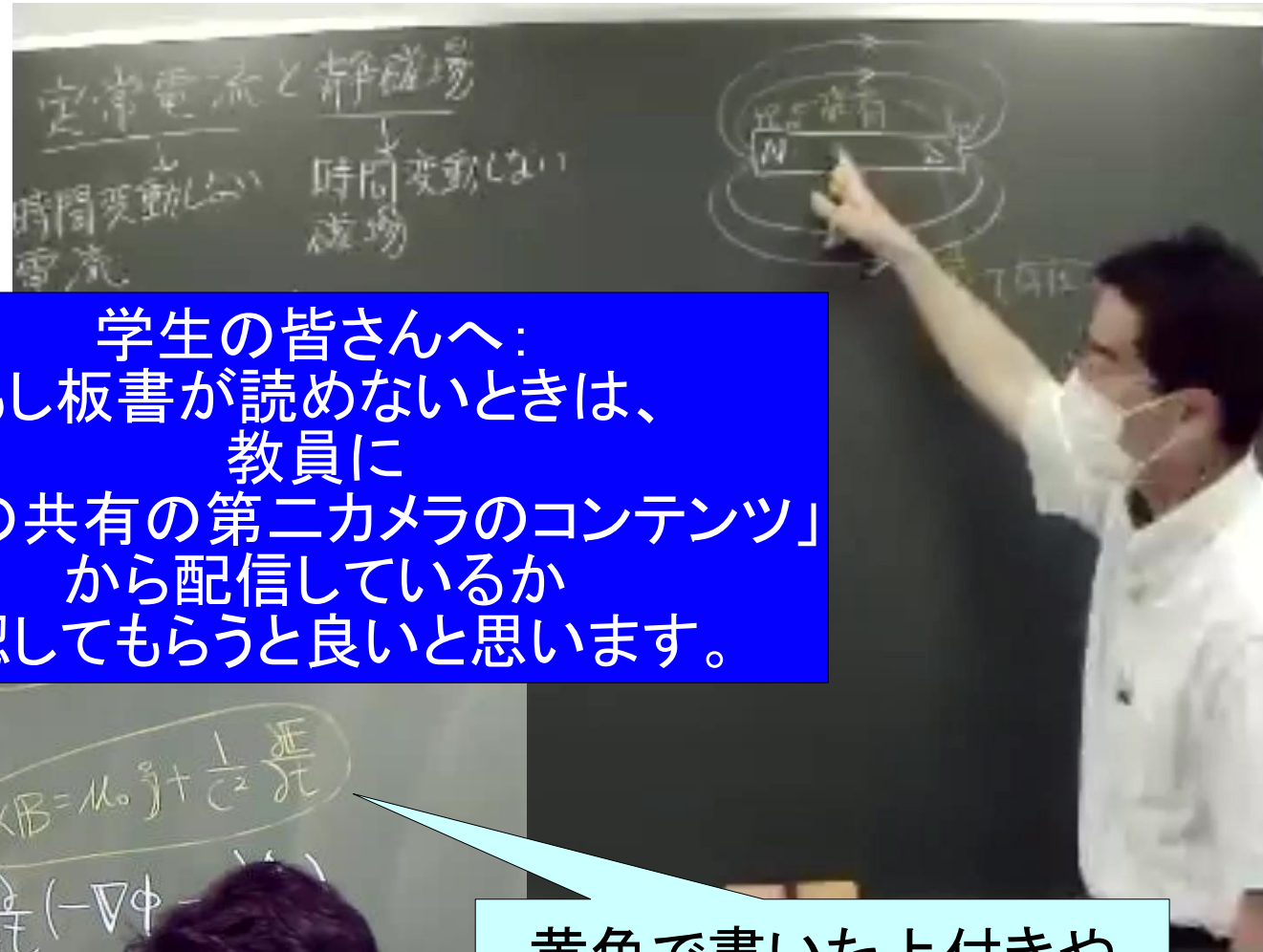
第11回授業



黄色で書いた上付きや  
下付きの文字も  
読めるようになった

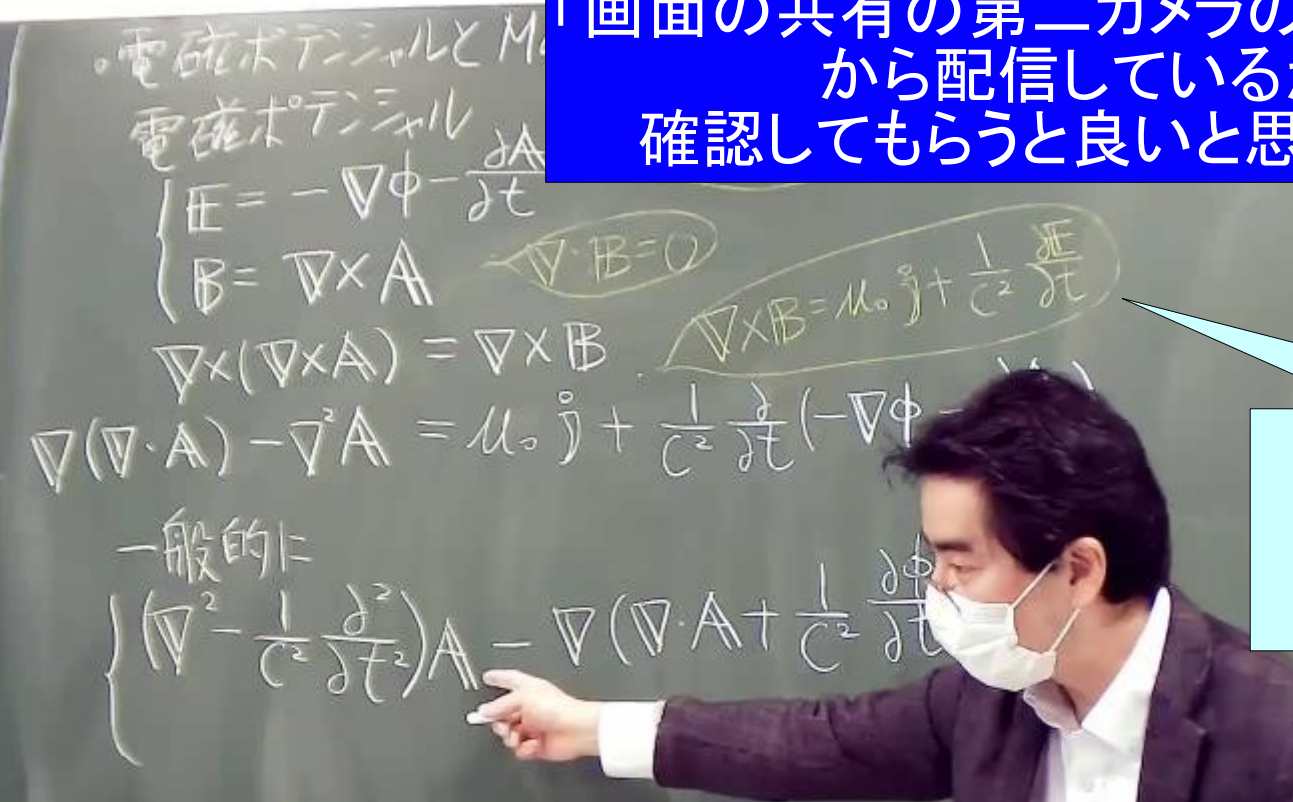
# 板書の授業：改善前と改善後

第1回授業



第11回授業

学生の皆さんへ：  
もし板書が読めないときは、  
教員に  
「画面の共有の第二カメラのコンテンツ」  
から配信しているか  
確認してもらえると良いと思います。



黄色で書いた上付きや  
下付きの文字も  
読めるようになった



# 2つの授業の事例を紹介

共通点: 対面での受講とオンラインでの受講の両者に対応  
相違点: 板書中心 ⇔ スライド中心

## ① 2020 年度後期 電磁気学 II

板書を用いた  
「ハイブリッド授業」

- 受講者は物理学科学生
  - 電磁気学の概念的な部分は理解できていることを前提
  - 理解できている概念を、数式として表現できることを目指す
  - 板書により、学生がノートを取り、手を動かすことで理解することを促す。

## ② 2021 年度前期 物理学概説 I

スライドを用いた  
「ハイブリッド授業」

- 受講者は高校で物理を学んでいない学生を含む他学科学生
  - 数式による理解よりも先に概念的な理解が必要
  - スライドを用いて、まず概念的な理解を目指す。
  - その後の数式としての理解は、課題に取り組み手を動かすことで目指す。

# 物理学概説I: セットアップ

スライドをプロジェクター表示および Zoom 配信

- 質問の受付:

対面の受講者: 直接の質問またはリアクションペーパー

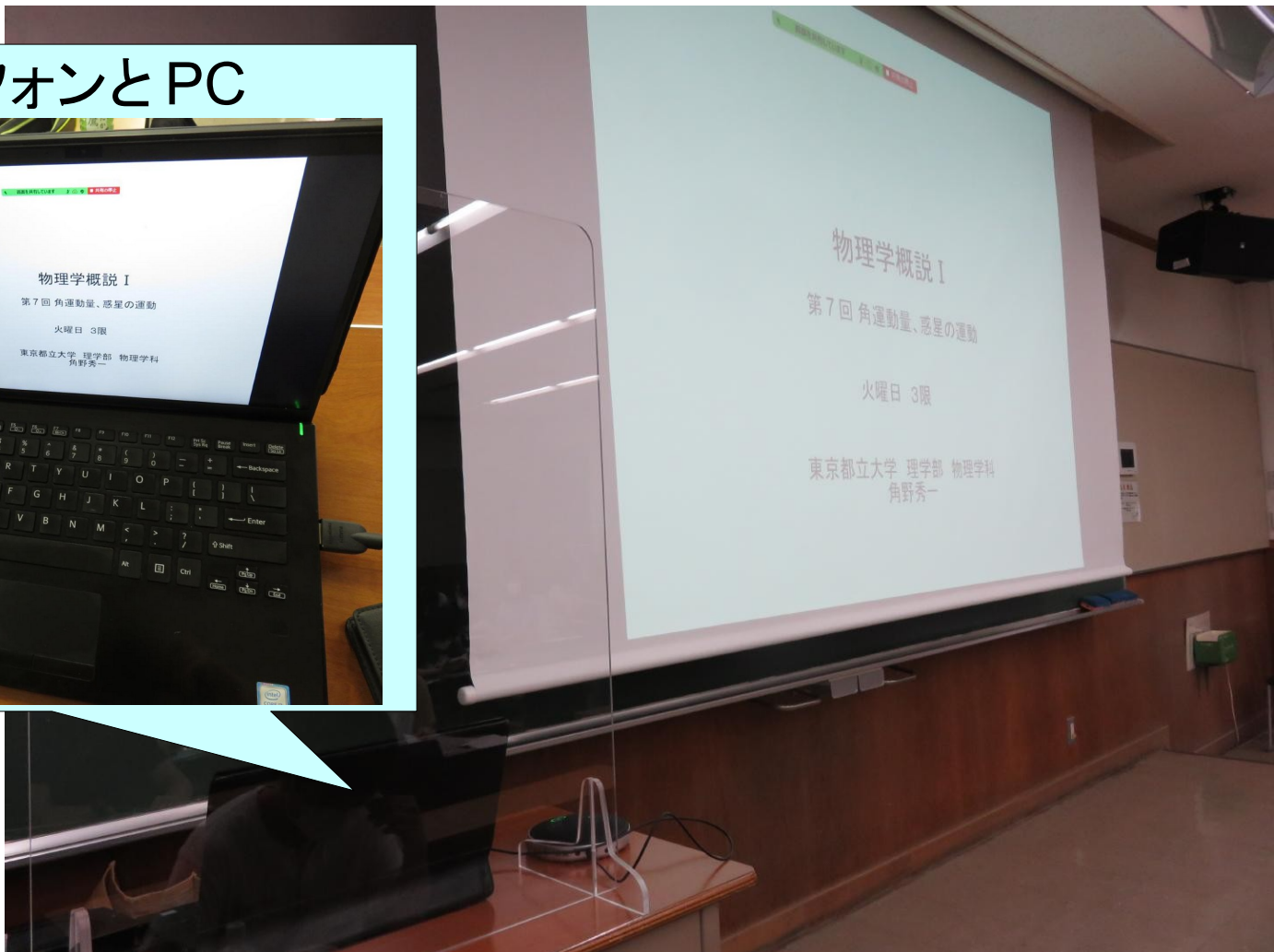
リモートの受講者: 主に Zoom のチャット機能

## スピーカーフォンとPC



第9回授業より

(画面中の第7回は間違い)



# 物理学概説I

授業の資料は、2日前に kibaco にアップロード

予習 ↓

授業

- ・前回の課題の解説と質問への回答：30分程度
- ・講義(新しい内容の解説)：30分程度
- ・課題への取り組み(演習)：30分程度

授業の動画と、前回の課題の解説つき資料のアップロード

復習 ↓

課題の残り

反転授業を行わない理由：  
概念的な部分も含めて正しく理解してもらうために、知識の教授を、  
(動画の早送りが出来ない)リアルタイムオンラインで行いたい

# 物理学概説I

授業の資料は、2日前に kibaco にアップロード

予習 ↓

授業

- ・前回の課題の解説と質問への回答：30分程度
- ・講義(新しい内容の解説)：30分程度
- ・課題への取り組み(演習)：30分程度

授業の動画と、前回の課題の解説つき資料のアップロード

復習 ↓

課題の残り

# 前回の課題の解説や 質問への回答に長く時間を取るのは...

目的1: 分かりにくい箇所を補足して、理解を深めてもらうため。

目的2: 物理学に興味をもってもらい、学修意欲を高めてもらうため。

## 前回の質問の回答

Q: 我々の世界は4次元では?

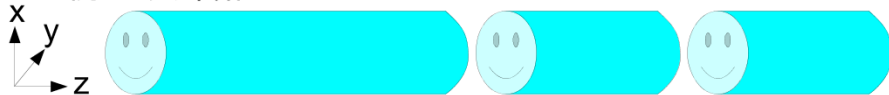
A: はい、相対論では時間を空間と同じように取扱い、  
空間3次元+時間1次元=4次元として取扱います。  
← 先週の話はそのうちの「空間」が3次元より高い次元を持つかも?  
という話です。

Q: 3次元より高い空間の次元をイメージできません。

本当の空間は高次元かもしれないが、丸まって3次元に見えるとは??

A: 私を含め、普通の人にはイメージ出来ないので、次元を落として考えます:

例: 金太郎飴

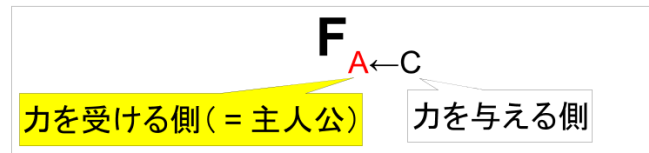
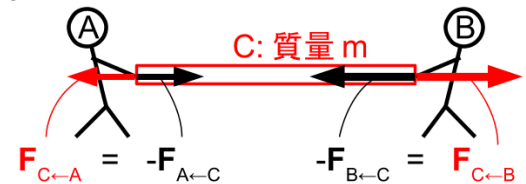


z方向には丸まっており、zのどの値で切っても、x-y方向は  
同じ形に見える(単にみえるだけでなく、x-y方向は物理的に同じ)  
→ この「空間」で生きる住民は、本当は3次元空間なのに  
2次元空間で生きていると思っている...はず

5

## 前回の質問の回答(続き)

Q:  $F_{A \leftarrow C}$  の意味について



$F_{A \leftarrow C}$  : Aさんが受ける力

$F_{B \leftarrow C}$  : Bさんが受ける力

$F_{C \leftarrow A} + F_{C \leftarrow B}$  : 棒Cが受ける力

6

# 物理学概説I

授業の資料は、2日前に kibaco にアップロード

予習 ↓

授業

- ・前回の課題の解説と質問への回答：30分程度
- ・講義(新しい内容の解説)：30分程度
- ・課題への取り組み(演習)：30分程度

授業の動画と、前回の課題の解説つき資料のアップロード

復習 ↓

課題の残り



# 講義(新しい内容の解説)に関して

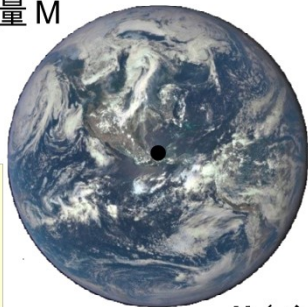
電磁気学IIと異なり、板書ではなくスライドを用いるのは...

物理学を学んでいない学生に対して、概念的に理解しやすくしたいため。

## 地球上の重力

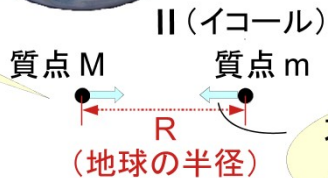
物体に大きさがあるとき、はたらく万有引力はどう考えれば良いか？

地球: 質量  $M$



人: 質量  $m$

地球の全質量が地球の中心(重心という)に集中している系に置き換えて良い



大きさ:  $G \frac{Mm}{R^2} = mg$   
 $g = G \frac{M}{R^2}$ : 重力加速度

地球上の重力 { 大きさ:  $F = mg$   
 方向: 地球の中心

15

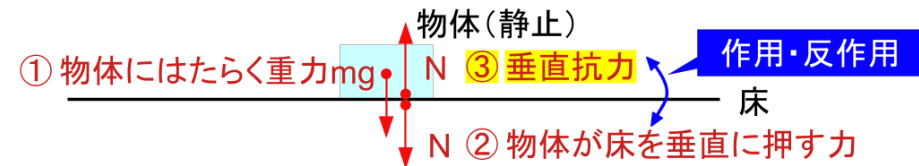
## 垂直抗力

物体(静止)



Q: 重力  $mg$  がはたらいているのに「静止」しているのはなぜか？

A: 床からの垂直抗力を受けて合力がゼロになるから



垂直抗力: 床が物体を垂直に押す力(②の反作用)

この例では:  $-mg = -N$  (①=②) 鉛直上向きを正とする  
 物体にはたらく合力 = ① + ③ =  $-mg + N = 0$  (静止)

18

物理学概説I 第4回資料より

# 物理学概説I

授業の資料は、2日前に kibaco にアップロード

予習 ↓

授業

- ・前回の課題の解説と質問への回答：30分程度
- ・講義(新しい内容の解説)：30分程度
- ・課題への取り組み(演習)：30分程度

授業の動画と、前回の課題の解説つき資料のアップロード

復習 ↓

課題の残り

# 課題への取り組み(演習)

課題に取り組む手を動かすことで:

1. 学んだ知識を定着させる。
2. 学んだ知識を利用する能力を身につける。

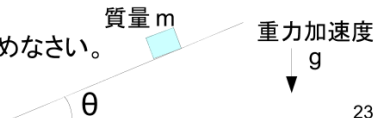
## 本日の課題

- 1-1. 質量  $M$  の質点 1 と、質量  $m$  の質点 2 が距離  $R$  離れた位置にある。他に力が働かないとして質点 1 と 2 の運動方程式(先週の話)をそれぞれ書きなさい。但し、質点 1 の加速度の大きさを  $a_1$ 、質点 2 の加速度の大きさを  $a_2$  万有引力定数を  $G$  とする。
- 1-2.  $M=6.0 \times 10^{24} \text{kg}$ ,  $m=0.60 \text{kg}$ ,  $R=6.4 \times 10^6 \text{m}$ ,  $G=6.7 \times 10^{-11} \text{m}^3/\text{kg} \cdot \text{s}^2$  として質点 1 と質点 2 の加速度の大きさ  $a_1$ ,  $a_2$  をそれぞれ求めなさい。

ちなみに  $M$  は地球の質量、 $m$  は人の質量、 $R$  は地球の半径である。(10頁の図)  
 $a_2$  は重力加速度と呼ばれる。

重力加速度を  $g$  と書き直すと、地球上の物体は大きさ  $mg$  の重力を受ける。(2. で使う)

2. 図のように角度  $\theta$  の斜面に質量  $m$  の小物体がある。  
斜面と物体の静止摩擦係数  $\mu$ 、動摩擦係数を  $\mu'$ 、重力加速度を  $g$  とする。
- 2-1. 小物体が静止している時、小物体にはたらく全ての力を図示し、それぞれの力の大きさを求めなさい。
- 2-2. 小物体が滑り落ちている時、小物体にはたらく全ての力を図示し、それぞれの力の大きさを求めなさい。  
なお、空気抵抗は無視する。
- 2-3. 前問 2-2 において、小物体にはたらく合力を求めなさい。



23

対面の受講者には、  
教室を回りながらアドバイス  
や質問対応を行う。

【課題点: Zoom の受講者には、  
あまりうまく対応できていない。】

以前の授業では行っていたが、  
今回紹介した年度には  
行っていない内容

- ・定期試験用のルーズリック
- ・演習問題の自己添削

# 定期試験用のルーブリック

教員が学生に望む到達度と、評価を明確にする:

電磁気学2の2回目の中間試験用ルーブリック(試験は本日2限!)

## 1. 試験の前の週に配布

→学生がルーブリックを読み  
試験で問われる内容を  
想像して勉強する。

## 2. 学生が試験時に持参

→解答用紙とともに提出  
その際ルーブリックに自分で  
丸をつける

自己評価することで  
自分の現在の理解度を  
客観的に捉えてみる  
(ただし、成績には影響しない)

## 3. 教員が試験を採点し、 その結果を元にルーブリック に赤で丸をつける

自分で思っている理解度と  
教員が判断した理解度の違いを  
学生が認識する

第2回中間試験ルーブリック (次回12/12に持参すること)

学修番号	氏名

中間試験ルーブリック(第一回中間試験:全体評価の20%)

	大変素晴らしい	あと一歩	努力を要する
電流分布と磁束密度	電流分布が与えられたときに、磁束密度の形状が理解できる。	電流と磁束密度が互いに垂直であることまでは理解できる。	磁束密度の分布がイメージできない。
アンペール・マクスウェルの法則	アンペール・マクスウェルの法則に基づき、変位電流のある系で積分経路を適切に設定できる。	アンペール・マクスウェルの法則は理解できる。変位電流の積分経路と磁束密度の積分経路を適切に設定できる。ただし、トレーニングが必要。	アンペール・マクスウェルの法則の公式を覚えていない。
電磁誘導の法則	電磁誘導の法則を、電気回路の系および電場・磁束密度で記述される系について、ともに理解できている。	電磁誘導の法則について、起電力を用いた表式では理解できるが、電場を用いた表式がイメージできない。	電磁誘導の法則が理解できていない。
ポインティング・ベクトル	与えられた系で、電磁場のエネルギーの流れと、与えられたエネルギーが正しくイメージできる。	電磁場のエネルギーの流れは式としては理解できるが、イメージが苦手。	ポインティング・ベクトルが何か分からない。
電気回路	インダクタンス、コイル、抵抗、電源を組み合わせた電気回路の挙動が定性的に理解できる。	インダクタンス、コイル、抵抗、電源を組み合わせた系について、適切な式の設定まではできていない。	電気回路が与えられたときに、どのように方程式を立てればよいか分からない。
計算	微分、積分、複素数の計算が、正しくできる。	微分や積分、複素数の計算において、符号の間違いなど若干のケアミスが見られる。	微分や積分、複素数の計算において、もう少し慣れが必要。

※中間試験は持ち込み不可。

必要な公式(電磁誘導の法則、アンペール・マクスウェルの法則、電気回路で使われる式や回路素子の複素インピーダンスなど)は、暗記が必要です。

(1)ルーブリックは次回の中間試験に持参してください。

(2)試験前または試験中に、ルーブリックに鉛筆で自分で丸をつけて自己評価してみてください。

(3)試験後に答案用紙と一緒にルーブリックを提出してください。

(4)採点した答案とともに教員側が丸をつけたルーブリックを返却します。

※上記(2)の丸つけをしなかった場合、成績には何ら影響はありませんが、自分自身の理解度を客観的に捉えてみる機会にはならないと思います。

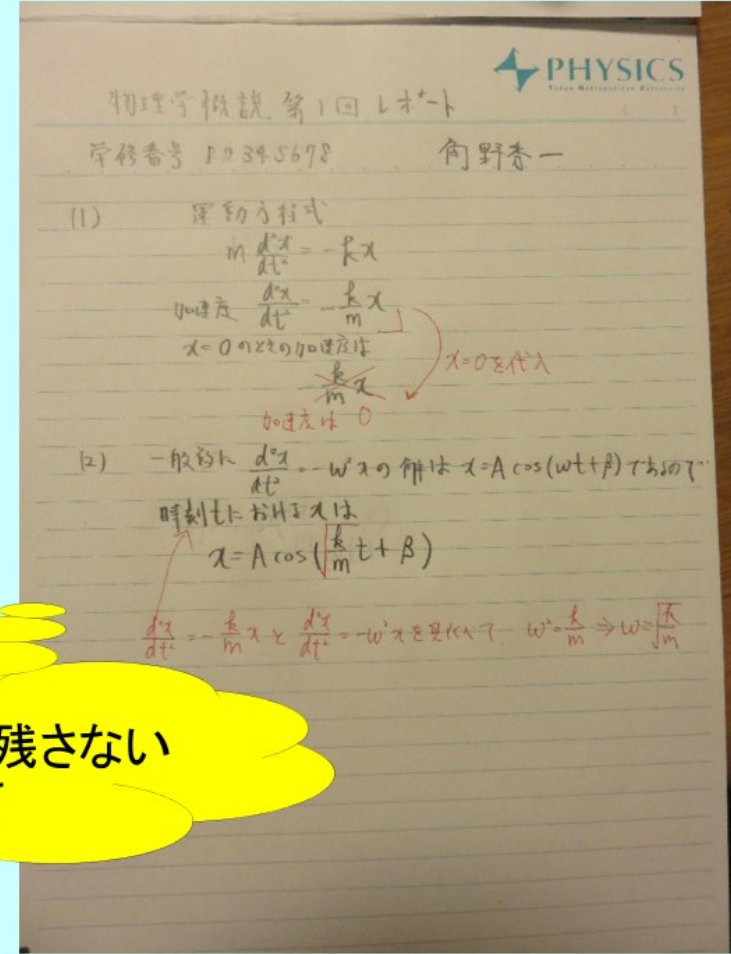
# 演習問題の自己添削

学生が、自分が理解していない箇所を自ら理解する：  
←「物理学演習Ⅰ」(田中篤司先生)の取り組みを真似させて頂いた

## 2. kibaco 上で課題を学期末までに提出



## 1. 自己添削して写真を撮りPDF化



なるべく毎週取り組み、積み残さないことをおすすめします



ご清聴ありがとうございました。

# 板書の動画撮影に関する補足

画質改善前の動画:

[https://www-hep.phys.se.tmu.ac.jp/user/kakuno/denjiki2\\_1001\\_Trim.mp4](https://www-hep.phys.se.tmu.ac.jp/user/kakuno/denjiki2_1001_Trim.mp4)

画質改善後の動画 (HD 画質、4 フレーム毎秒):

[https://www-hep.phys.se.tmu.ac.jp/user/kakuno/denjiki2\\_1210\\_Trim.mp4](https://www-hep.phys.se.tmu.ac.jp/user/kakuno/denjiki2_1210_Trim.mp4)

HD 画質 (4 フレーム毎秒) で録画した板書の動画のサイズ:  
1 時間半の録画で、約 400MB