

理系AO入試フォーラム

「科学教育における探究型人材育成と青年のキャリア形成」

探究型人材育成のための AO入試と教育連携について考える

— 京都での取り組みから —

内村 浩

京都工芸繊維大学・教授

大学コンソーシアム京都・高大連携室長

uchimura@kit.ac.jp

2013年3月9日, 神戸大学(30min)

話の構成

方向目標

「知的な初心者」を育てる！

局面

入試

教育

高大連携

事例

ダビンチ入試

授業の例

大学コンソーシアム京都

理論的
枠組み

認知心理学の学習理論
学習のとらえ方

■ **経歴**： 広島大学理学部を卒業後，広島県の高校教員（28年間に6校）。
2004年から京都工芸繊維大学アドミッションセンター

■ **学位**： 博士（心理学），修士（教育学）

■ **専門領域**：

学習心理学

『認知心理学から理科学習への提言』（北大路書房，1998）

『生徒指導・進路指導』（ミネルヴァ書房，2002），など

理科教育

旧課程の高校教科書『理科総合A』，『理科総合B』

新課程の高校教科書『科学と人間生活』，『物理基礎』，『物理』

『おもしろ実験ものづくり事典』（東京書籍，2002）

『未来を展望する理科教育』（東洋館出版社，2006）

『授業に活かす！ 理科教育法』（東京書籍，2009），など

教育評価

OECD-PISA・国内専門委員， TIMSS・査察委員

教育課程実施状況調査・分析委員，

特定の課題に関する調査・問題作成委員，

法科大学院適性試験・作問委員，など

探究型人材育成のために必要な

知識の活用

橋わたし

知識の習得

探究



知識は、それを使う条件とセットで
学ぶ必要がある！

知識を活用しながら習得する。

知識を習得してから活用する。

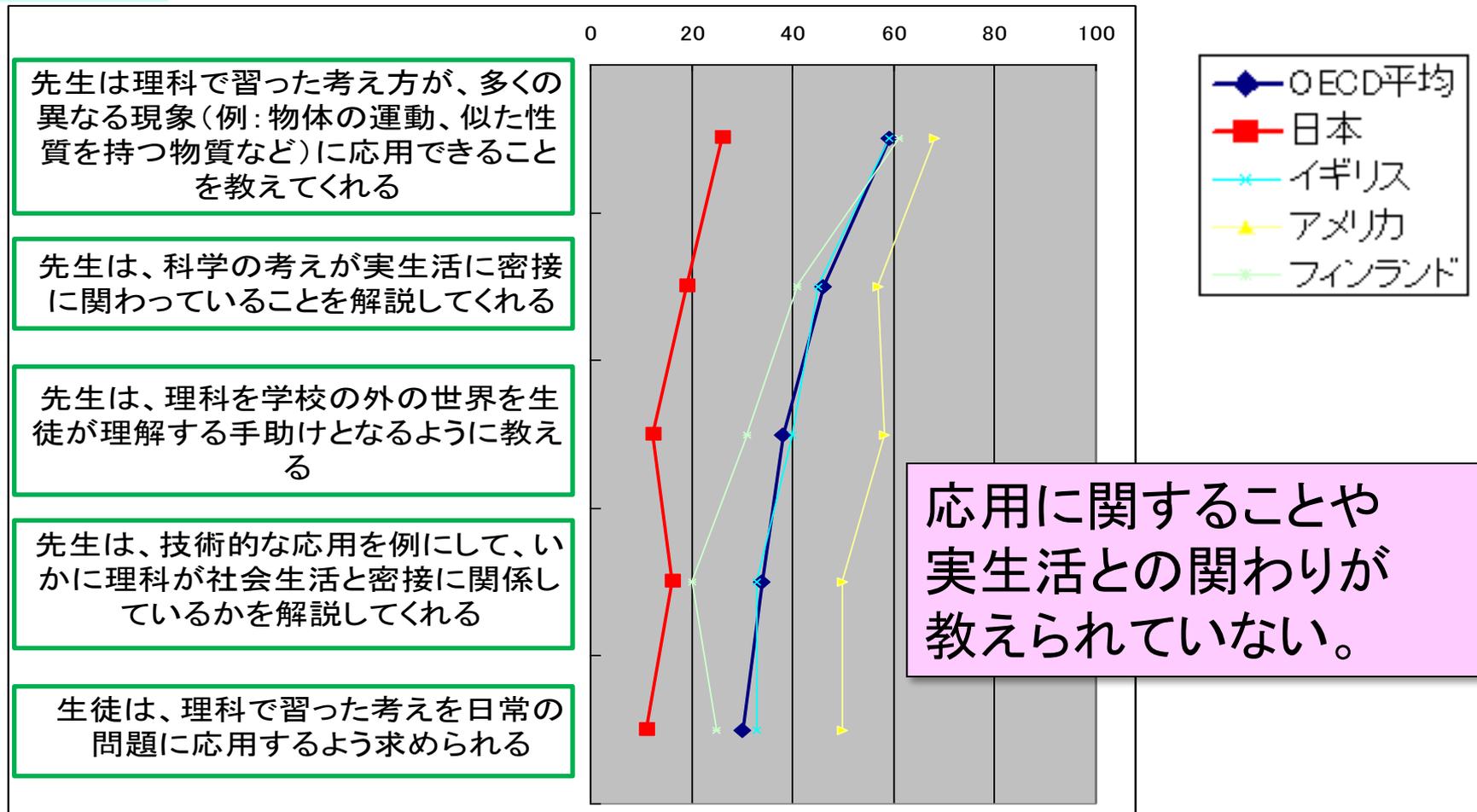
× 習得だけで活用なし・・・？

× 習得しないで、活用だけ・・・？

モデルの使用や応用を重視した理科の授業に関する生徒の認識

PISA2006

ほとんどもしくはすべての授業で各質問の事柄があると回答した生徒の割合(%)



日本は、全参加国・地域の中で最下位。しかも際だって低い。

探究型人材育成のために必要な

学習観 意欲 態度

次の単語は、リストの中に入っていましたか？

① 堅い

② 味

③ 甘い

苦い 砂糖 クッキー
食べる おいしい 心
タルト チョコレート
パイ 味 マーマレード
甘ずっぱい ヌガー
イチゴ 蜂蜜 プリン

甘い

知識は連想構造をなしており、そのネットワークに沿って活性化が拡散する。

認知心理学からの示唆

新しい経験に際して、何に注目し、どのように解釈するか、どのように記憶するか、何を学び取るかは、その人が持っている知識の連想構造によって大きく左右される。



学習についての表象（学習観）が、意欲や態度にも大きく影響する！

人生の方程式（京セラ創業者：稲盛和夫氏）

人生・仕事の結果 = **考え方** × 熱意 × 能力

分散認知

個人の知識や技能は、たった一人の頭の中にあるのではなくて、周囲の人々や、文化的・社会的状況やツールと相互作用することによって成り立っている。

<心理学の歴史>

行動主義，認知主義，構成主義

ひとりの人の行動や認知過程だけが問題にされてきた。



状況主義・・・ヴィゴツキー(ロシア, 1896～1934)が有名

認知的徒弟制度

正統的周辺参加

協同学習

橋わたし

発達の最近接領域

学力の分類

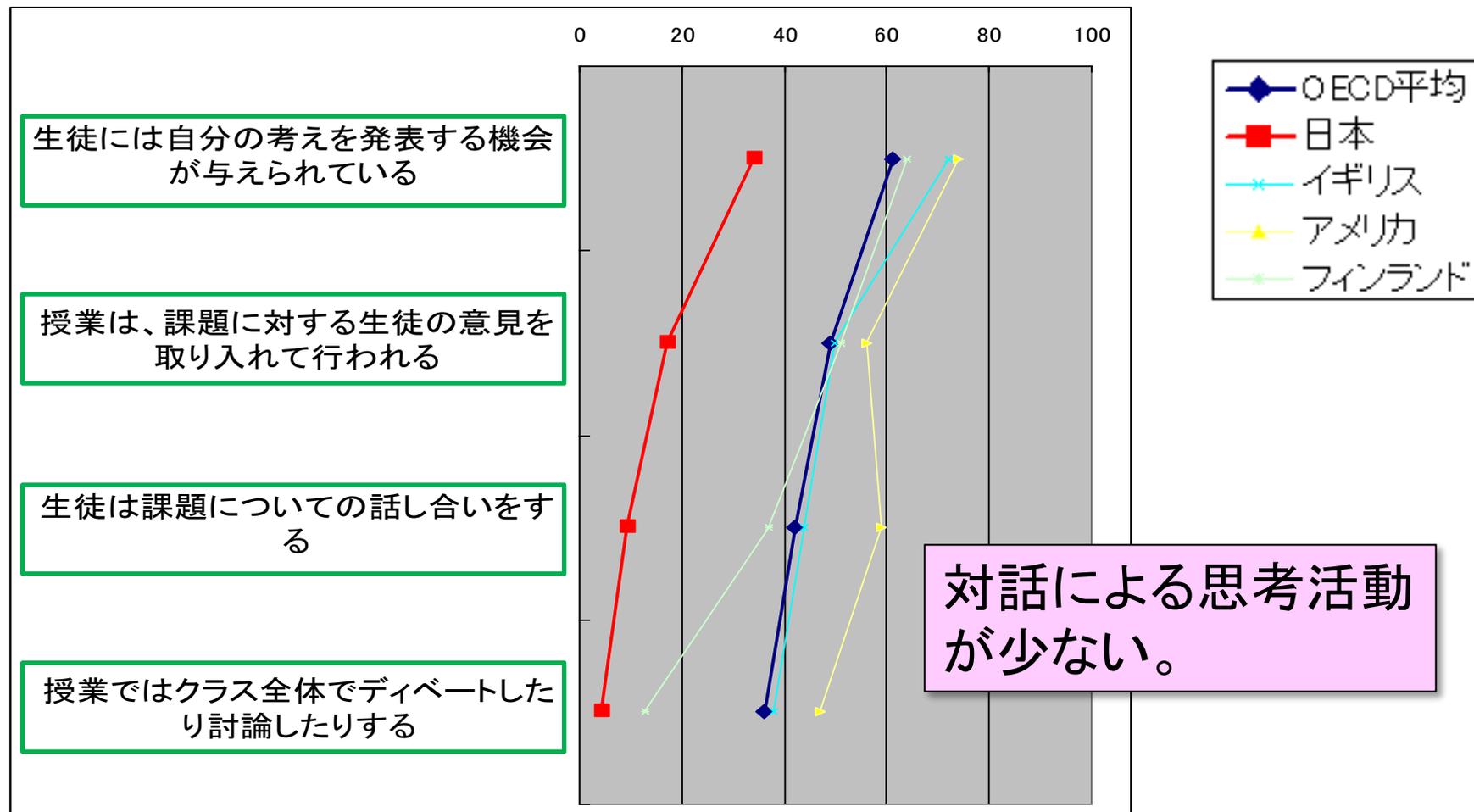
	測りやすい力	測りにくい力
学んだ力	知識 (狭義の)技能	読解力, 論述力 討論力, 批判的思考力 問題解決力, 追究力
学ぶ力	人材採用で企業が 最も重視する力	学習意欲, 知的好奇心 学習計画力, 学習方法 集中力, 持続力 (教わる, 教え合う, 学び合うときの) コミュニケーション力

外的学習資源

周囲の道具や他者

市川(2002)に内村が加筆

ほとんどもしくはすべての授業で各質問の事柄があると回答した生徒の割合(%)



日本は、全参加国・地域の中で最下位。しかも際だって低い。韓国も日本と同様に低い。

京都工芸繊維大学における

探究型人材育成のための

A0入試のデザイン

探究型人材として必要な
活用力, 学習観, 意欲, 態度などを
入試でどのように測るか？

京都工芸繊維大学 ダビンチ入試の選考方法

第1次選考(全学科共通)

- 提出資料による評価
志望理由書, 自己推薦書, 高校の調査書
 - 試験
①模擬講義→試験, ②文章読解→小論文
-

最終選考(学科別)

- 学科別の多様な試験

総合評価方式 (■の総合点で合否を判定する)

学習理論に裏打ちされたAO入試

心理学・教育学の専任教員が、作問や選考に直接関わっている。

＜大学で必要な学力＞

- 高校までに学んできた知識のネットワークの中に 新しい知識を組み入れる。
- 単一の正答を覚えるということよりも、知識を活用し、表現することが求められる。
- コミュニケーション力 も重要！

こうした学力は、従来型の入試では測れない！

模擬講義 → 試験 (H22年度)

講義資料(計22枚)

平成22年度ダビンチ(AO)入試
第1次選考 講義資料

材料の性質を調べる
- 刺激を加えて応答を見る -

- ◇ この資料は試験に持ち込むことができます。
- ◇ 講義中、この用紙にメモをとることは自由です。
(メモは採点の対象となりません)

- ・「体験入学」のような入試
- ・たとえ不合格でも意味のある入試
- ・「受けて楽しかった」と感じるような入試

今日の講義内容

- 物質と材料
- 材料の基本的性質の違いとその応用
- 材料を調べること・刺激と応答

物質と材料 (Materials)

- ◎ 人間との関わり、役に立つか
- ◎ 三大材料(金属材料, 無機材料, 有機材料)

表1 材料の種類とその代表的な性質

材料	代表的な性質・特徴
金属材料	高弾性率、高引張り強度、延性・展性、導電性、不透明、金属結合
無機材料	高温耐熱性、高圧縮強度、脆い、絶縁性、透明性、主にイオン結合
有機材料	柔らかい、軽い、熱に弱い、分子に基礎を置いている、生体材料に近い、絶縁性(一部は導電性)、主に共有結合
炭素材料	高強度、優れた電気特性、主に共有結合 (カーボンナノチューブ、フラーレン、グラファイト、ダイヤモンド)

材料の基本的性質の違いは構造物の
デザインを大きく変える。

吊り橋

明石海峡大橋 (パール
ブリッジ・1998年完成)



鋼は張力に
強く、石は
圧縮力に強い

石の橋

金山橋と板井手の滝
(鹿児島県加治木町・
1887年頃)

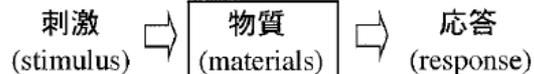


物質の性質を探る

用途に適した材料で
あるかどうか調べる

物質の中身はよく分からない=ブラックボックス

物質に刺激を加える。
物質の応答を調べる。



ブラックボックスの中
はどうなっているか?

結果を数値化する。
グラフ化する。

身近な例

友人についてもっと知りたいとする。

話しかける

人・心

どのように
返してくるか

性格・くせ
・好き嫌い

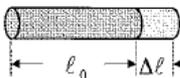
◎ 応答の仕方ですらその人を推し量る。

◇ 材料や物質を調べるときも似ている。

固体の物質に力を加えて変形させる

力 (f) → 物質 → 変形 (Δl)

f ←  → A: 断面積

 (引張り変形)
← l_0 → Δl ←

応力 (σ)
(stress)

$$\sigma = \frac{f}{A}$$

ひずみ (ε)
(strain)

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

(圧縮変形や剪断変形もある)

図 3

力が大きくないとき 物質は力に比例して変形する

$$\sigma \propto \varepsilon \quad \Rightarrow \quad \sigma = E\varepsilon$$

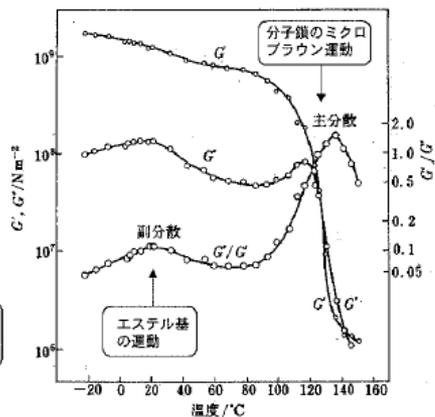
比例定数 E は変形のしにくさ (物質の性質) を反映し弾性率と呼ばれる。引張り変形するときヤング率または引張り弾性率という。

応力の単位=単位面積当りの力 (N/m^2 , Pa)

ひずみの単位=長さを長さで割って無次元

弾性率は応力と同じ単位

強制振動実験による粘弾性測定の実例



内部摩擦の様子が分かる
 ↓
 温度上昇による局所運動の活性化の様子が分かる。

さらに低温域でメチル基の回転運動が始まる

図 7



白川博士のノーベル賞受賞の理由の1つとなった論文

H. Shirakawa, E. J. Louis, A. G. MacDiarmid, C. K. Chiang, A. J. Heeger, "Synthesis of Electrically Conducting Organic Polymers: Halogen Derivatives of Polyacetylene, (CH)_x", *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, 578 (1977).

Summary When silvery films of the semiconducting polymer, trans polyacetylene, (CH)_x, are exposed to chlorine, bromine, or iodine vapour, uptake of halogen occurs, and the conductivity increases markedly (over seven orders of magnitude in the case of iodine) to give, depending on the extent of halogenation, silvery or silvery-black films, some of which have a remarkably high conductivity at room temperature.

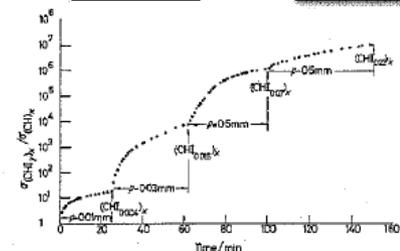


FIGURE. Increase in the room temperature conductivity of *trans*-polyacetylene, (CH)_x, as a function of time at fixed iodine vapour pressures. The initial room temperature conductivity is $3.2 \times 10^{-9} \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$. (In the last experiment some iodine was sublimed onto the glass walls of the conductivity apparatus in order to promote attainment of the equilibrium vapour pressure of the iodine at room temperature in the vicinity of the film).

図 8

知的好奇心を刺激するようなテーマと内容

物質に時間的に変化する電圧を加えると電流の時間変化が発生する



刺激に対する応答の仕方で回路特性が分かる。

回路特性が分かると電気製品の部品に使える。

特性を十分に把握できると高い信頼性を伴いながら特定の目的に使用することができる。

生物の刺激に対する応答の例

環境からの刺激に応答して運動が起こる性質は、走性と呼ばれる。例えば、光の刺激に対する応答は走光性、化学物質の刺激に応答する場合は化学走性（走化性）と呼ばれる。



(走光性) ヒマワリの花が太陽の方向に向く。

(走化性) 大腸菌がある種の化合物を感じて栄養源の方向に移動する。

新しい知識を理解し，活用し，表現する力を測る。

問1 次の問い(1)、(2)に答えなさい。(配点率 40%)

(1) 下記の(a)～(e)に製品とそこで使われている材料(カッコ内)の組み合わせが示されている。(a)～(e)の中から2つ選んで、(i) その製品に使われている()の中の材料について、どのような性質が利用されているか、また、(ii) その性質はその材料にどのような刺激を与えてどのような応答を測定することによって把握できるかを述べよ。

- (a) 明石海峡大橋(鋼鉄ワイヤー) (b) 内視鏡(光ファイバー材料)
(c) 電池(電解液) (d) ピアノ(中に張られているピアノ線)
(e) 液晶テレビの画面(液晶材料)

～を述べよ。

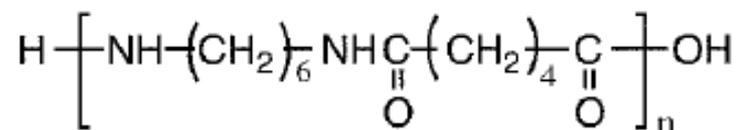
(2) 物質に加える刺激の大きさが2倍になったとき応答の大きさが4倍に、刺激の大きさが3倍になったとき応答の大きさが6倍になるように、刺激の大きさと応答の大きさが比例関係にあるとき、両者は線形の関係にあると言う。また、比例関係が成立しないときは非線形の関係にあると言う。一般的に、刺激が小さい場合には刺激と応答の関係は線形になることが多いが、刺激が特定の値を超えて大きくなると応答との関係が非線形な挙動を示し、また、小さい刺激でも何かの理由で非線形な挙動を示すことがある。このような場合には応答の定量的予測が難しくなる。下記の(a)、(b)で刺激を変化させたときにどのような非線形挙動が観察されると予測されるか、また、その理由としてどのようなことが考えられるかを(a)、(b)それぞれについて100字程度で述べよ。

- (a) 鋼鉄に加える引張り応力を刺激として、これを増加させたときの応力とひずみとの関係
(b) 豆電球(抵抗)にかける直流電圧を刺激とし、これを増加させたときに電圧と流れる電流との関係

化学の基礎知識

問 2 次の問い(1)～(3)に答えなさい。(配点率 30%)

- (1) 下記の構造式で表される高分子化合物は、有機材料の中の繊維や樹脂に幅広く使用されている。一般にこの化合物は、2種類の化合物の間の縮合反応が繰り返される縮合重合によって得られる。この2種類の化合物の構造式を書きなさい。



数理能力

- (2) 講義資料の図4にいろいろな材料のヤング率(引張り弾性率)の値が比較されている。図中のダイヤモンドと皮革で断面が円形の丸棒試料を作成したとする。断面の半径1.0mm、長さ10mmのダイヤモンドおよび半径5.0mm、長さ200mmの皮革のそれぞれの丸棒試料に1000Nの張力を加えた場合、ダイヤモンドの伸び(変形量 Δl)は皮革の伸びの何倍になるかを計算して答えよ。ただし、ダイヤモンドのヤング率を 1.0×10^3 GPaとし、皮革のヤング率を 2.0×10^{-2} GPaとする。また、ダイヤモンドおよび皮革とも応力とひずみとの間に比例関係が成立しているとする。
- (3) 気体と液体では粘性の仕組みが違う。気体の粘性率は温度上昇に伴って徐々に増加するが、液体の粘性率は温度上昇に伴って急激に減少する。この違いの理由について述べよ。

論理的思考能力

理系で必要な英語力

- ・自分の専門分野の文献を読みこなす。
- ・英語で論文を書く。

問 3 次の英文(1)、(2)を日本語に、また和文(3)を英語に訳しなさい。(配点率 30%)

(1) When silvery films of the semiconducting polymer, trans 'polyacetylene', $(CH)_x$, are exposed to chlorine, bromine, or iodine vapour, uptake of halogen occurs, and the conductivity increases markedly (over seven orders of magnitude in the case of iodine) to give, depending on the extent of halogenation, silvery or silvery-black films, some of which have a remarkably high conductivity at room temperature.

(2) Trust men and they will be true to you; treat them greatly and they will show themselves great.

(3) 物質に加える電圧を変えることにより、その物質の色に可逆的変化が見られる現象をエレクトロクロミズムという。

注) (1) halogenation : ハロゲン化

(3) 現象 : phenomenon、可逆的 : reversible、エレクトロクロミズム : electrochromism

文章読解 → 小論文 (H24年度)

取材先 : 田中耕一さん(43) (島津製作所フェロー)

——研究生活で、最も印象深い失敗は。

やはり、グリセリンとコバルトの粉末を間違えて混ぜてしまったことです。タンパク質分子を壊さず解析するためには「マトリックス」というクッション剤を加えるのですが、候補として私は最初、それぞれを単独で考えていたのです。ところがあるとき、コバルトの微粉末の上にグリセリンをぼとりと落としてしまった。「捨てるのはもったいない」と思い、試しに使ってみると、非常にうまく測ることができた。複数の物質を混ぜることは、当時の「常識」にはありませんでした。でもこれがなければノーベル賞にはつながりませんでした。

——失敗はよくあるのですか。

小さい失敗は日常茶飯事です。私自身、順序立てて仕事をするのではなく、場当たり的なところがありますから。マニュアル通りにやるのは、性に合わない。失敗すれば、もちろん落ち込みます。ただ、失敗をおもしろがるというか、楽しんでいるところもあります。

——なぜ？ 怖くないのですか。

ないですね。小学四年から六年まで担任だった澤柿敬哉先生は、教科書に沿う必要はない、自由に発想していいんだよ、というふうに育ててくれた。だから私は実験を楽しむことができたし、好奇心を持つこともできました。水に溶けたホウ酸をピーカーの中で再結晶させる実験で、私は「雪が降り始めた」と言ったそうです。そんな表現は教科書に載っていません。でも澤柿先生は決して間違いだとは言わなかった。会社に入り、大学で学んだ電気工学とは畑違いの化学の実験をすることになっても、その経験があったので、失敗を恐れず「おもしろい」と思うことができました。

——新発見の秘訣は。

なぜ実験をするのか。自分のアイデアがうまくいくかどうかを確かめると同時に、既知の理論が本当にその通りなのかを確かめるのです。教科書に書かれていることは、理想的な条件でしか成立しないということがありますから。実験すると、やはり少し違いができます。

実験は、少しずつデータを刻み、コツコツ確かめなければいけません。粘り強さが必要です。故郷、富山の風土のせいとか、コツコツやるのが身についたと思います。

——企業研究者にとって、失敗は歓迎されないのでは？

企業の人間ですから、ミスがないように測定装置を作らなければいけません。しかし、人間は完璧ではない。人間の作ったものは、必ずどこかに欠点がある。失敗は当然あるものだという前提のもとに、すべてを考えなければならないと思います。

——五年間滞在した英国と、日本との違いは。

日本が、これだけ世界的に信頼の高い、いい技術を生み出したのは、どんな小さなミスもなくして生産するという姿勢の結果だと思います。しかし英国は、「人間は不完全なものだ」という前提で、社会のシステムが成り立っています。例えば、英国では新車よりも、一年か二年たった製品を買います。新製品は故障(初期故障)がつきもので、その故障が出尽くした一、二年ぐらいが一番安定していると考えられています。

——京都大などの客員教授として「失敗に強い」研究者を育てるには。

減点主義はいけません。失敗が減点の対象になると、企業の不祥事のように、失敗を隠そうとすることにつながるのではないのでしょうか。

<毎日新聞科学環境部 「理系白書 この国を静かに支える人たち」講談社文庫>

田中耕一さんのインタビュー記事
「失敗をおもしろがろう」より

学習観
「失敗に対する柔軟性」

読解力や文章表現力だけでなく、
これまでの経験や、学習観、意欲、態度なども
読み取ろうとしている。

問1

課題文を読んで、田中氏の「失敗」に対する考え方を
300字以内でまとめなさい。（配点率50%）

問2

あなたが失敗をしたことで、成功や改善などプラスに
転じた経験はどのようなものですか。

どのような失敗をし、解決したかを具体的に450字以内で
述べなさい。（配点率50%）

第1次選抜で測ろうとしている学力

	測りやすい力	測りにくい力
学んだ力	知識 (狭義の)技能	読解力, 論述力 討論力, 批判的思考力 問題解決力, 追究力
学ぶ力		学習意欲, 知的好奇心 学習計画力, 学習方法 集中力, 持続力 (教わる, 教え合う, 学び合うときの) コミュニケーション力

(市川, 2002)

最終スクーリングで測ろうとしている学力

その学科で求められる主要能力を
総合的かつストレートに測る。

「コミュニケーション力」も測るような
ユニークな試験を工夫している。

ディスカッション, プレゼンテーション
協同作業, 実験 など

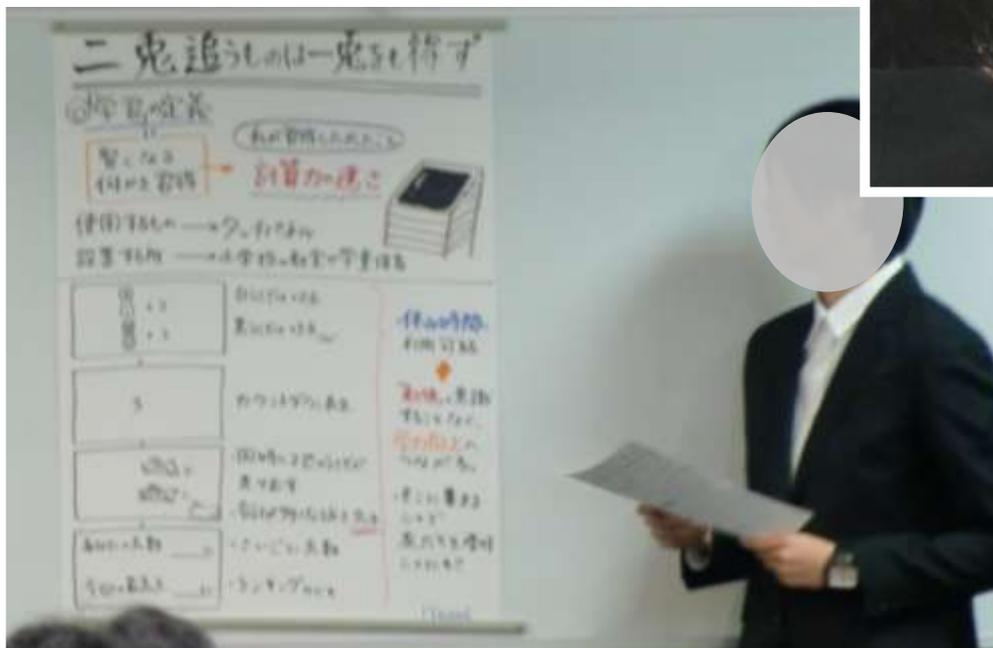
最終スクーリング (2日間)

デザイン経営工学課程

グループディスカッション

面接

課題提示 → プレゼンテーション



最終スクーリング

情報工学課程

講義 → 協同的問題解決
→ レポート作成



課題提示

→ グループディスカッション

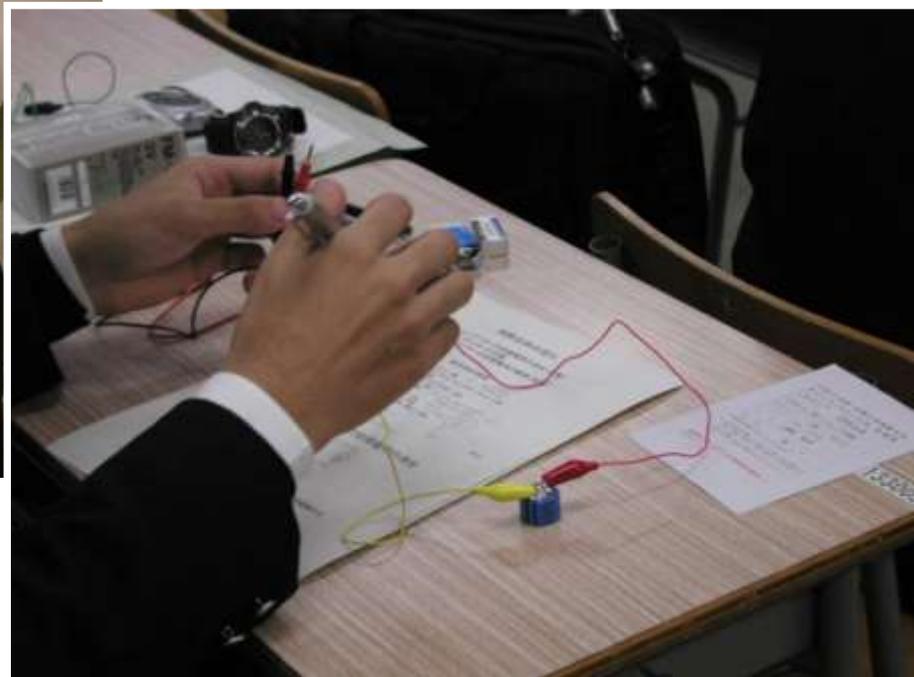
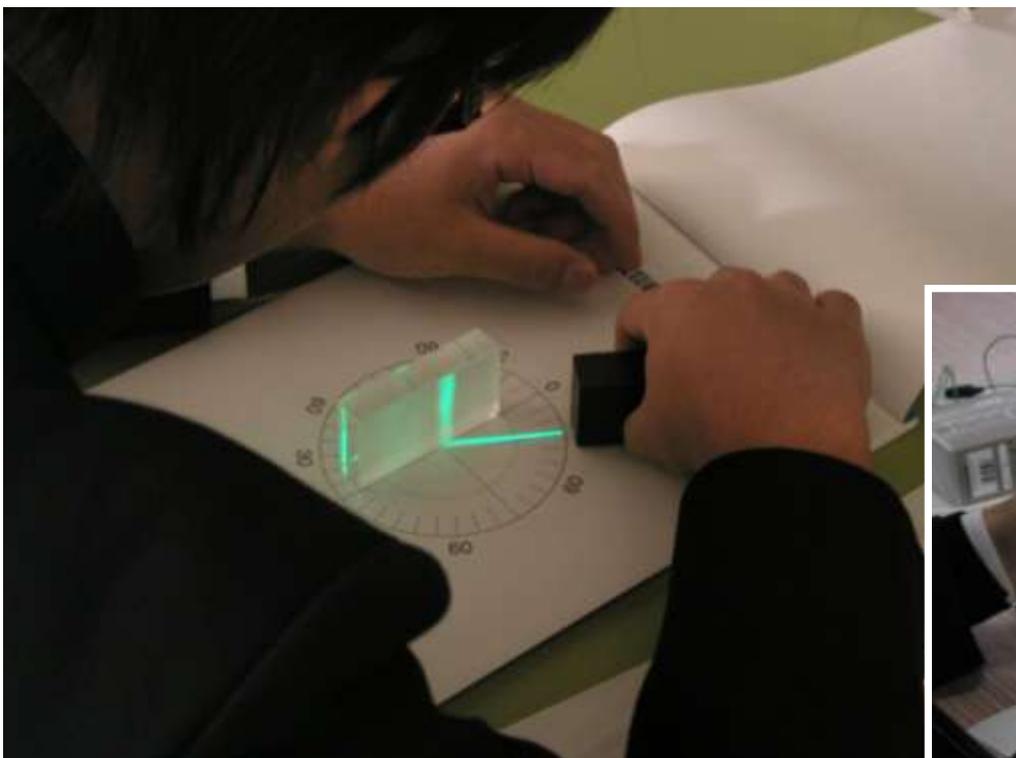


最終スクーリング

電子システム工学課程

面接

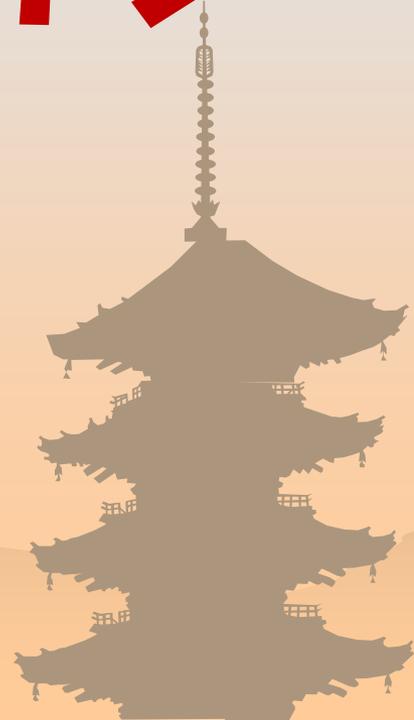
講義 → 実験 → レポート作成



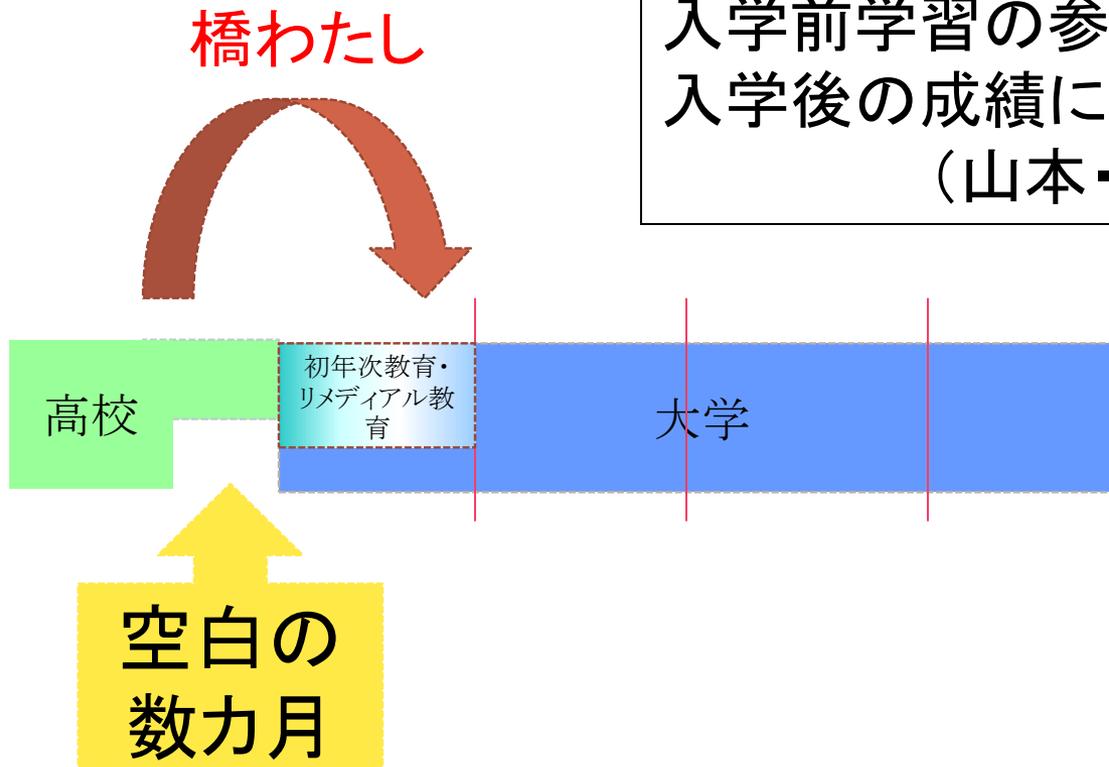
京都工芸繊維大学における

探究型人材育成のための

入学前教育のデザイン



「空白の数カ月」を 「橋わたし」として、積極的に活用する。



入学前学習の参加状況と
入学後の成績に相関がある。
(山本・内村, 2010)

ダビンチ(AO)入試の入学前教育

- 1) 合格者オリエンテーション
- 2) プレースメントテスト (数学・英語)
- 3) 通信添削指導, 4教科×3回
英語 (読解), 国語 (日本語表現)
数学 (微積分), 物理 (力学)
- 4) テキスト購読 (物理, 国語)
- 5) 個別学習相談会 (3回)
- 6) 携帯メールを利用した通信や声かけ

課題提出率
ほぼ100%





先輩学生や仲間と一緒に学ぶ。

生徒から学生への
意識変革を目指す！



京都における

探究型人材育成のための
高大連携の取り組み

コンソーシアム型の教育連携



京都高大連携研究協議会

産

京都商工会議所

官

京都府教育委員会
京都市教育委員会
京都私立中学高等学校連合会

学

加盟大学50校
京都府以内全高等学校

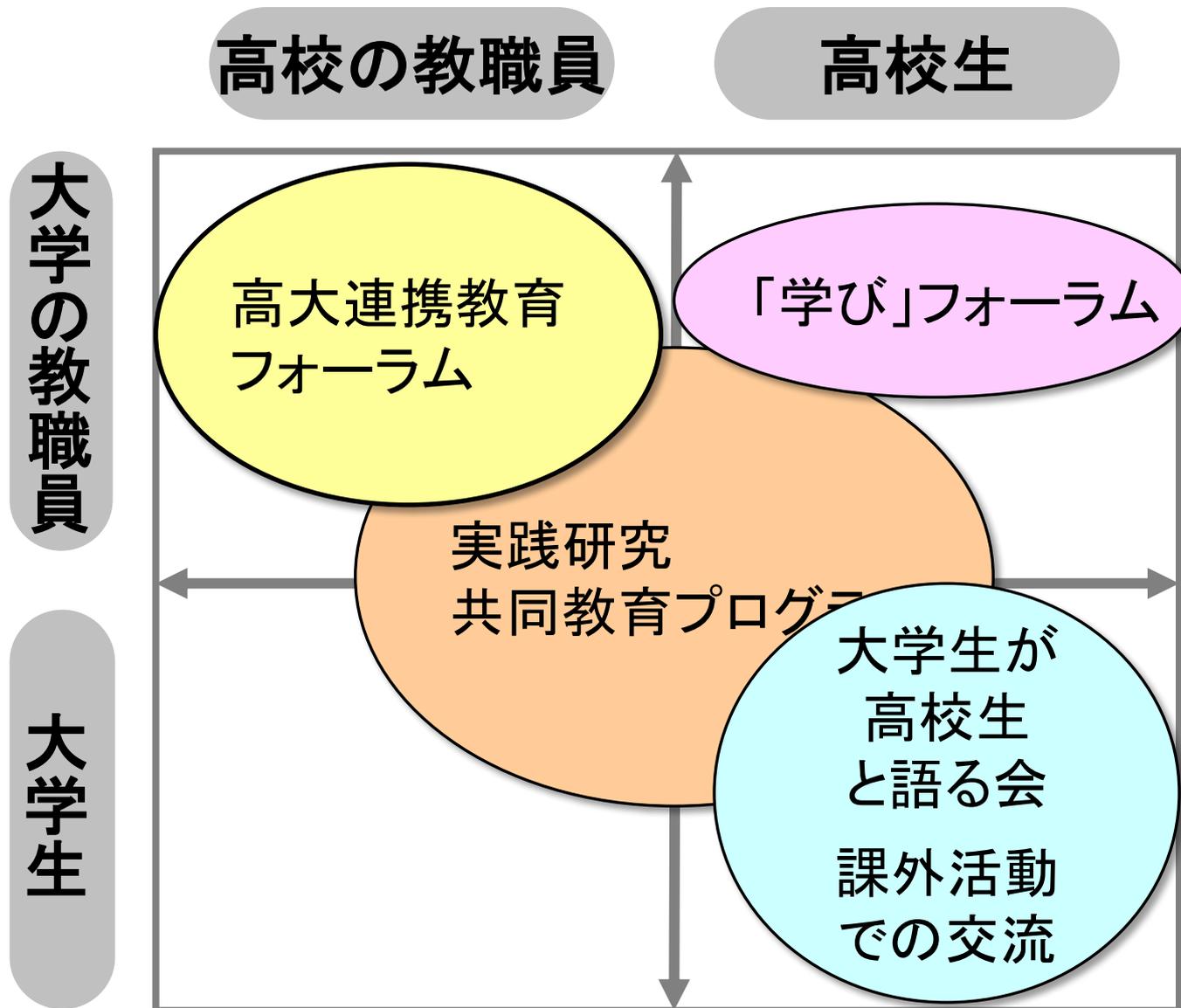
個別の高校・大学間の〈個と個の連携〉ではなく、組織と組織による〈面と面での連携〉によって京都独自の高大連携を実現する。



公益 大学コンソーシアム京都
財団 法人 The Consortium of Universities in Kyoto

2003年5月 全国に先駆けて発足

京都高大連携研究協議会の事業



高大連携教育フォーラム

第1部前半：講演，シンポジウム



高大連携教育フォーラム

第1部前半：講演，シンポジウム

スローガン

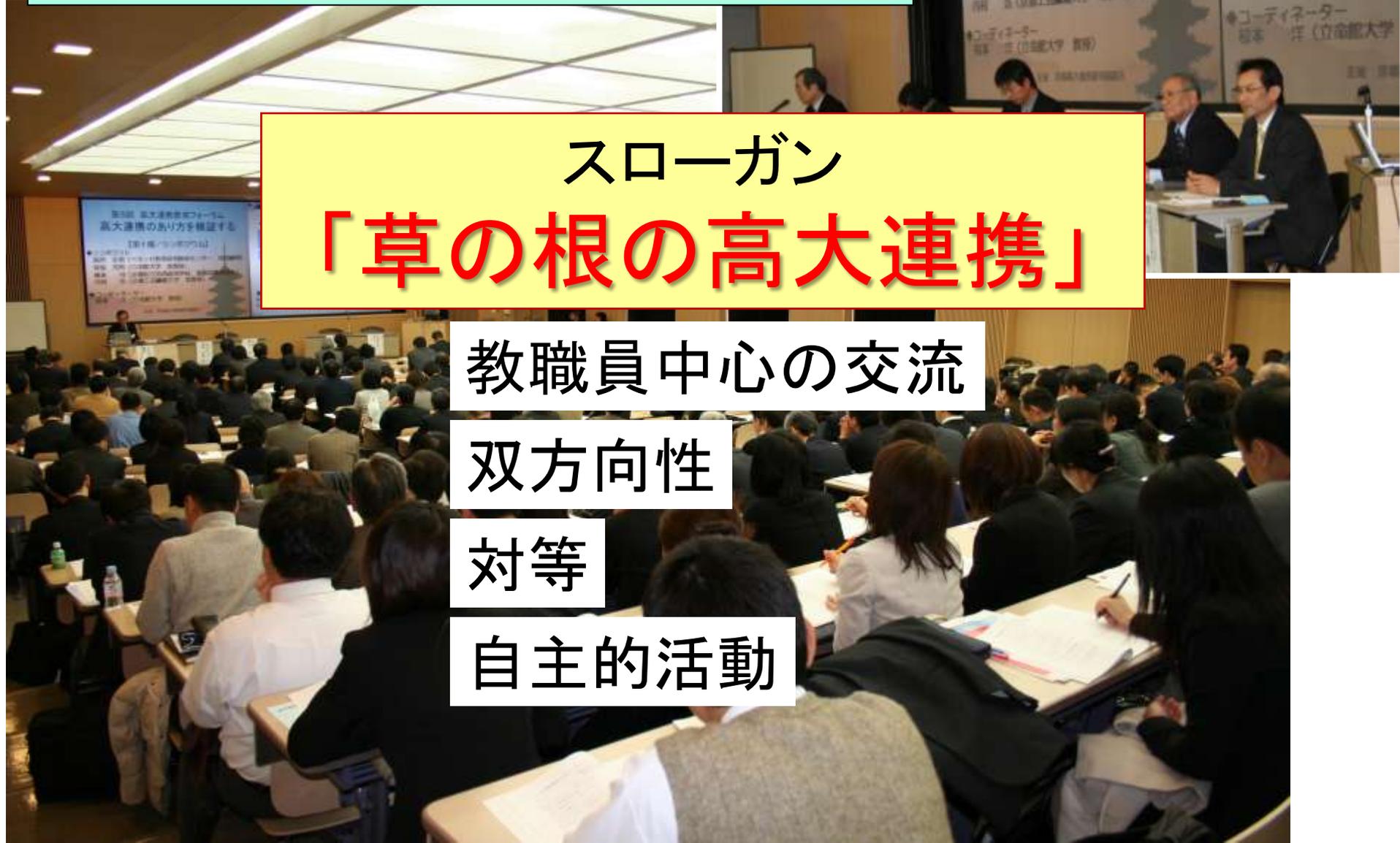
「草の根の高大連携」

教職員中心の交流

双方向性

対等

自主的活動



第1部後半：全員参加によるディスカッション



第2部：教科別の分科会



第1分科会【表現技法】

日本語表現法教育の接続と連携 ～高大教育現場で共有できるもの～



第2分科会【数学】

生徒・学生の現実から出発する高大接続



第3分科会【英語】

異文化理解と海外研修旅行 ～授業改善に向けた高大連携について～



第4分科会【理科】

高大で考える自然科学リテラシー

実践研究共同教育プログラム

高等学校



大学

大学

【特徴】

- ・高校教員と大学教員が共同で授業を開発し、実践する。
- ・一過性の出前講義ではなく、高校の正課授業の中で継続的に実施する。

【実施の流れ】

1. 高校が申請し、審査を受ける。
2. 京都高大連携研究協議会が高校と大学を仲介する。
3. 事前に高校と大学の教員が打ち合わせる。
4. 実施後に成果を発表する。



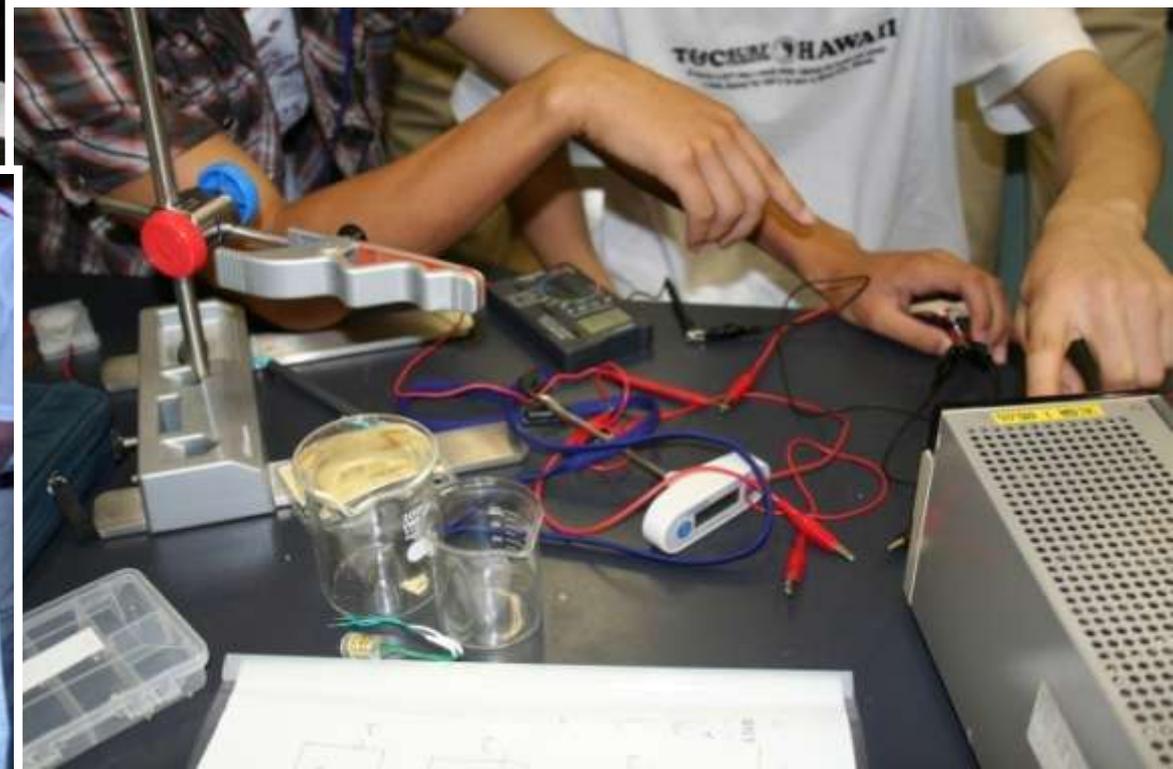
2012年度の実施校とテーマ

- 1) 乙訓高等学校
テーマ:「競技力向上に関する研究」「健康教育に関する研究」
教科:「スポーツ概論」
参加大学: 京都文教短期大学、立命館大学
- 2) 京都八幡高等学校
テーマ:「ものづくりと心・人と人をつなぐ『もの』」
教科:「工芸文化論(工芸)」
参加大学: 京都橘大学、大阪成蹊大学芸術学部
- 3) 東稜高等学校
テーマ:「文明と環境」
教科:「世界史・地理・政治経済(地歴公民科)」
参加大学: 佛教大学、大谷大学、京都光華女子大学
- 4) 園部高等学校
テーマ: 今日の世界を知る ～明日の世界を考える
教科:「国際理解 I (京都国際科)」
参加大学: 京都光華女子大学、京都工芸繊維大学
京都学園大学
- 5) 洛陽工業高等学校
テーマ: 電池による電気エネルギーの有効活用
教科:「HYPER電気実習(工業)」
参加大学: 同志社大学、立命館大学

実践研究共同教育プログラム(公開型)

同志社高校にて

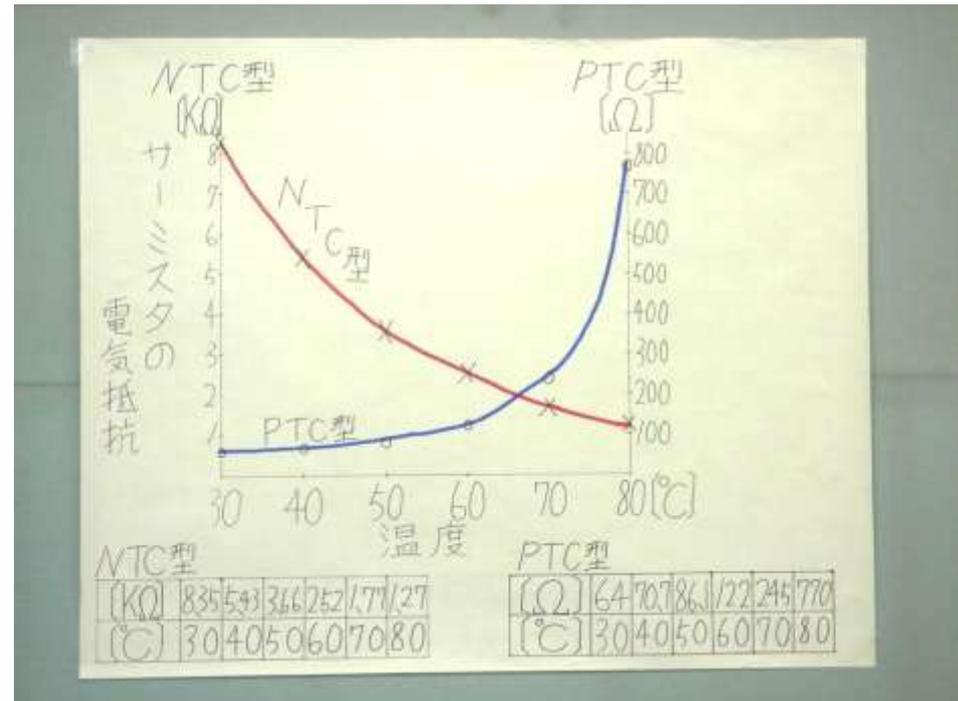
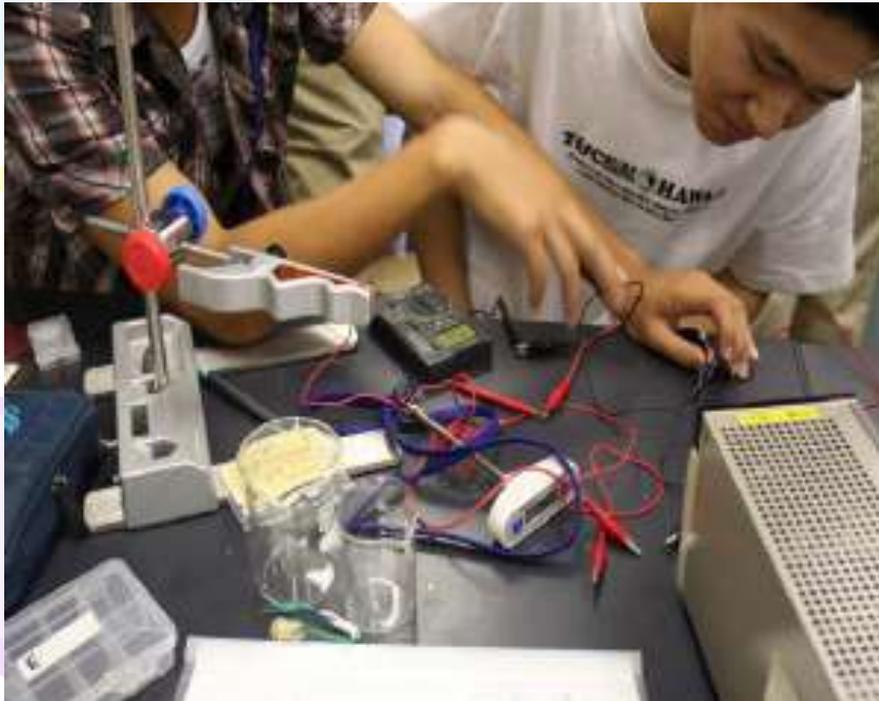
地域の高校生・大学生を募り、
高校と大学の教員が一緒になって指導する。

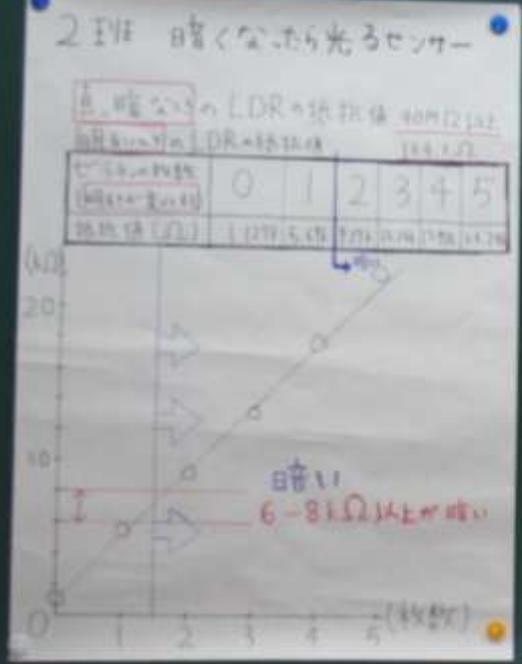


2008年公開講座より

英国の高校物理教科書「アドバンス物理AS」第2章「センシング」
センサーを用いた実験を通して、電流、電位差などの基礎知識を学ぶ。
探究実験の指導方法の確立を目指す。

【課題】各種センサーの特性を調べ、自分で回路を考えて作り上げる。
(例)暗くなるとランプが点灯する。温度が $\Delta^{\circ}\text{C}$ 以上になるとブザーが鳴る。





14:20 ~

2日目：学会形式の発表会



探究型人材育成のための 授業デザイン



「理科教育法」

<目標>

- ・授業についての表象を変える。
- ・「知的な初心者」の教員を育てる！



Teaching → Learning

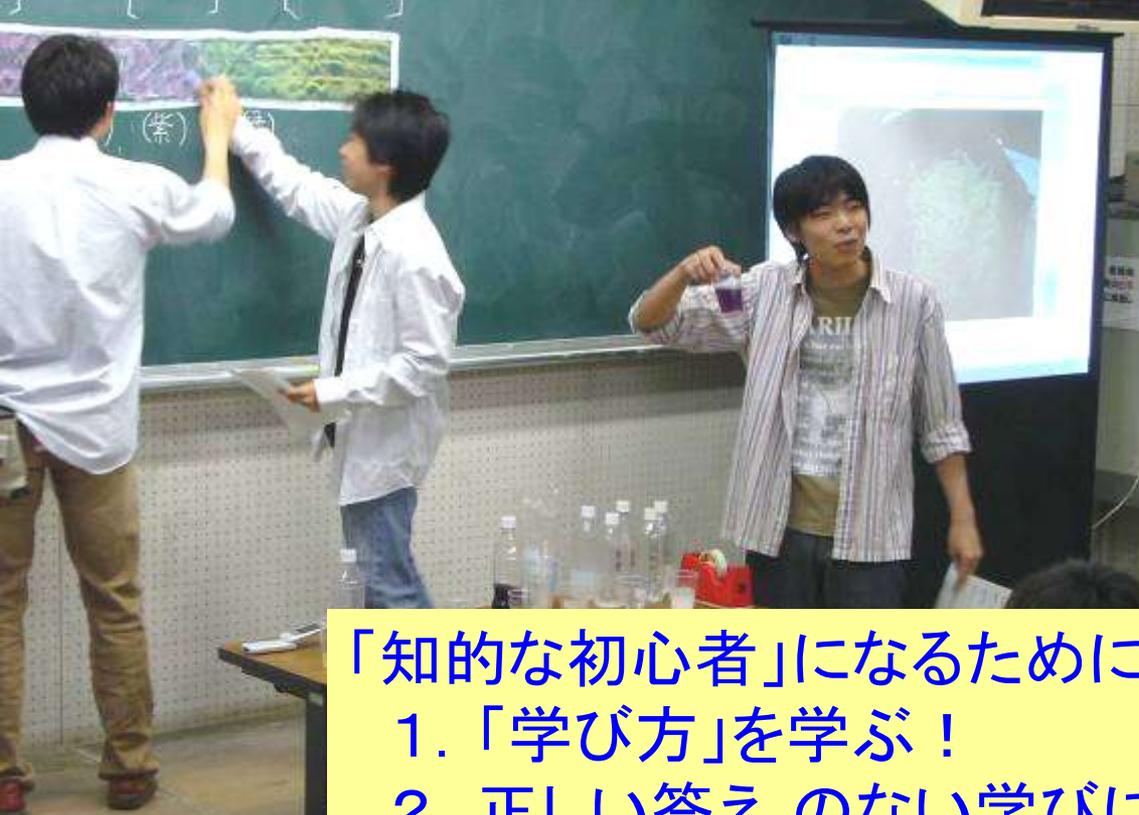


講義



全体討論

学生が自分たちで運営する授業



「知的な初心者」になるためには・・

1. 「学び方」を学ぶ！
2. 正しい答えのない学びに挑戦する！
3. いろいろな人と交流する！



「理科教育法」および「教職科目全般」に対する学生の授業評価 (2005年度～2011年度までの全受講生 968名についての平均)

調査方法: 講義の最終日に、無記名による質問紙調査を実施。1点(いいえ)～4点(はい)で回答。

実施大学: 京大, 工繊大, 府立大, 同志社大

全受講生: 968名

— 理科教育法について

— 他の教職科目全般について(平均的に)

授業の内容について(その1)

