

## 平成17年度特色GP「文系学生への実験を重視した自然科学教育」申請書

### 1 大学・短期大学の基礎情報

#### (1) 大学・短期大学の特色(概要)(800字以内)

慶應義塾は、1858年の創立以来147年、福澤諭吉の掲げる**独立自尊**を建学の精神として、未来の日本ならびに国際社会を先導する原動力となることを使命としてきた。この建学の精神のもと、実学尊重の学問風土を築き、現在、本大学は9学部、11大学院研究科からなる総合大学に発展している。

2001年9月、塾長は、「**慶應義塾21世紀グランドデザイン**」を発表、教育・研究・社会貢献の場での6つの先導項目を示すとともに、2002年7月には、「**総合改革プラン2002～2006**」を発表し、40の事項について具体的な改革計画を示した。慶應義塾の大学・大学院のキャンパスは、三田、日吉、矢上、信濃町、湘南藤沢の5拠点に分かれており、それぞれの学問領域の特徴を持ちつつ、総合大学として、教育・研究の連携を保っている。この申請プログラムは、学部教育の一つの拠点としての日吉キャンパスを中心に、学部1,2年生を対象に展開するものである。ここに提案する「**文系学生への実験を重視した自然科学教育**」は、1949年の新制大学として慶應義塾が再スタート以来、文系の学生に論理的思考能力を涵養することを目的に積み上げてきた教育プログラムである。

本学は、組織改革の一環として、この日吉キャンパスに、2003年に教養研究センターを創設、2004年には、外国語教育研究センターを設置した。本申請プログラムは、半世紀にのぼる文系学生への自然科学教育実践の実績を踏まえて、新たに設置された両センターとの連携のもと、総合改革プランの「**感動教育実践**」の目標に向けて着実な取組を始めている。この取組は、21世紀の世界を先導する、学際性、国際性、豊かな教養を有して、自立する人材を輩出するための教育プログラムの提案である。**この提案は、慶應義塾大学における文系学部教育の新しいシステム構築を先導する役割も担っている。**

### 2 取組について

#### (1) 取組の概要

慶應義塾大学日吉キャンパスでは、その規模と陣容において一つの理学部に匹敵する組織が、文系学部にも横断的に所属し、文系4学部(文・経済・法・商)の学生を対象とする**実験重視の自然科学教育**に取り組んでいる。この取組は、1949年の新制大学移行時に、文系学生に対する「**実験を含む自然科学科目**」を設置したときに始まる。以来50数年にわたって、この教育への取組を精力的に継続し、現在文系4学部の4000名を超える全ての学生が自然科学科目を履修し、そのうち実に2800名(約7割)が「**実験を含む科目**」を選択する**実験重視の教育**を実践している。本取組の目的は、自然科学の成果の意味を理解し、その思考法を体得した文系学生を世に送り出すことであり、文系学生への自然科学の「**副専攻認定制度**」をも視野に置いている。本取組が生んだ「**実験重視の自然科学教育**」と「**相互補完的な実験と講義の組合せ**」は、文系学部における自然科学教育の一つの提言をなす。

#### (2) 取組の実施プロセスについて

自然科学の真髄は、**実験・観測事実**を積み上げて、人類に深く根付いた**偏見や迷妄**を完璧な

までに打ち破り、それにかわる新しい知見を提示することにある。それは、社会の構造のみならず、人間の深層心理に潜む意識までを大きくかえる可能性を持つものであり、文系の学生といえども大学時代に一度は全身で受け止めてみるべき重みを持つ。自然科学に関するこの認識が、「文系学生への実験を重視した自然科学教育」に取組む本申請プログラムの基本理念としてある。

この取組の背景には、慶應義塾が実学重視の教育理念の下、開学当初（明治初め）より自然科学重視のカリキュラムを実施してきたことがある。その理念をより明確にした形で受け継いで、1949年新制大学への移行と同時に、文系学部「実験を含む自然科学科目」を設置し、本取組を開始した。

以下、〔 〕本取組の実態、〔 〕実験を重視する理由、〔 〕実験と講義の特色ある組合せ、〔 〕実験テーマの例、を記述する：

〔 〕取組の実態・・・何をどのようにやっているか

1) 設置科目と実施形態・・・どんな科目を開講しているか

・実験を含む自然科学科目：生物学・化学・物理学

・講義だけの自然科学科目：心理学・天文学・地学・人類学・数学

「実験を含む科目」と「講義だけの科目」を合わせて、自然科学の全分野を網羅

2) 自然科学科目の履修に関する文系4学部の学則

上記自然科学科目から、

文学部・法学部は8単位以上、

経済学部・商学部は6単位以上

の履修を義務付けている。これにより文系4学部で1学年合わせて4000名以上の全ての学生が、必ず1科目以上の自然科学科目を履修している。

3) 約7割の文系学生が「実験を含む自然科学科目」を履修

文系4学部で約2800名（全体の約7割）の学生が、「実験を含む自然科学科目」を履修。また、1950年に設置した文系3学部（文・経済・法）の通信教育課程においても、毎夏200名前後の学生が、日吉キャンパスにて2週間連続で開講される実験スクーリングを受講している（様式4のデータ1参照）

〔 〕実験を重視する理由

本取組の基本姿勢は、文系学生に「実験を重視した自然科学教育」を実践することである。講義だけの教育に比べて、実験を実施する教育は、そのために要するスペース・時間・費用・担当者の労力等、様々な点で多くの負担が求められる。それにもかかわらず、敢えて実験を重視する理由は以下の通りである：

実験の魅力を実験を直接体験させる・・・好奇心の喚起

学生自身に実際に実験を行わせることによって、まず「実験の面白さ」に触れさせる。これは文系学生の自然科学への興味を引き出す上で重要な要素となる。よって、本取組では、器具の使用法に慣れさせる「実習」ではなく、測定データを解析して事物を検証する「実験」を重視する。

「科学的な事実」の理解に不可欠・・・教育効果

実験・観測事実を支えられた「科学的な事実とは何か」を理解させるには、学生が

実験を行い、自分で結果を導き、その意味を考察するプロセスを、直接経験させることが不可欠である。

人間的成長を促す・・・人格形成

一つの実験テーマの完了までには、実験器具の準備、実験方法の理解、データの測定とその解析、実験レポートの作成を経て、実験結果の意味を考察するまでの一連のプロセスが必要となる。このプロセスで求められる幾つかの科学的要素（冷静かつ客観的な観察、論理的な思考法、直感的観察を学問的に裏づける能力、忍耐力、等）は、自立した人材の育成に重要な役割を果たす。

〔 〕 実験と講義の実施時間割・・・本取組が生んだ特色ある実施方法

本取組では、実験と講義の組合せに関して特色ある授業の実施形態を採用している。この実施形態の詳細は以下の通りである：

実験と講義の組合せ

実験重視とはいえ講義が実験と同様に重要であることは論をまたない。本取組では、実験と講義の組合せ方の創意・工夫による教育効果を狙って、同じ担当者が週ごとに実験と講義を入れ替えて授業を行う特色ある実施形態を採用した（表 参照）。

表 実験と講義の順序（同じ担当者が講義と実験を隔週ごとに入れ替えて実施）

	第1週	第2週	第3週	・・・	第26週
クラスA（担当者A）	講義	実験	講義	・・・	実験
クラスB（担当者B）	実験	講義	実験	・・・	講義

週が変わるごとに、実験と講義が表に出たり裏に隠れたりしながら全体として一つの授業を作り上げるこの独特な時間割は、糸をより合わせて一本の強靱な縄を完成させるのと同様に、実験と講義の相互補完的かつ相乗的な効果を引き出している。具体的には、同じ担当者が実験と講義を繰り返すことにより、実験での実体験をもとに講義内容への興味を喚起し、逆に講義の内容を実験によって確認させる状況を作り出している。

実験と講義の年間の実施回数はそれぞれ13回（それぞれ半期分の回数）、その単位数は6単位（実験と講義で対）、1クラスの学生数は約50名、生物・化学・物理の3科目合わせて約60クラスを開講している（表、表参照）。

表 実験と講義の年間の回数と単位数

	実験	講義	計
年間の回数（回）	13	13	26
1回の時間数（分）	195	180	
単位数	6		

表 クラスの学生数と生物・化学・物理全体のクラス数

		生物学	化学	物理学
担当者数（名）		11（+助手6）	4（+助手3）	6（+助手3）
規模	1クラスの学生数（名）	～50		
	全体のクラス数	～60		
	教科ごとのクラス数	29	13	18

( ) 実験テーマの例・・・文系学生がどのような実験をやっているか

[生物学]

ヒトゲノムにおける Alu 配列挿入多型の解析

「学生が自分のDNAの一部(Alu 配列)をPCR法により増幅し、クラス全体のDNAをもとに日本人のルーツを探る」

[化学]

燃料電池の仕組みの理解

「ぶどう糖アルカリ液に白金箔を浸し、その外側の備長炭とリード線間で電圧差を生じさせ、燃料電池の仕組みを理解させる」

[物理学]

アインシュタインの光量子説の検証

「金属に光を当てると電子が飛び出す現象(光電効果)を利用して、光が粒子的な性質をもつことを確かめる」

(3) 取組の特性について

本取組は以下の特性を持つ：

1) 組織面の特性

文系4学部を挙げての大規模な取組

文系4学部の4000名以上の学生を対象に、文系学部に所属する50名の自然科学研究者(様式4のデータ3参照)による強固な教育体制を構築している。慶應義塾大学が独自に他大学の状況を調査した結果、取組の組織的な規模とその陣容において本取組は他に類をみない。

施設・設備の特性

大学は、この取組を大規模かつ効果的に実施するために、日吉キャンパス中央に、生物学・化学および物理学3教室の教育研究用に、自然科学教育研究棟(第二校舎：日吉キャンパスのシンボリック校舎)を用意し、施設・設備の万全な整備を図っている(下写真および様式4のデータ2参照)。

取組を担当する組織の規模と内実は、一つの‘理学部’に匹敵するものであり、この組織が横断的に文系4学部

に所属し、理工学部とは独立に、文系学部の自然科学教育を担っている点に、この取組の一つの特性がある。



自然科学教育研究棟(棟内の文系用施設)

1階：化学教室

講義室1、学生実験室1、研究室

2階：物理学教室

講義室1、学生実験室1、研究室

3階：生物学教室

講義室2、学生実験室2、研究室

2) 時間割の特性 (下の時間割参照)

実験と講義の組合せ方の特色

同じ担当者による週ごとの実験と講義の入れ替えは、本取組が生んだ特色ある時間割である。その狙いは既に述べたところである。その他に、この組合せの優れた点は、一つのクラスが講義を行うとき、もう一つのクラスが実験室を使用することにより、実験室と講義室のセットで、2クラスが同時に走ることを可能にし、設備・施設を有効利用できることがある。この結果、限られたスペースの中で、多数の学生を「実験を含む科目」に受け入れることが可能となっている。

講義2コマ分の時間枠と多数のクラスを用意

時間枠として、通常の講義科目の2コマ分の時間(195分=90分+90分+15分[休憩時間])を連続して使用。これは、必ずしも実験に慣れていない文系学生が、その方法と意味を理解しながら実験を行えるだけの十分な時間を用意するためである。また、他の科目との関係で「実験を含む自然科学科目」を履修できなくなることを可能な限り避けるために、生物・化学・物理全体で週に約60クラスという多数の「実験を含む科目」を開講している。

2004年度文科系学部(文・経済・法・商)における実験を含む自然科学時間割

	月			火			水			木			金			土													
	生物	化学	物理	物理																									
1時限 (9:00~10:30)	B2 講義	B1 実験	B3 実験	P1 講義	B4 講義	B5 講義	B1 実験	C1 講義	P3 実験	B5 講義	B7 講義	B6 実験	B8 実験	C2 講義	C3 実験	P5 実験	B9 講義	B10 実験	C4 実験	P4 講義	B3 講義	B9 講義	B8 実験	B11 実験	C1 講義	P2 実験	P6 講義		
2時限 (10:45~12:15)	B2 講義	B1 実験	B3 実験	P1 講義	B4 講義	B5 講義	B1 実験	C1 講義	P3 実験	B5 講義	B7 講義	B6 実験	B8 実験	C2 講義	C3 実験	P5 実験	B9 講義	B10 実験	C4 実験	P4 講義	B3 講義	B9 講義	B8 実験	B11 実験	C1 講義	P2 実験	P6 講義		
3時限 (1:00~2:30)	B2 講義	B1 実験	B3 実験	P1 講義	P2 実験	B4 講義	B6 実験	C2 講義	C3 実験	P1 講義	P3 実験	B7 講義	B6 実験	B8 実験	C2 講義	C3 実験	P4 講義	P5 実験	B9 講義	B10 実験	C4 実験	P4 講義	P3 実験	B10 実験	B11 実験	C1 講義	P6 講義	P2 実験	P6 講義
4時限 (2:45~4:15)	B2 講義	B1 実験	B3 実験	P1 講義	P2 実験	B4 講義	B6 実験	C2 講義	C3 実験	P1 講義	P3 実験	B7 講義	B6 実験	B8 実験	C2 講義	C3 実験	P4 講義	P5 実験	B9 講義	B10 実験	C4 実験	P4 講義	P3 実験	B10 実験	B11 実験	C1 講義	P6 講義	P2 実験	P6 講義

( 翌週は講義と実験が入れ替わる )

3) 助手およびTAによる実験支援体制と危険防止への配慮

高校までで実験を経験したことのない学生も含まれていることを考慮して、実験遂行への支援体制と安全に関する配慮から、約50名の学生に対し、教員1名と助手1名(必要に応じて数名の大学院生TA)による実験カリキュラムを遂行している。

4) 実験テーマの特色・・・現代社会の課題に対応したテーマの導入

基本的な実験テーマに加えて、「発癌物質により誘導された染色体異常の頻度増加の解析」や「環境問題の理解と実体験：酸性雨や環境ホルモンの測定」等、現代社会の課題に関連した新しい実験テーマを導入している。

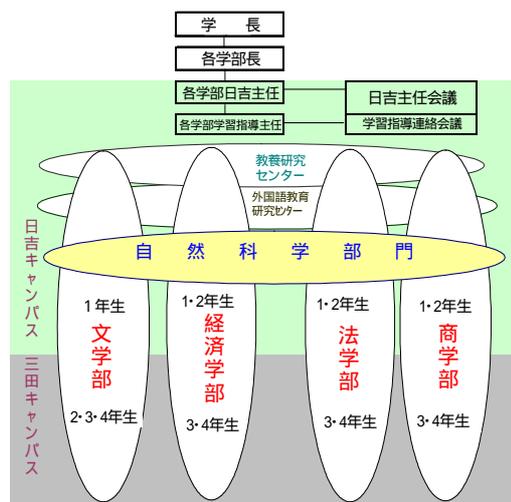
(4) 取組の組織性について

1) 組織の構造

右図に示すように、日吉キャンパスの組織は学部と部門からなり、縦(学部)と横(部門)からなるいわゆる格子構造をなす特有な組織形態をもつ。

この組織体制の中で自然科学部門は、文系4学部に所属する50名に、医学部・理工学

文系4学部の教育体制(日吉キャンパスを中心に)



部所属の13名を加えて、計63名の自然科学研究者によって構成されている（様式4のデータ3参照）。この自然科学部門の存在は、文系学生への実験を重視した自然科学教育のために、まさに一つの理学部に匹敵する陣容を擁した組織が設置されている状況といえる。

この構造は、いろいろな大学で教養部が解体・再構築された組織とは、歴史的経緯およびその実態において完全に異質なものであり、本取組を実践する上でその構造の存在意義は大きい：

#### 歴史的経緯とその実態

日吉キャンパスは、新制大学移行時に現在の格子構造をもつ組織としてスタートした。それゆえ、教養部の解体によって、そこに所属していた教員が関係学部配属されたものとは異なり、研究分野とは直接関係のない文系4学部にも、新制大学発足当初から一定数の自然科学研究者が所属している点に、この組織の特徴がある。

#### 組織の意義

自然科学研究者が、文系学部と自然科学部門の2つの組織に所属していることによって、各学部の教授会では文系学部における自然科学教育の意義について論議し、また自然科学部門の会議ではそれぞれの学部の教育理念を反映させる教育の在り方について議論を行っている。よって、学部のニーズを睨んだ講義を設定できる。組織のこの特性が、大学内での学部を超えた、また他のキャンパスとの間での学際的な理念の共有化に役立っている。結果として、自然科学の教育研究に責任を持つ組織として自然科学部門が機能し、学部配属することによって各学部の教育理念が反映される格子構造となっており、文系学部における「実験を重視した自然科学教育」の意義は学部の総意に支えられている。

#### 2) 取組への支援体制

「実験を含む自然科学」教育への資金として、大学から毎年「教育・研究用備品費」を配分し、教育・研究用の実験装置等の購入にあてている。これとは別に、2004年度は「生物」・「化学」・「物理」3教室に、「新たな実験テーマ」開発のための研究資金を投入した。引き続き2005年度以降も、新しい実験テーマ開発のための研究を継続する。

#### 3) 取組に関与する学生と教職員の数

文系の自然科学教育に関与する教員の総数は50名、この科目を履修する学生は毎年4000名以上となる。この他、通信教育課程の学生が毎夏、実験スクーリングに200名前後、講義だけの自然科学科目のスクーリングに数百名、参加している。

#### (5) 取組の有効性について

「文系学生に対する実験重視の自然科学教育」を実践している本取組の意義は、自然科学に関する十分な素養をもった文系学生を育成することにある。その教育効果の有効性を検証することは、困難ではあるが極めて重要な課題である。

慶應義塾大学はこの課題への一つの回答として、これまでの本取組に関するアンケート調査を実施した（2005年2月）。アンケートの対象は

- 文系4学部：在学学生（1年生・3年生）と卒業生（卒業5年経過・10年経過）
- 通信教育課程（文系3学部）：過去3年間の卒業生

である。アンケート依頼者の約 30 パーセントから回答が寄せられ、信頼するに足る分析データが得られた(回答実数 1802 件)。

アンケートの結果は、本取組の「実験を重視した文系学生対象の自然科学教育」が、1) 動機付け、2) 教育効果、の両面において、極めて重要な成果を挙げていることを明確に示している。

#### <アンケート結果について>

##### 1) 動機付けの有効性に関する調査

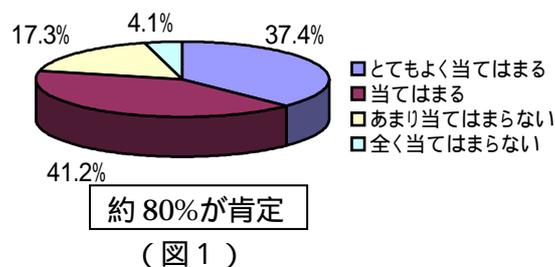
「この科目を選択した理由」を問う設問で、「講義に実験が伴っている授業が面白そうだったから」が、最も多いことが明らかになった。これは動機付けの面で、本取組の狙いが効果をあげていることを示す。

「自然科学の履修に対して心理的に抵抗があるか」の設問で、ほとんど(約 80%)の学生が心理的な抵抗を持っていないことが明らかになった(様式 4 のデータ 4 参照)。これは一般に予想されていること(文系学生へのある種の先入観)とは逆の結果であり、文系学生が自然科学の教育を受け入れるに十分な精神的な素地を持っていることを示すものである。この結果は、文系学部における自然科学教育のカリキュラムを考える上で貴重な参考資料となる。

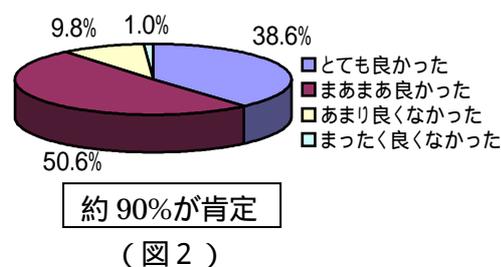
##### 2) 「実験の経験は有意義であったか否か」の設問(約 80%が肯定: 図 1 参照)

##### 3) 「自然科学科目を履修して良かったか否か」の設問(約 90%が肯定: 図 2 参照)

#### ・実験の経験は有意義であったか否か



#### ・自然科学科目を履修して良かったか否か



他の設問に関するアンケート結果は様式 4 (データ 4) にまとめた。

#### (6) 将来展望について

本申請プログラムでは、文系学部における自然科学教育の更なる充実を図って、以下に述べる新たな取組を始めている：

##### 1) カリキュラム改定による半期制の導入

より多くの学生が履修できるようにするため、2005 年度から文系 4 学部で、全ての「実験を含む自然科学科目」について半期制を導入する。

##### 2) 文系学部における副専攻認定制

本学では、文系学部において、自然科学分野等を副専攻として認定する制度が動き出している。これは、ある一定の履修条件を満たす学生に対して、自然科学等の分野を副専攻として認定するものである。この新しい制度の導入は、文系学部における自然科学教育の意義をさらに大きくするものであり、本取組では新制度導入に対応した自然科学教育カリキュラムの構築を始めている。

### 3) 新しい教育資源の開発

新しい教育資源の開発を目指して、以下の2つのプロジェクトを進めている。プロジェクトの成果は、慶應義塾大学の枠を超えて、他大学へ発信可能となる。

#### 高次生命現象理解のための細胞行動データベースの開発

私立大学等経常費補助金特別補助を得て、電子化ファイル辞典機能をもつデータベースの作成プロジェクトを推進しており、来年度の公開を目指している。このデータベースは、ヴィジュアル化された細胞行動として、数多くの生物学実験の例を網羅する。これを利用して、コンピューター上で生物学実験に自在にアクセスさせることによって、学生の実験経験を拡大させることが可能となる。

#### インターネット望遠鏡ネットワークの構築

慶應義塾大学は、大学独自の大型研究助成により「インターネット望遠鏡ネットワークの構築」プロジェクトを推進し、東京都府中市(2003年12月)と慶應義塾ニューヨーク学院(2004年9月)の2ヶ所に、インターネット経由で操作可能な天体望遠鏡を設置した。この結果、学生が自ら測定した天体のデータを用いる「観測を含む天文学」を設置する体制が整い、教育現場での活用試行を行っている。現在ヨーロッパ地域に、第三のインターネット望遠鏡を設置する計画を進めている。

## 3 データ、資料等

### データ 1 実験を含む自然科学科目の履修者数

過去3年間における文科系学生の実験を含む自然科学科目履修者数(化学・生物学・物理学)

(通学課程)				
	化学	生物学	物理学	計
2002	701	1,305	513	2,519
2003	721	1,432	858	3,011
2004	665	1,498	694	2,857
合計	2,087	4,235	2,065	8,387
3年間の平均	696	1,412	688	2,796

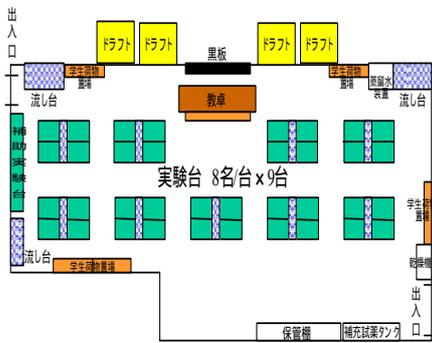
過去3年間における実験スクーリングの受講者数(化学・生物学・物理学)

(通信課程)				
	化学	生物学	物理学	計
2002	47	24	48	119
2003	34	163	44	241
2004	33	171	38	242
合計	114	358	130	602
3年間の平均	38	119	43	201

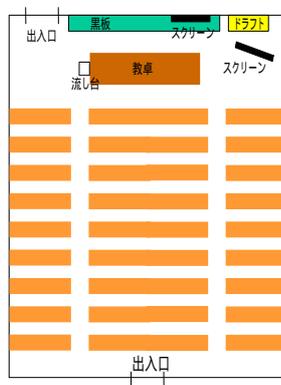
データ 2 自然科学研究・教育棟内の文系学生実験室および講義室見取り図

1階 化学教室

化学実験室(212室) 収容人数72名

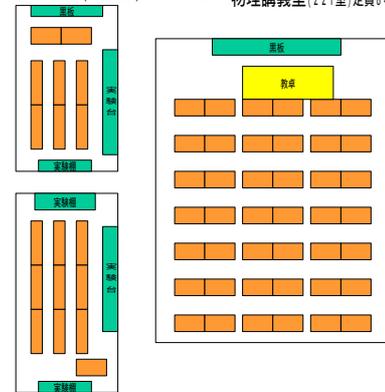


化学講義室(214室) 収容人数117名



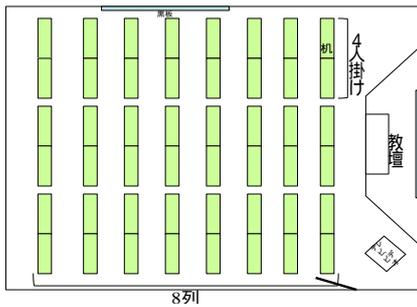
2階 物理学教室

物理実験室(222室)定員73名 物理講義室(221室)定員84名

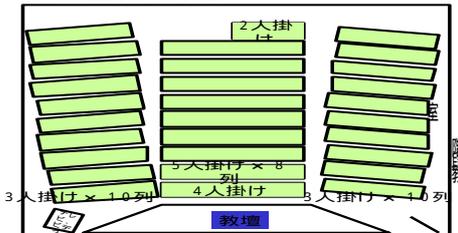


3階 生物学教室

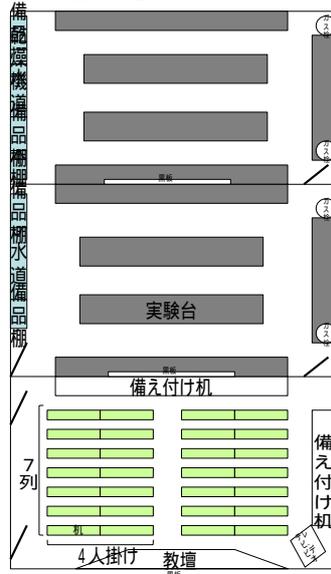
2.3.1教室見取り図



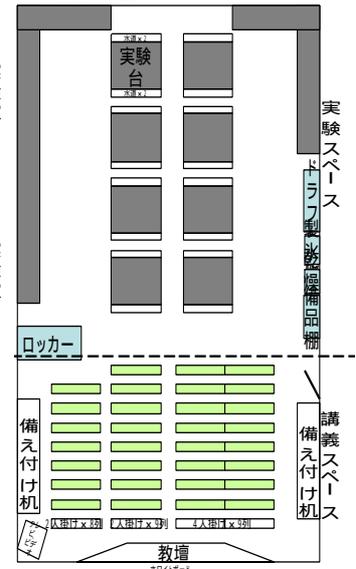
2.3.4教室見取り図



2.3.2教室見取り図



2.4教室見取り図



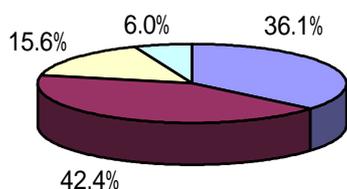
データ3 日吉キャンパス所属の自然科学部門教員数(2004年5月現在)

	文学部	経済学部	法学部	商学部	医学・理工学部	計
生物学	教授 1名 助教授 1名 助手(嘱託) 1名	教授 1名 助教授 2名 助手(嘱託) 1名	教授 1名 助教授 1名 専任講師 1名 助手 1名 助手(嘱託) 1名	教授 1名 助教授 2名 助手(嘱託) 2名	教授 1名 専任講師 1名 助手 1名	教授 5名 助教授 6名 専任講師 2名 助手 2名 助手(嘱託) 5名
	計 3名	計 4名	計 5名	計 5名	計 3名	計 20名
物理学		教授 1名 助手 1名	教授 1名 助教授 2名 助手 1名	教授 1名 専任講師 1名 助手(嘱託) 1名	教授 1名 助教授 1名 助手 1名	教授 4名 助教授 3名 専任講師 1名 助手 3名 助手(嘱託) 1名
	計 0名	計 2名	計 4名	計 3名	計 3名	計 12名
化学	教授 1名 助手(嘱託) 1名	教授 1名 助手 1名	助教授 1名 専任講師 1名 助手(嘱託) 1名		教授 1名 専任講師 1名 助手 1名	教授 3名 助教授 1名 専任講師 2名 助手 2名 助手(嘱託) 2名
	計 2名	計 2名	計 3名	計 0名	計 3名	計 10名
数学		教授 7名 助教授 1名		教授 2名 助教授 1名 専任講師 1名	教授 1名 専任講師 1名	教授 10名 助教授 2名 専任講師 2名
	計 0名	計 8名	計 0名	計 4名	計 2名	計 14名
心理学	教授 1名 助手 1名		教授 1名	教授 1名	教授 1名	教授 3名 助教授 1名 助手 1名
	計 2名	計 0名	計 1名	計 1名	計 1名	計 5名
人類	教授 1名					教授 1名 助教授 0名
	計 1名	計 0名	計 0名	計 0名		計 1名
天文					教授 1名	教授 1名
					計 1名	計 1名
計		50名			13名	63名

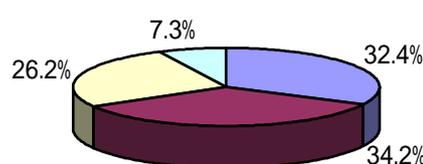
データ4 慶應義塾大学アンケート結果(2005年2月)より

設問1 「実験科目の教育効果に関する設問」

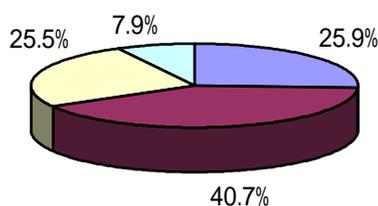
・実験の内容に対して興味が持てた



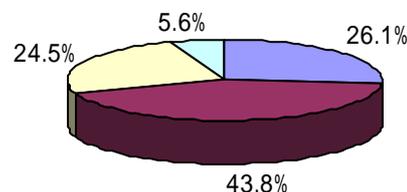
・自然科学における実験の重要性を感じることができた



・自然科学に興味を持てるようになった



・自然科学の理解に役立った



設問2 「文科系学生に自然科学科目の履修が義務づけられていることに心理的に抵抗があるか」に関する調査

