

はじめに

奈良女子大学理事・副学長
理系女性教育開発共同機構長
小路田泰直

理工系に進学し、理工系女性リーダーになっていく人材を増やさなくてはならない。これは今、我が国の国是ともいえる政策になってきている。長年、女子大学として黙々と理工系女性リーダーを輩出し続けてきた本学やお茶の水女子大学のみならず、従来あまりそのことに関心を払ってこなかった大学も、多くが、突然目覚めたかのように、一斉にそのことを言い始めている。良いことだ。

ただ日本の大学の悪い癖で、ではなぜ従来自らはそのことに特別の考慮をしてこなかったのか、そのことへの反省は抜きにして、流行にのるかの如く、その課題を追い求め始めている。流行が去った時、再び元の本阿弥に戻らないことを願うのみである。でも、多くの大学がそうしたことを追い求め始めること自体は良いことである。本学やお茶の水女子大学などは、その伝統からいって、先頭に立たなくてはならない。

しかし留意すべきことがある。それは、今理工系に進む女性が少ないからといって、それは女性が男性に比べて能力的に劣っているからでも、女性が不当に差別、抑圧されているからでもないということである。確かに後者の側面はあるかもしれない。しかし女性には女性なりの知恵があつて理工系を選ばないという側面もあることに、我々は留意しなくてはならない。

例えば物理学の発展は、この百年の間、常に「核や原子力の発展」と不即不離の関係にあった。広島、長崎の惨劇をもたらし、東京電力福島第一発電所の悲劇をもたらしたものののである。男性以上に命を守り育む立場にたつことの多い女性が、だからこそ物理学という学問を嫌悪したといったことも、私はあり得たと思う。そう思えば理工系を忌避するのもまた知恵だ。そうしたことに留意しなくてはならない。

ならば、女性に理工系選択を勧めるのに、今女性のエンジニアが不足しているからとか何とか、当面の利益、当面の必要を言うだけでは不十分である。多くの女性の理性に訴えかけるもう一つ深い「何か」を語らなくてはならない。そして多くの女性を理工系に誘う、その「何か」を探りあてることが、本理系女性教育開発共同機構の課題である。結構難しい。

そしてこの1年、その「何か」を探り当てべく、本機構は、試行錯誤を積み重ねてきた。アンケートもとった。セミナーやシンポジウムもやってみた。高校生との対話も試みた。実験的な授業も開講した。一つ一つは試行錯誤だが、やがて体系的な理系女性リーダー育成プログラムの開発が可能となると思って、それらをやってきた。

そこで来年度こそその思いを込めて、まずはここにその中間報告をしておく。



理系女性教育開発共同機構

平成 26 年度文部科学省
「国立大学改革強化推進補助金」対象事業



奈良女子大学
学長

お茶の水女子大学
学長



理系女性教育開発共同機構運営委員会
機構長 (副学長)・副機構長 (副学長)
各プロジェクトリーダー・外部人材

理系女性ハーディング支援プログラム

アドバイザーボード

＊進路選択に関するアンケート調査

- ➡ 1 回生全員対象 (奈良女・お茶女)
 - ・追跡調査も実施
- ➡ 他大学の一部の 1 回生対象
- ➡ 理系進学の壁を明確化
 - ・授業や教材開発に役立てる

＊女子中高生・保護者への指導と相談
➡ 女子学生と協働して実践

＊シンポジウム等でロールモデルの発掘
➡ 理系女性ネットワークの構築



1. 理系進路選択可能性の拡大

- ＊保護者・学生・教員の意識調査
➡ 社会通念打破の方法を模索・提言
- ＊迷う女子高生への指導
➡ 進路相談コーナーの開設・女子学生の出張セミナー

中等教育改革プロジェクト

2. 魅力的な理数教育の創造

- ＊新たな理数教育の開発
➡ 教授法・教材の研究開発
文脈的学修法への転換
- ＊小中高の教員への研修
➡ 女子生徒に理系に興味を持たせる授業を行うための研修 (遠隔研修を含む)
- ＊高大連携の深化
➡ 「高大連携特別教育プログラム」の拡充
多様な専門教育の中等教育への下降

奈良女子大学
附属幼稚園 (初等教育学校構想)
附属小学校
附属中等教育学校 (6 年一貫)

お茶の水女子大学
附属幼稚園
附属小学校
附属中学校
附属高等学校 (女子校)

アウトプット

- ★雑誌の創刊
- ★テキスト・副読本の発刊
- ★テキスト・副読本のネット配信
- ★授業ビデオのネット配信
- ★教材等のデジタルアーカイブ



＊附属学校における授業研究・教材開発

- ➡ 通常の理数授業の改革
- ➡ 理数カリキュラムの改革
- ＊理数研究会の開催 (月に 1 回程度)
 - ➡ 県内・県外の教員も含む
 - ➡ テレビ会議システムの活用
- ＊大学教員による授業・カリキュラムの提案
➡ 高大接続の視点から

＊リベラルアーツとしての教養教育の創設

- ➡ 大学で全員が身につけておくべき理数教育
- ➡ 専門の基礎としての教養教育からの脱却
- ＊専門につながる数学・物理の学修
 - ➡ 理学につながるテキスト・副読本の開発
 - ➡ 生活工学につながるテキスト・副読本の開発

■ LADy Science: Lovely, Active, Dynamic Science
■ ストーリー (文脈) のある理数教育

大学理工系教育改革プロジェクト

3. 理系女性リーダーの育成

- ＊大学における新たな理系学修法の確立
➡ アメリカ方式の物理教育の研究
文脈的学修法への転換
- ➡ 生活工学関連学科 (学部) における新たな理数教育方法の確立
- ＊理系女性リーダーの理工系諸分野への進出加速
- ＊成果の全国への発信
➡ テキスト・デジタルアーカイブス

グローバル化推進プロジェクト

4. グローバル化の推進

- ＊グローバル人材の育成
 - ➡ 理系学生の海外留学奨励
- ＊新たな英語教育の確立
 - ➡ 少人数教育・習熟度別教育
- ＊大学院における留学生の受け入れ
 - ➡ 英語による授業の増加
- ＊海外の理数教育
 - ➡ 積極的取り入れとアーカイブ化

＊アジア・ヨーロッパの連携大学との交流深化

- ＊新たな連携大学の開拓
- ＊“Think Locally, Act Globally” なる Glocally
 - ➡ 日本ならではの教育・研究の提供
 - ➡ 生活工学 (共同専攻) との協働

■ アクティブ・ラーニング (AL)
■ プロジェクト・ベースド・ラーニング (PBL)



目次

I 理系女性ハードリング支援プログラム

§ 1	2015 年春アンケート報告	1
§ 2	2015 年秋アンケート報告	5
§ 3	第 1 回 CORE of STEM 公開セミナー「日本語と科学」	16
§ 4	座談会「若手女性理系研究者の思い」の報告	19
§ 5	高校生シンポジウム	24
§ 6	第 2 回 CORE of STEM シンポジウム	25
§ 7	意欲ある学生支援事業「おたすけ」試験的実施の報告書	26

II 中等教育改革プロジェクト

§ 1	はじめ	33
§ 2	理数研究会	34

III 大学理工系教育改革プロジェクト

§ 1	社会に出るまでに知っておきたい科学—物語としての科学—	84
§ 2	科学の言語としての数学	89
§ 3	「グローバル理系女性育成国際サマーキャンプ SCORE」	93

IV グローバル化推進プロジェクト

§ 1	概要	97
§ 2	2015 年度 アメリカ学生研修旅行 SEASoN	99
§ 3	レスター大学との交流	105
§ 4	ベルギー派遣報	110
§ 5	ベトナム・ハノイ出張報告	113
§ 6	ベトナム国家大学ハノイ校自然科学大学&附属高等学校訪問記	122

V ブックレットの発刊

		129
--	--	-----

I 理系女性ハードリング支援プログラム

§ 1 2015 年春アンケート報告

共同機構 寺内かえで

1. 調査の目的

奈良女子大学とお茶の水大学は、平成 26 年度文部科学省「国立大学改革強化推進補助金」の対象事業に採択され、「理系女性教育開発共同機構」を設置することとなった。女性がなかなか理工系に進学しない、理工系女性リーダーとして成長していかないのはなぜかを問い、改善策を提言していくのが「理系女性教育開発共同機構」の課題である。

「理系女性教育開発共同機構」の使命の 1 つとして、中等教育における理数教育および大学教養課程の理数教育の改革がある。新しい教育方法や教育内容を創造する際に、現在の中高等教育における理数教育の課題や、大学教養課程における理数教育の現状と学生の実態を把握することは重要である。

そこで、大学入学までの理数系科目の履修状況、理数系科目に対する好き・嫌いや得手・不得手、進路選択に影響を与えたと思われる要因や生活習慣、生活上の嗜好性等に関する基礎データを得ることを目的として、新入生に対する大規模な本調査を実施した。

2. 調査対象と調査方法・調査内容

奈良女子大学全学部、お茶の水女子大学全学部、奈良教育大学、甲南大学マネジメント創造学部及び芝浦工業大学システム理工学部の 2015 年度入学生全員を対象として調査を行った。

	回答者数	女性 (比率%)	男性 (比率%)
調査対象全体	1726 人 (100%)	1182 人 (68.48%)	536 人 (30.48%)
奈良女子大学 (理学部・文学部・生活環境学部)	396 人 (100%)	379 人 (99.49%)	0 人 (0.00%)
お茶の水女子大学 (理学部・文教育学部・生活科学部)	466 人 (100%)	464 人 (99.57%)	0 人 (0.00%)
奈良教育大学教育学部	236 人 (100%)	131 人 (55.51%)	104 人 (44.04%)
甲南大学マネジメント創造学部	190 人 (100%)	115 人 (60.53%)	75 人 (39.47%)
芝浦工業大学システム理工学部	452 人 (100%)	92 人 (20.35%)	357 人 (78.98%)

調査は、2015年度入学生が入学した4月から7月までの授業時間にご協力いただき実施した。大学入学までに履修した高等学校の理数科目等（設問 5-10）、高校生のときに選択していた学科やコース（設問 11-12）、進路選択の時期（設問 13-16）、受験する大学を選んだ時期に重視したこと（設問 17-21）、進路選択を決めるときに影響を与えた人（設問 22-32）、資格取得に対すること（設問 33-34）、高校時代、中学校時代、小学校時代における理数科目に対する印象（設問 35-56）、小・中・高の生活習慣、好き・嫌い、得手・不得手に関するふりかえり（設問 57-94）、理系に対して持っているイメージ（設問 95-97）、身近な親戚で理系出身者の人数（設問 98）について選択肢を選ぶ回答方式で調べた。また、理科及び数学について、それぞれ「好きな理由」「嫌いな理由」「苦手な理由」を自由記述方式(7問)で調べた。

3. 調査結果のまとめ

(1) 理数科目と進路選択について

高校での理数科目では、男女差、文系コースか理系コースかで、履修状況及び科目に対する好感度（好き/嫌い、得意/不得意）に大きな差があった。

「生物」は文系コース選択者や女子に好感を持たれる傾向にあった。これは、この科目が理科科目の中では最も身近な内容を扱っているということに加えて、暗記項目（用語）が物理に比べると圧倒的に多いことにも起因していると考えられる。

「化学」は理科科目の中で最も履修者が多く、約 90%が履修しており、男女とも履修率は同程度であった。文系コース選択者と理系コース選択者とでは大きな差があり、文系コース選択者では理系コース選択者より好感度において 20 ポイント以上低かった。また、理系コース選択者についてみると、女子は男子より好感を持っていた。

「物理」はメジャーな理科科目（物理・化学・生物）の中では最も履修していない者が多かった。物理を履修しない傾向は特に女子で強く、理数コース選択者においても男子の約 4 倍に当たる約 20%の女子が履修していなかった。また、物理履修者についてみても、女子は男子に比べて不得意感を抱いている者が多かった。

どの理数系の科目についても、小学校、中学校、高校と学年があがるにつれて、好きな者/得意な者が減少し、同時に嫌いな者/不得意な者が増加した。

中学校の理科第一分野（高校での化学と物理の内容につながる）は、既に科目好感度において、高校での文理によるコース分けを暗示していた。このことから、女子が物理分野に興味を持つようになるためには、中学校の理科第一分野の段階で、身近な内容と結びつけるなどの工夫が必要だと思われる。

数学についてみると、特に中学校から高校になるときに、好きな者/得意な者の減少率が大きく、同時に嫌いな者/不得意な者の増加率が多くなった。また、「好き/嫌い」の尺度と、「得意/不得意」の尺度とでは、「得意/不得意」の尺度において、この時系列的な傾向が強かった。同一回答者において、中学校から高校に上がるにつれて「得意/

不得意」の回答が5段階の中でどのように推移をしたかを示す。

(2) 高校での理数科目に対する印象と高校までの生活習慣・嗜好性との関係について

高校での理数科目に対する印象（好き/嫌い，得意/不得意）と，高校までの生活習慣や嗜好性についての質問（設問57～94）の中で，科目の好き・嫌い，得意・不得意と密接な関係があると思われる項目について，その関係性を調べた。

数学が得意な者（1.得意又は2.どちらかというとき得意）と不得意な者（4.どちらかというとき不得意又は5.不得意）とで20ポイント以上の差があった項目は，「数学など理系科目の成績が良かった」，「数学の計算や，三角関数やベクトルなど特定の単元が苦手だった」，「数学の問題が解けたときの達成感が好きだった」，「数学の答えがはっきりしているところが好きだった」，Q66 数学の解法がいくつもあるところが好きだった」，「図形の勉強が好きだった」，であった。一方，「数学の解答にはひらめきが必要だと思った」，という問いに対しては得意な者と不得意な者との間にほとんど差がなかった。このことは，「ひらめき」という言葉で，得意な者はポジティブなイメージとして受け止めており，一方，不得意な者は「自分にはひらめきがないから」という諦めを伴うネガティブなイメージで捉えていることがうかがえる。教育のプロセスや指導法において，言葉の使い方に注意しなければならないことを示していると思われる。

次に，生物・化学・物理と関係深い項目に着目した。生物が得意な者に特に当てはまる項目は，「化学や物理は計算が複雑で暗記量が多くて苦手だった」，「自然や動物・植物の本を読むのが好きだった」，「博物館や資料館に行くのが好きだった」，のような自然や生物に対する知識への欲求が高い一方計算など数学的要素のあることを不得意とする項目であった。化学が得意な者に特に当てはまる項目は，「元素記号や化学式を覚えるのが得意だった」，という化学特有の項目だった。生物，化学，物理の順に当てはまる程度が大きくなる項目は，「数学など理系科目の成績が良かった」，「私は「人」より「モノ」に関心があった」，「機械やものづくりに関心があった」，「図形の勉強が好きだった」，「パソコンが好きだった」，のようなモノや機械に対する興味や数学への好感であった。逆に，生物，化学，物理の順に当てはまる程度が小さくなる項目は，「動物や植物の世話をするのが好きだった」，「自然や生き物が好きだった」，「地球環境の問題に関心があった」，といった自然や生き物及び環境に対する事柄であった。

(3) 進路選択と資格取得又は人の影響について

進路選択及び資格取得に大きな影響力を与えているのは「母」と「小・中・高の先生（特に高校教師）」であった。また，女子は男子よりも「母」の影響を受けていた。このことから，母親が子供，特に女の子に対してどのような進路（将来設計）を望んでいるかということが，女子の進路選択に反映されている可能性があると考えられる。また，高校での進路指導も重要であることがうかがえる。

(4) 進路選択と就職について

女子よりも男子の方が就職を意識して進路選択をしていることがうかがえた。

(5) 理系のイメージについて

女子のほうが男子よりも 10 ポイント近く、理系について「かっこいい」「まじめ」「きちっとはまった答が好き」という「ステレオタイプとしての理系のイメージ」を持つ者が多かった。

4. 調査結果の公表・外部発表

[1] 2015年度LADy Scienceブックレット『進路選択に関する意識調査』(2015年春実施)に係る報告』

[2] AAAS annual meeting 2016, General Poster Session(査読あり)にて発表

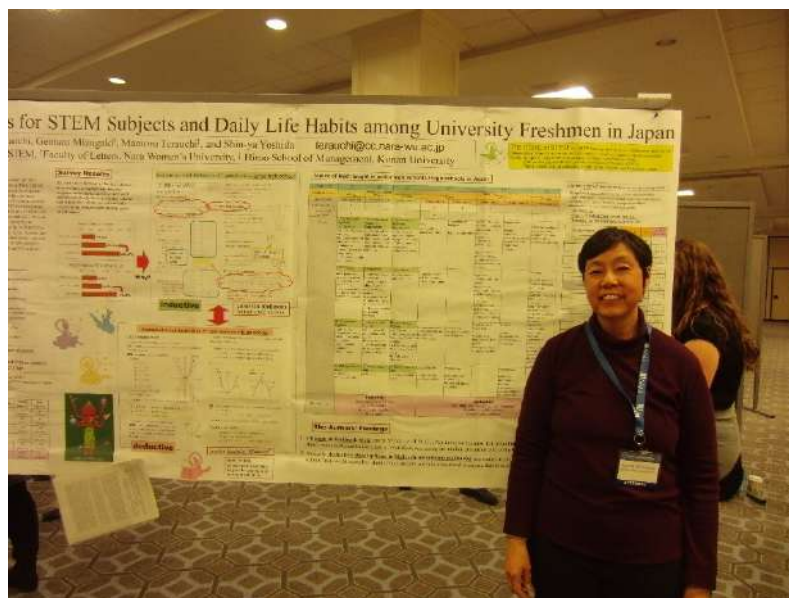
(Washington DC, Saturday, February 13, 2016: 2:30 PM-5:00 PM)
'Preferences for STEM Subjects and Daily Life Habits among University Freshmen in Japan'

Kaede Terauchi^{*}, Gentaro Mizugaki[†], Mamoru Terauchi[‡], and Shin'ya Yoshida
CORE of STEM, [†]Faculty of Letters, Nara Women's University, [‡]Konan University

The CORE of STEM (Collaborative Organization for Research in Women's Education of STEM) is a MEXT*-funded project which is a collaborative organization between Nara Women's University and Ochanomizu University in Japan in order to encourage women and girls to study STEM and pursue a successful career in these fields.

*MEXT: The Ministry of Education, Culture, Sports, Science, and Technology, Japan

注) AAAS: The American Association for the Advancement of Science(アメリカ科学振興協会)



§ 2 2015 年秋アンケート報告

共同機構 麻生武・増田暢

このアンケートは 2015 年 9 月に奈良女子大学全学の学部生（文学部 251 名、生活環境科学部 462 名、理学部 550 名）を対象に実施された。使用された質問用紙と回答結果をまとめたものを次頁以降に添付する。実施の目的は「女子学生の進路決定がどのようになされ、入学後それがどのように学生に判断・評価されているのかを明らかにして、女子教育の意味を問い直すとともに、大学の講義内容や方法について調査することにより、大学の講義の改善に資するデータを収集する」ことである。以下は麻生による分析であり、学部ごとの結果のグラフを後ろに掲載する。

「①+②をプラス、③+④をマイナスと判断

1. 進路が予想に合致していたか。

・プラスは全学年でこみで、理学 65.6%、生環 59.4%、文学 68.8%

⇒生環がやや低いようだが、1 回生に限るとそうとは言えない。生環や文学では、2～3 回生の方が予想と違っていたと思う者が多くなる傾向（予想と合っていなかったとする者が多くなる）。……理学部が変化しないのは、予想が 1 回生のときにショックを受けるが、それ以後あらたなショックは受けないよう。生環や文学では、大学ではこんなことをするのか、と 2 回生以降きづいていく。

2. 専攻に進んだことに満足か。

・プラスは全学年でこみで、理学 85.8%、生環 87.9%、文学 92.8%

⇒満足度はどの学部も高い。また、1 回生～4 回生で理学、文学では満足度はほとんど変化しないが、なぜか生環では学年による違いがある。いずれにせよ高い。

3. 自分の専攻の学問に関心がある

・プラスは全学年でこみで、理学 86.4%、生環 90.9%、文学 94.0%

⇒関心はどの学部も高い。細かく見ると、①「とても関心がある」の者が、②「まあ関心がある」を越えているのは文学だけである。

4. 自分の専攻についてさらにさらに勉強したい

・プラスは全学年でこみで、理学 84.7%、生環 89.2%、文学 91.6%

⇒意欲はどの学部も高い。どの学部も最終学年の 4 回生になると、ほんの少し意欲が減少する。これは研究より実社会に目が向くためと考えられる。

5. 自分は自分の専攻に向いているか

・プラスは全学年でこみで、理学 57.1%、生環 72.2%、文学 76.4%

⇒理学部の学生が、他の 2 学部と比較して低いことが目立つ。理学部学生の「関心」や「意欲」がそれほど低くないことを考えると、理学部の学生は自分が達する必要がある「要求水準」を高く設定し、自分の至らなさを相対的に強く感じていることをうかがわせる。／理学部の顕著なことは④「向いているとは『まったくそう思わない』」とした者の割合が、6.7%と高かったことである（生環は 2.4%、文学は 0.4%）。理学部の勉強は厳

しく「落伍者」を生み出しやすいと言えよう。／また、どの学部も、1回生より2～4回生になる方が「専攻に向いている」とするものが減少するのは、学問の厳しさを学習するためと考えてよいのだろうか。

6. 自分の専攻の勉強が将来役立つか

・プラスは全学年でこみで、理学84.4%、生環92.2%、文学75.2%

⇒予想通り、生環が一番高く、続いて理学、文学部となっている。学年による変動に顕著な傾向はない。あえて言えば、一・二回生のときより、三・四回生のときの方が、少し減るようである。この傾向がわかりやすいのが文学である。有意な傾向とまでは言えない可能性もある。文学4回生でも7割近くが「役立つ」と考えている。

7. 自分の専攻は一般に女性に向いているか

・プラスは全学年でこみで、理学53.2%、生環78.1%、文学82.4%

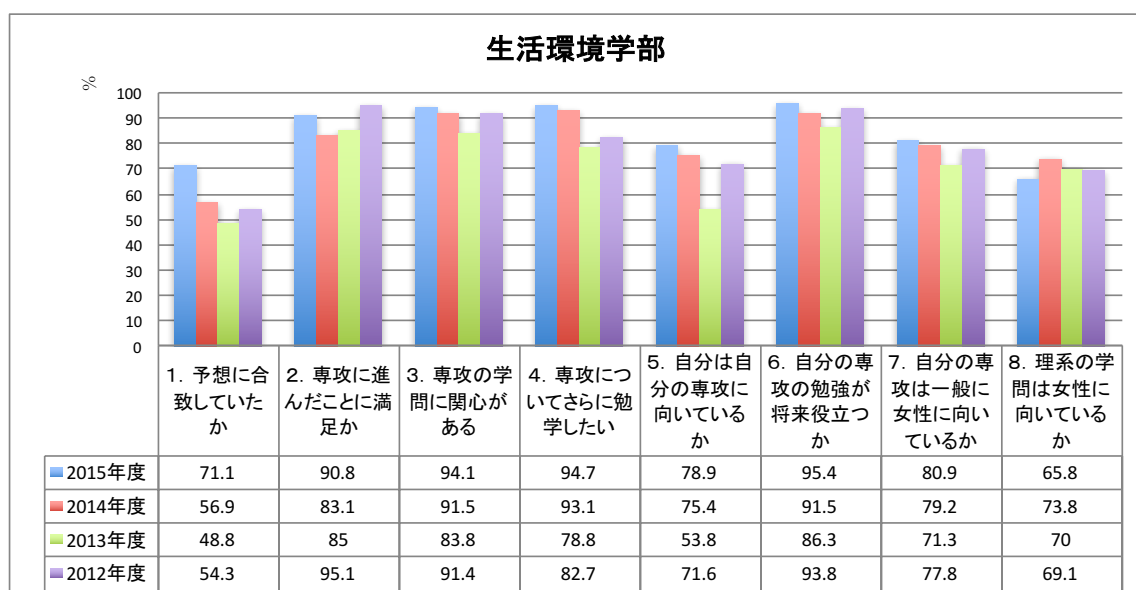
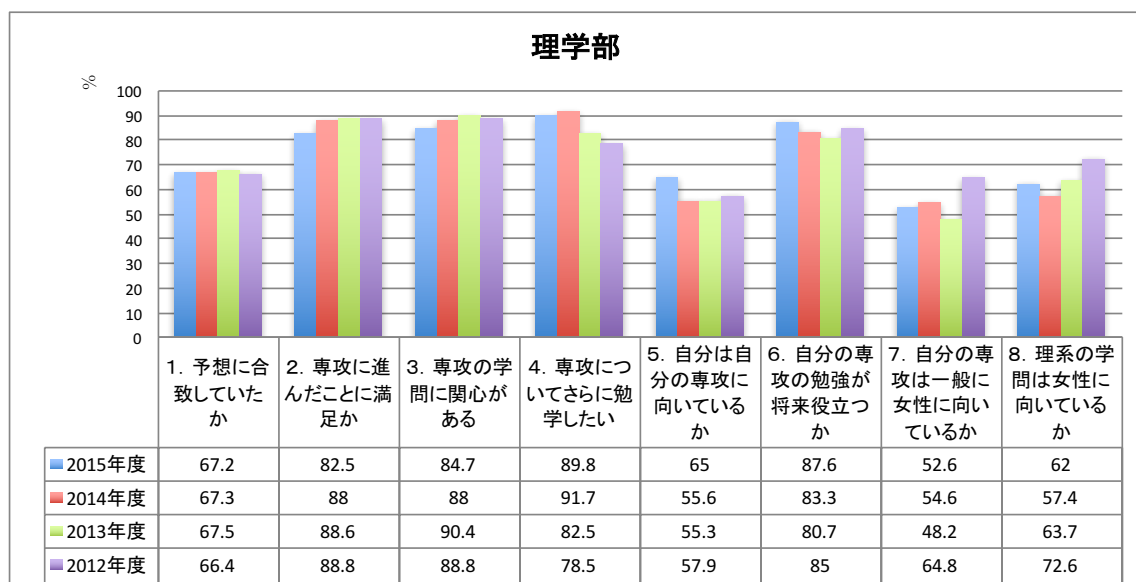
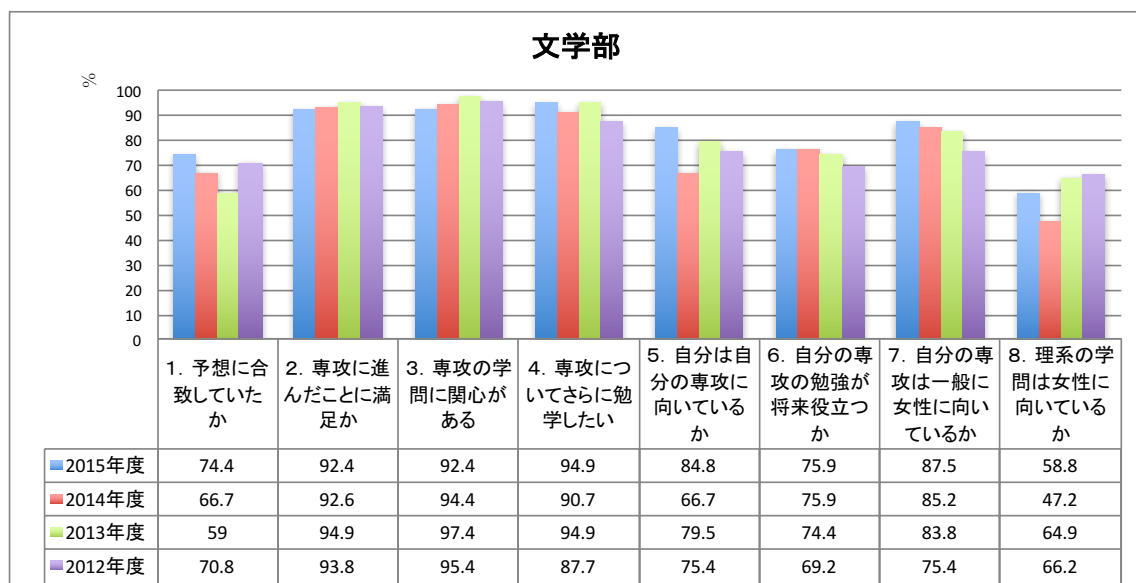
⇒理学部の学生が自分の専攻を女性に向いていないとする者が半数近くいることが目立つ。自分が専攻しているのにもかかわらずなぜそう思うのか。問いの5の項目「自分は自分の専攻に向いているか」に対して、理学部の学生が57.1%しか肯定的でなかったことと符合する。「自分の専攻は、女性に難しく自分にも向いていないかもしれない」そういった学生が少なからずいることをデータは強く示唆している。／「むいていないとは④まったくそう思わない」とした者は、三学部ともきわめて少数である。理学部でも14名(2.6%)にすぎない。／文学部や生環では、一・二回生のときより、三・四回生のときの方が、「向いている」とする者が少し減る傾向が見られる。理学部では四回生になると、「向いている」とする者が64.8%に上昇している。

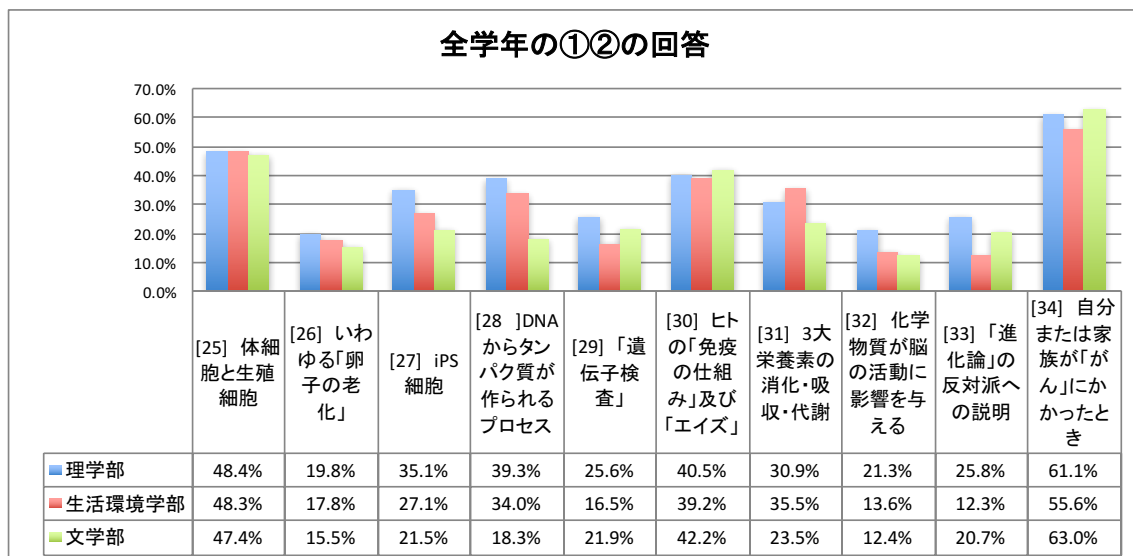
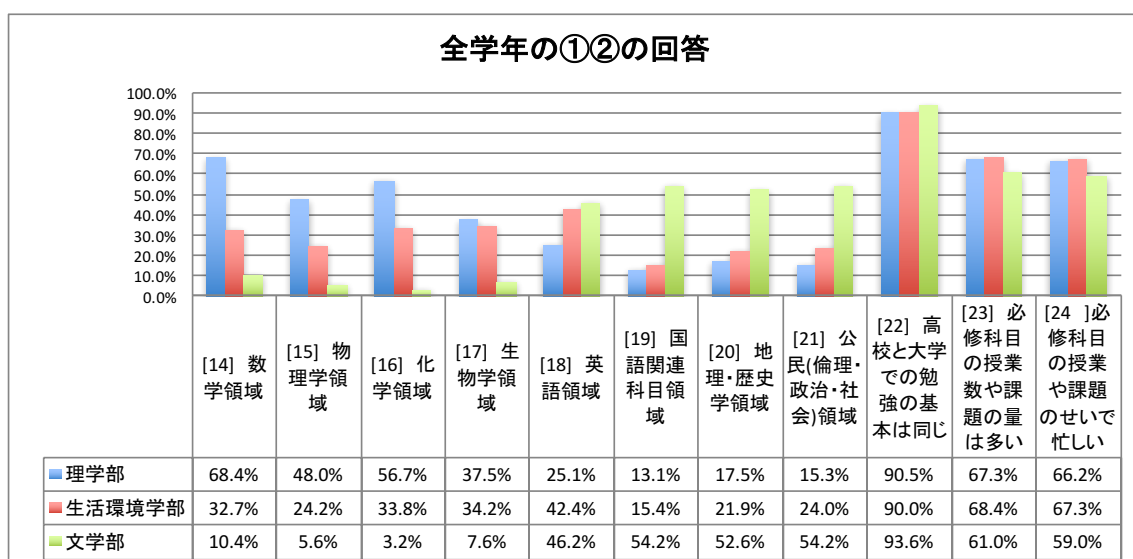
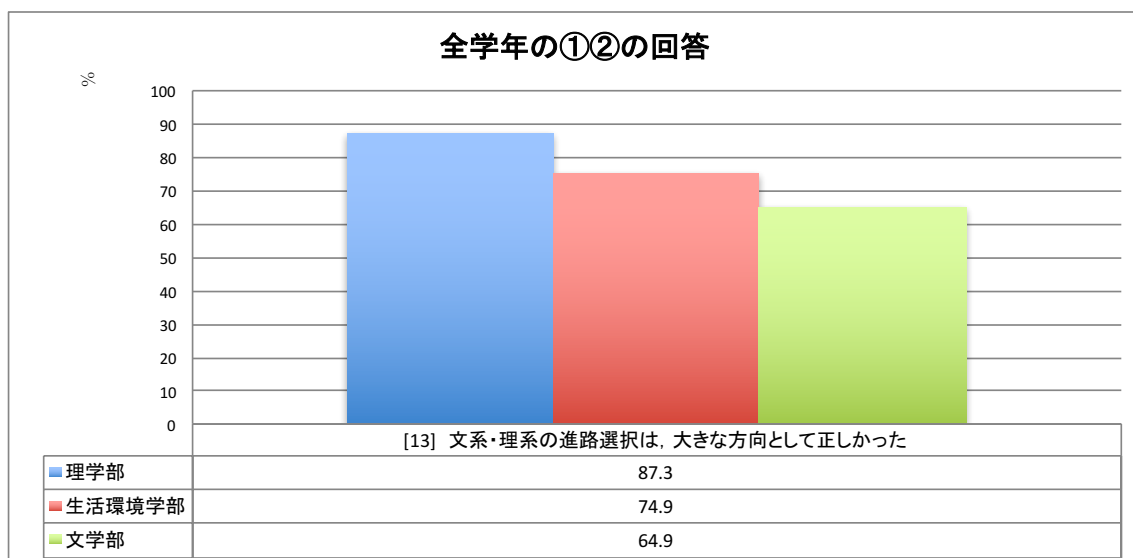
8. 理系の学問は女性に向いているか

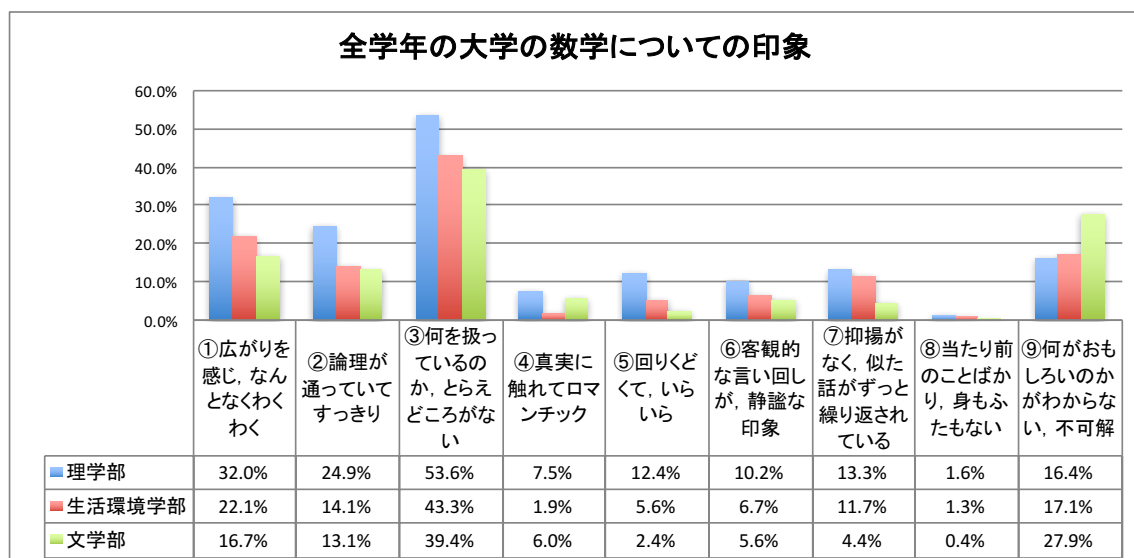
・プラスは全学年でこみで、理学63.6%、生環69.6%、文学59.6%

⇒生環の学生と理学部の学生では「理系」のイメージが異なっているのか、生環の方が理系の学問が女性に向いているとしている。文学部は、自分が選択しなかったためか、女性に向いていないとする者が多い。／興味深いのは、理学部の学生が自分の専門が女性に向くとした割合(53.2%)より、一般に理系が女性に向くとした割合(63.6%)の方が高い点である。自分の専攻は、理系の中でもとりわけ女性に向いていないと考えているようである。生環の学生は、自分の専門が女性に向くとした割合(78.1%)より、一般に理系が女性に向くとした割合(69.6%)の方が低く、自分の専攻は、理系の中でもとりわけ女性に向いていると考えているようである。そこが、同じ理系と言っても、理学部と生環の対称的な点である。／理学部と文学部では、一・二回生のときより、三・四回生のときの方が、「向いている」とする者が増える傾向がかなりはっきり認められる。「理系は女性に向いていない」といったイデオロギーに対抗する学問観あるいはジェンダー意識が育ってきたとも考えられる。」

1. 質問番号[1]～[8]で①または②を回答(肯定的回答)した学生の割合







次ページより，使用した質問紙を掲載しておく。

進路選択と大学の学修に関する意識調査

2015 年 9 月 30 日

奈良女子大学 理系女性教育開発共同機構

責任者：小路田泰直

ご回答のお願い

- ・ 1 回生～4 回生の方に、ご回答をお願いいたします（ただし、留学生、海外で中等教育を受けた帰国生は除きます）。
- ・ マークシートへの記入には HB の鉛筆を使用してください。
- ・ 調査は無記名で行われます。学籍番号の記入をお願いしていますが、学部・学科以外はコンピュータで変換して研究用番号の生成に用います。
- ・ ご回答は統計処理され、決して個人名が出るようなことはありません。また、プライバシーにかんする情報はインターネット等から切り離して管理し、調査終了後、責任をもって破棄しますので、安心してご回答ください。
- ・ 本調査結果は、大学教養教育のカリキュラム改革の参考として利用させていただきます。それ以外の目的には利用いたしません。
- ・ 質問番号順にお答えください。質問の中には、一部の方にだけおたずねするものもありますが、その場合は「* * へお進みください」等の指示にそってお願いいたします。
- ・ お答えは、あてはまる回答についている数字を、マークシート用紙の該当する数字のマークを塗りつぶしていただく場合と、カッコ内に具体的な内容をご記入いただく場合があります。
- ・ 調査への協力は任意です。お答えになりにくい質問には、無理にご回答いただかなくてもかまいません。また調査票全体もしくは一部への回答を拒否されることによって、成績等を含めて、個人に何ら不利益はありません。
- ・ 調査に関するご質問は、下記に電話または電子メールにてお問合せください。

※調査に関するお問合せ

奈良女子大学理系女性教育開発共同機構

電話 FAX:0742-20-3266

(月曜日～ 金曜日:10:00～17:00)

E-mail : shinya@cc.nara-wu.ac.jp

質 問 票

A. 以下の質問は、現在あなたが専攻している学問についてのものです。あてはまる番号のマークを塗りつぶして下さい。

[1] あなたは自分の選択した進路（学部・学科・コース）について、大学入学前に予想していたものとどの程度、合致していましたか。

①合致していた ②ほぼ合致していた ③すこし合致していなかった ④合致していなかった

[2] あなたはこの専攻に進んだことに満足していますか。

①とても満足 ②まあ満足 ③少し不満 ④とても不満

[3] あなたはこの専攻の学問に、今どの程度、興味や関心を抱いていますか。

①とても関心がある ②まあ関心がある ③あまり関心はない ④まったく関心がない

[4] あなたはこの専攻の学問について、さらに勉学を深めていきたいと思っていますか。

①とてもそう思う ②まあそう思う ③あまりそう思わない ④まったくそう思わない

[5] あなたはこの専攻の学問に向いていると思いますか。

①とてもそう思う ②まあそう思う ③あまりそう思わない ④まったくそう思わない

[6] あなたがこの専攻を選んだことは、あなたの将来に役立つと思いますか。

①とてもそう思う ②まあそう思う ③あまりそう思わない ④まったくそう思わない

B. 学問とジェンダー意識に関する質問です（建て前ではなく、本音でお答え下さい）。あてはまる番号のマークを塗りつぶして下さい。

[7] あなたが専攻している学問は、一般に女性に向いていると思いますか。

①とてもそう思う ②まあそう思う ③あまりそう思わない ④まったくそう思わない

[8] 理系の学問は、一般に女性に向いていると思いますか。

①とてもそう思う ②まあそう思う ③あまりそう思わない ④まったくそう思わない

C. 理系と文系の進路選択に関する質問です。あてはまる番号のマークを塗りつぶして下さい。
 ※以下の質問において「理系」とは、教育(理系)・理学・情報・工学・建築・環境・医学・看護・生理などの学問を、「文系」とは文学・教育(文系)・福祉・心理・社会・法学・経済・文学部の自然地理などの学問を意味するとご理解下さい。以上のカテゴリーにないものは、あなたご自身の判断で「理系」か「文系」を決めて以下の質問にお答え下さい。

[9] あなたは現在、文系ですか、理系ですか。

- ①理系 ②文系

[10] あなたが文系か理系の進路を決めたのはいつですか。（揺れ動いた場合は最終決定の時期）

- ①小学校 ②中学校1年 ③中学2年 ④中学3年
 ⑤高校1年 ⑥高校2年 ⑦高校3年 ⑧自宅学習(浪人)中

※[9]で文系を選んだ方は[11]、理系を選んだ方は[12]へお進み下さい。

[11] あなたが理系を選ばなかった理由について、お尋ねます（文系を選んだ人）。

あなたが理系を選ばなかった主たる理由として該当する番号を、すべて塗りつぶして下さい。

- ①理系の教科には関心がなかった ②文系に関心のある教科があった
 ③理系に必要な教科が苦手だった ④大学に入学してから理系の勉強はきついと思った
 ⑤文系に進む方が就職に有利と思った ⑥理系のイメージがよくなかった
 ⑦理系は男子学生が多い

※⑥を選んだ人は、理系のイメージはどんなものか、裏の自由記述欄に記入して下さい

[裏-1]（ 自由記述 ）

[12] あなたが文系を選ばなかった理由について、お尋ねます（理系を選んだ人）。

あなたが文系を選ばなかった主たる理由として該当する記号を、すべて塗りつぶして下さい。

- ①文系の教科には関心がなかった ②理系に関心のある教科があった
 ③文系に必要な教科が苦手だった ④大学に入学してから文系の勉強はきついと思った
 ⑤理系に進む方が就職に有利と思った ⑥文系のイメージがよくなかった
 ⑦文系は女子学生が多い

※⑥を選んだ人は、文系のイメージはどんなものか、裏の自由記述欄に記入して下さい

[裏-2]（ 自由記述 ）

[13] あなたの文系・理系の進路選択は、大きな方向として正しかったと思っていますか（つまり、文系や理系、それぞれの内部での進路選択についての是非はさておいて）。

- ①大いに正しかった ②まあ正しかった ③少し間違った ④大いに間違った

D. 大学の講義全般についてお尋ねします。

大学の講義内容と高校の講義内容の間に隔たり（ギャップ）を感じますか。良い意味でも悪い意味でも、その隔たり感について、[14]～[21]のあてはまる番号のマークを塗りつぶして下さい。なお、高校や大学で履修していない科目に関してはパスして下さい。

[14] 数学領域

- ①すごく感じた ②少し感じた ③あまり感じなかった ④まったく感じなかった

[15] 物理学領域

- ①すごく感じた ②少し感じた ③あまり感じなかった ④まったく感じなかった

[16] 化学領域

- ①すごく感じた ②少し感じた ③あまり感じなかった ④まったく感じなかった

[17] 生物学領域

- ①すごく感じた ②少し感じた ③あまり感じなかった ④まったく感じなかった

[18] 英語領域

- ①すごく感じた ②少し感じた ③あまり感じなかった ④まったく感じなかった

[19] 国語関連科目領域

- ①すごく感じた ②少し感じた ③あまり感じなかった ④まったく感じなかった

[20] 地理・歴史学領域

- ①すごく感じた ②少し感じた ③あまり感じなかった ④まったく感じなかった

[21] 公民(倫理・政治・社会)領域

- ①すごく感じた ②少し感じた ③あまり感じなかった ④まったく感じなかった

[22] 高校までの勉強のあり方と大学での勉強のあり方は、基本は同じであると思われますか、それとも質的に異なっていると思いますか。

- ①大いに異なっている ②少し異なっている ③あまり異なっていない
④まったく異なっていない

[23] 大学の必修科目の授業数や課題の量について、多いと感じますか。少ないと感じますか。

- ①とても多い ②やや多い ③やや少ない ④とても少ない

[24] 大学の必修科目の授業や課題のせいで、忙しいと感じていますか。

- ①すごく感じている ②少し感じている ③あまり感じていない ④まったく感じていない

E. 大学生として知っておくべき生物分野の知識という観点から、お尋ねします。あてはまる番号のマークを塗りつぶして下さい。

※「説明できる」について：暗記していなくても、適切な資料を自ら探してそれを参照しながら説明できれば、「説明できる」と回答して下さい。

[25] 体細胞と生殖細胞について、染色体の本数や、細胞分裂の様式において説明できますか。

- ①説明できる ②ほぼ説明できる ③何となく知っているが説明はできない
④説明できない ⑤初めて接した概念である

[26] いわゆる「卵子の老化」について、どのようなことが問題かを説明できますか。

- ①説明できる ②ほぼ説明できる ③何となく知っているが説明はできない
④説明できない ⑤初めて接した概念である

[27] iPS 細胞について、特徴を説明できますか。

- ①説明できる ②ほぼ説明できる ③何となく知っているが説明はできない
④説明できない ⑤初めて接した概念である

[28] 真核生物(ヒトなど真核細胞から構成される生物)において、DNA からタンパク質が作られるプロセスについて説明できますか。

- ①説明できる ②ほぼ説明できる ③何となく知っているが説明はできない
④説明できない ⑤初めて接した概念である

[29] 「遺伝子検査」から得られる情報とその活用について、留意点も含めて説明できますか。

- ①説明できる ②ほぼ説明できる ③何となく知っているが説明はできない
④説明できない ⑤初めて接した概念である

[30] ヒトの「免疫の仕組み」及び「エイズ」という病気について説明できますか。

- ①説明できる ②ほぼ説明できる ③何となく知っているが説明はできない
④説明できない ⑤初めて接した概念である

[31] 3 大栄養素(炭水化物、たんぱく質、脂質)の消化・吸収・代謝について、概要を説明できますか。

- ①説明できる ②ほぼ説明できる ③何となく知っているが説明はできない
④説明できない ⑤初めて接した概念である

[32] 化学物質が脳の活動に影響を与えることについて、例を挙げて説明できますか。

- ①説明できる ②ほぼ説明できる ③何となく知っているが説明はできない
④説明できない ⑤初めて接した概念である

[33] 「進化論」について、賛成派と反対派に分かれて議論すると仮定します。あなたが賛成派の一員となった場合に、反対派に対して進化論が正しいことを説明できますか。

- ①説明できる ②ほぼ説明できる ③何となく知っているが説明はできない
④説明できない ⑤初めて接した概念である

[34] 自分または家族が「がん」にかかったときに、どう対応すべきか考えたことがありますか。

- ①現実問題として考えたことがある ②一般論として考えたことがある
③あまり考えたことがない ④考えたことがない ⑤考えても仕方がない

F. 大学の数学についての印象をお尋ねします。

[35] 大学の数学に対する貴方の印象に近いものをすべて選び、番号のマークを塗りつぶして下さい。

- ①広がりを感じ、なんとなくわくわくする。
②論理が通っていて、すっきりしている。
③何を扱っているのかわからなくて、とらえどころがない。
④真実に触れていることが、ロマンチックだ。
⑤回りくどくて、いらいらする。
⑥客観的な言い回しが、静謐な印象。
⑦抑揚がなく、似た話がずっと繰り返されているように感じる。
⑧当たり前のことばかり書いてあって、身もふたもないと感じる。
⑨何がおもしろいのかかわからない。不可解だ。
⑩その他 ([裏-3] 自由記述)

§3 第1回 CORE of STEM 公開セミナー「日本語と科学」

共同機構 麻生武

日時：2015年5月23日（土）14:00～17:10

場所：奈良女子大学コラボレーションセンターZ103

講師：松尾義之（白日社編集長）

進行役：麻生武（奈良女子大学名誉教授）

参加者：奈良女子大学会場（12名）・お茶の水大学会場（3名。※テレビ会議システム）

セミナーの目的

今年1月に出版され評判になっている『日本語の科学が世界を変える』（筑摩選書）の著者である松尾義之氏をお招きし、まず1時間「日本の科学と科学教育の可能性」に関して自由に話していただき、その後、日本語と科学の可能性や、女性と科学教育のあり方などについて、聴衆と松尾氏との間で自由に討議する。

セミナー参加報告（文責：麻生武）

松尾氏が指摘されたことは、大きく分けると二つある。一つは、日本の科学が優れていることである。もう一つは、長年 Nature の日本語ダイジェストなどに関わってこられた経験から、現在の科学が次第に面白くなくなっていることである。

まず、第一点に関して、2000年以降日本人のノーベル賞受賞者は14人にもなり、これは世界の科学一流国と比べても遜色ないことである。また、液晶パネル・発光ダイオード・太陽電池・垂直磁気記録装置・リチウムイオン電池など、世界の先端的科学技術の大半を日本が開発してきている。その原因について、松尾氏は江戸時代から蘭学を通じてヨーロッパ科学を導入し、江戸期にすでに高いレベルの科学水準に達していたこと、西周がコントを学びエンサイクロペディア思想を百学連環として、日本に導入し、サイエンスの訳として「科学」という用語を生み出したことなどを指摘された。松尾氏によれば、「科学」は Science や Wissenschaft とは意味が異なる語であり、科学の「科」は百科の「科」を指すという。諸学の関連として「科学」は存在する。明治期の優れた翻訳のおかげで、今日、日本人は日本語で「科学」することが可能なのである。「電子」「陽子」「力学」「微分」「遺伝子」などの用語で思考できることは素晴らしいが、他方で「エレクトロン」「プロトン」「ダイナミックス」などのカタカナ語では、日本人の思考が用語の語源的意味に届かず、豊かな思考を育むことができない。「分光器」などの用語は日本人には意味がしっかり理解でき、連想も容易に展開することができる。現在、英語をそのままカタカナ語にしているのは、日本語による科学の思考の可能性をやせ細らせる危険性を孕んでいる。加えて日本人は一般人も科学が好きだという。それは、天体観測を趣味にしている人の多さなどからも分かる。日本に科学に対するアマチュアリズムが大いに残っていることによって、科学研究の下支えや評価が可能となっているのであり、これは素晴らしいことだと述べられた。



第二点としては、現在の科学が面白くなってきていることがある。これは *Nature* を毎月見ていると強く感じる（2000 年の前後を挟む前 15 年と後 15 年を比較しての感想）ところで、アメリカ発の研究も、ヨーロッパ発の研究も面白くなってきており、中国・韓国発の研究も面白くない。しかし、*Nature* に掲載される日本発の研究はまだ面白いものがある。ではなぜ、科学が面白くなってきたのか。一つの理由としては、科学のグローバル化のためではないか。科学が均一化して個々の研究の個性的なトゲトゲが摩耗して、皆角がなく丸くなって締まってきている。とりわけアメリカの研究に多様性がなくなっている。リーマン・ショック以来、アメリカではお金がなくなり、例えばカルフォルニア大学では職員 2 割が解雇されたという。日本では学者の好奇心で研究テーマが選べる自由がまだ残っているが、アメリカではそれが難しくなっている。また、医学生物学などの研究の 7 割は追試実験をしても結果が再現できない。従来のラットの実験による研究は、今ほとんど価値がなくなっている。それは、実験の素材となったラットの成育歴・飼育環境など生体に大きな影響を与える要因がまったくコントロールされていないどころか、記録もされていないためである。予算獲得の競争が加速するなかで、科学のドキドキ・わくわくが大切にされなくなっている。さらにもう一点、科学がつまらなくなっている大きな原因と考えられるのが、ピアレビューの制度。ドングリの背比べの中で、批評が行われるため、突飛な研究、独創的な研究が、十分に評価されず、査読にパスするためにと凡庸な研究が多くなる。日本人の研究者よ、凡庸な英語論文の量産を減らして（本当につまらない論文が多い）、日本語でよい教科書や啓蒙的な書物を書こう。その方がはるかに科学の発展のためになる。

以上のような趣旨のことを、松尾氏はセミナーでのいろいろな折りの発言を通じて、穏やかな断定口調でない形で述べられた。この報告では表現がストレートになっているが、その責任は松尾氏ではなく報告者にあることをご理解いただきたい。質疑を通じて松尾氏が意見を述べられたことは、さらに次の四点がある。



(1) 小学校からの英語教育を重視するより日本語能力を育てることが大切である。そもそも日本の科学者は、日本語で思考して科学している。また仲間同士の間では、英語・数式・日本語といったチャンポン語で議論をしている。そして国際的な議論の場においては、ブローケン英語が飛び交っている。しかしながら議論において一番大切なのは、まず母語で議論できる力である。仮に日本人が国際的な場でうまく自分を発揮できていないとしたら、それは、母語で思考し議論する力が不足しているため。それゆえにまず、国語の力を身につける必要がある。また、表現したい思考内容を持つことも重要である。ヒアリング（聞く力）とスピーキング（話す力）だけ突出しても、対話するに値しない人間にしか育っていなければ無意味なのだ。日本語は、同音異義語が多く、漢字を媒介にして話し言葉も成立している。同音異義語がほとんどない英語とは、その点大いに異なっている。日本人が「読み」「書き」から英語に入るのはそれなりに、日本語特性に応じた現象である。

(2) 日本の科学が優れたものとしてクローズアップされるようになってきたことは、科学が変質し、19 世紀的なピュアな無私・自由独立・公共性・客観性・批判的精神などを大切にする科学から、いわゆるモードⅡの科学、産業化し工業化した技術的科学に科学が変質していることに関係してはいないのかとの問いに、松尾氏はそうではないと思うと否定された。現在の科学を、金森修氏の指摘するように大企業・国家戦略に飲み込まれた「科学の危機」の状態にあるとは、捉えていないと述べられた。そして、日本の科学の強さは、目に見えるものをしっかり見て、手で触り感じる中で、もの作りする職人的気質とも

通底していると強調された。そして、弱さがあるとすれば、キリスト教に根ざした「見えるもの」より「見えないもの」を大切にする、スケールの大きな構想力においては劣るかもしれないと主張された。

(3) 英語は国際交流の媒介になるから英語で論文を読み書きできること、またブロークンな英語で科学のテーマに関して議論できることは大切だが、それは日本語能力を高めて日本語を十分駆使して議論できるようになってからで遅くはない。大切なのは科学的思考はさまざまな言語で可能だという多様性があることである。グローバリズムによって世界の多様性が失われつつある。脳科学者のラマチャンドランは、インド人ならではの思考で脳科学に独自の寄与を行っている。日本語で科学できる人類（日本人）がグローバリズムに埋もれてしまわずに、独自の科学的思考（99%英語のサイエンスと同じだが日本語の科学は1%サイエンスと異なっている）によって、人類（世界）の学問に寄与することができるのはすばらしいことだ。日本人のためだけではなく、世界の科学（サイエンス）のために、様々な母語が科学に多様性を与えるのはすばらしい。母語で科学が可能な国が少ないのは残念なこと。



(4) 日本人が見えるもの、感じられることをベースにして科学する力がすぐれているというのなら、女性はその特性において男性より科学に向いているといったことはないか。また、女性に向けた科学分野があるように感じるかとの問いに松尾氏は次のように答えられた。いろいろな優れた女性研究者に出会ってきたが、女性だからある分野に秀でているということはない。また、女性だからという理由でユニークな発想があるようには思わない。しかし、女性は（国際的な場で）もの怖じせずに議論できる力がある。男の研究者は頭で考えているが、女性は身体全体で問題を把握して考えているように見える。他方で、すごく具体的なこと、職人的具体性は、女性研究者に向いているとは言えない。それより、少し抽象的なレベルの問題に向いているように思う（※男女の脳の構造の違いなども聴衆側から出る文脈での語り）。大事なことは、女性と男性が同じチームの中で議論し合って仕事をする事で、これによってよい仕事につながるように思う。これは私（松尾）の科学ジャーナルの編集といった分野の体験から言えることで、他の分野に関してはよく分からないが。



まとめ

日本語で科学することの価値を自覚しよう。それ自体にサイエンスを駆動する力が秘められている。明治期の英語を日本語に適切に翻訳した先達を現在の我々もまねるべき。子どもたちに日本語でしっかり議論し思考できる力を身に付けさせることが大切である。その上で英語読解・表現力を育てよう。また、科学者はつまらない英語論文の量産を少し控えてよい教科書・啓蒙書を執筆しよう。女性と科学の問題はさらに引き続いて考察すべき宿題である。

§ 4 座談会「若手女性理系研究者の思い」の報告

共同機構 麻生武

日時：2015.10.16(金) 15:00-17:30

場所：奈良女子大学コラボレーションセンターZ103

10月16日(金)午後3時から奈良女子大学コラボレーションセンターZ103において「若手女性理系研究者の思い」という座談会が開かれました。ゲストとして**素粒子物理学研究者であるKさん**をお招きし、本機構関係者である**有機化研究者であるNさん**と、同じく**数学幾何分野の研究しているFさん**の3名の若手理系女性研究者が座談の中心メンバーでした。この座談の意図は、若手女性理系研究者に、研究現場での日頃の思いや、女性の理系研究者が少ないことや、理系女性教育に関して、忌憚ない思いをダイレクトに語っていただくことにありました。司会は発達心理学専門の麻生が行いました。

座談は、まず女性と男性の脳の違いに関する知見を、『女の子脳 男の脳』（リーズ・エリオット NHK出版 2010）をもとに簡単にまとめ、「男女で脳梁の太さに差がある」というサイエンスに掲載された内容が現在は「差が無い」と否定されていること、またバロン・コーンの流布している「共感する女脳、システム化する男脳」という主張もデータの根拠があるとは言い切れない指摘、現在、男女差が認められているのは女の赤ちゃんの発達が男より早く、ことばや社交性に女性の方が少し優れること、空間認知脳力には性差があることなのであるが、それらも完全に生物学的に規定されているわけではないことなどを説明して座談を始めました。男女の生物学的な差は、明らかに存在するが、それは小さい。しかし、それが現実には実に大きな差になって現れている。それが女子学生の理系への進学率の低さで有り、また理系研究者に圧倒的に女性が少ないという現実ではないか、それをどう考えるのかというのが私たちの課題だとしたわけです。

座談は、麻生が4つのテーマを準備し、それらに答えていただくという形で行いました。その4つのテーマとは以下のものです。これらの内容はおおよそ、予め3人の方にお伝えしておいたものです。

(1) 女性の脳と男性の脳には明らかに性差が存在します。しかし、その差は大きなものではありません。また、差は、全体としての統計的差であって、個々人に当てはまるものではありません。みなさんは、男女の脳の違い、あるいは男女による研究スタイルや志向の違いといったことを日頃感じたりしますか。

(2) 男女の脳に差があることを踏まえた場合、同じ理数系でも、男女によって得意分野が異なっているといったことは感じませんか。先に紹介した、エリオットは、数学の分野では空間認知に関する分野を女性は避け、女性研究者は代数学や統計学の分野に圧倒的に多いと述べています。

(3) 脳の生物学的な違いよりも、日本の女性研究者がおかれている特殊なあり方、環境の不都合さの方を問題にすべきではないでしょうか。女性研究者が少ないことで不利益を被ったり、また男性研究者が多いことで、男性思考のバイアスによって自由な発想が妨げら

れたりはしていないのでしょうか？ なぜ、日本では欧米に比べて女性研究者が少ないのでしょうか。女性研究者を受け入れる制度の在り方についてだ、日頃感じていることはありますか。アメリカでも、日本と同様に、数学や生物学においても女性には「ガラスの天井」があるとのことでした。

(4) 初等教育から中等教育、高等教育を通じて、理系を学ぶことにジェンダー的なバイアスはなかったですか？ 女の子は物理に向いていない。虫を愛でる子は変わっている、変な子だとか。算数が好きというより国語が好きな方が、自分のイメージ、つまり女の子のイメージとしてアイデンティティを持ちやすいなど。たとえ、自分はそう思っていないくとも周りの同性や異性がそう思っているという周囲からの圧力を感じなかったですか？

座談は、私の問いかけに3人の若手研究者が1対1対応的に答えていただいたというよりは、なかなか難しい問題だけに、色々口ごもりつつ、また別角度から感想をいただくなど、複雑なやりとりになりました。問題の扱い方の難しさを改めて感じたしだいです。いろいろ語ってくださったことをまとめるのは至難の業です。しかし、座談で何かこれからの探求の方向の端緒は得られたのではないかとと思っています。そこで、3人の皆さんが発言してくださったことを、私なりに以下にまとめさせていただくことにしますが、それらには私の聞き取りや解釈のバイアスが、避けがたくかかってしまっています。よって、内容の責任は最終的に3人の若手研究者にではなく、私＝麻生にあることをご理解した上でお読みください。以下は、テープ起こししたのではなく、私の記憶により、しかもそれぞれの方の発言の内容をまとめて、私の解釈で補足したものです。

Kさん：たとえ、女の子が空間認知能力に劣り理数系に向いていないということが事実であっても（それが事実と思っているわけではありませんが）、向いていないから、理数系にいかない方がよいとは思わない。向いていなくとも、学問は、大切な問い、本質的なことを問うていくことにこそ、その価値がある。向いていなくても、そのように問いたい気持ちをもつものが理系に進んでよいのではないかと。「むく」「むかない」という議論が、何か不毛に感じる。学問を問うのに、「女」か「男」かといった議論も、私には意味のある生産的な議論に思えない。また、研究の場においても、男であるとか女であるといった性差は感じてこなかった。共学の大学付属学校中学校出身だが、理系文系に関して男女の性差などが関連しているなどとは、まったく考えたこともなかった。男女の性差と理数系がリンクされて議論されているなんて、このような場に呼ばれて初めて感じる。このような座談会があること自体が、ある意味驚きです。高校が共学で大学も共学だったので。

Nさん：私は中高が私学の女子進学校だったので、医学部進学希望者が多く、女子が理数系を避けるなどといった思いはまったくなかった。女子大理系に進学。ただ、女子の場合、知的な好奇心で科学を勉強したいというよりは、人の役に立つことしたいという人が多い。研究でも人の役に立つ研究をしたいという思いが強いように思う。私は、競争心もあるし、上昇志向もある。その意味で、男女に差があるとは思わない。今でも、よい研究、評価される研究をたくさんしたいと日々頑張っている。ただ、女性の生き方は、

さまざまある。結婚して、子どもを産み育てることも、研究と同じように重要。だから、理系に進まなくとも、研究者にならなくても、それはそれでOK。女子を理系に進めようと、国策的に考えるのはいかなものかと思う。もっと一人一人の女性の思いを踏まえて論じて欲しい。研究者を育てる環境という意味で、一言いいたいのは、女性研究者が少ないのは、女性が研究しやすい環境がそもそも整っていないこと。私はたまたま家に余裕があったので、理系研究者の道を歩むことができたが、日本では博士課程進学は、お金もかかり、しかもその後に回収できるみこみがほとんど無い。よほど余裕のある家庭の女子しか研究者になる道を進めない。女子の場合、修士課程に進んでも元が取れるかはっきりしない。また、女性には月のリズムなど身体のことには女性にしか分からないことがある。ところが、教員はすべて男性であることがほとんど。まった、私たちの身体のことを考えてくれず、実験に駆り立てられることがある。これをなんとかして欲しい。そのためには、身近に女性研究者がいて、身体面を配慮した研究の進め方をリードして欲しい。その面では、現在は最悪。

Fさん：私は高校は共学で、女子大理系に進学。特に女子だから云々とはまったく考えもしなかった。先ほど「アメリカでは、数学の分野では空間認知に関する分野を女性は避け、女性研究者は代数学や統計学の分野に圧倒的に多い」との話を伺いましたが、私の専門分野はその空間認知能力を必要とする空間幾何学の一分野です。日本の若手女性研究者は、この分野に少ないどころか、どちらかと言うと多いのです。女性が空間認知能力が低い云々はにわかに信じられない気がします。

（麻生：先に紹介したエリオットによると、胎児の時にテストステロンを浴びた女の子は、誕生後、人形遊びを好まず、男の子のような遊びが好きで活発で、しかも空間認知能力において男の子に劣らないという研究があります。しかし、テストステロンが、空間認知能力に影響をダイレクトに与えているということは実証されていません。有力な解釈として、男の子が空間認知能力が高いのは、テストステロンなどの影響で、活動性が高く、身体をつかって運動すること、ボール遊びやブロック遊びなど、生まれてからの活動経験によって空間認知能力が伸びているという解釈もあります。空間認知を用いるコンピュータゲームによって空間認知能力が伸びるというデータもあります。）

Fさん：私の周りの女性幾何学研究者は、必ずしもスポーツ好きで活動的だというわけはありません。むしろ、正反対のタイプの人も少なくないので、その説もどうかと思います。

（麻生：だとすると、日本の女の子は、あやとりやお手玉をすることで空間認知能力を伸ばしているというようなことがあるかもしれませんね。アメリカの女性数学者が、空間認知能力を必要とする分野を避けているのにたいして、日本は違うかもしれない）

Fさん：それなら私は編み物が好きだからひもの結び目を扱っているんですかね（笑い）。

<その他のメンバーの発言>

YA氏（数学）：日本では女性の代数学の教授はいないように思う。「ガラスの天井」との話もありましたが、奈良女でも確かに数学に関して女性教授は少ないですが、私たちはなるべく多くの若手女性研究者を受け入れるべく、かなり努力して頑張っています。

M氏（素粒子）：ぼくは、男性や女性であること科学をすることがどのように関係しているのか、分からないのですが、少なくとも三人の女性研究者から話を聞いてそれを分かってもらうのには無理があるように思います。ぼくは、性差より一人ひとりの個性の違いの方が強く感じます。

Tさん（化学・生物）：私は女子校、女子大、共学の院で勉強しましたが、私たちの若い時代、20～30年前と比べると、女性が理系で活躍できる土壌が、あるいは制度がかなり改善されてきているとは感じます。Nさんが、理系の女性研究者を増やすには、女性が研究しやすい働きやすい環境がもっと必要と言われていたが、全体としてはその方向に向かいつつあるように、お話を聞いていて感じました。

Mさん（日本史）：私は共学から女子大に行き院は共学に進学しました。研究室に女性が少ないと、飲み会のときに、女子にお酒のお酌を期待されたり、その期待に応えないと変な奴とみなされてしまったり、女子大の良さを改めて感じています。

（麻生：エリオットが書いていますが、その領域の専門家の女性の割合が25%を越えると、女性蔑視的な捉え方が無くなっていくそうです。研究室の25%いなかったということなので、その弊害かなとも思います）。

Y O氏（数学教育）：Mさんの場合は、その大学の地域の因習が影響しているように思います。ところで、なぜ、女子が理系に進まないか、その原因のかかなりの部分は、高校の教育にあるように思う。高校で理系と文系に分けて、大学に入学するための受験教育をしてしまうことに、女子が理系を避けてしまう原因があるように強く感じています。高校教育の改革が必要だと思います。

（麻生：エリオットは、思春期以降、女子が「性自認」を意識し始めることで、急速に数学や理科の成績に男女差がつくとの説を紹介しています。「女の子が女の子らしく魅力的にりたい」などと考え始めると、理数への関心が吹っ飛ぶということのようです）。

K氏（日本史）：麻生さんの解釈は、心理学的過ぎる。個人のレベル要因ばかりを強調している気がする。また、アメリカのデータが主であるのも少し不満に感じる。日本のデータで言えないですかね。個人レベルに落とした理解の仕方が悪いと言っているわけではまったくない。それも大切。しかし、もう少し大きな視野から問題をみる必要がある。男性と女性の社会の中における在り方には、大きく文化が関わっている。男と女はまったく同じだといった単純な考え方ではまずい。それぞれの性がになっている文化や思想を考えて議論を深めて行く必要がある。女性がいやがるのを無理して理系に進ませる必要などはないといったこともしっかり踏まえて、今後さらに議論していきたいと思う。今日の議論はスタートとしてよかったのではないのでしょうか。

<反省と今後について> 今回、女性に「女性」と「理数系科学」の関係をダイレクトに尋ねようとした点がまずかったように感じています。なぜなら、男性に「男性」と「理数系科学」の関係を尋ねても何も出てこないと同じだからです。「女性」と「理数系科学」との関係を調べるのなら、聞き取りではなく、アンケート調査研究が適切に感じました。もう一点、気がついたのは、紹介したリーズ・エリオットは女性神経学者ですが、アメリカ文化における理数系の位置づけで、ものを語っています。アメリカでは、理数系を学ぶことは、①生涯収入が増えること、②人々の尊敬を得られるステイタスにつける可能性が

大きくなること（裕福であることはアメリカでは尊敬される必要条件です）、この重要な2つのことを得られることです。エリオットは、女性も男性に負けずに理数系に進むチャンス逃して欲しくないとの思いで、教育について語っています。どうも、我が国では、理数系にそのような意味がありませんということを、今回強く感じました。国策レベルで、女性にもっと工学や理系に進学してもらって、日本の経済発展を望むといった視点も、アメリカの理数系に対する考え方と同様に、我が国の個々の女性の心に響く話ではないと思います。理数系科学とは何か。それを学ぶことによって、人は何を得るのか。また、その面白さはどこにあるのか。重要なのは学問への動機付け、人間や世界への関心の広がり方だと思います。また、関心をもった人がそれを深めていける、教育環境、生活環境をサポートすることも、子どもの貧困化や非正規労働者の増加する昨今、とても重要になっていると改めて感じました。一筋縄で捉えきれぬ問題の複雑さを学んだ座談会でした。アルコールが入ったほうが、もっと女性陣に赤裸々に本音を語ってもらえたはずだという貴重なご意見もありました。打ち上げでは、男女の違いを改めて認識しました。

§5 高校生シンポジウム

下記のポスターで概要がわかる「高校生シンポジウム」についての詳細は、LADy SEIENCE BOOKLET11『文系・理系をどう考えるか』をご覧ください。


奈良女子大学 理系女性教育開発共同機構

主催

高校生シンポジウム

あなたにとって 文系とは・理系とは

～ステレオタイプとは違う！？みんなの現実と本音～

文理の選択は大学や将来の職業を決める時にも大きく関わってきます。みんなが文理をどのように捉えているのか・どのように文理を選択するのか・文理選択に関してどのような悩みを持っているのかなど、高校生たちに素直な気持ちを語り合ってもらいます。

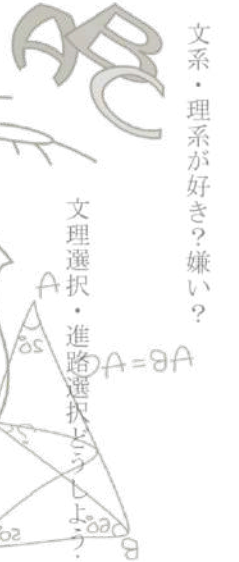
日時：2016年1月9日（土） 15:00-17:30

場所：奈良女子大学 文学部S棟 S228教室

プログラムの概要：

- 趣旨説明 15:00-15:10
- 高校生による発表 15:10-16:10,
 - ・奈良女子大学附属中等教育学校 15:10-15:25
 - ・プール学院高等学校 15:25-15:40
 - ・四天王寺高等学校 15:40-15:55
 - ・お茶の水女子大学附属高等学校 15:55-16:10
 （お茶高はTV会議システムで参加）
- 全体での意見交換 16:10-17:30





あなたは何文系？理系？それとも…？

就きたい仕事は文系？理系？

文系・理系のイメージは？

どの教科が好き？

昔は文系・理系が好きだったけど…

文系・理系って何？

文理選択・進路選択はどうしよう？

文系・理系が好き？嫌い？

$A = 8A$

$\angle 1 = 2\angle 2$

$\angle 3 = 3\angle 4$

$\angle 5 = 4\angle 6$

$\angle 7 = 5\angle 8$

$\angle 9 = 6\angle 10$

$\angle 11 = 7\angle 12$

$\angle 13 = 8\angle 14$

$\angle 15 = 9\angle 16$

$\angle 17 = 10\angle 18$

$\angle 19 = 11\angle 20$

$\angle 21 = 12\angle 22$

$\angle 23 = 13\angle 24$

$\angle 25 = 14\angle 26$

$\angle 27 = 15\angle 28$

$\angle 29 = 16\angle 30$

$\angle 31 = 17\angle 32$

$\angle 33 = 18\angle 34$

$\angle 35 = 19\angle 36$

$\angle 37 = 20\angle 38$

$\angle 39 = 21\angle 40$

$\angle 41 = 22\angle 42$

$\angle 43 = 23\angle 44$

$\angle 45 = 24\angle 46$

$\angle 47 = 25\angle 48$

$\angle 49 = 26\angle 50$

$\angle 51 = 27\angle 52$

$\angle 53 = 28\angle 54$

$\angle 55 = 29\angle 56$

$\angle 57 = 30\angle 58$

$\angle 59 = 31\angle 60$

$\angle 61 = 32\angle 62$

$\angle 63 = 33\angle 64$

$\angle 65 = 34\angle 66$

$\angle 67 = 35\angle 68$

$\angle 69 = 36\angle 70$

$\angle 71 = 37\angle 72$

$\angle 73 = 38\angle 74$

$\angle 75 = 39\angle 76$

$\angle 77 = 40\angle 78$

$\angle 79 = 41\angle 80$

$\angle 81 = 42\angle 82$

$\angle 83 = 43\angle 84$

$\angle 85 = 44\angle 86$

$\angle 87 = 45\angle 88$

$\angle 89 = 46\angle 90$

$\angle 91 = 47\angle 92$

$\angle 93 = 48\angle 94$

$\angle 95 = 49\angle 96$

$\angle 97 = 50\angle 98$

$\angle 99 = 51\angle 100$

$\angle 101 = 52\angle 102$

$\angle 103 = 53\angle 104$

$\angle 105 = 54\angle 106$

$\angle 107 = 55\angle 108$

$\angle 109 = 56\angle 110$

$\angle 111 = 57\angle 112$

$\angle 113 = 58\angle 114$

$\angle 115 = 59\angle 116$

$\angle 117 = 60\angle 118$

$\angle 119 = 61\angle 120$

$\angle 121 = 62\angle 122$

$\angle 123 = 63\angle 124$

$\angle 125 = 64\angle 126$

$\angle 127 = 65\angle 128$

$\angle 129 = 66\angle 130$

$\angle 131 = 67\angle 132$

$\angle 133 = 68\angle 134$

$\angle 135 = 69\angle 136$

$\angle 137 = 70\angle 138$

$\angle 139 = 71\angle 140$

$\angle 141 = 72\angle 142$

$\angle 143 = 73\angle 144$

$\angle 145 = 74\angle 146$

$\angle 147 = 75\angle 148$

$\angle 149 = 76\angle 150$

$\angle 151 = 77\angle 152$

$\angle 153 = 78\angle 154$

$\angle 155 = 79\angle 156$

$\angle 157 = 80\angle 158$

$\angle 159 = 81\angle 160$

$\angle 161 = 82\angle 162$

$\angle 163 = 83\angle 164$

$\angle 165 = 84\angle 166$

$\angle 167 = 85\angle 168$

$\angle 169 = 86\angle 170$

$\angle 171 = 87\angle 172$

$\angle 173 = 88\angle 174$

$\angle 175 = 89\angle 176$

$\angle 177 = 90\angle 178$

$\angle 179 = 91\angle 180$

$\angle 181 = 92\angle 182$

$\angle 183 = 93\angle 184$

$\angle 185 = 94\angle 186$

$\angle 187 = 95\angle 188$

$\angle 189 = 96\angle 190$

$\angle 191 = 97\angle 192$

$\angle 193 = 98\angle 194$

$\angle 195 = 99\angle 196$

$\angle 197 = 100\angle 198$

$\angle 199 = 101\angle 200$

$\angle 201 = 102\angle 202$

$\angle 203 = 103\angle 204$

$\angle 205 = 104\angle 206$

$\angle 207 = 105\angle 208$

$\angle 209 = 106\angle 210$

$\angle 211 = 107\angle 212$

$\angle 213 = 108\angle 214$

$\angle 215 = 109\angle 216$

$\angle 217 = 110\angle 218$

$\angle 219 = 111\angle 220$

$\angle 221 = 112\angle 222$

$\angle 223 = 113\angle 224$

$\angle 225 = 114\angle 226$

$\angle 227 = 115\angle 228$

$\angle 229 = 116\angle 230$

$\angle 231 = 117\angle 232$

$\angle 233 = 118\angle 234$

$\angle 235 = 119\angle 236$

$\angle 237 = 120\angle 238$

$\angle 239 = 121\angle 240$

$\angle 241 = 122\angle 242$

$\angle 243 = 123\angle 244$

$\angle 245 = 124\angle 246$

$\angle 247 = 125\angle 248$

$\angle 249 = 126\angle 250$

$\angle 251 = 127\angle 252$

$\angle 253 = 128\angle 254$

$\angle 255 = 129\angle 256$

$\angle 257 = 130\angle 258$

$\angle 259 = 131\angle 260$

$\angle 261 = 132\angle 262$

$\angle 263 = 133\angle 264$

$\angle 265 = 134\angle 266$

$\angle 267 = 135\angle 268$

$\angle 269 = 136\angle 270$

$\angle 271 = 137\angle 272$

$\angle 273 = 138\angle 274$

$\angle 275 = 139\angle 276$

$\angle 277 = 140\angle 278$

$\angle 279 = 141\angle 280$

$\angle 281 = 142\angle 282$

$\angle 283 = 143\angle 284$

$\angle 285 = 144\angle 286$

$\angle 287 = 145\angle 288$

$\angle 289 = 146\angle 290$

$\angle 291 = 147\angle 292$

$\angle 293 = 148\angle 294$

$\angle 295 = 149\angle 296$

$\angle 297 = 150\angle 298$

$\angle 299 = 151\angle 300$

$\angle 301 = 152\angle 302$

$\angle 303 = 153\angle 304$

$\angle 305 = 154\angle 306$

$\angle 307 = 155\angle 308$

$\angle 309 = 156\angle 310$

$\angle 311 = 157\angle 312$

$\angle 313 = 158\angle 314$

$\angle 315 = 159\angle 316$

$\angle 317 = 160\angle 318$

$\angle 319 = 161\angle 320$

$\angle 321 = 162\angle 322$

$\angle 323 = 163\angle 324$

$\angle 325 = 164\angle 326$

$\angle 327 = 165\angle 328$

$\angle 329 = 166\angle 330$

$\angle 331 = 167\angle 332$

$\angle 333 = 168\angle 334$

$\angle 335 = 169\angle 336$

$\angle 337 = 170\angle 338$

$\angle 339 = 171\angle 340$

$\angle 341 = 172\angle 342$

$\angle 343 = 173\angle 344$

$\angle 345 = 174\angle 346$

$\angle 347 = 175\angle 348$

$\angle 349 = 176\angle 350$

$\angle 351 = 177\angle 352$

$\angle 353 = 178\angle 354$

$\angle 355 = 179\angle 356$

$\angle 357 = 180\angle 358$

$\angle 359 = 181\angle 360$

$\angle 361 = 182\angle 362$

$\angle 363 = 183\angle 364$

$\angle 365 = 184\angle 366$

$\angle 367 = 185\angle 368$

$\angle 369 = 186\angle 370$

$\angle 371 = 187\angle 372$

$\angle 373 = 188\angle 374$

$\angle 375 = 189\angle 376$

$\angle 377 = 190\angle 378$

$\angle 379 = 191\angle 380$

$\angle 381 = 192\angle 382$

$\angle 383 = 193\angle 384$

$\angle 385 = 194\angle 386$

$\angle 387 = 195\angle 388$

$\angle 389 = 196\angle 390$

$\angle 391 = 197\angle 392$

$\angle 393 = 198\angle 394$

$\angle 395 = 199\angle 396$

$\angle 397 = 200\angle 398$

$\angle 399 = 201\angle 400$

$\angle 401 = 202\angle 402$

$\angle 403 = 203\angle 404$

$\angle 405 = 204\angle 406$

$\angle 407 = 205\angle 408$

$\angle 409 = 206\angle 410$

$\angle 411 = 207\angle 412$

$\angle 413 = 208\angle 414$

$\angle 415 = 209\angle 416$

$\angle 417 = 210\angle 418$

$\angle 419 = 211\angle 420$

$\angle 421 = 212\angle 422$

$\angle 423 = 213\angle 424$

$\angle 425 = 214\angle 426$

$\angle 427 = 215\angle 428$

$\angle 429 = 216\angle 430$

$\angle 431 = 217\angle 432$

$\angle 433 = 218\angle 434$

$\angle 435 = 219\angle 436$

$\angle 437 = 220\angle 438$

$\angle 439 = 221\angle 440$

$\angle 441 = 222\angle 442$

$\angle 443 = 223\angle 444$

$\angle 445 = 224\angle 446$

$\angle 447 = 225\angle 448$

$\angle 449 = 226\angle 450$

$\angle 451 = 227\angle 452$

$\angle 453 = 228\angle 454$

$\angle 455 = 229\angle 456$

$\angle 457 = 230\angle 458$

$\angle 459 = 231\angle 460$

$\angle 461 = 232\angle 462$

$\angle 463 = 233\angle 464$

$\angle 465 = 234\angle 466$

$\angle 467 = 235\angle 468$

$\angle 469 = 236\angle 470$

$\angle 471 = 237\angle 472$

$\angle 473 = 238\angle 474$

$\angle 475 = 239\angle 476$

$\angle 477 = 240\angle 478$

$\angle 479 = 241\angle 480$

$\angle 481 = 242\angle 482$

$\angle 483 = 243\angle 484$

$\angle 485 = 244\angle 486$

$\angle 487 = 245\angle 488$

$\angle 489 = 246\angle 490$

$\angle 491 = 247\angle 492$

$\angle 493 = 248\angle 494$

$\angle 495 = 249\angle 496$

$\angle 497 = 250\angle 498$

$\angle 499 = 251\angle 500$

$\angle 501 = 252\angle 502$

$\angle 503 = 253\angle 504$

$\angle 505 = 254\angle 506$

$\angle 507 = 255\angle 508$

$\angle 509 = 256\angle 510$

$\angle 511 = 257\angle 512$

$\angle 513 = 258\angle 514$

$\angle 515 = 259\angle 516$

$\angle 517 = 260\angle 518$

$\angle 519 = 261\angle 520$

$\angle 521 = 262\angle 522$

$\angle 523 = 263\angle 524$

$\angle 525 = 264\angle 526$

$\angle 527 = 265\angle 528$

$\angle 529 = 266\angle 530$

$\angle 531 = 267\angle 532$

$\angle 533 = 268\angle 534$

$\angle 535 = 269\angle 536$

$\angle 537 = 270\angle 538$

$\angle 539 = 271\angle 540$

$\angle 541 = 272\angle 542$

$\angle 543 = 273\angle 544$

$\angle 545 = 274\angle 546$

$\angle 547 = 275\angle 548$

$\angle 549 = 276\angle 550$

$\angle 551 = 277\angle 552$

$\angle 553 = 278\angle 554$

$\angle 555 = 279\angle 556$

$\angle 557 = 280\angle 558$

$\angle 559 = 281\angle 560$

$\angle 561 = 282\angle 562$

$\angle 563 = 283\angle 564$

$\angle 565 = 284\angle 566$

$\angle 567 = 285\angle 568$

$\angle 569 = 286\angle 570$

$\angle 571 = 287\angle 572$

$\angle 573 = 288\angle 574$

$\angle 575 = 289\angle 576$

$\angle 577 = 290\angle 578$

$\angle 579 = 291\angle 580$

$\angle 581 = 292\angle 582$

$\angle 583 = 293\angle 584$

$\angle 585 = 294\angle 586$

$\angle 587 = 295\angle 588$

$\angle 589 = 296\angle 590$

$\angle 591 = 297\angle 592$

$\angle 593 = 298\angle 594$

$\angle 595 = 299\angle 596$

$\angle 597 = 300\angle 598$

$\angle 599 = 301\angle 600$

$\angle 601 = 302\angle 602$

$\angle 603 = 303\angle 604$

$\angle 605 = 304\angle 606$

$\angle 607 = 305\angle 608$

$\angle 609 = 306\angle 610$

$\angle 611 = 307\angle 612$

$\angle 613 = 308\angle 614$

$\angle 615 = 309\angle 616$

$\angle 617 = 310\angle 618$

$\angle 619 = 311\angle 620$

$\angle 621 = 312\angle 622$

$\angle 623 = 313\angle 624$

$\angle 625 = 314\angle 626$

$\angle 627 = 315\angle 628$

$\angle 629 = 316\angle 630$

$\angle 631 = 317\angle 632$

$\angle 633 = 318\angle 634$

$\angle 635 = 319\angle 636$

$\angle 637 = 320\angle 638$

$\angle 639 = 321\angle 640$

$\angle 641 = 322\angle 642$

$\angle 643 = 323\angle 644$

$\angle 645 = 324\angle 646$

$\angle 647 = 325\angle 648$

$\angle 649 = 326\angle 650$

$\angle 651 = 327\angle 652$

$\angle 653 = 328\angle 654$

$\angle 655 = 329\angle 656$

$\angle 657 = 330\angle 658$

$\angle 659 = 331\angle 660$

$\angle 661 = 332\angle 662$

$\angle 663 = 333\angle 664$

$\angle 665 = 334\angle 666$

$\angle 667 = 335\angle 668$

$\angle 669 = 336\angle 670$

$\angle 671 = 337\angle 672$

$\angle 673 = 338\angle 674$

$\angle 675 = 339\angle 676$

$\angle 677 = 340\angle 678$

$\angle 679 = 341\angle 680$

$\angle 681 = 342\angle 682$

$\angle 683 = 343\angle 684$

$\angle 685 = 344\angle 686$

$\angle 687 = 345\angle 688$

$\angle 689 = 346\angle 690$

$\angle 691 = 347\angle 692$

$\angle 693 = 348\angle 694$

$\angle 695 = 349\angle 696$

$\angle 697 = 350\angle 698$

$\angle 699 = 351\angle 700$

$\angle 701 = 352\angle 702$

$\angle 703 = 353\angle 704$

$\angle 705 = 354\angle 706$

$\angle 707 = 355\angle 708$

$\angle 709 = 356\angle 710$

$\angle 711 = 357\angle 712$

$\angle 713 = 358\angle 714$

$\angle 715 = 359\angle 716$

$\angle 717 = 360\angle 718$

$\angle 719 = 361\angle 720$

$\angle 721 = 362\angle 722$

$\angle 723 = 363\angle 724$

$\angle 725 = 364\angle 726$

$\angle 727 = 365\angle 728$

$\angle 729 = 366\angle 730$

$\angle 731 = 367\angle 732$

$\angle 733 = 368\angle 734$

$\angle 735 = 369\angle 736$

$\angle 737 = 370\angle 738$

$\angle 739 = 371\angle 740$

$\angle 741 = 372\angle 742$

$\angle 743 = 373\angle 744$

$\angle 745 = 374\angle 746$

$\angle 747 = 375\angle 748$

$\angle 749 = 376\angle 750$

$\angle 751 = 377\angle 752$

$\angle 753 = 378\angle 754$

$\angle 755 = 379\angle 756$

$\angle 757 = 380\angle 758$

$\angle 759 = 381\angle 760$

$\angle 761 = 382\angle 762$

$\angle 763 = 383\angle 764$

$\angle 765 = 384\angle 766$

$\angle 767 = 385\angle 768$

$\angle 769 = 386\angle 770$

$\angle 771 = 387\angle 772$

$\angle 773 = 388\angle 774$

$\angle 775 = 389\angle 776$

$\angle 777 = 390\angle 778$

$\angle 779 = 391\angle 780$

$\angle 781 = 392\angle 782$

$\angle 783 = 393\angle 784$

$\angle 785 = 394\angle 786$

$\angle 787 = 395\angle 788$

$\angle 789 = 396\angle 790$

$\angle 791 = 397\angle 792$

$\angle 793 = 398\angle 794$

$\angle 795 = 399\angle 796$

$\angle 797 = 400\angle 798$

$\angle 799 = 401\angle 800$

$\angle 801 = 402\angle 802$

$\angle 803 = 403\angle 804$

$\angle 805 = 404\angle 806$

$\angle 807 = 405\angle 808$

$\angle 809 = 406\angle 810$

$\angle 811 = 407\angle 812$

$\angle 813 = 408\angle 814$

$\angle 815 = 409\angle 816$

$\angle 817 = 410\angle 818$

$\angle 819 = 411\angle 820$

$\angle 821 = 412\angle 822$

$\angle 823 = 413\angle 824$

$\angle 825 = 414\angle 826$

$\angle 827 = 415\angle 828$

$\angle 829 = 416\angle 830$

$\angle 831 = 417\angle 832$

$\angle 833 = 418\angle 834$

$\angle 835 = 419\angle 836$

$\angle 837 = 420\angle 838$

$\angle 839 = 421\angle 840$

$\angle 841 = 422\angle 842$

$\angle 843 = 423\angle 844$

$\angle 845 = 424\angle 846$

$\angle 847 = 425\angle 848$

$\angle 849 = 426\angle 850$

$\angle 851 = 427\angle 852$

$\angle 853 = 428\angle 854$

$\angle 855 = 429\angle 856$

$\angle 857 = 430\angle 858$

$\angle 859 = 431\angle 860$

$\angle 861 = 432\angle 862$

$\angle 863 = 433\angle 864$

$\angle 865 = 434\angle 866$

$\angle 867 = 435\angle 868$

$\angle 869 = 436\angle 870$

$\angle 871 = 437\angle 872$

$\angle 873 = 438\angle 874$

$\angle 875 = 439\angle 876$

$\angle 877 = 440\angle 878$

$\angle 879 = 441\angle 880$

$\angle 881 = 442\angle 882$

$\angle 883 = 443\angle 884$

$\angle 885 = 444\angle 886$

$\angle 887 = 445\angle 888$

$\angle 889 = 446\angle 890$

$\angle 891 = 447\angle 892$

$\angle 893 = 448\angle 894$

§ 6 第 2 回 CORE of STEM シンポジウム

全学共通 吉田信也

「第 2 回 CORE of STEM シンポジウム」を 2016 年 3 月 20 日に実施した。参加者は 40 名ほどであったが、講演者、話題提供者からは新鮮で率直な意見が出され、パネルディスカッションでも活発に和気藹々と議論が交わされた。理系女性リーダーの育成だけではなく、「女子大学」の存在意義にも話はおよび、興味深いシンポジウムとなった。

奈良女子大学 理系女性教育開発共同機構 主催
第 2 回 CORE of STEM シンポジウム

研究者として生きていく

女性がさまざまな分野で活躍するようになってすでに半世紀以上たちますが、今日でも男女共同参画社会が実現していると言うにはほど遠い気がします。

今回のシンポジウムでは、理系分野に進学する女性や理系女性研究者の少なさ、女性研究者が置かれている職業上のハンディキャップについて、理系女性研究者として大活躍されてきた稲葉カヨ先生のご講演を中心に、中堅・若手の研究者を交えたパネルディスカッションを行います。

理系進学における女子大学の存在意義など、忌憚のない議論もする予定です。

日時 : 2016 年 3 月 20 日 (日)
14 : 00 ~ 17 : 30

会場 : 奈良女子大学 文学部 5 棟 228 教室

対象 : 中学生・高校生・大学生・研究者・一般の方
(※参加申し込み・参加費は不要です)

託児あります！ 3 月 17 日 (木) までにお問い合わせ下さい。

【スケジュール】

- 14 : 00 ~ 14 : 05 挨拶 副学長 小路田泰直
- 14 : 05 ~ 15 : 25 講演 稲葉カヨ
テーマ 「研究者として生きていく」

〔稲葉先生略歴〕 奈良女子大学理学部植物学卒業 (1973)、現京都大学理事・副学長、同生命科学科教授 (理学博士)。免疫生物学・樹状細胞学がご専門で、ロレアル・ユネスコ女性科学賞 (2014)、武田医学賞 (2015) などを受賞されています。

《15 分 休憩》

- 15 : 40 ~ 17 : 30 パネルディスカッション
コーディネーター 麻生武
- 15:40 ~ 16:00 話題提供 春本晃江 (奈良女子大学・細胞生物学)
- 16:00 ~ 16:20 話題提供 松井淑恵 (和歌山大学・聴覚心理学)
- 16:20 ~ 17:30 パネルディスカッション

【問い合わせ先】
奈良女子大学 理系女性教育開発共同機構
Tel&Fax : 0742-20-3266 Mail: coreofstem@cc.nara-wu.ac.jp
Web : <http://www.nara-wu.ac.jp/core/index.html>

奈良女子大学構内図
正門
南門

§7 意欲ある学生支援事業「おたすけ」試験的実施の報告書

共同機構 増田暢

1. 概要

この事業はおおよそ以下のような形で実施された。

- ① 奈良女子大学の学生および大学院生を対象に、理数系科目に関する自主的な学習・研究活動の計画案を募集する。
- ② 応募された計画案を本機構で審査し、趣旨にあうものを選考し、採択する。
- ③ 採択した活動を実施するのに必要な物品と旅費を、共同機構から学生に支給する。

企画の趣旨は大きく分けて3つある。

第一の目的は、学生の自主的な学習活動を支援することである。

第二の目的は、学生の興味について把握することである。これまでに機構で行ったアンケートやシンポジウムでは、どちらかという学生全体の傾向や理数系の苦手な学生の意見を集めることに重点が置かれていた。無論、そういったことを調べることも重要であるが、一方で学ぶ意欲の強い学生がどんなことを考え、何を求めているのかを具体的な形で知りたかった。「おたすけ」応募企画に見られる傾向を授業や教材開発に反映させることにも、意味があるのではないかと考えている。

第三の目的は、学生が自主的に行っている有意義な活動の様子を広く知らせることである。他の学生に刺激を与えたり、また他大学との交流の礎とすることができるだろう。

2. 成立の経緯

Yahoo の主催する企画に参加し、自主的にプログラミングなどを勉強している学生グループがあり、会議で何度か話題になっていた。同じように自主的に何かしたい学生を支援する企画を実施してはどうかという吉田の提案をうけ、秋頃の会議で企画が成立した。

• 名称について

「おたすけ」という事業名は、学生の自主的な学習活動を助ける、という意味があるのに加えて、それぞれの平仮名は次の句の頭文字を取ったものでもある：

お う え ん し ま す た か み を め ざ す す ぐ れ た け ん き ゅ う

• 名称決定の経緯

麻生の提案した「おたすけ」の各文字に対し、「あいうえお作文」したものである。「お」は村上、「た・す・け」は吉田による。企画の名称は、学生に企画の存在を覚えてもらうための重要な要素であるが、印象のはっきりした良い名前だと考えている。¹

¹ なお、没になった「しりおし」も捨て難い。

企画を具体化するにあたっては実行委員会を組織し、本機構の会議で定期的に報告を行いながら、委員会内での比較的自由に諸業務の遂行にあたった。広報および会計処理は村上が担当した。

3. 実施の状況

10月27日頃に本機構ホームページで募集告知を行い、同時に学内各所にポスターを掲示した。締切りは11月20日とした。募集期間が短かったにもかかわらず、9件の応募があった。計画の内容を確認するために3件の面接を行ったのち、本機構の会議で選考を行い、11月27日付けで7件の活動計画を採択した。とくに、所属研究室の研究の一環とみなされるものは選考の対象外とした。採択した計画の一覧を次のページに掲載した。バラエティに富んだ企画が集まったのではないかと思う。

申請された物品は書籍（中古のものを含む）、電子部品、ノートパソコン、化石発掘用具などである。これらのうち電子部品に関しては通常の方法では購入できなかったため、教員が立て替えて取り寄せた。レンタルサーバおよび独自ドメインの費用を負担して欲しいという要望があったが、会議で検討した結果、予算の性格上ふさわしくないという判断のもとで不可とした。現在、物品の手配と受け渡しはすべて完了している。学生たちの活動状況については、学生からの報告書が集まり次第、機構ホームページで公開する予定であるので、それらを見て欲しい。

4. 今後の課題

学生からの報告書はまだ集まっていないが、噂から判断すると企画の趣旨はおおよそ達成できたのではないかと考えている。ただし、手続き上は、以下にあげるように改善の余地がある。今後の課題としたい。

- 応募する学生の立場からすると、購入できるもの・できないものの区別が、募集の段階からはっきりしている方が好ましい。また、募集要項の記述にも改善の余地がある。
- 学生の正規の研究に関連する活動計画を選考の対象とするのかどうか、基準を明確にしておく必要がある。
- 物品請求や旅費手続きの方法などについて、「採択者のしおり」の内容があまり伝わっていないようだった。
- 学生の物品請求手続きを簡略化することができれば好ましい。今回は物品のリストを提出してもらう形で行ったが、やや煩雑であった。
- 学生のみで旅行をする場合について、少額の旅行保険に加入させるなどの制度を整備しておく方が好ましい。
- いくつかのグループからは、参加者メンバーの追加などの要望があった。これをどの程度許容するのか、線引きを考慮する必要がある。

意欲ある学生支援事業「おたすけ」試験的实施 採択された活動計画

- 勉強会の開催等 （鈴木、計3名）
 - プログラミング、情報科学、電子回路などの勉強会、電子工作の実習
 - アプリ開発：「食堂の人の流れを誘導するアプリ」「人の感情分布を地図上に図示するアプリ」
 - ホームページ制作、大会等での成果発表
- 分野横断ゼミ（数学・物理） （北出、計4名）
 - グラフ理論、量子力学の自主ゼミ
 - 物理学教室の各研究室での情報交換ゼミ
 - 自主ゼミ合宿、他大の女子学生への呼びかけ
- 奈良・奈良女と農業を結ぶ活動 （クロフォード後藤、計3名）
 - 奈良女生が農業活動を体験できるような企画の立ち上げ
 - セミナー・勉強会などの開催も
- 長崎県伊王島での化石採集と資料化 （都築）
 - 幼い頃から化石が好き・将来考古学か歴史学に進みたい
 - 採取だけでなくクリーニングと修復も行う
- アンモナイトの発掘 （垂見）
 - 幼い頃から化石が好き
 - 特にアンモナイトが好き、自分で発掘してみたい
- 東京の科学館を周る （津田、計8名）
 - 小・中学生への指導に興味、教材や教授法の選択肢を増やしたい
 - 分属、進路決定の助けとしたい
- ものづくりを通して、その背景にある科学的事象を考察する （藤本）
 - 理科が好きになった原点に帰って自分の興味を再確認したい・専門的な学習とのつながりを考察・「生活の中に科学があふれている」
 - 「大人の科学マガジン」や折り紙などを題材に考察
 - 機会があれば科学クラブなどに解説役で参加したい

以上

意欲ある学生支援事業「おたすけ」試験的实施につき応募学生の募集

理系女性教育開発共同機構は、理数系学問の学習・研究に関連して何かやってみたいことのある学生を支援する事業「おたすけ」をはじめます。意欲ある学生の皆さまからの積極的な応募を歓迎します。

- ・ 学生の立てた活動計画に必要な物品等を本機構で購入して、お渡しします。
- ・ 来年度から本格的に開始する事業の試験的な実施です。

おうえんします・たかみを目指す・すぐれた・けんきゅう

【募集対象】

- ・ 理数系科目に関係する、学生自身による自主的な活動計画案を募集します。活動の目的は次のどちらでもかまいません。
 - (1)学修・研究を目的とするもの
 - (2)既に学修・研究した内容を活用することを目的とするもの
- ・ 上記(1),(2)のどちらにも属さない計画の応募申請があった場合は、選考対象とするかどうかを本機構で個別に審議します。

【活動計画が選考対象となるための条件】

- ・ 原則として活動計画は数学・自然科学に関わるものとします。ただし、狭義では理数系とは見なされない活動についても、科学的・実証的な態度に基づくもので、本機構が学修・研究上の有用性を認めたものについては、選考対象とする場合があります。
- ・ 主体が学生側にあれば、本学の教員が計画に関わっていても構いません。
- ・ あまりに具体性のないもの、学修・研究活動と認められないもの、実際に活動計画が実施されたか確認のできないものは選考対象としません。

【応募資格者】

- ・ 奈良女子大学および大学院人間文化研究科の正規在学生
- ・ 奈良女子大学および大学院人間文化研究科の正規在学生を代表者とするグループ

【応募に当たっての了解事項】

- ・ 活動計画が採択された学生には、簡単な活動報告書を作成・提出してもらいます。
(A 4用紙2～5ページ程度、提出期限は年度末頃を予定。活動が年度をまたぐ場合は相談に応じます。)
- ・ 提出していただいた報告書は、本活動の紹介および広報による学修相乗効果を見込み、本機構のホームページ上の記事、または冊子等の形で広く公開する予定です。広報の際には、活動の様子を撮影した写真、参加者の所属・氏名を公表する場合があります。

ます。（希望により、氏名をイニシャルに変更するなどの調整は可能。）

- ・ 応募書類もまた、本機構のホームページ等を通じて広報活動に利用する可能性があります。また、選考の透明性を保つ目的のために、応募書類は応募者の氏名を伏せた形で他の応募者に公開する場合があります。
- ・ 活動計画が採択された場合でも、希望される物品等の一部が本機構の予算から購入できない場合があります。このような制約が生じた場合は、選考の段階から随時候補者と連絡を取り、調整を行います。

【選考基準】

- ・ 予算内に収まる場合には、選考対象となった全ての活動計画を採択します。
- ・ 予算を超える数の応募があった場合は、書類審査により採択者を決定します。書類のみによる判断が困難な場合は、面接により候補者を選別します。
- ・ 書類は下記の基準に従い、30点満点で採点します：
 1. 計画の具体性を評価する。（10点）
 2. 活動の効果について
 - 募集対象(1)の場合、学修効果の大きさを評価する。（10点）
 - 募集対象(2)の場合は、有用性と波及効果を評価する。（10点）
 - 募集対象(1)(2)のいずれにも属さない計画については、上記2項目に準じた形で採点基準を設定し、得点をつける。（10点）
 3. 独自性のあるもの、創造的なものは評価する。（10点）

【応募書類の作成要項】

書式は自由です。（手書きも可）下記の **5項目** をもれなく記載して下さい。書類選考を行う場合がありますので、選考基準をよく読んだうえで、計画のアピールポイントがよく伝わる書類を、絵や図、数式などを有効に用いて作成してください。内容は専門的でも構いません。

1. 活動内容（どんなことをするか、目的は何か、の2点が判れば良い。A4, 1～2枚程度）
2. 購入希望品のリストと合計金額（推定金額。採択後に相談の上、多少増減できます。）
3. 活動計画に参加する者の氏名、学年、所属
4. 代表者の連絡先（e-mail）
5. 担当教員の所属と氏名（担当の教員がいない場合は、形式上共同機構の教員が担当する形になりますので、その旨を明記してください。）

【応募書類の提出方法】

- ・ PDFまたはwordファイルを電子メールに添付し、件名を【活動計画2015（応募者氏名）】として下記アドレスまで提出してください。
- ・ 提出先：coreofstem@cc.nara-wu.ac.jp
- ・ 上記の方法で提出できない場合に限り、紙媒体での提出を受け付けます。締切までに

コラボレーションセンターZ207まで書類を持参してください。（午前10時から午後5時まで）※ 時間帯によっては人がいない場合もありますので、事前に電話確認をいただけると確実です。（電話 0742-20-3266）

【応募締切・選考スケジュール】

- 応募締切：11月20日（金）午後5時
- 面接を行う場合は、23日（月）から26日（木）の間に実施。（都合の悪い場合は相談に応じます。できるだけ早くご連絡ください。）
- 採択者への連絡は11月27日を予定。物品等の支給手続き開始は12月初旬を予定。
- なお、不審な点があった場合には、採択を取り消す場合があります。

【実施の方法】

- 原則的に、購入を希望される物品等を本機構で購入し、支給する形で行います。詳細については、活動計画の採択後に説明します。

【追加情報・問い合わせ先】

- 本募集に関する最新の情報は、本機構のホームページを通じて告知していきますので、随時ご確認ください。

CORE of STEM: <http://www.nara-wu.ac.jp/core/index.html#>

- 電子メールによるお問い合わせは、件名を【活動計画2015 inquiry（氏名）】として coreofstem@cc.nara-wu.ac.jp までお送りください。

理系女性教育開発共同機構 「おたすけ」 実行委員会

けんきゅう すぐれた たかみを目指す ＊ ＊ おうえんします

〔概要〕

理系女性教育開発共同機構は、**理数系学問の学修・研究**に関連して何かやってみたいことのある学生を支援する事業「**おたすけ**」を始めます。意欲ある学生の皆様からの積極的な応募を歓迎します。

- ・ 学生の立てた活動計画に必要な物品を本機構で購入して、お渡しします。
- ・ 来年度から開始する事業の試験募集です。

〔応募資格者〕

- ・ 奈良女子大学・大学院の正規在学生
- ・ 奈良女子大学・大学院の正規在学生を代表とするグループ

〔応募締切〕

2015年11月20日（金）17:00 まで

- ・ 問い合わせ先：0742-20-3266
coreofstem@cc.nara-wu.ac.jp

〔募集要項〕

- ・ CORE of STEM の HP でダウンロードできます。
<http://www.nara-wu.ac.jp/core/>
- ・ 上記が困難な場合は、下記のメールアドレスに件名「おたすけ募集要項希望」と記入してご連絡ください。 coreofstem@cc.nara-wu.ac.jp

Ⅱ 中等教育改革プロジェクト

全学共通 吉田信也

§ 1 はじめに

奈良女子大学は、平成 26 年度文部科学省「国立大学改革強化推進補助金」の対象事業である「理系女性教育開発共同機構」(以下、「共同機構」)を設置し、お茶の水女子大学と協力して各種プロジェクトを進めているところである。「共同機構」の概要を図で表すと、下図のようになる。



この中の「中等教育改革プロジェクト」による魅力的な理数教育の創造の一環として、「理数研究会」を「共同機構」と本学附属中等教育学校とで立ち上げた。本学附属中等教育学校は、文部科学省指定のスーパーサイエンスハイスクール(SSH)としての研究活動を 2 期 10 年間続け、今年度から 3 期目の 5 年間に入り、理数教育において全国的にもトップクラスの研究成果をあげてきた。このような本学と附属中等教育学校が連携・協力して、日本の中等教育における理数教育の改革を目指して研究を進めることになった。

2015 年度の 4 月から始めた「理数研究会」は、月に 1 回程度の頻度で附属中等教育学校において開催し、附属中等教育学校からは数学科・理科・SSH 関係の教員が、大学からは「共同機構」の特任教員と私が参加して、9 回にわたって議論を重ねてきた。その研究の成果を発表する場として、2016 年 2 月 19 日に「理数シンポジウム」を開催した。これには、北は新潟県、南は沖縄県まで約 60 名の参加者があり、高い評価をいただいた。

§ 2 理数研究会

奈良女子大学の「理系女性教育開発共同機構」の「中等教育改革プロジェクト」と、奈良女子大学附属中等教育学校の SSH(次ページ参照)の 2 つのプロジェクトは、目的が共通している部分が多い。そこで、大学と附属中等教育学校が協働して、中等教育における理数教育の改革を行うため、2015 年 4 月に「理数研究会」(次々ページ参照)を立ち上げた。

現在の中等教育では、一方では大学入試を最終目的として「勉強させる」教育があり、他方では「学びから逃走する」生徒たちを引き止められない教育がある。なぜ学ぶのかを疎かにし、学びたいという意欲をかきたてる教育内容・教材・方法の研究、実践があまりにも少ないのが現実であろう。基礎的・基本的な内容の教育は当然、大切であるが、生徒たちの「これは何?」「これはどこで使えるの? 役に立つの?」「これはどこに通じているの?」等の疑問に答えることなく、「将来だよ、そのうち分かるよ」と教科の枠組み、学校教育の枠組みの中にとどまっていたら、学びからの逃走はなくなる。

例えば、理科・数学においては、自然現象や現実社会を捉えるのに、自然科学や社会科学がどのような手段を用いるのか、数学がいかに道具・言語として有用であるかを体験・学習する、言い換えれば、数学と科学の一体性を感じ、数学と科学でこの社会・世界を見て解析する方法を学ぶなどの学習活動、教育内容、教材が必要である。つまり、

文脈的な学習・教材、ストーリーのある教材
が必要であり、求められていると考える。

以上のことから、「共同機構」と附属中等教育学校の理科・数学科・SSH 主任等で協議を行い、下記の概要で「理数研究会」を発足させた。まだ出発したばかりであり、試行錯誤をしつつ進めているところであるが、2015 年度は理科と数学科の教員が混合でグループを作り(1 つの班だけは数学科のみ)、教科にこだわらない教育内容、教材の研究を行っている。

1. 形式

- (1) 月に 1 回程度、実施する
- (2) ゼミ形式、模擬授業形式、講演形式など、内容に応じてフレキシブルに実施する
- (3) 将来的には、県内・県外の教員にも参加してもらう

2. 内容

- (1) 既存教科にこだわらず、文脈的な学習・教材、ストーリーのある教材を研究
- (2) 研究内容を授業として構成し、実践
- (3) 将来的には、大学教員による授業を、附属中等教育学校のカリキュラムの中に実現

3. 発信

- (1) 研究の成果を公開するために、「理数シンポジウム」を開催する
- (2) 成果はブックレット・副読本等の形で発刊するとともに、Web でも公開する

以下は、「理数研究会」の各班が 2015 年度の研究の結果をまとめたものであり、1 班が理数シンポジウム当日に公開授業を行った。

共創力を備えた科学技術イノベーターを育成 するためのカリキュラム開発



卒業生追跡調査

更なる活動の充実へ

サイエンス 研究会

数学・物理・化学・生物・地学

科学技術イノベーターの育成

多分野融合研究において、自ら課題やプロジェクトを設定し、多様な他者を組織して、新たな研究領域を切り開いていく能力を持ったリーダー

研究ノートの作成・検証

体系的な指導システムの
確立を目指して

国際交流連携校

イノベーターキャンプ

異分野を横断する課題解決型特別プログラム

例 エネルギー・気候変動・防災
環境・福祉・生物多様性

ISSS (共同研究)

地球的規模の課題
多様な価値観
国際的競争力

公州大学校と英才教育院
忠南科学高校 (韓国)

国立中山大学附属光復中學
高雄女子高級中学校 (台湾)

Regent, Yishun Town Secondary School
Nan Chiau High School (シンガポール)

「共創力」を育む6年一貫カリキュラム

科学的思考力、幅広い視野と高い科学観・自然観を背景に、課題の解決や新たな価値や概念を創りだすために協働するとともに、主体的に判断し、主張・行動できる能力

奈良女子大学
理系女性教育開発共同機構
中等教育改革プロジェクト
高大連携・接続研究

授業内容の高度化 (理科・数学科・情報科)

探究活動の深化 (総合的な学習・学校設定科目)

研究開発した
ブックレット・
テキストの出版

連携大学・研究所

奈良女子大学
奈良教育大学
奈良県立医科大学
京都大学
同志社大学
ATR
NAIST

先進的な
視野の育成

興味関心
意欲の育成

基礎・基本
の徹底

リベラルアーツの育成

理数の専門教科
科学観・自然観の涵養
高度な専門性

Science Issues サイエンス・イシューズ

教科横断型の課題
異教科の連携授業

数学探究Ⅰ・Ⅱ
自然探究Ⅰ・Ⅱ
数学的活動の重視
問題解決能力の育成

数学基礎Ⅰ・Ⅱ 理科基礎Ⅰ・Ⅱ

観察・実験の重視
数理化サイクルの重視
テクノロジーの活用

自然科学リテラシーの育成

SS 課題研究 コロキウム

培われた自然科学観から
現代的課題を研究する
観の形成
大学教員・研究者との連携

課題研究 世界Ⅰ・Ⅱ

世界的な自然科学の課題
を地域の視点から探求する
視点の往還
グローバル⇄ローカル
ESD

課題研究 寧楽Ⅰ・Ⅱ

地域の素材の中から
自然科学を学ぶ
世界遺産学習
統計処理
プレゼンテーション

協働型研究
(発展期)

協働型探究
(充実期)

協働型学習
(基礎期)

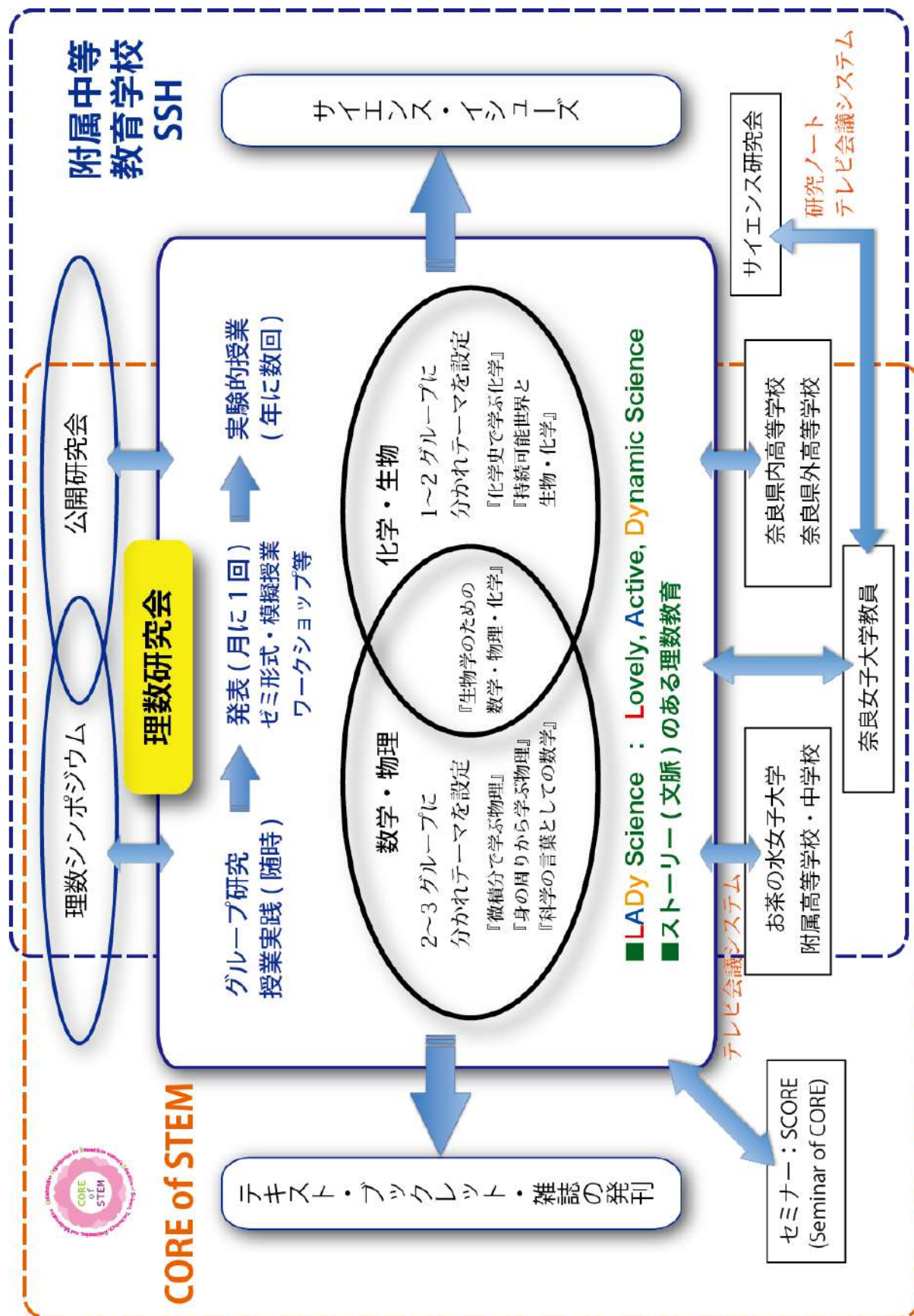
「研究ノート」
を使用した
研究指導

日韓合同
サイエンスキャンプ
(英語による共同実験)

自然科学に関する基本的な知識と技能を持ち、科学的根拠に基づいて
判断・主張・行動ができる、21世紀に必要とされる教養を備えた市民の育成

理系女性教育開発共同機構 (CORE of STEM) 中等教育改革プロジェクト

150422





理数シンポジウム



● 14 : 00 ~ 14 : 50

2016 年 2 月 19 日 (金)

公開授業

「個体の増殖を数学的に解き明かす」

(数学と生物の協働授業：河合士郎・櫻井昭)

● 15 : 00 ~ 15 : 40

● 授業者・大学教員コメント

〈指導助言〉● 渡邊利雄 本学教授・附属中等教育学校長

理学部 化学生命環境学科 生物科学コース

● 高須夫悟 本学教授

理学部 化学生命環境学科 環境科学コース

● 質疑応答 & 意見

● 15 : 40 ~ 16 : 30

● 6 班に分かれラウンドテーブル

ディスカッション



共催

奈良女子大学

奈良女子大学

理系女性教育開発共同機構

附属中等教育学校

1 数理生物学 一個体の増殖を数学的に解き明かす授業

河合 士郎(数学科) 櫻井 昭(理科)

■ 研究の目的・動機

理数連携授業として、本班では生物学と数学が合同で開発できる教材・実験を考えていくことにした。一般に数理生物学は、これまで特に生態学や進化生物学、遺伝学といった分野で研究が進められてきた。数理モデルを用いて、現実にある生物学的な諸課題を考察するにあたって、まずはその中でも「生態学」において大きな成果をあげているアプローチの、一端にふれられるような授業研究を行った。

本校の学校設定科目として、以前 6 年生で開講していた科目に「数理科学」がある。そこでは、数学の教員が「ゲームと確率」「生態系の数理とカオス」「飛行曲線のシミュレーション」「過去と未来を見通す(微分方程式)」「音波を解析する」といったテーマを扱い、主に数理的側面から自然科学を探究する授業を展開していた。それらのテーマの一つとして、生物の成長曲線(ロジスティック・カーブ)を理論的・関数的に扱ったものがあったが、あくまで現象のモデル化・シミュレーションの一つとしてコンピュータ上で計算させるにとどまっていた。

今回融合授業を開発していくに当たり、今までの展開よりもっと生物学の授業に近づくことを考えた。思考実験ではなく、実際に実験を行い、数理生物学のモデル化が本当に自然現象を説明できているのかまで検証する作業を加えることで、具体的現象と抽象的概念の往還が可能になり、それが科学的探究の本質的な方法であろうと思われるからである。

■ 研究の方法

「数理科学」は数学の教員だけで通年授業をしてきたが、今回の授業研究では一連の授業に理科と数学の教員が交互に現れたり、同時に出て **TT** を行ったりといった方法をとっていきたいと考えた。そのことで、自然現象の解析には本来さまざまな分野からのアプローチ・協働が必要であることが生徒にも実感されるであろう。一つのテーマについて、実験もして数学的解釈も加え掘り下げていくため、単元の通常の授業よりもかなり時間を使って展開していくことになる。

なお、今回の実践では理系生物選択者の通常講座の授業をベースとして、そこに数学教員が割り込んでいくという方法をとった。自然現象を説明するツールとして数学を用いるという立場から、この方法が妥当ように考えられる。

■ 今後の方向性・内容

「サイエンス・イシューズ」の実践例として、生物学と数学の融合授業案を複数作成していきたい。数理生態学では個体群モデルの応用として、相互作用する個体群の増減(種間競争)や反応速度論、感染症のダイナミクス等のテーマもあり得るし、遺伝学へのアプローチも十分考えられる。

また、よりミクロなレベルの生物現象、分子生物学・細胞生物学・発生生物学の分野においても数理モデルが使える場面があれば授業開発を行っていきたい。

一方、高等学校の「生物」で扱われ習得されるべき学習内容には当然指導要領があり、範囲も限定されている。限られた時間の枠内で、従来の授業展開をしていくだけでもかなり窮屈なところに、このような探究授業を計画してカリキュラム化することはなかなか困難である。今回提案する一連の授業では、本来 1・2 時間で終わる学習内容に対して 6・7 時間をかけ、毎日放課後も計測を行う。種々のテーマについてこういった授業展開を開発していくのは、科学的態度の本質であるし望ましいが、授業時間数は明らかに大幅に不足してしまう。しかし、こういった授業を「総合的な学習の時間」や「課題学習」として別の時間帯に位置づけてしまうのは意図に反し、融合授業が何か特別なことと考えられてしまう。自然に通常授業に取り込むのが理想であるが、どう時間を作っていくかが大きな課題である。

本班では生物学と数学の合同開発を担っているが、物理学と数学、化学と数学といった、理科の他分野と数学の融合授業も他班においてそれぞれ研究されている。今後理科の「課題研究」の時間においても数学的な思考を取り入れることによって、今までより多様な視点から自然現象を解析していく発想が育成されることを目指していきたい。

『ゾウリムシの個体群における密度効果の数学的解析』授業案

高等学校「生物」に「個体群と生物群集」という単元がある。個体群における個体数の増加率は、個体群を取り囲む環境要因によって制限を受けてしまう。ここでよく知られているのが、成長曲線という個体群の成長を表すグラフである。これは、横軸に時間・縦軸に個体数をとったときの、個体群の成長のようすを時系列で表したものである。

この一連の授業では、ゾウリムシの個体数を実際にカウントすることにより、成長曲線をグラフ上にプロットする。一方、増加率と個体数の関係に着目させ、グラフを数式モデルで表現できないか考察する。そして、実際の個体群の増加の様子が、数学的解析により予測できるかどうか試みる。

授業者：櫻井 昭，河合 士郎

クラス：5年理系生物 16名(男子6名、女子10名)

単元名：生物と環境 ～個体群と生物群集～

教材観：地球上に生息する様々な生物は、地球の物理的環境によって影響を受けている。また、それぞれの生物間にも多彩な関係性が存在している。この生物間の関係性が、地球の物理的環境にも影響を与えることがある。生徒がこの単元を学ぶことを通して、地球という閉じられた空間の中で、生物が生息するためには何が必要なのか、またどんな考え方が大切なのか、具体的に関係性を取り上げながら考えさせたい。

今回の教科横断型テーマでは大きく「自然科学リテラシー」が育成されることを目指し、教材として数学・科学の関わりが実感できるものの一つを取り上げ、テクノロジーの力を活用した探究を進めることを考えた。大学での学びにもつながっていくような内容を考え、探究活動を中心として展開することが特徴である。

身近な生態系や個体増殖のモデル化を行い、その変化を視覚化するとどうなるか探究する内容で、数学の大きな分野の一つである微分方程式の一端にも触れる。大学で学ぶ展開とは異なり数学的な解法の操作としてではなく、自然や社会現象を解析する手段・変化を捉える見方としての側面が実感でき、「未来を見通す」ことの興味深さに触れられる内容とした。このテーマは「ロジスティック・モデル」という、モデル化の考え方と関係する。

単元の指導計画：

1. 個体群動態 (6 時間)	第 1 時	生物の成長曲線(生物学的意味)	2/15(月)
	第 2 時	成長曲線の数学的意味	2/16(火)
	第 3 時	個体数の計測のしかた(カウントの方法、実習)	2/17(水)
	第 4 時	条件の違いによる結果を予想し、一週間の実験計画を立てる(公開授業)	2/19(金)
	第 5 時	実験のセッティング	2/23(火)
	第 6 時	実験結果をもとにした数学的解析、ゾウリムシの成長曲線を実際に描く	2/29(月)
2. 個体群内の相互作用 (1 時間)	第 7 時	動物の社会(群れ)	
3. 個体群間の相互作用 (2 時間)	第 8 時	種間関係(競争と共生)	
	第 9 時	間接効果	
4. 生物群集 (2 時間)	第 10 時	他種との共存	
	第 11 時	環境形成作用	

授業展開① 生物の成長曲線(生物学的意味)

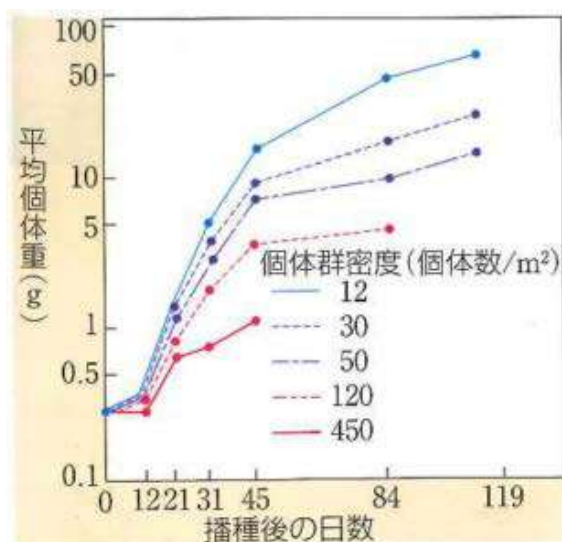
本時の目的

生物個体群の成長曲線について考え、動物においては環境収容力、植物においては最終収量一定の法則が成り立つことを理解させる。

	学習活動 ○予想される生徒の反応	指導上の留意点 ☆教師の発問	評価の観点
導入	・スーパーで売っているカイワレ大根は、大根になるか考える	☆カイワレ大根を見せ、「カイワレ大根は大根になることができるか？」と問いかける	植物の個体群としての成長について、積極的に考える【関】
展開1	・個体群の成長について考える ○そのパッケージのままだと、そのうち枯れる ○カイワレの芽は密集したままだと枯れてしまう ・密度が高いと育たない理由を考える ○隣の個体が邪魔で伸びなくなる ○光合成できないと成長が遅くなる ○無機塩類が足りなくなる ・カイワレ大根が成長するための最適密度を考える ○半分の密度に減らす ○一つ一つ植木鉢(ポット)に植える ○2～3株ずつ植木鉢に植える ・大豆の例をもとに、個体群の密度と個体の平均質量の関係性を考える ○個体群密度が小さければ、1個体の平均質量は大きくなる ○個体群密度が3桁になるとすべてが最後まで成長しない ・個体群の密度が高くなりすぎると、光の取り合い、場所の取り合いなど、環境要因の取り合いが生じ、個体の成長は遅くなることを理解する ・個体群としての成長の仕方について、個体群密度をもとに考える ○84日目と比べると、$12(\text{個体数}/\text{m}^2) \times 50(\text{g})$は、$30(\text{個体数}/\text{m}^2) \times 20(\text{g})$と同じ値になる ○個体群密度によらず、単位面積当たりの植物体収量はほぼ等しくなることに気付く	・カイワレが大根という「根」を作るかではなく、個体群が成長するかに注目させる ・芽が密集していることに注目させる ・資源(光量不足、養分不足、水の取り合い、根を這わせるための場所)の取り合いが生じることを理解させる ☆このカイワレ大根が、大根を作るまでに成長させるためには、このカイワレ大根の密度はどれくらいにしたらよいか? ・ダイズにおける、個体群密度と平均個体重の関係を示したグラフを提示し、定量的に理解させる ・個体群の時間に対する成長の仕方を表したグラフを『成長曲線』ということ伝える ・個体群の高密度が及ぼす、個体群の成長への影響のことを『密度効果』ということ伝える ☆個体群密度と平均個体重のグラフから、個体群としての成長はどのように変化していると言えるか ・具体的数値を使って考えさせる ・個体群密度と単位面積当たりの植物体収量の関係を示したグラフを、元のグラフを用いて書き込ませ、『最終収量一定の法則』を導かせる	予想される現象を、理由とともに表現できる【思】 実験条件(状況)を理解し、実験結果を定量的に考察できる【思】 グラフから新たな法則性を導き出すことができる【知】

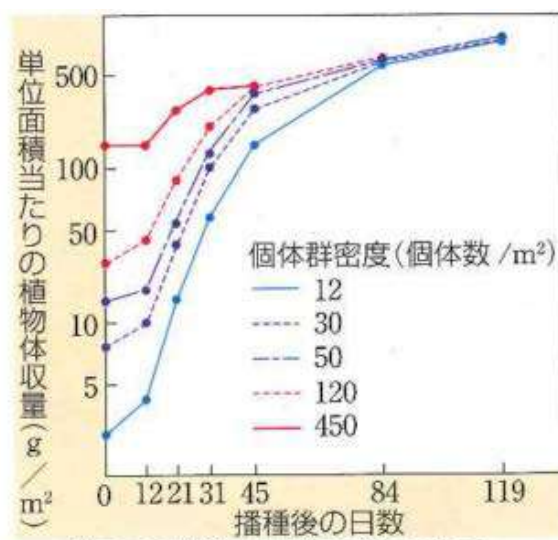
展 開 2	・動物個体群の成長を考える ○ゾウリムシは分裂によって増殖する ○動物は捕食者であるから、培地内の餌の量が減ったら増えなくなる(密度効果) ○環境が悪くなると、密度が多すぎるとゾウリムシ同士がぶつかって、弱っていく ・動物個体群にも密度効果が生じることに気付く ・ゾウリムシが増殖するときの傾きを、ゾウリムシが分裂で増殖することをもとにできるだけ正確に描く	☆ゾウリムシの培地を見せて、ゾウリムシは日ごとにどのように個体数をふやしていくか、成長曲線を書き込んでみよう ・動物の成長曲線をイメージさせながら、考えさせる ・閉塞環境でのゾウリムシの成長曲線をイメージで描かせる ・餌の量や培養スペースによって最大個体数が決まってくることに気付かせ、『環境収容力』という言葉を教える ・グラフを正確に読み取らせる	生物の増殖を、よりの確に(数学の関数をイメージしながら)グラフとして描くことができる【思】
ま と め	・曲線の形は何によって決まってくるのか	☆動物個体群の成長曲線は、どのような関数として表せるだろうか?	

評価の観点：【関】…関心・意欲・態度、【思】…思考・判断・表現、【技】…観察・実験の技能
【知】…知識・理解



グラフの縦軸は対数目盛りである。

図2 ダイズ個体群における密度効果



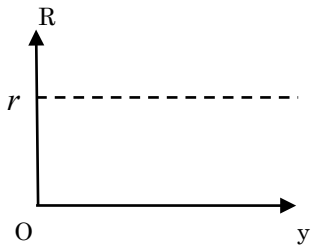
グラフの縦軸は対数目盛りである。

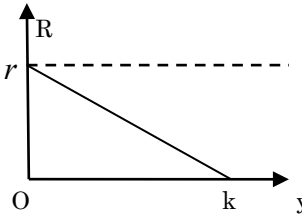
図3 最終収量一定の法則

授業展開② 成長曲線の数学的意味

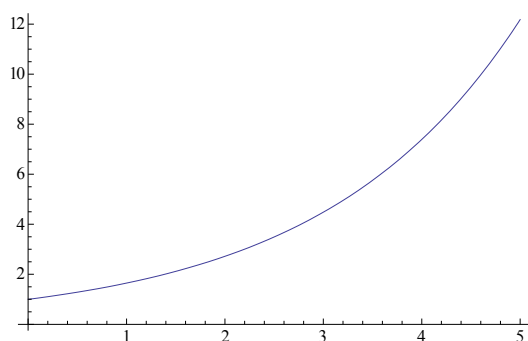
本時の目的

成長曲線を、数学的に関数で表すことができないか考えさせる。また、導出できた関数を、実際に生物学へ応用する方略を考える。

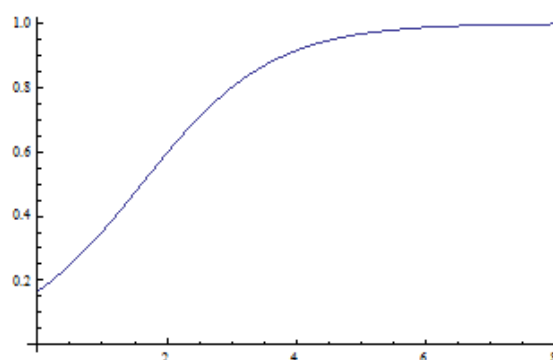
	学習活動 ○予想される生徒の反応	指導上の留意点 ☆教師の発問	評価の観点
導入	生物の個体数の増加について、モデル化して考える。 ○今まで学んだ数学的知識から、おそらく $y(t)$ は t の指数関数になるだろうことが予想できる。	ゾウリムシが一定時間間隔に同期して分裂すると仮定する。 ☆時刻 t における個体数を $y(t)$ としたとき、y を t の式で表すことができないか。 (関数は $f(t)$ などでは表すことが多いが、y が t に伴って変わることがわかるように $y(t)$ としている。)	y と t の関係が、これまで学習したことのある数学的知識で表せないか考える【関】
展開1	○ Δy は現在の個体数 y に比例するのではないかと。また、Δt にも比例するのではないかと。 ○ 個体数の増加量が、 ・ 現在の個体数 y ・ Δt (時間) の両方に依存することが納得できる。 この段階では、増加率すなわち比例定数 ($R = r$) を一定と考えている。 	微小時間 Δt における個体数の増加 Δy は、$\Delta y = ry\Delta t$ と表され、 $\frac{\Delta y}{\Delta t} = ry$ となり、微分の定義から $\frac{dy}{dt} = ry$ と考えられる。このように未知の関数 y とその導関数 $\frac{dy}{dt}$ を含む方程式を、微分方程式という。また、微分方程式を満たす関数 $y(t)$ を t の式で表すことを「微分方程式を解く」という。 (ただし、微分方程式を解くプロセスは説明しない) $\frac{dy}{dt} = ry$ から $y(t) = ae^{rt}$ (指数関数) が導けることはこちらから紹介し、予想にかなった式になることを言う。 (ベクトル場の表示、解のグラフをGeoGebraで示す)	数量の関係を、等式で表すことができる【表】 微分方程式の解がベクトル場で表され、定数により変化することがわかる【数】 微分方程式と解曲線の対応が理解できる【知】
展開2	しかしこれでは、個体数が限りなく増えていってしまう。前時に学んだS字型成長曲線を、関数として実現することはできないか。 ○ 増加率 r を一定としたところに問題があるだろう。現実には、食糧不足や環境悪化などのため、r は一定でない。 ○ 個体数が増えるほど、R は減少するだろう(傾きが負の一次関数)。 R を $y(t)$ の式で表す。 ○ 反比例を考える者もいるかもしれない。	☆ 増加率が個体数によって変化するモデルを考える。できるだけ単純な変化としてまずはとらえよう。 ☆ 増加率 R が個体数 $y(t)$ によって変化する場合、R と $y(t)$ の関係としてどのようなものが考えられるか。 ☆ R を y の一次関数で表してみよう。 このモデルは、個体数が小さければ R はほぼ r だが、個体数が大きくなるにつれて R は減少し、$y(t)=k$ のときに $R=0$ となるモデルである。	数量の関係を、関数で表すことができる【表】

	○ $\frac{dy}{dt}$ (接線の傾き)が t の 2 次関数 (上に凸)になると考える者もいるかもしれない。その場合は、横軸が t でなく y なら妥当である。  ○ $R = r - \frac{r}{k}y = r\left(1 - \frac{y}{k}\right)$ ○ S 字型のカーブが関数で表現できたことに感動する。	個体数の変化のモデルを、微分方程式で表す。 $\frac{dy}{dt} = r\left(1 - \frac{y}{k}\right)y$ (数理生物学者ヴェルハーストのモデル) この微分方程式を解くと、 $y(t) = \frac{k}{1 + \left(\frac{k}{a} - 1\right)e^{-rt}}$ となることを言う。 (ベクトル場の表示、解のグラフを GeoGebra で示す) a は y の初期値 k は y の環境収容力 r は $t = 0$ のときの増加率	微分方程式と解曲線の対応が理解できる 【知】 微分方程式の解がベクトル場で表され、定数により変化することがわかる 【数】
まとめ	S 字型のカーブを、論理的なモデル化によって関数に近似することができた。 ○ どの定数をどう変えると、カーブの形にどう影響するのか、その関係に着目する。	これらのカーブには多くの任意定数が含まれている。これらの定数を変化させることによってカーブの形も変化するだろう。 (定数を変化させて解いた微分方程式の解のグラフを複数示す) これから実際にゾウリムシを<u>さまざまな条件のもと</u>で培養し、個体数をカウントしていく実験を、長期にわたって行い、成長曲線のデータを集めることを予告する。	生物的な条件が定数に影響し、グラフの形状が変化することを予測できる 【数】

評価の観点(数学) : 【関】 …関心・意欲・態度、【数】 …数学的な見方や考え方、【表】 …数学的な技能
【知】 …知識・理解



指数関数のグラフ



ロジスティック・カーブ
(成長曲線)

授業展開③ 個体数の計測の仕方

本時の目的

実際にゾウリムシの成長曲線を描こうとした時、どのような個体数のカウント法があるのか、その方法を考えさせる。また、環境条件を1つだけ変化させるためには、無菌操作やインキュベーターが必要になることを理解させる。

	学習活動 ○予想される生徒の反応	指導上の留意点 ☆教師の発問	評価の観点
導入	○個体数が多すぎるとき、すべてカウントするのは難しいことに気が付く	☆ゾウリムシの培養液を見せ、このフラスコ内のゾウリムシの個体数を知るためには、どのようにカウントしたらいいでしょうか	個体群の個体数のカウント法を考えることができる【関】
展開 1	・動物の総数を正確にカウントするためのポイントを考える ○ゾウリムシは実態顕微鏡で見ないと数えられない ○ヒトが正確に動物の数を数えるには限界がある ○培養液の一部をとって、ゾウリムシの数を数え、溶液の全量に換算すればいい(標本調査) ○培養液を一部とるとき、培養液を均一にしていないと条件が変わってしまう ・標本調査における基本的な操作方法を学ぶ ・複数回繰り返す操作において、回数ごとの誤差が少なくなるようにすることを学ぶ ・マイクロピペットの使い方を学ぶ ・動く生物をカウントできる数には限界があることを知る	・標本調査をするために重要な点が何か考えさせる ・標本調査の操作法の一般例を示し、生徒に体験させる ☆標本調査では、3～5回同じ操作を繰り返すことが一般的 ☆総数が多すぎる場合、できるだけ1度に採取する培養液の量を減らしていく(しかし、限界はある) ☆採取した培養液を複数のドロップに分けてカウントし、最後に合計数を求める ☆常に同じ量の培養液を採集して個体数をカウントする必要がある → 個体数が多すぎて数えられないときは、その採取した培養液から一部を取り出してカウントする	個体数のカウント法を自ら想像し、その後体験することで、標本調査の基本を理解することができる【知】
展開 2	・ゾウリムシの成長曲線を描く(培養する)ための操作ポイントを考える ○成長曲線を描くためには、一定の環境条件下で培養しないと、成長具合が変化してしまうのでは ○カウントのためには培養液を一部取り出すので、その時ゾウリムシを傷つ	☆ゾウリムシの成長曲線を描くためには、ゾウリムシの個体数をカウントしながら培養しなくてはならない。この時の注意点は何か	

	けないようにする ○ゾウリムシの培養液に、ゾウリムシの増殖を抑えるようなものが混入しないようにする ○ゾウリムシはそもそもどうやって培養しているのか? ・ゾウリムシの培養条件を知る ○エサは 1 種類なら、カウントするときに別の菌が入ってしまうと、エサが増えることになる? ○ゾウリムシの成長には、何度くらいに保つのが良いのか? ・エサを 1 種類に保つためには、無菌操作が必要なことを知る ・無菌操作を学ぶ ・菌が侵入する侵入口を考え、どこを滅菌する必要があるか考える	・ゾウリムシの培養方法を教える ☆培養液の中には餌として 1 種類のバクテリアを入れる ☆温度を一定に保つため、インキュベーターの中に入れて培養する ・無菌操作をしないと、培養液の環境条件が変化してしまう(コンタミする)ことに気が付かせる ・無菌操作の方法を教える ☆クリーンベンチ内で、フラスコの口を加熱滅菌することで、フラスコ内に侵入する菌をできるだけ減らす ☆フラスコの口に手をあてない	無菌操作の重要性を理解することができる 【知】
まとめ	・標本調査と無菌操作の重要性を確認する ・ゾウリムシの培養をイメージできるようにする	・ゾウリムシを植え継いでから、毎日カウントしてデータをとる操作をイメージさせる	実験の流れをイメージすることができる 【知】

評価の観点：【関】…関心・意欲・態度、【思】…思考・判断・表現、【技】…観察・実験の技能
【知】…知識・理解

授業展開④ 条件の違いによる結果予想(仮説設定)と実験計画の立案 (公開授業)

数式処理ソフト(GeoGebra)で成長曲線を描き、成長曲線の形体変化とパラメーターの関係を理解させる。
現実のパラメーターの範囲を想定し、実際に実験値と予測値ができるだけ等しくなる条件を考える。

授業展開⑤ 実験準備と実験開始

自分たちの仮説に必要な環境条件を整え、ゾウリムシの培養をスタートさせる。
その後、約 1 週間放課後に毎日カウントする。

授業展開⑥ 実験結果をもとにした数学的解析

実験結果を持ちよって、グラフ上にプロットする。関数で近似できたか確かめる。

公開授業 条件の違いによる結果予想(仮説設定)と実験計画の立案

本時の目的

数式処理ソフト(GeoGebra)で成長曲線を描き、成長曲線の形体変化とパラメーターの関係を理解させる。

現実のパラメーターの範囲を想定し、実際に実験値と予測値ができるだけ等しくなる条件を考える。

	学習活動 ○予想される生徒の反応	指導上の留意点 ☆教師の発問	評価の観点
導入	成長曲線を思い出す $y(t) = \frac{k}{1 + \left(\frac{k}{a} - 1\right)e^{-rt}}$	教師が予備実験で得た「ゾウリムシの成長曲線(実測値をエクセルでグラフ化)」を生徒に示し、成長曲線の特徴を復習させる	成長曲線の特徴を説明できる【知】
展開1	- 成長曲線の3つのパラメーターを思い出す ○aはyの初期値 ○kはyの環境収容力 ○rはt=0のときの増加率 ・iPad miniのGeoGebraを用い、パラメーターの意味を実感する ・aとkとrの関係性について書き出す ○aの値がkに近ければすぐにグラフは増加しなくなる ○aの値が小さすぎると、最大個体数に至るまでに時間がかかる ○aの値が小さくても、rが大きければ最大個体数に至るまでの時間は短縮できる ○kの値が大きければ、最大個体数に至るまでに時間がかかる	☆関数の3つのパラメーターは何を意味していましたか? ・一人1台分のiPad miniすべてに、GeoGebraと成長曲線の関数を入れておく ☆グラフのパラメーターを動かして、それぞれの関係性について気が付いたことを書き出してみよう ・パラメーターを自由に動かし、グラフの形態変化を確認させることで、パラメーターがどんな環境要因によって変化するのか考えさせる	数理生物学的に導いた成長曲線を説明できる【知】 GeoGebraを動かして、変化の動きを探索できる【関】 1つのパラメーターを動かして、それに伴う2つのパラメーターの動きを見つけ出し、表現できる【思】【数】
課題1 ゾウリムシを植え継いだ後、ゾウリムシの総個体数が12,000cellsに速く達するための培養条件を提案しなさい。 ただし予備実験の培養条件は以下の通りである ・植え継いだ時の総個体数(初期値a)は、1,600cells ・増加しなくなった時の総個体数(環境収容力k)は、12,000cells ・植え継いであら最大個体数に至るまでの日数(t)は、4日間 ・培養液の総量は、1倍のレタス培養液 200mL ・培養温度は、28℃			
展開2	・課題について考える ○予備実験の結果に近いグラフをGeoGebraで描こうとする	・グループで課題に取り組ませる	実験の結果を数学的に考察し、適切なパラメー

第 3 編 生物の環境応答

第 9 章 個体群と生物群集

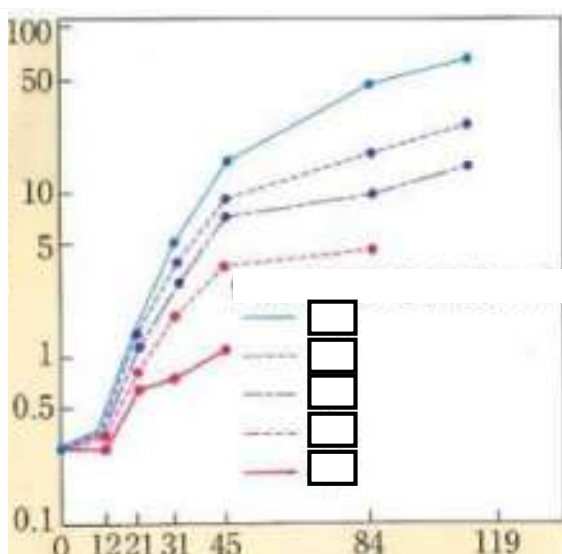
1. 個体群

Question 1 スーパーで売っている『カイワレダイコン』は、水をあげ続け、日光のもとにおいておけば、大根にまで成長するだろうか？

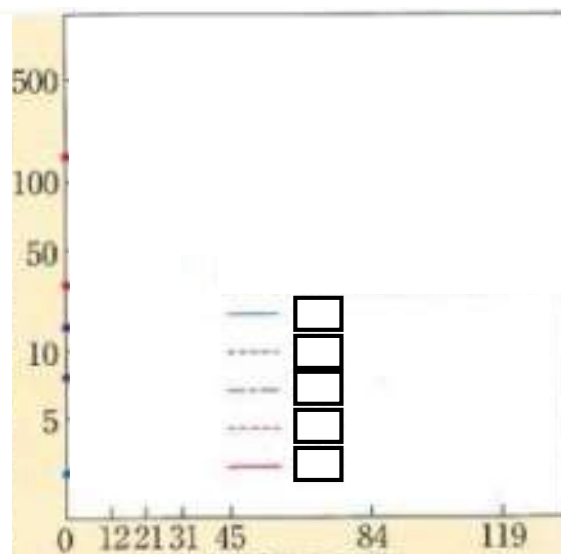
『カイワレダイコン』という種の集団のこと…

(同種の集団のこと)

Question 2 種を蒔いてからの、植物個体 1 つの成長を調べるのではなく、集団としての成長を調べるためには、何を測定すればよいだろうか？



グラフの縦軸は対数目盛りである。



グラフの縦軸は対数目盛りである。

・個体群密度が、個体や個体群の成長、あるいは個体の生理的・形態的な性質に変化を生じさせること

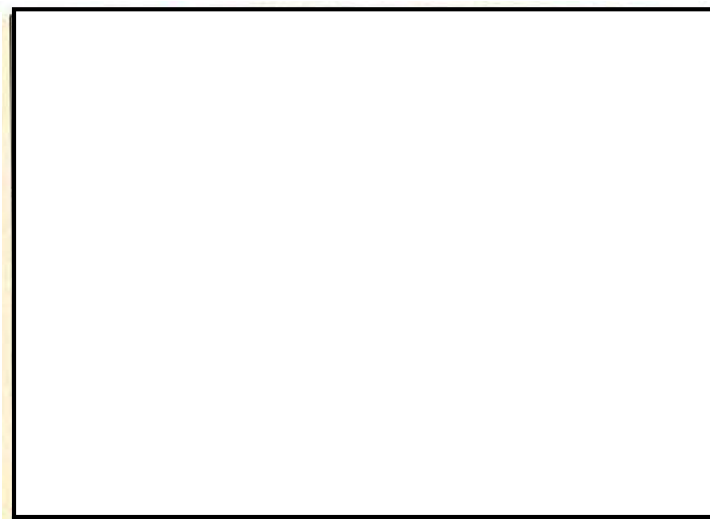
⇒

・単位面積当たりの植物の収量は、個体群密度が異なってもほぼ一定の値を示す

⇒

年 組 48番 氏名 []

Question 3 今、フラスコ内にゾウリムシがいる。エサが十分ある状態であれば、ゾウリムシの個体数はどのように変化していくだろうか？



・ 個体群における個体数の増加のこと ⇒

・ 個体群の成長を表すグラフ ⇒

・ ある条件のもとで成長した個体群の大きさがほぼ一定となったときの個体群密度 ⇒

★ ゾウリムシのカウント法 と 培養法 ★

Question 1 フラスコ内のゾウリムシの細胞数を数えるには、どんな方法をとったらいいだろうか？

Try 1 実際にカウントしてみよう

準備：実態顕微鏡、光源、ディプレッションスライドガラス、シャーレ、マイクロピペット
カウンター

- 手順：① フラスコをやさしく回し混ぜ、ゾウリムシの分布を均一にする
② マイクロピペットを $1000\mu\text{L}$ に設定し、チップをはめる
③ マイクロピペットを 1 段階まで押し、フラスコ内にゆっくりと入れ、ゾウリムシの培養液ごとゾウリムシを、ゆっくりと吸い上げる
④ ディプレッションスライドガラスの穴 1 つに、吸い上げたゾウリムシの培養液を静かに注ぎ入れる(マイクロピペットの 2 段階目まで押して、水滴まですべて押し出す)
⑤ 実態顕微鏡下でゾウリムシをカウントする

結果：_____cells

Question 2 ゾウリムシは動く。動く個体を人は肉眼で幾つまでカウントできるだろうか？

Try 2 自分の限界に挑戦

- 手順：① Try 1 と同じように、ディプレッションスライドガラスに、ゾウリムシを $1000\mu\text{L}$ 採集する。
② もう一度、Try 1 と同じ手順で、ゾウリムシを $1000\mu\text{L}$ 採集し、シャーレで 20 ドロップに分ける
③ ドロップ内のゾウリムシをすべてカウントする

結果：_____cells までカウントできる

Question 3 標本の抽出は何回が Best？

Question 4 ゾウリムシを培養するために必要なことは？

ゾウリムシの培養方法(植え継方)

準備物 1×レタス培養液(500mL フラスコに 200mL)、バクテリア、ゾウリムシ
 白金耳、クリーンベンチ、500mL フラスコ、綿栓、アルミホイル、インキュベーター

事前準備

3 日前 1×レタス培養液 200mL を、500mL フラスコへ注ぎ、オートクレーブ(121℃、1atm、20 分)で滅菌する

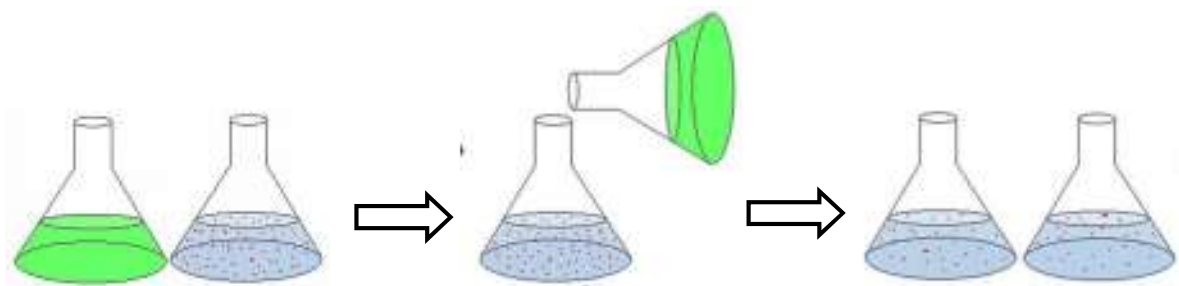
1×レタス培養液の組成(4L)

- ・ レタスジュース(160mL)
- ・ Phosphate buffer(80mL)
- ・ Solution A(20mL)

2 日前 1×レタス培養液 200mL に、バクテリアをイノキュレートし、28℃で 2 日間培養(クリーンベンチ内で、白金耳、フラスコなどを火炎滅菌しながら行う)

手順

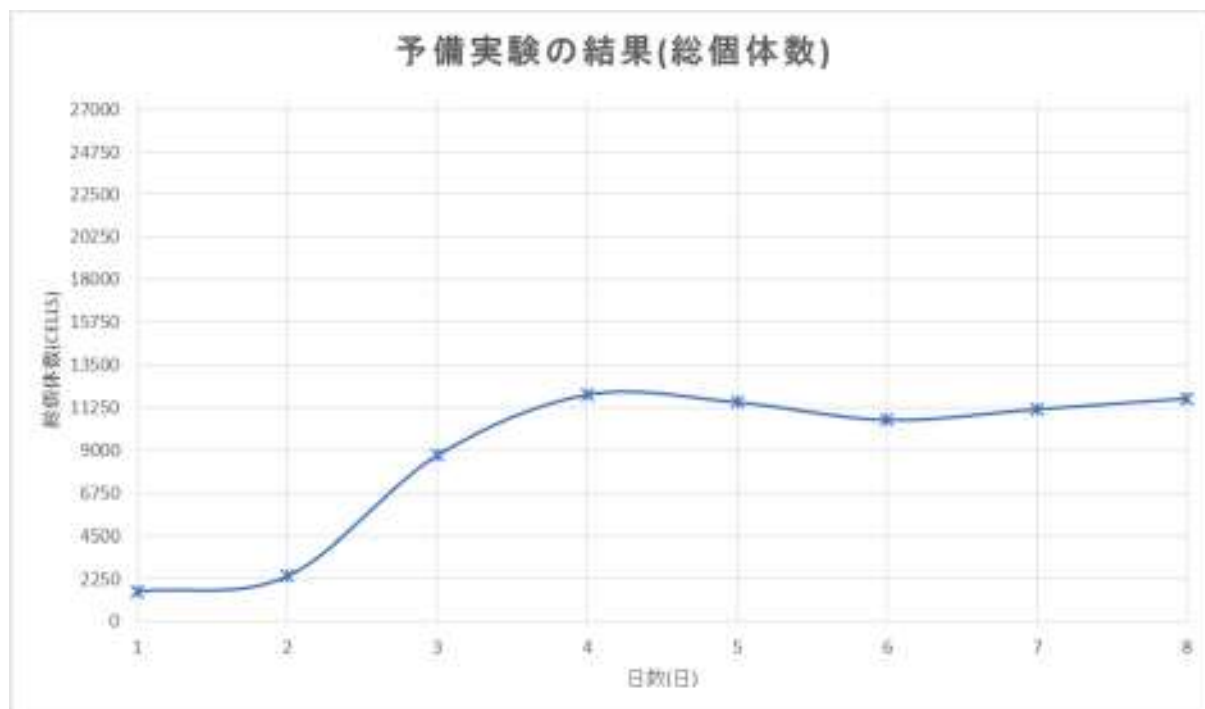
- ① クリーンベンチのセッティングをする
- ② 植え継ぐ元になるゾウリムシ(500mL フラスコ)と、事前準備したバクテリア入り 1×レタス培養液(500mL フラスコ)をよういする
- ③ ②の 2 つのフラスコをアルコールで湿らせたキッチンペーパーで滅菌し、クリーンベンチ内へ入れる
- ④ クリーンベンチ内のガスバーナーに火をつけ、二つのフラスコの口を火炎滅菌する
- ⑤ バクテリア入り 1×レタス培養液を、ゾウリムシ入りフラスコへすべて注ぎ入れる
- ⑥ 綿栓をして⑤の混ぜ合わせたフラスコをやさしく回し振り、ゾウリムシを均一にする
- ⑦ もう一度フラスコの口を火炎滅菌し、ものフラスコへ⑥を半分(200mL)戻す
- ⑧ フラスコ 2 つの口を火炎滅菌し、クリーンベンチの外へ取り出す
- ⑨ 28℃のインキュベーターで培養する



1×レタス培養液

★ 予備実験の結果 ★

前回紹介したゾウリムシの植え継ぎ方で、8 日間培養を続けた結果、下記のような成長曲線になりました。



初期値 $a = 1,600$ cells

最大個体数 $k = 12,000$ cells

培養温度 28°C

培養液の総量 200mL(500mL フラスコ)

課題 1

今、ゾウリムシが 11,000cells いる培養液が 200mL ある。

この培養液のゾウリムシを新しい培地に植え継いで、3 日目に 10,000cells いる培養液(フラスコ)を作ってほしい。植え継ぐ条件と培養方法を提案しなさい。

☆ 検証しやすいように、動かすパラメーターは 1 つで考えよう。

☆ 具体的数値を関数から導きだそう

課題 2

課題 1 を実際に行うための実験計画(植え継計画)を立案しなさい。

☆ 具体的に必要な準備物をあげよう

☆ 事前準備として何が必要になるか、植え継ぐことをシミュレーションして考えよう

実験計画

準備物：

事前準備：

手順：

2 化学と数学ー 物質の構造に潜む数学的性質 ー

越野 省三(理科) 川口 慎二(数学科)

■研究の動機・目的：なぜ「化学と数学」なのか？

これまでの理科と数学の融合授業の事例を調べてみると、圧倒的に「物理と数学」が多い。これは物理自体が数学を言語として記述される部分が多いためであり、ベクトルや微積分などを活用する形で中等教育においても融合授業の試みは多い。次いで多いのが「生物と数学」である。生物では増殖モデルを記述する微分方程式や差分方程式など、中等教育最終段階での応用事例が多い。これらに比べて、「化学と数学」の関連付けは高等教育には多いものの、中等教育段階では指数・対数の利用程度に留まるものが多い。そこで、中等教育から高等教育までに展開することができ、かつ化学と数学の融合授業を目指した新たな題材の開発を目標と設定した。

■研究の内容：どのような「融合授業」が可能なのか？

上述のように、指数・対数を扱う事例は多いため、今回は「結晶」の立体的構造を数学に関連付ける融合授業の可能性を追求した。

1年 結晶づくりと観察から始まる多面体の学習

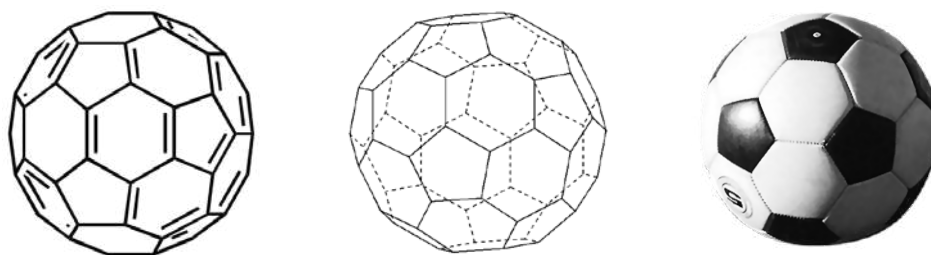
1年生では、一分野の理科の夏休みの課題として結晶づくりを課してきた。ミョウバンや食塩、砂糖や硫酸銅を水に溶かし結晶化させて、できた結晶を観察させる。このとき、観察された結晶の形に注目して、多面体や正多面体を中心とした立体の学習につなげることができる。



結晶づくりの授業を通じて、

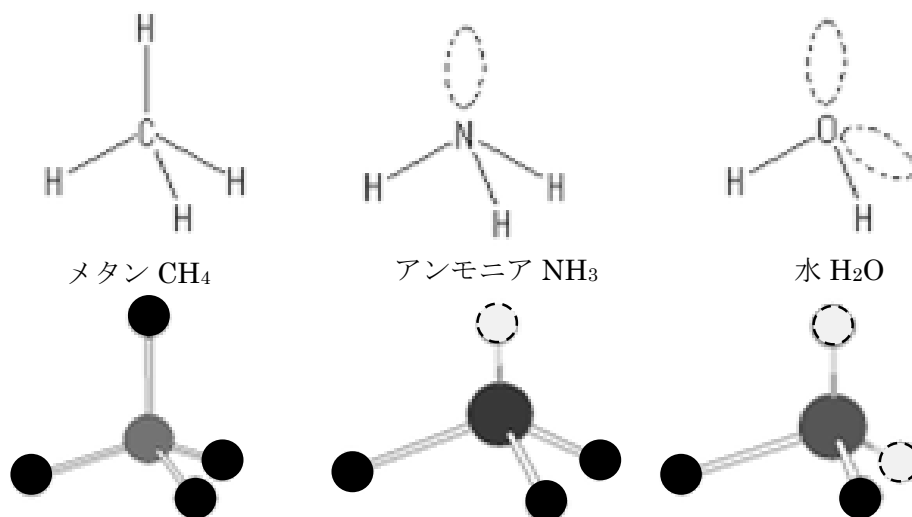
- ①結晶の「かたち」に注目する → 「数学」の授業として…
 - ・幾何の学習へのモチベーションを喚起する。
 - ・多面体、正多面体などの学習の導入とする。
- ②物質の「性質」に注目する → 「理科」の授業として…
 - ・さまざまな物質の性質に関する学習につなげる。
 - ・再結晶の学習への導入とする。
 - ・化合物、純物質などの学習につなげる。

また、準正多面体のうち「切頂二十面体」は、サッカーボールのように正六角形と正五角形の面から構成され、化学では「C₆₀ フラーレン」（閉殻空洞状の多数の炭素原子のみで構成される集合体、バックミンスター・フルーレンともいう）の構造として知られている。このような話題も取り入れながら、物質の「かたち」と「性質」の関連付けを意識化させることができる。



5年 結合角に関する幾何学的な（三角比、ベクトルを用いた）学習

分子の構造を学習する際に、メタンやアンモニアは多面体構造であることを扱う。例えば、メタンの分子間の角度は原子の電子軌道の安定する位置関係から決まること（原子核電子対反発モデル(VSERP モデル)) は扱ってきたが、その角度が 109.5° になるという数値については教師から与えていた。しかし、原子の電子軌道の安定する位置関係の考察において、三角比やベクトルを援用することにより、分子間の角度を算出し確認することができる。また、アンモニアや水などにも応用することができる。



メタン CH_4 は正四面体の分子構造であり、 $\text{H}-\text{C}-\text{H}$ 間の角度は、 109.5° である。これに対して、アンモニア NH_3 は、メタンに比べて、1 つ H 原子が少ないので、電子対が 1 つ余り、その電子対が N 原子に引き寄せられるため、反発により、 $\text{H}-\text{C}-\text{H}$ 間の角は 109.5° より小さくなり、 107.8° となる。また、水 H_2O は 2 つの H 原子がない状態であるため、より反発が強まり $\text{H}-\text{C}-\text{H}$ 間の角は 104.8° となる。

このように、メタンの $\text{H}-\text{C}-\text{H}$ 間の角が 109.5° となることを理解したうえで、電子対の配置から $\text{H}-\text{C}-\text{H}$ 間の角のようすを理解することができる。その際に、ベクトルや三角比を援用することが可能であり、空間図形の幾何学的理解が重要になる。

大学 結晶回析（分子の対称性）と空間群（結晶群）

図形の対称性や周期性を記述するためには、平面の合同変換からなる群を考察することがよく用いられる。2 つの方向の周期性をもつように、平面を埋め尽くす連続模様のパターンは 17 通りあることが知られていて、これは平面結晶群とよばれる群によって記述されている。結晶構造の対称性を、対称操作（恒等、回転、鏡像、反転、並進など）を要素とする群の演算により表現し分類・考察する。

■具体的な展開例：5年における実践

学習指導案

2 班	越野 川口
日時	教室
2015 年 12 月 15 日 火曜日	使用教材
単元名 物質と化学結合	
単元の目標 様々な化学結合について学び、それによって 変化する物質の性質を理解する。	教材観 イオン結合がどのようなものを身近なものを 例に挙げて親しみをもってもらいつつ学ばせる。
学級所見（単元の学習との関わりにおいて；具体的な学級状況を想定して記入） 非常にまじめで自主的に学ぶ姿勢がうかがえる。化学の基本的な知識をもっており、意欲的に探究しようとしている。	
単元の指導計画（全四時間） 粒子の結びつきと物質の性質 1 イオンからなる性質（2時間） ・ イオン結合 イオン結晶 ・ イオン結晶の特徴 組成式 2 分子の構成と分子からなる物質（2時間） ・ 共有結合と電子 分子の存在 電子式 不対電子と非共有電子対 ・ 構造式と原子価 配位結合 3 分子の形（2時間のうち1時間目（本時）） 4 分子の極性と分子間に働く力（2時間） ・ 電気陰性度 極性分子 無極性分子 ・ 分子間に働く力 5 分子を作らない共有結合の物質（0.5時間） 6 金属の結晶（1.5時間） ・ 金属結合 結晶構造 展性・延性	
本時の学習 電子どうしは互いに負の電荷を持つので反発する。電子どうしの反発の関係から分子の構造を理解する。	
本時の目標 電子式をもとに構造式を書き、その様子から、構造がどのようなものであるか判断できるようにする。	準備

本時の指導過程

過程	学 習 活 動	指導上の留意点
導入 (10 分)	水素分子、塩化水素分子、二酸化炭素分子、水分子、硫化水素分子について電子式を考えながら構造式を書く。	・ 電子式は周期表を元に価電子の数を考えることで書けるということ を思い出させながら指導する。
展開 1 (10 分)	電子は負の電荷をもち、それぞれ反発し合うので、分子の構造は、できるだけそれらの電子の反発が小さくなるような状態になろうとすることを学ぶ。 電子雲が 1 組あるいは 2 組の場合について理解する。	・ 二原子分子（水素分子、塩化水素）と三原子分子（二酸化炭素）の例を元に電子雲が一組あるいは二組の例を示す。
展開 2 (23 分)	電子雲が 3 組および 4 組の場合について考える。 電子の反発から安定な構造は平面四角形ではなく正四面体になることを理解する。 ベクトルを用いて H-C-H 間角度について計算する。 一般に、正四面体 O-ABC の重心を G とすると、 $\overrightarrow{OG} = \frac{1}{4}(\overrightarrow{OA} + \overrightarrow{OB} + \overrightarrow{OC})$ とかける。 このとき、 $\angle AGB = \theta$ として、 $\cos \theta = \frac{\overrightarrow{GA} \cdot \overrightarrow{GB}}{ \overrightarrow{GA} \overrightarrow{GB} } = -\frac{1}{3} \div -0.333$ よって、三角比表より、 $\theta \div 109.5^\circ$ と算出することができる。 アンモニア分子や水分子など他の分子についても同様の方法で考えられることを理解する。	・ メタン分子を例に等価な電子雲が 4 組の場合について電子の反発ができるだけ少なくなるような構造を考えると平面四角形ではなく正四面体になることを導く。 ・ ベクトルを用いて考えると H-C-H 間角度についても計算で導きだせることを示す。 ・ 電子反発から他の分子についても考えられることを示す。また非共有電子対と共有電子対との違いについても示す。
まとめ (2 分)	本時の授業を振り返る。	

■今後の課題：どのように実践していこうとしているのか？

まずは、1 年生と 5 年生での展開が可能ではないかと考える。1 年では一分野の理科の冒頭において、5 年では空間ベクトルの学習と併せて扱うことができるのではないかと考えている。課題は学習時期の調整である。この融合授業を展開する時期の決定には、化学と数学の双方が、年間の授業計画を十分に議論しながら、適切な時期を設定する必要がある。

今年度は、授業展開の案を構成する段階であった。次年度以降は、この指導案に基づく授業実践により、授業展開や教材の修正を図りたい。同時に、融合授業の事例案をさらに提案していきたい。

3 生徒の思考を助けるプログラミングの授業

山上 成美(数学科) 武曾 朋子(理科)

■研究の目的・動機

最近、プログラミングが求められるようになり、理数の授業などでの活用を探る。

1. キャリア教育の観点から

- ・ 今後 10～20 年程度で、約 47%の仕事が自動化される可能性が高い
- ・ 子どもたちの 65%は、大学卒業後、今は存在しない職業に就く
- ・ 2030 年までには、週 15 時間程度働けば済むようになる

2. 次期学習指導要領の観点から

- ・ 現中学校学習指導要領（平成 24 年度から施行）技術・家庭
- ・ 中央教育審議会諮問「教育課程企画特別部会」による情報教育関係の論点整理
- ・ 次期学習指導要領の観点から
- ・ 中教審「教育課程企画特別部会」による情報教育関係の論点整理

「蓄積された知識を礎としながら、膨大な情報から何が重要かを主体的に判断し、自ら問いを立ててその解決を目指し、他者と協働しながら新たな価値を生み出していくことが求められる。」

3. 高大接続システム改革会議から

- ・ 中教審「高大接続システム改革会議」による情報教育関係の中間まとめ
- ・ 高等学校基礎学力テスト（仮称）情報も受験科目に加えることを検討
- ・ 大学入学希望者評価テスト（仮称）

■研究の経過

プログラミングの授業の必要性についての資料収集と議論／授業計画／教材開発

■教材例

授業計画・プログラミングの基礎（アルゴリズムの理解）変数の使い方・条件文・繰り返し・配列

- ・ プログラミングの活用例（数学的、理科的な具体的な例を挙げて）センサー入出力
- ・ 課題研究（どんな目的を持ってデータ処理するのか）

課題例 ・ 気温のデータを取得するプログラムを組むことにより、観測データの取得を容易にする

- ・ 落体の運動を簡単な漸化式を用いて、シミュレーションする
- ・ 乱数を活用して、さまざまな確率的なシミュレーションをする
- ・ 配列を用いて、統計のデータ処理を行う

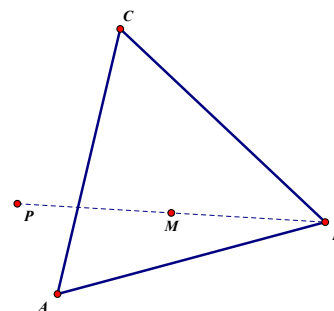
■今後の課題

教材開発／センサーの研究／授業実践

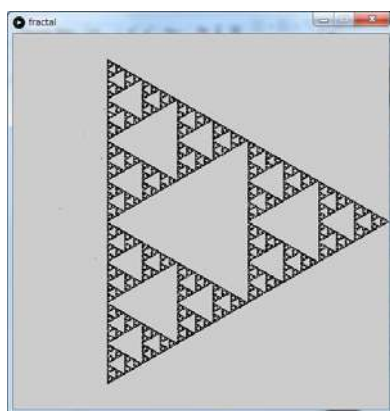
1 ランダムなのに RANDOM OR HAPHAZARD

プログラム：正三角形の頂点をランダムに選び、ある点 P との中点 M をとる。この点 M を点 P として、さらにランダムに選んだ正三角形の頂点との中点をとる。この作業を繰り返していくと、点はどうなるか。

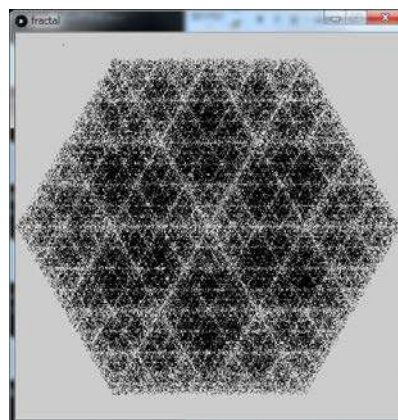
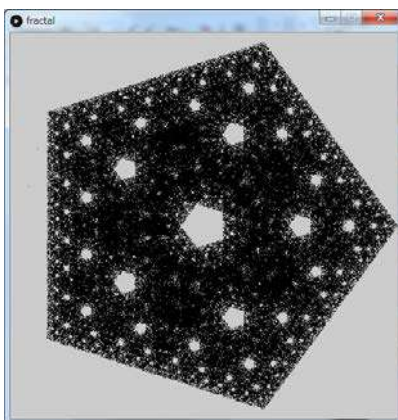
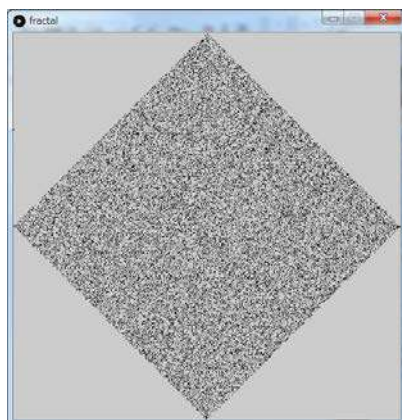
```
float x1=0,y1=0,x2=500,y2=0,x3=250,y3=500;
float x=0,y=0;
void setup(){size(500,500);}
void draw(){
    int r=int(random(3));
    if(r==0){x=(x+x3)/2;y=(y+y3)/2;}
    else if(r==1){x=(x+x1)/2;y=(y+y1)/2;}
    else{x=(x+x2)/2;y=(y+y2)/2;}
    point(x,y);
}
```



問 「どうして_____となるのだろう」



問 「もし、_____なったらどうなるだろう」



問 この課題から得たものは何か。

2 万有引力の法則 UNIVERSAL GRAVITATION

ケプラーは、惑星の軌道運動をそれまでにない精度で研究し、ケプラーの法則とよばれるものを発見しました。しかしながら、それらの法則がどうして成り立つのか、その背後にある理由まで説明することはできませんでした。太陽と惑星とのあいだにある種の力が働いていることには気づいていたのですが、それが地上の重力と同一のものであることを発見したのが、イギリスの物理学者であり天文学者のニュートンでした。

ニュートンは、慣性の法則など、物体に力がはたらいて運動する時の3つの法則をうち立てて、近代力学の基礎を築きました。そして、その法則が天体でも成り立っていること、ケプラーの法則と組み合わせ、万有引力の法則、すなわち「物体にはかならず引力が生じ、その力は物体の質量に比例し、かつ物体相互距離の2乗に反比例する」という法則を導いたのです。地上でも天上でも、およそありとあらゆる物体は引力（重力）の影響を受けているという着想は、リンゴの木からリンゴが落ちるのを見てひらめいたという話が伝えられていますが、真実かどうかは明確ではありません。

引用：天文学の歴史 <http://rikanet2.jst.go.jp/contents/cp0320a/contents/rekishih/answer07/index.html>

プログラム：3つの天体が万有引力で干渉しあう様子をシミュレーションしよう。

```
int n=3;

float[] x=new float[n];    float[] y=new float[n];
float[] vx=new float[n];   float[] vy=new float[n];
float[] m=new float[n];

void setup() {
    size(700, 700);
    x[0]=400; y[0]=500; m[0]=500; vx[0]=0; vy[0]=0;
    x[1]=500; y[1]=500; m[1]=10; vx[1]=0; vy[1]=-2;
    x[2]=600; y[2]=350; m[2]=15; vx[2]=0; vy[2]=1.5;
}

void draw() {
    fill(204, 5);
    rect(0, 0, width, height);
    for (int i=0; i<n; i++) {
        x[i]+=vx[i];
        y[i]+=vy[i];
        fill(0);    ellipse(x[i], y[i], pow(m[i], 0.5)+1, pow(m[i], 0.5)+1);
    }
}
```



```

}
for (int i=0; i<n; i++) {
    for (int j=0; j<n; j++) {
        if (i!=j) {
            float r=dist(x[i], y[i], x[j], y[j]);
            float a=m[j]/r/r;
            vx[i]+=a*(x[j]-x[i])/r;
            vy[i]+=a*(y[j]-y[i])/r;
        }
    }
}
}
}

```

問 ある時刻に座標(x,y)にある物体が、速度ベクトル(vx,vy)で動いたとき、次の位置はどこか。

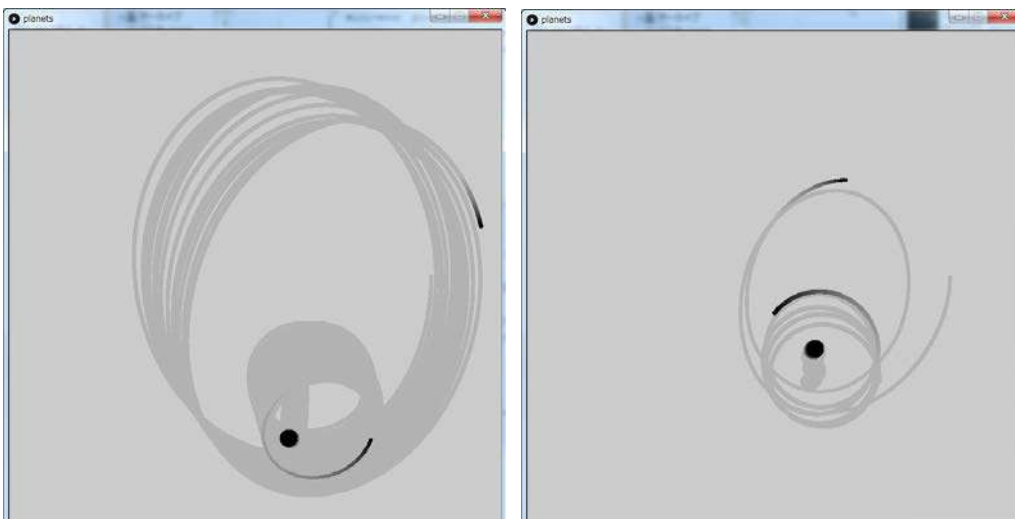
問 ある時刻に速度ベクトル(vx,vy)、加速度ベクトル(ax,ay)のとき、次の速度ベクトルは何か。

問 2つ物体が、万有引力によりかかる力（加速度ベクトル）は、どう表せるか。

物体1：位置 (x1,y1)、速度ベクトル(vx1,vy1)

物体2：位置 (x2,y2)、速度ベクトル(vx2,vy2)

問 いろいろな天体のシミュレーションをしよう。



問 この課題から得たものは何か。

4 リベラルアーツ教育を重視した授業への見直し

横 弥直浩(数学科) 渡部 亮(数学科)

1. はじめに

リベラルアーツ教育を重視した授業は、Ⅱ期 SSH および今回Ⅲ期 SSH の研究テーマでもあり、コロキウム(学校設定科目)および通常の理科数学科の授業でも実施しようとしている。まず、日頃の授業(数学)について、何を教えたいのか、何を重視しているのかを振りかえり、数学教育観を確認することから授業の見直しを始めた。

2. 研究の目的

- ① 通常の授業において、リベラルアーツ教育を重視する授業について内容、方法を提案する。
- ② SSH の目標でもある課題研究の実施と授業の関係を考察する。

3. 研究の内容・方法

- ① Ⅱ期 SSH において、リベラルアーツについて、本校では次の3つで定義した。

リベラルアーツA：科学を学ぶことを通して、学問の方法を身に付ける。

これは、「合理的判断力」の育成をねらう。

リベラルアーツB：科学を学ぶことを通して、自分を取り巻く世界に関わることができる。

これは、「地球的視野を持つ市民」の育成をねらう。

リベラルアーツC：科学を学ぶことを通して、自己を客観化できる。

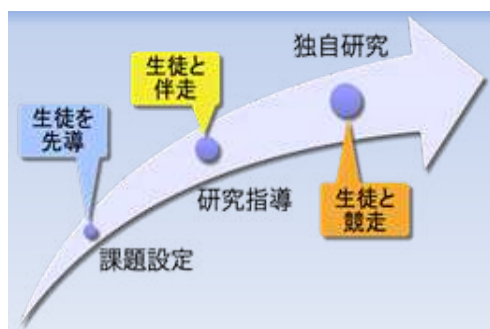
これは、「観」の形成をねらう。

通常の授業(数学)において、3つの要素を含む内容・方法を教材開発し、提案する。

- ② SSH での課題研究について、生徒の活動・教師の役割・授業との関係を考察する。

下図のように生徒の課題研究は発展し、それに対する教師の役割を考察することにする。

【図1：生徒の課題研究の取り組み】



【表2：生徒の活動と教師・授業の関係】

レベル	生徒の活動	教師の役割	教師の必要な能力	授業
1	課題設定をする	生徒を先導する	生徒の数学力を把握する	・数学的リテラシー
2	課題研究を進める	生徒と伴走する	生徒の研究を俯瞰できる 生徒の探究的活動を評価する	・リベラルアーツA ・リベラルアーツB
3	独自研究をする	生徒と競争する	生徒と一緒に楽しむことができる	・リベラルアーツC

4. 具体的な実践例

■ 単元 「ベクトル」

■ 教材観（リベラルアーツの捉え方）

ベクトルの内容は、「数学の社会的有用性についての認識を深める」ことにもなる。日常のことばにも、「ベクトル」という用語は耳にすることがある。そのことばを糸口に、ベクトルについて（数学へ）誘いたい。

・教科書のようにベクトルの定義から始めないで、身近なもの、社会で役立っているものをベクトルと関連づけて生徒に感じさせる。

・ベクトルの例としての「風」を想起させるだけではなく、風の天気図記号、その記号についての理解と意見交換等、記号の意味やよさについて深く授業の導入として扱う。

・「向きと大きさ」など、1つの記号の中に2つの要素を入れた表現方法としての記号に「よさ」を感じ、人間が作ったベクトルの概念、ベクトルを作り出したことについて、興味を持たせる。

■ 授業実施

対象：普通科 高校2年 数学B（文系理系共通）

実施：ベクトルの第1時間目の導入部分

■ 展開内容

質問：「あなたの身のまわりで、向きと大きさを同時に表したものはありますか」

T：何かあるかな？

S：物理の力学の授業で、物体の力を矢印でかいた。先生は、ベクトルと言っていた。

T：こんな図かな。（板書する）

S：そうそう。

T：物理の授業というと、君たちには身近かもしれないけど、生活をする上における身近ではないなあ。他にあるかな。

S：道路標識。

T：そんな標識あるかなあ。ここは、制限速度 50 キロとかではないの？

S：奈良駅まで直進 2 Kmとかです。

T：なるほど。向きとそこまでの距離か。

S：距離も大きさになりますねえ。

T：他にある？

S：風です。

T：風がどうした。（単語を言ったので、その意味を問う）

S1：風は、風向と風力があります。

S2：新聞で、天気図の記号を見た。

T：こんなのかな。（図3）（ここで、教師が、天気図の解説をする）

S：なるほど（多くの生徒が興味深く聞いている）

T：天気記号では、風向、風力だけではなく、その地点の天候や記号によっては気温、気圧まで表示している。

・・・（以後、中略）

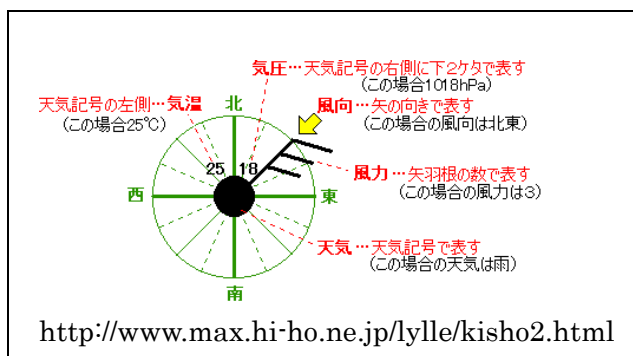
T：実は、インターネットで風の天気図を調べると、今の記号はなく、こんなのでした。（図4）

T：風の向きはわかりやすいけれど、風力はどのようにあらわしていると思う？

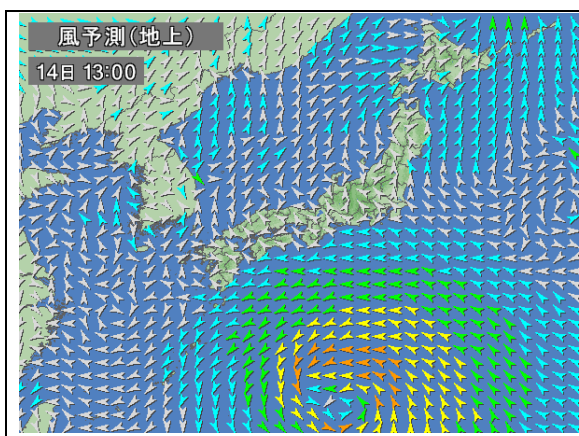
S：矢印の大きさが違うとかですか。

T：間違いです。

S：色かなあ。
T：当たり。



(図 3)



(図 4)

5. おわりに

今回は、リベラルアーツについて本校が定めた定義を確認しながら、ベクトルの授業について、見直しを行った。そして、課題研究をするうえで、生徒の活動と教師の役割、授業との関係を考察した。

今後の課題として、次のように考える。

- ① 数学授業におけるリベラルアーツを重視した授業の内容・方法について、具体例をもっと多く集めて議論する必要がある。それによって、リベラルアーツ教育を重視する授業について理解が深まる。
- ② 数学と理科を融合した内容で、授業内容を検討する必要がある。これは、新科目「数理探求」の研究にもつながる。

5 シミュレーションの可能性とは？難しさとは？ ～ GeoGebra の活用を通して～

1. 研究班(5班)のメンバー

米田隆恒(理科)、藤野智美(理科)、田中友佳子(数学)

2. 5班の研究(1年目)

【問題意識】

授業に限らず、さまざまな場面で、先生も生徒もさまざまな問いや課題が心の中にわき上がってくる。この問いや課題を自ら解決したいとしたらどうすればよいだろうか。

シミュレーションはその解決に役立つだろうか。シミュレーションを活用するとして、どのような可能性や難しさがあるだろうか

【シミュレーションを授業に導入する場合】

- 難しさ：シミュレーションを活用するには、シミュレーションの技法に対する知識と慣れが必要である。
- 可能性：実験が難しい現象も、シミュレーションを使えば(簡単に)検証することができる。数式のイメージ化が(簡単に)できる。

【研究仮説】

シミュレーションの作成および実行の各段階を通して、先生、生徒双方にさまざまな効果がある。同時に、さまざまな留意点がある。

【研究内容】

課題の分析、シミュレーションの作成と実行、課題の発展の各段階において、シミュレーションを活用することによる成果と問題点を浮かび上がらせる。

【研究方法】

メンバー各自が、シミュレーションを利用してみたい場面を設定し、シミュレーションを活用した授業を実践し、感じたことを議論する。

【シミュレーションと数学・物理の関係性】

- ・ 現象のシミュレーション
現象を数学的に表し、シミュレーションにかけると、物理現象が再現される。シミュレーションを通して現象を数学的に考察できる。
- ・ ベクトル、三角関数、微積分
現象モデルを数学で表すために必須である。数学で学習するこれらの内容を、物理の思考の過程で活用することにより、これらが持つ意味が具体的にイメージ化できる。

【シミュレーションに用いるソフトウェア】

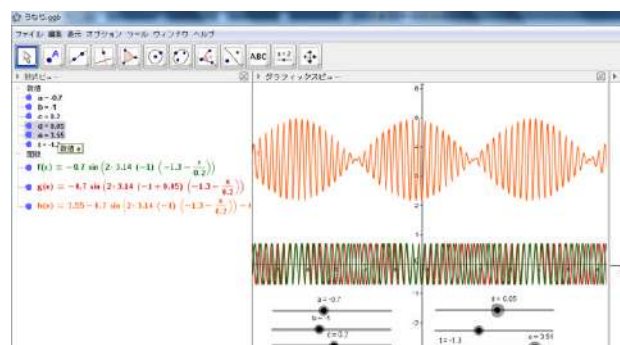
- ・ GeoGebra
リンツ大学 Hohenwarter 教授らが開発中のフリーソフト
- ・ Grapes, Grapes3D
友田勝久氏が開発されたフリーソフト
- ・ Microsoft Excel
- ・ 10BASIC など

3. ここまでの取り組み概要

数式処理ソフト GeoGebra を使って、各自がシミュレーションを作成、授業で活用し、議論した。

① うなりの解析(藤野)物理

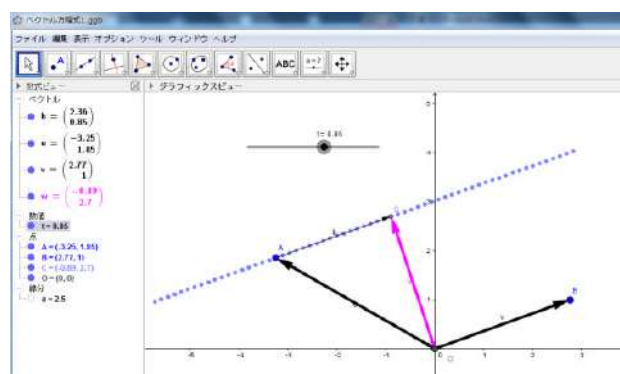
振動数の異なる 2 つの正弦波を表す波の式を入力し、アニメーション機能を使うことによって、空間を伝わるうなりの様子をイメージ化できる。



② ベクトル方程式を視覚化する(田中)数学

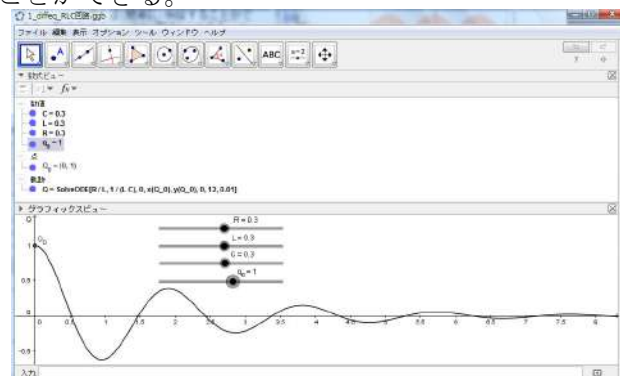
ベクトル $\vec{OA}$ 、 $\vec{OB}$ から $\vec{OC} = \vec{OA} + t \cdot \vec{OB}$ をつ

くる。変数 t が変化するとき、点 C の軌跡が点 A を通り、ベクトル $\vec{OB}$ に平行な直線上を動くことを目で確認することができる。



③ 微分方程式(米田)物理

ばね振り子の振動や RLC 共振回路の帯電量の時間変化などを微分方程式で表し、SolveODE 関数を用いることによって、物理量の時間変化を見ることができる。



4. 授業展開例

① うなりの解析 (藤野)

【通常の授業での指導】

本校では、通常授業において以下のような流れに基づいてうなりの現象を解析している。

- (1) 振動数の異なる 2 つの音を同時に鳴らし、オシロスコープで波形を見る。うなりの波形ができることを確認する。
- (2) 作図プリントを用いて、振動数の様々な差を持つ 2 つの波形を合成し、うなりの波形の作り方を考える。

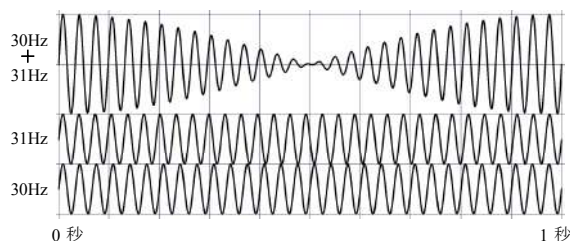


図1 作図プリントの一部分

上記の過程において、音さで変化させられる振動数には限界があること、また、作図に時間がかかるなどの課題があった。そこで、波形の合成をシミュレーションソフト GeoGebra を用いて行うことを考えた。

【シミュレーションを用いる目的】

- ・ 振動数を自在に変化させることができるため、様々なパターンのうなりの波形を定量的に観察できる。
- ・ うなりの波形をパソコン上で表示するためには、2 つの波形を合成する必要がある。1 つ 1 つの波形は、波の式に基づいて表示されることから、波の式で波形が表現されることを体感できる。
- ・ 波形は、振幅、振動数など様々な変数を含んでいる。それらを自在に変化させることで、各物理量の理解が深まる。

【Geo Gebraによるシミュレーション】

以下の波の基本式を用いて GeoGebra で波形を表示する。

$$y = a \sin 2\pi f \left(t - \frac{x}{v} \right)$$

＜うなりの波形表示の手順＞

- (1) 1 つめの波の式を、変数を含む形で入力バーに打ち込む。(y=で関数を打ち込んでも、自然に $g(x)$ などに変換される)

$$g(x) = a * \sin(2\pi * f * (t - x/v))$$

数式の打ち込みを終えると、各変数に対してスライダーが作成される(図 2)。スライダーの作成後、波形が表示される。(図 3)

スライダーを動かすと、各変数を手動で変化させることができる。また、アニメーションの機能を用いることで、特定の変数だけを自動で変化させることができるため、動いている波形を観察できるようになり、よりイメージが湧きやすい。

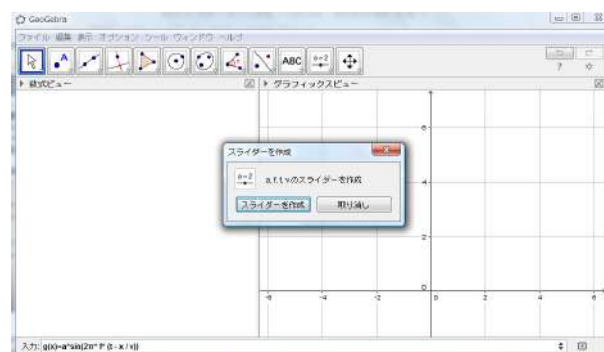


図2 数式入力後、スライダーを作成

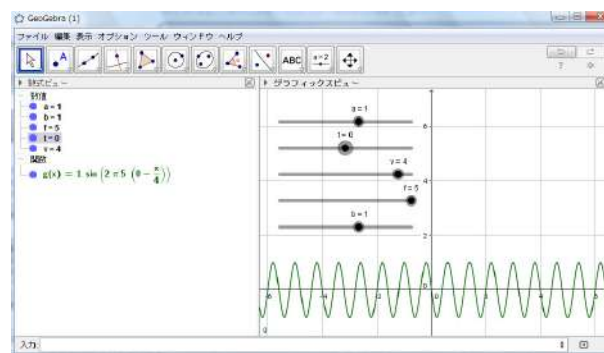


図3 波形を表示 ($t=0, v=4, f=5$)

- (2) やや振動数を変化させた 2 つめの波の式を入力バーに打ち込み、波形を表示する。(1)の波形と重ならないように y 軸方向の表示位置を操作すると見やすい。(図 4)

$$h(x) = a * \sin(2\pi * f * (t - x/v)) - 2$$

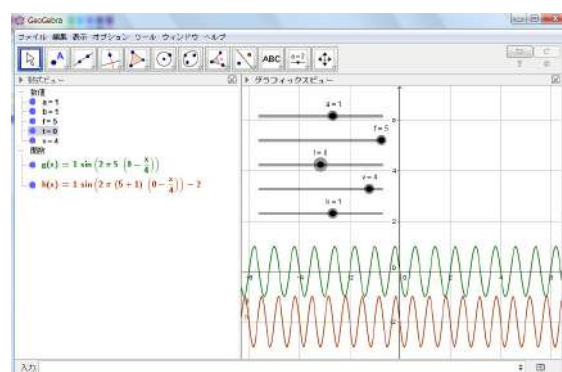


図4 2つの波の波形を表示($t=0, v=4, f=5, b=1$)

- (3) 入力バーに、2 つの波の式を足し合わせた関数を打ち込み、合成波を表示する。2 つの波の振動数の差を操作することで、うなりの波形が変化する様子が確認できる。このときも、それぞれの波が重ならないように、y 軸方向の表示位置を操作するとよい。(図 5)

$$p(x) = g(x) + h(x) - 3$$

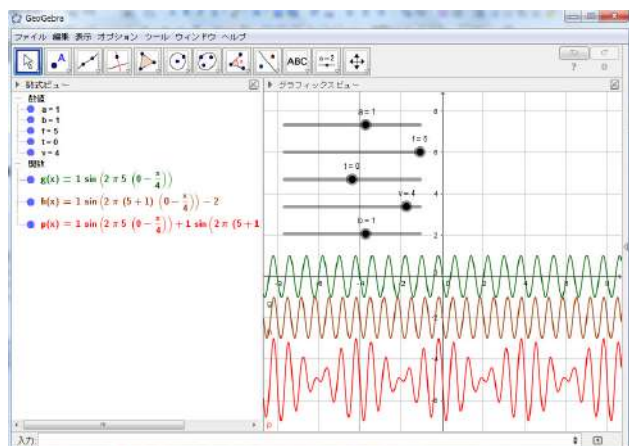


図5 合成波の波形の表示

【授業での使用の見通しと課題】

今回は、試行的にシミュレーションを作成した。実際に授業で用いる場合には、以下のような利用が考えられる。

- ・波の式の学習後に GeoGebra で波形を表示させ、どの変数を変化させると波形のどの部分が変化するかを考察させる。
- ・うなりの波形の観察において、うなりが起こる仕組みを探究させ、合成波としてのうなりの波形がどのように決まるか、また、この合成波を聞いたときに、どのように聞こえるかを考察させる。
- ・波形に応じて音を出す機能を追加できれば、うなりの音の変化とともにその仕組みを確認できる。

一方、iPad で利用する場合、変数が多くなるほど、シミュレーションの動きが遅い傾向が見られた。ノートパソコンの場合、そのような傾向は見られなかったため、今後検討が必要である。

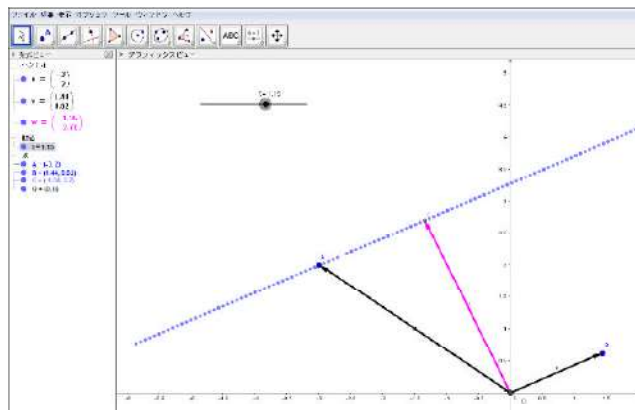
②ベクトル方程式を視覚化する (田中)

数学におけるベクトル方程式の内容は、生徒にとって理解が難しく、学力差が生じやすい分野である。その原因としては、ベクトル方程式の意味を理解することの難しさや、イメージのしにくさが考えられる。

そこで、GeoGebra を用いることにより、生徒が視覚的にベクトル方程式をとらえ、理解できるようなシミュレーションについて検討を行った。

【授業展開】

定点 $A(\vec{a})$ を通り、 $\vec{0}$ でないベクトル $\vec{u}$ に平行な直線 ℓ は、 ℓ 上の点を $P(\vec{p})$ とすると、実数 t を用いて、 $\vec{p} = \vec{a} + t\vec{u}$ と表せる。まずは紙の上で、 t を変化させたときの P の軌跡を考える。そのあと、GeoGebra によるシミュレーションを提示し、より詳細な変化を確認することで、 $\vec{p} = \vec{a} + t\vec{u}$ が直線を表すベクトル方程式となることを確認する。さらには $\vec{a}$ や $\vec{u}$ を動かしてから、 t を変化させると、定点や直線の傾きが変わること確認する。



【今後の課題】

ベクトル方程式の基本的なシミュレーションを行ったにすぎないため、ベクトル方程式を用いて問題解決を行うなどの発展的な教材作りをしていかなければならない。また、生徒自身がシミュレーションを行いながら課題の解決ができるように、探究活動としての有用性を検討していきたい。

③微分方程式の活用 (米田)

今年度、物理特講(6年)は12名が選択しており、週1単位(45分)通年で、課題研究的要素を取り入れた授業をしてきた。生徒自らの物理的思考を深めるために、さまざまな課題を与え、実験や演習を行ってきた。そのなかにさまざまな実験方法、思考方法、数学的方法を提示してきた。

【最近の授業例】

【授業1】武谷三男の三段階論の学習

「万有引力」の形成を例として、三段階論の概要を説明(『物理のとびら3』pp.48-62)

【授業2】微分・積分・微分方程式の概要

『物理のとびら3』pp.10-17

目的①自然現象の量的諸概念(物理量)に注目し、物理量の微小変化どうしの間の関係を表したものが微分方程式である。

②微分方程式は、微小量を足し合わせていけば現実の現象になる。

③微分方程式を解く方法として、解析的方法と差分方程式による数値的解法がある。

【授業3】物理のなかの数学を概観する

日時 物理特講 11月4日 5限 6年選択者 12名

目的 数式処理ソフト GeoGebra を使えるようになり、それを用いて物理現象を考察できるようになる

展開①自然現象は粒子と場の運動に分類でき、それぞれの本質は微分方程式で表される。

②物理の学習で生み出された疑問を考察するためには、学習内容の制限を外し、微分方程式の段階から考察する必要がある。

③微分方程式を数式処理システムで解く方法をマスターする。

その1つの方法として、iPad mini の GeoGebra の使い方を次の例題を用いて練習する。

④例題：重力のなかの運動を空気抵抗がある場合に拡張したとき、運動がどうなるかを微分方程式を立てて考える。

⑤微分方程式を立てることは簡単である。ただし、これを解くことには慣れていない。

⑤ iPad mini の GeoGebra を用いて微分方程式をたて、解をグラフ化およびアニメーション表示することによって、運動を分析する。

生徒の感想

- ・微分方程式を解析的に解かなくても解が簡単に得られる。楽だけれども、なにか物足りない。
- ・簡単に解が得られる。信用してよいものかどうか。数式処理ソフトの中でなに行われているのかを知りたい。
- ・微分方程式をコンピュータでどのようにして解いているのかを知りたい。
- ・プログラミングへの興味がわいた。

【授業4】コンデンサーの電気容量の測定と分析

日時 物理特講 11月11日 5限 6年選択者 12名

目的 コンデンサーの基礎知識は「物理」の授業

で学習済みであるが、コンデンサーの電気容量は測定していない。そこで、1F と表示されたコンデンサーの電気容量を実測することを課題として与える。ただし、実験方法や準備物等は一切指示しない。

展開 チームを自主的につくり、測定方法を議論する。いろんなアイデアが発表され、その中で、もっとも理論的に明確で精度が得られそうな方法として、コンデンサーの充電あるいは放電を測定することにしぼり、全チームでそれぞれ実験を行う。

要求された部品のみを与え、回路、測定方法などすべては生徒が考える。

生徒の様子

物理の授業で学習済みの知識を組み合わせればよいが、精度の良い測定回路を組むこと自体に苦勞していた。白紙状態からすべてを自ら考えることはとても大切であることがわかる。45分以内で測定までできたので、分析は宿題となった。

【授業5】RLC 発振回路の測定と分析

科目 物理特講 11月18日 5限 6年選択者 12名

目的 交流回路の学習では体験が不足しがちである。RLC 発振回路を作成し、発振波形から何が導き出せるかを課題とし、考察させる。RLC 発振回路とオシロスコープの使い方には慣れていないので、回路図、測定方法は指示をする。また、発振現象を微分方程式を立てて分析することを課題とする。

展開①2人～3人のチームに分かれる。

②何をどのように測定するかを議論する。

③回路図に従って、RLC 発振回路をつくる。

④発振波形をオシロスコープで観察する。

⑤オシロスコープの波形から得られる情報を分析する。たとえば、コンデンサーの電気容量をコンデンサーに表示された値であるとしたとき、コイルの自己インダクタンスを測定結果から求める。

⑥自己インダクタンスの測定値と、実際のコイルをソレノイドで近似したときの理論値とを比較する。

⑦RLC 発振回路の波形を理論的に求めるために微分方程式をたて、解の性質を調べる。

⑧ GeoGebra を用いて微分方程式の解曲線を求め、測定した波形や周期と比較する。

生徒の感想

- ・キルヒホッフの法則をRLC回路に適用することによって、微分方程式が立てられた。
- ・微分方程式は立てられたが、解析的に解く方法がわからない。
- ・微分方程式の形が GeoGebra の例題でやった「ばねの振動」と同じ形であることに気付いた。
- ・微分方程式は立てられたが、なんのために微分方程式があるのか納得できない。

5. まとめ

【数式処理ソフトの効果】

数式処理ソフト GeoGebra では、微分方程式を入力すれば、解曲線が即座に得られる。したがって、数式処理ソフトを用いることによる効果は、

- ①現象を数式や微分方程式で書き表すためには、現象をモデル化しなければならない。モデルを考えることを通して現象の理解を深めることができる。
- ②数式や微分方程式が正しく立てられたかどうかを自ら検証できる。それによって、微分方程式を立てたときの思考過程や理論モデルが正しいかどうかを検証できる。
- ③初期条件や境界条件を変えることによって、現象の理解を深めることができる。
- ④ばねの振動と RLC 回路の振動が同じタイプの微分方程式であるように、微分方程式で表すことにより、他の分野の現象との関係を考察することが可能になる。
- ⑤考察対象を広げることかできる。
- ⑥思考段階を現象論・実体論・本質論と分類するならば、ばねや電気回路などの個々のモデルの段階としての実体論から、微分方程式で表すことは、一段深い、本質論の段階で世界を見ることになる。

【数式処理ソフトの留意点】

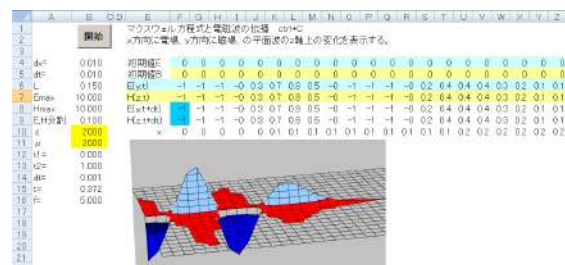
- 数式処理ソフトを用いる場合に注意しなければならないことがあるはずである。
- ① GeoGebra の SolveODE を用いると、微分方程式を立ててしまえば、解を得るために苦労して考える必要がなくなる。思考が停止する。微分方程式を自ら導かず、他から与えられるとしたら、考える場面がほとんどない。また、微分方程式に対する理解も深まらない。
 - ②数式処理ソフト自体を信用してはならない。ソフトに欠陥があるかも知れない。また、欠陥がなくても、計算制度の限界は必ずあるため、解が正しいかどうかを常に現実に照らし合わせて検証する必要がある。
 - ③ソフトウェアごとに得手不得手がある。そのときどうするか、別の手段を知っておく必要がある。プログラミングが必要となる。

【差分方程式の活用】

- ① GeoGebra の SolveODE はまったくのブラックボックスである。これに対し、微分方程式を差分方程式で書き表すことによって、数値解法を体験的に理解することができる。また、微分方程式に対する理解が深まる。
- ②粒子に対する運動方程式と場の運動方程式は形式が異なるが、運動方程式自体は差分方程式的である。粒子の運動および場の変化を差分方程式で解くことによって、両者の方法論が同じであることを体得できる。
- ③例 1：粒子の運動方程式は座標の 2 階常微分方程式である。これを、座標と運動量に分離

することにより、2 つの 1 階連立常微分方程式とすることができ、差分方程式で表せる。

- ④例 2：場の運動方程式の代表として、電磁場のマクスウェル方程式(2 階偏微分方程式)を差分方程式として解くことによって、電磁波の運動をイメージ化することができる。下図は、Excel で、マクスウェル方程式を差分方程式として解き、x 軸上を進む電場・磁場をアニメーションで表したものである。



〈原点で電場が単振動する場合の電磁波の放射〉

【わかるとは、創造することである】

生徒は、先生の言ったこと、教科書や問題集に書いてあることを理解しようとする。「理解」しないとテストで「正解」が得られない。正解が得られることを目標とする「理解」は危険である。

生物は、食べたものを消化によって一旦バラバラにし、それを材料として細胞中で自分の体を創造する。学ぶことは、信じることであってはならない。1 次資料や現場を確かめ、自分で考える、常にそれが無理だとしても、そういう姿勢は必要である。「わかる」とは、自分の中に世界を創造することである。

【物理にとっての数学】

限られた時間、限られたページ数の教科書の中で、物理の大切な概念や法則を理解するためには、考察対象は制限され、理想化されたものにならざるを得ない。そうすることによって、物理としての専門性を高めることができる。その結果、物理の魅力的な応用としての天体物理学は地学の領域であり、生物物理は生物の領域に入れられ、物理選択者が学ぶ機会がない。

しかし、物理の成果を実用化したときの技術、それを用いる産業や経済、その影響が及ぼされる生命環境、それら全体としての世界にまで、思考を拡げる必要がある。生命が持続可能であるためには、たとえば 1 万年先までの物質循環やエネルギーの流れを考える必要がある。物理という専門性を追求しているときも、こころにわき起こる問題意識は、専門性から自由であり、あらゆる課題に責任ある態度で臨むべきである。

そのためにも、数学的思考や発想は大切である。

【理数研究会】

数学と理科の教員による月 1 回の理数研究会は、自分のまわりに知らず知らずに築き上げた柵を溶かし、視野を広げ、専門性の追求と専門性の呪縛からの自由を目指す空間である。課題は、特定の専門分野のみで解決することは不可能である。

振動現象に関する短期の課題研究の展開

米田隆恒

物理の学習をすすめていると、学習者の心の中にはさまざまな疑問や発想がわき起こってくる。これを忘れ去るのではなく、生徒自らが1つ1つ解決しようとすることによって創造性が育まれてくる。課題研究は専門性を追求し、創造性を育てるとともに、発想を広げるのに適した学習環境である。振動現象をテーマとした短期の課題研究を紹介する。数学ソフト GeoGebra の物理での活用法も紹介する。

キーワード 創造性、運動方程式、波動方程式、2階微分方程式、差分方程式、粒子と場、GeoGebra

1 はじめに

物理学の方法は、自然現象そのままを対象とするのではなく、1つの閉じた系を想定し、その中の物理量の間の関係を、理想化したモデルのもとで考察し、法則を導き出そうとする。高校では、数学的な制限から、さらに考察対象は理想化され、非常に限られた対象つまり教科書や問題集のなかの世界を対象として、概念や法則を学ぼうとする。

学習を進めれば、学習者の心の中にはさまざまな疑問や発想が浮かんでくる。知れば知るほど考える対象は広がっていく。学習の題材が制限されているからといって、学習者の発想をその制限内に閉じ込めようとするれば、創造性は育たない。

創造性を育てるためには、学習者自身がその疑問や発想について考察し、自ら発展させることが必要である。しかし、通常の授業では時間的余裕がない。課題研究の時間であれば、自らの発想をどんどん広げていくことが可能である。

生徒自ら見いだした課題について1年間追究する課題研究については、5年生(高校2年生)対象週2単位のコロキウムの取り組みを紹介した¹⁾。

これに対し、本報告は物理特講の中のいくつかの短期の課題研究についてまとめたものである。本校では、昨年度6年生(高校3年生)に対して自由選択科目として理科特講2単位を開講した。週1単位は選択者全員が化学領域を学習し、もう1単位は物理(物理特講という)か生物を選択する。今年の物理特講選択者は12名であった。

物理特講では、大きな課題を最初に提示する。生徒は、課題を解くだけではなく、出題者の意図や、課題を解く際に浮かんだ疑問や新たな発想、類題などもレポートに明記しなければならない。

各回(45分)、適当に1~3名のチームとなり、課題について議論を行ってよい。実験課題であれば、実験に必要なものを申し出て、実験を実施する。課題に対するレポートは次週の前日までに提出する。提出率が悪いのか、継続の希望があれば次週も同じ課題について継続する。

【数学の活用】

自分で課題を解決するには数学力が必要である。物理特講では、数学の授業で未学習の微分方程式等も活用できるように、物理の視点から解説した。

エドワード・フレンケルは、数学の特徴は、普遍性、客観性、耐久性、物理的世界にとっての意味である²⁾という。物理特講を通して、数学のも

つこれらの特徴にも気付いてほしいと思う。

また、フレンケルはつぎのようにも述べている。

「数学を数式で表すとすれば、

〈(厳密性+知的健全性)×事実への信頼〉

となるだろう。だからこそ、みんなが数学の知識をもたなければならないと思うのだ。そしてわれわれは、権力を握る一握りの人たちの恣意的な決定から身を守る道具を手に入れなければならない。数学のないところに、自由はないのである。³⁾」

本報告では振動現象に関する2つの課題と、生徒のレポート、提示された疑問や新たな課題、およびそれに関連して解説した内容などをまとめる。

2 課題と疑問の連鎖

【課題1】波の広がりについて

原点で波源が変位 $\varphi(0,t) = A \sin 2\pi f t$ で単振動するとき、 x 軸正の部分の変位 $\varphi(x,t)$ を求めよ。これを GeoGebra でアニメーションにせよ。

GeoGebra の操作法は別紙で説明する。

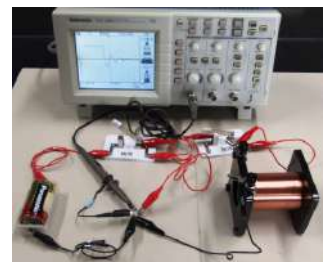
(GeoGebra はリンツ大学 Hohenwarter 教授らが開発中の数学のフリーソフトである。)

【疑問や誘発された課題】

- ・実際の波としては水面波が思い浮かぶ。水面波の広がりにはどのような式で表せばよいか。
- ・水面で指を移動するとドップラー効果を見ることができる。これを式で表せるだろうか。
- ・振動数が異なっても波の進む速さは同じか。
- ・原点の単振動によって生じる波の広がり、運動方程式で表せるのか。
- ・振り子やばね振り子では、振動数は1種類で単振動のみに、水面波や音は任意の振動数で任意の波形で進めるのはなぜだろうか。
- ・ウェーブマシンで山と谷が衝突すると一瞬平らになるが、再び山と谷が再現されるのはなぜか。

【課題2】電気振動について

直径 40mm、長さ 65mm、500 回巻(鉄芯なし)のコイルとコンデンサーを用いて、回路を組み、振動電流が発生するようにコンデンサーの値を決め、実際にオシロスコープを用いて発振を確認せよ。



[疑問や誘発された課題、生徒の感想]

- ・電気振動の微分方程式は立てることはできたが、解くことは難しい。難しいが、面白い。
- ・GeoGebra を用いると解が簡単に得られて、物足りない。信用できない。GeoGebra の中で何が行われているのか知りたい。
- ・プログラムに興味があった。
- ・微分方程式は何のためにあるのだろう。
- ・振動電流をつくって何になるのだろうか。
- ・振動電流が起ると電磁波が出るのだろうか。

2 課題1：波の拡がりについて

2-1 2次元の波の式を導きたい

1次元の波 $\varphi(x,t)$ は、(1)式のように教科書にも書いてある。どのような意味をもつのだろうか。

$$\varphi(x,t) = A \sin 2\pi f \left(t - \frac{x}{V} \right) \quad (1)$$

難解な式であるが、2次元の波やドップラー効果の式を導こうとしたときに理解はさらに深まる。

[解法] 原点が $\varphi(0,0,t) = A \sin 2\pi f t$ で振動するとき、空間にできる波の変位は、座標 (x,y) と時間 t の関数であるから、 $\varphi(x,y,t)$ と表すことにする。

[仮定] 媒質が均一ならば波の速さ(位相の伝わる速さ) V は一定であると仮定すると、点 $P=(x,y)$ の時刻 t における変位は、原点から点 P までの距離を r とすると、時刻 $t-r/V$ における原点の位相が伝わって来たものであると考えられるから、

$$\varphi(x,y,t) = A \sin 2\pi f \left(t - \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{V} \right) \quad (2)$$

となるはずである。

[新たな疑問] この式は正しいのだろうか

この式が正しいかどうかを検証するために1つの手段として、アニメーションで動かしてみよう。

『物理のとびら3』⁴⁾ではMicrosoft Excelを用いたアニメーションの表示方法を解説した。Excelでは、スプレッドシート全体を2次元空間とし、セル (x,y) の1つ1つに変位 $\varphi(x,y,t)$ の式を入力しなければならないので煩雑である。一方、GeoGebraでは、3次元表示を用い、 (x,y) を空間座標、 z 軸を変位とし、方程式(2)を1つ入力するだけで波形が表示される。しかも、アニメーション機能によって時間変数 t を自動的に増加させ波形の運動を簡単に表すことができる。

[GeoGebraによる(2)式の検証]

物理室にはiPadminiが1人1台あり、GeoGebraでアニメーションを作り、アップルTVで電子黒板に飛ばして発表することができる。GeoGebraを用いて(2)式が表す波形が時間と共にどのように変化するかをアニメーション表示し、水面波などの現実の現象と比較する。

[新たな疑問] 現実には、振幅が徐々に減少する。

(2)式は減衰しない波である。どうすればよいのか。

さまざまな疑問や発想がずっとつぎつぎと飛びだしてくる。それを心に蓄えて、じっくり考察する時間が必要である。

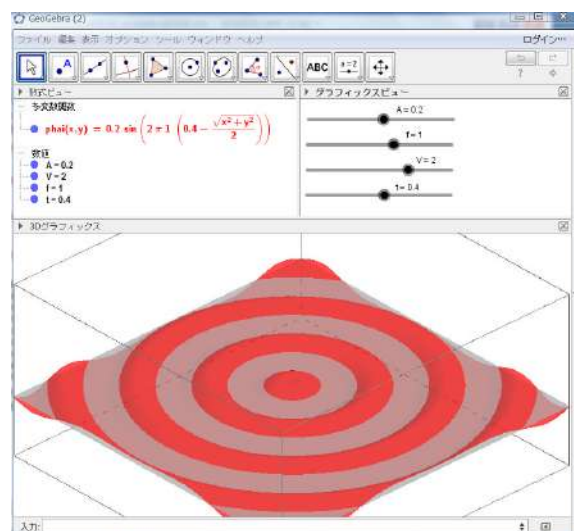


図1 円形波(2)式の伝搬のアニメーション

[GeoGebraによるアニメーション作成手順資料]

- ・3次元表示画面を表示するには、[表示]タブの3Dグラフィックスをクリックしてonにする。
 - ・入力バーに(2)式として、次式を入力する。
 $\text{phai}(x,y) = A * \sin(2\pi * f * (t - \sqrt{x^2 + y^2} / V))$
変数は自動的に生成され、グラフィックスビューにスライダー(変数)が表示される。スライダーをマウスまたは方向キー(←,→)で移動することによって変数の値を変化させることができる。
 - ・iPadminiでは、≡メニューをクリックすると入力バーなどの表示メニューが出る。
 - ・一旦入力した数式を変更する場合は、数式ビューの数式をダブルクリックして変更する。
 - ・一旦入力した数式で新しい変数を使用する場合は、事前にスライダータグ $a=2$ をクリックし、その変数を定義してから数式を変更する。
 - ・スライダーの上で右クリックし、アニメーションオンをクリックすると、その変数が自動的に増大・減小をくり返し、波形が時間と共に変化する様子が描き出される。
 - ・変数のスライダーを右クリックし、[プロパティ][スライダー][アニメーション]の値を<増加>に変更すると、変数の値は増加のみをくり返す。
- [新たな疑問] 3次元を伝わる波は $\varphi(x,y,z,t)$ と表せる。この変位 φ は何を意味するのだろうか。

2-2 波源が動いている場合の波の式を導きたい

波源の位置が静止しているのではなく、波源が移動していたらどうなるか。水面で指を振動させながら横方向に動かせば、波の伝わり方は簡単に目で確認することができる。これを数式で表すにはどうすればよいだろうかと思悩むことになる。

波源が速度 v で x 方向に等速で移動する場合を図2で考える。縦軸は時間 t 、 l_s は $t-x$ 面内の波源の軌跡である。波の速度 V は一定であるから、時刻 t_1 に出た波は点 S_1 を中心に、時刻 t_2 に出た波は点 S_2 を中心に円形に拡がり、それぞれ波面1、波面2となる。時刻 t の面を見るとドップラー効果の波形となっている。

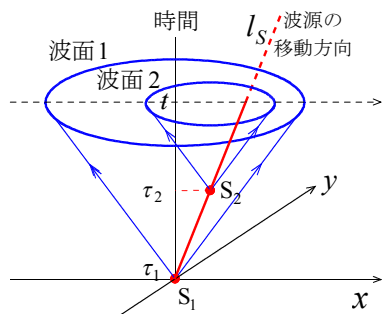


図2 波源が運動する場合の波の伝搬

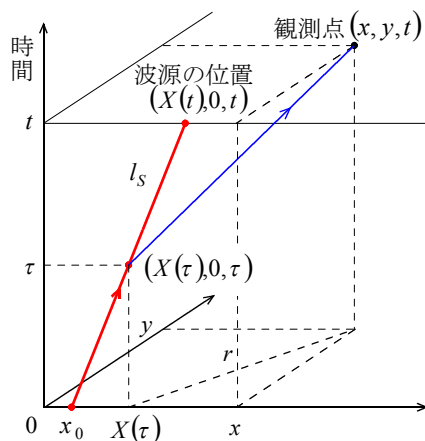


図3 波源が運動する場合の考え方

時刻 t における (x, y) 平面の各点の変位 $\varphi(x, y, t)$ を式で表してみよう。

$t=0$ の波源の位置を $(X(0), 0) = (x_0, 0)$ とする。

時刻 t 、位置 (x, y) における波の変位 $\varphi(x, y, t)$ は、時刻 τ における波源の変位 $\varphi(X(\tau), 0, \tau)$ が速度 V で伝わったものである。したがって、

$$\varphi(x, y, t) = \varphi(X(\tau), 0, \tau) = A \sin 2\pi f \tau \quad (3)$$

となり、 τ を (x, y, t) で表せばよい。

τ における波源の位置 $(X(\tau), 0, \tau)$ と時刻 t における観測点 (x, y, t) の距離 r は、

$$X(\tau) = x_0 + v\tau$$

$$r = \sqrt{(x - X(\tau))^2 + y^2} = V \cdot (t - \tau)$$

これら 2 式から $X(\tau)$ を消去すると、

$$V^2 \cdot (t - \tau)^2 - (x - x_0 - v\tau)^2 - y^2 = 0$$

$$(V^2 - v^2)\tau^2 - 2\{V^2 t - v(x - x_0)\}\tau + V^2 t^2 - (x - x_0)^2 - y^2 = 0$$

ゆえに、次式が得られる。

$$\tau = \frac{V^2 t - v(x - x_0) \pm \sqrt{V^2 \cdot \{V^2 t - v(x - x_0)\}^2 + (V^2 - v^2)y^2}}{V^2 - v^2} \quad (4)$$

(4) 式の $\pm$ は何を意味しているのだろうか。

(4) 式の根号の前が正の符号の解を τ_+ 、負の符号の解を τ_- とすると、それぞれの意味は図 4 のように解釈できる。 $\tau_+ \leq t$ 、 $\tau_- \leq t$ 、つまり、時刻 t に来る波はそれより以前に出た波であるから、

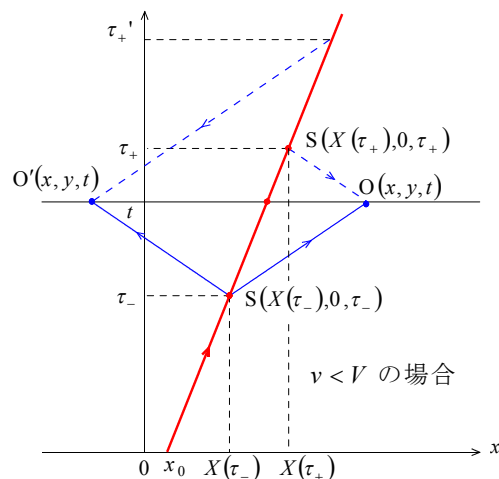
(i) $v < V$ の場合、図 4(i) のように、 τ_+ や τ_+' は未来からの波を表し、不適である。よって、観測点の変位は τ_- を用いて次式となる。

$$\varphi(x, y, t) = A \sin 2\pi f \tau_- \quad (5)$$

(ii) $v \geq V$ の場合、図 4(ii) のように、 τ_+ 、 τ_- はともに過去であるから、観測点の変位は、過去の 2 ヶ所から来た波の合成であり、次式となる。

$$\varphi(x, y, t) = A \sin 2\pi f \tau_- + A \sin 2\pi f \tau_+ \quad (6)$$

(i) $v < V$ の場合



(ii) $v > V$ の場合

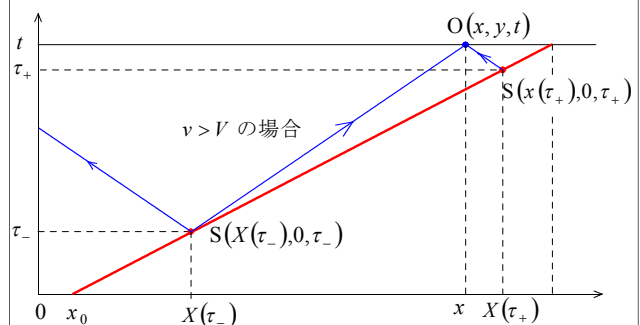


図4 波源の速さと波の速さの関係と、解の分類

[GeoGebra によるアニメーションの作成]

(4) 式の τ_- を $t_m(x, y)$ 、 τ_+ を $t_p(x, y)$ 、 $\varphi(x, y, t)$ を $phai(x, y)$ で表し、(4) 式を次のように分けて、順に GeoGebra の入力バーに入力する。

$w = 2\pi f$... w は角速度、 π は π のこと

$$f_1(x) = V^2 \cdot t - v(x - x_0)$$

$$f_2(x, y) = \sqrt{V^2 (v^2 t - (x - x_0))^2 + v^2 y^2}$$

$$v2 = V^2 - v^2$$

$$t_m(x, y) = (f_1(x) - f_2(x, y)) / v2$$

$$t_p(x, y) = (f_1(x) + f_2(x, y)) / v2$$

波源の振動は時刻 0 に始まり、観測時刻 t 以前の波源からの波が観測点に届くから、波源の時刻は、 $0 < \tau < t$ および $0 < \tau_+ < t$ を満たさなければならない。これを 1 つの式で表すために、GeoGebra の符号関数 $\text{sgn}()$ を利用する。 $\text{sgn}(a)$ の意味は、

$$a < 0 \text{ のとき } \text{sgn}(a) = -1$$

$$a = 0 \text{ のとき } \text{sgn}(a) = 0$$

$$a > 0 \text{ のとき } \text{sgn}(a) = +1$$

である。これを用いると、(5)式と(6)式は、つぎの(7)式のように一つの式となる。

$$\begin{aligned} \text{phai}(x,y) = & A \sin(w*t_m(x,y)) (\text{sgn}(t_m(x,y))+1) \\ & * (\text{sgn}(t - t_m(x,y))+1)/4 \\ & + A \sin(w*t_p(x,y)) (\text{sgn}(t_p(x,y))+1) \\ & * (\text{sgn}(t - t_p(x,y))+1)/4 \end{aligned} \quad (7)$$

(7)式を入力バーに入力する。[表示]タブの 3D グラフィックスを on にし、各定数の値を図 5,6 のように設定すれば波形が表示される。不用な図は数式ビューの●をクリックして○にすれば消える。

【(7)式の実行結果】

スライダー t のアニメーションを on にすれば波形の伝搬の仕方が確認できる。図 6 のように、 $v > V$ の場合、衝撃波が発生することもわかる。

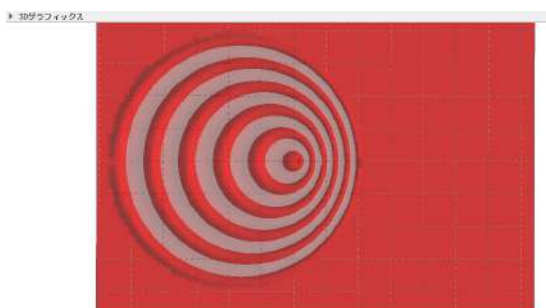


図 5 (i) $A=0.25, f=1.4, V=1, v=0.5, t=4$ の場合

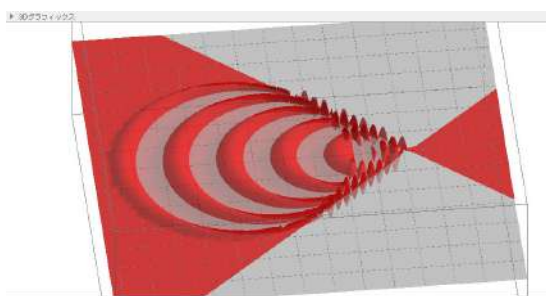


図 6 (ii) $A=0.25, f=1.4, V=1, v=1.5, t=4$ の場合

2-3 単振動の式を運動方程式から導きたい

2-3-1 単振動の運動方程式

波の伝搬を運動方程式から導く前に、簡単な例題として、単振動を運動方程式から導いてみよう。

ばね定数 k のばねに質量 m のおもりをつるし、つりあいの位置でのおもりの位置を原点、鉛直上向きの変位を y 、重力場の強さを g とすると、運動方程式は重力に無関係に、次のようになる。

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = -k y \quad (8)$$

これを Geogebra の常微分方程式を解くコマンド SolveODE を用いて解をグラフ表示することにする。(ODE : Ordinary Differential Equation)

GeoGebra では横軸は x 、縦軸は y なので、方程式を入力する場合、時間 t を変数 x と読み替えて考える必要があり、(8)式を(9)式に書き換える。

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + \frac{k}{m} y = 0 \quad \text{ただし、} x \text{ は時間} \quad (9)$$

2-3-2 SolveODEの文法

GeoGebra の SolveODE は、2 階常微分方程式

$$\frac{d^2 y}{dx^2} + b(x) \frac{dy}{dx} + c(x)y = f(x) \quad (10)$$

に対して、入力バーに

$$\text{変数名} = \text{SolveODE}[b(x), c(x), f(x), x_0, y_0, y'_0, x_{\text{end}}, \text{Step}] \quad (11)$$

を入力するだけで、解曲線がグラフビューに表示される。ここで、 x_0, y_0, y'_0 は、 $x = x_0$ における y と dy/dx の初期値であり、 x_{end} は x の表示領域の最大値である。また、GeoGebra 内部では、ルンゲ・クッタ法で数値解が求められ、Step は変数 x の計算間隔である。Step が小さいほど計算精度が高い。

(9)式を(11)式の形式で入力するには、

$$b(x) = 0, \quad c(x) = \frac{k}{m}, \quad f(x) = 0$$

とすればよい。

【GeoGebra の入力】

初期位置 (x_0, y_0) は、画面に点 P_0 で表し、マウスで移動できるようにするために、入力バーに、

$$P_0 = (0, 3)$$

と入力する。(0,3)は任意の値でよく、マウスでドラッグして自由に変えることができる。点 P_0 の x 成分は $x(P_0)$ 、 y 成分は $y(P_0)$ で得ることができる。つぎに、(11)式として、

$$y_1 = \text{SolveODE}[0, k/m, 0, x(P_0), y(P_0), v_0, tend, 0.01]$$

を入力すれば、解曲線が表示される。

ただし、tend の初期値は 1 なので、tend の上でマウスを右クリックし、[プロパティ][スライダー]で最小値を 0、最大値をたとえば 20 とし、グラフィックスビューのスライダー tend をマウスで動かして 16 とする。同様に、スライダー v_0 を動かして 0 とすると、図 7 の実線が得られる。

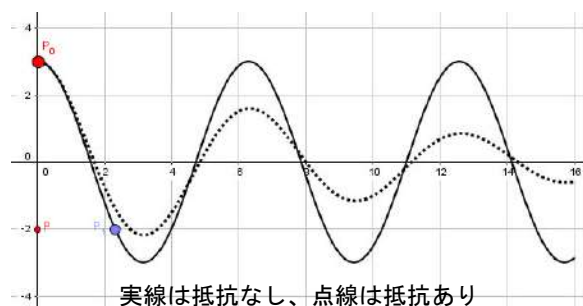


図 7 ばねふりこの振動 ($k=1, m=1, y_0=3, v_0=0, c=0.2$)

【単振動のアニメーション表示】

入力バーに次の 2 つを入力する。

$$P_1 = \text{Point}[y_1, t] \text{ で解曲線上に点 } P_1 \text{ を表示し、} \\ P = (0, y(P_1)) \text{ で } y \text{ 軸上に点 } P_1 \text{ を投影する。}$$

スライダー t を右クリック、プロパティで t の区間の最小を 0、最大を 1 に変更する。さらに、アニメーションの欄の反復を「増加」に変更する。スライダーの t を右クリック、アニメーションを左クリックすると点 P が単振動する。

初期位置や初速度を変えると波形は変わるが、周期は変わらないことがグラフからわかる。

2-4 減衰振動はなぜ起こるのだろう

ばねでも振り子でも、空気抵抗などによって振幅は徐々に小さくなっていく。振れ幅が時間と共にどのように小さくなるかは実際に測定すればわかる。では、これを運動方程式から説明できるだろうか。ばね振り子で考えてみよう。

手の平を開いて手を振り回すと空気抵抗を感じる。手を速く動かすほど空気抵抗は大きくなる。空気抵抗は動く速さに関係するようだ。そこで、空気抵抗 f が速度 v の関数だとすると、 v が 0 なら空気抵抗も 0 だから、 c_i を定数として一般に次のように表すことができる。

$$f(v) = c_1 v + c_2 v^2 + c_3 v^3 + \dots$$

〔仮定〕空気抵抗が v の 1 乗の項だけで表せると仮定すると、ばねふりこの運動方程式は、

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = -k y - c v \quad \text{および} \quad v = \frac{dy}{dt} \quad \text{より}$$

$$\boxed{\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{c}{m} \frac{dy}{dt} + \frac{k}{m} y = 0} \quad (12)$$

【GeoGebra による計算】

t を x で置き換えて、 $\frac{d^2 y}{dx^2} + \frac{c}{m} \frac{dy}{dx} + \frac{k}{m} y = 0$

よって、SolveODE を用いて、つぎの式を入力すれば解曲線(図 7 の点線)が得られる。

$y_2 = \text{SolveODE}[c/m, k/m, 0, x(P_0), y(P_0), v_0, \text{tend}, 0.01]$

ばねを実際に振動させて、振幅の時間変化を測定し、 c の値を調節して、減衰の様子が図 7 の点線と一致するならば、空気抵抗は速度の 1 乗に比例するといえる。ばねふりこの振動は iPad で動画撮影し、波形をコマ送りで測定すればよい。

〔疑問〕 c の値は何によって決まるのだろうか。

〔疑問〕図 7 の実線と点線を比べると、抵抗がある場合、周期が長くなっているようである。周期は何によって決まるのだろうか。

2-5 微分方程式(12)式を数学的に解きたい

微分方程式を解けるように『物理のとびら 3』⁵⁾ の p.10 から p.33 を説明した。それを参考にすると、(12)式のタイプの微分方程式は、 $x = e^{\lambda t}$ が解の候補であることがわかる。これを(12)式に代入すると、 λ に関する次の 2 次方程式が得られる。

$$\lambda^2 + \frac{c}{m} \lambda + \frac{k}{m} = 0$$

この 2 次方程式の解を λ_1, λ_2 とすると、

$$\lambda_1 = -\frac{c}{2m} + \sqrt{\left(\frac{c}{2m}\right)^2 - \frac{k}{m}}$$

$$\lambda_2 = -\frac{c}{2m} - \sqrt{\left(\frac{c}{2m}\right)^2 - \frac{k}{m}}$$

これらを用いて微分方程式(12)の解は、

$$y = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} \quad (13)$$

となる。 λ の根号中の符号(判別式)によって解は、次のように分類される。

$$\left(\frac{c}{2m}\right)^2 - \frac{k}{m} < 0, \quad \left(\frac{c}{2m}\right)^2 - \frac{k}{m} = 0, \quad \left(\frac{c}{2m}\right)^2 - \frac{k}{m} > 0$$

< 振動減衰解 > < 臨界減衰解 > < 指数減衰解 >

図 7 の点線は $k=1, m=1, c=0.2$ であり、判別式は、

$$\left(\frac{c}{2m}\right)^2 - \frac{k}{m} = \left(\frac{0.2}{2}\right)^2 - \frac{1}{1} = -0.99 < 0$$

であるから、図 7 の点線は振動減衰解の例である。

〔具体例〕ドア(両開き)がなめらかに閉まるように、ドアの上の方に取り付けあるドアダンパーは、中にばねと抵抗のための油が入っている。ばね定数 k と油の粘性 c をうまく選ぶと振動せずに閉まることになる。たとえば、 $k=1, m=1$ を共通とし、初速度 $v_0=4$ でドアを押したとする。

振動減衰解(図 8 の実線) : $c=0.2$ の場合、判別式は負。前後に振動してなかなか閉まらない。

臨界減衰解(図 8 の太線) : $c=2$ の場合、判別式は 0。短時間でなめらかに閉まり、最適。

指数減衰解(図 8 の点線) : $c=6$ の場合、判別式は正。開きにくくて、なかなか閉まらない。

微分方程式を用いることにより、適切なばね定数と粘性の関係を数学的に求め、ドアの設計を効率的に行うことができる。

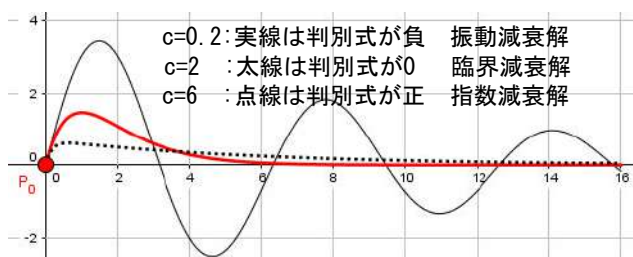


図 8 解の分類 ($k=1, m=1, y_0=0, v_0=4$)

2-6 Excel を用いた差分方程式による解法

たとえば、空気抵抗が速度の 2 乗に比例する場合のように、複雑な微分方程式の場合、数学的に解くのも難しく、SolveODE も使えない場合はどうすればよいだろうか。

微分方程式を差分方程式で表せばよい。差分方程式はどんな問題でも解くことができるのである。

具体的に、(12)式を差分方程式に書き換え、Microsoft Excel を用いて解曲線を求め、SolveODE と同じ結果が得られるかどうかを試してみよう。

差分方程式は、計算しようとする時間の範囲を N 等分し、時刻 t_n における加速度、速度、変位を元に、時刻 t_{n+1} の各値を計算する方法である。最初に、時刻 t_0 での速度 v_0 と変位 y_0 を与え、そのときの加速度 a_0 を運動方程式から求める。それに基づいて、下記の各式によって次の時刻 t_1 での速度 v_1 と変位 y_1 を計算し、以上をくり返す方法である。

$$a_n = -\frac{k}{m} y_n - \frac{c}{m} v_n \quad \dots (12) \text{式から加速度を計算}$$

$$v_{n+1} = v_n + a_n \cdot dt \quad \dots \text{速度を計算}$$

$$y_{n+1} = y_n + v_n \cdot dt \quad \dots \text{変位を計算}$$

【Excel への差分方程式の入力】(図 9)

- セル D2 ~ D7 に各数値を入力する。
- B9 から E10 に下記の式を入力する。
 B9 0
 C9 =+D5
 D9 =+D6
 E9 =-\$D\$3/\$D\$2*C9 -\$D\$4/\$D\$2*D9
 B10 =+B9+\$D\$7
 C10 =+C9+D9*\$D\$7
 E10 =-\$D\$3/\$D\$2*C10 -\$D\$4/\$D\$2*D10
- B10 から E10 をその下の必要な行(例 4809 行)までコピーする。(\$マークは絶対番地指定)
- B8 から C4809 を選択し、[挿入][散布図]を選ぶ。

以上より、図 9 のように、GeoGebra による図 7 の点線と同じ計算結果が得られることがわかる。

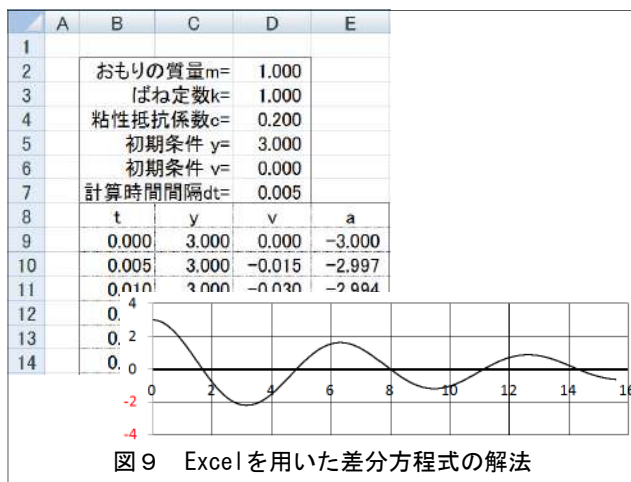


図 9 Excel を用いた差分方程式の解法

【GeoGebra でばねの振動アニメーション】(概略)

$i = \text{Ray}[(x_0-4, 0), (x_0-4, -1)]$ を入力バーに入力
 点タブをクリック: 直線 i 上に点 A を打つ: 矢印タブをクリック
 $L0 = \text{Curve}[r \cdot \sin(2 \pi \cdot \text{makisu} \cdot t / y(A)) + x_0 - 4, t, t, y(A), 0]$
 $y1 = \text{SolveODE}[c / m, k / m, (-k) / m \cdot L - g, 0, y(A), v, 16, 0.01]$
 $B = \text{Point}[y1, t]$ をそれぞれ入力バーに入力
 スライダー t を右クリック。[プロパティ][スライダー]タグの
 最小値 0、最大値 1、アニメーションの反復欄を増加とする。
 $a = \text{Curve}[r \cdot \sin(2 \pi \cdot \text{makisu} \cdot t / y(B)) + x_0 - 2, t, t, y(B), 0]$
 $C = (x_0 - 2, y(B))$ をそれぞれ入力バーに入力
 スライダー t を右クリック。[アニメーションオン]をクリック

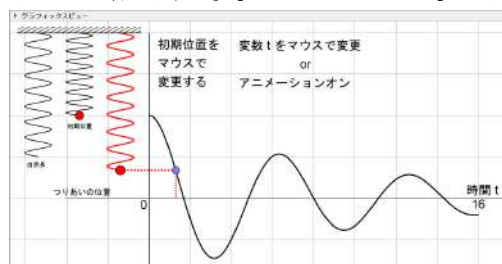


図10 ばねの振動のアニメーション

2-7 波の運動を運動方程式から導きたい

2-7-1 弦を伝える波の式を運動方程式から導く

平面波よりも単純な 1 次元の波で考える。

長さ L 、線密度 ρ の、両端を固定した弦の振動を図 11 で近似し、運動方程式を導く。長さ L の弦を n 等分し、弦の質量 dm が各領域の 1 点に集中しているとし、弦のゆがみは少ないので、弦

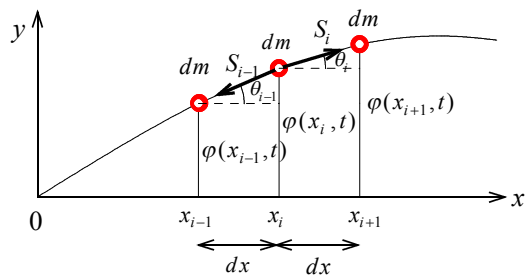


図11 弦の振動

の各部分の張力の大きさは、弦に沿っていたるところ S であると仮定する。時刻 t における媒質の各点の変位を $\phi(x_i, t)$ とすると、 i 番目の質点にはたらく張力の x 方向はつり合っており、 y 方向の成分は、角度が小さいとして $\sin$ を $\tan$ で近似して、

$$S_{i-1,y} = -S \sin \theta_{i-1} \cong -S \tan \theta_{i-1} = -S \cdot \frac{\phi(x_i, t) - \phi(x_{i-1}, t)}{dx}$$

$$S_{i,y} = S \sin \theta_i \cong S \tan \theta_i = S \cdot \frac{\phi(x_{i+1}, t) - \phi(x_i, t)}{dx}$$

$dm = \rho \cdot dx$ より、 i 番目の質点の運動方程式は、

$$\rho \cdot dx \frac{\partial^2 \phi(x_i, t)}{\partial t^2} = S \cdot \frac{\phi(x_{i+1}, t) - \phi(x_i, t)}{dx} - S \cdot \frac{\phi(x_i, t) - \phi(x_{i-1}, t)}{dx}$$

$$\frac{\partial^2 \phi(x_i, t)}{\partial t^2} = \frac{S}{\rho} \cdot \frac{1}{dx} \cdot \left\{ \frac{\phi(x_{i+1}, t) - \phi(x_i, t)}{dx} - \frac{\phi(x_i, t) - \phi(x_{i-1}, t)}{dx} \right\}$$

分割数を無限大に持っていけば、

$$\frac{\partial^2 \phi(x, t)}{\partial t^2} = \frac{S}{\rho} \cdot \frac{\partial^2 \phi(x, t)}{\partial x^2} \quad (14)$$

が得られる。これが弦にできる波の運動方程式であり、波動方程式という。 ∂ は偏微分を表す。

2-7-2 波動方程式(14)式の性質を調べる

媒質各点の変位 $\phi(x, t)$ は、時刻 t における横座標 x での弦の位置を表し、(14)式の左辺はそれを時間で 2 回微分するから、弦の x 方向の加速度を表す。右辺は、まず x で 1 回微分すれば弦の空間的な傾きを表し、もう 1 回微分すると弦の傾きの変化率、つまり弦の曲率を表す。また、 S/ρ は定数であるから、(14)式は、図 12 のように、

「弦の各部分の加速度はその点の曲率に比例する」

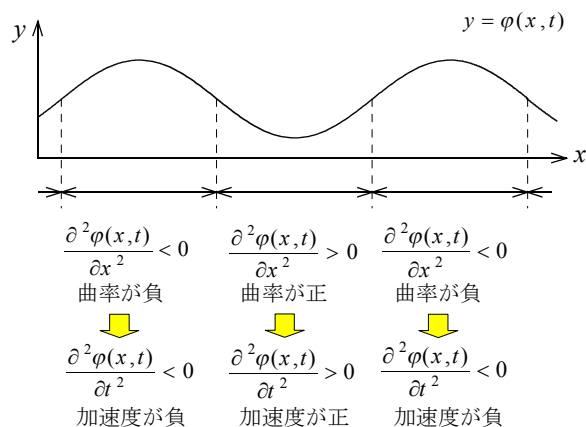


図12 波動方程式(14)の意味

ということを表す。たとえば、弦の形が上に凸の部分には曲率が負であり、その部分では、弦の y 方向の速度に関わらず、(14)式より加速度が負となり、速度は下向きに増加する。また、曲率が正の部分では、加速度が正となり、速度は上向きに増加する。

2-7-3 波動方程式 (14) 式の解は求められるか

(14) 式を満たす解 $\varphi(x, t)$ を求めてみよう。

偏微分 $\frac{\partial^2 \varphi(x, t)}{\partial t^2}$ は、まず変数 x を定数とみなし、 t で続けて 2 回微分することを意味する。

(14) 式は、 x と t の関数 $\varphi(x, t)$ を t で 2 回微分した左辺と、 $\varphi(x, t)$ を x で 2 回微分したものの S/ρ 倍がつねに等しいことを表す。そのためには、この関数が c を定数として、 x と t の 1 次式が常にペアになって入っていればよい。たとえば、 $x-ct$ の関数 $f(x-ct)$ であればよいと予想できる。

実際、 $f(x-ct)$ を t で 2 回微分すると、

$$\begin{aligned}\frac{\partial f(x-ct)}{\partial t} &= \frac{\partial f(x-ct)}{\partial(x-ct)} \frac{\partial(x-ct)}{\partial t} = -c \cdot \frac{\partial f(x-ct)}{\partial(x-ct)} \\ \frac{\partial^2 f(x-ct)}{\partial t^2} &= \frac{\partial}{\partial t} \left(-c \cdot \frac{\partial f(x-ct)}{\partial(x-ct)} \right) \\ &= -c \cdot \frac{\partial^2 f(x-ct)}{\partial(x-ct)^2} \frac{\partial(x-ct)}{\partial t} = c^2 \cdot \frac{\partial^2 f(x-ct)}{\partial(x-ct)^2}\end{aligned}$$

また、 $f(x-ct)$ を x で 2 回微分すると、

$$\begin{aligned}\frac{\partial f(x-ct)}{\partial x} &= \frac{\partial f(x-ct)}{\partial(x-ct)} \frac{\partial(x-ct)}{\partial x} = \frac{\partial f(x-ct)}{\partial(x-ct)} \\ \frac{\partial^2 f(x-ct)}{\partial x^2} &= \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial f(x-ct)}{\partial(x-ct)} \right) \\ &= \frac{\partial^2 f(x-ct)}{\partial(x-ct)^2} \frac{\partial(x-ct)}{\partial x} = \frac{\partial^2 f(x-ct)}{\partial(x-ct)^2}\end{aligned}$$

両者を比較すると、

$$\therefore \frac{\partial^2 f(x-ct)}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 f(x-ct)}{\partial x^2} \quad (15)$$

よって (14) 式を満たし、次式が得られる。

$$c^2 = \frac{S}{\rho}, \quad c = \sqrt{\frac{S}{\rho}} \quad (16)$$

同様に、 $\varphi(x, t)$ が $x+ct$ の関数 $g(x+ct)$ の場合も (14) 式を満たすことがわかるから、一般に、

$$\varphi(x, t) = f(x-ct) + g(x+ct) \quad (17)$$

が (14) 式の解である。これを波動関数という。具体的には、 a_i, b_i を定数として、マクローリン級数で次のように表すこともできる。

$$\begin{aligned}f(x-ct) &= a_0 + a_1(x-ct) + a_2(x-ct)^2 + \dots \\ g(x+ct) &= b_0 + b_1(x+ct) + b_2(x+ct)^2 + \dots\end{aligned}$$

2-7-4 係数 c はなぜ速度を表すのだろう

(15) 式の係数 $c = \sqrt{S/\rho}$ の意味を考えよう。

(15) 式は、解 $y = f(x-ct)$ が微分可能であること以外、何の制限もない。変数を $u = x-ct$ で置き換えて考えると、 $y = f(u)$ は u のどんな関数でもよい。

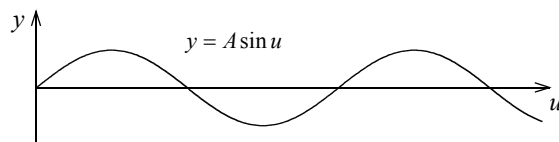


図13 解の一例

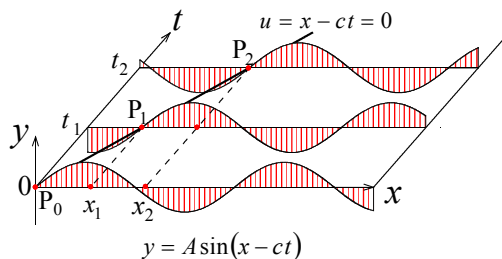


図14 解 $f(x-ct)$ の運動：右へ進む波

そこで、たとえば、 $y = A \sin u$ とすると、図 13 のように 1 つの静止したグラフが得られる。

$u = x-ct$ の値が同じならば、関数の値 y は同じであるから、これを $x-t-y$ の 3 次元グラフで表すと、図 14 のようになる。たとえば $u = x-ct = 0$ の点は、図 14 では $t=0$ のときは $x=ct=0$ の点 P_0 であり、時刻 $t=t_1$ のときには $u = x_1 - ct_1 = 0$ であるから、 $x_1 = ct_1$ の点 P_1 に移動している。他の点も同様に移動するから、全体の波の形は、 $t=0$ のときの波形を保ちながら、 x 軸の正の向きに速度 c で平行移動することがわかる。つまり、 $f(x-ct)$ は x の正の向きに等速 c で進む波を表す。

同様に、 $g(x+ct)$ は、 x 軸の負の向きに等速 c で進む波を表すことがわかる。

以上より (14) 式の解は、(16) 式の速さ c で右向きと左向きに進む任意波形の重ね合わさった波を表す。当然、複数の振動数の波が重なってもよい。

2-8 波の衝突と波動方程式

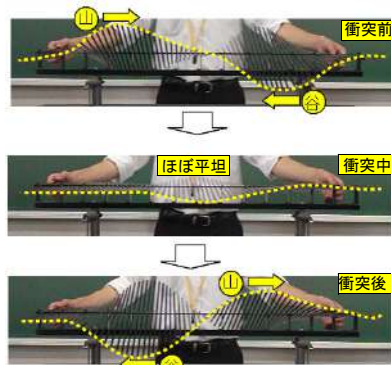


図15 山と谷の衝突

図 15 のように、左から山、右から谷がやって来て、中央の写真のように、山と谷が完全に重なると、波の変位は至るところ 0 となる。しかし、次の瞬間、山と谷が何事もなかったように再び現れる。まるで、山と谷は

素通りしたように見える。不思議である。

[疑問] これは波動方程式 (14) 式で説明できるか。

(14) 式の解として、(18) 式のようなガウス分布として知られる山と谷の形の波を考えてみよう。時刻 t 、位置 x における媒質の変位 $\varphi(x, t)$ は 2 つの項からなり、第 1 項は右に進む山、第 2 項は左に進む谷である。ただし、波の速さ $c = 1$ とする。

$$\text{変位分布 } \varphi(x, t) = Ae^{-(t-x)^2} - Ae^{-(t+x)^2} \quad (18)$$

(18)式を t で微分すると媒質の速度(19)式、もう 1 回微分すると媒質の加速度(20)式が得られる。

$$\text{速度 } \frac{\partial \varphi(x, t)}{\partial t} = -2A(t-x)e^{-(t-x)^2} + 2A(t+x)e^{-(t+x)^2} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} \text{加速度 } \frac{\partial^2 \varphi(x, t)}{\partial t^2} = & -2Ae^{-(t-x)^2} + 4A(t-x)^2 e^{-(t-x)^2} \\ & + 2Ae^{-(t+x)^2} - 4A(t+x)^2 e^{-(t+x)^2} \end{aligned} \quad (20)$$

図 16(a) は、(18)式について、時刻 t の波形を細線で表し、媒質の各点の速度を矢印で表す。媒質の各点はその速度に従って、微小時間後には図 16(a)の太線の位置に移動し、新しい波形ができあがる。媒質は矢印の向きに下向きまたは上向きに動くが、その結果としての波形は、山の形は右に、谷の形は左に、形を変えずに平行移動している。

図 16(b)の矢印は、時刻 t における媒質の各点の加速度を表す。波動方程式(14)式が示すように、
 ・波形が凹の部分には加速度が正となり、微小時間後の速度は上向きに増加する。
 ・波形が凸の部分には加速度が負となり、微小時間後の速度は下向きに増加する。
 その結果、新しい波形と速度分布が得られる。

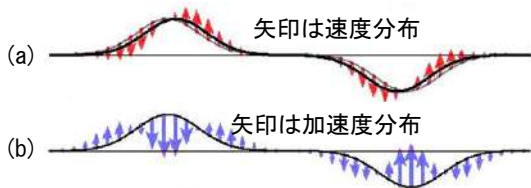


図16 波形と速度、加速度の関係

図 17 は、山と谷が衝突して再び現れる様子を表している。①～④のそれぞれの 1 段目は波形に媒質各点の速度を書き加えたもの、2 段目は加速度を書き加えたもの、3 段目は成分の山と谷を分けて描いたものである。

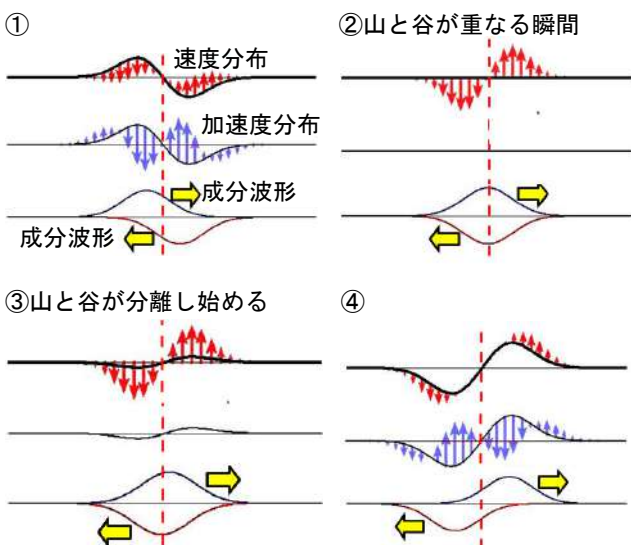


図17 波形、速度、加速度

図 17 の②が、山と谷が完全に重なった瞬間である。このとき、1 段目のように媒質各点の速度分布によって、次の瞬間③の波形が生み出されることがわかる。波動方程式(14)式の持つ線形性が、成分の波が別々に運動でき、その結果、互いに影響を受けずに素通りできるという波の独立性と重ね合わせの原理を保証していることがわかる。

3 課題2：電気振動について

3-1 コンデンサーの電気容量を測定しよう

課題2の前に、1Fのコンデンサーの電気容量を実測する課題を出した。実験方法はみんなで案を出し合い、その中から、コンデンサーの放電実験から求めることになった。1人では測定できないので2～3人のチームに分かれ、部品や回路や分析方法すべてを白紙状態から実験に取りかかった。データだけは取れたので、分析は宿題となった。

コンデンサーの放電については、物理の授業で学習済みである。しかし実際にやってみれば、放電が速すぎたり遅すぎたりし、効率的な役割分担などの測定環境をつくるところで手間取っていた。

3-2 RLC 発振回路を調べよう

コンデンサーの電気容量を測定する実験で手間取っていたので、RLC 発振回路については、図 18 のように測定回路は指定した。コンデンサーは、さまざまな定数のものを 20 種類ほど用意し、どれを使うかは自由とした。

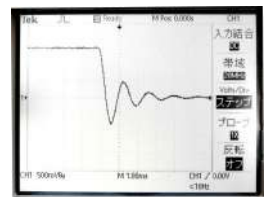
3-2-1 コイルの自己インダクタンス L はいくらか

コイルをソレノイドで近似して、次の値を得る。

$$L = \frac{\mu_0 N^2 \pi r^2}{l} = \frac{1.26 \times 10^{-6} \times 500^2 \times 3.14 \times 0.02^2}{0.065} = 0.0061 \text{ H}$$

3-2-2 振動電流をつくり、周期を測定しよう

コンデンサーを取り変えながら、 S_2 を off にし S_1 を on にして充電し、 S_1 を off にして S_2 を on にすると、 C の値をうまく選べば、右図のようにオシロスコープで減衰振動が見られる。波形は一瞬で消え、周期を正確に読み取れないので、生徒は iPad で写真判定していた。



たとえば、 $C = 10 \mu\text{F}$ のとき、上の写真から周期 T は 1.4 ms であるので、LC 共振回路の周期の公式

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \quad (21)$$

に代入すると、 $L = 0.0050 \text{ H}$ が得られ、ソレノイドで近似した 3-2-1 の結果に近い値が得られる。

[疑問] このずれはどこから来るのだろうか。また、公式(21)式は正しいのだろうか。

3-2-3 RLC 回路の微分方程式から何がわかるか

図 18 の回路を考える。 R は導線の抵抗である。スイッチ S_1 を閉じてコンデンサーに電荷 Q を充電する。 S_1 を開いて S_2 を閉じた瞬間を $t = 0$ とする。このときのコンデンサーの帯電量 Q の時間変化を微分方程式から求める。

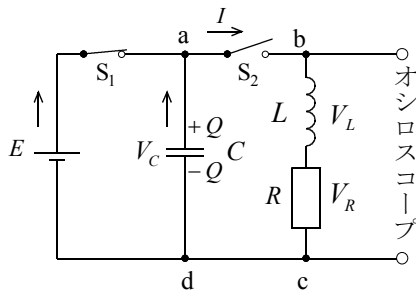


図18 RLC 回路

【微分方程式をつくる】

図 18 の矢印の向きを電流の正の向きとする。

$$Q = CV_C \quad (22)$$

Q の時間変化は、(22)式からコンデンサの両端の電位差をオシロスコープで測定すればわかる。

電流 $I > 0$ なら帯電量の変化 $dQ < 0$ であるから、

$$I = -\frac{dQ}{dt} \quad (23)$$

コイルの電流 I が増加すると、コイルの両端に電流と逆向きの起電力が発生し、電流の正の向きに電位が減少するから、 V_L は I の変化率に比例し、さらに(23)式を代入すると、

$$V_L = L \frac{dI}{dt} = -L \frac{d^2Q}{dt^2} \quad (24)$$

また、回路 abcd を一周すると電位は元に戻るから、

$$V_C - V_L - RI = 0 \quad (25)$$

以上より、式(25)を Q で表すと、

$$\frac{Q}{C} + L \frac{d^2Q}{dt^2} + R \frac{dQ}{dt} = 0$$

$$\therefore \frac{d^2Q}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{LC} = 0 \quad (26)$$

RLC 回路の微分方程式(26)は、ばね振り子の(12)式と同じ形である。現象を数学的に表すことによって、力学と電気というまったく異なる現象の間に共通点が見えた。また、弦の振動を表す波動方程式(14)とはまったく異なるということもわかる。何か奥深いものがあることが予感される。

3-2-4 微分方程式(26)をGeoGebraで解く

変数名 = SolveODE[b(x),c(x),f(x),x₀,y₀,y'₀,x_end,Step] と見比べて、電荷の初期条件として、 $t=0$ のとき、 $Q=q_0$ となるように、GeoGebra の入力バーに、

$$Q_0 = (0, q_0)$$

を入力する。グラフィックスビューの $(0, q_0)$ に点 Q_0 が表示される。

変数名をたとえば Q とし、SolveODE の文法通りに、次式を入力バーに入力する。ただし、 S_1 を開き S_2 を閉じた瞬間の電流 I は 0 であるから、 y'_0 は 0 とする。

$Q = \text{SolveODE}[R/L, 1/(L*C), 0, x(Q_0), y(Q_0), 0, 12, 0.01]$
表示された解曲線(図 19)を見ながら、スライダー R, L, C を適切な値に変えると振動解が得られる。

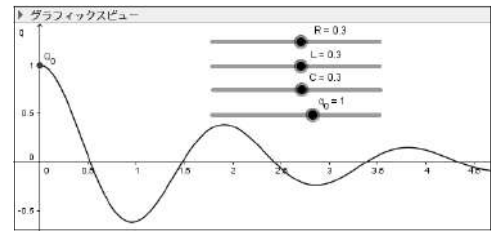


図19 LCR発振回路(振動減衰解)

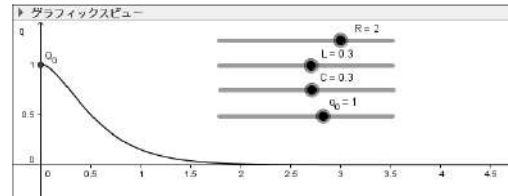


図20 LCR発振回路(指数減衰解)

たとえば、 $R=0.3, L=0.3, C=0.3, q_0=1$ とすると、

$$\text{判別式} = \left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC} = \left(\frac{0.3}{2 \times 0.3}\right)^2 - \frac{1}{0.3 \times 0.3} = -10.9 < 0$$

であるから、図 19 のように振動減衰解となる。

また、 $R=2, L=0.3, C=0.3, q_0=1$ とすると、判別式=0 となり、図 21 のように臨界減衰解となる。

コンデンサの値をうまく選ばないと振動が見られない原因の一つがこれである。

3-2-5 振動電流の周期の式(21)は求められるのか

微分方程式(26)式から周期の式(21)を出すことはできるのだろうか。(25)式は、ばねふりこの空気抵抗がある場合と同じであるから、

$$\lambda_1 = -\frac{R}{2L} + \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}}, \lambda_2 = -\frac{R}{2L} - \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}}$$

とおくと、解はつぎのようになるだろう。

$$Q(t) = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} \quad (27)$$

【振動減衰解の場合】

振動減衰解は、根号の中が負の場合であるから、 λ は複素数になり、 C_1, C_2 も複素数と考える。

$$\text{オイラーの公式} \quad e^{i\theta} = \cos\theta + i\sin\theta$$

を用いて(27)式を整理しよう。

$$\alpha = \frac{R}{2L}, \beta = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2} > 0 \text{ とおくと、}$$

$$\begin{aligned} Q(t) &= C_1 e^{(-\alpha + \beta i)t} + C_2 e^{(-\alpha - \beta i)t} = e^{-\alpha t} (C_1 e^{\beta i t} + C_2 e^{-\beta i t}) \\ &= e^{-\alpha t} \{C_1 (\cos\beta t + i\sin\beta t) + C_2 (\cos\beta t - i\sin\beta t)\} \\ &= e^{-\alpha t} \{(C_1 + C_2)\cos\beta t + i(C_1 - C_2)\sin\beta t\} \end{aligned}$$

$Q(t)$ は実数である。そのためには、 $(C_1 + C_2)$ と $i(C_1 - C_2)$ が実数でなければならない。 a_1, a_2, b_1, b_2 を実数とし、 $C_1 = a_1 + i b_1, C_2 = a_2 + i b_2$ とおくと、 $C_1 + C_2 = a_1 + a_2 + i(b_1 + b_2)$ が実数となるには、 $b_1 = -b_2$ であればよいことがわかる。また、 $i(C_1 - C_2) = i(a_1 - a_2) + i^2(b_1 - b_2) = i(a_1 - a_2) - (b_1 - b_2)$ が実数となるには、 $a_1 = a_2$ であればよいことがわかる。したがって、 $C_1 = a_1 + i b_1, C_2 = a_1 - i b_1$ と表せる。 C_1 と C_2 は互いに複素共役であるという。

このとき、 $Q(t)$ は実数解となるから、あらためて $A=C_1+C_2$ および $B=i(C_1-C_2)$ を実数とすると、

$$Q(t) = e^{-\alpha t} (A \cos \beta t + B \sin \beta t)$$

と表すことができる。このとき、

$$I(t) = -\frac{dQ(t)}{dt} \\ = \alpha e^{-\alpha t} (A \cos \beta t + B \sin \beta t) - \beta e^{-\alpha t} (-A \sin \beta t + B \cos \beta t)$$

これらに初期条件 $t=0$ 、 $Q=q_0$ 、 $I=0$ を代入すると、

$$Q(0) = q_0 = A$$

$$I(0) = 0 = \alpha A - \beta B$$

$$\therefore A = q_0, B = \frac{\alpha}{\beta} q_0$$

$$\therefore Q(t) = q_0 e^{-\alpha t} \left(\cos \beta t + \frac{\alpha}{\beta} \sin \beta t \right)$$

$e^{-\alpha t} = e^{-\frac{R}{2L}t}$ は指数関数的に減少することを表す。
 $\cos$ と $\sin$ の中が βt であるから、振動数 f は、

$$f = \frac{\beta}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{4L^2} \left(\frac{4L}{C} - R^2\right)}$$

$$R^2 \ll \frac{4L}{C} \text{ ならば、} f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, \text{ 周期 } T = 2\pi\sqrt{LC}$$

したがって、 R が無視できるほど小さい場合は、周期 T は(21)式となることが証明できた。

4 粒子と場の概念の気づき

[2-1]の水面の変位 $\varphi(x, y, t)$ や[2-7]の弦の変位 $\varphi(x, t)$ は、空間座標の変位であって目に見えるから違和感はないが、空間を伝わる音のように 3 次元空間を伝わる波 $\varphi(x, y, z, t)$ を考えると、この変位 φ はいったい何なのだろうかと不安になる。この違和感から抜け出して、変位とは空間の 1 点 1 点を持つ性質の値の変化であるということに気付けるかも知れない。

空間の各点が物理的性質を持つとき、その空間を「場」という。つまり、波動とは「場」の全体的な振動なのである。

物理の対象は「粒子」と「場」に分けるとわかりやすい。粒子と場は、エネルギーと運動量を互いに交換しながら運動しているのである。

粒子の運動を決定する運動方程式は、ばね振り子や RLC 回路のタイプの微分方程式(12)式であり、場の運動を決定する運動方程式は、弦の振動の(14)式のタイプの波動方程式である。粒子と場の概念の違いが運動方程式のタイプの違いという数学的表現によって明確になる。

波源が「粒子」として振動すると、それに接する弦や水面という「場」に波動という振動が広がる。この類推として、 RLC 回路の電子という「粒子」が電流として振動すると、それに接する真空という「場」に波動としての振動が広がるのではない。それが電磁波である。ここから新たに、電磁波の波動方程式はどう表されるのかという疑問が出てくる。また、電子が振動したときに真空

とどのように相互作用して場の振動が起こるのかという疑問も出てくる。解決したい疑問がつぎつぎとわき起こる。

5 専門性の追求と専門性からの自由

物理の学習は、日常の複雑な対象から摩擦や抵抗や熱の出入りやさまざまな要因をそぎ落としてできた理想化した対象に対して、概念や法則を発見してきた。その学習の過程でさまざまな疑問を提起し、発想を形あるものにしていくと、得体の知れない不安に駆られてくる。

シミュレーションすることで現象が再現できたとしてもそれで満足していいものだろうか。実験によって自分の仮説や予想が確認できたとしてもなにか物足りないものを感じる。

発想をいくら豊かに広げるといっても、物理の範囲に閉じ込められているからかも知れない。現実の自分は、物理の世界で生活しているのではなく、自然や人工物、科学や文化、歴史や経済や政治や法律などの中で生活している。そんなふうに分類するのも実は変である。理想化しない、モデル化しないそのままの世界というものを見なければならぬのではないのか。

化学実験で出た廃液が単体としては無害だから下水に流しているとしよう。この実験が工業化され、工場から大量に排出されたとしたら、海で薄まるから安全だろうか、環境のなかのさまざまな物質と出会って変化しないだろうか。生物濃縮によって生態系に影響はないだろうか。

このような発想が物理の学習においても必要である。物理の成果が日常に活用されるときに、現在の世界だけではなく、未来に対してもどのような影響を及ぼすかを常に考え続ける必要がある。そのためにも、学習を進めながら浮かび上がってくるさまざまな疑問や発想をすくい上げ、考察する習慣を身に付ける必要がある。

理想化された学習はフィクションと言えなくもない。それを学習しながら、常に過去から学び、現実および未来を見る目が要求される。文学の例で言えば、フィクションの世界は重要である。それとともに、人々の現実の生活から出発し、そこに戻ることの大切さを、アレクシエービッチ『チェルノブイリの祈り』が教えてくれている。

専門性を追求すると共に、専門性の呪縛から自由になり、あらゆることに責任ある考えを持つことが大切である。

【参考文献】

- 1) 米田隆恒, 課題研究のあり方, 奈良県高等学校理化学会誌第 53 号 (2014), pp.13-19.
- 2) エドワード・フレンケル, 数学の大統一に挑む, 文藝春秋 (2015), pp.46-48.
- 3) 前掲書 1), pp.18-19.
- 4) 奈良女子大学附属中等教育学校, 物理のとびら 3, (2015).
- 5) 奈良女子大学附属中等教育学校, 物理のとびら 2, (2014).
- 6) スベトラナ・アレクシエービッチ, チェルノブイリの祈り, 岩波書店 (2011)

6 理数における、数学的概念・数学的ツールの学びの適切な配置を追求する

矢野 幸洋(理科) 佐藤 大典(数学科) 中本 智啓(数学科)

0. はじめに

数学的概念を「数学の授業における理論」、数学的ツールを「理科の授業における実践」と捉え、その適切な配置を考えるにあたり、まずはお互いの指導内容を共有することとした。具体的には、カリキュラムにおける理科・数学の指導学年・指導時期、分野を整理し、適切な配置を考えることにした。

1. カリキュラムにおける数学・理科の関連する授業内容と学習時期

学年	理科（物理・生物）の教材	数学的ツール
1 年	測定値の計算	近似値、誤差、有効数字
4 年	力学・波動 遺伝の法則・生態系	微分、ベクトル、三角関数 組合せ、確率、ヒストグラム
5 年	力学・波動	積分・微分方程式
6 年	磁場・電磁気・交流・電磁波 個体群の成長、遺伝子頻度	ベクトル・積分・微分方程式 指数関数、確率

2. 低学年・中学年における理数合科型授業

高学年では、数学的ツールの理科の授業における実践はこれまでも行われてきたが、低学年および中学年による実践はほとんど行われていない。今年度は、低学年における理数合科型授業を考えてみた。

例 1 葉の大きさと環境

この教材は、4 年「生物基礎」の中の「森林内の光環境と光合成」で扱ってきたが、1 年で統計処理を学習するのにあわせて、1 年での学習を試みようと考えている。実際に葉の大きさを測定し、そのデータをもとに統計処理するものである。

例 2 遺伝の法則と遺伝子頻度

遺伝の法則は 3, 4 年で学習し、遺伝子頻度は 6 年で学習する。いずれも「組合せ・確率」と関連する。

3. 本年度実践予定の指導計画

例 1 「葉の大きさと環境」を実践するにあたっての指導計画を次に示す。

配当時間	授業内容
1 時間目	理科：仮説の設定と葉の採集
2 時間目	理科：葉のデータ収集
3 時間目	数学：班でデータの共有、度数分布表の作成
4 時間目	数学：ヒストグラムの説明と作成
5 時間目	数学：代表値、中央値、最頻値の学習
6 時間目	理科：葉のデータをもとに考察、 数学：葉のデータをもとにエクセルの使い方などの学習

次ページ以降に、今回の授業で用いたプリントを掲載する。実際に行った授業の実践報告については今回の理数シンポジウムのラウンドテーブルで報告する。

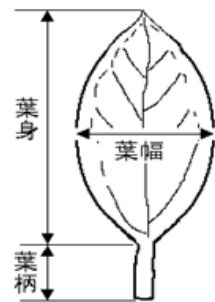
《実験》一本の同じ木でも葉の大きさは日なたと日かげで異なっているだろうか。

□目的

日なたと日陰で葉の大きさが異なるかどうかを確かめる。
違いがあれば、植物が生活するうえでどんなことに役立っているかを考える。

□方法（図1を参照）

1. 一本のアラカシの同じくらいの高さで、日なた側の葉か日かげ側の葉のいずれかを一人10枚ずつ採取する。
2. 葉身と葉幅をものさしで1mm単位で測定し、記録紙に記入する。



□結果

日なた ・ 日かげ（*どちらかを○で囲む）			日なた ・ 日かげ（*どちらかを○で囲む）		
	葉身	葉幅		葉身	葉幅
1			11		
2			12		
3			13		
4			14		
5			15		
6			16		
7			17		
8			18		
9			19		
10			20		

月	日	1 年	組	番	氏 名
---	---	-----	---	---	-----

■データの分析

課題 1 理科の時間に、日なたと日かげの葉身、葉幅を測りました。そのデータを分析してみよう。

(1) 4～5 人の班でデータを共有しよう。

(2) 日なたと日かげの葉身について、下の表にまとめよう。

〔日なた〕

階級 (cm)	度数 (枚)
0 以上～2 未満	
2 以上～4 未満	
4 以上～6 未満	
6 以上～8 未満	
8 以上～10 未満	
10 以上～12 未満	
12 以上～14 未満	
14 以上～16 未満	
16 以上～18 未満	
18 以上～20 未満	
計	

〔日かげ〕

階級 (cm)	度数 (枚)
0 以上～2 未満	
2 以上～4 未満	
4 以上～6 未満	
6 以上～8 未満	
8 以上～10 未満	
10 以上～12 未満	
12 以上～14 未満	
14 以上～16 未満	
16 以上～18 未満	
18 以上～20 未満	
計	

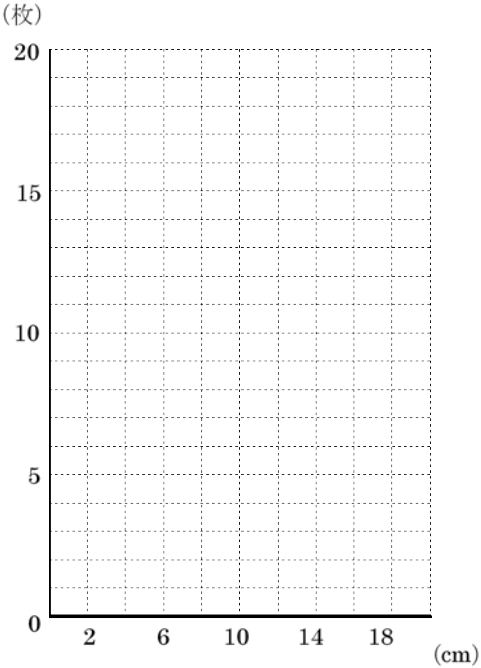
このように整理した 1 つ 1 つの区間を（ ）といいます。また、各階級に入るデータの個数を、その階級の（ ）といい、階級に応じて、度数を右のように整理した表を（ ）といいます。

度数分布表は、グラフに表すとさらに見やすくなります。右図は、上の度数分布表を、横軸を葉の長さ、縦軸を本数としてグラフに表したものです。

このグラフでは、階級の幅を横、度数を縦とする長方形を並べています。この長方形の（ ）は、各階級の度数に比例しています。

このようなグラフを（ ）または（ ）といいます。

また、ヒストグラムで、1つ1つの長方形の上の辺の中点を、順に線分で結びます。ただし、両端では、度数0の階級があるものと考えて、線分を横線までのばします。こうすると、右のような折れ線グラフができます。このようなグラフを（ ）または（ ）といいます。



【注意】棒グラフとヒストグラムの違いについて

棒グラフは、棒の長さによって量の大小を示しています。よって、量の大きい順に項目を並び替え、比較しやすくします。ただし、項目が時系列の場合、時間の順に並んでいたほうが分かりやすい場合はその限りではありません。

それに対してヒストグラムは、度数の大小は長方形の面積の大小で比較します。また、度数の多い順に並び替えることはなく、階級の順に並べます。さらに階級が連続量である場合、隣り合う長方形の間に隙間がないようにかきます。

コラム 階級数と階級幅

度数分布表やヒストグラムを作成するときに注意すべき点は、階級数の問題と階級幅の問題である。

階級数に関しては、少なすぎても多すぎてもデータの意味するところが失われる。階級数が大きすぎると不規則な凸凹が生じ、逆に階級数が小さすぎると大ざっぱ過ぎて、正しいデータの傾向を分析することができない。

そこで、階級数に関しては**スタージェスの公式**を参考にするとよい。これは、データの個数を n としたとき、階級数 C は $C = 1 + \log_2 n$ とすればよい、というものである。これをもとに、階級数を定めると、次の表のようになる。

データの個数 n	32	64	128	256	512	1024	2048	...
階級数 C	6	7	8	9	10	11	12	...

階級幅に関しては、一般には等しい階級幅であることが望ましい。また、階級の上限值、下限値にはなるべく区切りのよい値を採用する。そうすれば、その中間値として求められる階級値も区切りのよい値となるからである。さらに、ヒストグラムを作成するとき、階級幅が異なっている区間では、長方形の面積が度数を反映するように高さを決める必要がある。例えば、階級幅が他の区間の2倍であったとき、長方形の高さは度数の2分の1にしなければいけない。

Ⅲ 大学理工系教育改革プロジェクト

全学共通 吉田信也

理系女性教育開発共同機構は、事業の4つの柱の1つである「大学理工系教育改革プロジェクト」の具体化として、2016年度は前期、後期1科目ずつ新しい科目を、全学共通科目として開講した(それぞれ2単位)。大学における新しい理数教育の創造を目指して試行したものであり、その概要について報告する。

§1 社会に出るまでに知っておきたい科学 – 物語としての科学 –

1. シラバス

■授業の概要

科学とは何か、科学的に考えるとはどういうことか、科学が生活に役立つのは本当か、等の疑問を解消し、科学をより興味を持って深く理解できる授業を行う。

■学習・教育目標

人類の文化としての自然科学の歴史を概観することで、科学がどのようにして生まれ、育ってきたのかを講義、議論を通じて理解する。そして、持ちうるあらゆる知識、情報を総動員して考え、その仕組みを探るのが自然科学の探究であるということを、宇宙を題材にして学ぶ。さらに、中等教育における物理・化学・生物・地学の縦割りではない、丸ごとのサイエンスとしての科学の面白さについて学習する。最後に、このような自然現象論からの自然科学へのアプローチとは異なる視点である、工学的なシステムとして応用されている家電等の実例から自然科学を見つめなおすことで、目的意識を持って楽しく科学を学び、科学の有用性を感じ、理解する。

■キーワード

科学史、宇宙、総合的科学、生活の中の科学

■授業計画

第1回 オリエンテーション

第2回 16世紀、生活の中から芽生えた自然科学：体験の中からの科学的概念の芽生え

第3回 意味からの自由と方程式の魅力：観測と実験に基づくニュートン力学等の成立

第4回 物理学から見た生命研究：メンデルの法則からDNA発見までと生命観

第5回 宇宙とは：宇宙観の変遷

第6回 宇宙を探る：電磁波

第7回 宇宙の歴史：ミクロの世界とマクロの世界

第8回 元素の起源：星の一生と惑星系と私たち

第9回 境界領域の科学その1 ～物理と化学の接点～

第10回 境界領域の科学その2 ～化学と生物の接点～

- 第 11 回 境界領域の科学その 3 ～化学とさまざまな分野の融合～
 第 12 回 総合的科学 ～分野横断的学問としての環境科学，共生科学～
 第 13 回 産業革命からエネルギーの変遷
 第 14 回 生活家電に見える物理学Ⅰ
 第 15 回 生活家電に見える物理学Ⅱ

■担当者

- 第 1 回 吉田信也（全学共通）
 第 2 回～第 4 回 米田隆恒（附属中等教育学校）
 第 5 回～第 8 回 山内茂雄（理学部）
 第 9 回～第 12 回 三方裕司（理学部）
 第 13 回～第 15 回 藤野千代（社会連携センター）

■前期 火曜日 7・8 限

2. 授業の概要

(1) 受講者

受講者は 17 名であり，予想より少なかった。これは，開講時間帯の他の科目との関係が大きいと思われる。内訳は，右の表のとおりである。

科目名のせいなのか，理系の学生が多かった。授業開始までの担当者の打ち合わせのときは，ぜひ文化系の学生にも多く履修して欲しいと議論していたのだが，人数的にも所属的にも，そののねらいは十分には果たせなかった。

所属	学年
人間科学科	4回生
化学科	4回生
情報科学科	4回生
数学科	3回生
数学科	3回生
数学科	3回生
数学科	3回生
化学科	3回生
生活文化学科	3回生
住環境学科	2回生
住環境学科	2回生
文学部	1回生
理学部 数物科学科	1回生
理学部 数物科学科	1回生
理学部 数物科学科	1回生
理学部 数物科学科	1回生
生活情報通信科学コース	1回生

(2) 学生の評価

全学で取られたアンケートの結果は下の表のとおりである（5 点満点での平均点）。分野は「人間と文化」（12 科目）に属し，この分野の全受講者数は 931 名であった。

	授業の目的	教科書等	機器使用	内容の理解	話し方	興味	知識の取得	課題の適切性	スピード	参加	理解度の把握	回数	シラバス	出席	意欲	自習	満足
本科目の平均	4.2	4.5	4.6	4.3	4.7	4.3	4.4	4.3	4.5	4.3	4.3	4.4	4.5	4.8	4.2	3.3	4.4
全体の平均	4.2	4.2	3.9	4.0	4.4	4.1	4.2	4.0	4.2	3.7	3.7	4.3	4.3	4.6	3.9	2.9	4.0

全項目について，全体の平均以上の評価を受けている。しかしながら，個別の教員ごとに学生の丁寧な評価は受けていないので，これに関しては今後の課題である。なお，最後の授業のときに調査した別のアンケートの回答例を，以下に載せておく。

受講登録にあたっての期待

本年度から開講される講義で、理系女性の育成(?)をコンセプトにしたものだったため興味があり、受講しました。
複数の先生が担当するので、色々な知識を得ることができそうと思い、受講しました。 ^{先生それぞれの研究分野から}

受講登録にあたっての期待

文系でも楽しく理系の話を聞けるかなと思って。
また、文系でも常識として知っておくべき知識が得られようと思って。

受講登録にあたっての期待

シラバスを確認した時、科学の様々な分野を扱う事を知り、
純粋に面白そうだと思い、受講しました。学科専門では
なかなか聞く事のできないお話を色々聞いて楽しかったです。

受講登録にあたっての期待

高校時代はセンター用の勉強ばかりだったので、実際
科学と社会とかどうやってつながっているのか知りたかった。
文系という言葉は理系科目の話を知らなくていいという
気遣いじゃないと思うので。

以上を見ると、共同機構が意図していたことをくみ取って、受講を考えてくれた学生がいることがわかる。問題は、この期待に応える授業ができたかどうかであるが、これについては、執筆時点以降の3月23日に担当者と総括を行う。その結果は、来年度の授業に活かしたい。

理系分野での授業、ここがいやだった・・というのがあれば(中高を含む)

一体どこでどう使われているのか、どうして発見されたか、か
一切無いままただただ覚えこめられるのか嫌でした。今になって
疑問に思って調べると、とても面白いことがたくさん、損して
いたなとつくづく思います。

理系分野での授業、ここがいやだった・・というのがあれば(中高を含む)

数学で証明もせずに公式を使うのが嫌でした。
他には生物や化学で出てくる物質などの名前も意味がわから
なかったので詳しく教えていただきたかったです。
問題なんて解かなくてよかったので、根拠の説明をしてほしいかったです。

理系分野での授業、ここがいやだった・・というのがあれば(中高を含む)

頭に入っておくべき知識が多すぎる。
量り化学など、どうしても苦手な分、予め理解せず
導出などを覚えるしかならないです。

この質問に関する回答を見ると、女性の物理嫌いを解消すべき重要性がよく現れている。女性が学ぼうと思うような物理の教材や教育方法を開発するのが共同機構の使命の1つであるから、この声を大切にして、よりよい物理教育の開発を行いたい。これは、大学教育だけではなく、初等・中等教育においても喫緊の課題であると考えている。

(3) テキスト

共同機構では、授業で利用した自作テキスト・資料等は、テキスト・副読本として LADy SCIENCE BOOKLET の形で発刊する計画である。この授業「社会に出るまでに知っておきたい科学」については、図版・写真の著作権等の関係で、米田先生の担当分のみを、

LADy SCIENCE BOOKLET 7

『専門性の追求と専門性からの自由－科学史から未来を読む－』
として発刊した。ぜひご覧いただきたい。

§2 科学の言語としての数学

1. シラバス

■授業の概要

数学が科学の言葉であることを具体的に示しつつ、数学が美しいとはどういうことかという疑問を解消し、数学をより深く理解することができる授業を、講義だけではなく、作業や実験も含めながら行う。

■学習・教育目標

自然現象や社会現象を把握し、そこで生じる課題を正確に表現して解決するには、科学の言語としての数学が必須のものとなる。このような数学の側面を、具体的な事例を通じて学び、理解する。その際、作業や数学的な実験、ICT(Information and Communication Technology)の活用などでアクティブに学習し、積極的に議論して理解を深めることを目指す。そのための施設・設備が整ったアクティブラーニング室(Z103)で授業を実施することから、定員を 32 名と制限し、少人数で学ぶことにより科学の言語としての数学の有用性と、数学そのものの美しさを感じ、理解する。

■キーワード

科学の言語としての数学、数学の美、数学的実験・作業、ICT の活用

■授業計画

- 第 1 回 オリエンテーション
- 第 2 回 自然の不思議さを数学で表現し、理解する
- 第 3 回 現実社会の問題を数学で解決し、iPad で感得する。
- 第 4 回 「時間が遅れる、長さが縮む世界(特殊相対性理論)」とは？
- 第 5 回 「時間が遅れる、長さが縮む世界(特殊相対性理論)」を数学で理解する
- 第 6 回 でたらめを実験する(確率とゆらぎ)
- 第 7 回 現象を数式で語る(差分と微分方程式)
- 第 8 回 現象を解析する(モデル化とシミュレーション)
- 第 9 回 折り紙の数理：「ミウラ折り」をめぐって
- 第 10 回 折り紙の数理：「花紋折り」をめぐって
- 第 11 回 結び目の数理
- 第 12 回 粘度の高い流体の混合の数理
- 第 13 回 一筆書き，グラフ，握手定理
- 第 14 回 山小屋の問題とグラフの平面性
- 第 15 回 地図の塗分けとその応用

■担当者

- 第 1 回～第 5 回：吉田信也（全学共通）
- 第 6 回～第 8 回：川口慎二（附属中等教育学校）

第 9 回～第 12 回：小林毅（理学部）
 第 13 回～第 15 回：片桐民陽（理学部）

■後期 火曜日 3・4 限 コラボレーションセンターZ103

2. 授業の概要

(1) 受講者

受講者は 31 名であり、教室(Z103)の関係による制限人数ギリギリであった。

科目名に、「科学」「数学」と含まれていることもあり、文学部と生活環境学部・生活文化学科の 2 名以外は、理系であった。前期の「社会に出るまでに知っておきたい科学」と同様に、文系の学生にもできるだけ取って欲しいと考えていたが、ちょっと無理であった。

(2) 学生の評価

全学で実施されたアンケートの結果は、原稿執筆の段階では公表されていない。そこで、担当者の一人の吉田が課した最終レポートにおいて、複数の学生から意見があったものの中から代表的なものを選んで紹介する。

所属	学年	所属	学年
物理科学科	4 回生	物理学コース	2 回生
物理科学科	4 回生	物理学コース	2 回生
数学科	4 回生	物理学コース	2 回生
数学科	4 回生	数学コース	2 回生
数学科	4 回生	物理学コース	2 回生
数学科	4 回生	物理学コース	2 回生
物理科学科	4 回生	文学部	1 回生
物理科学科	4 回生	理学部 数物科学科	1 回生
生物科学科	4 回生	理学部 数物科学科	1 回生
情報科学科	4 回生	理学部 数物科学科	1 回生
数学科	3 回生	理学部 数物科学科	1 回生
数学科	3 回生	理学部 数物科学科	1 回生
数学科	3 回生	理学部 数物科学科	1 回生
情報科学科	3 回生	理学部 数物科学科	1 回生
衣環境学専攻	3 回生	理学部 数物科学科	1 回生
		生活文化学科	1 回生

1. この講義の中で興味深かった題材とその理由を書いて下さい。

- ・ 10 月 13 日の内容で、最短課題の題材が最も興味深かったです。フェルマーシュタイナー問題に対するホフマンの証明は巧妙で、こんなに簡単なことだけで一見難しい問題を解決できるのかということに驚き、数学的な楽しさを感じました。身近な話題であり、数学の基礎しか使っていない内容でもまだまだ知らないことがあるなと悔しくも思いました。
- ・ シャボン玉がなぜ丸いのかという議題が特に面白く印象に残っています。まず周りの人と話し合い予想をたて、実際に膜を張って実験するというところでさらに興味がわいたように思います。ほかの議題においても同じで、＜自然は最小になる方法を知っている＞ということを中心に学び、自然の力に毎度驚かされ感心を持ちました。

2. この講義の中で理解しにくかった題材とその理由を書いて下さい

- ・ 変分法。私の微分積分の知識が不十分であったこともあり、何を求めたいのか、式が何を表しているのかが分かりにくかったです。変形の仕方に無限のバリエーションがあるという点が、微分法の具体的な値が求められる点と異なり、理解しにくかったです。

3. この講義の方法について、工夫されていたと考える点があれば書いて下さい。

- ・まずモチベーションとして問いが提示され、その問いを解決するという目的を持って学習することができたので、私が単純なのかもしれませんが、先に定理などを学ぶよりも意欲的に取り組みました。また予想を立てたから実証するというのは勉強をする上で大事な流れですが、予想を立てる時間や隙間がある授業はなかなかありません。そういう安心して自由に考える時間が取られていたことで学習の質が上がったと思います。
- ・電子黒板ではデータ上に直接板書できたり、たくさん書けるように壁の黒板が設置されているところが生徒側からみてわかりやすいように工夫されていると思います。また、机やイスが移動できて話し合いがとてもやりやすかったです。
- ・iPad を使用しての授業は、実際に自分の手で図形を動かすことができるので、視覚的に理解できよかったです。
- ・授業の展開の仕方が、身の回りの現象、検証、歴史的な背景の話の後に、数学の知識の説明が行われていた点。興味が引き付けられ、数学を身近に感じることができました。また検証する際のデモンストレーション(シャボン玉など)は、実物で確認できる点が、現象の結果だけでなく経過も分かり良かったです。少人数でのディスカッションは、違う意見を気軽に共有することができ、考えを膨らませることができました。

4. この講義の方法について、もっと工夫が必要であると考えた点があれば書いて下さい。

- ・机、椅子の形がとても工夫されていると言っても、やはり隣同士の人とグループになって話し合うのは正直むずかしかったです。深く話し合える子や相づちを打ってくれるだけの子など、自分のコミュニケーション不足かもしれませんが、様々でした。せっかくグループで話し合うのであれば、もっと話しやすい題材を用意するなどしていただきたかったです。また話し合いだけでなく、シャボン玉での実験等もグループでやってみたらおもしろかったのではないのでしょうか。話すより実験の方が打ち解けやすいかと思います。
- ・今回の授業では、一回の授業でいくつかのトピックを上げていましたが、一回の授業で一つのトピックを取り上げ、もっと詳しく自分たちで考察していく授業があっても面白いのではないかと思います。

5. この講義では、自分で考えて欲しいために、授業内容を全部書いたテキストは授業終了後に共同機構の Web で配信しました。この点について、貴方の考えを書いて下さい。

- ・とても良いと思います。授業を休んでしまってもテキストが手に入るのも勉強しやすいと思います。ただ、難しい内容があるのでテキストだけではわからないところもあると思います。テキストだけではなく先生の説明やポイントも加えたほうがよりわかりやすいと思います。
- ・Web 配信は後から授業内容を見返すことができ良かったが、機構のページが見つかりにくかった。また、機構のページ内でも授業のテキストを探す作業が必要だったので、わかりやすくして欲しいと思った。

6. この講義について、希望や提言等があれば、書いて下さい。

- ・生活環境学部の私は高校時代に数Ⅲをほぼ学んでおらず、大学においても数学の講義を取っていなかった為、難解な数学の話が多く、分かりにくかった。微分などについてはわからないことがほとんどであった。受講生は理学部の方が多かったが、この講義は一般教養であって、どの学部の学生も受講できることを考えると、数Ⅲの基礎ができていない学生にも理解しやすいような（例えば、複雑な微分の基本的な説明から始めるなど）工夫が必要であると思った。課題も、理学部生にはそれほど重荷にならなかっただろうが、私にとっては非常に難しく、苦難なものであった。よってもっと全学部の学生が理解しやすいような、基本的な数学、身近な数学の講義であるとより良くなるように思った。
- ・1コマで取り扱う問題の量が少し多いと感じた。上述した通り、進度が早くてついていけないところがあったので、ひとつふたつ減らしても良いのではないかと思った。

7. この講義以外の大学の講義について、希望する内容や形式・方法等を書いて下さい。

- ・先生が講義内容をお話しするだけではなく、自分で考えられる時間をもっと作ってほしいと思います。高校の時の授業はもっと自分で考えられる時間がありました。その点に関しては、吉田先生の授業は私の中の理想の授業と言えます。自分で問題を考えて、自分の意見を発表して、その後に先生が解説する……。この授業の方式が一番知識を身に着けることができると思います。単に聞いてノートを写すだけなら、ぼーっとしていてもできるからです。
- ・学問的な知識と身の回りの現象を結びつけた内容。授業内で実際に検証したり、考えを共有したりする、生徒の能動的な活動を促す形式。

概ね、こちらの意図したことを理解して、授業を受けてくれた学生が多かったようだ。同じ事柄について賛否の両方の意見があったりするが、よく検討して来年度からの授業に活かしていきたい。

また、最後の 7. の部分には、大学の授業に対する希望がたくさん書かれていた。昨今のアクティブラーニングの大合唱に代表されるような、授業の改革の必要性がよく分かるものであり、今後の本学の教育の改革に参考にしていきたい。

(3) テキスト

共同機構では、授業で利用した自作テキスト・資料等は、テキスト・副読本として LADy SCIENCE BOOKLET の形で発刊する計画である。この授業「科学の言語としての数学」については、図版・写真の著作権等の関係で一部は省略したが、

LADy SCIENCE BOOKLET 8

『科学の言語としての数学』

として発刊した。ぜひご覧いただきたい。

§ 3 「グローバル理系女性育成国際サマーキャンプ SCORE(Science camp of CORE of STEM)」

共同機構は、理学部・生活環境学部・文学部の協力を得て、大学間学生交流協定の学生(留学生)と本学学生を対象に行う新しい授業を、2016年度から開講する予定で準備を進めている。以下、現在までの進捗状況を報告する。

1. 目的

- (1) 受入学生は、奈良女子大学および奈良の自然の中で学ぶことにより、科学の普遍性と文化の多様性を感じて理解する。この学修を通じて、さらに長期にわたる日本留学への啓発を図る。
- (2) 本学学生は、受入学生との学修を通じて各人の専門性を深めるとともに、英語学習へのモチベーションの高まりと異文化理解・コミュニケーション能力の向上を目指す。
- (3) 本学の理数教育を、よりグローバルで学際的、体験的、主体的なものに高め、深める。

2. 単位付与

夏季休業中に集中講義方式で開講し、2単位を付与する。

3. SCORE 概要図



4. 日程(2016 年度)

日	内容	
18 日(木)	午後	学生・留学生 宿舎へ参集
	夕方	ウェルカムパーティー(各国・各大学のプレゼン)生協にて
19 日(金)	午前	インダクション(プログラム・事務手続き説明, 本学学生による NWU ツアー)
	午後	錦光園のにぎり墨体験, 奈良町散策
20 日(土)	午前	古都奈良に関する講義(河上先生)
	午後	東大寺, 興福寺, 春日大社, 春日山原始林の見学(前迫先生) バス
21 日(日)	全日	大台ヶ原の field trip(高田先生, 浅田先生, 前迫先生) バス
22 日(月)	全日	10:00~12:00 島津製作所三条工場, ショールームの見学・説明
		12:00~13:00 昼食
		13:00~15:00 基盤研究所の研究者による講義, 講師と学生による議論
		15:00~16:00 島津創業記念館へ移動(20 分)・自由見学, 解散
23 日(火)	午前	奈良公園遠足, 植物と鹿(佐藤先生, プログラム参加の先生方)
	午後	Ecology(佐藤先生・2016 年 4 月着任予定の先生)
24 日(水)	午前	光生物学(保先生)
		奈良の食物・食品・食材・飲料に関連する講義(高村先生)
	午後	光合成の生化学, クロロフィルなどに関して(鍵和田先生)
	夕方	理学部・物理分野: 植物の土壌からの金属吸収に関連する分野の研究(松岡先生) 理学部・化学分野: クロロフィルの研究(片岡悠美子先生)
25 日(木)	午前	植物・藻類の光生理学(酒井先生・西井先生)
	午後	野外植物のリモートセンシング+地球環境(村松先生・林田先生)
26 日(金)	午前	プレゼンテーション準備 (WS に関係した参加可能な先生で)
	午後	プレゼンテーション 15 分間×10 グループ (発表 8 分, 質問・討議 7 分, プログラムに関わった先生方)
	夕方	フェアウェルパーティー 生協にて
27 日(土)	午前	解散・移動

5. リーフレット



NWU CORE of STEM International Summer Programme

18-27 August
2016

Nara Women's
University, Japan

<http://www.nara-wu.ac.jp/core/grobal/index.html>



Looking for something different for summer 2016? Join us in SCORE, the Science Camp of CORE of STEM at Nara Women's University! This summer, the CORE of STEM (Collaborative Organization for Research in women's Education of Science, Technology, Engineering, and Mathematics), teamed up with our Faculties and KYOUSEI Science Centre for Life and Nature, offers a fantastic opportunity for students at our overseas partner universities to enjoy a unique experience of studying STEM subjects in the historical setting of Nara, the ancient capital of Japan. Students will spend 8 days with 10 home students at NWU, going on fieldwork to nearby world heritage sites and participating in science workshops. The programme will also give you a chance to learn about different cultures through contacts with other participants from different countries.

A. Eligibility

We will accept FEMALE undergraduate students at NWU's overseas partner universities.

B. Credits

NWU will issue 2 credits upon students' successful completion of the programme.

C. The number of places available

We will accept 8-10 students from our overseas partner universities.

D. Costs

We will charge no tuition or accommodation fees. Students, however, are required to arrange their own visa to enter Japan, overseas medical insurance, transport to and from Nara, and their day-to-day expenses. We will offer a number of travel grants.

E. Accommodation

We will provide single rooms at a nearby hotel. Please note that meals are not included.

F. How to Apply

All applications must be made through universities, NOT by individual students. A person in charge at each university is required to fill out a collective application form and send it to coreofstem@cc.nara-wu.ac.jp by Friday, 15 April, 2016.

PROGRAMME SCHEDULE



DATE	MORNING	AFTERNOON	EVENING
THU, 18 AUGUST		Arrival	Welcome Party
FRI, 19 AUGUST	Induction	Nigiri-Zumi* Workshop and Walk in Nara-machi *hand-gripped ink sticks	
SAT, 20 AUGUST	Lecture: On Nara	Excursion to the World Heritage Complex in Nara	
SUN, 21 AUGUST	Field Trip to Mt. Ohdaigahara Biosphere Reserve		
MON, 22 AUGUST	Corporate Visit to Shimadzu Corporation		
TUE, 23 AUGUST	Field Lecture in Nara Park 'Where Wild Deer Keep Green Lawn'	Ecology 'Who Keeps the World Green'	
WED, 24 AUGUST	1. Photobiology 'Why Green Looks Green' 2. Food in Nara	Biochemistry 'The Green Molecules'	Seminar: Phytoremediation/ Chlorophyll
THU, 25 AUGUST	Plant Physiology 'How Green Organisms Get and Use Light'	Environmental Remote Sensing 'Green Earth from Space'	
FRI, 26 AUGUST	Preparation for Presentation	Presentation by Students 'Why is the World Green?'	Farewell Party
SAT, 27 AUGUST	Departure		

Location of Nara

- About an hour journey by train to Kyoto and Osaka
- 3 to 4 hours by bullet train to Tokyo



More details will be updated at:

<http://www.nara-wu.ac.jp/core/global/index.html>

For enquiries, please contact:

CORE of STEM
Nara Women's University
Kitauoya Higashi-machi
Nara, 630-8506
Japan

Phone: +81 (0)742 20 3266

Email: coreofstem@cc.nara-wu.ac.jp

IV グローバル化推進プロジェクト

§ 1 概要

全学共通 吉田信也

理系女性教育開発共同機構(以下、共同機構)では、事業の4つの柱の1つとして、グローバル化推進プロジェクトを立てている。本学はこれまで、国際交流センター・国際課を中心としてグローバル化を図ってきたが、取り組みは人文・社会科学系の教員が中心となることが多かった。共同機構の目的は、理系女性リーダーの育成である。そこで、これまでの学内の取り組みを基盤として、国際交流センターと連携しながら自然科学系の教員がグローバル化に関われるようにすることを目指して取り組んできた。

グローバル化推進の方針は、大きく次の3つである。

- 1 学生が多様な体験を通じて Glocal に活躍できるリーダーとなる素地を育成する
- 2 さらに深化を目指す実績のある交流プログラムを支援する
- 3 自然科学系教員の海外研究者との研究交流の端緒を開く支援を行う

特に、学生を中心とする「人」に支援を集中することを考えた。学生が将来に伸びていくためには、適度な負荷をかけて適切な課題を与え、魅力的なプログラムでモチベーションを高め、プログラム前後の指導で学生を鍛えることが重要であると考えている。

例えば、理学部と生活環境学部の学生が参加しているイギリスのレスター大学との交流は、10年近くの実績を持ち、学生の研修は年々、充実しつつある。この交流を共同機構が側面から支援することにより、より素晴らしい研修になっていくと考えた。

また、共同機構が主催したアメリカ研修旅行 SEASoN(Study Excursion to America for Students of Nara women's university)は、シリコンバレーの有名企業で働く女性との交流を大きな目的として実施した。世界で女性がどのように働いているのか、どんな困難を克服してきたのか、克服しつつあるのかのロールモデルを提示し、学生が直に話をすることで女性リーダーの本物度、本気度を感じとることを狙った。さらに、スタンフォード大学や UC バークレー校の2つの大学も訪問し、授業や学生との交流によって、本学学生は自分の進路決定、キャリア形成に大きな刺激を受けた。SEASoN の研修内容は、共同機構の教員が学内・学外の教員や研究者の協力を受けながら自分たちで作上げたものであり、そのための労力は大変であったが、よいプログラムができたと評価している。

2015年度の主な取り組みは、次ページの表の通りである。

グローバル化 推進プロジェクト



日程	名称	国・地域	参加者	備考
9/15(火)～ 18(金)	The 27th EALIE Conference	イギリス(グラスゴウ)	林井先生・雲島先生	国際課・国際交流センターと 協働
10/31(土)～ 11/1(日)	日本留学フェア(ベトナム)	ベトナム (ハノイ・ホーチミン)	高須先生・松永先生・ 国際課	国際課・国際交流センターと 協働
11/14(土)～ 15(日)	日本留学フェア(インドネシア)	インドネシア (スラバヤ・ジャカルタ)	春本先生・横山先生・ 国際課	国際課・国際交流センターと 協働
11月	レスター大学(交流協定締結大学) の交流	イギリス(レスター)	鍵和田先生・西井先生 学生10名	レスター大学教員の招聘
11月	ルーヴェン大学	ベルギー	渡邊先生・雲島先生	DDプログラム
12/21(月)～ 25(金)	TJ-SSF科学フェア	タイ	船越先生・学生2名	附属中等SSH・生徒6名, 教員2名
2016年2月	リンカーン大学との交流	ニュージーランド	生環教員1名・ 共同機構1名	研修参加の学生を連れて帰ると きに同行
2/22(月)～ 3/2(水)	アメリカ学生研修SEASoN	アメリカ(シリコンバレー)	雲島先生・船越先生・ 村上さん・ 学生10名	Adobe・NASA・Google・ スタンフォード・ UCバークレー・ヨセミテ
2/24(水)～ 27(土)	Vietnam National University VNU - University of Science 附属高等学校HSGS (High School for Gifted Students) 訪問・調査・ 研究・協議	ベトナム(ハノイ)	共同機構 (吉田信也)・ 附属中等教育学校 (吉田隆, 長谷圭城)	授業見学, 理数教育の 調査研究, 国際交流の検討
3/19(土)～ 28(月)	Vietnam National University VNU - University of Science 教員のセミナー	本学	Nguyen Trong Hieu博 士・高須先生・ 本学学生	理学部と連携
3/22(火)・ 23(水)	レスター大学教員による 「理系のためのプレゼン英語力養 講座」	本学	本学学生・教員	理学部と共催

§ 2 2015 年度 アメリカ学生研修旅行 SEASoN

Study Excursion to America for Students of Nara women's university

学生が海外で活躍する女性や ICT 最先端の企業、アメリカの大学の授業に実際に触れることによって、グローバルな視野とコミュニケーション能力を身につけ、アメリカにおける理数教育、リベラルアーツと文化などを幅広く体験するためのプログラムである。

研修期間：2016 年 2 月 22 日（月）～2016 年 3 月 2 日（水）

研修先：スタンフォード大学

カリフォルニア大学バークレー校

Google・Adobe・NASA・ヨセミテ国立公園

募集説明会：2015 年 10 月 30 日（金）

募集期間：2015 年 10 月 30 日（金）～11 月 20 日（金）

結果通知：2015 年 11 月 27 日（金）



定員 10 名の募集であったが募集説明会の際には、参加者は 100 名を超えた。研修内容は主に理系に関わるものばかりではあるが、文学部の学生なども興味を持ち説明会に参加していた。結果、82 名からの応募があった。

選考で選ばれた 10 名と、引率教員 3 名により、事前の説明会や勉強会を熱心に行った。

SEASoN 参加者のスケジュール

2015 年 12 月 16 日（水） 第一回渡航説明会

2016 年 1 月 16 日（木） 第二回渡航説明会

2016 年 1 月 20 日（水） 事前勉強会

2016 年 2 月 10 日（水） 最終説明会

2016 年 2 月 22 日（月）

～2016 年 3 月 2 日（水） 研修

2016 年 4 月下旬 帰国報告会

2016 年 1 月 20 日（水）の事前勉強会ではまず英語による自己紹介を行い、さらに 2 つのグループ（A、B）に分かれ、それぞれが担当する研修先について調べたことについてプレゼンテーションを行った。

事前学習の様子



英語による自己紹介



グループ A によるプレゼンテーション



グループ B によるプレゼンテーション

SEASoN 宿泊日程

日付	主な訪問先	訪問者	宿泊先	出会う人
① 2月 22日	スタンフォード大学	・ 18:20 : 関西空港 ・ 11:05 : サンフランシスコ空港 ・ 12:00 バス出発時間 (ドライバーに電話) ・ 13:00 : the Stanford Visitor Center ・ 13:30 : ランチ・ 14:30~16:00 : Hoover Tower / トレシダーユニオン / スタンフォードブックストア ・ 16:30~17:20 : スタンフォード大学の公開セミナー Energy Seminar: Jessika Trancik, Massachusetts Institute of Technology (NVIDIA auditorium, Huang Engineering) ・ 18:00 : ホテル着	Hampton Inn San Jose	
② 2月 23日	スタンフォード大学	・ 8:30 or 9:00 バス出発 《午前》 ・ McDermott 先生の講義 《午後》 ・ ランチ ・ 日本人学生 (長澤まやさん) との留学、アメリカ理数教育に関するディスカッション、指導助言 / 日本語を勉強しているアメリカ人学生とのキャリアについてのディスカッション、指導助言 ・ 17:30 or 18:00 までにホテル着	Hampton Inn San Jose	長澤まやさん (バイオエンジニアリングが専門) 女性ポスドク 男性学生 (プログラミング系)
③ 2月 24日	Adobe (サンノゼ)	・ 8:15 バス出発 ・ 9:00 : Adobe (San Jose の Adobe Systems 本社) に到着 ・ 9:15~9:30 : 受付でチェックイン。訪問者バッジの配布。会議室に移動。 ・ 9:30~10:00 : 寺川さんの自己紹介&経歴など講演 (Digital Video & Audio Senior Program Manager) ・ 10:00~11:00 : 会社内の見学 ・ 11:30~12:30 : ランチ (アドビ内のカフェで各自購入) ・ 13:00~13:30 : Photoshop チームの Principal Scientist による講演と質疑応答 (英語) ・ 13:30~14:30 : Photoshop チームの日本人メンバー数人が参加し、小グループに分かれて仕事や経歴の紹介、質疑応答など。(日本語) Software Quality Manager、Quality Engineer、Senior Computer Scientist の参加を予定。数名ずつのグループに分かれて 1 グループに社員 1 名が付き、15分~20分ごとにグループをローテーションするという形式。	Hampton Inn San Jose	Photoshop ブナノ寺川伸子さん Photoshop チームの Principal Scientist

		・14:30: The Tech Museum of Innovation ミュージアム ・17:15 までにホテル着		
④ 2月 25日	Google (マウンテンビュー)	・9:30 発: バスでマウンテンビューにある会社を回る ・11:00~15:00: Google 研修 ・ルイさんによるランチのホスト ・ミズキさんによる会社見学のホスト ・15:00~Computer History Museum 場所: マウンテンビュー近く ・18:30 ホテル着	Hampton Inn San Jose	女性エンジニア (ミズキさん) 男性エンジニア (ルイさん)
⑤ 2月 26日	NASA (マウンテンビュー)	・9:30 バス出発 ・NASAエイムズ・センター ・11:00 ランチ (ショッピングモール) ・13:00~ Mofett Field Historical Society Museum ・15:00~ Intel Museum ・18:30 ホテル着	Hampton Inn San Jose	
⑥ 2月 27日	ヨセミテ国立公園見学	・8:00~12:00 バス移動 ・ランチ ・13:00~: 自然観察 (トンネルビュー、ブライダルベール、エルキャプテン、センチネルブリッジよりハーフドーム見学、ヨセミテフォールを予定。)	Yosemite View Lodge	
⑦ 2月 28日	ヨセミテ国立公園見学	・自然観察 (ミラーレイク周辺) ・昼食後、ホテルへ向けて出発	Hotel Whitcomb	
⑧ 2月 29日	カルフォルニア大学バークレー校 サンフランシスコ見学	・10:00 カルフォルニア大学到着 図書館 (Doe Memorial Library など) へ ・12:00~13:30 ランチ ・13:30~16:00: バークレー校の磯野文香さん、Ph.D やビジター学生研究員とのディスカッション、指導助言 ・18:00 ホテル着	Hotel Whitcomb	磯野文香さん (博士課程) ビジター学生研究員 (鄭美嘉さん・山元奈緒さん・サガワシオリさん・森瞳さん)
⑨ 3月 1日	アメリカ出国	・8:00: ホテル出発 8:30: 出国手続き 11:25: 出発		
⑩ 3月 2日	日本帰国	・15:00: 大阪		

以上は、SEASoN の概要である。2016 年 4 月には、全学対象の報告会をする予定であり、詳しい報告書も作成するが、一人の学生のレポートを最後に掲載したい。どのようなことを学び、考えたかを知っていただけたらと思う。

今回 Stanford でお話を聞いて、アメリカの大学では学問を企業や社会でどうやって生かせるかを常に考えていると知りました。今私は数学がおもしろいとは考えずに勉強していますが、この分野が社会でどう役立っているのか考えるようになりました。Berkeley では、アメリカでは熱意があれば分野変更は不可能ではないと知りました。これを聞いて私は今回の研修で興味がわいてきたコンピューターサイエンスを勉強してみようと思いました。日本の大学ではなかなか専門分野を変えるのはできませんが、自分で勉強してみて本当にそれを学びたくなれば今回お会いした学生さんのように自由の利くアメリカの大学などで勉強してみようと思います。この研修に参加するまでは、学部卒で就職しようと思っていましたが、修士や博士課程の方々のお話を聞いていると、もっと他の興味のある分野を満足するまで勉強することが重要だと思うようになりました。4 回生の段階で十分勉強したと思えるならそのまま就職すれば良いし、これから数年でもっと勉強してみたい分野(今はプログラミング系)がたくさん出てくればそれを極めるために院にすすんだ方が良いのかもしれない、と考えるようになりました。とりあえず今はプログラミングを独学でやってみようと思います。

企業訪問では、まず会社内の施設に驚きました。ジムのみならず、滑り台まであるのを見つけたときは本当に驚きました。私は、会社は学校のようにお昼休憩をはさんで午前と午後にデスクワークをする、というイメージを持っていました。仕事の中にこの施設を利用するのですかと尋ねたら、仕事の時間は決められていないという答えが返ってきたのでさらに驚きました。結果しか関係ないと言ったら語弊が生じるかもしれませんが、毎日デスクワークを長時間やって良い結果が出ない、よりも体を動かすことでリフレッシュもできよい結果を生み出す、というやり方を取り入れているように感じました。その代わりに、結果がでなければ即解雇もある、と Adobe の方がおっしゃっていました。日本はその面では雇用者は守られているなと思います。実力のある人にとってはアメリカの会社はとても働きやすいところだということがわかりました。解雇されることが珍しくないアメリカでは、その分中途採用も多く行われているようです。したがって、アメリカで働くのは職を転々とするのが珍しくないを知り、日本と全然違うとかなり驚きました。

今回現地の日本人女性とお会いして、思っていたよりたくさんの日本人女性が勉強、お仕事されていることに驚きました。実際にたくさんの方とお会いして、自分もこの方たちの後輩として海外で活躍するのは不可能ではないのかもしれないと少し意欲がでてきまし

た。専門分野や職を自由に変えられるアメリカでは、行動を制限されずにやりたいことを
できる、という印象を受けました。これからの学部生活だけでなく将来の就職に関しても、
視野が広がり選択肢が増えました。本当にこの時期に行けてよかったと思っています。

■謝辞

アメリカ学生研修旅行 SEASoN に対し、奈良女子大学国際交流センター(International
Exchange Center) や奈良女子大学生活環境学部 佐野敏行教授をはじめ多くの方々から多
大な御協力を頂きましたことを深く感謝申し上げます。



§3 レスター大学との交流

レスター大学との学生の研修交流は、すでに 10 年近い実績を持つプログラムである。活動報告書は別に発刊されるので、詳細についてはそちらをご覧頂きたい。ここでは、概要を報告する。

1. はじめに

レスター大学との交流事業も今年度で 7 年目となります。この 2,3 年の間にいくつかの出来事が続いて起こり、レスターという地名が日本人にとってかなりなじみ深いものになったと思います。2013 年にリチャード 3 世の墓の発見が日本で報じられたときには、新聞でレスターの文字を見つけたときにはすこし珍しく感じましたが、その後の眞子内親王の留学、昨年のプロサッカーチーム・レスターFC への岡崎選手の加入およびチームの快進撃により、いまやレスターという地名がメディアに流れることに全く違和感を覚えなくなりました。都市名の知名度の上昇にははるかに及ばないものの、この事業に対する学内での認知度も次第に高まり、本年度は理学部や理系女性教育開発共同機構から支援していただくことが出来ました。この場を借りてお礼申し上げます。

さて、今年度は大学院生の短期派遣研修・教員の招聘・PhD 学生の招聘およびミニシンポジウムの開催などを実施しました。派遣研修では実習期間をこれまでの 1 週間から 2 週間に延長して、より深く実習に関われるように改善しました。そのためもあってか、本学の学生が共に実習を行ったレスター大学学生に食事に招かれるなど、いままでよりも親密な関係を築いているような印象を受けました。このほか、レスター大学の英語教育ユニットの担当者を招き、英語発表に関する模擬授業を全学向けに行っていただきました。一専攻から始めた活動でも、それを次第に発展させることにより、全学レベルの英語教育の強化にも貢献しうること示せたのではないかと思います。

最後に、本交流活動を支えてくださっている、Mark Goodwin, Kayoko Tanaka, Michael Green の諸氏をはじめとしたレスター大学の教員・スタッフの方々にお礼申し上げます。今年度は新たに国際課のスタッフを配置して頂いたおかげで事務手続きなどがきわめて円滑に進むようになりました。そして、奈良女子大学の国際課の方々、そして生物科学専攻を初めとする協力していただいた教員の皆様にあらためて感謝の意を表します。

奈良女子大学大学院人間文化研究科生物科学専攻
奈良女子大学-レスター大学国際交流ワーキンググループを代表して
鍵和田聡

2. 日程

2015 年 11 月

6 日（金）関空発

7 日（土）レスター着

8 日（日）レスター市内見学

9 日（月）大学施設見学・登録・昼食会・研究室訪問

10 日（火）～13 日（金）実習参加（第一週）

14 日（土）オクスフォード研修
16 日（月）研究発表会（ポスター発表）
17 日（火）～20 日（金）実習参加（第二週）
21 日（土）～22 日（日）ロンドン研修
23 日（月）ロンドン発
24 日（火）関空着

3. 参加者

学生

博士前期課程 1 年（生物科学専攻） 9 名

博士前期課程 1 年（食物栄養学専攻） 1 名

引率教員

鍵和田聡 生物科学専攻・准教授

西井一郎 生物科学専攻・准教授

4. 研修の様子



5. レスター大学関係の他のプログラム



University of
Leicester



奈良女子大学



奈良女子大学-レスター大学交流プログラム

人間文化研究科生物科学専攻・食物栄養学専攻
理系女性教育開発共同機構 (CORE of STEM)

報告会 2015

1 月 12 日 (火) 13:30~ A204

本年度も 11 月 6 日から 24 日まで生物科学専攻・食物栄養学専攻の大学院生 10 名が
英国レスター大学の医学生物系学部において、実習参加、研究室訪問、研究発表会を行いました。
そこで、参加者に研修の様態を報告してもらう機会を設けました。

大学院進学後にこのプログラムに参加したい・興味がある、将来留学を考えている、
英語ができるようになりたい、と考えている人は是非聞きに来てください。

来聴歓迎 (無料)

NWU-UOL 交流ワーキンググループ

問い合わせ先: 鍵和岡 kagiwada@cc.nara-wu.ac.jp



University of
Leicester



奈良女子大学



5th NWU-UOL

Minisymposium on Biosciences

Mar 14 (Mon) 13:00- A201

国際交流協定締結校である英国レスター大学と本学大学院人間文化研究科生物科学専攻および食物栄養学専攻の大学院生による生物科学に関するミニシンポジウムを行います。

□頭発表とそれに続いて行われるポスター発表および懇親会の2部構成です。生物科学全般に興味のある学生、留学を考えている学生、レスター大学学生と交流してみたい学生は是非参加してみてください。

途中入退出可。使用言語：英語

13:00-16:00

□頭発表

16:00-

ポスター発表

懇親会

□頭発表者

Univ of Leicester

Aditya CHANDRU

Mol. & Cell Biol.

Irene NIGI

Mol. & Cell Biol.

奈良女子大学

池田 美咲

生物科学専攻

石倉 真歩

生物科学専攻

加藤 未来

生物科学専攻

南 明里

食物栄養学専攻

人間文化研究科

生物科学専攻

食物栄養学専攻

理系女性教育開発共同機構

連絡先：鍵和田

kagiwada@cc.nara-wu.ac.jp

レスター大学ELTU教員による 理系のための プレゼン英語力養成講座

交換留学先として人気の高いレスター大学において、ELTU (English Language Teaching Unit) は英語教育を専門にあつかう部門であり、20年以上にわたり数多くの留学生を含む大学生・大学院生の英語力開発を行ってきました。今回、ELTUから留学生の教育経験豊富な2名の講師を迎え、国際学会などでの研究発表に向けて、英会話・プレゼンスキル向上を目指したワークショップを行います。二日間のワークショップは対象レベルが若干異なっており、初日は基礎編として、理系の大学生・大学院生が英語ではじめて研究発表する際の助けになるよう設定されています。二日目は、発表経験者の能力アップにむけて、大学院生だけでなく、教員の参加も考慮されています。参加申し込みと詳細の問い合わせは、下記記載まで、よろしくお願いします。

I 基礎編：はじめての口頭発表にむけて

日時：2016年3月22日（火）9:30 - 16:30

場所：Z103 (ディープ・アクティブ・ラーニングルーム)

対象目安：大学生～大学院生

II 上級編：プレゼン力向上を目指して

日時：2016年3月23日（水）9:30 - 16:30

場所：Z103 (ディープ・アクティブ・ラーニングルーム)

対象目安：大学院生、教員

——— 申込（なるべく3/14日までに電子メールで）・問い合わせ先 ———

電子メール：ichiron@cc.nara-wu.ac.jp

Tel&Fax: 0742-20-3419

奈良女子大学理学部化学生命環境学科（西井）

§ 4 ベルギー派遣報告

理学部 渡邊利雄

2015 年 11 月 14 日～20 日でベルギーを訪問した様子を報告する。

現地到着後にパリでのテロ事件を知った。

この時点ではブリュッセルの町は特に警戒が必要な感じではなかった。



16 日はブリュッセルにある物理学で有名なソルベー会議ゆかりの地 **Foundation Universitaire** での **18th EU-JAPAN CONFERENCE** に全日奈良女子大から 4 名が参加した。町はフランス語が飛び交し、心配したが皆英語に堪能で、不自由はなかった。とはいえ、雲島さん、山辺先生のフランス語に大いに助けられた。



18th EU-JAPAN CONFERENCE は「標準、ガバナンス、法の支配と日 EU 協力」をテーマに 4 部形式で行われた。

法的なことなど専門外のことも多く理解が及ばない点が多々あったが、EU 側の日本への期待度の大きさがうかがえた。

会議を中断して、16 日正午に、先日パリのテロでお亡くなりになった方々への追悼の意を込めて 1 分間の黙とうが行われた。



17 日は、特急電車で 20 分ほど離れた協定大学の **KU Leuven** 大学のある **Leuven** へ移動後、**EU-JAMM** の **2nd Global Board Meeting** に奈良女子大から 4 名が参加した。



わずか電車で 20 分離ただけで、こちらはフラマン語が飛び交う町となった。

ドイツ留学経験がある私には急になじみのある街に來た感じとなった。

派遣されている日本人留学生も参加して、現状の確認と今後の課題について 4 時間ほど討論した。

神戸大、大阪大、九州大、奈良女子大、ルーヴェン大学（ベルギー）、エセックス大学（イギリス）、ローニンゲン大学（オランダ）、ヤゲウォ大学（ポーランド）、ルンド大学（スウェーデン）、ティルブルグ大学（オランダ）。



こちらは内容が分かり、意見を述べるなど積極的に参加した。その後、会食中にもお互いに情報を交換した。私のテーブルは、ヤゲウォ大学（ポーランド）の方と、九州大、神戸大、ルーヴェン大学（ベルギー）であった。特にヤゲウォ大学の方は最初生物学を志し、その後分野を変えたとのことで、学生の進路選択の幅が日本よりも広いことが実感された。話題も多彩で、EU・JAMM のこと、パリのテロのこと、ワインや食事のことなど、広範囲にわたり、国際的な会ではやはり広い話題をある程度深く語れる「教養」が重要であると再認識した。

しかし、英語での 2 日連続の議論は正直疲れました。

18 日は渡邊と雲島とが、KU Leuven 大学のバイオメディカルサイエンスグループを率いる Mathieu Bollen 教授とグループマネージャの Simaels 博士と理系における学生・教員交流に関して、2 時間ほど忙しい合間に時間を割いてもらい、突っ込んだ話し合いを行った。なお渡邊と Bollen 教授とは 15 年来の旧知の間柄である。

来年開催予定のサマープログラムに関しては、時期も良くバイオメディカルのみならず、理学や工学の学生も興味を持つだろうと非常に興味を示し、その場で国際交流担当へ資料を持って行き相談してくれた。さらに、これが契機となって交流が進むことを希望しているとのことであった。

従来理系での交流がなかった大学との交流可能性が開け、雲島が今後の事務連絡を密に行うことにした。また、今後の交流の発展の可能性を探るため、来年渡邊が共催する国際会議へ招待している際に、Bollen 教授に本学で学生に向けたセミナー・講義をしていただく了解もいただけた。個人的に知っていたために（人脈は大事だと思います）、思いがけず話がスムーズに進んだ。

その後昼食を取りながら、女子学生比率の問題を話した。意外なことに Leuven では女子学生比率は既に十分高く（医学部で 70%ほど、他の理系でも 60%程度）、現在問題なのは上

位職（教授等）での比率が 20%前後であることだと言っていたことである。しかし一方で会議や役職には一定割合で女性を入れる必要があるので、結果として少ない女性上位職者が多忙となり、それを見てますます女性への上位職の魅力が失われていくのではとのことであった。男性に関しても、忙しい上位職への希望が減っているように感じていた。基数を増やしても、ライフイベント等のことで上位職が必ずしも比例して増えない現実が浮き彫りとなった。

また、単純に女子は科目が苦手だから理系へ進まないとも言えないようである。

このために理系への進学を促す工夫を聞きそびれてしまった。

大学での講義、特に低学年では本は英語のものを使い、教える際の言語はフラマン語といった組み合わせも行っていて、有効だとのことであった。

意外だったのは、ベルギーでは希望する学生は全員受け入れたため、入学後 1 回目の試験での落第率は 80%にも及ぶということであった。

その後、Leuven 大学日本語学科での山辺、松岡の講演に参加後、二人を交えて Bollen 教授と夕食を共にし、さらに議論を深めた。

19 日は朝 5 時発の電車で Leuven を立帰国の途へ就いた。

20 日に無事帰国したが、21 日にはブリュッセルのテロ警戒レベルが最高の 4 となった。

危機一髪の時期に無事に公務を果たせたのは、せんとくんパワーのおかげだったのだろうか？って、そんなことはないかな。

§5 ベトナム・ハノイ出張報告

理学部 高須夫悟

本学の理系女性教育開発共同機構の依頼により、2015年10月29日から11月3日の日程でベトナムのハノイを訪問した。今回のハノイ訪問の目的は、1) 日本留学フェア（ハノイ会場）に参加して本学の宣伝を行うことと、2) ハノイの理学系の大学・研究機関を訪問し、本学の理学系分野との学術交流の可能性について先方と意見交換を行うこと、の2点である。結論から言うと、今回の訪問は、本学の宣伝とともに理学系の複数大学・研究機関と学術交流協定を結ぶきっかけを作ることができたという意味で十分意義のあるものであったと考える。ここにハノイ訪問について簡単に報告する。

1) 日本留学フェア

独立行政法人日本学生支援機構 JASSO が主催し、毎年ハノイとホーチミンシティの2会場で開催されているフェアである。日本留学を志すベトナムの学生が、適切な進学先を選択し、かつ実りある留学を達成できるように様々な情報を提供することを目的としたフェアである。本学は数年前から2会場のフェアに参加している。今回も、10月31日のハノイ会場フェアに高須、松永（国際交流センター）、清水（国際課）の3名が参加。11月1日のホーチミン会場フェアには松永、清水の2名が参加した。

ハノイ会場フェアは10月31日（土）ハノイ中心部にあるメリアホテルハノイにて開催。国立大学31校（本学を含む）、公立大学2校、私立大学43校、その他、日本語学校など合計97機関が参加。各大学が1つのブースを割り当てられ、情報提供を行う形態で行われた。近畿圏からは、奈良先端科学技術大学院大学、滋賀大学、京都大学、大阪大学、大阪教育大学、同志社大学、立命館大学、龍谷大学、関西大学、関西学院大学、京都学園大学、大阪国際大学、京都情報大学院大学が参加。

本学ブースへの来場者はおおよそ50名。来場者のほとんどは、日本文化などに関係した文学系分野での就学を希望しており、理学系を志す来場者はごく少数であった。過去の留学フェアの参加状況から理学系分野を志望する参加者が少ないことは十分想定していたので、午前9時半から午後4時までのフェアでは、本学全体の説明に終始する。参加者の多くはベトナムで日本語を勉強中の大学生・高校生、社会人であり、日本語での意思疎通は概ね問題ないレベルであった。ベトナム語の説明が必要な参加者のため、本学に留学した経験のあるベトナム人の通訳にも助けられ、本学全体の説明を行った（写真1）。



写真 1：本学ブースにて、本学 OG の説明をベトナム語で聞く参加者。

ハノイ会場は参加者多数のため開始時刻を繰り上げるなど、午後 4 時までの開催中、会場は終始参加者であふれて熱気に包まれていた。ベトナム学生の日本留学に対する興味の深さがうかがえた。また、既に大学を卒業した社会人がキャリアアップのため日本への留学を希望し、本学ブースに質問に来る例が多かったことも印象に残った。ベトナムには多数の日本企業が進出しており、日本語ができる人材に対する需要の高さが日本への留学熱を下支えしていると思われる。

隣のブースがたまたま奈良先端科学技術大学であり、担当教授の方と昨今のグローバル化対応について意見を交わす。奈良先端でも留学生の増加を次期中期計画に数値目標として明記しており、目標達成のため、留学生受け入れを担当する事務の強化（来日のための事務手続きや日本での生活ケアなどを英語で対応できる事務員の配置など）をここ数年行ってきたとのこと。数値目標達成は非常に困難である（が、達成しなければならない）と認識している模様。

2) 理学系学部を持つ大学・研究機関訪問

私はこれまでベトナムの理系研究者とは全く面識が無かったため、ハノイにどのような理系の大学があって、今回の滞在中にどの大学を訪問すべきか、全くの手探り状態であった。ここ数年共同研究を行っている韓国の釜山大学生物科学科の教授の下にベトナム人のポストドクがいたことを思い出し、ベトナムの理系研究者を紹介してもらえないか頼んでみた。すぐに物理学の教授を紹介してもらい、その方に連絡を取ったところ、ベトナム国家大学・自然科学大学 Vietnam National University VNU - University of Science (<http://hus.vnu.edu.vn/en>) の同じく物理学の教授と連絡を取ることを勧められた。その後は日程調整を含めてとんとん拍子に調整が進み、最終的に自然科学大学と VIASM (後述) を訪問することになった。

10月30日(金) 午前10時からベトナム国家大学 VNU・自然科学大学を訪問。VNU は自然科学大学、人文社会科学大学、外国語大学など、複数の大学から構成されている大学群で、ベトナムの通常の国立大学とは別格の存在のようである。今回訪問したのは VNU の自然科学大学で、いわゆる理学系をカバーする大学である。副学長、国際交流課主任、植物学科主任、解析学科主任代理、VIASM (後述) 所属の研究員と面会した。奈良女子大からの訪問者は高須、松永、清水の3名。約1時間の面会では、奈良女子大学の概要の説明ならびに自然科学大学の概要について情報を交換した。自然科学大学の概要は以下の通り。

常勤スタッフ 680 名 (38%が教授、准教授、80%が PhD 取得)

学部(学科) 構成 : Mathematics-Mechanics-Informatics, Physics, Chemistry, Biology, Geography, Geology, Meteorology-Hydrology-Oceanography, Environmental Science
学部学生約 5700 名 (1 学年千数百名)、博士前期課程 1200 名、博士後期課程 350 名、
附属高等学校 (後述) 1400 名

女子学生の比率は学部(学科)によっても異なるが概ね半数から 8-9 割 (生物科学科) とのこと。学生の多くはベトナム北部出身。

学術交流協定の締結について先方は非常に意欲的であり、先方の国際交流課と今後の事務手続きなどについて連絡を継続することで合意した。本学は、VNU の人文社会科学大学と外国語大学とは既に学術交流を締結済みであり、協定に則った学生受け入れの実績があるが、自然科学大学とは未締結である。理学系分野での円滑な国際交流を進める

ために、自然科学大学とも学術交流協定を締結することが望ましいと考える。

自然科学大学は附属高等学校 **High school for gifted students**（1 学年 450 人）を持っており、この夏に九州から日本の高校生をベトナムに招いてベトナムの高校生と一緒に **Problem solving** に取り組み、成果を英語で発表する企画を実施したとのこと。**Gifted** ということから、極めて優秀な生徒を特別選抜した高校であると思われる。本学附属中等学校との交流相手として十分ふさわしいのでは無いかと考える。

同日午後 2 時からハノイ大学日本語学部を訪問し、副学部長と面会。ハノイ大学とは既に学術交流協定が結ばれており、これに則った留学生が本学に在籍している。今後も継続して交流を続けることを確認し、本学在學生に関する事務的な情報のやりとりをして面会は終了。

同日夕方はハノイ大学日本語学部の教え子たち（後述）の案内で、ハノイ市内にあるレストランでハイフォン地方の料理を楽しんだ（写真 2）。ハイフォンはハノイから紅河を約 100 キロ下ったトンキン湾に面する港町である。



ハイフォン地方の料理店にて。右側奥からハノイ大学卒業生のザオさんとニユムさん。左側奥から本学の松永、高須。海鮮と揚げ物の春巻きと鍋を堪能しました。

11 月 1 日（日）は、ハノイ大学日本語学部卒業生の案内でハノイ市内の書店を回り、ベトナムの大学 1 回生に相当する学年で使用する数学の教科書と練習問題集 6 冊を入手した。ベトナム語で **Dai So**（アクセント記号無し）が「代数」であることを認識した。どことなく中国語の古い発音が残っているのだと思われる（たとえばベトナム語の「大学」は **Dai Hoc**）。今回購入した教科書は理系女性教育開発共同機構に寄贈。ベトナム語はほとんど理解できないが、数式だけを見れば、我々日本人が使う数学の教科書と大きな違いは無いことがわかる。

私は 2011 年と 2012 年にハノイ大学日本語学部を訪問し、C 言語プログラミングに関する集中講義（日本語）などの活動を行ってきた。このときに教えた学生が社会人としてハノイや東京で仕事に就いており、今も時々連絡を取り合っている。今回のハノイ訪問を伝えたところ数名が集まってくれた。ハノイ滞在中、ハノイ人なら誰でも知っている老舗カフェなどの街の案内や教科書の入手を手伝ってもらい、ハノイに関するいろいろな情報を得ることができた。この場を借りて彼らハノイ大学の教え子たちに感謝したい。

自然科学大学への訪問日程の調整中に、私個人の研究について紹介することになった。とりあえず提供可能な持ちネタ 4 つを先方に送り、どれが良いですか？と尋ねたところ、全部聴きたいという返事が返ってきたので、ハノイ滞在最終日の 11 月 2 日（月）に 4 つの話題を提供することになった。

11 月 2 日（月）午前 9 時から VNU 自然科学大学を再度訪問し、私がとりくんでいる研究について、生物学寄りの 2 件の話題を提供した（それぞれ約 1 時間）。題目は **A spatial modeling of egg mimicry in avian brood parasitism** と **Modeling spatial spread of the pine wilt disease - an individual-based approach** の 2 題（写真 3）。授業と重なっていたため参加者は学部学生約十数名（数学科と生物科学科所属、女子学生 8 割）＋教員スタッフ少数であったが、質疑応答では学生から積極的な質問があり、日本の学部学生と遜色ない理解度であったと感じた（少なくとも英語でのやりとりを通じての印象）。参加した学生に、留学フェアで残った理系女性教育開発機構 **Core of STEM** の英語のパンフレットを配布。事前のセミナー案内を見て参加した女子学生の一人が、奈良女子大で勉強したいです、と言っていたことには驚いた。本当に本学に来てくれれば非常に嬉しいし、今回のハノイ訪問の一番の収穫となろう。

同日午後 2 時から、Vietnam Institute for Advanced Study in Mathematics VIASM (<http://viasm.edu.vn/?lang=en>) を訪問。VIASM は、ベトナム教育訓練省傘下の研究組織で、複数大学の教員が一時的に在籍して研究を行う全国共同利用機構のような組織である。ベトナム人で初めてフィールズ賞を受賞した Ngo Bao Chau (ゴ・バオ・チャウ) 教授が所属している。VIASM はハノイ科学技術大学 (Hanoi University of Science and Technology, HUST) の図書館内に設置されている。VIASM では、より数理的な側面の強い研究について話題を 2 件提供した。題目は、Population dynamics as a point pattern dynamics と Spatial epidemic models as a point pattern dynamics の 2 題 (それぞれ約 1 時間) (写真 4)。セミナー後に VIASM 副所長と面談。今後 VIASM とも学術交流が可能かどうかについて検討をお願いした。

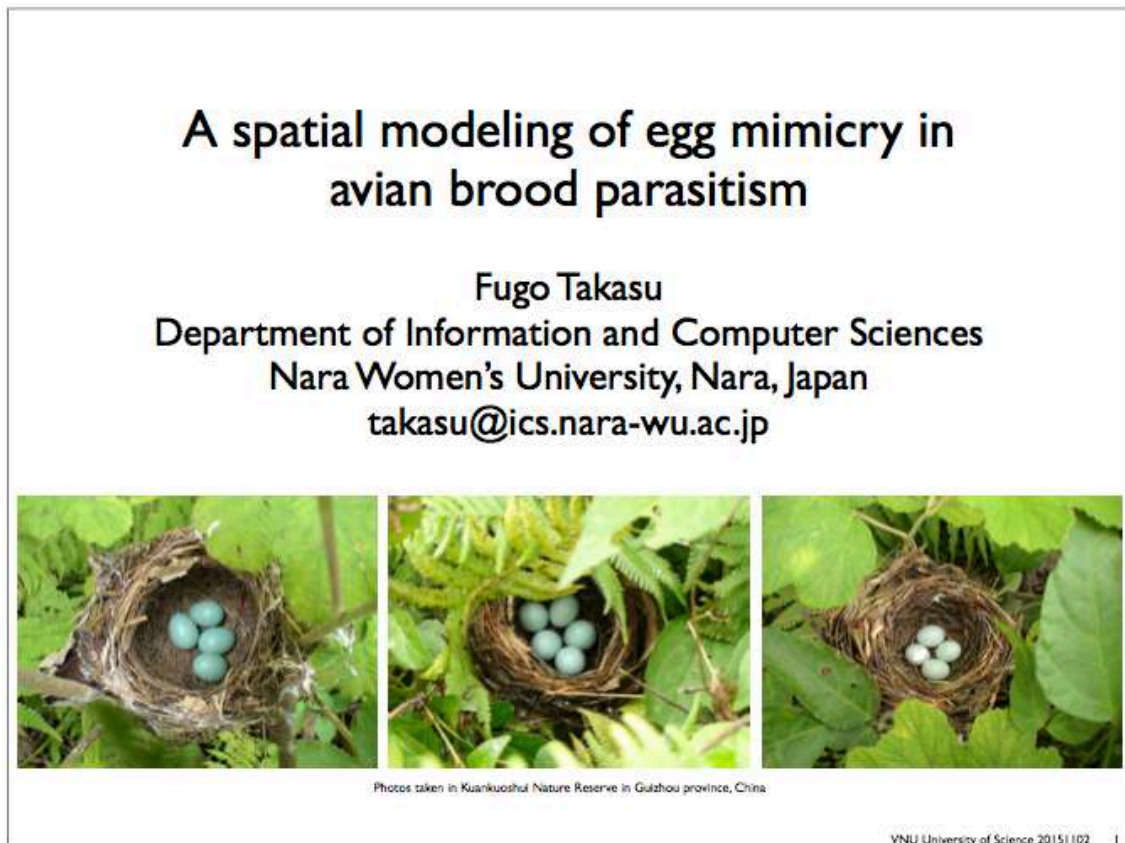


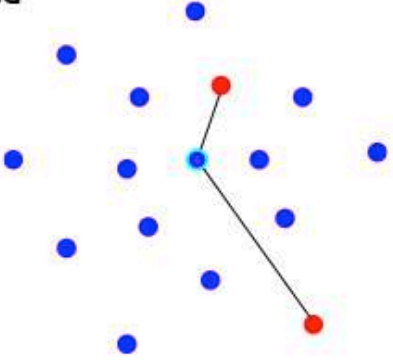
写真 3：鳥類育児寄生における卵色の多型に関する数理モデリング

Infection rate depends on the distance to I

- The rate of a focal S to be infected is given as the sum of infection rates to I in neighbor
- Each S has its own rate to be infected

The rate of a focal individual i (S) to be I

$$\sum_{j \in I} \beta(d_{ij})$$

$$\beta(d) = \frac{\beta_0}{2\pi\sigma_I^2} \exp\left[-\frac{d^2}{2\pi\sigma_I^2}\right]$$


S in blue, I in red

VIASM 2015/102 16

写真 4：点過程としての感染症空間動態に関する発表スライドの一部

セミナーに参加したハノイ科学技術大学 School of Applied Mathematics and Informatics SAMI 所属の研究者とも知り合いになった。彼は自身の研究分野が私に近いことも有り、4つの話題について非常に興味を持ってくれた。また、SAMIの学術交流担当の主任でもあることから、SAMIとしても本学との学術交流を是非とも希望すると言っていた。SAMIとの学術交流も十分可能であると思われる。

同日夜に、多忙で私のセミナーに参加できなかった VIASM 所長とハノイ市中心部のレストランで面会する。この方はベトナム数学会の会長でもあり、九州大学グローバル COE Math for Industry 後継事業にも関わっておられるようで、日本との学術交流に経験が深い。本学との学術的交流を是非とも進めていきたいと意欲を示された。VIASM とも何らかの形で学術交流が可能であると思われる。

夕食後、空港に向かい、深夜便（機中泊）で帰国の途につく。振り返ってみれば、1日に4つの話題を提供したのは今回が初めてである。体力的に決して楽では無いものの、自然科学大学教員との昼食のベトナム魚鍋料理、VIASM 所長と現代ベトナム料理のフルコースをゆっくり味わいながら、研究や研究以外に関するよもや話を楽しんだことを

思えば、疲労感も心地よい。

今回の短い訪問を含めて、ハノイには通算で約 6 週間滞在したことになる。来るたびに新しいビルが建ち、大規模ショッピングモールが新規開店しているハノイでは、急速に発展するベトナム社会を肌で感じる事ができる。少子高齢化の日本とは異なり、ベトナム人口の半数はいわゆる若年層である。豊富な生産年齢人口を基にして、しばらくはこの経済発展は継続すると思われる。同時に、より豊かな生活を実現すべく、高等教育に対する若者たちの期待も大きい。既に欧米をはじめとして日本の多くの大学がベトナムに目を向けている。本学はこの潮流にただ乗っかるのでは無く、女性人材の育成という本学の理念に基づき、派手さはないものの持続可能な貢献が可能では無いかと考える。

今回のハノイ訪問では、ベトナムの理学系分野（特に応用数学分野）の研究者と知己を結べたことが私個人にとっては一番の収穫であった。既に個人レベルで共同研究を展開できる可能性を見いだしており、今後の研究交流を深めてゆくつもりである。

VIASM にはベトナムのトップレベルの数学者が多数在籍しており、本学の教員で共同研究に興味のある方は是非訪問してみることをおすすめする（理系女性教育開発共同機構のお金で）。本学の複数教員が関わることで、個人レベルでは無く先方との組織レベルの持続的な交流が期待できるだろう。今後、組織的な交流を始めるためには、本学と先方との間で学術交流協定を締結する必要があると考える。VNU 自然科学大学、ハノイ科学技術大学 HUST、VIASM 側の担当者と連絡を取り、学術交流協定締結に向けて動き出したい。

学術交流協定以外にも、サマースクールなどの企画を通じて先方大学との交流を深めることが十分可能であると思われる。特に、VNU 自然科学大学の附属高等学校と本学附属学校の共同企画として、ベトナムの高校生を本学に招へい、もしくは附属学校生徒を先方に派遣する企画が考えられる。また、大学学部生・大学院生を対象としたサマースクールも可能であると思われる。先方は総じて本学との学術交流に非常に積極的であり、学術交流のための財政的支援があれば、10 名単位での交流（サマースクール）は十分実現性があると思われる。

本学は第三期中期計画において留学生の 80%増加を謳っている。これまで本学に留学する学生の多くは人文社会学系を志望してきたが、今後は理学系分野での留学生増加が求められると予想する。VNU 自然科学大学、HUST、VIASM との交流は、中期計画

目標達成のための有力な交流相手となりうると考える。総じて先方の反応は非常に好意的かつ意欲的であり、理学系分野における教育研究両面での交流の深化が期待できると感じた。

最後に、留学生を増やすためには、なにより英語での情報発信と英語での授業の充実が欠かせないことを強調しておきたい。今回理学部を紹介する資料を持って行こうとしたが、英語の資料が皆無であることがわかったのは残念である。早急に英語による理学部の紹介（ウェブ・パンフレット）を充実させる必要を痛感した。また、理学系を志すベトナムの学生に対しては、英語の授業が欠かせない。学部・大学院において留学生の履修者がいる場合に英語で講義を行うなどの受け入れ側の体制を強化する必要も痛感した。

また、こうした情報発信と英語での教育と平行して、留学生の受け入れを支援する事務の強化も必須である。受け入れ教員が、留学生の来日のための準備（ビザ取得のための書類書きなど）、来日後の生活のケア（住居の手配、トラブル対応など）、を行うことは現実的では無い（教員は、教育と研究を行うことが本職であると考え）。個人レベルで留学生を受け入れるのならまだしも、大学として数十人単位で留学生を増やすのであれば、留学生の受け入れ・奈良での生活を支援する事務体制の強化が必須であることを今回の訪問で改めて認識した。

§ 6 ベトナム国家大学ハノイ校自然科学大学&附属高等学校訪問記

全学共通 吉田信也

1. はじめに

今回のベトナム国家大学ハノイ校自然科学大学(以下、VNU 自然科学大学)&附属高等学校(以下、HSGS : High School for Gifted Students)訪問のきっかけは、本学理学部の高須夫悟先生が上記の大学を訪問(2015 年 10 月)した際に、HSGS の情報を得たことによる。本学の附属中等教育学校は、3 期目のスーパーサイエンスハイスクール(SSH)の指定を受け、理数教育の研究を進めている。その附属中等教育学校と HSGS が国際交流を行うことは、双方の学校にとってよいのではないかとアドバイがあったのである。

そこで、附属中等教育学校に打診したところ、ぜひ交流を行いたいとのことだったので、副校長の吉田隆先生、SSH 主任の長谷圭城先生と私の 3 人で訪問することになった。理系女性教育開発共同機構(以下、共同機構)の事業の 4 本柱の 2 つとして、中等教育改革プロジェクトとグローバル化推進プロジェクトがある。この 2 つのプロジェクトの一環として、VNU 自然科学大学と HSGS との交流を確立しようと考えたのである。



日程は次の通りである。

2016 年

2 月 24 日(水) 関西空港出発、ハノイ空港到着

2 月 25 日(木) HSGS 訪問(授業・施設見学、交流打ち合わせ)

2 月 26 日(金) VNU 自然科学大学訪問(研究室見学、交流打ち合わせ)
パナソニックリスープ・ベトナム見学

2 月 27 日(土) ハノイ空港出発、関西空港到着

2. HSGS 訪問(2016 年 2 月 25 日)

(1) 教員と顔合わせ・懇談

HSGS に到着後は、まずは応接室兼小会議室のような部屋で、校長先生を含め 5 人の先生方と挨拶と懇談を行い、HSGS の概要を伺った。

1 学年は 450 人であり、1 クラスは 35 人の高等学校である。学校名の High School for Gifted Students からわかるように、優秀な生徒が全国から集まっているようだ。入学試験の倍率は 8~10 倍とのことである



が、実質的に競争になる人数はもっと少ない。寮があり、寮生には優秀な生徒が多く、その生徒たちと学び合えるということで寮に住みたいと希望する生徒が多いとのことである。懇談した部屋の壁の2面には、科学オリンピック(数学、物理、生物、化学、情報)のメダリストの名前がずらりと多数掲示してあった。ちなみに、数学のメダリストは71名とのことである。



全生徒の40%を占める女子生徒については、基礎知識は大丈夫なのだが、高校に進学すると徐々に成績が下る傾向がある、男子生徒のほうが伸びるとのことであった。この辺りは、日本の生徒と似た傾向である。

理系の教員は男性が多く、理科の実験は基礎的なものは附属で行うが、そうでない実験はVNU 自然科学大学へ移動して行うとのことである。そのときはバスで移動して、授業はまとめて大学で行い、附属と大学の教員が協力して指導する。

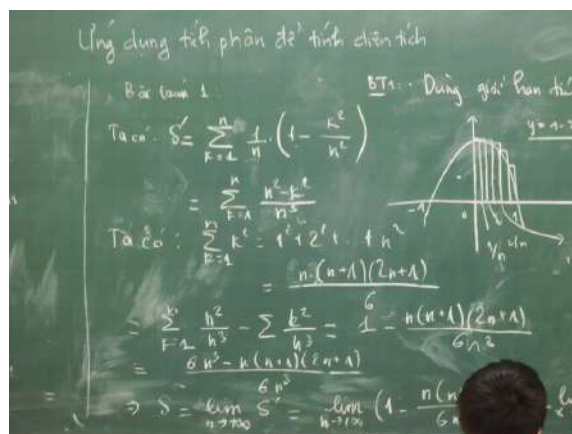
(2) 授業見学

懇談後は、3つの授業を見学した。いずれも教員の講義が中心であり、「昔の」日本の高等学校の授業を思い出してしまった。生徒は懸命にノートを取り、熱心に学んでいたことが印象的であった。

学校は朝早くから始まり、午前中で終了する。ハノイ市は渋滞がひどいので、街に人が出る時間帯に差をつけるためもあるらしい。バイク(日本でいう原チャリ)で通学している生徒もいる。午前中に学校が終了したあと、塾で教える教師もいるそうである。

① 数学(28人のクラスで、女子は7人)

授業の内容は積分であった。日本の高等学校でいうと、数学Ⅱと数学Ⅲを混合して教えているようだ。数学Ⅱの面積の公式を教えたあとに、日本では数学Ⅲで現れる区分求積法を教えている。これらのことを、教師はずっと板書をしながら一方的に講義・説明し、生徒は板書をノートに書き写し、ということが続く。HSGSでは教科書がないとのことなので、教師の板書を写したノートが教科書となるのだろう。他の高等学校は教科書があるとのことなので、HSGSは独自のカリキュラムで教育を行っているようだ。



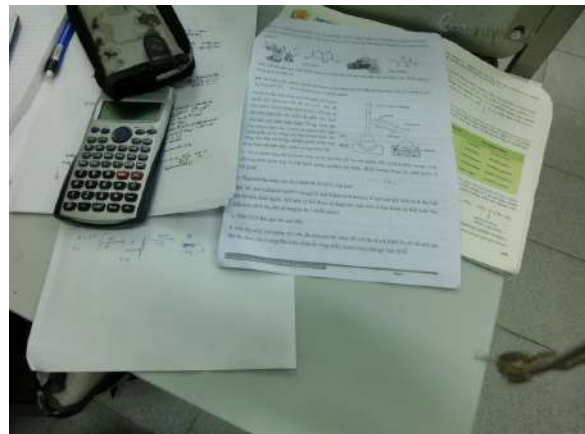
ひたすらノートをとる生徒の横には、1人に1台の関数電卓が置かれていたのが印象的であり、よく利用するとのことであった。日本ではあまり見かけられない光景である。



最後の方で宿題として区分求積法と円の面積の問題が出され、黒板で解くように2名の生徒が指名された。この生徒たちはスラスラと解いていたので、力はあるようだ。解き終わったあとは、他の生徒がその解答に対してコメント行っていた。

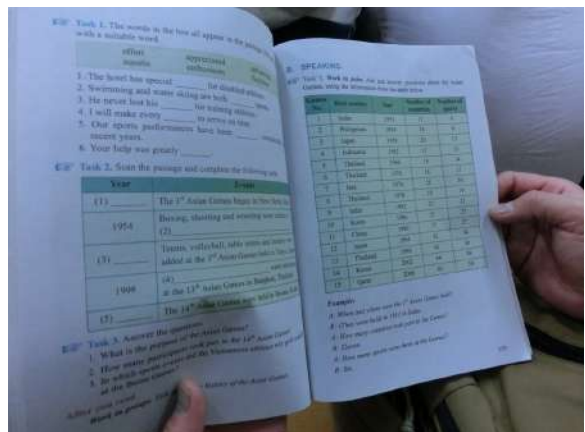
② 化学(25人のクラスで、女子は15人)

この授業は女子生徒が多い。科目が化学であるからだろう。授業は練習問題を解くものであった。教師が問題を読み、宿題をやってきた生徒を指名して黒板で解答させるという授業スタイルであった。2名の生徒が指名されていたが、その生徒たちは優秀なメンバーとして選ばれているようだ。



③ 英語(38人のクラスで、女子は7人)

このクラスは、物理選択者のクラスであり、そのせいか女子生徒が少ない。物理選択者に女子が少ないという日本で起きている現象が、そっくりそのままベトナムでも起きている。これは、一般的なことなのだろうか？ この辺りを究明して解決策を探るのが共同機構の使命の1つであるが、難しい課題だ。



授業は、教師の問いかけに生徒が応えるスピーキングが中心であった。途中から、ラジカセで英語を聞かせるリスニングも入れていた。教科書には Japan, Korea, China などのアジア諸国のことが出ていて、日本の教科書との違いを感じた。実際には、日本でもアジアのことも書かれている部分はあるのだろうけれど、どうしても欧米中心主義を感じてしまうのである。

④ コンピュータ教室の見学

コンピュータ教室には、Windows10 マシンが導入されていた。プログラミング教育が行われていて、使用言語は C++である。C 言語でプログラムを行うのは、社会での利用が多いからだとのことである。



(3) 国際交流の検討

大学から国際交流の担当者も参加し、本学附属中等教育学校と HSGS との交流について検討し、議論を行った。

まず、参加者の自己紹介と、両大学・両附属学校の学校紹介を行った。次に、HSGS からは下記のような話があった。

理数教育の課題については日本とベトナムに共通点が多いこと、科学技術では日本は進んでいるので、ベトナムは日本を意識していて、ベトナムのいちばんいい学校は日本を真似ている。HSGS は大学の附属であり、自由を大切にしている学校で、一般の高校とはカリキュラムが違う。このカリキュラム編成を研究し、実践して成果をあげているのは、卒業生が研究者や大学の教授として活躍していることからわかる。将来的には、英語でのプログラムを作りたい。また、英語で研究成果を発表したり、インターネットで試験を受ける生徒を募集しているので、奈良女子大学附属中等教育学校の生徒も参加してほしい。立命館アジア太平洋大学(APU)とも交流を日本で行っている。

次に、本学附属中等教育学校からは、構想中の「サクラサイエンス」への応募案の説明を行い、HSGS の参加の可能性を探った。HSGS(VNU 自然科学大学)は横浜・東京の高校、北海道大学、APU、シンガポール国立大学等と交流を行っているなど、国際交流には熱心に取り組んでいる。したがって、サクラサイエンスにも参加は可能であるとのことであった。開催候補期間の 9/1～9/8 については、ベトナムの新学期が 9/5 開始なので、8 月がベストであるとの回答であった。また、飛行機代が出なくても、日本に来て参加してもらえるかどうかについては、内容が魅力的であれば可能であるとのことであった。

今後の方向性については、明日の大学訪問の際に詰めることとなった。

最後に、日本では女子生徒の物理選択者が少ない、ベトナムでも同じだと思えるが、



その理由は何だと思うか、と出席していた物理教師に尋ねたが、よく分からないとの返答であった。そのことが課題だと思って深く考えたことがないようであった。通訳をしていていた女性(日本への留学経験がある大学教員)は、数学・物理ができる女性は「冷たい・機械的だ」というイメージがある、と言っていた。これは、日本でも多いイメージであり、アジアあるいは世界共通のイメージなのか・・・と、またまた問題の深さに驚いた。

3. VNU 自然科学大学(University of Science)訪問(2016 年 2 月 26 日)

最初に、タンパク質関係の研究を行っている研究室を 2 ヶ所訪問し、学生たちが実験をしている様子等を見学した。1 つの研究室では、がん治療に役立てる研究を行っている。



その後、立派な来賓を迎える部屋に案内され、前日に昼食に招待してくれた大学の副学長 Linh 先生、国際交流担当の先生、HSGS の物理の先生とで、附属学校間の交流について以下のような打ち合わせを行った。

両校間での研究交流や、HSGS で放課後に行っている国際科学オリンピック用の授業への参加は OK である。オリンピックに参加する生徒は、1 年生のときに予選を行って養成クラスとして 30 人を選抜する。その後、試験の成績によって 15 人に絞ってチームを作り鍛える。その授業に参加するのはいいが、ベトナム語で授業をするので困難はある。時期としては、9 月～12 月、2 月～5 月中旬がよい。ただし、自然観察などのフィールドワークを中心として行い、HSGS の参加が不要であれば、いつもで OK である。自然観察のための特別なツアーコースもあり、他にも文化体験も可能である。



今後、附属学校間の交流をすすめるには、大学間の覚書が必要である。この交流に関しては、VNU 自然科学大学は賛成であり、「形式」としての覚書を交わすことを担当者の Houi 先生が進めていくので心配はない(奈良女子大学と VNU は、1996 年に交流協定を結んでいるが、期限が切れていると思われる。VNU 人文科学大学とは現在、協定は結ばれている)。

本学附属中等教育学校からは、サクラプロジェクトに参加して欲しいが申請が採択されなかったときは、他のプログラムを考えるので参加してほしいと要請した。また、サイ

エンス研究会の数学班を HSGS に連れて来て交流するのについても OK だが、時期としては 9 月末がよいとのことであった。この時期は、附属中等教育学校にとっては苦しいか・・・
以上のように、附属学校間の交流についての大枠は確定した。



午後は、本学附属中等教育学校の生徒がベトナムを訪れたときに訪問する可能性のある施設として、パナソニックリスープアを見学した。これは、パナソニックが運営している理数に関する事柄を楽しく学べる施設であり、東京にも設置されている。実際に体験した感想では、小学生・中学生なら楽しめるが、高校生ではちょっと物足りないだろうと感じた。高校生には、楽しいゲーム等の裏側にある数学的・科学的な理論を考えさせるなどの工夫をして、発展的な場面の設定を行う必要があるだろう。また、ベトナムで展開して地元貢献している企業を訪問するプログラムも、検討課題として考えている。



4. 終わりに

ベトナムは初めての訪問であったが、ハノイ市の活気あふれる状況には圧倒された。バイクと車と人がカオス状態でありながら、滞在中には事故を見ることもなく日常が進んでいく。この人たちはこれから何処へいくのだろう、何をしにいくのだろう、いつまでこの人の流れは続くのだろう、と感嘆する程の人、車、バイクの流れとエネルギーであった。これは、マレーシアでも感じたものであり、日本がたどってきたのと同じような道筋を進むと思われるアジアの国が持つエネルギーなのかもしれない。

HSGS の数時間の授業を見ただけであるが、生徒たちの学ぶ意欲を感じ、昔懐かしい授業形態を見て、これも案外いいかもしれないと思ったりした訪問であった。

今後、奈良女子大学および附属中等教育学校が、VNU 自然科学大学および HSGS と交流を深めて、よりよい理数教育を創造していきたいと考えている。



V ブックレットの発刊

全学共通 吉田信也

理系女性教育開発共同機構では、事業の成果を次の形で発信することを考えている。

- ★テキスト・副読本の発刊
- ★テキスト・副読本の Web での公開
- ★授業ビデオのネット配信
- ★教材等のデジタルアーカイブ
- ★雑誌の創刊

その中の 1 つとして、“LADy SCIENCE BOOKLET” を発刊している。LADy は、
Lovely, Active, Dynamic

の略であり、女性も興味を持つような美しい、能動的で、ダイナミックなサイエンスを目指す志を表明している。

内容は、授業におけるテキスト・資料をまとめたもの、教員の研究成果など様々であるが、中等教育・高等教育における新しい理数教育への提言を含むものである。

2015 年度は、下記の 9 冊を発刊する。昨年度の 4 冊を含めて 13 冊を刊行できたことは本事業における大きな成果の 1 つではないかと考える。ぜひブックレットを手にとりいただき、ご意見・ご批判を頂ければありがたく思います。



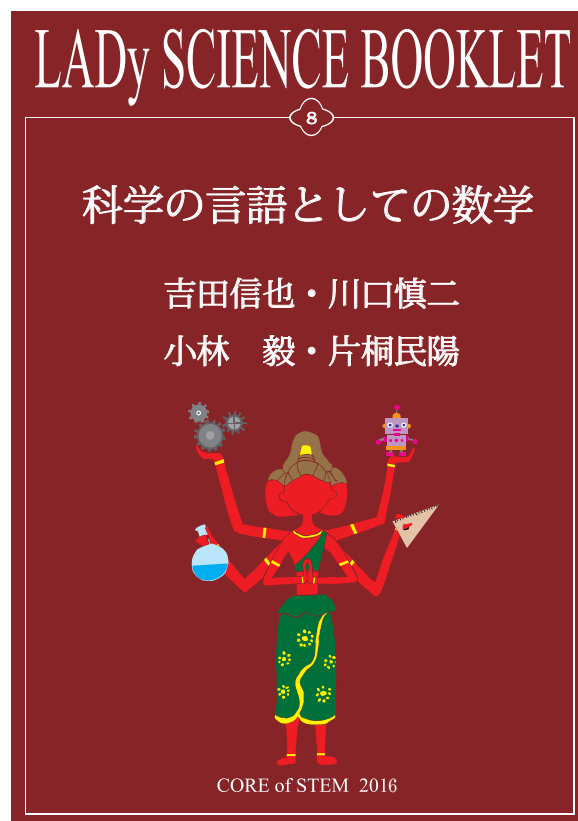
アンケート結果のまとめと分析



来年度の授業のテキスト



今年度の授業のテキストの一部



今年度の授業のテキスト



学部生向けの数学・科学の話題



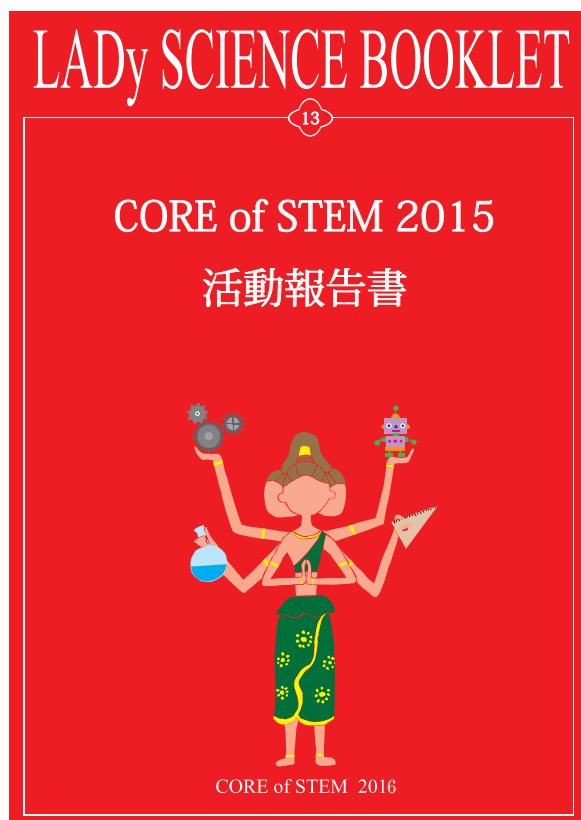
3D プリンターで作成した分子や数学的対象



高校生シンポジウムのまとめ



ノーベル賞に関する講演会のスライド集



理系女性教育開発共同機構 2015 年度報告集

LADy SCIENCE BOOKLET 13
CORE of STEM 2015 活動報告書

2016 年 3 月 31 日発行

奈良女子大学 理系女性教育開発共同機構

CORE of STEM

Collaborative Organization for Research in women's Education of
Science, Technology, Engineering, and Mathematics

〒630-8506 奈良市北魚屋東町

コラボレーションセンター Z207

TEL.&FAX 0742-20-3266

ladyscience@cc.nara-wu.ac.jp
