

## 第5章

### 研究のまとめと今後の課題

## 5. 1 研究のまとめ

筆者は、高等専門学校での数学授業で、生徒の主体的な数学的活動を支援するパートナーとしてグラフ電卓とデータ収集機等のハンドヘルド・テクノロジーを積極的に活用してきた。このパートナーは、決して自分から生徒に働きかけはしないが、生徒がハンドヘルド・テクノロジーに主体的かつ積極的に働きかけることにより、生徒とハンドヘルド・テクノロジーとの間により良いパートナーシップが生じる。この関係により、規則や性質を発見しようとする数学的活動の萌芽が生徒に起こり、規則や性質の数学化、仮説の検証・修正、数学的考察・処理、数学的結果の検証など、全ての数学的活動がハンドヘルド・テクノロジーとの「対話」によって行われるものと考えた。このように、生徒とハンドヘルド・テクノロジーとの間により良いパートナーシップを築くことにより、生徒自らの力で既習事項を関連づけながら数学を発展的に創り出す創造的な授業が展開できると考えた。

上記の考えを実際の授業で明らかにするため、本研究では以下の2点を研究の目的とした。

- (1) ハンドヘルド・テクノロジーを活用した数学的活動において、生徒が発見した多様な規則や考え方を授業に積極的に活用し、既習の数学的知識・技能・考え方や関連づけることによって、授業がより発展的に展開できることを実証的に明らかにする。
- (2) 個々の生徒がどのようにハンドヘルド・テクノロジーと対話をしながら数学的活動を行っているのかについて、生徒が記述したレポートを基に明らかにする。

これらの研究目的を達成するために、本研究では2つのタイプにおける数学的活動〔①通常の数学授業での数学的活動、②総合学習での数学的活動〕の教材を開発し、実際の授業での生徒の活動・反応や生徒が記述したレポート内容を分析することで、ハンドヘルド・テクノロジーを活用した数学的活動の有効性を明らかにした。以下、各章ごとに研究のまとめを総括的に述べる。

第1章では、我が国の高等学校の数学教育における現状と課題について、①高校生の数学学力、②数学学習における高校生の意識、③教師の数学指導状況、の三つの観点について分析・考察した。

その結果、現在の高校生の数学に関する学力は低下の傾向にあり、学校外での学習時間が少なく、数学に対する好感度が低い傾向にあることが明らかになった。しか

し、その反面、高校生は自分のために「勉強をしたい」という学ぶ意欲を持ち、数学の問題を解くときは以前に解いた解法を参考にし、解けない場合はあきらめずに解けない原因をふり返って問題解決していることが分かった。次に、教師の数学指導状況は、理解が不十分な生徒に対する指導は熱心であるが、教師が作業的・体験的な活動を取り入れた授業、コンピュータを活用した授業、さらに実現象と関連づけた授業が行われていないことが分かった。

一方、現行の学習指導要領は、「数学的活動」や「総合的な学習の時間」を取り入れることにより、生徒が自ら学び自ら考える力や創造性の基礎となる力を育成する教育の質的な変換を図っている。つまり、この質的な変換により、生徒の数学学習に対する興味・関心をもたせ、さらには学習への意欲を高める指導を我々数学教師に期待している訳である。しかし、教師の数学指導状況の現状を考えると、「数学的活動」や「総合的な学習の時間」を実施するためには、作業的・体験的な活動を取り入れた授業、コンピュータ等のテクノロジーを活用した授業、さらには実現象と関連づけた授業に関する教材開発と評価を目的とした実践的研究を行なうことが今後の大きな課題であると筆者は考えた。

以上の考察に基づいて、上記に示した本研究の目的を設定した。

第2章では、テクノロジーを活用した数学的活動の特徴と課題について、先行研究をもとに分析・考察した。

はじめに、本研究で取り扱う①数学的活動の捉え方と、②数学的活動を支援するテクノロジー活用方法について考察した。その結果、本研究で取り扱う数学的活動とは、生徒の主体的な数学的活動を中心に授業を展開し、さらに、生徒が発見した規則や性質を教師主導の数学的活動で積極的に活用しながら、両方の数学的活動が相互に補完する形で授業を発展的に展開する活動として捉えることにした。特に、生徒が主体的に行う外的な数学的活動では、生徒の内面に「なぜだろう?」「不思議だな?」「調べてみたい!」といった知的好奇心を引き起こすための教具として、グラフ電卓とデータ収集機等のハンドヘルド・テクノロジーを活用することにした。これらのハンドヘルド・テクノロジーは、知的好奇心を引き起こすだけではなく、生徒がハンドヘルド・テクノロジーとより良いパートナーシップを築き上げることにより、生徒はハンドヘルド・テクノロジーと対話を繰り返しながら、外的な活動と内的な活動を相互に作用した数学的活動を行うことができると考えた。このような生徒主体による数学的活動を通して、生徒は身近な事象から規則や性質を発見し、さらに、既習事項と関連づけながら自らの力で数学を創り出す創造的な授業が展開できると考えた。

次に、タイプ1の数学授業で活用するグラフ電卓の研究成果と課題を、①生徒の数

学的活動，②教室における生徒・教師・グラフ電卓の相互作用，③グラフ電卓の誤表示による誤認識の弊害，の三つの観点について明らかにした．第1の観点では，先行研究の調査結果から，1986年に世界で初めて開発されたグラフ電卓が米国の数学教育で積極的に活用されていることが先行研究から明らかになった．一方，我が国では，1993年に初めて紹介され，最初の3年間は研究授業やトピック的な授業が行われ，さらに，1996年を境に，実際のカリキュラムに位置づけられた数学授業での活用，文部省の学習指導要領での推奨，教科書の出版など，数学授業におけるグラフ電卓活用の基礎が整いつつあることが分かった．しかし，グラフ電卓を活用した教材の不足，教師教育，財政面の問題等によって，実際の学校現場ではあまり活用されていないことも明らかになった．第2の観点のグラフ電卓活用の利点に関しては，①グラフ電卓の効果的な活用方法と②教室内での数学的活動への影響について先行研究をもとに考察した．グラフ電卓の活用方法は，1)帰納的な数学的活動による規則・性質の発見，2)多表現の関連づけによる理解の深化，3)生徒の主体的な数学的活動による数学間のつながり，の三つの方法が効果的であることが分かった．また，教室内での数学的活動への影響については，教師主導型の授業が減り，オープンエンドな問題解決，発見学習における生徒の主体的な数学的活動が増え，さらに，それらの活動は，生徒同士，教師，テクノロジーとのコミュニケーションによって活性化された授業活動が展開できることが明らかになった．第3の観点では，グラフ電卓の液晶の制約や性能上の問題による誤表示の原因と教育的利用について先行研究をもとに考察した．その結果，佐伯（2004c）の研究から，グラフ電卓の誤表示を逆に利用することで，生徒に興味・関心を持たせながら矛盾点を数学的に解決する指導が可能であることが明らかになった．

最後に，本研究におけるタイプ2の数学的活動，つまり，日常的な事象，自然現象，社会現象等の実現象と数学とをつなげる数学的活動に焦点を絞り，①数学的モデリングの捉え方と課題，②数学的モデリングにおけるテクノロジー活用の意義と課題，③数学的モデリング研究におけるハンドヘルド・テクノロジーの活用方法，④我が国のハンドヘルド・テクノロジーを活用した数学的モデリングの実践研究，について考察した．第1の観点の数学的モデリングの捉え方と課題では，数学的モデリングの研究動向，「数学的モデル」と「数学的モデリング」の定義，数学的モデリングの重要性と課題について考察した．その結果，数学的モデリングの課題は，カリキュラム，教師，生徒の三つの何れの面も十分に解決されていないことが明らかになった．第2の観点では，数学的モデリングにおけるテクノロジー活用の意義と課題を考察した．テクノロジー活用の意義は，1)データ収集の補助，2)実データ解析の補助，3)シミュレーシ

ョンによる実験・探究の補助，の三つに集約されることが分かった．一方，テクノロジー活用の課題として，1)基本的な計算やグラフの技能・能力の低下，2)実際の実験や実物の代用として提供された場合の現実性の喪失，3)単なるボタンプレッシングに置き換えてしまう可能性，4)現象を熟考する本来の活動がテクノロジーに集中することで阻止される可能性，が指摘されているが，現状ではこれらの課題が十分に克服されたとは言えないことが明らかになった．第3の観点の数学的モデリング研究におけるハンドヘルド・テクノロジーの活用方法では，1)データ収集の補助，2)実データ解析の補助，3)シミュレーションによる実験・探究の補助，として有効に活用できることを明らかにした．第4の観点の我が国のハンドヘルド・テクノロジーを活用した数学的モデリングの実践研究では，我が国で公表された先行研究をレビューした．その結果，何れの実践研究においても，数学的モデリング過程の適材適所でハンドヘルド・テクノロジーを適切に活用し，個々の生徒及びクラス全体が積極的に数学的活動を行っていることが明らかになった．このことから，我が国における実践研究は，数学的モデリングにおける生徒の課題とテクノロジー活用の課題がある程度克服されていることが分かった．しかし，数学的モデリングにおけるカリキュラムに関する課題と教師に関する課題は，これから克服すべき課題として依然として残っていることも明らかになった．

第3章では，タイプ1の数学的活動における授業内容とその成果について記述した．実際に実践した数学的活動は，①単元の導入時に行った数学的活動〔極限の実践〕，②単元の授業中に学習している内容をより深く理解するための数学的活動〔極座標の実践〕，③単元のまとめや発展的な学習としての数学的活動〔3次関数の実践〕，の3つの種類である．これらの実践について，グラフ電卓を活用した教材を開発し，実際に授業を行い，生徒のレポートを基に生徒の数学的活動を分析した結果，以下のことが明らかになった．

- (1) 授業の導入時での極限に関する数学的活動では，生徒が掴んだインフォーマルな概念・考え方を授業に活用し，数学的な定義と記号に置き換えながら授業を行うことができた．グラフ電卓活用による生徒のインフォーマルな理解とフォーマルな数学的理解との数学的なつながり（connections）は，NCTM（1989）のスタンダードで強調されているが，我が国で実証的に明らかにした実践は本研究が初めてである．
- (2) グラフ電卓を活用した主体的な数学的活動では，生徒は多様な規則を発見し，既習の知識・技能を総合的に活用しながら問題解決を行うことができた．さらに，発見した規則が成り立つ理由を生徒自らが数学的に考察するオープンエンドア

プーチ的な授業を展開することができた。グラフ電卓を活用したオープンエンドアプローチ的な数学的活動の研究報告は、我が国では西村（1996）の実践研究が特徴的である。西村の実践では、オープンエンドな課題から得られた多様な関数関係を解決する道具としてグラフ電卓が活用されたのに対して、本研究では、多様な規則を発見する段階から問題を解決する段階までの全ての段階において、グラフ電卓を活用したオープンエンドアプローチ的な数学的活動が展開できたとと言える。

- (3) 発見した規則が成り立つ理由を生徒自らが考察し記述することにより、既習の知識・技能を総合的・発展的に活用する機会を生徒に与えることができた。
- (4) グラフ電卓の誤表示の原因を生徒自らが追究することで、生徒は誤表示によるグラフの誤認識を自らの力で回避することができた。これに関する実証的な研究は、我が国におけるテクノロジー活用の研究では例がない。
- (5) 生徒の主体的な数学的活動では、生徒は数学的活動のパートナーであるグラフ電卓との対話を行うことで、外的な数学的活動と内的な数学的活動を相互に作用させながら、生徒が発見した数学的内容を創り上げる創造的な活動を行うことができた。生徒とグラフ電卓との対話の重要性を実証的に示した研究報告は、我が国では片岡（1996）以外には見られない。片岡の実践研究では、生徒が作成したグラフとグラフ電卓が表示したグラフが異なった場合、生徒に認知的葛藤が生じ、その結果、手計算とグラフ電卓との往復を繰り返すことで、生徒が問題解決の新しい視点を発見したことを報告している。これに対して、本研究では、多様な規則を発見する段階から問題を解決する段階までの全ての数学的活動において、生徒はグラフ電卓を数学的活動のパートナーとして、対話を繰り返しながら、自らの力で数学を高めていく創造的な数学的活動を行ったことが明らかになった。

第4章では、数学と物理とを関連づけた総合学習「数物ハンズオン」の概要と実践の成果について述べた。「数物ハンズオン」は、平成8年度に全国に先駆けて実施した総合学習である。さらに、「数物ハンズオン」で取り扱っているテーマ群は、ハンドヘルド・テクノロジーを活用した数学的モデリング過程の能力の育成を考慮して構成されており、カリキュラムに位置づけられた数学的モデリングの授業は、我が国で初めての実践である。その結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 2年間の「数物ハンズオン」を受講した生徒を対象に調査したアンケート結果から、実験結果を数式(数学的モデル)で表すことの有用性に関する生徒の意識は、3テーマ終了時に対して7テーマ終了時の方が向上していたことが分かった。特に、「数式から未来が予測できる」と「数式の物理的意味が分かる」といった内

容を記述した生徒が増えていたことが分かった。これまでの実践研究は、1つの実践を行ったあとに調査した生徒の意識・態度から結論づけているのに対して、長期間の実践における生徒の数学に対する有用性の意識を調査した研究は、我が国では初めてである。

- (2) グラフ電卓の回帰モデル機能で算出した複数の数学的モデルの妥当性と、最適な数学的モデルを選択する数学的活動では、生徒たちは自らの考えで①妥当性の検討基準の設定、②現実場面との対比による検討、③二つの数学的モデルの併用、など多様な検討を行っていた。この数学的活動では、グラフ電卓をブラックボックスとして扱うのではなく、グラフ電卓に表示された数学的モデルを生徒自身の自由な発想で検討する道具として取り扱った。そのため、生徒達は自由な発想でグラフ電卓と対話をしながら、数学的モデルの妥当性の検討とより良いモデル化の検討を行っていたことが分かった。この結果、本教材での手法は、ハンドヘルド・テクノロジーの活用によるボタンプレッシングの危険性を解消する一つの教育的方法を示唆するものと考えられる。
- (3) 「お湯の冷め方」実験では、グラフ電卓の回帰モデル機能で得られた数学的モデルを現実場面と関連づけながら評価・解釈し、最終的には生徒自らの考えで数学的モデルを修正することができた。グラフ電卓の回帰モデル機能には制限があるため、現実現象に適した数学的モデルが得られるとは限らない。しかし、生徒たちはグラフ電卓が算出した数学的モデルを鵜呑みにしないで、現実にお湯が冷める現象とグラフ電卓の結果を関連づけながら数学的モデルを修正した。グラフ電卓の回帰モデル機能が算出した数学的モデルを修正した事例は、Zbiek (1998) が教員志望の大学生を対象にした実践研究以外には報告されていないが、本研究の成果により、高校生でもグラフ電卓が算出した数学的モデルと現実場面と関係づけながら数学的モデルの修正ができることが明らかになった。

第3章と第4章で示した実践的な研究結果から、テクノロジーを活用した数学的活動は、生徒とテクノロジーとの間により良いパートナーシップを築くことにより、生徒自らの力で既習事項を関連づけながら数学を創り出す創造的かつ発展的な授業が展開できることが実証的に明らかになった。

## 5. 2 今後の課題

本研究の実践的な調査結果から、テクノロジーを活用した数学的活動は、生徒とテクノロジーとの間により良いパートナーシップを築くことにより、生徒自らの力で既習事項を関連づけながら数学を創り出す創造的かつ発展的な授業が展開できることが明らかになった。

しかし、実践を通じて幾つかの課題が明らかになった。特に3次関数の分類の数学的活動では多くの課題を残したが、これらはテクノロジー活用の実践研究を行う上で避けては通れない課題であると筆者は考える。

### (1) 多表現を関連づけた数学的活動の効果的な指導

3次関数のグラフの種類を調べる数学的活動では、グラフ電卓の即時性・簡易性によって生徒は沢山の3次関数を実験・観察していた。しかし、グラフ電卓の利点が逆に、生徒の数学的活動を困難にさせた事実も明らかになった。例えば、代数計算が複雑になったことによる計算ミス、グラフ電卓の誤表示による生徒の誤解、さらに、視覚的な観察で終わってしまう生徒の活動である。

計算ミスに関しては、生徒は3次関数の係数を自らの考えで自由に設定できるため、導関数が整数の範囲で因数分解できない事例など、代数計算が複雑になったために計算ミスをした生徒が多かった。この課題に対して、生徒が代数計算で算出した結果を、グラフ電卓の数値的機能やグラフ的機能を関連づけながら代数的に検証する態度を育成する必要がある。また、数式処理システムを活用することによって、計算結果を検証する方法も考えられる。

次に、グラフ電卓の誤表示による生徒の誤解と、視覚的な観察で終わってしまう生徒の活動に関しても、グラフ電卓に表示された結果を鵜呑みにしないで数学的に検証する態度を育成する必要がある。そのためには、グラフ電卓の数値的機能やグラフ的機能を関連づけながら代数的に検証する活動を指導することが解決の一つだと考える。このため、生徒たちが自分で発見した規則が真であることを数値的表現、グラフ的表現、代数的表現による多表現を関連づけながら考察し、その結論を数学的に記述することの有用性を生徒に感じさせる指導方法の開発が今後の課題である。



### (2) 関数族の探究における効果的な探究方法に関する指導

グラフ電卓の有効的な活用方法の一つとして、関数族の探究があげられる。3次関数の探究では、4つの係数を効果的に変更することが必要とされるが、本研究における数学的活動では、複数の係数を同時に変更する場当たりの探究をした生徒が多かった。このため、関数族の探究の数学的活動において、各係数を闇雲に変更することの不効率と信頼性に欠けることを生徒に認識させ、変更する係数を1つに決定して他の係数を固定する探究の有効性を理解させる指導方法の開発が今後の課題である。

### (3) 生徒の数学的活動を的確かつ迅速に評価する手法の改善

本研究では、生徒の数学的活動の反応を次回の授業に反映することを目的に、授業における数学的活動の評価方法は、生徒のレポート内容を分析する手法を採用した。そのために、授業が終了してから次回の授業までの間に、生徒のレポート内容を詳細に分析し、その分析結果をまとめ、OHPや生徒への配布資料を作成するなどの多くの作業を必要とした。その結果、生徒の発見した規則・法則、さらには、生徒独自のインフォーマルな解決方法を授業で取り扱いながら授業を発展的に展開することができた。

しかし、レポート分析の作業量は膨大で、かなりの時間を要した。また、時間の関係上、生徒の素晴らしい反応を見落としてしまったことも幾度かあった。これは、数学的活動における生徒の反応と、生徒が発見する規則・性質が事前に想定したもの以上であったことが原因である。このため、生徒のレポートを正確に敏速に分析する手法を確立することが今後の課題である。その一つの方法として、本研究におけるレポート分析から得られた知見、生徒の反応、規則・性質を参考にした教材開発と実践・評価を継続的に行うことで、生徒の数学的活動を的確かつ迅速に評価するために有効なデータを蓄積していくことが重要であると考えられる。

### (4) 生徒の数学的活動における認知的行動の評価

本研究では、生徒が記述したレポート内容やプレゼンテーション内容をもとに生徒の数学的活動を分析した。その結果、前節で述べたように、生徒の発展的で創造的な活動が分析できたが、生徒の数学的活動中における認知的行動や意思決定等の詳細が、この手法では分析できなかった。このため、生徒の数学的活動をビデオで収録し、生徒の活動を詳しく分析することが今後の課題である。

## 謝辞

本論文をまとめるにあたり、丁寧で適切なお指導とお援助をいただきました上越教育大学の黒木伸明教授に深く感謝致します。黒木教授には「自分の匂いを出しなさい。」と終始お教授していただき、この3年間はまさに「自分の匂い」探しの研究活動であったと思います。この間の研究活動は、本論文で主張している「いきいきと行動する研究活動」であったかどうかは定かではありません。しかし、多くの先生方のお指導とお支援、さらに、多くの先行研究の調査を通して、自分でも気づいていなかった「自分の匂い」が徐々に明らかになり、その結果、「自分の匂い」の一端を本論文に書き留めることができたことは、筆者にとりましてこの上にもない喜びであります。この間、随分と回り道をしましたが、最後まで温かく見守っていただきました黒木教授にあらためて感謝の意を表します。

大学院博士課程在学中、今日までの研究活動に際して、有益なお指導とお励ましをいただきました鳴門教育大学の斎藤昇教授、上越教育大学の西山保子教授、上越教育大学の溝上武實教授に深く感謝いたします。

筆者が勤務する金沢工業高等専門学校校長・堀岡雅清教授には、兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科への内地留学を快く許可していただきました。さらに、堀岡校長には、本校における勤務面でいろいろご配慮をしていただきましたことを深く感謝いたします。前教務主事・佐藤守教授、現教務主事・杉森勝教授には、日常の授業面でのご配慮をしていただきましたことを深く感謝いたします。研究主事・山田弘文教授には、内地留学を決める際に多くの助言をいただきました。さらに、在学中には終始励ましのお言葉をかけていただきましたことを深く感謝します。数学教室主任・青木敏彦教授には、数学教室での日常の業務面でいろいろとご迷惑をお掛けしたにもかかわらず、数学教室の和やかな雰囲気を終始作っていただきましたことを深く感謝いたします。欧文論文執筆及び国際会議発表の準備には、英語教室のドリーン・ゲイロード助教授、ブルース・ゲイロード講師、松下臣仁講師に多大なお協力を得ましたことを深く感謝いたします。更に、事務局長・宮西瑞子氏をはじめ事務局の方々には、いろんな面でお世話していただきましたことを深く感謝いたします。

本論文における実践の一部であります「数物ハンズオン」を実施するにあたり、堀岡雅清校長と当時の教務主事・槻橋正見教授（現金沢工業大学工学設計教育センター・教授）には、米国での現地調査とカリキュラム設計等で多大なお指導とお支援をして

## 謝辞

いただきましたことを深く感謝いたします。米国での現地調査では、我々の質問等に懇切丁寧にご回答していただきましたオハイオ州立大学の Demana F. 教授, Waits B.K. 教授, Laughbaum E. 教授に深く感謝いたします。また、米国での現地調査に同行していただきました当時の教務主事・槻橋正見教授, 理科教室・作宮和泉教授, 英語教室・向井守教授に深く感謝いたします。「数物ハンズオン」の教材開発, 授業実施, 評価, 研究活動にあたり, 氏家亮子講師には多大なご協力を得ました。我が国では前例のない教材を開発するにあたり, 氏家亮子講師との共同作業及び議論は, 筆者の教師観・指導観に大きな影響を及ぼしましたことは疑いありません。ここに感謝の意を表します。

内地留学を許可していただきました金沢工業大学学園理事長・泉屋利郎氏, 同大学学園常務理事・泉屋吉郎氏をはじめ役員の方々に深く感謝いたします。そして, 日頃から研究に関してご支援していただきました同大学学園・研究支援機構・事務局長・岩下信正氏及び研究企画課長・柿本昭博氏に深く感謝いたします。また, ご氏名を揚げるのができませんでしたが, 金沢工業高等専門学校の教職員一同, 及び, 金沢工業大学学園の教職員の方々に様々なご協力をいただきましたことを感謝いたします。

これまで筆者を育ててくれました両親・典彦, 喜美子, 祖母・くに に感謝します。そして家族である妻・祐子, 息子・啓介, 愛犬・ハッピーに感謝いたします。妻・祐子は, 筆者の健康面と精神面を終始気遣ってくれました。息子・啓介は, 筆者の趣味であるサッカーの話題を常に提供してくれました。さらに, 彼の部活動や勉学に対する努力に筆者は励まされました。そして, 愛犬・ハッピーは, 筆者の健康を考えて毎朝散歩に誘ってくれました。家族あつての自分がここに存在することをあらためて認識いたしました。心から感謝します。

最後に, 本研究の主役である生徒達に感謝します。筆者の拙い授業にも関わらず, 彼らは真剣に応えてくれました。そして, 彼らの素晴らしい数学的活動は筆者に勇気を与えてくれました。また, 彼らが教えてくれたことは大きな宝となりました。あらためて生徒達に感謝いたします。

筆者の匂い探しの旅は漸く第1章の幕を閉じようとしています。しかし, 新たな章から始まる新たな旅は, 筆者の匂いの真価が問われる旅であることは疑いありません。これまでにご指導ご支援をしていただきました方々への感謝のしるしとして, これまで以上に精進することを誓い, ここで一旦筆を擱くことにします。

平成 17 年 1 月 1 日

金沢の自宅にて新雪を眺めながら

## 研究業績

### 1. 在籍中の研究業績（2002年4月～2004年12月）

#### ★ 学術論文 ★

- 1) 佐伯昭彦, 氏家亮子 (2003). 「数学と物理とを統合したクロスカリキュラム型授業の教育効果」. 工学教育. Vol.51. No.1. pp.109-114.
- 2) 佐伯昭彦, 氏家亮子 (2003). 「数学的モデル化過程における学習者の実データ解析方法ー「お湯の冷め方」実験での数学的モデルの解釈・評価・より良いモデル化ー」. 日本数学教育学会誌. 数学教育. 第85巻. 第3号. pp.12-21.
- 3) 佐伯昭彦, 氏家亮子 (2003). 「数学的モデルの妥当性に関する学習者の検討方法ー一回帰モデル機能を用いたより良いモデル化ー」. 日本科学教育学会誌. 科学教育研究. Vol.27. No.5. pp.354-361.
- 4) 佐伯昭彦, 黒木伸明 (2004). 「極限の概念をインフォーマルに理解する数学的活動ーグラフ電卓を活用した数学的活動ー」. 日本数学教育学会誌. 数学教育. 第86巻. 第9号. pp.13-20.
- 5) 佐伯昭彦, 黒木伸明 (2004). 「グラフ電卓を活用した極座標における正葉曲線に関する数学的活動とその有効性」. 日本科学教育学会誌. 科学教育研究. Vol.28. No.5. pp.325-334.

#### ★ 口頭発表 ★

- 1) 佐伯昭彦, 他9名 (2002). 「中高生のための実験数学入門ー自然の中に潜む数理の不思議を探ろう!ー」. Teachers Teaching with Technology Japan 第6回年会論文集. Vol.6. pp.124-125.
- 2) 佐伯昭彦 (2002). 「極座標のグラフの探究における数学的つながり」. 日本科学教育学会第26回年会論文集. Vol.26. pp.363-364.
- 3) 氏家亮子, 佐伯昭彦 (2002). 「数学と物理とを関連づけた実験・観察型授業(7)ーコンデンサーの充電・放電とグラフの移動ー」. 日本科学教育学会第26回年会論文集. Vol.26. pp.411-412.
- 4) 佐伯昭彦 (2002). 「多表現を関連づけた極座標のグラフの問題解決ー代数的表現, 数値的表現, グラフ表現と直観の関連づけー」. 第51回北陸四県数学教育研究大会. Vol.51. p.62.

- 5) 青木敏彦, 佐藤守, 佐伯昭彦, 氏家亮子 (2002). 「ここ数年の高専生の数学学力に関する動向と対応」. 第 51 回北陸四県数学教育研究大会. Vol.51. p.58.
- 6) 佐伯昭彦, 黒木伸明 (2003). 「グラフ電卓を活用した極座標のグラフ学習における数学的活動」. 日本科学教育学会第 27 回年会論文集, Vol.27. pp. 267-268.
- 7) 佐伯昭彦, 氏家亮子 (2003). 「観察・実験を重視した数物総合学習の教育効果」. 日本数学教育学会誌・第 85 回総会・特集号. Vol.85. p.421.
- 8) 佐伯昭彦, 黒木伸明 (2003). 「極限の概念形成を促す数学的活動に関する一考察」. 第 36 回数学教育論文発表会論文集. Vol.36. pp.439-444.
- 9) Saeki A., Ujiie A., and Kuroki N. (2004). "Students' Analysis of the Cooling Rate of Hot Water in a Mathematical Modelling Process". ICMI (the International Commission on Mathematical Instruction) Study 14. Pre-Conference Volume. pp.235-240.
- 10) 佐伯昭彦, 氏家亮子, 槻橋正見 (2004). 「テクノロジーの長所・短所を補完する実験観察型の総合学習(1) -数学と物理を統合した「ボールのバウンド」実験-」. 工学・工業教育研究講演会講演論文集. pp.625-626.
- 11) 氏家亮子, 佐伯昭彦, 槻橋正見 (2004). 「テクノロジーの長所・短所を補完する実験観察型の総合学習(2) -数学と物理を統合した「コンデンサーの充電・放電」実験-」. 工学・工業教育研究講演会講演論文集. pp.627-628.
- 12) 佐伯昭彦, 他 8 名 (2004). 「振り子の実験における生徒の数学的モデルの作成と検証方法」. 日本科学教育学会第 28 回年会論文集, Vol.28. pp.293-296.
- 13) 佐伯昭彦, 黒木伸明 (2004). 「グラフ電卓のグラフ的誤表示の原因に関する生徒の分析方法」. 日本科学教育学会第 28 回年会論文集, Vol.28. pp.377-378.
- 14) 氏家亮子, 土田理, 佐藤一, 佐伯昭彦 (2004). 「ハンドヘルド・テクノロジーを活用した数学と物理の総合学習」. 日本科学教育学会第 28 回年会論文集, Vol.28. pp.635-636.
- 15) 佐伯昭彦, 黒木伸明 (2004). 「テクノロジーの性能による誤り現象を授業に活かす方法について」. Teachers Teaching with Technology Japan 第 8 回年会論文集, Vol.8. pp.32-35.

## 2. 在籍以前で学位論文に関連する学術論文・著書・雑誌

### ★ 学術論文 ★

- 1) 佐伯昭彦, 氏家亮子 (1998). 「数学的モデリングを重視した総合カリキュラムー身近な物理現象を数学的にモデル化する授業ー」. 日本数学教育学会誌. 数学教育. 第 80 巻. 第 9 号. pp.10-18.
- 2) Saeki A. and Ujiie A. (2001). “A Cross-Curricular Integrated Learning Experience in Mathematics And Physics”. Community College Journal of Research and Practice. Vol.25. pp.417-424.

### ★ 著書 ★

- 1) 佐伯昭彦 (1995). 「二次関数におけるコンピュータ活用」. 中学校数学科教育実践講座 刊行会編. CRECER 中学校数学科教育実践講座 第 8 巻「関係性をとらえる関数」. ニチブン. pp.175-181.
- 2) 佐伯昭彦 (1995). 「経験的確率を探究するためのコンピュータ活用」. 中学校数学科教育実践講座 刊行会編. CRECER 中学校数学科教育実践講座 第 9 巻「関係性をとらえる関数」. ニチブン. pp.159-165.
- 3) 佐伯昭彦 (1995). 「工業高等専門学校における三角関数の指導ー三角関数のグラフ学習用教材を使ってー」. 一松信監修. グラフ電卓を数学にー活用の意義と教材集-. 教育社. pp.59-64.
- 4) 佐伯昭彦 (1995). 「三角関数ー媒介変数を使って正弦曲線の単位円モデルを拡張しようー」. 一松信監修. グラフ電卓を数学にー活用の意義と教材集-. 教育社. pp.136-140.
- 5) 佐伯昭彦, 磯田正美, 清水克彦編 (1997). テクノロジーを活用した新しい数学教育ー実験・観察アプローチを取り入れた数学授業の改善-. 明治図書.
- 6) 佐伯昭彦, 氏家亮子 (1999). 「数学と他教科を関連づけたクロスカリキュラムの試み」. 日本数学教育学会編. 日数教 YEARBOOK 「算数・数学のカリキュラムの改革へ」. 産業図書. pp.293-308.

★ 雑誌 ★

- 1) 佐伯昭彦 (1996) . 「テクノロジーを用いた実験・観察アプローチ (2) 媒介変数を使った三角関数のグラフの指導／その実践」. 教育科学・数学教育. 明治図書. No.459. pp.95-103.
- 2) 佐伯昭彦 (1996) . 「テクノロジーを用いた実験・観察アプローチ (3) グラフ電卓の性能の制約を逆利用した三角関数の指導／その実践」. 教育科学・数学教育. 明治図書. No.460. pp.100-107.
- 3) 佐伯昭彦 (1996) . 「米国の教育におけるテクノロジー活用 T<sup>3</sup> 国際会議と授業参観の感想」. 教育科学・数学教育. 明治図書. No.465. pp.77-84.
- 4) 氏家亮子, 佐伯昭彦 (1996) . 「テクノロジーを用いた実験・観察アプローチ (10) 一定の速さで歩いた様子を一次関数でモデル化する／その実践」. 教育科学・数学教育. 明治図書. No.467. pp.88-95.
- 5) 佐伯昭彦 (1997) . 「従来の学習系列に従わない問題解決を中心としたカリキュラム IMP」. 教育科学・数学教育. 明治図書. No.476. pp.92-95.
- 6) 佐伯昭彦 (1998) . 「数学と物理とを関連づけた総合学習 ー既習の数学と物理で物理現象を見るー」. 教育科学・数学教育. 明治図書. No.493. pp.13-20.

巻末資料 1 : 分数関数の極限の数学的活動

授業用プリント (2 学期 No. 2) 【不思議なグラフ 2】 数値 (仮名)

クラス 期 名前 日付

目的: プリント【不思議なグラフ 1】で書いたグラフについて、グラフの様子を、グラフ電卓を使って、グラフを拡大したり、数値的に詳しく調べる。

【グラフ的アプローチ】  
 $y = 3 - x^2$  のグラフについて、 $x = 1$  近辺のグラフを調べてみよう。

(1) 下の WINDOW でグラフを描こう！ (2) 下の WINDOW でグラフを描こう！

ズームイン!

【数値的アプローチ】  
 $x = 1$  近辺の数値を TABLE 機能で調べてみよう。

(1) 数表 (TABLE) を見る。

1) 数表の設定

最初の数 増分

2) 数表の表示

カーソルで上下移動で 8.5

(2) 増分を細かくしてみよう。  
 $\DeltaTbl = 0.1$

(3) 増分をもっと細かくしてみよう。  
 $\DeltaTbl = 0.01$

入力しよう!

TABLE SETUP

TblStart	TblEnd	Incr
0.9	1.1	0.1

TABLE

X	Y1
0.9	2.51
1.0	2.00
1.1	1.49
1.2	0.96
1.3	0.41

X = 1.7

【探究 1】  
 $y = \frac{1}{x+1}$  について、 $x = -1$  近辺のグラフの様子を調べよう。

【グラフ的アプローチ】  
 (1) 下の WINDOW でグラフを描こう！ (2) 下の WINDOW でグラフを描こう！

ズームイン!

(グラフの様子を言葉で表しなさい。)

【数値的アプローチ】  
 TABLE 機能で  $x = -1$  近辺の数値を細かく調べ、分かったこと、気づいたことを記入せよ。

(考察)  $x = -1$  近辺でグラフが不思議な形をしている理由を考えよ。

【探究 2】  
 $y = \frac{x^2 - 4}{x - 2}$  について、 $x = 2$  近辺のグラフの様子を調べよう。

【グラフ的アプローチ】  
 (1) 下の WINDOW でグラフを描こう！ (2) 下の WINDOW でグラフを描こう！

ズームイン!

(グラフの様子を言葉で表しなさい。)

【数値的アプローチ】  
 TABLE 機能で  $x = 2$  近辺の数値を細かく調べ、分かったこと、気づいたことを記入せよ。

(考察)  $x = 2$  近辺でグラフが不思議な形をしている理由を考えよ。

課題 1: 不思議なグラフになる関数を作ってみよう。そして、それをグラフ的に数値的に調べ、その結果を考察してみよう。

不思議なグラフの例:

(1) 漸近線が 1 本	(2) 穴が 1 つ	(3) 穴と漸近線が 1 つずつ
(4) 穴が 2 つ	(5) 漸近線が 2 本	(6) その他

課題 2: 穴を作る方法と漸近線を作る方法を記述してください。

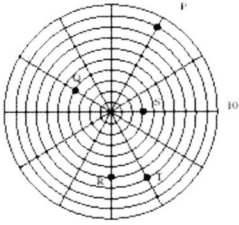


巻末資料 2 : 正葉曲線の数学的活動

授業用プリント (3学期 No. 8) 【極座標による図形】 応数 I (佐伯)

2クラス 巻数 8冊

練習 1 右の図の点 P, Q, R, S, T の極座標を書きなさい。また、次の点  $A\left(3, \frac{2\pi}{3}\right)$ ,  $B(2, \pi)$ ,  $C\left(5, \frac{7\pi}{6}\right)$ ,  $D\left(-3, \frac{\pi}{4}\right)$ ,  $E\left(-5, \frac{3\pi}{4}\right)$  を、平面上に図示しなさい。



練習 2 問題 1.17 (教科書 p.20)  
追加: (4)  $(-\sqrt{6}, \sqrt{6})$  (5)  $(\sqrt{6}, -\sqrt{6})$

練習 3 問題 1.18 (教科書 p.20)  
追加: (4)  $\left(3, \frac{7\pi}{6}\right)$  (5)  $\left(4\sqrt{5}, \frac{5\pi}{3}\right)$

練習 4  $r = \frac{2}{\pi}\theta$  について、次の表を作り、各点を図示しなさい (裏面に!)。

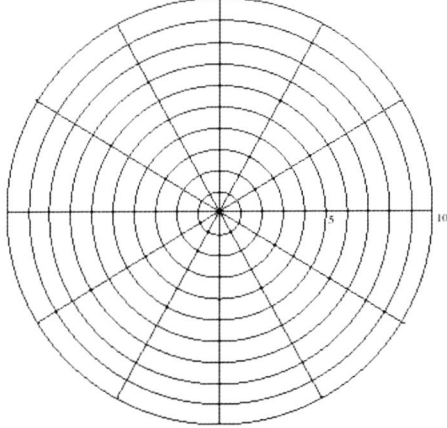
$\theta$	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{3}$			$\frac{3\pi}{2}$	$2\pi$
$r$			$\frac{4}{3}$	2	$\frac{8}{3}$	

授業用プリント (3学期 No. 9) 【極座標による図形 2】 応数 I (佐伯)

2クラス 巻数 8冊

練習 1 アルキメデスの螺旋  $r = \frac{1}{\pi}\theta$  を描いてみよう。

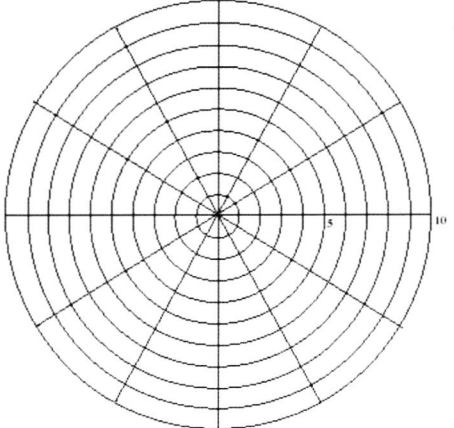
$\theta$	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{2\pi}{6}$	$\frac{3\pi}{6}$	$\frac{4\pi}{6}$	$\frac{5\pi}{6}$	$\frac{6\pi}{6}$	$\frac{7\pi}{6}$	$\frac{8\pi}{6}$	$\frac{9\pi}{6}$	$\frac{10\pi}{6}$	$\frac{11\pi}{6}$	$\frac{12\pi}{6}$
$r$													



練習 2 正葉曲線  $r = 10 \sin 2\theta$  を描いてみよう。

$\theta$	0	$\frac{\pi}{12}$	$\frac{2\pi}{12}$	$\frac{3\pi}{12}$	$\frac{4\pi}{12}$	$\frac{5\pi}{12}$	$\frac{6\pi}{12}$	$\frac{7\pi}{12}$	$\frac{8\pi}{12}$	$\frac{9\pi}{12}$	$\frac{10\pi}{12}$	$\frac{11\pi}{12}$	$\frac{12\pi}{12}$
$2\theta$													
$r$													

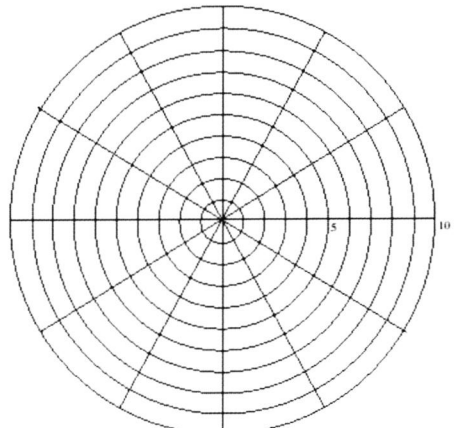
注 1. 電卓で計算を求め、小数点第 3 位を四捨五入する。  
注 2.  $\pi \leq \theta \leq 2\pi$  は、どのようなグラフになるでしょうか、想像して描いてみよう。



練習 3 カーゴイド  $r = 5(1 + \cos \theta)$  を描いてみよう。

$\theta$	0	$\frac{\pi}{12}$	$\frac{2\pi}{12}$	$\frac{3\pi}{12}$	$\frac{4\pi}{12}$	$\frac{5\pi}{12}$	$\frac{6\pi}{12}$	$\frac{7\pi}{12}$	$\frac{8\pi}{12}$	$\frac{9\pi}{12}$	$\frac{10\pi}{12}$	$\frac{11\pi}{12}$	$\frac{12\pi}{12}$
$r$													

注 1. 電卓で計算を求め、小数点第 3 位を四捨五入する。  
注 2.  $\pi \leq \theta \leq 2\pi$  は、どのようなグラフになるでしょうか、想像して描いてみよう。



練習 4 練習 1～練習 3 のグラフをグラフ電卓で確かめてみよう。

【極座標の設定】

【ウィンドウの設定】

【式の入力】

【アルキメデスの螺線  $r = \frac{3}{\theta}$ 】

【正葉曲線  $r = 10 \sin 2\theta$ 】

【カージオイド  $r = 5(1 + \cos \theta)$ 】

授業用プリント (A 学期 No. 4-1) 【極座標による図形 2 (探究)】 成数 1 (佐伯)

クラス 幾何 名称

【探究 1】正葉曲線  $r = 10 \sin n\theta$  の  $n$  にいろいろな値を入れてグラフを描いてみよう。  
 どんな規則があるだろうか、発見したことをまとめなさい。さらに、出来れば規則の理由も書いてください。

---

【探究 2 (選択)】次の探究の問れか一つに答えなさい (両方やっても良いです)。

(1) 正葉曲線  $r = 10 \sin n\theta$  について、 $n$  が偶数の場合に葉が  $2n$  枚、 $n$  が奇数の場合に葉が  $n$  枚描かれる理由を書いてください。

(2) カージオイド  $r = 5(1 + \cos n\theta)$  の  $n$  にいろいろな値を入れてグラフを描いてみよう。  
 どんな規則があるだろうか、発見したことをまとめなさい。さらに、出来れば規則の理由も書いてください。

---

巻末資料3：「音」実験

[第1週目]

数学・物理 Funda - Gc ワークブック  
基礎資料1 (3年級/1週目)

### 音の正体を探り、楽器を作ってみよう!!

クラス: \_\_\_\_\_ 番号: \_\_\_\_\_ 名前: \_\_\_\_\_

**【目的】** テレビの音、友達の話す声、街角で流れているメロディー、いろいろな音があるけれど、「音」っていったいなにものなんだろう？その正体を探ってみよう。

身近にいろいろな楽器があるけれど、その仕組み調べてみよう。その仕組みは、意外と単純かもしれない...

**【物理ノート：音の伝わり方】**

空気中で速く物体が振動する。  
(真空中では音は伝わらない。水中、土の中はOK.)

↓

空気が周期的に圧縮・膨張する。

↓

空気中に密度の高いところ(密)と、低いところ(稀)ができる。


↓

空気の振動(音波)

↓

人間の鼓膜をゆする。

振動数とは...



	人間	犬
出せる音		
聞こえる音		

#### 音をグラフや数式でみてみよう!!

音って聞くものだけじゃなく、今日はいろいろな音のデータをグラフで表わしてみよう。音をグラフで表わすことによって、実はいろいろなことを知ることができるんだ。

**【実験準備】**

① グラフ電卓 ▲ 接続ケーブル      ★ SOUND4

② データ収録機 (CBL)

③ 音センサー

**【操作手順】**

1. グラフ電卓とCBLを接続ケーブルでしっかりと接続する。

2. CBLのCBL1チャンネルに音センサーを接続する。

**【プログラム】**

★ SOUND4

38

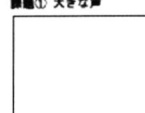
数学・物理 Funda - Gc ワークブック  
基礎資料1 (3年級/1週目)

- グラフ電卓とCBLの電源を入れる。
- グラフ電卓のプログラム [SOUND4] をスタートさせる。
  - [PRGM] [SOUND4] [ENTER]
  - 画面に prgmSOUND4 と表示されたら [ENTER]
  - グラフ電卓の画面の指示にたがって [ENTER] を押す。
- 画面に "PRESS ENTER TO START COLLECTING DATA." と表示されたら、
  - 音源までできるだけ音センサーに近づける。(ただし、直接触れることがないように。)
  - "いい音だ!" と思ったら、[ENTER] を押す。

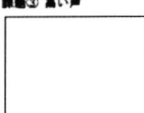
#### 課題1：いろいろな“声”のグラフ

1. 次のような声のデータをとって、表示されたグラフをスケッチしなさい。  
(グラフ電卓1台につき1つの声を調べなさい。あとでグラフを比較するときに便利。)


課題① 大きな声



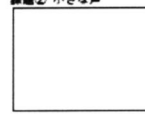
課題③ 高い声



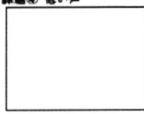
課題⑤



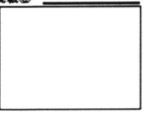
課題② 小さな声



課題④ 低い声



課題⑥



※ 課題⑤～⑥では、(自由に実験してみましょう)

2. グラフを比較して、気付いたことを書きなさい。(TRACE 機能を使ってもいいよ。)

---



---



---



---

39

数学・物理 Funda - Gc ワークブック  
基礎資料1 (3年級/1週目)

**【数学・物理ノート】**

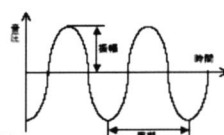
(音の三要素)

○ 音色 ⇄ \_\_\_\_\_

○ 音の強弱 ⇄ \_\_\_\_\_

○ 音の高低 ⇄ \_\_\_\_\_

振動数とは、1秒間に波の数がいくつあるかを表わす。したがって、1÷周期 で計算できる。

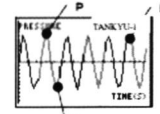


#### 課題2：音の強弱や高低を数値で表わしてみよう!!

プログラム (SOUND4) をスタートさせ、MENU で USED SAMPLE を選択する。

**探究1：TANKYU-1 を選択したとき**

(1) グラフのスケッチ (TRACE 機能で必要な値を調べろ)



点 P ( Px \_\_\_\_\_ , Py \_\_\_\_\_ )

点 Q ( Qx \_\_\_\_\_ , Qy \_\_\_\_\_ )

点 R ( Rx \_\_\_\_\_ , Ry \_\_\_\_\_ )

(2) 音の強弱：振幅【グラフの山の高さ】

$$\text{振幅} = (Py - Qy) \div 2$$

(3) 音の高低①：周期【1回振動するのにかかる時間】

$$\text{周期} = (Rx - Px) \div \text{波の数}$$

(4) 音の高低②：振動数【1秒間に振動する回数。ヘルツ (記号: Hz)】

$$\text{振動数} = 1 \div \text{周期}$$

40

数学・物理 Funda - Gc ワークブック  
基礎資料1 (3年級/1週目)

**探究2：TANKYU-2 を選択したとき**

(1) グラフのスケッチ (TRACE 機能で必要な値を調べ、グラフ上に記録しなさい。)

(2) 音の強弱：振幅

<計算>

(3) 音の高低①：周期

<計算>

(4) 音の高低②：振動数

<計算>

**探究3：TANKYU-3 を選択したとき**

(1) グラフのスケッチ (TRACE 機能で必要な値を調べ、グラフ上に記録しなさい。)

(2) 音の強弱：振幅

<計算>

(3) 音の高低①：周期

<計算>

(4) 音の高低②：振動数

<計算>

❓ TANKYU-1 ~ TANKYU-3 の3つの音データの中で、**一番大きな音**はどれですか？

❓ TANKYU-1 ~ TANKYU-3 の3つの音データの中で、**一番高い音**はどれですか？

41

[第2週目]

数学・物理 Hasek-Onワークブック  
第2資料1 (3学期/2週目)

### 楽器や音の中に潜む数学を調べてみよう!!

【目的】音楽や身の回りにはいろいろな楽器の中にも、実は数学が隠れている。どんな数学が隠れているのか、音楽や楽器のしくみに着目して調べてみよう。

#### 課題1：音階と振動数の関係

探究1. 音階が一つ上がるごとに、振動数は何倍になっているか、計算しなさい。  
 探究2. D(C)から1オクターブ高いD(C)まで音階が上がると、振動数は何倍になりますか?

音階	振動数 F(Hz)	
ド	C	262
	G#(D♭)	277
レ	D	294
	D#(E♭)	311
ミ	E	330
	F	349
ファ	F#(G♭)	370
	G	392
ソ	G#(A♭)	415
	A	440
ラ	A#(B♭)	466
	B	494
シ	C	524

探究3. 音階と振動数の間にはどのような関係(規則性)があると思いますか? 気づいたことを書きなさい。

探究4. 次の音階の振動数は、何Hzでしょう?

x	音階	振動数 (y)
1	1オクターブ低いD	
2	D	262
3	1オクターブ高いD	524
4	2オクターブ高いD	
5	3オクターブ高いD	

探究5. 4の音階(x)と振動数(y)の関係をグラフにしてみよう。

42

数学・物理 Hasek-Onワークブック  
第2資料1 (3学期/2週目)

### 【音楽ノート】

ピアノやオルガンのように、ド・レ・ミ・ファ・ソ・ラ・シの1オクターブの音階は、平均律と呼ばれ、調のように(半音を6つ)12に分けられている。  
 平均律の場合、各音を出す振動数の比を調べてみると、高い音から低い音の順に、長さが一定になっています。(隣り合う2音の振動数の比は、それぞれ1.06倍(2<sup>1/12</sup>倍)の比で一定になっているのです。)これは、1オクターブ上のドに対して2倍になるように決められているからです。

#### 挑戦：楽器の中に潜む数学

楽器のなかにひそむ「倍倍の法則(1.06倍=2<sup>1/12</sup>倍の関係)」を見つけよう。

(1) 弦楽器(フォークギター)  
 1オクターブ違う音の、弦の長さの比を計算してみましょう。

弦	音階	振動数 (Hz)
1	シ	622
2	ソ	592
3	レ	560
4	ソ	524
5	レ	494
6	ド	440

(2) 鍵盤楽器(チェンバロ)

音階	振動数 (Hz)
シ	622
ソ	592
レ	560
ソ	524
レ	494
ド	440

他の楽器でも、このような関係があるんだよ。興味がある人は、LCで調べてみましょう。

43

数学・物理 Hasek-Onワークブック  
第2資料1 (3学期/2週目)

### 課題2：音の中に潜む数学

【数学ノート】  
 下のような曲線を正弦曲線(サインカーブ)と呼ぶ。また、正弦曲線はつぎのような式で求められる。

$$y = A \sin \{ 2\pi F(x - D) \}$$

A: 振幅(最大値) = 音の強弱  
 F: 振動数 = 音の高さ  
 D: x軸方向のずれ  
 x: 時間  
 y: 時間xのときの音圧

練習：TANKYU-1の音を式で表わしてみよう!!

TANKYU-1の音の正弦曲線は、右のグラフのようになります。

① 振幅(A)を求めよう。  
 $A = (P - y) \div 2$

② 周期(T)を求めよう。  
 $T = (R - P) \div \text{波の数}$

③ 振動数(F)を求めよう。  
 $F = 1/T$

④ x軸方向のずれ(D)を求めよう。  
 $D = D_x$

⑤ グラフの式を求めてみましょう。  
 $y = A \sin \{ 2\pi F(x - D) \}$

⑥ ⑤の式をグラフ電卓に入力して、確かめよう。

44

数学・物理 Hasek-Onワークブック  
第2資料1 (3学期/2週目)

### 課題3：ペットボトルの奏でる音を式であらわしてみよう!!

探究1. 空のペットボトル **ペンを振る人**

① グラフをスケッチしましょう。(TRACE機能で必要な値を調べ、グラフに記録しなさい。)  
 ② 振幅(A)を求めよう。

③ 周期(T)を求めよう。

④ 振動数(F)を求めよう。

⑤ x軸方向のずれ(D)を求めよう。

⑥ グラフの式を求めてみましょう。(グラフ電卓に式を入力して、確かめよう。)

探究2. 水を入れたペットボトル (マークの色)

① グラフをスケッチしましょう。(TRACE機能で必要な値を調べ、グラフに記録しなさい。)  
 ② 振幅(A)を求めよう。

③ 周期(T)を求めよう。

④ 振動数(F)を求めよう。

⑤ x軸方向のずれ(D)を求めよう。

⑥ グラフの式を求めてみましょう。(グラフ電卓に式を入力して、確かめよう。)

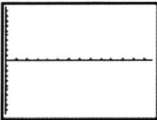
45

数字・物理 Hack - On グラフ電卓  
実験教材1 (3学年/2週目)

**挑戦：ペットボトルの水の量を工夫して音階を作ろう!!**

**探究1：振動数が330Hz**

- ① ペットボトルの水の量を工夫して、振動数が330Hzになるようしなさい。
- ② グラフをスケッチしましょう。(TRACE機能で必要な値を調べ、グラフに記録しなさい。)
- ③ 振幅(A)、周期(T)、振動数(F)、x軸方向のずれ(D)を求めましょう。  
<スケッチ> <計量>

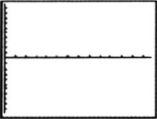


<量>  
A = \_\_\_\_\_ T = \_\_\_\_\_  
F = \_\_\_\_\_ D = \_\_\_\_\_

- ④ グラフの式を求めてみましょう。(グラフ電卓に式を入力して、確かめましょう。)  
<式> Y = \_\_\_\_\_

**探究2：振動数が392Hz**

- ① ペットボトルの水の量を工夫して、振動数が392Hzになるようしなさい。
- ② グラフをスケッチしましょう。(TRACE機能で必要な値を調べ、グラフに記録しなさい。)
- ③ 振幅(A)、周期(T)、振動数(F)、x軸方向のずれ(D)を求めましょう。  
<スケッチ> <計量>



<量>  
A = \_\_\_\_\_ T = \_\_\_\_\_  
F = \_\_\_\_\_ D = \_\_\_\_\_

- ④ グラフの式を求めてみましょう。(グラフ電卓に式を入力して、確かめましょう。)  
<式> Y = \_\_\_\_\_

46

[第3週目]

数字・物理 Hack - On グラフ電卓  
実験教材1 (3学年/3週目)

**手作り楽器の演奏会!!**

(1) テーマ曲《メリーさんのひつじ》

- ① 下の楽譜を見て、必要な音階とその振動数を書きなさい。
- ② ペットボトルに水を入れて、音作りをしなさい。
- ③ 音作りが終了したら、練習しましょう。(余裕があれば自由曲もやろう!)

Allegretto



メリーさんの ひつじ ひつじ ひつじ

メリーさんの ひつじ まっし ろ ね

(2) 音作りのコツ

- ① 作業分掌しよう!
  - ・PETボトルに水を入れて吹く人(演奏担当が行う)。
  - ・グラフ電卓、CELを操作する人。
  - ・周期、振動数を計算する人。
- ② 基準になる音を以下の手順で決めよう!
  - ・グラフ電卓で各音階の振動数を計算し記録する。
  - ・各音階が取れたら、最終的には耳で音階の準拠を行う。
- ③ [ENTER]を押すタイミングは「いい音だな!」と思った瞬間!

(3) 各組の演奏を評価しよう!

チェック項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
良い音が出たか?													
音階の調律は良いですか?													
演奏態度は良いですか?													
総合得点													

【評価方法】はい：3、どちらともいえない：2、いいえ：1

47

巻末資料 4 : 回帰モデル機能の数学的活動

数学・物理 Hands-On ワークブック  
創造設計Ⅱ (3学期 / 4週目)

### 回帰分析を使って未来を予測しよう

**目的** 先週の授業では、グラフ電卓の二次回帰モデル機能を使って、CBIで収集したボールの落下データのモデル式を求めた。  
グラフ電卓には、二次回帰モデル機能以外に多くの回帰モデル機能がある。実際の統計データを基にいろいろな回帰モデル機能を使ってモデル式を求めてみよう。さらに、求めたモデル式から未来を予測してみよう。

★★ 回帰モデル機能の種類 ★★

STAT CALC	モデル式	名称
4: LinReg(ax+b)		線形 (1次) 回帰モデル
5: QuadReg		2次回帰モデル
6: CubicReg		3次回帰モデル
7: QuartReg		4次回帰モデル
8: LinReg(a+bx)		線形 (1次) 回帰モデル
9: LnReg		対数回帰モデル (底は e)
0: ExpReg		指数回帰モデル
A: PwrReg		べき乗回帰モデル
B: Logistic		成長曲線回帰モデル
C: SinReg		正弦曲線回帰モデル

**【解説】**  
2次回帰を英語で **Quadratic Regression** という。  
(2次) (回帰分析)

**EDIT TESTS**  
 1: Var Stats  
 2: Var Stats  
 3: Med-Med  
 4: LinReg(ax+b)  
 5: QuadReg  
 6: CubicReg  
 7: QuartReg  
 8: LinReg(a+bx)  
 9: LnReg  
 0: ExpReg  
 A: PwrReg  
 B: Logistic  
 C: SinReg

-41-

数学・物理 Hands-On ワークブック  
創造設計Ⅱ (3学期 / 4週目)

### 課題：学校でのコンピュータ利用2000年の予想

右の表は、1983年から1994年のアメリカの公立学校でのコンピュータ1台における生徒数を表している。この傾向が続くとしたら、2000年ではコンピュータ1台における生徒数は何人になるだろうか。

君の予想は？ 人/1台

(Source: Quality Education Data)

Year	生徒数/1台
1983	125
1984	75
1985	50
1986	37
1987	32
1988	25
1989	22
1990	20
1991	18
1992	16
1993	14
1994	12

**データ入力方法**  
 ● [STAT] で 1:Edit... を選択する。  
 L<sub>1</sub> に年代  
 L<sub>2</sub> に生徒数 1台

**Window の設定**

**データの表示**  
 ● [2nd][Y=] で 1:Plot1-On を選択する。

-42-

数学・物理 Hands-On ワークブック  
創造設計Ⅱ (3学期 / 4週目)

**【探究】** いろいろな回帰モデル機能でモデル式を求めてみて、2000年を予想しよう。  
さらに、モデル式の妥当性を考えてみよう。

(1) 4: LinReg(ax+b) : 線形 (1次) 回帰モデル

<モデル式は小数点第3位四捨五入>

モデル式	2000年	妥当性	良い	悪い	理由
LinReg(ax+b) L1, L2, Y1					

(2) 5: QuadReg : 2次回帰モデル

<モデル式は小数点第3位四捨五入>

モデル式	2000年	妥当性	良い	悪い	理由
QuadReg L1, L2, Y1					

(3) 6: CubicReg : 3次回帰モデル

<モデル式は小数点第3位四捨五入>

モデル式	2000年	妥当性	良い	悪い	理由
CubicReg L1, L2, Y1					

-43-

数学・物理 Hands-On ワークブック  
創造設計Ⅱ (3学期 / 4週目)

(4) 7: QuartReg : 4次回帰モデル

<モデル式は小数点第3位四捨五入>

モデル式	2000年	妥当性	良い	悪い	理由
QuartReg L1, L2, Y1					

(5) 9: LnReg : 対数回帰モデル

<モデル式は小数点第3位四捨五入>

モデル式	2000年	妥当性	良い	悪い	理由
LnReg L1, L2, Y1					

(6) 0: ExpReg : 指数回帰モデル

<モデル式は小数点第3位四捨五入>

モデル式	2000年	妥当性	良い	悪い	理由
ExpReg L1, L2, Y1					

-44-

数学・物理 Hands-On ワークブック  
創造設計Ⅱ（3学期 / 4週目）

(7) A. PwrReg : べき乗回帰モデル

<モデル式は小数点第3位四捨五入>

$$PwrReg \quad L1 \rightarrow L2 \rightarrow V1$$

モデル式		
2000年		
妥当性	良い	悪い
理由		

[考察] 上の(1)~(7)のモデル式の中で1番良いと思われるモデル式を選び、その理由を下に書きなさい。

-45-

数学・物理 Hands-On ワークブック  
創造設計Ⅱ（3学期 / 4週目）

**挑戦：AIDSの累積死亡者数（2000年の予想）**

12月1日は、世界エイズデーです。1981年に米国で発見されたエイズは、20年近く経った今、地球規模の人類脅威となっている。右の表は、1981年から1994年のアメリカでのエイズによる累積死亡者数を示している。この傾向が続くとしたら、2000年での累積死亡者数は何人になるだろうか。

君の予想は？ \_\_\_\_\_ 人

(Source: <http://www.avert.org/usastat1.htm>)

Year	死亡者数 (累積)
1981	150
1982	603
1983	2,085
1984	5,551
1985	12,429
1986	24,416
1987	40,578
1988	61,446
1989	89,037
1990	120,372
1991	156,932
1992	197,987
1993	242,717
1994	291,812

【レポート】

-46-

数学・物理 Hands-On ワークブック  
創造設計Ⅱ（3学期 / 4週目）

-47-

巻末資料5：「お湯の冷め方」実験

[第1週目]

数学・物理 Hands-On ワークブック  
創造設計 II (3学期/4週目)

### お湯の温度の冷め方を 探究してみよう!!

◆◆ 導入 ◆◆  
お湯はどのように冷めるのだろうか?  
味覚性・コーシーも飲んだら、カップ麺・うどん・そばを食べたときの状況を思い出してみよう。

◆◆ スケジュール ◆◆

**第3週目** ・基本実験をおこなう。  
・グループごとに、調査したい実験の企画書を作成する。

**第4週目** ・企画書にしたがって実験をおこない、結果を考察する。  
・実験報告書と、発表資料、00Pを作成する。

**第5週目** ・各グループごとに発表をおこなう。  
・各グループの発表を、全員で評価する。

■ ■ ■ 必要な装置 ■ ■ ■      ■ ■ ■ プログラム ■ ■ ■  
・グラフ電卓とリンクケーブル      ・HEAT3  
・CBL本体  
・温度センサー  
・熱湯  
・カップ

■ ■ ■ 実験手順 ■ ■ ■  
次の手順で装置を接続する。

- CBL本体とグラフ電卓それぞれの背面にある入出力口を、リンクケーブルでつなぐ。(リンクケーブルはしっかりと押し込むこと。)
- 温度センサーを、CBL本体の上側のチャンネル1 (CH1) に接続する。
- CBLとグラフ電卓の電源をいれる。
- カップに熱湯を注ぎ込み、その中に温度センサーを入れる。
- グラフ電卓で、プログラム (HEAT3) を実行する。
- "HEAT3: TIME" と表示されたら、データを採取する時間間隔 (今回は "1 5 (秒)") を入力する。
- "NEW WAY SCREEN" と表示されたら、使用する温度センサーの本数を選択する。
- ENTERキーを押すように指示が表示されるまで待つ。ENTERキーを押す。データを採取しはじめる。

実験は99個のデータを採取するので、15秒×99回=1485秒 (約25分) の時間がかかる

-48-

数学・物理 Hands-On ワークブック  
創造設計 II (3学期/4週目)

◆◆ 第4週目の授業の流れ ◆◆

- 基本実験 (お湯の冷め方) を行う。
- 基本実験の実験結果と解析結果を書く。(p.49-50記入)
- 次週行う実験の内容をグループで話し合う。
- 実験の企画書を各自で作成する。(p.51参照, p.52記入)
- グループの中で一番良い企画書を選ぶ。

□□ 基本実験の実験結果と解析 □□

**基本実験の目的:** お湯が冷めるとき、どのように温度が下がっていくのだろうか? 温度センサーとCBLを使って調べてみる。

**【実験結果】**

- グラフ電卓に表示されたグラフをスケッチせよ。

注: グラフは正確に、TRACE機能で調べた座標も書き込もう!

L<sub>1</sub>に温度データ、L<sub>2</sub>に時間データが格納されている

- 測定開始時の温度は何度? \_\_\_\_\_ °C  
測定値の中で、最低温度は何度? \_\_\_\_\_ °C  
秒後 \_\_\_\_\_ °C

-49-

数学・物理 Hands-On ワークブック  
創造設計 II (3学期/4週目)

**【解析】** (解析方法は自由とする。これまでの実験を参考にせよ。また、発見したこと、分かったことも記入しよう。)

-50-

数学・物理 Hands-On ワークブック  
創造設計 II (3学期/4週目)

□□ 基本企画書の例 □□

基本実験を基に、各グループ独自の実験を行うための企画書を作成する。以下の例を参考に企画書を次ページ (p.45) に書き込もう。

作成日 平成15年2月4日

## (例) 実験企画書

メンバー: \_\_\_\_\_

- 調べたいことは何か (実験の目的)**  
自分たちで調べたい事を具体的に書いてください。  
(注: 3つの温度センサーが同時に使えます。)
- グループの予想 (実験の仮説)**  
新説。以下のことを書いてください。  
・予想のグラフ (調べること全てについて予想のグラフを書きましよう。温度も書くこと具体的に書きましよう。)  
・理由
- 実験方法、および、設計**  
新説。以下のことを書いてください。【p.41参照】  
・実験機器 (どのチャンネル [CH1, CH2, CH3] の温度センサーをどの材料に使うのかを明確にしましよう。)  
・実験方法 (使用するプログラム、データ収集の時間間隔、など)
- 実験に必要な機材・材料【絶対に持ってこれる物に圈る】**

実験機材リスト	実験材料リスト	持つてくる人
・グラフ電卓 (1台)	・熱湯	・先生
・リンクケーブル (1本)	・コーシーカップ (1個)	・Aさん
・CBL本体 (1台)	・ <u>ゾウキ</u>	・Bさん
・温度センサー (1本)	・ <u>水筒 (保冷型)</u>	・Cさん

注: ゾウキと水筒 (保冷型)は必ず持って来て下さい。

- その他【実験にあたり、なにか疑問点・質問があったら記入する】**  
なんでも書いて下さい。

-51-



[第2週目]

数学・物理 Hands-On ワークブック  
 創造設計 II (3学期/4週目)  
 作成日 \_\_\_\_\_

## 実験企画書

-52-

数学・物理 Hands-On ワークブック  
 創造設計 II (3学期/5週目)

◆◆ 第5週目の授業の流れ ◆◆

- (1) 企画書に従って実験を行う。
- (2) 実験結果報告書を書く。(p.53参照, p.54-55記入)
- (3) 次週発表する内容をグループで話し合う。(p.53参照)
- (4) 発表で使用するOHPを作成する。(p.53参照)
- (5) グループで発表の練習をする。(発表の態度はp.56参照)

□□ 実験結果報告書の作成 □□

各グループ毎日の実験の実験結果報告書を作成する。書き方は自由とするが、以下の項目は必ず記入しよう。これらの項目は実験企画書の項目と関連している。

- ・調べたいことは何か(実験の目的)
- ・グループの予想は？(実験の仮説)
- ・実験方法、および、設計
- ・実験に必要な機材・材料
- ・実験結果と解析(解析方法は自由)
- ・実験前の予想は正しかったか
- ・実験結果と解析から発見したこと(できるだけ多く書くこと)
- ・この実験を基に、次回調べてみたいこと

□□ 発表内容の決め方 □□

グループの発表時間は**5分**。自分たちが行った自分たちだけの実験を短い時間で他人に伝えるためには、次の**起承転結**を参考にすること。発表は、自分たちをアピールするために、方法や内容はグループで相談・協力して決めよう。

**起**：実験の目的や実験結果の予想  
**承**：実験方法、実験に必要な機材や材料  
**転**：実験結果と解析結果  
**結**：発見したこと、分かったこと、次回調べてみたいこと

□□ OHPの書き方の注意 □□

- ・目安として、行数は**10行以内**、字数は1行に**15文字以内**
- ・文字が次山使えない分、**罫を使用**する
- ・**赤ペン**は文字に使用しないで、アンダーライン等の強調に使う

-53-

数学・物理 Hands-On ワークブック  
 創造設計 II (3学期/5週目)  
 作成日 \_\_\_\_\_

## 実験結果報告書

-54-

数学・物理 Hands-On ワークブック  
 創造設計 II (3学期/5週目)

-55-

[第3週目]

数学・物理 Hands-On ワークブック  
創造設計 II (3学期/6週目)

◆◆ 第6週目の授業 ◆◆

(1) 各グループごとに発表する。  
(2) 各グループの発表を全員で評価する。

発表の態度

発表は、自分たち実験をアピールするために与えられたチャンスである。自分たちが行った実験は自分たちが一番良く知っているはず。恥ずかしがらず堂々と発表しよう。

- ・落ち着いて、声は大きく、ハッキリ、ゆっくり話す(重要!)
- ・目線は前(重要!)。できれば全員を見渡すように。
- ・重要なことは指示棒でスクリーンを指しながら話す。
- ・ポケットに手を入れて話さない
- ・直立不動ではなく、時にはジェスチャーも入れて、聞いている人を引きつける。

聞く人の態度

聞く人の態度も重要である。特に、良い質問をする人は、他人の発表を参考に自分の実験を高めようとする意欲が見られ、上でも高く評価される。

- ・分からないこと、疑問に思ったことは必ず質問しよう。
- ・発表者にアドバイスがあれば、必ず助言しよう。

-56-

数学・物理 Hands-On ワークブック  
創造設計 II (3学期/6週目)

発表の評価   
各班の発表を評価しよう

【評価方法】 良い: 3、どちらともいえない: 2、良くない: 1

項目	実験内容	解析方法	発表態度	聞き手	コメント
1班					
2班					
3班					
4班					
5班					
6班					
7班					
8班					
9班					
10班					
11班					
12班					
13班					
14班					
15班					
16班					
17班					

-57-