

「第18回高等学校と大学との物理教育に関する連絡会」報告書

- 1 日 時 平成24年12月1日(土) 9:00~13:00  
 2 場 所 宮崎大学工学部大会議室 (〒889-2192 宮崎市学園木花台西1-1)  
 3 参加者 高校側20名、大学側17名

宮崎西高等学校	溝上 俊彦	宮崎大学・工学部・社会環境システム工学科	今井 富士夫
五ヶ瀬中等教育学校	稲用 健二	宮崎大学・工学部・電気システム工学科	横田 光広
延岡星雲高等学校	杉田 岳士	宮崎大学・工学部・環境ロボティクス学科	佐藤 治
延岡工業高等学校	中尾 誠	宮崎大学・工学部・工学基礎教育センター	飯田 雅人
赤江まつばら支援学校	松元 若明	宮崎大学・工学部・工学基礎教育センター	松田 達郎
都城工業高等学校	宮原 一平	宮崎大学・工学部・工学基礎教育センター	五十嵐 明則
都城工業高等学校	木村 英二	宮崎大学・工学部・工学基礎教育センター	大塚 浩史
日南高等学校	都外 川達哉	宮崎大学・工学部・工学基礎教育センター	前田 幸重
聖心ウルスラ学園高等学校	瀬川 健介	宮崎大学・工学部・工学基礎教育センター	今 隆助
日向学院高等学校	谷川 剛	宮崎大学・工学部・工学基礎教育センター	梅原 守道
賛助会員	山田 盛夫	宮崎大学・農学部・植物生産環境科学科	日吉 健二
小林高等学校	高崎 広太	宮崎大学・教育文化学部・数学専攻	北 直泰
妻高等学校	児玉 直樹	東京大学・理学研究科	内山秀樹
日向高等学校	日高 晋介	宮崎大学・工学部・情報システム工学科	伊達 章
宮崎工業高等学校	池上 嘉夫	宮崎大学・工学部・電子物理工学科	森 浩二
延岡高等学校	湯浅 弘一	工学部・材料物理工学科・4年生	五通 悠介
延岡高等学校	池田 寛	工学部・材料物理工学科・3年生	脇田 亜門
宮崎北高等学校	岩切 康治		
宮崎北高等学校	柿原 慧見		
高鍋農業高等学校	永野 敦子		

4 内容

(1) 開会行事

- ・ 開会挨拶(木村・森)
- ・ 第17回物理連絡会実施報告(木村)
- ・ 日程・内容等についての説明(森)

(2) 各種報告・授業上の工夫点

- ① 「宇宙」をテーマにしたスウェーデンとの学校間国際交流について 稲用健二
- ② 光の回折・干渉の実験教材 山田盛夫
- ③ ブラック反射のモデル実験 松田達郎

(3) 講演

題 目 「授業から見えてきたもの」

講演者 宮崎県立宮崎西高等学校 指導教諭 溝上俊彦 氏

講演概要:

1. 授業の失敗

「どの公式を使えばいいのか分からず頭が真っ白になりました」

小テストによる知識の分断化、模擬試験のための物理(ただひたすら過去問で対策)、対話にならない少数参加型授業、つながりをどう教えるかの喪失

2. 教えることの基本的構造

「一番教えたことは教えない」

知の冒険者としての予習(授業を面白くするための予習)、学習者のジャンプを促す授業構造、物理が本質的に持つ統合化への方向

### 3. 知識の統合化のための装置

「君たちの今回の目標は静止衛星を無事静止軌道に投入することです」

#### (1) 道具としての自作テキスト「MIZO PHYSICS」

授業構造の反映、予習の道具、好きにやらせてくれ！

#### (2) 道具としての演習テキスト

#### (3) 道具としての課題実験

電動歯ブラシの振動数を求めよ

#### (4) 道具としての数学

生徒に立ちほだかる新しい概念、垂直効力 $N$ の発見、二次元ベクトルバスケット、仕事 $W$ の数学的成長、数値計算のリアリティ

#### (5) 課題解決のためのチーム戦争

ド・プロイ波の電子、静止衛星打ち上げミッション

#### (6) ディスカッションの衝撃

フランクヘルツの実験

### 4. 物理チャレンジからの帰還

「勉強は自分でするものだったんですね」

生意気な収載たちとの戦い、黒板で議論する生徒達

### 5. クリティカルな議論を生み出す授業の創造

生徒主体のプログラム、土曜の午後の物理室で生徒たちの議論、高校—大学の連携で生徒討論会の提案

#### (4) 情報交換・協議

##### ① 物理と数学の連携について

##### ② その他

#### (5) 閉会行事

・ 閉会挨拶（木村・森）

・ アンケートの記入

## 5 協議の記録

【協議内容】物理と数学の連携について

【資料】第17回協議の記録、高校物理履修に伴う他教科との連携について（日向高校森先生、第16回講演）、物理に必要な数学（第17回）

【背景】平成22年の第14回会合で講演していただいたベネッセの方の資料によると宮崎の学生（生徒）の勉強時間は他県に比べてとても長く宿題も多いが、思うように成績が伸びていないという分析だった。これだけ生徒も教員も時間をかけている中에서도とうまい方法を模索し、まずは物理と数学で何か繋がらないかなとということで始まった。物理と数学がすごく連携しているのはみんなよくわかっているが、お互いのカリキュラム、進捗状況、どこで生徒がよくつまづくのか知らないではないか。高校なり大学の基礎教育センターのなかで物理と数学がなんとかつながりを見つけ、学生（生徒）の学習に反映させられないか。第15回会合よりこのテーマで協議を続けている。

◇ 高校物理の授業で微積分などの数学を取り扱うことについて

- ・ 学習指導要領<sup>※</sup>に縛られすぎているなど感じる。指導要領が踏み出せない元凶ではないかと思う。
- ・ （数学の立場から）物理などの他の教科で積分などをどんどん使ってもらって、その言語として数学では積分論やリーマン和という形でそれを統合していけば良いと思う。
- ・ 数学で学んでから物理で使うというのではなく逆の順序が良い。どんどん使ったほうが、数学が生きる。数学だけになるとどうしても抽象的になってしまうので、物理や化学などいろいろな科目で使ってもらいたい。

- ・ (数学の立場から) やはり物理で先にどんどん数学を使ってもらおうと、数学としては良いと思う。生物選択生もいるので数学ではもちろん0から教えるので、先に物理で習っていたとしても数学の授業の中で感動は得られるのではないかな。
- ・ 微積を(高校物理の)授業で使っているが、誰に対して教えているのかを考えたときに、教養としての物理というか、みんながみんな物理の専門家になるのではないということを踏まえて教えないといけないと思っている。
- ・ 1年生に物理基礎を教えているが、数学で困っていることは指数計算を学んでいないこと。圧力のところで出てくるが、一旦止まって指数計算について説明が必要になる。例えば  $a^{-1} = 1/a$  など。
- ・ ベクトルも同様で合成で図形を書くことは出来てもベクトル自体がよくわからないようで、物理のいろいろな部分で出てくるが教えるのが難しい。
- ・ 数学はベクトルなどとても抽象的な概念なので、物理の中で数学を教えたりするともっとスーッと入っていくと日頃から感じている。外積などの概念をトルクなどの対応物がない中で理解せよというのは難しい。
- ・ 物理と数学とを合わせて教えることで、数学の分かる人は物理を理解しやすくなるし、それ以上に数学がより対象物があって理解しやすくなると思う。
- ・ カリキュラム上、物理は時間数が限られていて、物理の中で数学を教えていくのはきついのかなと感じる。逆に数学は週に8時間とか9時間と多いので、微分定義の部分であるとかベクトルの和や差、内積のようなところは物理の方面からでてきたものだと話をすることは有意義であると思う。ただそれによって数学の成績が爆発的に良くなるというわけではない。
- ・ 微積は授業で使うし話はするが、その技術を高めていくのは物理の教員には難しいのかなと思う。

#### ◇ 具体的な連携について

- ・ 高校の物理部会と数学部会の有志が集まってカリキュラムを横でみて進展を見ながらまとめていけないかな。
- ・ 物理としては数学にあわせてもらえるとありがたいが、数学の先生はどう考えているか。
- ・ 学校全体で数学のメリットと物理のメリットを考えたとき、高校現場では生徒も職員も数学の方を優先しがちで、クラス担任としても数学と英語ができていないとどうしようもない。なかなか大きい声を出して数学の先生に協力を呼びかけるのは難しく、普段のコミュニケーションの中でやっていくしかない。
- ・ 数学科の先生がなかなか話に乗ってこないというのは、物理より数学の方が(大学入試の)配点が高いということがあると思う。
- ・ 物理との連携でメリットがあると感じれば数学の方も乗ってくると思うが、まずは物理でまとめないと数学には伝わらないのではないかな。
- ・ 大学の教育センターでは、数学の考え方という1年生の最初の講義内容をこれまでの線形代数に代え、ベクトル解析をやろうとなった。もちろん物理法則は全てベクトルで書いてあるので早くそれに慣れて欲しいという面もあって、最終的には円運動から向心力が導けるようなことをやっている。
- ・ 有志で集まって物理でつまづいているところや必要な数学について系統的にまとめて形にし、例えば数学部会に持っていきのめ良いかもしれない。また、数学から物理への逆方向や高校と大学の縦でつなげるなど具体的なことができないかな。

#### ◇ 高校と大学との連携について

- ・ 全体の教育組織のなかで、大学側から高校数学、高校物理のこのあたりに重点を置いて欲しいというサジェスションがなされるとよい。
- ・ (高校と大学で) お互いに注文をつけることが必要で、特に大学からの注文があったほうが良い。
- ・ 大学側からの希望としては、三角関数とか微積がしっかりとできてほしい。
- ・ 電気回路の先生の話だが、複素数を高校でやらなくなったおかげで成績がだんだん落ちてきている。少なくとも複素平面くらいはやってほしい。
- ・ 数学だけに関して言うと高校では教科書の内容をしっかりとやらえれば十分だと思う。
- ・ 数学の入試で物理との関係で問題を作ってしまうと、聞くことはいつも同じになってしまい問題が偏ってしまう。

- ・ 推薦で合格した人の課題の中に、大学で使うような数学を課題に多く反映させるよう動いている。たとえばフーリエ級数で出てくる  $\sin \times \cos$  の積分など。

#### ◇ その他

- ・ 今後の方向性として、溝上先生から提案いただいた生徒のディスカッションの場を何かしら形としていけないか。今後の物理連絡会でもうひとつの種として議論を進めていけたらよいと考えている。

## 6 感想

### ○講演「授業から見えてきたもの」について

- ・ 自分で編集したテキストによる授業実施の成功条件が三つあると思います。一つはテキスト内容・構成が素晴らしいこと。二つ目は同僚教師の全面的協力。三つ目は生徒の学習と受験を含めた成果に結びつくこと。このすべてが溝上先生の物理教育への情熱・研究・生徒および教師に対する指導力に裏打ちされていることが分かりました。お話の中で納得と再確認できることも多かった。
- ・ 生徒の興味の引き方、導入部が非常に参考になった。
- ・ 授業の失敗について、身に覚えのあることが多く、反省の必要を感じた
- ・ 生徒が進んで参加しようとする授業にしたいと感じた。
- ・ 1つの問題を多角的な目で見ることの重要性を改めて認識することができた。物理の崇高さを授業内で話すこと、また、実際に手を動かさせることも重要なのだと感じられた。
- ・ 自ら問題集やテキストを作成することで、発展的内容を指導しやすくなること、特に教員の教え方に合わせた問題集を作ることが大切であることを強く感じた。勉強になった。
- ・ 授業のリズムがよく、黒板、プリント、話の時間のわり方が絶妙だったように思う。非常に参考になる講演を聞くことができ、参考になった。
- ・ 非常勉強になった。あの溝上先生ですらぶつかった壁があり、そこから今の授業に行き着いているという話を聞き、もっともっと自分も色々と考えていこうと思った。
- ・ 学生によるディスカッションを聞きながら自分が学部時代にやっていた自主ゼミを思い出し非常に懐かしく、また現在自分自身がそうした時間が取れてなくてうらやましくも思いました。学部の価値は実は自由な時間で好きな学問について自分と同じレベルの仲間と議論できるというのが大きかったと今しみじみと思うので、その下地を高校時代に作れば学生にとっても幸せかなと思う。
- ・ 予習の大切さについては、これまであまり意識してきませんでした。これを前提にすると授業のやり方も変えて（工夫して）いけるようになると思いました。
- ・ 先生が多くの時間を費やされていること、たゆまず研究に励まれていることがとても刺激になった。日々研究に励みたい。
- ・ 自分の日々の意識を変える必要を感じた。自作のテキストをぜひ一度読ませていただきたい。
- ・ “知の冒険者”を育てるための工夫をいろいろと垣間見させていただいた。生徒の気持ちをいかに刺激すべきか、煽りの技を使うところが絶妙でした。知識を統合させる作業は、バラバラの知識に糸を通す作業にも似ていて大切だ。
- ・ 毎回、溝上先生の話には引き込まれて、私も力をいただき、またあすから頑張ろうと感じます。授業展開の技術的な内容はもちろんですが、教育者としてどうあるべきかというベースとなる部分を自分なりに振り返る機会となります。
- ・ 「一番教えたことは教えない」という姿勢が素晴らしいとお思います。やはり教員は教えすぎているのだと思います。
- ・ プロになるための教え方や少人数制はこうあるべきだということ、予習や生徒主体など、考えさせられる点が多くよかった。
- ・ 学ぶべき概念は敢えて教えず授業中に生徒に発見させて、その準備としての基本事項は「簡潔にはなく少し高度に一般化の重宝さを実感させて」徹底して教えておく。授業そのもののあり方を再考させられる講演でした。ただし、それを実行させるために教材を周到的に準備しておくという溝上先生の並々ならぬ努力がすごいと思います。
- ・ いつもそうですが、溝上先生の話を知ると自分の授業を反省し、自分のスタイル・考え・こだわりを壊さないと生徒のためにならないと考え直します。もっと新しい形を追求したいと考えました。

- ・「知識の統合ができていない」、「Jump させる授業」を今後の自分の授業に生かしたい。
- ・自分が高校時代に面白と感じた、その頃の思考を想起させられました。MIZO 本全編を見せていただきたい。
- ・授業の工夫は大変参考になりました。予習させるための準備は相当なものだと思いますが、物理・数学での discussion 型授業の可能性を感じました。
- ・卓越した授業の紹介でまさに憧れです。しかし多くの教員ができるか心配です。また、学ぶ側の生徒が統一された物理を欲するか、例えば“職人のための物理 “というものもあるかもしれないのではないかと考えます。日和見と批判されるかもしれませんが、” 発見的授業 “に対して” 伝達型授業 “もありえるのではないかと思います。

#### ○「各種報告・授業上の工夫点」について

- ・稲用先生のおよき指導のもと、生徒によるオーロラの研究やスウェーデンの高校生との国際交流の様子が分かりました。さらなる研究の成果が期待されます。
- ・山田先生の話はいつも楽しみです。五ヶ瀬の生徒の可能性にはいつも驚かされます。
- ・山田先生の徹底した教材研究に多くのヒントを頂いた。松田先生のブラッグ反射は次年から教科書が変わり身近な問題であったので、非常に参考になった。
- ・国際交流を通して生徒が何を感じ、何を学んでいるか、感想やアンケート結果などがあれば紹介して欲しい。
- ・今回紹介いただいたような実験を実際に学生にやらせたときの反応や注意点が気になりました。
- ・松田先生のユーモアのある「ブラッグの反射のモデル実験」の解説は楽しく聞きました。
- ・発表者の方々の工夫が多く聞いて非常に参考になった。
- ・山田先生は相変わらず、すごい。
- ・松田先生のブラッグ反射では、散乱、回折、鑑賞であることを生徒に強調することが大切だと思った。
- ・具体的な実験を見せていただき参考になった。ちょっとした工夫でいろいろできるものだと感心した。
- ・本質の見極めが内容の充実につながると感じた。
- ・自然科学の分野で国際交流が宮崎で行えることに感動した。
- ・ブラッグ反射のモデル実験を初めて見たのでとても面白かった。
- ・山田先生の実験に感動した。
- ・各種実験を通して現象を生徒、学生に体感させる工夫を学ぶことができた。数学ではこのように体感させる場面が少ないので反省することしきりです。
- ・山田先生、松田先生の内容は実際に授業で活用できるもので非常に参考になりました。
- ・スリットや回折など身近なものでわかりやすく出来そうなので実践したいと思う。
- ・山田先生の発表は宮崎の物理教師のレベルの高さを改めて感じました。さて、今の現役はそこまでのレベルにはとても・・・

#### ○情報交換・協議について

- ・いろいろな方が発言されてよかったです。
- ・数学は論理の一貫性に重点を置き、物理は法則を合理的表現のツールとして数学を利用することが多い。数学では成立範囲を含めて問題を解くことが多く、物理では解く前に事象を物理量による数式化することに重点をおく。だから極論すれば、ベクトルも微分・積分も物理の具体例から必要感を与えて導入したほうがよいように思う。いつもながら森先生のリードぶりとまとめがうまいと感心しています。
- ・各校の抱える悩みや対処法など非常に参考になった。
- ・数学の教員は簡単に公式を伝えるコツを持っていると思います。一方、物理の教員は、式の意味を伝えるコツを持っていると思います。お互いに協力してよく使う数学事項の予習用教材なんかを作りたいと思いました。
- ・物理と数学の関わりは、具体性（学校の事情）を持った議論が大切だと思う。
- ・Twitter とか facebook を有効活用しましょう。
- ・大学の「物理科学」でもベクトルの外積、重積分などを「数学の考え方」「数学解析」と連携して、前倒して実践したい。
- ・物理と数学の連携については、物理と数学の垣根を越えたような教科を作ることが一番早い気がする。物理の中で高度な数学を使えば、一部の学生の学力が伸び、二極化の進む恐れがある。
- ・高校・大学間の物理数学の関係を見直していくには、多少乱暴な指導の変更の必要があると思った。多種多

様な意見が飛び交い意義のある協議だった。

- ・「物理側からの数学へのアプローチがほぼ必然である一方、数学から物理へのアプローチは？」というはなしがあったが、これは学問の性格上致し方ない問題のように思われる。
- ・多くの数学の先生とふれあい、情報交換する場があればいいなと感じた。カリキュラムの在り方が考えられていくべきと感じた。
- ・他校の先生のみならず、大学の先生方の話も聞けてとても新鮮だった。お互いのカリキュラムを知ることは本当に大切だと思った。
- ・例えば近似式  $(1+x)^{\alpha} \cong 1 + \alpha x$  については物理で大まかに紹介して、数学で厳密に証明するという形で連携できる。理科も数学も同じサイエンスなので仲良く有りたいものだ。
- ・少しずつ議論が具体的なものになってきたと思います。私自身、現在進行形で授業にフィードバックできているので、数学との連携についてさらに議論が深まれば良いと思います。
- ・自由に意見が出るムードで会を進行していて良かったと思う。
- ・ベクトルや微分・積分は物理の概念を踏まえてからなら、数学でも教えやすくなるのは事実だと思います。大学1年の「数学の考え方」の中でもベクトル解析初歩を教え始めたが、例えば「外積は物理のトルクやモーメントなどの実例を知っていないとチンプンカンプン」という学生が多く、数学の中だけで教えてはいけないことを実感している。
- ・まずは1つの高校、1つの大学の中でそれぞれにおいて学内の数学・物理のカリキュラムの融合を可能な範囲から、有志ではじめるのが实际的だと思う。

#### ○その他全体をお通して

- ・前回に比べて、参加者が多く、懇親会を含めて盛会であった。若い先生から指導内容や指導法上の問題点を箇条書きにでも出してもらい、大学の先生や先輩教師の経験からの回答を得ることも考えられる。協議の拡散を避けるため、回ごとに力学、熱、・・・と領域を分けることもよいと思う。
- ・非常にためになる会合でした。また参加したいと思います。
- ・勉強になり、非常に面白かった。自分の高校当時と比べて非常に進んだ学習をされている学生さんがいることに驚きました。
- ・大学入試が変われば高校の教育は変わるので、高大連携の一番は入試だと思う。
- ・物理選択生の方が生物選択生よりずいぶん楽に数学を受け入れてくれえるので、さらに物理と数学の教員がコミュニケーションをとることで、より生徒にとって効果的な指導ができるおともう。
- ・授業のことを考える良い刺激になりました。このような集まりがもっと活性化して欲しいと願います。
- ・大学側からのアプローチがあつてこの会は成立するなと感じた。数学ともっと連携していきたい。
- ・会議録のようなものはありますか？
- ・高校生がもっと理科系に進みますように。
- ・宮崎県の高校、大学の物理教育の集団としての前進ができると思います。
- ・