

「第21回高等学校と大学との物理教育に関する連絡会」実施報告

平成25年12月19日

宮崎県立都城工業高等学校 木村 英二  
宮崎大学工学部材料物理工学科 森 浩二

1 日 時 平成25年12月7日(土) 13:00~17:00

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16名、大学側18名

| 学校名          | 氏名    | 学科・職階          | 氏名    |
|--------------|-------|----------------|-------|
| 五ヶ瀬中等教育学校    | 稲用健二  | 教育文化学部・数学教育専攻  | 北直泰   |
| 延岡星雲高等学校     | 杉田岳士  | 工学部・学部長        | 今井富士夫 |
| 都農高等学校       | 河野 健太 | 工学部・工学基礎教育センター | 梅原守道  |
| 赤江まつばら支援学校   | 松元若明  | 工学部・工学基礎教育センター | 飯田雅人  |
| 日南振徳高等学校     | 小田朋宏  | 工学部・工学基礎教育センター | 出原浩史  |
| 聖心ウルスラ学園高等学校 | 黒木輝親  | 工学部・工学基礎教育センター | 辻川亨   |
| 日向学院高等学校     | 谷川剛   | 工学部・工学基礎教育センター | 前田幸重  |
| 日向学院高等学校     | 吉田尚史  | 工学部・工学基礎教育センター | 五十嵐明則 |
| 賛助会員         | 山田盛夫  | 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     | 木村英二  | 工学部・電気システム工学科  | 淡野公一  |
| 都城工業高等学校     | 宮原一平  | 工学部・電気システム工学科  | 横田光広  |
| 宮崎工業高等学校     | 荒武宗弘  | 工学部・電気システム工学科  | 林則行   |
| 都城泉ヶ丘高等学校    | 都外川達哉 | 工学部・環境ロボティクス学科 | 佐藤治   |
| 宮崎日本大学高等学校   | 重永高俊  | 工学部・環境ロボティクス学科 | 穂高一条  |
| 宮崎第一高等学校     | 五通悠介  | 工学部・環境ロボティクス学科 | 田村宏樹  |
| 都城西高等学校      | 黒木康臣  | 工学部・電子物理工学科    | 前田幸治  |
|              |       | 工学部・電子物理工学科    | 森浩二   |
|              |       | 工学部・材料物理工学科・4年 | 脇田亜門  |

4 内容

(1) 開会行事

- ・ 開会挨拶(木村・森)
- ・ 第20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 単位を明確に導入するための電磁気の展開 山田盛夫
- ② 高校数学で学習する内容の一覧表作成について 木村英二

(3) 講演I

題目 「新学習指導要領に基づく高校数学について」

講演者 宮崎大学教育文化学部数学教育専攻 北直泰 准教授

講演概要:

高校数学の内容に関して、平成27年度以降の大学新入生が履修している新学習指導要領の特徴などを、旧学習指導要領の違いを中心に解説していただいた。主な項目と内容は以下のとおりである。

○ 改訂の基本方針

- ・ 数学的活動の一層の充実
- ・ 基礎基本の定着を図るスパイラル学習
- ・ 言語活動の充実
- ・ 数学の有用性を実感させる
- ・ 課題学習の導入(数学I及びA)

○ 各科目とその位置づけ

- ・ 数学I(3単位): 必履修科目
- ・ 数学II(4単位): 数学Iの発展・拡充
- ・ 数学III(5単位): 数学関心が高異性と、数学が必要な専門分野に進む生徒が対象

- ・ 数学 A (2 単位) : 数学の良さの認識、論理的推論に役立つ内容
- ・ 数学 B (2 単位) : 数学の活用に役立つ内容
- ・ 数学活用 (2 単位) : 数学的な見方考え方の良さの認識、活用
- 各科目の内容
  - ・ 数学 I : (1) 数と式、(2) 図形と計量 (三角比)、(3) 二次関数、(4) データの分析
  - ・ 数学 II : (1) いろいろな式、(2) 図形と方程式、(3) 指数関数・対数関数、(4) 三角関数、(5) 微分・積分の考え方。
  - ・ 数学 III : (1) 平面上の曲線と複素数平面、(2) 極限、(3) 微分法、(4) 積分法
  - ・ 数学 A : (1) 場合の数と確率、(2) 整数の性質、(3) 図形の性質
  - ・ 数学 B : (1) 確率分布と統計的な推測、(2) 数列、(3) ベクトル
  - ・ 数学活用 : (1) 数学と人間の活動、(2) 社会生活における数理的な考察
- 改訂のポイント
  - ・ 新しい内容として、「データの分析」、「ユークリッドの互除法」、「 $n$ 進法」、「複素数平面」が入ってきた。
  - ・ 旧課程の数学 C の内容は数学 III へ盛り込まれた。
  - ・ 行列式がなくなった。
  - ・ 数学 A、B は内容を選択して履修してよい。

#### (4) 講演Ⅱ

題目「数学の確認テスト結果から見える工学部新入生の現状」

講演者 宮崎大学工学教育研究部工学基礎教育センター 辻川亨 教授

講演概要

毎年度入学直後の「数学解析Ⅰ」初回授業で全学科 1 年生に実施している高校数学基礎知識の確認テストの結果を基に、25 年度新入生の数学に関する基礎学力の現状について報告していただいた。主な内容は以下のとおりである。なお、本講演は同センターの今隆助准教授が発表される予定であったが、体調不良で欠席のため、辻川亨教授に代役をお願いした、

- 数学確認テストの目的
  - ・ 新入生における高校数学の習得度を把握し、授業に反映する。
  - ・ 自主勉強会への参加が必要な生徒の選抜
- 数学確認テストの中身とその結果について
  - ・ 高校数学の履修に関するアンケート：数学 C 以外は全て高い割合で履修している。
  - ・ 三角関数： $\cos \theta = 1/2$  ( $0 \leq \theta \leq 2\pi$ ) の正答率が低い。答えをひとつのみのミスが多い。
  - ・ 指数関数： $\sqrt{(a-1)^2}$  で混合を外す際、絶対値をつけていない回答が多い。
  - ・ 対数関数：底の変換の問題は正答率が低い。
  - ・ べき関数：比較的正答率が高い。
  - ・ 関数のグラフの描写：全体的に正答率が下がる。特に  $\tan \theta$  のグラフが低い。
  - ・ 微積分：単純な微分計算や積分計算は解けるが応用問題は極端に低い。
  - ・ 複合問題：どの問題も正当率が低い。
- 経年変化
  - ・ 過去 6 年間の結果を比べると、例年同じ傾向にある。
  - ・ どの年も同じ問題で正答率が低い。

#### (5) 情報交換・協議

- ① 物理と数学の連携について
  - (1) 「物理で躰く数学事例集」について  
アンケート結果、及び物理部会地区会での協議報告
  - (2) 今後の方向について
- ② その他

#### (6) 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

【協議題】物理と数学の連携について

- (1) 「物理で躰く数学事例集」について  
アンケート結果、及び物理部会地区会での協議報告
- (2) 今後の方向について

【資料】「高校物理でつまづく数学事例集」の回答より共通する内容の抜粋、物理部会地区会（南部・中部・北部）における「物理でつまづく数学事例集」の協議について、数学の学習内容一覧表

【これまでの経緯】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。この状況を改善するため、もっとよい方法を模索し、まずは物理と数学で何か繋がらないかなということでのこの活動が始まった。物理と数学が密接に関係していることは明確であるが、お互いのカリキュラム、進捗状況、生徒がよくつまづく内容を知らないでいる。高校や大学の基礎教育センターのなかで物理と数学の連携の可能性を見出し、学生（生徒）の学習に反映させることを目的として、第15回会合よりこのテーマで協議を続けている。

その中で、まずは「物理のなかで出てくる数学」「物理を教えていく中で躓く数学」について、物理と数学のカリキュラムに沿って並べることからはじめることとなった。第19回の会合では、この資料作成の中心となる「物理数学連携推進ワーキンググループ」の設立を決めた。

平成25年4月にワーキンググループの参加者を募り、5月より活動をスタートした。これまでに2回の会合を行った。その中で「高校物理でつまづく数学事例集」を、①三角関数、②微積分、③ベクトル、④その他、の4つに分類し整理した。第20回会合にて、このワーキンググループの活動結果が報告された。また、より多くの事例を収集及びこの活動をより多くの教員と共有するために県内の高校物理教員にアンケート調査をすることが提案され、多くの参加者に賛同を頂いた。

第20回会合を受けて、9月にアンケート調査を県下の高校物理教員に行った。11月には、アンケートの結果をもとに、宮崎県高等学校等教育研究会理科部会物理部会の協力を得て、南部・中部・北部の各地区会において「物理でつまづく数学事例集」を協議題に入れてもらい、高校の先生方から事例やその原因、対応策、及び数学との連携について協議した。協議の結果、高校物理の中で微積分を中心に据えた授業展開は難しく、数学との連携については、①三角関数と③ベクトルに加え、④その他の中から「指数法則」を加えた3つの分野で工夫の余地があるという結論に達した。②微積分については具体例の紹介など、物理側から数学側へ教材を提供することができるという意見でまとまった。

【協議の概要】これまで本連絡会で協議してきた背景と「高校物理でつまづく数学事例集」のアンケート結果、及び物理部会地区会での協議について説明された。その後、アンケートに見られた共通事例である「指数法則」、「三角比・三角関数」、「ベクトル」に関してコメントをいただき、今後の物理-数学連携のポイントについて協議を行った。

事例について、「三角比の分野で三角系の形が変わると  $\sin$  と  $\cos$  がわからなくなる」という事例は原型現象の典型であり、多くの事例に関してこの「原型現象」が関係していると思われる。大学においては各カリキュラムのシラバスやカリキュラムマップが出来上がっており、下地はできているようである。

協議を通して、三角関数、ベクトル、指数法則で数学との連携する工夫の余地があること、三角関数とベクトルに関しては数学と物理とで指導のアプローチに違いがあることが明確になった。

これを受けて、次回の物理連絡会では高校数学科の先生にも参加いただいて、三角関数とベクトルの指導方法について情報交換を行うことを確認した。

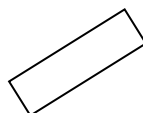
#### 【主な発言等】

- ・ 三角形を回すと三角比ができない生徒は多い。
- ・ 三角形の形が変わると三角比がわからなくなるのは原型現象の典型と思われる。
- ・ 原型現象とは教科書に書いてあるとおりにしか理解せず、教科書に出てこないパターンが出てくると違うものだと認識する現象。

小学生の例：



長方形



長方形でなく、斜め四角？

- ・ 教科書に出てこない色々なパターンを取り扱うことが必要だと言われている。
- ・ OHP を使っていた時代は、OHP に書いた図形を回転させて解説していた。黒板に書くと動かせない。
- ・ ICT を活用して細かな演習を多くこなしている。三角系の回転などはフラッシュなどで簡単にできる。
- ・ 数学では単位円を用いる。その際、「横コサイン、縦サイン」というような語呂合わせで生徒が覚えている。形が変わっても、それを適応してしまう。
- ・ 生徒が三角比でつまづいているときは定義に戻って教えてはどうか。
- ・ 数学 I でははじめ  $\angle A$  と教えていて、後に  $\angle \theta$  を導入する。物理でいきなり  $\angle \theta$  がでて戸惑う生徒がいる。
- ・ 数値の  $0.0 \times 10^n$  という表現は物理基礎の教科書のはじめの方に出てくる。教科書にあるので生徒も当然知っていると思って解説していると、初めて出てきた表現で全然わからないというので、教え直すことがあった。

- ・ 生徒のつまずくところを知った上で授業をすることが大事で、このような会合でいろいろな事例について情報を共有することはとても有用だ。
- ・ 物理と数学の間でお互いに学習内容を知っていて、共通する内容を教えるときにそれぞれが同じ内容であることを生徒に伝えることで二重の印象付けができ、効果も上がるのではないか。
- ・  $V=V_0+at$  のグラフを書く際に、 $V=at+V_0$  と書いて  $y=ax+b$  と対応させて説明するが、生徒はしっくりこない。原型現象が関係しているのかと感じた。
- ・  $v-t$  グラフの面積が距離になると説明すると、なぜ面積なのに単位が  $m^2$  でないのかと生徒は混乱する。
- ・ 数学での学習が物理につながらないことは、原型現象に由来しているのではないか。
- ・ 大学でも数学の連携をシステム化して行く必要がある。
- ・ シラバスやカリキュラムマップの整備が進んで大学では出来つつある。
- ・ 大学では応用数学で各学科に合うような数学をやっている。
- ・ 単位の分かっていない生徒が多い、次元をどこかできっちり教える必要がある。
- ・ 数学の知識を物理や専門に生かすには知識の融合が必要である。
- ・ スカラーとベクトルの違いを理解していない生徒がいる。言葉の意味としては知っているが、実際の場面になると混同してしまう。根本的な理解ができていない。
- ・ 大学の物理では、ベクトルの成分表示と単位ベクトルでの表示が多くなる。それがうまく使えない学生が多いが、高校数学では取り扱っているのだろうか。
- ・ 高校数学の教科書ではベクトルの成分表示も単位ベクトルも取り扱っている。

## 6 感想

### ○「各種報告・授業上の工夫点」について

- ・ 山田先生の発表については、毎回勉強になっています。
- ・ 山田先生の実験器具が面白かった。参考にさせていただき、私も多くの実験器具を作りたい。
- ・ 山田先生の電磁気における単位の話は、生徒のつまずきを理解するのに役に立つと共に、自分の理解を整理するのにも刺激になった。
- ・ 木村先生の資料は、今後の連絡会でも必携にすべき、わかりやすい資料だと思う。
- ・ 毎回ですが、(山田先生の)物理的裏付けに徹底的にこだわる姿勢に感動を覚えました。
- ・ 資料をじっくり見て、生かしていきたいです。
- ・ 新課程数学の内容と関連する物理の内容の表は、物理・数学両方の教員で共有しておくべき内容だと思いました。
- ・ 物理現象を数式で表現することの難しさを感じた。
- ・ 本校でも物理の授業の大半を公式の証明に当てているため、特に教えにくい電磁気学について、このような話が聞けてとても参考になりました。
- ・ 電磁気の単位はだいたい天降りで作ってしまった。再考するチャンスになりました。
- ・ 数学と物理の進度によるアンマッチは昔から有りましたが、最近ますますひどい気がします。
- ・ いろいろな先生の工夫している点や考えのことがもっとざっくりばらんに言い合えるようなコーナーになると、より良いと思います。
- ・ 大変研究されていて素晴らしいと思います。役に立つ内容だと思いました。
- ・ (電磁気は)私も毎年同授業を組み立てるか悩む分野です。今後の参考にしたいと思います。

### ○講演 I 「新学習指導要領に基づく高校数学について」

- ・ 北先生の話し方がとてもうまく、解りやすかった。物理においても有用性を実感させなければならないと感じた。
- ・ H27年度大学入学生から「行列式」の学習が高校数学の中にないので、物理科学のベクトル積の内容に工夫が必要であると感じた。
- ・ 非常に良かった。どの点が追加され、どの点が削除されるのかがわかり、教育に活かすことができる。
- ・ 統計の重みが大きくなるということだが、資料中にも初めて聞く統計用語が散見されたので、いつかそういった内容の講義をして欲しい。物理実験でのデータ処理法などをそちらに合わせたい。
- ・ 新しい教科書の内容を確認できて良かった。
- ・ とても役に立った。教科書を読んでも、高校の数学は改めて難しいと思った。(特に三角関数の定義等)
- ・ 他教科の変更点までは把握していなかったので勉強になった。
- ・ 行列と複素数平面が交互に(高校数学の)内容からなくなるという話は興味深かった。
- ・ 時代の背景が反映されているのかとの印象が残る。
- ・ 本校でも中高一貫校のメリットを生かしていけるよう引き続き研究していきたい。
- ・ 他教科の新課程まで細かく見る時間がないため、よくわかっていませんでしたが、詳しく説明していただ

いて勉強になりました。

- ・ 概要が理解できたので、大変ためになりました。
- ・ 大学の教員ですが、数学の新学習指導要領の中で見落としていた点（習っているはずだと思い込んでいたが、新指導要領では扱っていない項目）などに気づかされました。自分の情報収集不足を反省しています。
- ・ とても楽しく聞かせていただいた。大変わかりやすかったです。
- ・ ここ数年、この会に参加させていただく中で、数学の先生と意識して物理数学の連携について、コミュニケーションをとるようになりました。その際の具体的に話をする材料になると思います。

#### ○講演Ⅱ「数学の確認テスト結果から見える工学部新入生の現状」

- ・ 宮崎大学の学生への（指導の）手厚さを改めた実感することができた。恥ずかしい話、自分自身も確認テストで分からない問題もあったので、数学をもう一度一通り目を通さなければならないと思った。
- ・ 数学の確認テストは「知識の確認テスト」なので、応用問題例もあると良いと感じた。（公式はわかっているけど応用力がないのでは？）
- ・ 数学テストの成績の割に、物理で使うときにその数学の力をうまく使えていない（わかっていない）という印象をもちました。数学の結果との相関が取れるような物理確認テストが必要と思った。
- ・ 今回の話を県内の高校数学教員が聞く機会があるとかかなり効果的ではないかと思いました。
- ・ 基礎学力を身につけさせて、大事に学生を育てていこうとされていると感じた。
- ・ グラフや範囲を考える問題で誤答が多いというのは高校で教えていてもつまづく生徒が多いという点とつながる。
- ・ 苦手な分野が変化していない様子だが、今の高校全体の傾向なのかが気になる。
- ・ わざわざ大学で数学の補講があることに多少抵抗がありましたが、地元、宮崎大学（工学部）での現状を示していただき考えが改まりました。
- ・ ここでも系統的手法が使われていたわけですが、文科省はこういうことに長けた人材を育てようとしているのでしょうか。
- ・ かなり細かく分析されていると感じました。その分析が、その後の教育にどれくらい活かされるか、活かそうか、という点も気になります。
- ・ やはり国公立の学生ですので、基礎的なことは一応クリアされていると感じました。ときには出題の傾向を変えてみるのも面白いのではないのでしょうか。
- ・ 実際の学生のデータを示していただいたのは非常にありがたかった。

#### ○情報交換・協議について

- ・ 原型現象についての恐ろしさを知った。そこを崩していくことが数学と物理の橋渡しになるだろうと感じた。（係数  $a \rightarrow V_0$ 、角  $A \rightarrow \theta$  など）
- ・ （受け持つ生徒に）計算の途中で、分数を少数にしてしまう生徒が多い。 $3.5 \times 10/7 = 0.5 \times 10$  のところを、 $\div 3.5 \times 1.42 \div 4.9$  のようなミスにつながる。有効数字と誤差を考えさせるのが難しい。
- ・ 「原型現象」の対策は1年前期の補習で対応ができるか。また、OHPで図をぐるぐる回すと良いというのはなるほどと思った。
- ・ 物理で見られる数学的な誤認例は、我々数学教員にとっても重要な情報になる。
- ・ フラッシュを利用したいろいろな状況での知識復習は使えると思った。
- ・ いよいよ形になってきてよかったです。今後、各学校の数学教員との情報共有をしっかりとやっていきたいです。
- ・ 工学部、教育文化学部などいろいろな先生の意見を聞くことができ、今後の発展が楽しみになってきました。
- ・ 物理と数学の教科書を見比べる会を開いてはどうでしょうか。
- ・ 議論が有意義だった。
- ・ 大学の先生方の視点での話を聞くことができよかった。
- ・ 北先生の「原型現象」の話はとても面白く、教えるときに意識しておくべきことだと感じました。
- ・ 情報収集及び問題点の共有というところでは有効な話が聞けてよかった。
- ・ 三角関数を教える難しさを感じた。
- ・ スキルと定義の議論は大変勉強になった。ICTの利用など「原型現象」を逆手に取られるくらい数学事例集を参考にしていかなければならないと思った。
- ・ 「生徒はこんなことを知らない」ということを分かって教えられるのと、そうでないのとでは随分違うと思う。数学とどう連携をとっていか期待しています。
- ・ 数学の特徴は、いろいろなものを抽象化して、中枢のみに注目するという点にあると思います。一方、物理では単位や具体的な現象面での応用に興味が示されるので、そもそも学問の性格の差というか、そういうものが問題の本質になっていると感じます。そのことをまずしっかりと認識することが必要と思う。
- ・ 今日の協議内容は、生徒のつまづくポイントに関して、様々な新しい（自分は知らなかった）観点がでて

きて、教育の難点を改めて実感したと同時に良いアイデアも多く頂いた気がします。

- ・ 意見がたくさん出て良かったと思います。

#### ○その他・全体を通して

- ・ 時間が足りないという中で、「解ける」という自信と苦手意識を持たせない工夫をしていかなければならなく、教材研究の重要性を改めて感じた。
- ・ 原型現象というのがすべての源のような気がした。興味深かったです。
- ・ 数学と物理の連携は、高校の取り組みだけでなく、大学の取り組みを活性化すべきと思う。
- ・ このような横方向の情報交換は物理と数学以外にもあると思う。
- ・ みなさんの用意された資料がとても充実していると思います。
- ・ かなり有意義な時間でした。
- ・ 物理、数学、高校、大学、様々な観点で話が聞けて有意義な時間となりました。
- ・ とても有意義な会でした。
- ・ 毎回、この回で得た内容を普通の授業にフィードバックさせています。

#### 会合の様子（写真）

