

「第22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26年4月1日

宮崎県立都城工業高等学校 木村英二
宮崎大学工学部電子物理工学科 森浩二

- 1 日時 平成26年 3月15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 34名(高校側:数学4名、物理16名、大学側:14名)

宮崎西高等学校	数学	那須俊哉	神戸大学発達科学部	山口悦司
宮崎農業高等学校	数学	高塚智昭	工学部・学部長	今井富士夫
宮崎農業高等学校	数学	杉木啓能	工学部・電気システム工学科	横田光広
五ヶ瀬中等教育学校	数学	上水陽一	工学部・電気システム工学科	林則行
宮崎工業高等学校	物理	池上嘉夫	工学部・環境ロボティクス学科	佐藤治
宮崎工業高等学校	物理	荒武宗弘	工学部・機械設計システム工学科	鄧鋼
宮崎第一高等学校	物理	五通悠介	工学部・工学基礎教育センター	前田幸重
宮崎日本大学高等学校	物理	重永高俊	工学部・工学基礎教育センター	飯田雅人
五ヶ瀬中等教育学校	物理	稲用健二	工学部・工学基礎教育センター	五十嵐明則
小林秀峰高等学校	物理	渡辺大樹	工学部・工学基礎教育センター	松田達郎
聖心ウルスラ学園高等学校	物理	諏訪研也	工学部・電子物理工学科	前田幸治
赤江まつばら支援学校	物理	松元若明	工学部・電子物理工学科	山内誠
都城工業高等学校	物理	木村英二	工学部・電子物理工学科	森浩二
都農高等学校	物理	河野健太	工学部・材料物理工学科・4年	脇田亜門
日南振徳高等学校	物理	小田朋宏		
福島高等学校	物理	橋口 寿		
都城西高等学校	物理	黒木康臣		
賛助会員	物理	山田盛夫		
元高校教員、非常勤講師	物理	東口博明		
元高校教員	物理	豊岡幹雄		

4 内容・タイムテーブル

(1) 開会行事 (13:00~13:10) 10分

- ・ 開会挨拶(木村・森)
- ・ 第21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 (13:10~13:50) 40分

- ① 新科学対話(下)に見るガリレオの運動学の考察 山田盛夫(20分)
- ② 九州高等学校生徒理科研究発表大会報告 稲用健二(20分)

(3) 講演 (14:00~15:00) 60分

題目 「子どもたちは「理科離れ」しているのか：その現状を探る」

講演者 神戸大学発達科学部 山口悦司 准教授

講演概要：

子どもたち(小学生・中学生・高校生)は「理科離れ」しているのか。この問いに答えるべく、国際的な調査研究(PISA、TIMSS)や国内独自の調査研究(国立教育政策研究所による調査など)が行われている。今回の講演では、これらの調査研究を通して得られた実証的なデータを紹介、分析され、「理科離れ」の現状を解説していただいた。時おり、参加者への質問や参加者同士で話し合わせる場面を取り入れるなど、工夫を凝らした講演であった。以下に講演の項目と内容を示す。

① 「理科離れ」とは？(定義)

いつから日本では「理科離れ」が問題とされるようになったか。OECD生徒の学習到達度調査の結果や新聞記事の見出しに関連するキーワードのヒット数のデータから分析されていた。1994年ごろから社会的な問題として知られていくようになったようだ。

② 「理科離れ」しているのか？(実態)

本当に日本で「理科離れ」が起きているのかどうか、子どもの科学への関心や認識について、共時性と通時性の2つの観点から分析されていた。

共時性の観点から、他国との比較、及び他教科との比較がなされた。他国に比べると、小学校では「理科離れ」の傾向にはないが、中学校になるとその傾向が見られるようになる。教科間の比較では理科だけに特徴的な、他教科でも同じような傾向が見られた。特に数学とは傾向が似ていた。

通時性の観点からは、過去との比較、及び学年が上がるにつれての変化を説明された。過去との比較から、近年は「理科離れ」が回復傾向にあるという分析であった。また、小→中→高と上がるにつれ「理科離れ」が進むということがデータから見られた。

③ なぜ「理科離れ」しているのか？（理由）

最後に理科が嫌いになる原因と回復するきっかけという観点から調査された結果を紹介された。

理科が好きな理由と嫌いな理由を聞き取り調査した結果を見ると「学習内容」、「活動内容」、「教師の人柄」が重要な観点だとわかった。回復するきっかけは、学習内容が理解できるかどうか、先生を好きかどうか重要な点となっていたことが印象的であった。

(4) 情報交換・協議 (15:10~16:40) 90分

① 物理と数学の連携について

(1) これまでの経緯について 森浩二

(2) 事例発表「物理と数学の連携について」 宮崎日大高校 重永高俊

(3) 「三角比・三角関数」、「ベクトル」、「指数法則」の分野で連携できることについて
(これまでの議論のまとめ) 木村英二

(4) 意見交換

② その他

(5) 閉会行事 (16:40~17:00) 20分

・ 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) これまでの経緯について 森浩二

(2) 事例発表「物理と数学の連携について」 宮崎日大高校 重永高俊

(3) 「三角比・三角関数」、「ベクトル」、「指数法則」の分野で連携できることについて
(これまでの議論のまとめ) 木村英二

(4) 意見交換

【資料】

① 「物理教育連絡会（物理と数学の関連）について」（重永高俊氏の発表資料）

② 「第22回高等学校と大学との物理教育に関する連絡会」協議資料（「三角比・三角関数」、「ベクトル」、「指数法則」における物理と数学での取り扱いについて）

【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谷本祐一郎氏の資料によると宮崎の学生（生徒）は他県に比べ宿題が多く勉強時間も長い、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などを知らないでいる。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、まずは高校物理の中で「物理で出てくる数学」「物理を教えていく中でつまづく数学」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（以下、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」について協議し、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意見を頂いた。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。

第21回会合では、上記のアンケートの結果及び物理部会地区会での協議について報告され、数学との連携において重要であると思われる「三角比・三角関数」、「ベクトル」、「指数法則」の分野について意見を交換し、連携のポイントについて協議を行った。協議を通して、「三角比・三角関数」、「ベクトル」、「指数法則」の分野で数学との連携する工夫の余地があること、「三角比・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。次の第22回会合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。

【協議の概要】

初めに、大学側世話人の森より、このテーマを協議することになった背景とこれまでの経緯が報告され、本会合では「三角比・三角関数」、「ベクトル」、「指数法則」の分野で数学と連携できることについて協議していくことを確認した。次に、宮崎日大高校の重永高俊氏より「三角比・三角関数」と「ベクトル」を高校物理ではどのように教えられているかについて、現場の状況を紹介していただいた。続いて、高校側世話人の木村より、これまでの協議を整理した資料が提示され、「三角比・三角関数」、「ベクトル」、「指数法則」の三分野について、物理で使う内容、数学と物理での違い、物理でつまづく点、連携のポイントが解説された。

その後、説明された内容に関して、参加者から自由にコメントや意見を発言してもらった。今回は、高校数学の教員も参加されており、数学側から見た物理での教え方について貴重な意見が多く得られた。それに対して、物理側からも多くのコメントがなされ、議論がより深まった。数学側からの主な意見を以下にまとめる。

- ・ 物理の速度の分解で出てくる $V_x = V \cos \theta$ という表現は、数学では違和感がある。 $\cos \theta = V_x / V$ のように $\cos \theta = \dots$ という表現の方が数学では一般的。
- ・ 交流回路等に出てくる $V = V_0 \sin(\omega t - \pi/2)$ のような式は何が変数かわからない。また、そのままではグラフが書けない。通常は $y = \sin(2x - \pi/2) = y = \sin 2(x - \pi/4)$ のように変形してグラフを書く。
- ・ ベクトル和について、平行四辺形の法則よりはベクトルをつなぎ合わせて合成する方法で教えている。
- ・ ベクトルの差については、逆ベクトルの和として説明している。

本会合の協議で、物理と数学との考え方の違い、指導方法の違いがより明確になった。今後も数学の先生方にも参加していただき、物理と数学との情報交換をしていくこと、及び物理連絡開会から高校の数学部会などへの働きかけを進めていくことを確認した。それと同時に、次のステップとして個々の高校現場で数学と物理の連携を実践してもらいたいと投げかけて協議が終了した。

【主な発言等】

数学：数学ではベクトルとは「運ぶ人」という意味なので、平行四辺形ではなく、平行移動してベクトルをつなぎ合わせて和とする。

物理：ベクトルの原点を動かすことは、学生にとって抵抗はないのか。

数学：「有向線分」と「ベクトル」は違うがその違いを学生に理解させるのは難しい。中学校で学ぶ合同で平行移動を学ぶので、それと同じようにベクトルも平行移動しても同じだということで生徒は理解できていると思う。

物理：これまでの協議で教える内容の順番を揃えるのは難しいが、一方がいつ教えるのかをお互い把握していくことが重要。

物理：数学では引き算をどのように教えているか。

数学：ベクトルの引き算は定義の問題であって、私は $\vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b})$ のように逆ベクトルの和として教えている。

数学：数学と物理の違いだと思うのは、三角比の表現方法。分解 $V_x = V \cos \theta$ と仕事の $W = F \cos \theta$ には数学から見ると違和感がある。 $\cos \theta = V_x / V$ の形を数学では用いることが多いので、その方が慣れ親しんでいる。生徒もそうなのではないか。

また、 $V = V_0 \sin(\omega t - \pi/2)$ のままでは、生徒はグラフを書く事はできない。数学では、 $y = \sin(2x + \pi/2) = \sin 2(x + \pi/4)$ の形に変形してグラフを書くように指導している。物理ではどのように指導しているか。

$V = V_0 + at \dots$ ①、 $x = V_0 t + 1/2 at^2 \dots$ ②、 $V^2 - V_0^2 = 2ax \dots$ ③の公式で③の物理的意味はなにか。生徒は①と②からどの

ように変形して③を導出するのか。

物理：2通りの方法で教えている。1つは教科書通りに①から t を求めて②に代入する方法。もう一つは $v-t$ グラフの面積が距離であることを利用して、面積から導出している。③の公式から運動エネルギーと仕事の定義につなげている。

物理：物理の学習の初めにこの3つの公式が出てくるが、はじめは①と②を中心に説明し、エネルギーのところで③の物理的意味に触れるようにしている。

数学：そのように公式だけでなく、その物理的な意味を生徒へ伝えると物理が苦手な生徒が減るのではないか。

物理：③の導出で式展開だけで変形していくと物理的な意味が見えてこない。 $v-t$ グラフなど図を使って説明すると物理的意味も見えてくる。

物理：物理的意味がとても大事で、多少ややこしくてもはじめは物理的な意味を通して生徒に教えていくべきだと思う。

物理：簡単なことでも説明しすぎると生徒はわからなくなる。1つの方法ですべて通していくとすれば、ベクトルの操作は座標で統一してやってはどうか。

物理：図をしっかりと書くことが大事。面積で肩がつくことは面積でやる。

物理：この生徒がどのような方法で教えたほうが良いのか、その生徒に合った方法を工夫していくことが大切ではないか。

物理：生徒によっては、物理的アプローチが合う場合と数学的アプローチが合う場合とそれぞれである。物理側から、数学側からの視点だけではなく両方の視点からの考え方を物理と数学で共有していくことがこの連携の大事な点になっている。生徒にとってどのアプローチがベストかを見極めて、指導して行くことが大切。

物理：物理ではベクトルの引き算は多用するが、数学ではどうだろうか。

数学：数学では引き算を逆ベクトルの和として定義しているので、特に引き算ということ意識して指導していない。

物理：質点の場合、ベクトルの移動は問題ないが、剛体になるとベクトルの作用点が変わるとモーメントが変わってしまうので移動できない。そこは区別して指導する必要がある。

物理：物理と数学でどのように教えているかをお互いに知っておくことが大切。

6 感想

○「各種報告・授業上の工夫点」について

- ・ ガリレオの「新科学対話」を再度読んだり、原点にあたることの大切さを気づかされる機会となった。
- ・ 山田先生の講話はたいへん面白かったです。勉強になりました。
- ・ 山田先生の講演で強調された事実「ガリレオの時代背景位を踏まえて、その中で(ほとんど何も無い中で)基本の土台を築き上げたこと、かつ実験技術もほとんどなかった状況下で本質を捉える実験を実行した」は、重要な視点を思い起こさせてくれた。
- ・ ガリレオの実験の工夫は、微分積分を使わなくても教えることができるので役に立つと思う。
- ・ 山田先生のガリレオの運動に関する考察の話は、自分が高校時代に運動学を面白く感じた時の事を思い出させられた。
- ・ 平均の速さから瞬間の速さを求める考え方は参考になった。

○講演「子どもたちは「理科離れ」をしているのか：その現状を探る」について

- ・ 演題の問いに対し、複眼的に見る手順(文献データの見方など)がとても参考になった。
- ・ 漠然としていたことをデータ上から説明されて、納得できた。
- ・ 1つ疑問に残ったのは、「理科好き→得意」になるのか、「得意→理科好き」なのか。また知りたいです。
- ・ データをまとめて説明してもらい、わかりやすかった。
- ・ 日本と他の国との比較は、工業製品の溢れている国とそうでない国とで異なるのではないかと感じた。この2つのグループに分けた比較が見たい。
- ・ 内容は興味深かった。結論があまりはっきりしていないのは残念。
- ・ 具体的な数値で、日本の現状を見ることができ有意義であった。
- ・ 理科離れなどを自身の高校で調査し、他の高校とも連携をして、宮崎の生徒の現状を知れば原因も突き止めやすく、より宮崎の理科を盛り上げられるのではないかと感じた。
- ・ いろいろとデータが集められ、まとめられている事を初めて知ったので良かった。データの収集の次はその解釈だと思うので期待しています。
- ・ 理科が好きな理由、嫌いな理由が知ることができてよかった。

○情報交換・協議について

- ・ 連携用資料プリントの形がかなり良いものになってきた。
- ・ 教え方のスタンスが明らかになり、かなり有意義な時間となった。
- ・ 数学と物理で互いに連携をとることは大変有効だと思った。
- ・ 今回は、高校数学の先生も参加してくださったので、数学教員が教える上で自分なりに捉えている見方と、物理教員が教えている上で自分なりに捉えている見方の違いがわかって、むしろ良かったと思う。鄧鋼先

生が指摘されたように様々な見方があることを、どちらの教員も把握しておくことが大切で、生徒・学生には、複数の教え方ではなく、その生徒たちに最適な教え方一つに絞って教える方が良いと思う。「最適な教え方」を選択する眼力が教員に求められるのでしょう。

- ・ 数学の先生の話は面白かった。森先生のファシリテートはうまかった。
- ・ 物理では、作用点や力点のようにベクトルの原点を移動せず平行四辺形を用いるが、数学では・・・という話の中で、使い方、考え方の差を感じた。
- ・ 数学の考え方やテクニックを知ることができてよかった。
- ・ 数学の先生方を交えての話は、それぞれの立場からの意見を対比させることができてよかった。
- ・ 数学的視点と物理的視点の違いがとても面白く参考になった。

○その他・全体を通して

- ・ 今回も有意義な会でした。
- ・ 初めて参加しましたが、有意義な会だったと思います。
- ・ 今回、数学の先生方が多数こられていて本当にありがたかった。特に高塚先生には感謝しています。

