

物理学実験の場としての部活動の活用

内山 哲治¹, 山口 智輝²

¹ 宮城教育大学 教育学部 理科教育講座

² 宮城教育大学大学院 教科教育専攻 理科教育専修

義務教育および高等学校で行われている物理の授業では、授業時間の関係や実験器具購入などの経済的な問題から実験の実践が困難である場合が多い。われわれは実感を伴って「確かに分かる」授業を行うために、暗黙知としての部活動体験を物理学実験の場として設定し、生徒が物理現象を体験・検証し、理解していくプロセスを考え、これを経験反芻型学習と名付けた。今回は、部活動として、東北学院榴ヶ岡高等学校の野球部にご協力いただき、高校の物理分野で学習する放物線運動や衝突に関して検証した。また、視覚的イメージを付けるために、バットスイングの角度やボールとバットの衝突位置などのバッティングの要素を定量的に評価し、その打球軌道を表示するシミュレーションを作成し、学習内容の定着を図った。結果として、生徒の物理履修と未履修の如何に関わらず、部活動からの物理学習に効果があり、物理学の本来の姿を再認識させることが出来た。

キーワード：確かに分かる、経験反芻型学習、暗黙知、物理学実験、部活動

1. 背景と研究目的

「確かに分かる」という言葉がある。これは本学附属小学校の研究課題でもある。附属小学校の研究紀要では、「子どもが確かに分かる授業」として、「一人一人の子どもが、学習に対する意欲を持続しながら、ねばり強く課題を追究し続け、学習内容について納得して理解し、自分のものにすることができる授業」と定義されている[1]。つまり、「確かに分かる」とは「学習内容について納得して理解し、自分のものにすること」である。われわれは、この「確かに分かる」を実感というキーワードを用いて分析した。この実感という言葉は、文部科学省から平成20年6月に出された小学校学習指導要領解説（理科編）において25回も出てきており、非常に強調された最重要キーワードであり、広辞苑（第六版）においては、「1. (想像・空想に対して) 実物に接して起こる感じ。2. 実際に経験しているかのようなきいきとした感じ。」と説明されている。さて、分析の結果、前半の「学習内容について納得して理解し」の部分は実感を伴う学習と言い換え

ることができる。一方、後半の「自分のものにできる」の部分は、実感を伴った学習を行ったからといって必ずしも自分のものに出来たかどうかは不明であり、個々人の資質に大きく依存する処である。ちなみに、「子どもが確かに分かる授業」の前半部分「一人一人の子どもが、学習に対する意欲を持続しながら、ねばり強く課題を追究し続け」という処も、先と同様に個々人の資質に大きく依存する。しかしながら、これら個々人の資質に依存する部分は、実感を伴う学習が出来て初めて発現するものであると考えられる。つまり、「確かに分かる」というのは、第一に実感を伴う学習があり、その上に成り立つものであると言うことができる。

一方、認知科学・認知心理学の分野で、素朴理論という考え方がある。素朴理論とは、「人間は日常生活の中で経験的・自然発生的に裏付けも実証も特にない思い込みを持ち、その思い込みによってそれぞれの概念を形成しているという考え方」であり、その思い込みを素朴概念・誤概念・日常知と呼ぶ。素朴概念は、学習者が自らの狭い経験から過度に一般化して作り上げた概念であ

り、学校教育で正しい科学的概念を学習しても容易に修正されないことが知られている[2, 3]。また、知識経営の立場から形式および伝達方法の観点において、知識は形式知（明示知）と暗黙知（経験知）の二つに分類される。前者は、言葉で説明できる知識であり、後者はわれわれが経験を通して獲得した知識であり、できるのに説明できない・分かっているのにうまく言えないという知識である[4]。ここで、素朴概念は本質的に間違っており、形式知・暗黙知は本質的に正しい知識概念であると言える。

以上より、「確かに分かる」授業を行うために実感を伴った学習をさせるには、どこまでが正しい暗黙知の要素として素朴概念を説明できるか、暗黙知から如何に形式知を要素として抽出できるかが重要であると言える。そこでわれわれは、暗黙知を既成実体験としての部活動に求め、物理教育の可能性を検討した。具体的には、言葉では説明しにくい、このようにバットを振れば遠くまで飛ばせるなどという野球部での感覚を暗黙知の要素とみなし、放物線運動や衝突を抽出した形式知の要素として説明する。われわれは、この実体験による暗黙知と形式知の反芻作業を行うことによる学習プロセスを経験反芻型学習と名付けた。

2. 物理教育の実践

物理学は、自然のルール（真理）を解明していく学問である。物理学においては、いくら理論構成や数式が美しくても、自然現象が説明できなければ単なる空論となってしまう。したがって、物理の学習には自然法則の理解や検証としての物理学実験が必須となる。しかしながら、現実的には時間的・経済的に実験の実践が困難であり、学校現場において実験を行わずに履修してしまう場合が多いという現状がある。一方で、物理の魅力を伝えるために、これまで非常に多くの簡易実験や安価実験が提案されている。われわれの研究室でもセカンドベストとして、さまざまな分野のシミュレーション教材開発を行っており[5-9]、現

場の理科実験に寄与してきた。しかし、これまでわれわれが行ってきた授業実践を振り返ると、実践後のアンケートではよく分ったなど有益な意見が非常に多かったが、われわれは教材を提供してきただけであって、実験のための実験、机上の学習を脱していない感覚があった。

そこで、今回、物理学は自然科学であり、日常生活に密接した身近な学問であることを強調する学習プロセスを作成した。つまり、部活動を通して既成実体験からの物理概念の抽出を行い、暗黙知と形式知の反芻型学習を導入した。対象は、物理の履修者と未履修者を含んだ高校生1・2年生の野球部部員である。授業展開は以下のとおりである。

(1) 授業実践の前に、野球の中にある物理現象への意識調査を行った。「普段の野球部活動でどれくらい物理現象に目を向けているか」に関するアンケートを行った。

(2) もっとも飛距離の出るスイングと題して授業実践を行った。授業内で、例えば打球の回転に関して、ドライブスピンとバックスピンのどちらの回転が飛距離が出るか？など、具体的な質問と生徒の選択解答を取り入れた授業を行い、あくまでも生徒の野球部活動を基にした経験から解答の選択肢を選ばせた。授業内容は、まず、ボールの回転と打ち上げ角度によってどのような放物線を描くかをシミュレーションを用いながら演示した。次に、ボールとバットの衝突および投手からの投球角度を確認した。最後に、シミュレーションを用い、物理現象の定着を図った。

(3) 授業後に部活動を利用した物理学実験に関するアンケートを行った。

3. 開発したシミュレーション教材

今回用いたシミュレーション教材は、図1に示すバッティングに関するもので、打った後のボールの軌道を2次元グラフとして視覚的に表示することができる。特に、空気抵抗ありの場合と空気抵抗なしの場合の飛距離も表示することが可能

で、空気抵抗を扱わない高校物理の放物線と異なり、現実の自然現象を扱えるように工夫している。簡単にシミュレーションの操作を説明する：①ボールの鉛直方向から見たボールとバットの接触位置および角度制御、② 投手からのボールの入射角とバットのスイング角度制御、③ 打者を上空から見た場合のボールとバットの接触位置制御、④ ①-③によって得られた打球の軌道グラフ。

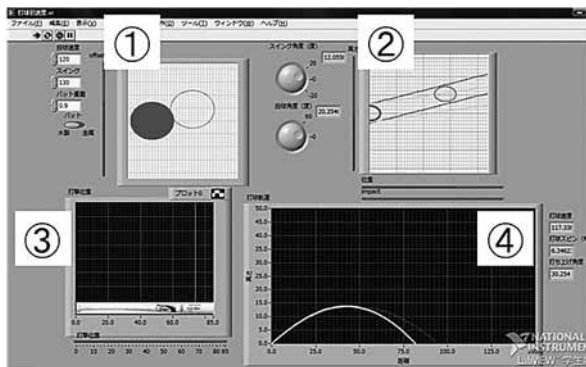
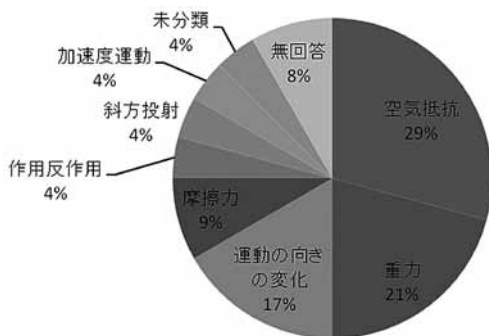


図 1 バッティングシミュレーション

4. アンケート結果

事前アンケートのうち、野球をしながら体感できる物理現象を挙げてもらった結果を表 1 に示す。

表 1 野球の中で感じる物理現象



この結果の特徴は、簡単で大雑把な回答が多いことである。つまり、野球部員であっても普段見ているボールの運動に注意深く目を向けていることが極めて少なく、野球の中の自然現象を見逃している、暗黙知としての理解にとどまっていると言うことができる。

授業内でのアンケート結果を表 2 - 5 に示す。

丸で囲んでいる方が正解である。

表 2 飛距離の出る打球の回転 表 3 打球が最も飛ぶ打ち上げ角度

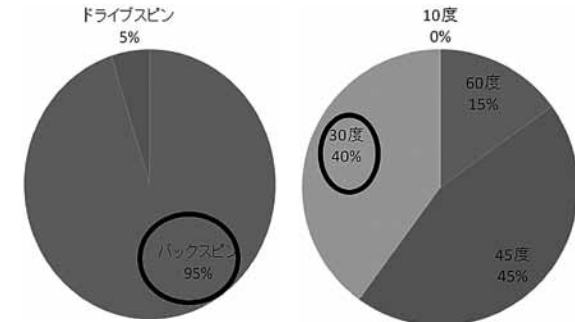
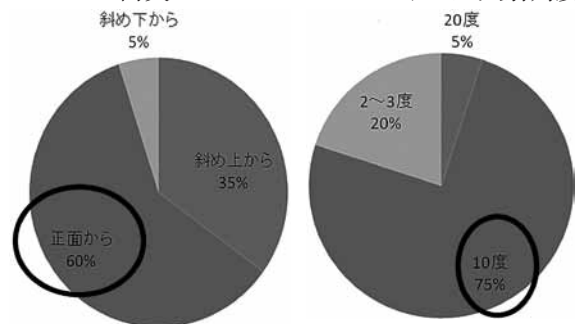


表 4 ボールとバットの衝突 表 5 投手から打者へのボール入射角度



この結果を見ると、飛距離が出る打球の回転の向きは選択の一番多い解答である 95% の生徒が正解しているのに対し、打球が最も飛ぶ打ち上げ角度は二番目に選択の多い解答の 40% の生徒しか正解していない。つまり、正答率は問題に大きく依存し、経験しているからと言って現象の正しいイメージを持っている訳ではないと言える。言い換えると、十分な経験者であっても問題によって、暗黙知・形式知になっている場合と素朴概念になっている場合があるということである。

最後に、授業後に行った「野球と物理学実験のどちらが物理のイメージを構築しやすいか?」、「今後、物理現象を意識して部活動に取り組もうと思うか?」というアンケートにおいては、生徒全員から「野球の方がイメージを構築しやすい」、「物理現象を意識して部活動に取り組みたい」という回答が得られた。これは、物理の学習において部活動が非常によい入り口であり、部活動が物理学実験の場として充分利用できる事を意味して

いる。つまり、部活動で得た暗黙知は、物理およびシミュレーションを用いて分析することによって、形式知にすることが可能であることを意味する。また、部活動で得た素朴概念もまた、同様に分析することによって、間違いであると判定が出るので修正することが可能であり、形式知にすることができると考えられる。

5. まとめ

物理学に対して「確かに分かる」授業を行うために実感を得るよりどころとして、物理学実験の代わりに部活動の利用を検討した。授業実践によって、何気なく行っている部活動に物理としての自然科学を見出し、物理を身近に感じ、物理がイメージできるようになることが確認された。今後は、部活動だけでなく授業前の運動を用いた場合などを検討し、物理学実験の場を展開するつもりである。われわれは、この暗黙知さらには素朴概念を形式知に置き換えることによる学習プロセスを経験反芻型と名付けたが、経験ありきのこの学習プロセスは、人間が幼児から成長するときのプロセスと同じであると考えており、さらなる分野への展開を検討したいと思っている。この学習プロセスは、物理学が自然科学であるという前提に立ったものであるが、逆に、物理学が単に数学の応用分野ではなく、自然に立脚した学問であるということの再認識にもなっており、物理離れ解消につながればと考えている。

謝辞

研究授業のご協力を頂いた東北学院榴ヶ岡高等学校の野球部のみなさんに感謝いたします。

参考文献

- [1] 2011 宮城教育大学附属小学校 研究紀要, No. 38, pp. 1-6 (2011).
- [2] 吉野巖, 小山道人:「素朴概念への気づき」

が素朴概念の修正に及ぼす影響, 北海道教育大学紀要(教育科学編), vol. 57 (2), pp. 165-175 (2007).

- [3] 川村康文: 大学生にみる物理分野における素朴概念の実態, 物理教育, vol. 48 (1), pp. 78-82 (2000).
- [4] 溝邊和成, 稲垣成哲: 現職教師研修モデルの構築: 知識経営からみた理科授業における教師の意識変容を手がかりに, 日本科学教育学会 年会論文集, vol.27, pp. 323-324 (2003).
- [5] 内山哲治: グラフィック型言語によるレンズのシミュレーション教材開発, 東北物理教育, vol. 18, pp. 23-26 (2008).
- [6] 内山哲治: シミュレーションから物理を感じる, 物理教育, Vol. 57 (3), pp. 258-260 (2009).
- [7] 大友博世, 内山哲治, 池山剛: LabVIEW を用いた化学分野のシミュレーション教材の開発, 宮城教育大学 情報処理センター研究紀要, vol. 18, pp. 19-23 (2010).
- [8] 吉田誠, 内山哲治: 天文分野におけるシミュレーション教材の開発, 宮城教育大学 情報処理センター研究紀要, Vol. 18, pp. 25-28 (2010).
- [9] 宮城教育大学 内山研究室ホームページ: <http://supercond.miyakyou-u.ac.jp/FreeSoft.html>