一関高専における物理教育評価のための 学習到達度試験の長期データ分析

Long-Term Data Analysis of Study Achievement Tests for Evaluation of
Physics Education in NIT Ichinoseki College

白井 仁人^{※1}
Hisato SHIRAI

This paper analyzes eight years' worth (2007–2014) of data from the Study Achievement Tests (SATs) conducted by the National Institute of Technology (NIT), Japan. The aim is to estimate the scientific ability of NIT Ichinoseki College's students and search for an effective estimation method. The findings are threefold. (1) The students' scientific ability increased in the eight years considered. (2) By subtracting the average across NIT colleges from the average at Ichinoseki College, the relative ability level of the latter can be identified. This level increased in the first three years and remained almost constant (at 5–10% above the NIT average) in the last five years. (3) Comparing the level of third-grade students (SAT data) with that of first-grade students (entrance-examination data) shows that the growth rate of Ichinoseki College's students is about 10% above the NIT average.

Keywords : Science Education, Data Analysis, Study Achievement Test

キーワード : 科学教育, データ解析, 学習到達度試験

1. まえがき

本校では、学生の科学の学力（とくに物理の学力）を向上させる教育方法の研究を継続して行ってきた^{1)–5)}。その効果については、学生に対するアンケート調査などによって分析してきたが、今回、国立高等専門学校機構が実施する学習到達度試験の長期データを用いることにより、より詳しく分析することにした。

国立高等専門学校機構は、平成19年度に学習到達度試験を導入した。この試験は、全国に55キャンパスある国立高等専門学校の学生が全員（公立・私立高専は任意）、第3学年において受ける試験である。その実施目的は、国立高等専門学校での教育内容・方法の改善に役立てること、そして、学生自身が自分の学習到達度レベルを知ることにより学生の主体的な学習姿勢の形成を促すことにある。それは、決して各校の順位付けをしたり、学生の順位付けをしたりすることではない。

また、学習到達度試験は全国統一試験という面を持つため、各校での教育方法の研究に用いられることも多くなっている。たとえば、学習到達度試験を教育方法の改善に利用した研究として参考文献6)などがある。また、学習到達度試験に対する評価や成績との関連性についての研究として、たとえば参考文献7)–9)などがある。

このような目的で導入された学習到達度試験だが、実際に学習到達度試験が導入され、自校の学生の結果を調べても、そこからすぐに自校の学生の学習到達度レベル

を理解できるわけではないことに気付く。その理由は、年度ごとに難易度が変わることや、分野によって難易度が異なることなどが考えられる。また、たとえば試験結果が100点満点中50点だったとしても、それを「理解度が50%である」と単純には解釈できないことも挙げられる。

こうしたことから、一関工業高等専門学校（以下、本校）の8年間にわたる学習到達度試験（物理）の長期データを分析して、できる限り意味が明白になるような形で、学生の学習到達度レベルを調べることにした。また、入学時から第3学年の3年間における学力向上についても分析した。

2. 学習到達度試験結果の分析

2.1 学習到達度試験（物理）の概要

学習到達度試験の受験対象は全国の国立高等専門学校の第3学年学生全員であり、実施科目は「物理」と「数学」の2科目である。本論文で分析したデータは「物理」の試験結果だけであり、「数学」の結果は含まない。物理の試験範囲は第3学年までに学習する範囲を含む9分野（平成23年度までは8分野、平成24年度からは9分野）であり、その内容は①速度・加速度・変位、②力のつりあいと運動方程式、③力学的エネルギー・衝突、④円運動・万有引力・単振動、⑤熱、⑥波動、⑦電気、⑧磁気、⑨微分・積分を用いた力学、となっている。すべての高等専門学校が全分野を受験するわけではなく、各校の教育カリキュラムに合わせて、第3学年までに学習する範囲を各校が選択して受験できるようになっている。

本校の場合、「⑧磁気」の分野は第3学年までに全範囲

2016年11月2日受付

※1 一関工業高等専門学校

物理の学習到達度試験は全9分野の各分野に50点ずつ配点されている。したがって、全分野を受験した場合、満点は450点となる。本校の受験分野の数は7分野または8分野であり、学科によって異なる。本校の4つの学科をA, B, C, Dとすると、学科Aは7分野を受験するので満点は350点であり、学科B, C, Dは8分野を受験するので満点は400点である。学生がとった得点の平均点を学科ごと別々に計算し、それを各満点で割れば正答率(%)が計算できる。その正答率を、100点満点に換算したときの平均点とした。

平成19年度から平成26年度の8年間における本校の学生の平均点の年次推移を図1に示す。ただし、これは平成19年度の平均点を基準とした場合の平均点（平成19年度との差）を表しているの、見るときに注意が必要である。たとえば平成20年度の平均点が23点（20点の少し上）と表示されているが、これは平成20年度の平均点が23点だったという意味ではない。平成19年度の平均点と比べると、それよりも23点高かったという意味である。

図1からまずわかることは、この8年間に本校の学生の学力レベルが、なだらかではあるが上昇傾向にあったということである。(最小二乗法による線形近似直線の傾きは2.4であり、8年間で約20点上昇したことになる。)これは本校で行われたさまざまな授業改善の効果が表れたものだと考えられる¹⁾⁻⁵⁾。

上の疑問について考えてみると、そのように結論することができないことはすぐにわかる。なぜなら学習到達度試験の問題の難易度が一定とは限らないからである。その8年間の中で、問題が難しい年度もあれば簡単な年度もある。このように年度ごとに難易度が変化する試験において、個々の年度の結果から学習到達度（理解度）が何％であると結論するのは難しい。何かははっきりした結論を出すとしたら、やはり何らかの基準を採用してそれと比較し、そこから結論を導き出すしかないだろう。

2.3 学科間の差

図2を見てわかることは、4つの学科の平均点の最高点と最低点では12点もの差があるということである。ここでは平成26年度の結果しか示さないが、どの年度を見ても、学科間で5～15点程度の差があった。このように、学科間でこの程度の学力の差があることを知っておくことは、授業を進める上での有用な情報であろう。

もうひとつわかることは、どの学科も全国平均点を下回ることはなく、だいたい3-15点(平均で8点程度)は全国平均点より高かったことである。このように、全

国平均点と比較することにより相対的な情報をさまざまな形で得ることができる。

2.4 全国平均点との差の推移

次に調べたのは、全国平均点を基準としたときの本校学生の平均点の年次推移である(図3)。図3からわかることは、初年度(平成19年度)を除き、本校の平均点が全国平均点より0-10点高かったことである。平成19年度を除いた7年間の平均では、全国平均点より6.3点高かった。

ここで、もうひとつ重要なことに気付く。それは、図1では直線的に見えた上昇傾向が、図3では最初の3年程度で急上昇し、あとは横ばいで同レベルを維持しているように見えることである。実際、図1と図3のグラフの最小自乗近似で比べると、図1のグラフでは直線近似と二次関数近似であまり変わらないが、図3のグラフでは直線近似よりも二次関数近似の方が、はるかに相関が高くなる。つまり、平成19年度～平成22年度での傾向と平成22年度～平成26年度での傾向が異なるということである。したがって、8年間かけて徐々に上昇したというよりも最初の3年間で急上昇し、あとはそのレベルをほぼ維持していると見た方が正しい解釈だと考えられる。

さらに、図3から気付くことは、平成24年度の結果があまり良くなかった(全国平均点と同程度)ということである。この結果は、われわれが平成24年度の教育において何か失敗をしたことを意味しているのだろうか。あるいは、平成24年度の学生(第3学年)の学力が伸びなかったことを表していると解釈すべきなのだろうか。

実際、われわれは当初、平成24年度に教育方法においてなにか失敗があったのではないかと考えてしまった。たとえば、われわれの授業が例年と異なり、レベルの低い授業をしてしまったのではないかと考えたこともあった。しかし、その後、データをさらに詳しく分析した結果、ある大きな要因が見つかった。それは、入学時点における学生の成績(入学試験の成績)の変動である。

2.5 入学時の学力との比較

図4はさきほど図3で示した本校の平均点(全国平均点との差)の上に重なるように、入学試験での成績(破

線)をプロットしたものである。ここで表示した入学試験の成績も、入学試験の全国平均点との差をとって難易度変動の効果を消したものである。

ただし、平成20年度以前に関しては本校の入学試験のデータを得ることができなかったため、平成21年度以降のデータのみ示してある。

図4からはっきりわかることは、平成24年度の学習到達度試験(第3学年)の平均点が低かった要因として入学時の学力の低さが挙げられることである。実際、図4で入学時と第3学年の成績に相関があることがうかがえる。両者の相関係数を調べたところ0.59と高い値が得られた(図5)。したがって、平成24年度の学習到達度試験における本校の平均点の低さの最大の理由は、入学時点での学生の学力の低さにあったと結論付けて良いだろう。

そのように考えると、「それでは、入学後に教員がどれだけがんばっても、結果は入学時の学生の学力だけで決まっているので、一生懸命に授業する意味がないのではないか」と感じてしまう教員が出てくるかもしれない。しかし、それは大きな間違いである。図4を見るとわかるが、どの年度も入学後に5-15点程度は学力が伸びている。これは全国平均点との差においてであり、つまり全国平均点と比べた相対的な値である。したがって、全国の平均的な学生の学力の伸びよりもさらに5-15点程度大きく本校の学生の学力が伸びているということを意味している。

このように、入学時の成績と比較することによって、学習到達度試験における単年度の結果がそのまま学生の学力レベルを反映していないことがわかる。また、入学時の成績との比較により、全国平均点と比べて本校の学生の学力が大きく伸びていることもわかった。特に重要なことは、学習到達度試験の結果に見られる年変動が、問題の難易度の年変動だけでなく、入学時の学生の学力の変動の影響を大きく受けていることがわかった点である。そのため、学習到達度試験の結果は、その変動を含めた結果として見る必要がある。

2.6 3年間での学力の伸び

最後に、本校の学生の入学時から第3学年の3年間に

図3 本校の平均点の年次推移(全国平均点との差)

図4 入学時の学力と第3学年での学力

図5 入学時と第3学年での学力の相関

図6 本校学生の学力の伸び（入学時と第3学年の比較）

おける学力の伸びを抽出し、分析した。図6は、図4で示した本校の学習到達度試験の結果（第3学年）と入学試験の結果の差だけを取り出し、その年次推移を示したものである。

図6から、本校学生の学力の伸びが、全国の学生の平均的な学力の伸びよりもつねに10点ほど大きく、しかもすべての年度において全国平均点よりも学力の伸びが大きい（正の値である）ことがわかる。

また、図3や図4において学習到達度試験の結果の推移を調べた際には、平成24年度の学生の学力が伸びなかったかのように見えたが、実際には平成24年度の学生の学力も例年と同様に大きく伸びていたことがはっきりとわかる。

もうひとつ重要なことは、図6に示した学力の伸びの変化が比較的緩やかであり、図3や図4に見られるような大きな変動が現れていないことである。これは、本校での教育の効果にあまり変動がなく、安定して学生の学力を伸ばせていることを表していると考えられる。

3. 結論

本研究で、国立高等専門学校機構が実施する学習到達度試験の長期（8年間）のデータを分析した。その結果、本校の学生の学力とその伸びについて次のことがわかった。

- (1) 本校はほとんどの年度において全国平均点よりも5～10点は高い学力レベルにあった（図3）。
- (2) 入学試験時から第3学年の3年間における学力の伸びは、全国の平均的な学生の伸びに比べて、5-15点（5-15%）大きい（図6）。

また、学習到達度試験の結果から学生の学力を解釈しようとする場合、いくつかの点に注意が必要であるということもわかった。それらは以下のようにまとめられる。

- (3) 学習到達度試験の問題の難易度が変化するため、各年各校の結果から直接、学生の学力を評価することはできない。これは各校の単年度の結果だけでなく、各校の長期データを扱ったとしても同様である。学力を見積もるには、各校の結果と全国高等専門学校の平均を比較する必要がある。

- (4) 全国高等専門学校の平均と比較すれば、問題の難易度変動の効果が消えるため、学生の学力の推定に役立つ。しかし、そこにはまだ入学時点での学生の学力の影響が含まれている。つまり、毎年、教員が同じ程度の教育を施し、同じ程度の教育効果が得られていても、学習到達度試験の結果には（入学時の学力の変動による）変動が出るということである。したがって、学習到達度試験の結果を評価して、自らの教育改善に役立てようとする場合、入学時点の学生の学力を考慮しなければ、誤った解釈をしてしまうことになる。
- (5) 学習到達度試験の結果から、自校の教育効果を調べようとする場合、問題難易度の年変動の効果を消すために、全国の高等専門学校の平均点を差し引き、また、入学時における学力の年変動の効果を消すために、入学試験での平均点も差し引く必要がある。それらの両方の効果を消した上で自校の試験結果を分析すれば、学生の学力の伸びを測定し、自校の教育効果を評価できる。

謝 辞

本研究はJSPS科学研究費補助金（課題番号21500889, 26350253）の助成を受けたものです。ここに厚く感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 白井仁人：4種類の科学的話題導入による高専学生の物理学学習への動機付けの試み, 高専教育, 27, pp.513-518, 2004
- 2) 平野耕一, 白井仁人：物理教科教育における物理現象のコンピューターグラフィックスによる可視化の効果, 高専教育, 34, pp.41-46, 2011
- 3) 白井仁人, 他：未来の創造的技術者育成に向けた全学的環境教育の展開, 工学教育, 59-4, pp.27-32, 2011
- 4) 平野耕一, 白井仁人：物理教科教育における「実験レポートノート」の利点と欠点, 高専教育, 35, pp.167

-172, 2012

- 5) 白井仁人, 平野耕一: 学習意欲向上を目指した物理教育とその効果 -見て聞いて楽しむ物理学-, 平成23年度 全国高専教育フォーラム, 教育研究活動発表概要集, pp.333-334, 2011
- 6) 藤原滋泰: 電子書籍による物理の学習到達度試験対策の試み, 高専教育, 36, pp.145-150, 2013
- 7) 佐藤義隆, 梅野善雄, 松田 修, 柳井 忠: 高専第3学年学習到達度試験(数学)の実施と評価について, 高専教育, 31, pp.217-222, 2008
- 8) 河原永明, 他: 茨城高専における数学共通試験の成績と学習到達度試験の成績の比較と分析, 平成23年度 全国高専教育フォーラム, pp.369-370, 2011
- 9) 河原永明, 山本茂樹, 長本良夫, 五十嵐浩, 中川英則:

茨城高専における数学の成績と学習到達度試験の成績との関連性について, 茨城工業高等専門学校研究彙報 47, pp.19-22, 2012

.....

著 者 紹 介

白井 仁人

宇宙科学研究所, 小山工業高等専門学校, 名古屋大学を経て, 現在, 一関工業高等専門学校教授. 博士(理学). 科学教育, 物理教育, 教育工学 1999地球電磁気地球惑星圏学会大林奨励賞, 2008国立高等専門学校機構理事長奨励賞, 等. 日本科学教育学会, 科学基礎論学会, 他 shirai@ichinoseki.ac.jp