

日独比3カ国の高校生が持つ科学的な態度についての数量的分析

吉岡 亮衛, 藤田 剛志*

国立教育政策研究所, *千葉大学教育学部

本研究の目的は、日本、ドイツ、フィリピンの3カ国の高校1年生が持つ科学的な態度について調査結果の分析を通して比較することである。そのために科学的な態度のモデルを仮定し、このモデルに基づいて調査問題を作成し、調査を実施した。分析結果から、科学的な態度はドイツ・フィリピン・日本の順に優位であり、PISAの科学的リテラシーの調査結果とは異なる結果が得られた。また、科学的な態度は男子よりも女子の方が優位であること、正の科学的な態度と負の科学的な態度の関係は、負の相関関係にあることが分かった。

Quantitative Analysis of the Scientific Attitudes Among Tenth-grade Students in Japan, Germany and Philippines

Ryoei YOSHIOKA, Takeshi FUJITA *

National Institute for Educational Policy Research, * Faculty of Education, Chiba University

The purpose of this research is to compare the scientific attitudes among tenth-grade students in Japan, Germany and Philippines using a survey questionnaire which was made based on the model of scientific attitudes we developed. The results indicate that Germany tenth-grade students have the highest level of scientific attitudes, followed by Filipino and Japanese students. This finding is different from the PISA data on scientific literacy. Further, the results showed that female students have developed higher level of scientific attitudes than male students. Also it was found out that there exists a negative correlation between positive and negative attitudes toward science among the students.

1. はじめに

国際的な学力比較調査としては、国際教育到達度評価学会 (IEA:International Association for the Evaluation of Educational Achievement)の過去40年にわたる調査が有名である。最近では、経済協力開発機構(OECD:Organisation for Economic Co-operation and Development)が教育インディケータ事業として進める「生徒の学習到達度調査」(PISA:Programme for International Student Assessment)が注目されている。PISAは、義務教育の最終学年(15歳)を対象とし、読解力⁽¹⁾、数学的リテラシー⁽²⁾、科学的リテラシー⁽³⁾の3つについてのOECD加盟国を中心とした国際学力比較調査である。2000年に行われた読解力を中心とした第1回調査では、日本の子どもたちの学力水準は世界のトップクラスであったが、ドイツはどの分野もOECDの平均を下回った。ドイツの教育関係者にとっては、この結果は「PISAショック」と呼ばれるほどの大きな衝撃であり、教育政策の

激変を生じる契機となった⁽⁴⁾。

2003年の数学的リテラシーが中心となった第2回調査の結果では、日本は読解力が低下した。この結果はマスコミを中心に大きく取り上げられ、その後の全国的な学力調査の実施や学習指導要領の見直しなど政策的に大きな転換が図られることとなった。

ところで、多くの学力調査は、知識や理解といった認知的な側面を測定することによって、学力を評価しようとするものである。しかし、認知的な側面の測定のみで学力をとらえてよいものであろうか。端的な例を示せば、最近の足立区の学力テスト問題が上げられる。学校の平均点を上げるために、学習遅延児の点数を除外したり、机間巡視の先生が誤答に気づかせるように合図を送ったりすることはもつてのほかである。他にも、事前に類似のテストで予行練習が行われた例もある。そこには、問題の意味は分からなくても答えが正しければ、正解となり、よい点数であれば社会的によい評価が得られるということの弊害がみられる。

それでは何を評価することが真の学力の評価に繋がるのであろうか。2006年の第3回調査は、科学的リテラシーが中心となって実施され、結果は2007年12月に公表される予定となっている。ここでは、科学的リテラシーの概念の枠組みが広げられ、科学的な事柄にどのくらいの興味や関心があるか、あるいは科学的探究をどの程度支持するか、などの科学に対する態度を評価項目に取り入れている。

我々は、PISA2006に先んじて2004年にこの課題への取り組みを開始し、独自に開発した調査問題を用いて、日本とドイツの高校生に対して調査を行った。その後、調査の枠組みの検証を兼ねて、2007年2月にフィリピンで調査を行った。今回の報告では、日独比3カ国の調査データの分析を通して、我々の調査問題で科学的な態度が評価可能であることを検証し、その実態を明らかにしたいと考える。

2. 調査の枠組み

ある人が科学的リテラシーを持つかどうか、あるいは、科学的リテラシーを発揮できるかどうかは、その人の持つ科学的な知識や理解あるいは科学的な技能だけに左右されるものではない。知識や技能の習得に影響を及ぼす科学的な態度もまた重要な要因である。しかし、これまでの研究で取り扱われてきたものは、科学的な知識や理解が中心であった。科学的な技能はパフォーマンステストなどで評価されることはあったが、科学的な態度についての研究はほとんど行われてこなかった。

科学的な態度については、これまでも明確に述べられてこなかった。そこで筆者らは、科学的な態度について、図1のようなモデルを仮定した⁽⁵⁾。このモデルでは、科学的な態度は3つにグループ化される下位の8つの態度要素で構成される。3つのグループは、家族や時間、職業などに対する一般的な美德、概念を理解する喜びといった学問的な美德、そして自然科学的な美德からなる。一般的な美德には、誠実性・正直・高潔性(H: Honesty, righteousness)の要素、確実性・正確さ・几帳面さ(P: Preciseness, accuracy)の要素、自然への愛や畏敬の念(N: devotion to Nature)の要素、広範な好奇心・知識欲(C: Curiosity, inquisitiveness)の要素の4つの要素が含まれる。学問的な美德には、観念的な理解に対する喜び・合理性(R: Rationality)の要素と、主観的な

見方に対する自己批判や克己心・客観性に対する喜び（O：Objectivity）の要素が含まれる。さらに自然科学的な美德には、事実指向の欲求・〔実験を含む〕経験主義的な態度（E：Empirical attitude）の要素と、抽象化と〔数学的な〕形式化に対する傾性（F：trend to abstraction, Formalization）の要素を含む。以降の調査結果の分析の章では、ここに示した英字の頭文字を態度要素の記号とする。

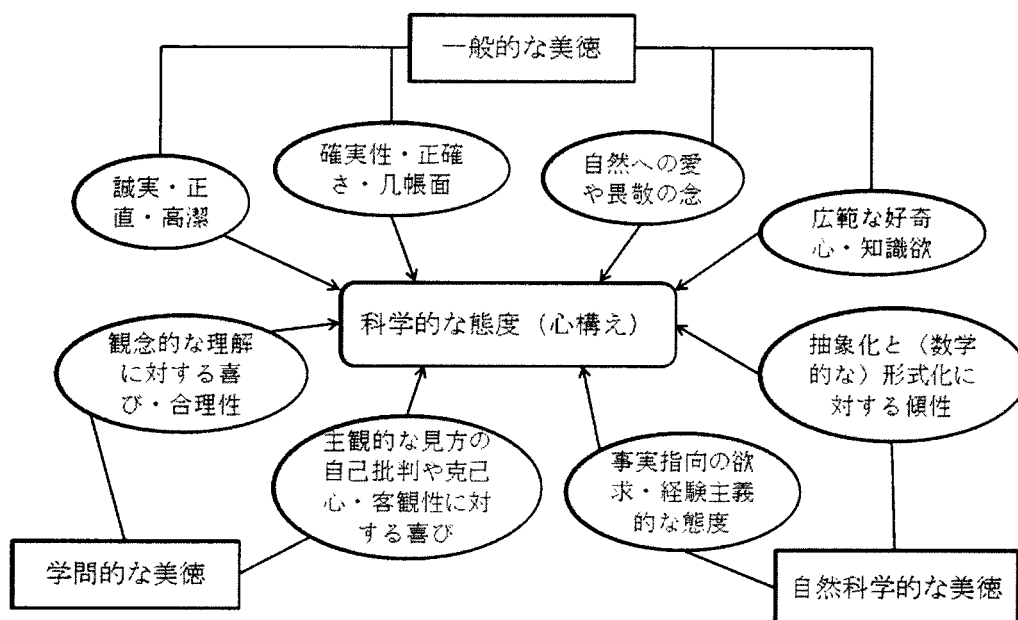


図1 科学的な態度

2. 1 調査問題

調査問題は、8つの各態度要素について3問ずつ作成することを目指した。最終的には予定よりも一つ多い25問とした。それぞれの問いは5～9の選択肢からなり、最後の選択肢はどの問題でもすべて自由記述とした。生徒は、問いを読み、自分の考えに合う選択肢を1つ以上選ぶことが求められた。選択肢に当てはまるものが無い場合、つまり、選択肢以外の考えについては、自由記述項目の欄に記入することができる。調査に要する時間はおよそ1時間を想定した。

調査は教室で担当の教師の監督下で、クラス全員に対して一斉に実施された。回答の状況から、全員最後の問いまで答えており、内容的な難度や時間配当については特に問題はなかったと考えられる。

2. 2 調査対象者

日本の場合には、多くの高校生が同じ理科の内容を同じ授業時数学ぶのは高校1年生までである。その後は学校によって、あるいは個人の科目選択によって、学習する内容や授業時数は異なる。そこで学校での学習要因を一定にするために、高校1年生を調査対象者とする事とした。

このことはドイツの場合も同様であり、国際比較にとっても好都合である。

調査対象者数は、日本 193 人（男子 97 人、女子 96 人）、ドイツ 92 人（男子 61 人、女子 31 人）、フィリピン 283 人（男子 99 人、女子 179 人）であった。ここで、性別無記入の被験者がいたためフィリピンの男女は合計と一致しない。

3. 調査結果の分析

調査問題は、問いごとに 8 つの態度要素のいずれかを想定して作問され、肯定的考え方、否定的考え方、どちらでもない考え方など予想できる考えや意見を選択肢としている。しかしながら、それぞれの選択肢は必ずしも問いのねらった態度要素に合致する訳ではなく、また、複数の態度要素に関係する場合もある。そこで、全 25 問の選択肢、合わせて 196 の選択肢について、8 つの態度要素のうちのいずれの要素とどの程度関係を持つかを +3 ~ -3 の 7 段階で見積もった。

次に個人の回答について、上記の態度要素の重みを掛け合わせた値を態度要素ごとに正の値のものとの負の値のものとのそれぞれについて集計し、都合 16 の合計を求めた。さらに、それぞれの満点は異なるため、比較可能なように合計点を満点で割り算した値を個人の態度要素の得点とした。

3. 1 日独比の 3 カ国の比較

図 2 に日独比 3 カ国の各態度要素の得点の平均値を示す。態度要素の記号の横の P（正）と N（負）のアルファベットは、態度要素の正及び負の得点の平均値であることを表す。態度要素の正の値は、その態度についてポジティブである度合いを示し、態度要素の負の値はその態度についてネガティブである度合いを示すと考えられる。

図中では、FN（形式化ー）のドイツとフィリピンの間にのみ有意な差は見られないが、それ以外のすべての組み合わせについて 5% の有意水準で差があった。

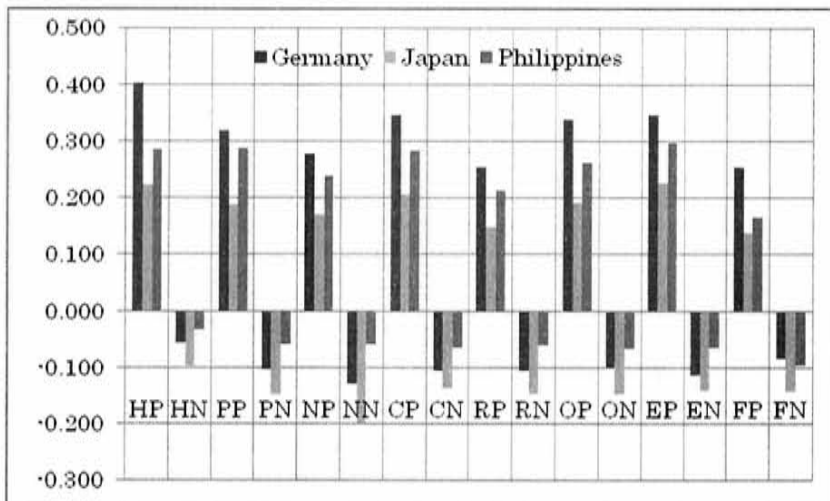


図2 日独比3カ国の比較

一見して言えることは、全ての態度要素について、正の値の大きさはドイツ、フィリピン、日本の順になっていることである。得点が高いということは、その態度要素のポジティブである度合いが高いことを意味すると考えられるので、ドイツの高校生の科学的な態度は、フィリピンや日本よりもよりよく形成されており、フィリピンは日本よりもよりよく形成されているということになる。日本とドイツの関係について言うと、PISAの科学的リテラシーの調査では日本の平均点はドイツの平均点よりも有意に高いことが知られている⁶⁾ので、この調査結果は意外な結果であった。つまり、科学的リテラシーと科学的な態度は相関がないのではないかと考えられる。

態度要素の負の値は、小さいほど（絶対値が大きいほど）ネガティブである度合いが高いことを意味すると考えられる。図では、ひとつの例外（FN、形式化一）を除いて、負の値の大きさはフィリピン、ドイツ、日本の順になっている。つまり、日本の高校生は、他の国の高校生よりもマイナスに作用する科学的な態度が形成されているということになる。

それぞれの態度要素の正の値と負の値の組み合わせを見てみると、正の値が大きいものは負の値も大きい（絶対値が小さい）ことが分かる。ここから、良好な科学的な態度の度合いが高いほど、好ましくない科学的な態度の度合いは低くなるという関係が成り立つようである。

個々の態度要素について見ると、誠実性（H）と経験主義（E）はどの国においても高い正の値を示している。一方、合理性（R）と形式化（F）は低い正の値を示す。誠実性や経験的な態度は、幼い頃から培われる態度であり、合理性や形式化はどちらかと言えば後天的に身につく態度であるように思われる。したがってこれが妥当な結果であるとすれば、高校生には科学的な態度がまだ十分に形成されていないとも言える。態度要素の負の値に注目すると、日本とドイツの自然（N）の値が突出している。特に日本の場合の絶対値は正の値よりも大きい。日本の値に寄与する選択肢を見てみると、これは自然に対する無関心と生物嫌いが原因になっているように思われる。

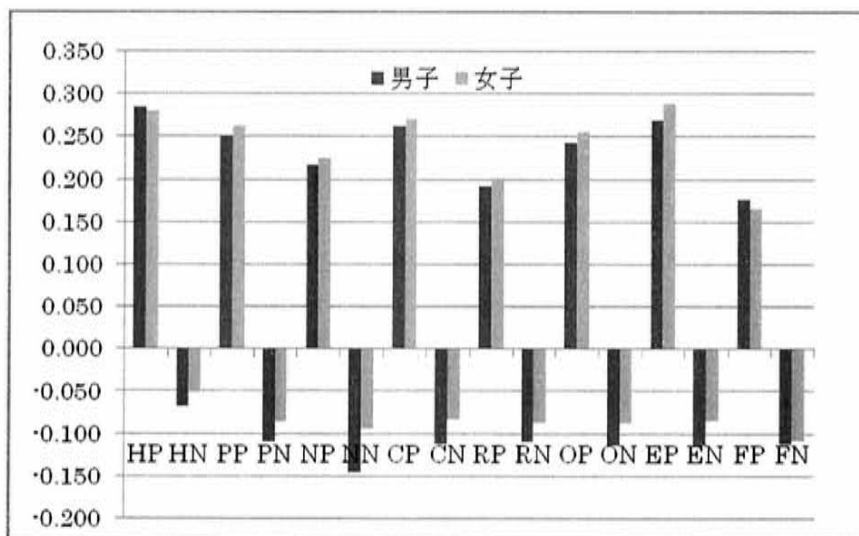


図3 男女間の比較

3. 2 男女間の比較

図3に全調査対象者についての男女間の比較を示す。正の値では経験主義（E）のみが、負の値では形式化（F）を除くすべての態度要素の平均値に5%水準で有意な差があった。経験主義（E）をはじめとする6つの態度要素について正の値では女子が上回り、逆にすべての態度要素の負の値では男子の絶対値が女子を上回っている。このことから科学的な態度は女子の方がよりよく形成されている。これは一般的な性差のイメージに反するようと思われる。各国の調査対象者数の男女比に差があり、特にフィリピンの女子の人数が多いので、結果がフィリピンの女子に引き連られているのではとも考えられたが、国別に男女の比較をした結果を見ても全体の傾向は、概ね上述の通りであった。

個々の態度要素について吟味する。経験主義的であるというのは女子の特徴であると言え、抽象化は男子の特質であるとするならば、ここでもある程度妥当な結果を導き出しているように思われる。

3. 3 学校間の比較

それぞれの国で教育制度は異なり、高校の様子も異なる。日本の場合には、入学試験の成績によって学校が序列化されている。ドイツの場合は、建前上すべての高校のレベルは同じであるとされている。フィリピンの場合も高校間の格差は存在する。また、今回のフィリピンの調査校は、一部に理数科高校を含んでおり、その生徒たちは科学に対するモチベーションや学力が普通科高校に比べ優れていると考えられる。そのような事実から、学校間の比較分析を行った。

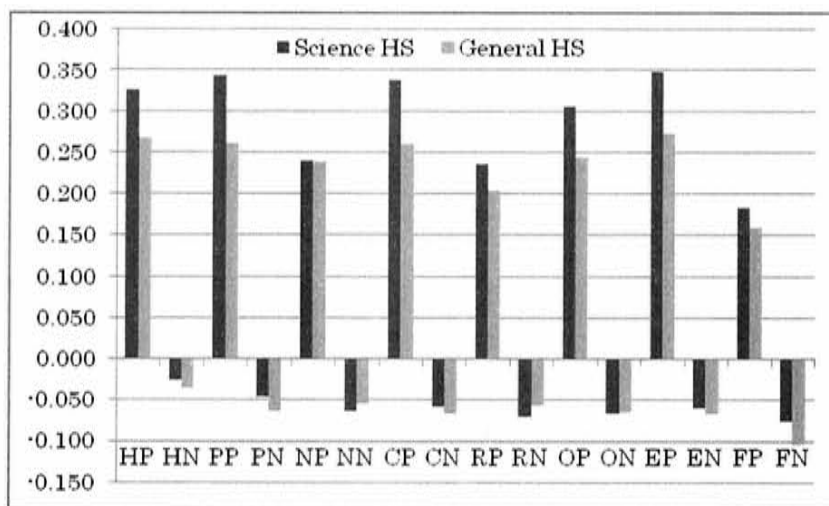


図4 フィリピンの理数科高校と一般高校の比較

図4にフィリピンの理数科高校とそれ以外の高校の比較結果を示す。態度要素の正の値については、自然（N）と合理性（R）以外の要素で理数科高校の値がそれ以外の高校の値を5%水準で有意に上回っていた。一方、負の値については、自然（N）と形式化（F）で絶対値の差に有

有意差が見られた。有意差のあった態度要素については正の値であれ負の値であれ、理数科高校の方が普通科高校に比べて、科学的な態度はより望ましい方向で形成されていると分かる。理数科高校の生徒の方が普通科高校の生徒よりも科学的な態度において優れているという一般的な予想を証明できたことにより、本調査問題による科学的な態度の評価は、一定の信頼性があるものと考えられる。

さらに一步踏み込んで、成績のよい生徒は、すぐれた科学的態度を持つと仮定するならば、各国における学校間の比較は、それなりに納得のできる結果を導く。例えば、フィリピンの理数科高校以外の高校4校の比較では、1つの高校の態度要素の値が他の高校に比べて極端に差があることが分かったが、その高校は、地方の大人数クラスで教えられている、他の調査校に比べあまり学力が期待できない高校であった。日本の調査校は、都内私立校、茨城県私立校、千葉県公立校、国立校の4校であったが、千葉県公立校の値は、ほとんどの態度要素で他の3校よりも有意に低い値を示した。このことは大学への進学実績からみて、成績との関係を示すものと考えられる。一方ドイツの調査校はいずれも公立校であったが、飛び抜けた値を示す学校はなく、建前通り学力の均一性が保たれていることを示唆する結果となった。

4. まとめと今後の課題

本研究では、これまで研究がほとんど行われていない科学的な態度について、独自の態度モデルを構築し、調査問題を作成して調査を行った。その結果、科学的な学力が高い生徒は、それなりに科学的な態度に優れるという一般的な予想が成り立つとすると、今回の調査問題は、科学的な態度を評価する尺度としてある程度機能することを証明することができたと考える。さらに、今回の調査問題が科学的な態度を測定できるとすると、いくつかの事実を明らかにできたと言える。たとえば、①日独比3カ国で最も科学的な態度に優れるのはドイツの高校生であり、日本の高校生はフィリピンよりも劣る、②科学的な態度の性差は、女性が優位であり、これは一般的な予想とは正反対である、③正の科学的な態度と負の科学的な態度は、概ね逆相関関係にある、などである。

一方、なぜ PISA の成績が良い日本の高校生は科学的な態度が劣るのか。なぜフィリピンの高校生は負の科学的な態度をほとんど示さないのか。なぜ予想に反して女子の方が科学的な態度が優れているのか、などの一般的な予想に反する結果については、さらにその要因を追求していく必要があると考える。

そのためには、選択肢に与えたウエイトの再検討、個人レベルの科学の成績と科学的な態度の得点の関係についての分析を進めることにより、さらに本調査問題の妥当性と信頼性を検証していくことが今後の課題である。

いずれにせよ、2007年12月に PISA2006 の科学的リテラシーの調査結果が発表が行われたならば、本研究の結果と比較し、今後の研究課題をさらに明確にできるものと期待している。

最後に本研究のドイツ側の研究協力者である、Gerhard Schaefer 氏、Jürgen Langlet 氏、調査問題の翻訳に協力してくれた筑波大学の Stefan Kaiser 氏、及びフィリピンでの調査を担当してくれた Sheila Gamut Oyao 氏に、記して感謝の意を表す。

なお、本研究は独立行政法人日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究Bの助成による研究成果である。

注

- (1) 読解力(Reading literacy)とは、PISA 調査で「自らの目標を達成し、自らの知識と可能性を発揮させ、効果的に社会に参加するために、書かれたテキストを理解し、利用し、熟考する能力」と定義されている。
- (2) 数学的リテラシー(Mathematical literacy)とは、PISA 調査で「数学が世界で果たす役割を見つけ、理解し、現在及び将来の個人の生活、職業性格、友人や家族や親族との社会生活、建設的で関心を持った思慮深い市民としての生活において確実な数学的根拠にもとづき判断を行い、数学に携わる能力」と定義されている。
- (3) 科学的リテラシー(Scientific literacy)とは、PISA 調査で「自然界及び人間の活動によって起こる自然界の変化について理解し、意思決定するために、科学的知識を使用し、課題を明確にし、証拠に基づく結論を導き出す能力である」と定義されている。
- (4) 国立教育政策研究所監訳、「PISA2006年調査 評価の枠組み」, ぎょうせい, 2007
- (5) 吉岡亮衛, 「学校での学習内容と成人の科学的知識の関係性についての日独比較研究」, 科研費研究成果報告書 (・15300264), 2006
- (6) OECD 教育研究革新センター, 「図表でみる教育 OECD インディケータ(2003年版)」, 明石書店, 2003