

科学的概念の獲得に及ぼす学習者の認識論の 影響についての検討

山 縣 宏 美

Influences of Learner's Naive Epistemology on the Acquisition of Scientific Concepts

YAMAGATA Hiromi

はじめに

科学的概念の獲得とは、既有知識と異なる（場合の多い）新しい情報を獲得する過程である。その過程には、多くの要因が影響すると考えられるが、中でも特に教育的配慮が必要とされる学習者の要因の一つが、学習者の持つ個人的な認識論（personal epistemology）であり、近年多くの研究がなされてきている。ここでの認識論とは、哲学の領域で扱われている学問体系のことではなく、知識の性質（the nature of science）や知ること（knowing）について、学習者が持っている個人的な理論や信念のことである（Hofer & Pintrich, 1997）。つまり、素朴な認識論ということもできるだろう。このような理論（信念）は、その人の科学的なものの見方と深く関連すると考えられ、その結果、科学的な概念の理解にも深く関わってくると考えられる。

平成14年度から小中学校で施行されている学習指導要領でも、子どもに科学的なものの見方を獲得をさせることが理科の重要な教育目標とされており（文部省, 1999）、このような課題に関わる、子どもの持つ認識論的信念についての研究は、これから大いに研究なされるべき分野であるといえる。

本論文では、前半で、学習者の認識論についての先行研究の内容について概観し、後半でそのような学習者の認識論が、科学的概念の獲得といった認知的活動にどのような影響を及ぼすのかについて検討し、教育的な示唆を行うことを目的とする。

学習者の持つ認識論とは

「学習者の認識論」という用語で表わされるような、知識や知ることについての知識は、教育心理学者や発達心理学者によってさまざまな内容のものが研究されているが、それらの研究は哲学の領域での認識論と科学哲学の関係と同じように、大まかに二つに分類することができる。

まず、最初にあげられるのが、領域普遍的な認識論を扱ったものである（e.g., Perry, 1968;

Ryan, 1984; Schommer, 1990; Kuhn, 1991, 1993; Hofer & Pintrich, 1997)。これは、学習者が一般的に、知識とはどういうものか、また知るとはどういうことなのかについて、どう考えているかを調べたものである。

次にあげられるのは、科学の領域での認識論を扱ったものである (e.g., Carey & Smith, 1993; Pomeroy, 1993; Hammer, 1995; Solomon, Scott & Duveen, 1996; Tsai, 1998, 1999; Hogan, 1999, 2000; Hogan & Maglienti, 2001)。これは、科学的な知識を獲得する際に、科学的な知識、あるいは理論とはどういうものか、またそのような知識 (理論) を獲得するためにはどうしなければいけないのか、について学習者がどう考えているかを調べたものである。

以下、それぞれの研究の内容を概観し、その発達の観点をまとめていくこととする。

1. 領域普遍的な学習者の認識論についての研究

現在行われている領域普遍的な学習者の認識論についての研究は、Perry (1968) の研究の流れをくんだものといってよいと考えられる。Perry (1968) は、ハーバード大学の学生へのインタビューと、質問紙を使用し、大学生の持つ認識論的信念について調査を行った。そこで、Perry (1968) は、学生の持つ、「知識は単純 (simple) で確かな (certain) なものであり、権威によって伝えられる」という信念が、大学在学中に「知識は複雑で曖昧なものであり、推論に由来するものである」という信念に変化することを示した。

このような、インタビューや質問紙によって、学習者の持つ認識論について調査した先行研究 (Perry, 1968; Blenky, Clinchy, Goldberger, & Tarule, 1986; Baxter Magolda, 1992; King & Kinchener, 1994; Kuhn, 1991, 1993) から、学習者の持つ認識論には、いくつかの発達段階が存在することが示された。これらの研究ではそれぞれ異なる用語が使われており、詳細はHofer & Pintrich (1997) にレビューされているが、ここでは、最も包括的にそれぞれの段階を表わしているKuhnの用語を使用して紹介する。

まず最初の段階は、絶対主義 (absolutists) の段階である。この段階では、知識は確かで絶対的なものであるとされる。次の段階は、多様主義 (multiplists) の段階である。この段階では、自分の主観的な感情や考えにも、事実と同じくらいの重きが置かれるようになる。つまり、絶対主義の段階では、真実というのは自分の外部に存在するものだったが、この多様主義の段階では、自分の内部にも存在するということが理解できるようになるということである。そして、最後の段階は、評価主義 (evaluatist) の段階である。この段階では、真実は多数存在すると考えるのではなく、相対的に正しいものを評価できるようになる。

このような認識論的信念をいくつかの構成要素に分類したのが、Schommer (1990) である。Schommer (1990) は、Perry (1968) の使用した質問紙を改編し、4 因子を得た (Table 1 参照)。それは、洗練されていない認識論的信念を持つ学習者は、(1) 生得的な能力 (innate ability; 能力は生得的なもので変化しない)、(2) 単純な知識 (simple knowledge; 知識というのは単純でわかりやすいものである)、(3) すばやい学習 (quick learning; 学習というのは短時間でできる)、(4) 確立した知識 (certain knowledge; 知識というのは確立して変化しない)、と信じているというものであった。これらの4 因子は、大きく分けると、単純な知識と確立した知識といった、知識の性質に関わるものと、固定した能力とすばやい学習といった、知識の獲得方法 (学習観) に関わる

Table 1 Schommer (1990) で使用された質問の例

固定した能力	学習の可能性は生まれつきのものだ
	平均的な成績の子どもは一生そのままだ
すばやい学習	聞いたことはすぐ理解できる
	学習とは知識を構築するゆっくりとしたプロセスである (逆転項目)
単純な知識	科学的研究で重要なのは、正確に測定し、注意深く作業することである
	文章の意味は、その文脈がわからなければ意味がとれない (逆転項目)
確立した知識	真実は変わらない
	今日の事実は明日になったらフィクションになっているかもしれない (逆転項目)

ものに分類することができる。

前述の学習者の認識論的信念に関する研究は、知識の性質についての知識に重きがおかれていた。そこでここからは、学習者の知識の獲得方法（学習観）についての知識に重点を置いた研究を紹介していくことにする。

学習者の学習観については、Marton, Dall’Alba, & Beaty (1993) が、大学1年生にインタビューを行い、学習についての概念として、学習とは、(1)知識を増やすこと、(2)記憶し、再生すること、(3)適用すること、(4)理解すること、(5)異なる観点からものを見ること、(6)人として変化すること、であるというような解答を得ている。Marton et al. (1993) は前半3つを再生産的 (reproductive) で浅い学習の概念、後半3つを構成的 (constructive) で深い学習の概念とした。これ以降の研究 (e.g., Purdie, Hattie, & Douglas, 1996; Chan & Sachs, 2001) でも、質問紙を使用し、再生産的学習観と構成主義的学習観を分類し、さまざまな学習活動の成績との相関を見ている (詳細については後述する)。

発達の観点

上で概観した研究はほとんどが大学生以上の年齢の被験者を対象としたものであり、高校生以下の幼児、児童、生徒を対象にした研究は大変少ない。しかし、近年Kuhn (2000, 2001) やその共同研究者たち (Kuhn & Pearsall, 2000; Kuhn, Cheney, & Weinstock, 2000) は、子どもの持つ認識論的信念といったメタ認知的な知識は、方略変化をもたらす、認知発達の基礎となる重要なもので、その獲得は青年期までの重要な課題であるという主張をしている。また彼女らは、その起源を、他人の知識と自分の知識の区別ができるようになる4歳ごろだとしている。しかし、その時期の理解と、上述の認識論的信念研究の内容には大きなギャップがあり、その間にどのようなことが、どの時期に理解されていくのかといった、間を埋めていく研究がこれから必要になると考えられる。

そのようなことから、上述した認識論的信念の発達段階は、青年期以降のものとされてきていたが、Schommer (1998) は、それまでの研究が大学生を被験者にしたものが多かったことから、年齢と教育の影響が混同されているとし、それぞれの要因を区別して調査を行った。その結果、

年齢は「固定した能力」を予測し、教育は「単純な知識」と「確立した知識」を予測する、つまり、年をとるにつれて、学習能力は改良されると考えることができるようになり、教育を多く受けた大人ほど、知識は複雑で常に発展していくものだと考えることができるようになってくる、ということがわかった。これは、学習観は加齢によって洗練されていくが、知識観というのは高等な教育を受けなければ洗練されていかないということを示唆していると考えられる。

また、Kuhn, Cheney, & Weinstock (2000) は、小学5年生・中学2年生・高校3年生・大学生・大人(教育水準によって2群に分けている)・専門家といった幅広い年齢(あるいは教育水準)を被験者とした数少ない研究の一つであるが、大学生以上と未満のグループで比較したところ、年少のグループは、絶対主義の割合は大人グループより多かったものの、評価主義の割合は大人グループと差はなかった。つまり、絶対主義から多様主義への移行は加齢とともに進むものの、多様主義から評価主義への移行は大人になっても難しいということが示唆された。

2. 科学の領域に関する学習者の認識論についての研究

科学の領域に関する学習者の認識論の研究についても、領域普遍的な認識論の研究と同じように、大きく分けて、科学理論とはどういうものかということに関する知識の研究と、科学理論を獲得する方法についての知識の研究の2つに分けることができる。

(1) 科学的理論の理解についての研究

まず、科学理論とはどういうものかという事に関する研究についてであるが、これも大きく分けると2つの研究にわけることができる。まず1つは、優れた科学理論とはどういうものかということについての理解を調べた研究である。これに関しては、Samarapunguan (1992) では、優れた科学理論かどうかを判断する基準として、(1)説明範囲の広さ (range of explanation; 説明の適応範囲が広いかどうか)、(2)経験的証拠との一致 (empirical consistency; 経験的証拠と矛盾しないかどうか)、(3)論理的一貫性 (logical consistency; 論理的に矛盾しないかどうか)、(4)理論の非特殊性 (non-ad hocness; 現象を包括的に説明できるかどうか) の4つの基準を小学生が理解して、優れた理論を選択できるかどうかを調べている。その結果、理論の非特殊性は小学5年生で、他の基準については小学1年生の時点で理解できていることがわかった。

その後、Brewer, Chinn, & Samarapunguan (1998, 2000) では、より詳細な理論の判断基準が提案されており、そこでは一般的(日常的)な理論と科学的な理論の場合で判断基準が若干異なっている。一般的な理論の判断基準は、実験的正確性 (empirical accuracy)、適応範囲 (scope)、単純性 (simplicity)、もっともらしさ (plausibility) であり、科学的な理論の場合になると、これらの基準にさらに、予測の正確性 (precision)、形式性 (formalism; 数式として表わされるかどうか)、有益性 (fruitfulness) が加わることになる。

また、科学理論の理解についてのもう1つの研究は、科学的知識の性質自体についての知識の研究であるが、これに関しての研究は、その知識の獲得方法の理解とも深く関係しているため、後述することとする。

発達の観点

Samarapunguvan (1992) では、年少の児童でさえも前述の基準を理解して、優れた理論を選択することができたわけであるが、それは子どもとエキスパートのレベルが同じであるということを示しているわけではない。Hogan & Maglienti (2001) は、Samarapunguvan (1992)、Brewer, Chinn, & Saramapunguvan (1998, 2000) の一般的な説明の判断基準に基づいて、ある証拠から導かれた複数の理論（誤ったものが含まれている）から正しいと思うものを選択するという課題の成績を、科学者、技術者といったエキスパートのグループと、そうでない大人と、中学生のグループで比較した。その結果、大人と中学生のグループは、経験的証拠と多少一致していなくても、もっともらしい理論の方を選択することがわかった。つまり、非エキスパートにとっては、「もっともらしさ」という基準が最も優先されるものであるということが示唆されたといえる。

(2) 科学理論の獲得方法の理解についての研究

科学理論の獲得方法についての知識の研究であるが、Hogan (2000) では、このような知識を遠位 (distal) な知識と近位 (proximal) な知識の2つに区別している。遠位な知識とは、科学者が科学的発見を行う方法や目的といったフォーマルな科学についての知識であり、近位な知識とは、学習者自身の科学学習のプロセスに関する知識である。本論文でも、この区別に倣って研究を分類する。

まず、フォーマルな科学に関する知識についての研究は、Carey, Evans, Honda, Jay, & Unger (1989)、Carey & Smith (1993) によって、Nature of Science Interviewという、科学の目的や、実験の性質、目的など質問するインタビューを使用して行われているが、そこでは、科学についての認識論のレベルとして、3段階のレベルが想定されている。まずレベル1は、「科学的知識は正当な手続きをふんだ、基本的な知識の集まりからなる」というもので、このレベルでは、科学者の仮説などは全く考慮されていない。次のレベル2は、「科学的知識はテストされた考え (idea) の集まりからなる」というものである。このレベルでは、実験の目的は科学者の考えをテストすることである、ということなどは理解できているが、まだ努力をすれば絶対的な真実をつかむことができると考えている段階である。最後のレベル3は、「科学的知識はよくテストされた世界に関する理論からなり、それは事象の説明や予測に有用である」ということが理解できているというものである。

また、同様に科学観を扱った研究として、Tsai (1998,1999) があげられる。Tsai (1998,1999) は、Pomeroy (1993) を基に質問紙を作成し、構成主義的 (constructivist) な科学観と経験主義的 (empiricist) な科学観の志向の強さと、科学学習への影響を調べている。構成主義的科学観とは、科学的な知識を、パラダイムシフトが起こったり、科学者同士のディスカッションなどによって、構築されていったりするといった動的 (dynamic) なものととらえる科学観であり、経験主義的科学観とは、科学的知識を問題なく正しい、客観的なデータによって発見された静的な (static) なものととらえる科学観である。

次に、学習者の科学学習に関する知識についての研究では、領域普遍的な認識論の方で紹介した学習観と同様に、構成主義的な科学学習観を持っているかどうかと実際の学習の関係が扱われている (Hogan,1999)。

発達の観点

フォーマルな科学に関する知識のレベルについては、Carey et al. (1989) では、中学生でもまだレベル1がほとんどであったが、Smith, Maclin, Houghton, & Hennessey (2000) では、発見学習のような、構成主義的教授法をとりいれたクラスでは、小学6年生でも83%の児童がレベル2の理解を示した。したがって、フォーマルな科学に関する知識には、年齢の影響よりは、学習環境が大きく影響すると考えられる。

3. 先行研究の問題点

領域普遍—領域固有の問題

本論文では、領域普遍の認識論的信念と、科学の分野という領域固有の認識論的信念という区別をして研究の分類を行ったが、実際、領域普遍の認識論的信念というのが存在するのかどうかというのは議論の余地があるところである。本論文で扱ったような領域普遍の認識論的信念の研究の調査法は、ほとんどが質問紙やインタビューによるものであった。ここでの質問というのは、領域普遍的信念を聞いているというよりは、さまざまな領域における信念を聞いているだけという印象をぬぐえない。しかし、現実場面での判断といった行動レベルでそのような信念の状態を測ろうとすると、何かしら領域固有の課題を使うことになってしまい、測定することができないという方法論的問題も抱えている。

Kuhn, Cheney, & Weinstock (2000) でも、多領域に渡る判断について見られる認識論的信念を比較するため、被験者に個人の好みの判断、審美的判断、価値判断、社会科学での真実の判断、物理学での真実の判断といった5つの判断を行わせている。その結果、個人の好みの判断や審美的判断については、主観的判断が増えるといった傾向が見られ、領域によって判断に影響を及ぼす認識論的信念のステイタスが異なることが示されている。したがって、教育的には、子どもに洗練された領域一般的な認識論を獲得させるよう考慮することももちろんであるが、そのような認識論を、適切な文脈で使用することができるよう指導することも重要である。

学習者の持つ認識論と科学的概念の獲得との関係

学習者の持つ認識論と科学的概念の獲得との関係を検討するために、まず、上述の分類ごとに、それぞれの認識論的信念が、認知的活動にどのような影響を及ぼしているのか、以下にまとめた。

領域普遍的な認識論的信念の認知的活動への影響

領域普遍的な認識論的信念が及ぼす認知的活動への影響については、Schommer (1990, 1993), Schommer, Crouse, & Rhodes (1992), Qian & Alvermann (1995) などが研究を行っている。

Schommer (1990) では、認識論的信念と2種類の文章(社会科学・物理学)の読解との関係を調べたところ、認識論的信念の下位因子である「すばやい学習」信念が、結果の過簡略化、習熟テストの不振、テスト結果の自信過剰と関連があり、「確立した知識」信念が不適切な結論と関連があった。

また、Schommer et al. (1992) では、数学のテキストの読解との関係が調べられているが、「単

純な知識」信念とテストの成績に負の相関があることがわかった。またそれは、「単純な知識」信念が、テストの準備をしないという学習方略と結びついてしまうためであるということもわかった。

また、Qian & Alvermann (1995) では、科学的概念の概念変化の達成テストの成績と、「すばやい学習」信念と「単純で確かな知識」信念は負の相関があることが示された。

つまり、学習観に関わる「すばやい学習」信念だけでなく、「単純な知識」や「確立した知識」といった知識の性質に関する信念も、情報の過度な簡略化や、貧弱な理解モニタリングといった学習方略につながり、学習活動に負の影響を与えるということが示唆された。

また、構成主義的な学習観については、Chan & Sachs (2001) で、学習についての信念と、科学的テキストの理解との関係が調べられている。そこでは、学習とは記憶し、再生することであるという学習観を持っている生徒より、学習とは深く理解することである、という構成主義的な学習観を持っている生徒の方が、光合成に関する科学的テキストの読解テストの成績が高いということが報告されている。

科学の領域の認識論的信念の認知的活動への影響

まず、科学理論の理解についての研究については、前述の理論を判定する基準を正しく理解することができれば、Hogan & Maglienti (2001) のような、証拠から正しい結論を導くことができる、つまり科学的思考ができるようになるということがいえる。また、中島 (1997) では、基準のなかの「理論の節約性 (非特殊性)」についての知識を明示的に与えることによって、より汎用性の高い理論への修正が促進されるというような影響も見られた。

また、科学理論の獲得方法についての知識の研究については、理科学習活動との関連が多く研究されているが、Tsai (1998) では、科学観によって、学習の方向性が異なることが示された。例えば理想的な学習環境にしても、動的な科学観を持つ生徒は、他人とディスカッションができたり、実生活の問題解決ができたりする場が望ましいと考えるのに対して、静的な科学観を持つ生徒は教師の授業がきちんと受けられるのが望ましいと考えるといったように、動的な科学観を持つ生徒の方が、有意義な学習を行いやすく、静的な科学観を持つ生徒は丸暗記的な機械的学習を行いやすくなるということが示された。またTsai (1999) では、発見学習のような場においても、動的な科学観を持っている生徒は、他人とのディスカッションを多く行う傾向があり、より深い理解ができるようになるのに対し、静的な科学観を持っている生徒は、実験のような活動を、そこで習う概念を記憶に残りやすくする手段としてとらえる傾向にあるということも示されている。

他にも、動的な科学観を持つ生徒は、コンピューターによる熱力学に関する実験結果を、自分の日常経験と正しく統合し、一般化を行う傾向にあった (Songer & Linn, 1991) という報告や、動的な科学観は、学習内容を単に記憶するというのではなく、深く理解するといった有意義な学習志向と関連があった (Edmundson & Novak, 1993) というような報告もあった。

また、学習者の科学学習観についての研究では、構成主義的な学習観のレベルが高い方が、協同学習においてどれだけ社会的な役割を果たすかといった社会認知的活動のレベルも高い (Hogan, 1999) というような結果も見られた。

学習者の認識論的信念が及ぼす科学的概念の獲得に必要な認知的活動への影響

どの認識論的信念も、学習活動全体に関わってくる要因であるので、考慮に入れるべきであるのは間違いないのだが、ここでは特に、科学的概念の獲得という活動において重要な役割を果たすと考えられる認識論的信念をとりあげることとした。

最初にも書いたように、科学的概念の獲得とは、既有知識と異なる新しい情報を、既有知識と調和させる過程である。既有知識と異なる新しい情報に対して、人は7種類の反応をすることが、Chinn & Brewer (1993) によって報告されている。その反応とは、(1)無視 (ignoring), (2)拒否 (rejection), (3)排除 (exclusion), (4)一時的保持 (abeyance), (5)再解釈 (reinterpretation), (6)周辺の理論変化 (peripheral theory change), (7)理論変化 (theory change) の7つである。つまり、科学的概念を正しく獲得するためには、7番目の理論変化を起こすことが目標となる (詳しくはレビューとして、山縣, 2001)。

Table 2 Chinn & Brewer (1993) による既有知識と異なる新情報に対する7つの反応

無視	新情報そのものを無視する反応
拒否	新情報に信用性が無いとして、拒否する反応
排除	新情報を違う領域を説明するためのものと位置付け、排除する反応
一時的保持	新情報の矛盾は認識していても、一時的に保持する反応
再解釈	既有知識と合うように、新情報を解釈しなおす反応
周辺の理論変化	既有知識 (理論) を周辺的に変化させる反応
理論変化	既有知識 (理論) を正しく変化させる反応

このような理論変化を起こすためには、まず無視や拒否といった反応がおこらないよう、新しい情報が学習者に受け入れられる必要がある。このプロセスに影響を及ぼすと考えられるのが、科学理論についてのメタ知識である。非エキスパートの学習者は、経験的な証拠がそろっていることより、もっともらしさを優先させる傾向があるという研究が報告されていたことから、新しい情報は、学習者がもっともらしいと納得できる状態で提示しなければならない。

また次に、新しい情報が受け入れられたとしても、それが既有知識と矛盾することに学習者が気付かなければいけない。このプロセスに影響を及ぼすと考えられるのが、領域普遍的な認識論的信念の、学習親に関する知識である。学習は短期間でできるものであるといった誤った知識を持っていると、ここでの理解のモニタリングが十分なされず、矛盾したものも共存した形で丸暗記されてしまうかもしれない。

次に、既有知識と新しい情報の矛盾が明らかになった場合には、それらをうまく統合するプロセスが必要になるわけだが、このプロセスに影響を及ぼすと考えられるのが、また科学理論についてのメタ知識である、理論の節約性 (非特殊性) に関する知識である。中島 (1997) でも見られているように、このような知識を明示的に与えることによって、現象を包括的に説明できる最もよい形で理論変化が行われるのではないかと考えられる。

教育的示唆

前述したように、学習者の持つ認識論は、科学的概念の獲得にも大きく影響する。しかし、Schommer (1998) で明らかにされたように、洗練された認識論的信念、特に知識や科学的知識の性質に関わるものは、積極的な教育的関与をしなければ獲得されない。では、どのような教育的関与を行えば、洗練された認識論的信念が身についていくのだろうか。この点についての研究は、まだほとんどされていないといってよく、今後の研究が期待されることである。本論文では、前半で分類した学習者の認識論ごとに、その点について考察していく。

まず、領域普遍的な認識論的信念についてであるが、Kuhn, Cheney, & Weinstock (2000) で明らかにされたように、真実は一つしかないと考える絶対主義の段階から、真実は多様であるとする多様主義への移行は、加齢によって進むものの、その多様主義から、真実は多様であるが、その中でも価値付けをしなければならないと考える評価主義への移行は、大人でも困難であるとされている。したがって、教育的援助が必要になるのは、この段階であると考えられる。

真実が多様なものである、というところから一歩進んで、その中でも重要なものを見極めなければならないという段階に進むには、自分の価値観だけでなく、他者の価値観を考慮に入れる経験が必要になってくると考えられる。とすると、最近盛んに研究が行われている、協同学習のような形態の学習が効果を持つのではないだろうか。つまり、今後、協同学習でどれだけ学習内容の理解が促進されるかといった、実質陶冶的な側面の効果だけでなく、そのような学習によってどのような認識論的知識が獲得されるかといった、形式陶冶的な側面の効果にも注目して明らかにしていく必要がある。

次に、科学の領域での認識論的信念についてであるが、これもSmith, Maclin, Houghton, & Hennessey (2000) で明らかにされているように、年齢の影響より、学習環境が大きく影響する。Smith et al. (2000) では、小集団での実験作業と、クラス全体でのディスカッションを行うという授業を行ったクラスで、認識論的信念のレベルが高くなっており、このような科学的探究活動や、科学的談話に参加することが、認識論的知識の獲得に影響すると考えられる。

中島 (2001) でも、科学の規範や価値体系を体得する営みとして、実際の科学的探究活動や科学的談話への参加をあげる、村山 (1994, 1998) や佐伯・藤田・佐藤 (1995) の状況論的学習論の考え方が紹介されており、この立場を支持するものである。ただし、このような授業をしたからといって、必ずしも洗練された認識論的信念が身につくわけではないだろう。これからは、このような形態の授業に、どのような参加をした場合に洗練された認識論的信念が体得されるのか、詳細に調査していく必要がある。

謝 辞

本稿作成にあたり、丁寧なご指導をいただきました、京都大学大学院教育学研究科 子安増生教授に深く感謝いたします。

引用文献

Baxter Magolda, M. B. 1992 *Knowing and reasoning in college: Gender-related patterns in students' intellectual*

- development. Jossey Bass.
- Blenky, M. F., Clinchy, B. M., Goldberger, N. R. & Traule, J. M. 1986 *Women's way of knowing: The development of self, voice, and mind*. Basic Books.
- Brewer, W. F., Chinn, C. A., & Samarapungavan, A. 1998 Explanation in scientists and children. *Mind and Machines*, **8**, 119-136.
- Brewer, W. F., Chinn, C. A., & Samarapungavan, A. 2000 Explanation in scientists and children. In F.C. Keil & R.A. Wilson *Explanation and cognition*. pp.279-298, The MIT Press.
- Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E., & Unger, C. 1989 "An experiment is when you try it and see if it works": A study of grade7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education*, **11**, 514-529.
- Carey, S. & Smith, C. 1993 On understanding the nature of scientific knowledge. *Educational Psychologist*, **28**, 235-351.
- Chan, C. K. K. & Sachs, J. 2001 Beliefs about learning in children's understanding of science texts. *Contemporary Educational Psychology*, **26**, 192-210.
- Chinn, C. & Brewer, W. 1993 The role anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, **63**, 1-49.
- Edmundson, K. M. & Novak, J. D. 1993 The interplay of scientific epistemological views, learning strategy, and attitudes of collage students. *Journal of Research in Science Teaching*, **30**, 547-559.
- Hammer, D. 1995 Epistemological considerations in teaching introductory physics. *Science Education*, **79**, 393-413.
- Hofer, B. K. & Pintrich, P. R. 1997 The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and their relation to learning. *Review of Educational Research*, **67**, 88-140.
- Hogan, K. 1999 Relating students' personal frameworks for science learning to their cognition in collaborative contexts. *Science Education*, **83**, 1-32.
- Hogan, K. 2000 Exploring a process view of students' knowledge about the nature of science. *Science Education*, **84**, 51-70.
- Hogan, K. & Maglienti, M. 2001 Comparing the epistemological underpinnings of students' and scientists' reasoning about conclusions. *Journal of Research in Science Teaching*, **38**, 663-687.
- King, P. & Kitchener, K. 1994 *Developing reflective judgment: Understanding and promoting intellectual growth and critical thinking in adolescents and adults*. Jossey-Bass.
- Kuhn, D. 2000 Metacognitive development. *Current Directions In Psychological Science*, **9**, 178-181.
- Kuhn, D. 2001 How do people know? *Psychological Science*, **12**, 1-8.
- Kuhn, D., Cheney, R., & Weinstock, M. 2000 The development of epistemological understanding. *Cognitive Development*, **15**, 309-328.
- Kuhn, D. & Pearsall, S. 2000 Developmental origins of scientific thinking. *Journal of Cognition and Development*, **1**, 113-129.
- Leach, J., Millar, R., Ryder, J., & Séré, M. G. 2000 Epistemological understanding in science learning: the consistency of representations across context. *Learning and Instruction*, **10**, 497-527.
- Marton, F., Dall'Alba, G., & Beaty, E. 1993 Conceptions of learning. *International Journal of Educational Research*, **19**, 277-300.
- 文部省 1999 中学校学習指導要領（平成10年12月）解説—理科編—。大日本図書。
- 村山 功 1994 科学教育。日本児童研究所（編） 児童心理学の進歩（1994年版），Vol.33. 金子書房。
- 村山 功 1998 テクノロジーの可能性。湯沢正通（編著） 認知心理学から理科学習への提言—開かれた学びをめざして。北大路書房。
- 中島伸子 1997 ルール修正に及ぼす反例遭遇経験の役割—理論の節約性に関するメタ知識の教授の効果—。教育心理学研究, **15**, 113-124.
- 中島伸子 2001 科学的思考の発達と教育。日本児童研究所（編） 児童心理学の進歩（2001年版），Vol.40. 金子書房。

- Perry, W. G. 1968 *Patterns of development in thought and values of students in a liberal arts college: A validation of a scheme*. Bureau of Study Counsel, Harvard University.
- Pomeroy, D. 1993 Implications of teachers' beliefs about the nature of science: Comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers, and elementary teachers. *Science Education*, **77**, 261-278.
- Purdie, N., Hattie, J., & Douglas, G. 1996 Student conceptions of learning and their use of self-regulated learning strategies: A cross-cultural comparison. *Journal of Educational Psychology*, **88**, 87-100.
- Qian, G. & Alvermann, D. 1995 Role of epistemological beliefs and learned helplessness in secondary school students' learning science concepts from text. *Journal of Educational psychology*, **87**, 282-292.
- Rowley, M. & Robinson, E. J. 2002 Adolescent' judgments about the evidential basis for complex beliefs. *International Journal of Behavioral Development*, **26**, 259-268.
- Ryan, M. P. 1984 Monitoring text comprehension; Individual differences in epistemological standards. *Journal of Educational Psychology*, **76**, 248-258.
- 佐伯 胖・藤田英典・佐藤 学 (編) 1995 シリーズの学びと文化③：科学する文化。東京大学出版会。
- Samarapunguan, A. 1992 Children's judgments in theory choice tasks: Scientific rationality in childhood. *Cognition*, **45**, 1-32.
- Schommer, M. 1990 Effects of beliefs about the nature of knowledge on comprehension. *Journal of Educational Psychology*, **82**, 498-504.
- Schommer, M. 1998 The influence of age and education on epistemological beliefs. *British Journal of Educational Psychology*, **68**, 551-562.
- Schommer, M., Crouse, A., & Rhodes, N. 1992 Epistemological beliefs and mathematical text comprehension: Believing it is simple does not make it so. *Journal of Educational Psychology*, **84**, 435-443.
- Smith, C. L., Maclin, D., Houghton, C. & Hennessey, M. G. 2000 Sixth-grade students' epistemologies of science: The impact of school science experiences on epistemological development. *Cognition and Instruction*, **18**, 349-422.
- Solomon, J., Scott, L. & Duveen, J. 1996 Large-scale exploration of pupils' understanding of the nature of science. *Science Education*, **80**, 493-508.
- Songer, N. B. & Linn, M. C. 1991 How do students' view of science influence knowledge integration? *Journal of Research in Science Teaching*, **28**, 761-784.
- Tsai, C.-C. 1998 An analysis of scientific epistemological beliefs and learning orientations of Taiwanese eighth graders. *Science Education*, **82**, 473-489.
- Tsai, C.-C. 1999 "Laboratory exercises help me memorize the scientific truths": A study of eighth graders' scientific epistemological views and learning in laboratory activities. *Science Education*, **83**, 654-674.
- 山縣宏美 2001 理科学習における概念変化のプロセスとその要因。京都大学大学院教育学研究科紀要, **47**, 356-366.

(博士後期課程3回生, 教育認知心理学講座)