

“遊園地教育”の提唱 (Ⅱ)

—遊園地での科学体験学習によるメタ認知の変容に関する調査から—

八木一正*・久坂哲也*・D. Anderson**・S. Nashon**

(2004年11月30日受理)

1. はじめに

ジェットコースターや観覧車に代表される遊園地は、物理学における力学体験の貴重な宝庫である。そこで、本研究室は「遊園地は巨大な科学実験室」という認識のもと、平成13年から日本初の試みとなった遊園地を活用した科学体験学習¹⁾を開催し、その後4年間に渡って継続させてきた。

近年、認知心理学の発展とともに「メタ認知」という概念が誕生した。メタ認知は、認知心理学の研究成果の一つであるとともに、理科教育の上でも重要な概念となっている。また、これまでの研究から「生きる力」や「問題解決能力」の育成には、メタ認知は欠かせない概念とされている。しかしながら、メタ認知をはじめとする認知心理学研究の成果は、認知心理学に固有の成果であって、理科教育や理科授業に活用できるものとは言い難く、ある特定の単元の授業を目の前にした実践者の“直接の”の役には立たないと言われている²⁾。この点に関しては、筆者らも同感である。例えば、理科学習における運動とエネルギーなどといった各単元の学習においては、学習者のメタ認知を活用した授業やメタ認知が向上する学習の開発といった研究は、認知心理学や理科教育の中でほぼされていない。これには様々な原因があるが、とにかく認知心理学の研究成果であるメタ認知を、固有の成果としてだけでなく、より一般化し、授業実践者にとって「役に立つ」ものとなるためにも、理科学習の具体的な学習場面における研究が必要となる。



【写真1】ジェットコースターのG測定実験



【写真2】学習コーナーでテキスト記入

* 岩手大学教育学部

** プリティッシュ・コロンビア大学教育学部

そこで、長年科学館や博物館での学習に関してメタ認知をはじめとする認知研究を行っているブリティッシュ・コロンビア大学教育学部の研究者らとともに、過去4年間の研究実績のある遊園地を活用した科学体験学習において学習者のメタ認知に着目し、まだ不明瞭な部分が多いメタ認知の解明とその変容の分析を目的として調査を行った。したがって本稿では、この調査結果をもとにして遊園地を体験学習の場とすることの意義を示し“遊園地教育 (APE; Amusement Park Education)”なるものを提唱する。なお、本稿は“遊園地教育”の提唱 (I)³⁾をさらに詳細なメタ認知的側面からアプローチしたものである。

2. 遊園地教育を行う必然性

他の諸施設にない遊園地の特性は、「科学を体験できる巨大な遊び場であり、実体験を通して力と運動の法則を学べる野外教室」という点である。近年の認知心理学の研究によって運動の法則 (ニュートン力学) の学習においては、地球上に住む人間なら誰もが自然に身に付けてしまう素朴物理学 (native physics) が容易な理解を妨げる原因の一つであると言われている⁴⁾。したがって、実際に遊園地の乗り物に乗って、身体で感じる経験値と試行錯誤しながら測定器を使って調べた測定値を比較しながら問題解決学習を行うことは、子どもの素朴物理学が学習の理解を妨げることを解消し、教室内で学習するよりも明らかに学習者のもつミスコンセプションやプリコンセプションといった素朴概念をより確かな科学概念へと転換する働きをもっていると考えている。

また、学校外の場で学ぶということは、新学習指導要領において自然体験や学校知などと日常生活との関連を一層重視するための手法の一つとして挙げられている⁵⁾。本来、乗り物の時速や乗り物の高さを計るといったことは、学校の外で利用されていることである。教室で教科書や図鑑、テレビなどを見たり、パソコンで情報検索をしたりするといった学習は、学校外での学習を補完するためのものである。小学校理科の目標は、学校教育法に「日常生活における自然事象を、科学的に観察し、処理する能力を養うこと」と示されている通り、子どもの日常生活との関わりを基本としている。したがって、子どもたちにとって娯楽施設として身近な遊園地において、学校内で学習した速度やものの高さなどを算出するといった内容を実際に乗り物に乗って測定することは、このような見地においても非常に大きな教育的意義があると言える。

さらに、新学習指導要領に伴った理科授業の改善のポイントとして、子どもの知的好奇心や探究心を高める授業や創造性の基礎を育てる授業を行うためには、子どもの学びの場を広げることや問題解決を促す支援を行うことが挙げられている⁶⁾。遊園地を活用した学習では、子どもの学びの場を拡張させる。そして、遊園地の乗り物を通して科学を学習することは、子どもたちが乗り物をこれまでとは違った観点から見ることになり、多様な観点から問題解決学習を促すことを可能とする。このように、日常生活と関連した具体的事物を通して科学を学習することは、問題解決学習を支える大きな要素となる知的好奇心や探究心を育てるとともに、子どもの創造性を養うことになる。

以上のように、遊園地における科学体験学習では、子どもたちが科学について乗り物体験など実体験を通して問題解決学習を行なうことで、日常生活と関連した理解を深めることができるのである。また、この理解を深めることで子どもたちの科学に対する知的好奇心や探究心、

創造性を育成させることができると考えている。そして、ここに遊園地教育の特筆すべき価値が存在すると言えるのである。

3. 方 法

3. 1 「遊園地で科学を楽しむ日(物理の日)」の実施

本研究を行う上で開催した遊園地イベント「遊園地で科学を楽しむ日(物理の日)」について紹介する。このイベントは「遊園地は巨大な科学実験室」と銘打って、平成16年8月6日(金)に盛岡市新庄にある「岩山パークランド」という遊園地を借り、盛岡市近郊を中心に県内の小・中学生を対象に行った。この体験学習に参加した子どもたちは、我々が遊園地イベント用に作成した体験学習テキストを使い、各アトラクションに配置している学生スタッフの指導のもとで、様々な乗り物の測定実験を進めていく。学習テキストは30ページ程度のもので、内容は学習の目的、注意事項、体験学習の手順、測定器の説明、遊園地マップ、各アトラクションの特徴・測定課題、読み物的な資料として遊園地公式集などがある。各マシンの測定実験の主な内容は、ジェットコースター等のG(加重力)や平均速度の測定・メリーゴランド等の回転運動系マシンの回転数や周期の測定・観覧車の高さの測定などである。この測定実験において、体験学習テキストはアトラクションの長さや高さを記入する「乗り物データ」、測定結果を記入する「実験データ」、その測定値をもとに考察をする「考えよう」の3部からできている。そして、さらにこれらの測定実験をただの遊びではなく、子どもたちを遊ばせながら体験内容を学問的な知的認識へと着実に発展させる道具として、今年はいままでに開発したG測定器や角度測定器などにさらなる改良を加え大量生産して使用させた。今年、作成して使用した体験学習テキストを下記に紹介する。

小学生用テキスト

1. レインボースピンコースター

<乗り物データ>

コースの全長 _____メートル

最も高い地点の高さ _____メートル

乗り物の全長 _____メートル
(ヒント:1つの台車の長さ×台車の数)



<実験データ>

最大G _____ G 最終G _____ G

山の地点と谷の地点を通過するとき、体の感じ方はどのように違いましたか? 自分が感じたと思う場所に○をつけて書いてね!



山の地点を通過したときは…
体が(上)に押し上げられ、(下)に押し付けられ、て。

谷の地点を通過したときは…
体が(上)に押し上げられ、(下)に押し付けられ、た。

<考えよう>

上で書いたように山と谷で体の感じ方が違ったのはなぜだと思いますか?

【図1】小学生用テキスト

中学生用テキスト

1. レインボースピンコースター

<乗り物データ>

コースの全長 _____m

最も高い地点の高さ _____m

乗り物の全長 _____m
(ヒント:1つの台車の長さ×台車の数)



<実験データ>

下の図のように、高い位置にA地点、ローラーを下っているB地点、再びのぼるC地点では、ジェットコースターの速さはどう違うだろうか?

<考えよう>

高い位置にある乗り物が「エネルギー」を「位置エネルギー」、速く動いている乗り物が「運動エネルギー」として持っている。A・B・Cの各地点では、位置エネルギーと運動エネルギーがどのように変化しているだろうか?
(ヒント:乗り物データで乗り物の重さをも注目して考えよう!)



A地点:最も(位置)エネルギーが大きい!

B地点:最も(位置)エネルギーが小さく(運動)エネルギーが最大になる。

C地点:最も(位置)エネルギーが小さく(運動)エネルギーが最大になる。

このように位置エネルギーと運動エネルギーが振り替わって、その和が一定に保たれることも、

【図2】中学生用テキスト

3. 2 調査方法と調査対象者

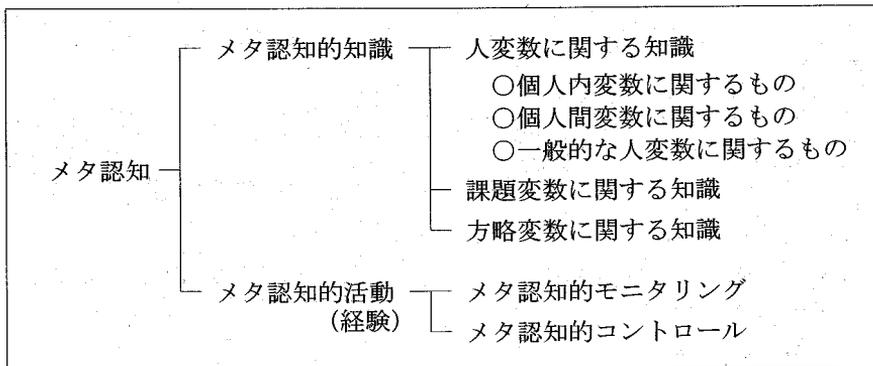
本調査は、事前・事後ともにアンケートによって調査した。事前アンケートの対象者はイベント申込者（子ども計163名とその保護者）で、事後アンケートの対象者は子どものみである。事前調査で保護者にもアンケートを行った理由は、学習者のメタ認知と子育てをする保護者のメタ認知との関連を調査したかったからである。

事前調査はアンケートをイベントの1週間前に郵送し、イベント当日に回収した。事後調査はイベント終了後すぐにその場で行った。事前調査の有効回答は子ども141名（回収率87%）、保護者124名（回収率76%）で、事後調査では子ども105名（回収率74%）であった。

3. 3 本調査におけるメタ認知の調査内容

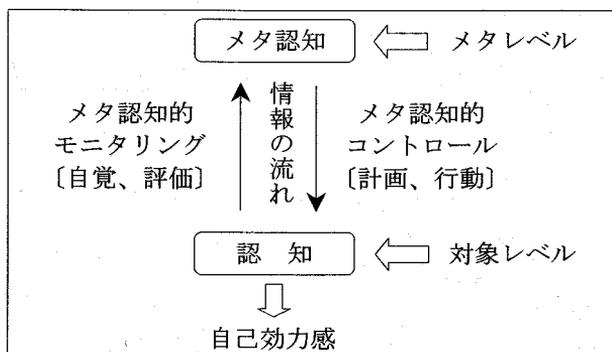
メタ認知（metacognition）という言葉が誕生したのは比較的最近のことで、1978年に Brown や Flavell によってメタ認知の概念が導入されて以来、認知心理学の中で急速に広まってきた。「メタ（meta）」という語は元々、「上位の」「高次の」という意味である。彼らは、通常の認知の上に、もう一段高いレベルの認知、すなわち認知に対する認知を想定する必要性を論じた。つまり、メタ認知とは学習者自身が学習活動中における判断や決定、記憶、推論などといった認知的営みを理解することを示すが、より一般的に理解しやすくするために広義に解釈すると、「自分自身を高いところから広い視野で見つめること」と捉えることができる。

しかし、メタ認知の概念規定はまだ不明確な部分も多く、研究者間で一致している定義はまだ存在しないが、メタ認知が「認知についての知識」といった知識的側面と、「認知のプロセスや状態のモニタリングおよびコントロール」といった活動的側面とに大きく分かれているという点では、ほぼ一致している。そこで、現段階で整理されているメタ認知概念の内容を1つの枠組みとして図3に示す⁷⁾。



【図3】メタ認知概念の内容

本調査ではメタ認知の活動的側面であるメタ認知的活動に着目して調査を行った。我々はメタ認知的活動の構成要素を、①コントロール（control：CO）、②モニタリング（monitoring：MO）、③自覚（awareness：AW）、④評価（evaluation：EV）、⑤計画（planning：PL）、⑥行動（behavior：BE）、⑦自己効力感（self-efficacy：SE）の7つとして捉え、三宮がNelsonとNarensの考えに基づき作成したメタ認知的活動のモデル⁸⁾をもとにして、この7つの構成要素について整理した（図4）。この7つの要素に関して、Gregoryらが高校生の理科学習場面におけるメタ認知レベルを測定するために開発した全72問から成るBLQ（Baseline Questionnaire）⁹⁾を基に各カテゴリーに対して、日本の小・中学生に適した項目数と内容になるよう代表的な質問を3問ずつ選択あるいは統合させ、メタ認知に関する21問の質問に理科の好嫌度に関する質問を加えた計22問から成るアンケートを作成し、学習前と学習後で調査した。回答方法は、5段階評定法（5. そう思う、4. 少しそう思う、3. どちらとも思わない、2. あまりそう思わない、1. そう思わない）である。このBLQはCronbachの α 係数によって信頼性（内的整合性）の検定を行い、どれも高い数値を示しているが、我々が作成したアンケートでは検定の結果、項目数の削減に伴い必ずしもすべての項目で高い数値を示してはいなかった。今後は被験者の発達段階に応じて項目数の配慮をするとともに、より信頼性の高い小・中学生用BLQの作成も大きな課題となってくる。



【図4】メタ認知的活動のモデル

4. 調査結果と考察

4. 1 事前調査結果について

子どもと保護者の回答について数量化理論（I類）を用いて点数化を行い、その平均値と差（保護者の平均－子どもの平均）、独立2群の母平均の差の検定によるt値と χ^2 独立性の検定による χ^2 値を求めた（表1）。その結果、子どもと保護者のメタ認知において有意水準1%で「コントロール」「評価」「計画」の3点で関連があることが示唆された。すなわち、この3点が高い保護者はその子どもも高い数値を示していることを意味する。したがって、このメタ認知能力は、子育てあるいは家庭環境に依存する可能性があることが示唆されるが、現段階ではアンケートによる量的調査だけの結果であるので、今後インタビューなどによる質的調査により、さらに追究しその要因を探ることが求められる。

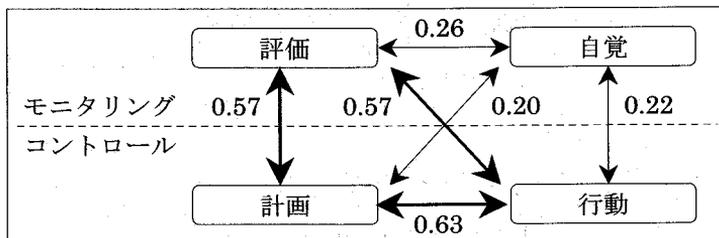
次に、子どもの各調査項目における相関係数を求めて、その中からモニタリングに位置づけられる「自覚」「評価」とコントロールに位置づけられる「計画」「行動」の4つの具体的な活動面における相関について整理した(図5)。その結果、有意水準1%ですべてに正の相関が見られたが、特に「評価」,「計画」,「行動」の3点それぞれの間においては非常に強い相関があることが判明した。よって、図5に示したように人間のメタ認知的活動において、対象レベルからメタレベルへとモニタリングによって情報が移動し、それを踏まえてメタレベルから対象レベルへとどのようにコントロールしていくかという流れの中でメタ認知的活動が展開されるのであれば、その活動の初期段階となるモニタリング中における「評価」が、コントロール中における「計画」や「行動」に与える影響が強いと示唆される。つまり自己の認知活動において、もう1人の自分という視点から、自分自身を評価する「自己評価能力」を向上させることで、メタ認知能力全体が飛躍的に高まるのではないかと思われる。

【表1】子ども-保護者の平均値と母平均の差および関連性の検定結果 (n=117)

	コントロール	モニタリング	自覚	評価	計画	行動	自己効力感
子ども	3.34(0.92)	3.58(0.99)	3.85(0.83)	3.42(0.86)	2.84(1.15)	3.21(1.03)	3.68(0.94)
保護者	3.65(0.79)	3.52(0.85)	3.95(0.70)	4.04(0.61)	3.60(0.77)	3.50(0.76)	3.73(0.97)
差	0.30	-0.07	0.11	0.62	0.76	0.29	0.05
t 値	-2.71**	0.55	-1.08	-6.38**	-5.92**	-2.49*	-0.43
χ^2 値	33.83**	11.34	15.99	42.38**	59.99**	19.29†	21.05

(カッコ内はSD)

** : $p < .01$, * : $p < .05$, † : $p < .10$



【図5】各要素間の相関係数

4. 2 事前-事後比較調査結果について

子どもの事前-事後調査結果の平均値と差(事後-事前)、関連2群の母平均の差の検定によるt値を求めた(表2)。その結果、「計画」「行動」「自己効力感」の3点が今回の遊園地での学習で向上しているが、逆に「自覚」は低下していることが判明した。この原因について、これまでの遊園地での研究成果¹⁰⁻¹¹⁾から考えてみると、子どもたちは遊園地の乗り物の動きには多くの科学が関連していることに気づくことで、学習意欲を向上させ、どのようにすれば、上手に調べられるか考えたり工夫したりする方略選択ができることがわかってきた。また、学習活動の取り組みにおいて、容易に課題を解決できるものよりチャレンジ精神を持たせるような学習を行うことは、達成したという成功経験を抱かせて自分に対してプラスの評価を認識させ、学習者の自己効力感や有能感を形成・高揚させることができることから、遊園地での学習

はメタ認知的活動の「計画」「行動」「自己効力感」を高めたのではないかと推測される。

また遊園地という学習環境は、上記で述べたような教育効果が期待できる反面、子どもたちを興奮させてしまう要因も持っていることは確かである。したがって、この興奮が冷静に自分の学習を自覚することに対する阻害因子になったのではないかと推察する。子どもたちに自分の概念変換の過程を、モニターし内省することを学習させ、自分自身の学習に対して責任を持たせるような学習開発を行うことは、「児童生徒の成功や失敗を表す様々な意味を構成するのは、教師・親・他の人々・他の要因というよりはむしろ、自分自身に責任があるのだと真に自覚したとき、子どもたちの学習は高まる」¹²⁾とされていることから重要であると捉えている。

【表2】事前-事後での各調査項目における平均値と母平均の差の検定 (n=102)

	CO	MO	AW	EV	PL	BE	SE
事前	3.33(0.89)	3.54(0.97)	3.84(0.82)	3.40(0.86)	2.86(1.12)	3.19(1.01)	3.66(0.93)
事後	3.38(1.11)	3.46(1.11)	3.53(1.16)	3.53(1.07)	3.48(1.17)	3.65(1.06)	4.00(1.03)
差	0.05	-0.08	-0.31	0.07	0.62	0.46	0.34
t 値	-0.63	0.84	2.47**	-1.05	-4.69**	-3.80**	-2.87**

(カッコ内はSD)

** : p < .01

5. おわりに

激動の時代と言われる21世紀に突入した今、学校教育において身に付けさせるべき力とは何であろうか。中教審は、このような変わり行く社会の状況を踏まえ「生きる力」として「自分で課題を見つけ、自ら学習し、自ら考え、主体的に判断し、行動し、よりよく問題を解決する能力」を掲げている。筆者らは2004年の5月にカナダのバンクーバーにある“Play Land”という遊園地で開かれた科学体験学習「Amusement Park Physics」に参加して、高校生のメタ認知について調査・分析を行ってきた。この体験学習は計4日間開催され、1万8,000人ももの高校生が集う大規模なイベントである。ここで、高校生たちは4・5人のグループになって自分たちの興味に基づき、学習テキストを片手に乗り物体験を行うのだが、非常に熱心に学習活動を行う。時には乗り物体験のあとに1時間以上も討論を行うこともあった。そこに教師の姿はなく、あるのは主体的に考え、自ら学ぼうとする高校生たちの姿である。教師はあくまで子どもたちの学びを支援するという立場にいる。これが教育の本来あるべき姿ではないだろうか。地球規模で激しい変動をする社会において、生き抜くことができる力とは、やはり社会の変化にいち早く気づき、自分自身の置かれている状況を広い視点から見つめ、次の行動を選択・コントロールできる力である。自ら問題点を見つけ、自らその解決方法を探り、自ら解決できる人間を育てることは、21世紀の大きな教育目標であることは言うまでもない。そのためにも、メタ認知という視点から、子どもの学びを見つめることは非常に重要である。また、最後に遊園地での科学体験学習を今後も継続的に行うとともに、遊園地教育を全国へと広めていくためにも多くの研究者や学校の先生方のご理解と支援を心からお願いしたい。

<付記>

- 1) 本論文の本来の第一(筆頭)著者は久坂哲也であるが、本学の教官以外は第一著者になれないという本研究年報の投稿規定により、著者配列を第一と第二を入れ替えたことをここに記しておく。
- 2) 本科学体験学習は平成16年度子どもゆめ基金助成金(国青基助第7-23号)を受けて行ったものである。

参考文献

- 1) 久坂哲也、他「遊園地で日本初の『物理の日』実施」(『東北物理教育』11、2001)、8-11
- 2) 村山功「デザイン実験による授業づくり—認知心理学の知見を理科授業に生かす—」(『理科の教育』vol. 53、2004 [8])、4-7
- 3) 久坂哲也、八木一正、他「“遊園地教育”の提唱(I)—遊園地における科学体験学習の実践を通して—」(『岩手大学教育学部研究年報』第63巻、2004 [2])、149-155
- 4) 塚野弘明「ニュートン力学を理解するとはどういうことか—素朴物理学とアイデンティティ形成としての学習—」(『福島大学教育実践研究紀要』第29号、1996) 34-39
- 5) 奥井智久、星野昌治『小学校新学習指導要領Q&A～解説と展開～理科編』(教育出版、1999[7]) 108-109
- 6) 同上、110-111
- 7) 三宮真智子『認知心理学4思考 第7章思考におけるメタ認知と注意』(東京大学出版会、1996)、159
- 8) 同上、161
- 9) Gregory, P. T., Campbell, J. M. (2001) Using a Metaphor for Learning to Improve Students' Metacognition in the Chemistry Classroom, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 38, No. 2, 222-259
- 10) 久坂哲也、八木一正「遊園地を利用した科学体験学習における教育効果の実証的研究」(『東北物理教育』12、2002)、24-30
- 11) 久坂哲也、他「“遊園地”の学習の場としての認識(I)」(『東北物理教育』13、2003)、31-34
- 12) Osborne, R. and Wittrock, M. (1985) The generative learning model and its implications for science education, *Studies in Science Education*, 12: 59-87