

概要

- ・ 変則的な事例を観察したときにおける学習者の概念変容に関する研究
変則的な事例：ある領域における既存の理論では説明ができない事例
- ・ 学習者が取り組む課題(Figure 1)
アルミニウムパイプの中とプラスチックパイプの中に磁石を落下させると、アルミニウムパイプの方が遅く落下する現象を観察する
なぜ、アルミニウムパイプの方が遅いのか説明する(新しい仮説を生成する)
- ・ 学習者は、観察前には「アルミニウムパイプの中とプラスチックパイプの中に磁石を落下させるときは、落下速度は変わらない」という考え方を持っている
既存の理論：アルミニウムパイプの中とプラスチックパイプの中に磁石を落下させるときは、落下速度は変わらない
変則的な事例：アルミニウムパイプの中とプラスチックパイプの中に磁石を落下させると、アルミニウムパイプの方が遅く落下する
→学習者はどのような仮説を生成するか(どのように説明をするか)?
- ・ 学習者が生成した仮説を3つの型に分類して、生成されるプロセスをモデル化した
Auxiliary hypothesis：既存の理論を維持したまま変則的な事例を説明した仮説
Theoretical hypothesis、Experiential hypothesis：既存の理論を棄却して変則的な事例を説明した仮説

1 . Introduction

1.1 変則的な事例と既存の理論の棄却

- ・ 概念変容のプロセスを明確にすることは近年の科学教育における目標である(Behrendt et al., 2001; Limon & Mason, 2002)
- ・ 概念変容モデルによると、変則的な事例によって引き起こされる認知的葛藤が概念変容を起こす重要な要因である(Darden, 1992; Limon, 2001; Strike & Ponsner, 1985)
科学哲学においては、科学理論の発展における変則的な事例の重要性が強調されてきた
：変則的な事例が観察されたときに既存の理論は棄却される
- ・ しかし、科学史を振り返ると、変則的な事例が観察されても、理論は棄却されずに維持されることが多くあった(Kuhn, 1970; Chalmers, 1986; Diarac, 1981)
例えば、音の速度と水星の運動の予測に関する矛盾が長い間認識されてきたにも関わらず、ニュートンの法則に疑問を持つ人はいなかった(Kuhn, 1970)
- ・ 心理学的研究においても、学習者は変則的な事例を観察したときに、単純に既存の理論を棄却するのではなく、様々な反応を示した
学習者は変則的な事例を正しく観察することができても、3ヶ月後には既存の理論に基づいて観察した事例に関する説明を再構築する(Gauld, 1986)
変則的な事例が、認知的葛藤を引き起こすのではなく、既存の理論を補強してしまう場合も

ある(Shepardson et al., 1994)

学習者に7種類の変則的な事例を示した場合、学習者たちはその事例を無視する反応を示した(Chinn & Brewer, 1998)

- ・変則的な事例が単独で理論の棄却へと導くわけではない

変則的な事例とともに、その事例の説明も可能な代案となる理論が既存の理論を棄却する(Lakatos, 1994; Kuhn, 1970)

：単純電気回路における電球の明るさの説明に関して、既存の理論を棄却した学習者は、変則的な事例を説明する新しい理論を構築していた(Park & Kim, 1998; Park, Kim, Kim, & Lee, 2001)

学習者の既存の理論を否定するだけでなく、変則的な事例を説明する理論を構築する機会を与えることが重要(Driver, 1988)

1.2 心理学における仮説生成過程

- ・多くの科学教育、科学哲学の研究者は、仮説生成プロセスに関心を示してこなかった

Popper (1968)は、仮説生成プロセスの分析には論理的な分析は必要ないと主張した

：仮説生成とは、論理的に不規則に起きるただの推測であり、自由な発想、詩的直観の結果であるため、実験心理学の研究対象ではない

Feynman (1965)も仮説生成をただの推測であると主張し、具体的な推測のプロセスを示さなかった

- ・Peirce (1965)と Hanson (1961)は、仮説生成プロセスは心理的要因を含み、合理的なプロセスであると主張

1.3 仮説の定義

- ・仮説とは検証可能な因果的説明である(Wenham, 1993)

与えられた状況における検証可能な要因間の説明(Quinn & George, 1975)

仮説生成とは、与えられた状況の説明を構築するプロセス(Gettys, Manning, Mehle, & Baca)

1.4 研究目的

- (1)仮説の生成プロセスを記述する
- (2)学習者が生成した仮説の特徴を明確にする
- (3)仮説生成における思考の型を明確にする

2 . 研究方法

2.1 学習課題(Figure 1)

- ・磁石をアルミニウムパイプの中を落下させた場合(A)とプラスチックパイプの中を落下させた場合(B)では、Aの方が落下が遅い理由を説明する

磁石がアルミニウムの中を通過することによってアルミニウムの中に電流が生じる

その電流によってアルミニウムの管内に磁場が生じる

磁石がアルミニウムの管内に生じた磁場から上向きの力を受ける

その結果、磁石は遅く落ちる

2.2 参加学習者

- ・物理学専攻の大学生6名(平均年齢19歳)

入門物理学は受講しているが電磁気学は受講していない

全員が「磁石 A と B の落下速度は同じ」という考え(既存の理論)を持っている

2.3 研究の流れ

(1)学習者の既存の知識(学習前の知識)の確認

- Figure 1 に関する実験についてどちらの落下が速いか学習者に問う
同じと答えた 6 人の学生を対象とする学習者として選んだ
- 電気と磁気に関する学習者の基本知識の理解状況を確認
対象とした 6 人は、全員が電気と磁気に関する基本知識を理解していた
：磁石に引きつけられる物体と電流が流れる物体を特定することができた
：コイルに電流を流したときに、どちらが N 極なのか分かる
：電流の大きさを測定するために検流計を使うことを知っていた

(2)Target Experiment

- Figure 1 に関する実験を教師が演示して、学習者に「アルミニウムパイプの中の磁石の方が落下が遅い」という現象を示す

(3)First Interview(3.1 結果 1)

- First Interview の主な目的
「なぜ、アルミニウムパイプの中の磁石の方が落下が遅いのか」を説明させること
- 「(2)Target Experiment」に関して学習者に質問をした(下記は主要な質問)
どのような現象を観察したか?
観察した現象について分からないことはないか?
観察した現象について詳細に述べてください
このような現象(アルミニウムパイプの中の磁石の方が落下が遅い)が現れる理由を説明してください

(4)Clue Experiment

- 説明のためのヒントとなる実験を教師が、学習者に演示する(Figure 2)
Clue Experiment 1 : コイルの中に磁石を通すと電流が流れる(主に「磁石がアルミニウムの中を通過することによってアルミニウムの中に電流が生じる」に関連)
Clue Experiment 2 : 電流が流れるとコンパスの針が触れる(主に「その電流によってアルミニウムの管内に磁場が生じる」に関連)
Clue Experiment 3 : コイルの中に磁石を通すと力を受ける(主に「磁石がアルミニウムの管内に生じた磁場から上向きの力を受ける」に関連)
- 3 つの Clue Experiment から得られる知識のすべてが説明には必要
教師は、個々の知識の内容については学習者に教えたが、各知識間の関係については教えていない
：これらの知識が説明に必要とも、必要でないとも学習者には言っていない

(5)Second Interview(3.2 結果 2)

- Second Interview の主な目的
「なぜ、アルミニウムパイプの中の磁石の方が落下が遅いのか」を説明させること
- 「(2)Target Experiment」と「(3)Clue Experiment」に関して、学習者に質問をした(下記は主要な質問)
「(3)Clue Experiment」においてどのような現象を観察したか?

これらの現象について分からないことはないか？

これらの現象は、「(1)Target Experiment」における現象と関係があるかどうか？

あるならばどのような関係があるか？

「(2)Target Experiment」における現象が現れた理由の説明

3．結果

研究の目的

(1)仮説の生成プロセスを記述する(3.1.1、3.2.1)

(2)学習者が生成した仮説の特徴を明確にする(3.1.2、3.2.2)

(3)仮説生成における思考の型を明確にする(3.1.3、3.2.3)

3.1 結果 1：First Interview

3.1.1 First Interview における仮説生成プロセス(Figure 4)

- Target Experiment を観察したときの学習者の反応(Observing the target experiment)
 - 4人の学習者は、ただ、現象を見ただけだった(Just looking：学習者 A、B、E、F)
 - 2人の学習者は、現象をより詳細に観察した(Exploring the Target Experiment：学習者 C、D)
：例えば、パイプの中を見た、落下している磁石をより注意深く観察した、落下中の磁石とパイプの壁が衝突する音に注目した、磁石をアルミニウムに近づけてみた
- 仮説を生成するときの学習者の反応(Searching for hypothesis)
 - 2人の学習者は、電気と磁気に関する既存の知識に基づいて仮説を考えようとした
(Background knowledge：学習者 A、E)
 - 3人の学習者は実験状況の中に原因の説明を求めた(Experimental context：学習者 B、C、D)
：落下速度が違う原因をパイプの直径の大きさや磁石とパイプの壁が衝突したことに求めた
：例えば、「パイプの直径が大きく、磁石と壁が衝突しなければ同じ速度で落下する」

3.1.2 First Interview において生成された仮説の特徴

(1)仮説の生成状況

- 2人の学習者は仮説を生成することができなかった(No hypothesis：学習者 E、F)
学習者 E については、仮説を考えようとしたが、最終的にはできなかった

- 4人の学習者は新しい仮説を生成することができた(Suggesting hypothesis)

Theoretical hypothesis：学習者 A → 既存の理論を棄却

Auxiliary hypothesis：学習者 B、C、D → 既存の理論を維持

(2)Theoretical hypothesis(学習者 A が生成)

- 電気と磁気に関する既知の知識に基づいた仮説

- 学習者 A が生成した仮説

「磁石がアルミニウムパイプの中で加速すると電流が生じて、パイプの上に+の電気が下に-の電気ができる。そして、(これらの電気と磁石から生じる磁界の相互作用によって)磁石に対して上向きの力が働く」

しかし、この仮説は科学的に妥当でない

：磁石が一定の速度で移動しても電流は生じるのにも関わらず、学習者 A は加速する必要があると誤解している

：電流によって生じた磁界と磁石から生じる磁界の相互作用によって上向きの力が生じるに

も関わらず、この学習者は、電気に磁石が引き付けられると考えている

電気と磁気の区別ができていないためこのような仮説を生成した

(3) Auxiliary hypothesis (学習者 B、C、D が生成)

- ・既存の理論(落下速度は変わらない)を維持したまま、落下速度の違いの説明を実験状況に求めた仮説
- ・学習者 B、C、D が生成した仮説
「摩擦による。磁石が落下するときにパイプの壁に当たって摩擦が生じるから」
「磁石が球形だったら同じ速度で落ちる。磁石の形が円筒形だったから速度に違いが生じた。また、磁石の表面を変えれば速度に違いが出る」
「空気抵抗による。パイプが広ければ、空気抵抗が生じずに同じ速度で落ちる」
- ・このような変則的な事例への対応は Lakatos (1994)における主張に類似している
変則的な事例が観察されても、Auxiliary hypothesis を提案したり、初期条件を修正したり、適切な再解釈をすることにより、既存の理論を維持する
：このような対応は Park et al. (2001)における中学生を対象とした研究でも確認

(4) 仮説生成における基本知識の重要性

- ・ First Interview において 2 つの種類の仮説が確認された
Theoretical hypothesis (学習者 A が生成) → 既存の理論を棄却
Auxiliary hypothesis (学習者 B、C、D が生成) → 既存の理論を維持
- ・ 学習者 A は、電気と磁気に関する基本知識を用いて新しい仮説の生成をしていた
仮説は事例から生成されるのではなく、事例を説明することによって生成される(Hempel, 1965)
新しい理論を構築するためには基本知識が必要(Cropley, 1999; Wolpert, 1992)

3.1.3 First Interview における新しい仮説をどのような思考を用いて生成したか

(1) Theoretical hypothesis の生成

- ・ 学習者 A は、類似に基づいた推論を行い新しい仮説を生成した
Interview で学習者 A にどのようにして考えたのか質問をした
：学習者 A の回答
「磁石がコイルの中を動くとき、加速して電流が生じる。それと同じように磁石がアルミニウムパイプの中を落下するとき、重力によって加速されて電流が生じる。コイルは伝導体であり、アルミニウムパイプも伝導体である。さらに、コイルは磁石を囲んでおり、アルミニウムパイプも磁石を囲んでいる」
学習者 A は、電磁気に関する既知の知識(コイルの中で磁石を移動させる状況)と Figure 1 の状況(パイプの中で磁石を落下させる状況)を対応させて(類比推理を用いて)仮説を生成した
- ・ Theoretical hypothesis の生成モデル
変則的な事例を観察する
変則的な事例が生じる理由を問う
現象に関連した既知の知識(理論)の探索を行う
対象とした現象と既知の知識(理論)に関して類比推理を行う
既存の理論を棄却して、変則的な事例も説明できる Theoretical hypothesis を提案する

(2)Auxiliary hypothesis の生成

- 学習者 B、C、D は、実験状況に基づいて仮説を生成した原因をパイプの厚さや直径の大きさに求めた
：電気と磁気に関連した既知の知識の探索や、類比推理を行っていない
- Auxiliary hypothesis の生成モデル
変則的な事例を観察する
変則的な事例が生じる理由を問う
変則的な事例が生じた原因を実験状況の中で探索する
既存の理論を維持して、Auxiliary hypothesis を提案する

3.2 結果 2 : Second Interview

教師が 3 つの Clue Experiment(Figure 2)を学習者に演示した後に行った

- Clue Experiment 1 : コイルの中に磁石を通すと電流が流れる(主に「磁石がアルミニウムの中を通過することによってアルミニウムの中に電流が生じる」に関連)
- Clue Experiment 2 : 電流が流れるとコンパスの針が触れる(主に「その電流によってアルミニウムの管内に磁場が生じる」に関連)
- Clue Experiment 3 : コイルの中に磁石を通すと力を受ける(主に「磁石がアルミニウムの管内に生じた磁場から上向きの力を受ける」に関連)

教師は学習者に Clue Experiment と Target Experiment の関連については教えていない

3.2.1 Second Interview における仮説生成プロセス(Figure 8)

- Clue Experiment を観察したときの学習者の反応(Observing the clue experiments)
5 人の学習者は、ただ、現象を見ただけだった(Just looking : 学習者 A、B、C、E、F)
1 人の学習者は、現象をより詳細に観察した(Exploring the CE s : 学習者 D)
：この学習者は、コイルの中に磁石を通すときの速度を変えて受ける力の大きさを比較した(Clue Experiment 3)
- Clue Experiment に対する反応
1 人の学習者は、Clue Experiment と Target Experiment の関連を見出すことはなかった(No relating the CEs with the TE : 学習者 B)
5 人の学習者は、Clue Experiment と Target Experiment の関連を見出した(Relating the CEs with the TE : 学習者 A、C、D、E、F)
：学習者 A、C、E、F は Clue Experiment と Target Experiment の類似性を見出すことによって関連付けた(Experimental similarity)
「コイル(Clue Experiment)とアルミニウムパイプ(Target Experiment)は金属でできていて電流を通す」
「コイル(Clue Experiment)から磁石が力を受けることが Target Experiment と関係がある」
：学習者 D は、既知の知識に基づいて Clue Experiment と Target Experiment を関連付けた(Background knowledge, Reference book)
「磁石の N 極がコイルに入ると電流が生じて……。そういえば高校で習ったことだ。この場合は右手の法則で力の説明ができる」
その後、この学習者は高校の教科書を参照することになる

3.2.2 Second Interview において生成された仮説の特徴

新たに生成される仮説と既存の理論の棄却の関係

- Theoretical hypothesis を生成した場合 既存の理論を棄却
- Auxiliary hypothesis を生成した場合 既存の理論を維持
- Experiential hypothesis(後述)を生成した場合 既存の理論を棄却

(1)仮説の生成状況

	(1)既存知識の確認	(2)Target Experiment	(3)First Interview	(4)Clue Experiments	(5)Second Interview
学習者 A			Theoretical	→	Theoretical
学習者 B			Auxiliary	→	Auxiliary
学習者 C			Auxiliary	→	Experiential
学習者 D			Auxiliary	→	Theoretical
学習者 E			なし	→	Experiential
学習者 F			なし	→	Experiential

(2)Experiential hypothesis(学習者 C、E、F が生成)

- Clue Experiment の状況から類推して生成した仮説
- 学習者 C が生成した仮説
「磁石に上向きの力が働いている。Clue Experiment 3 でも上向きの力を感じたから(Target Experiment でも上向きの力が働く)」
この学習者は、Clue Experiment 3 における上向きの力に基づいて仮説を生成した
：しかし、上向きの力が生じる理由について言及していない
Clue Experiment 1、2 を反映した仮説ではない
- 学習者 E は Clue Experiment 2 から類推して仮説を生成した
Clue Experiment 1、3 を反映した仮説ではない
- 学習者 F は、Clue Experiment 1、2 から類推して仮説を生成した
すべての Clue Experiment を反映させた仮説ではない

3.2.3 Experiential hypothesis をどのような思考を用いて生成したか

- Experiential hypothesis の生成モデル
変則的な事例を観察する
変則的な事例が生じる理由を問う
Clue Experiment を観察する
Clue Experiment と Target Experiment の間にある類似性を見出す
既存の理論を棄却して、Clue Experiment と Target Experiment の類似性に基づいて Experiential hypothesis を提案する

4 . 結論と概念変容への示唆

4.1 結論

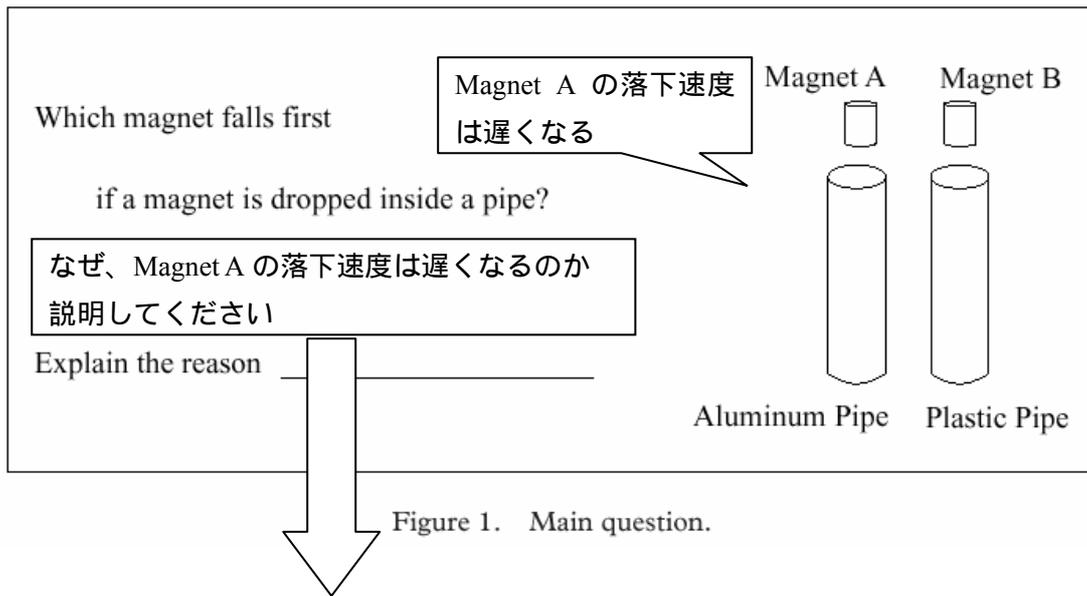
- 学習者が生成する仮説に関して 3 つの型を特定して、生成される過程をモデル化した
Theoretical hypothesis、Experiential hypothesis、Auxiliary hypothesis

- ・ 変則的な事例を観察するだけでは、概念変容に導くことはできない
変則的な事例を観察しても、既存の理論を保護するような仮説(Auxiliary hypothesis)を生成してしまう
- ・ 既存の理論を棄却するためには、変則的な事例も説明できる仮説を生成する必要がある
Theoretical hypothesis の生成
： 課題に関連した既知の知識が重要な役割を果たす
： 既知の知識と変則的な事例を類比することによって仮説が生成される
Experiential hypothesis の生成
： 関連した実験との類似性を見出すことによって仮説が生成される

4.2 概念変容への示唆

- ・ 科学的知識を変容させて発展させるためには、そのための議論の方略を見つけることが一般的な論点となる(Darden, 1992)
どのような要因が変則的な事例の再解釈へと導くのか理解することが必要(Chi, 1992)
認知的葛藤を促進するために、観察された事例が既存の理論を支持するために活用できるのか、反証するために活用できるのか認識させることが重要(Park & Pak 1997)
高次の科学的スキル(例えば、要因統制方略)を用いた認知的活動が概念変容を促進する(Park & Kim, 1998)
演繹的な説明課題に取り組みせると認知的葛藤が起き、その結果、概念変容が促進される(Park & Han, 2002)
- ・ この研究では類比に基づいた推論を新しい方略として提案する
概念変容の4段階において、第3段階に類比が関わる
： 第1段階：既存の理論について理解する
： 第2段階：変則的な事例を観察して認知的葛藤を起こす
： 第3段階：新しい仮説を提案する ← 類比が大きく関わる
： 第4段階：新しい仮説の見直し
類比に基づいた推論を促進するために様々な教授方略(例えば、Clement (1987)の Bridging analogy strategy)を発展させる必要がある

図表



磁石がアルミニウムの中を通過することによってアルミニウムの中に電流が生じる(Clue 1)
その電流によってアルミニウムの管内に磁場が生じる(Clue 2)
磁石がアルミニウムの管内に生じた磁場から上向きの力を受ける(Clue 3)
その結果、磁石は遅く落ちる

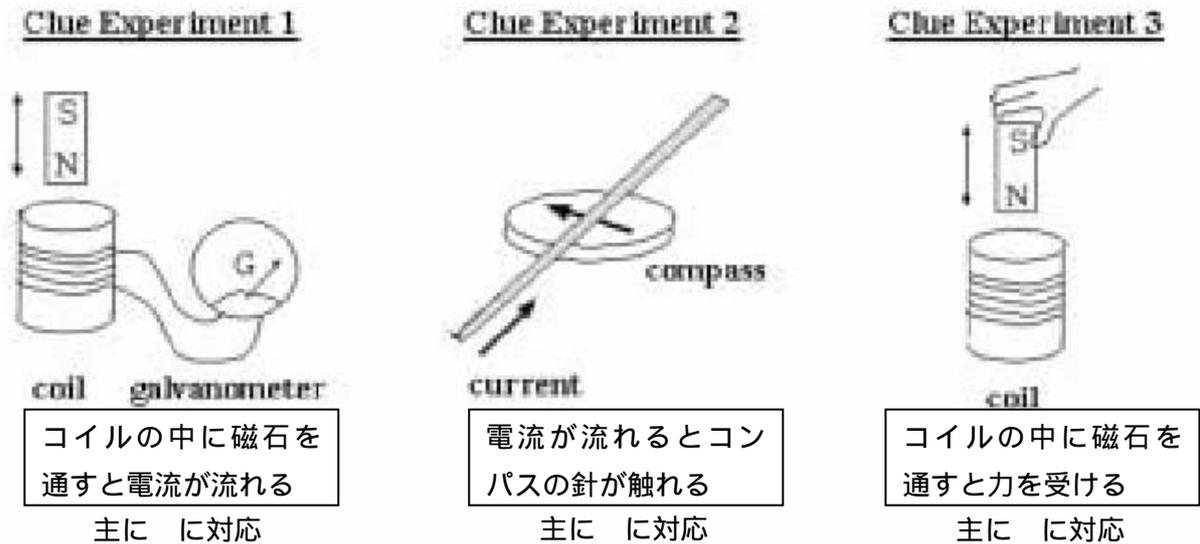


Figure 2. Three Clue Experiments.

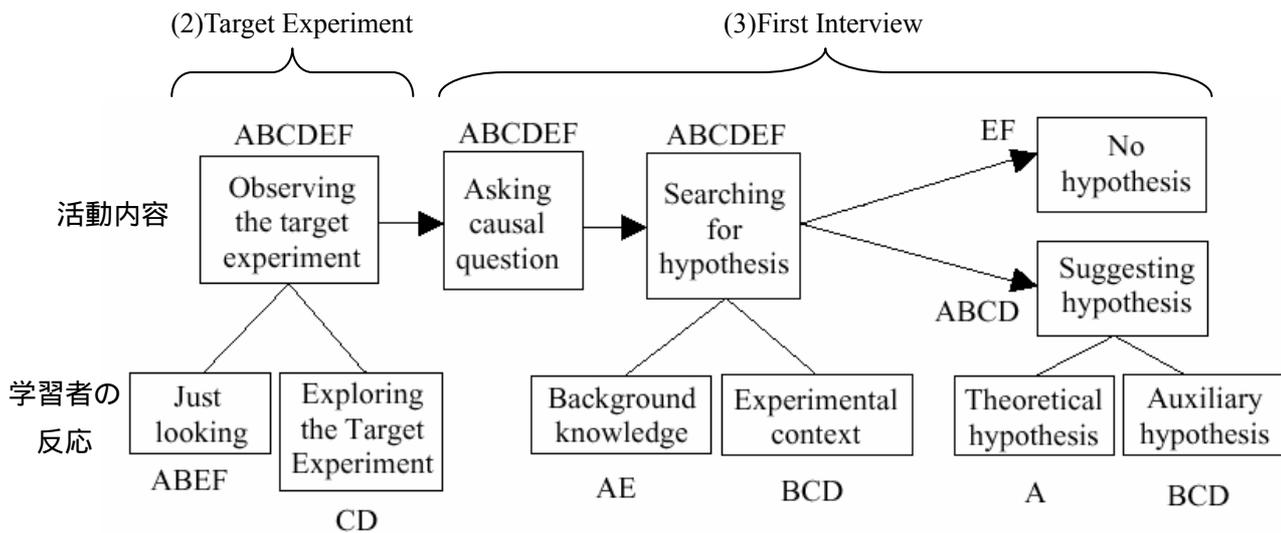


Figure 4. The process of generating a hypothesis in the first interview.

・アルファベット：学習者を示す

A：学習者 A、B：学習者 B、C：学習者 C、D：学習者 D、E：学習者 E、F：学習者 F

・活動内容と学習者の反応について

Observing the target experiment：教師が学習者に Figure 1 に関する実験を演示する

：Just looking：ただ、現象を見るだけ

：Exploring the Target Experiment：現象をより詳細に観察する

Asking causal question：First Interviewの中で、教師が学習者に説明を求める

Searching for hypothesis：仮説生成に必要な情報の探索をする

：Background knowledge：電磁気学に関する学習者自身の既知の知識を検索する

：Experimental context：実験状況の中に説明の原因を追究する

No hypothesis：仮説を生成しない

Suggesting hypothesis：仮説を生成

：Theoretical hypothesis：Theoretical hypothesisを生成

：Auxiliary hypothesis：Auxiliary hypothesisを生成

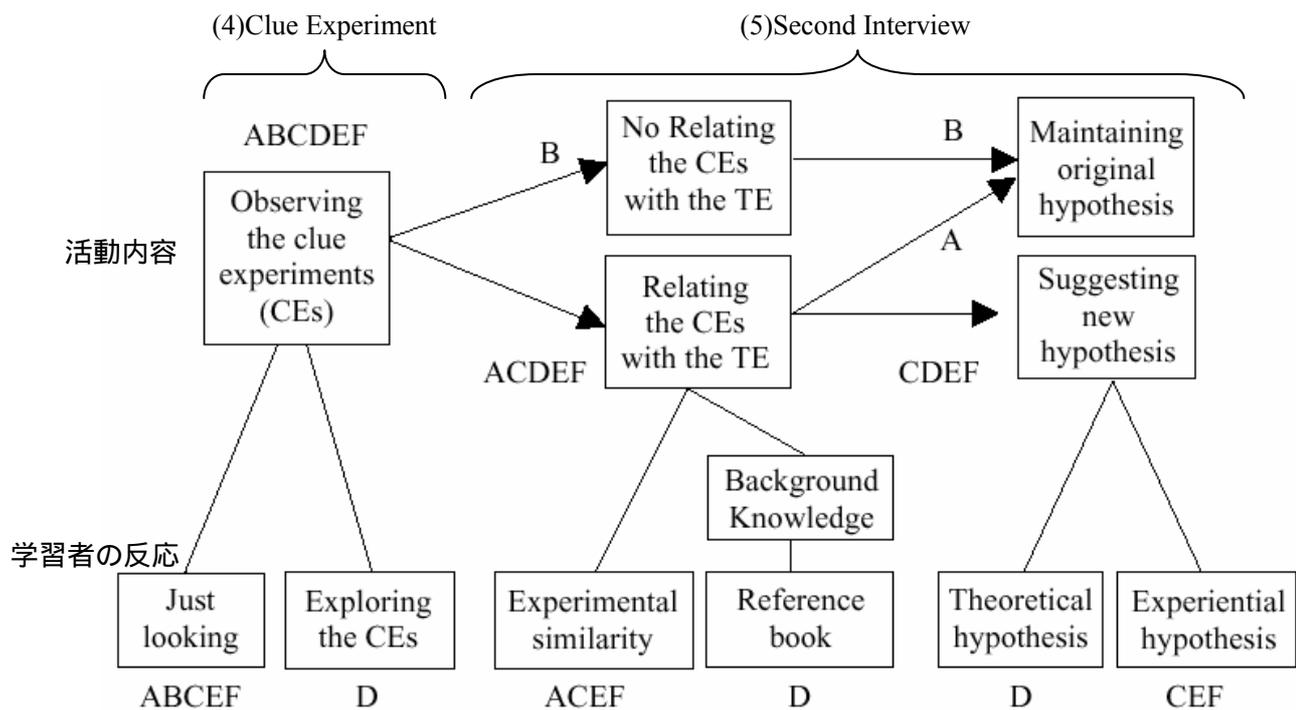


Figure 8. The process of generating a hypothesis in the second interview.

・アルファベット：学習者を示す

A：学習者 A、B：学習者 B、C：学習者 C、D：学習者 D、E：学習者 E、F：学習者 F

・活動内容と学習者の反応について

Observing the Clue experiments：教師が学習者に Figure 2 に関する 3 つの実験を演示する

：Just looking：ただ、現象を見るだけ

：Exploring the CE s：現象をより詳細に観察する

No relating the CE s with the TE：Clue ExperimentとTarget Experimentを関連付けない

Relating the CE s with the TE：Clue ExperimentとTarget Experimentを関連付けない

：Experimental similarity：Clue ExperimentとTarget Experimentの類似性を見出す

：Back ground knowledge, Reference book：既知の知識を高校の教科書から探索して関連

Maintaining original hypothesis：First Interviewと同じ仮説をSecond Interviewで回答

Suggesting new hypothesis：First Interviewと異なる仮説を生成

：Theoretical hypothesis：Theoretical hypothesisを生成

：Experiential hypothesis：Experiential hypothesisを生成

発表では使わない図表

Table 1. Main questions used in the first interview

Q1-1	“Can you describe what you observe?” or “What do you observe?”
Q1-2	“Do you have any questions related to your observation?”
Q1-3	“Can you explain your observation?” or “Can you explain what you observed more precisely?”
Q1-4	“[if subject explains observation] How do you know that?” or “What is the reason for your explanation?”

Table 2. The questions used in the second interview

Q2-1	“Can you describe what you observe?” or “What do you observe?”
Q2-2	“Do you have any questions about this [clue] experiment?”
Q2-3	“Do you think this experiment [among the three CEs] is related to the phenomenon that a magnet falls slowly inside the aluminum pipe?”
Q2-4	“[if subjects say yes] How is this experiment related to that phenomenon [TE]?”

Table 3. Major features of three types of explanatory hypotheses

Type of hypothesis	Space searched for hypothesis	Causal relationship	Reasoning	Prior idea
Auxiliary	Target Experiment (TE)	No theoretical casual relationship	No similarity-based reasoning	Preserved
Theoretical	Background Knowledge (BK)	Theoretical casual relationship	Similarity-based reasoning between BK and TE	Displaced
Experiential	Clue Experiments (CEs)	No theoretical casual relationship	Similarity-based reasoning between CEs and TE	Displaced

Step 1: Answering the main question (Fig. 1) and supplementary questions

Step 2: Observing the Target Experiment (TE) and explaining the TE in the first interview

Step 3: Observing the Clue Experiments (CEs) (Fig. 2) and explaining the TE again in the second interview

Figure 3. Summary of the procedure.

Background Knowledge (BK) has properties α , β , and γ .

Target Experiment (TE) also has similar properties α' , β' , and γ' .

Then, the BK and TE share similar properties with each other.

The BK has another property δ .

Therefore, it is worth inferring that TE will also have property δ' ,

even though δ' has not yet been confirmed.

Figure 5. Model of similarity-based reasoning.

Observe discrepant Target Experiment (TE) to be explained

Ask causal question why TE happens.

Search for hypothesis that may explain the TE in the observer's Background Knowledge (BK).

Use similarity-based reasoning between TE and BK.

Discard prior theory relating to TE, and suggest new theoretical hypothesis that can explain TE.

Figure 6. Model of generating a theoretical explanatory hypothesis using similarity-based reasoning.

Observe Target Experiment (TE) to be explained.

Ask causal question as to why TE occurs.

Search for hypothesis that may explain the TE in the experimental situation of TE.

Preserve prior theory relating to TE, and suggest auxiliary hypothesis

attributing the reason for the TE to experimental conditions.

Figure 7. Model of generating an auxiliary explanatory hypothesis.

Observe discrepant Target Experiment (TE) to be explained.

Ask causal question.

Observe Clue Experiments (CE), which can be used to explain the TE.

Relate TE to CE based on the similarities between the two phenomena.

Discard prior theory related to TE, and suggest new experiential hypothesis

based on the similarities between CE and TE.

Figure 9. Model of generating an experiential hypothesis.

1. The usual nail does not attract a paper clip. However, rub the nail with strong magnet, and put the paper clip close to the nail again. Does the nail attract paper clip now?
2. Ask a question about what you observed.
3. Try to give an answer. That is, try to explain what you observed.
4. The following experiment may help you answer the question you asked in Step 2.
 - (1) Break the magnet into pieces. Put them into a glass tube and shake the glass tube.
 - (2) Put the paper clip close to the glass tube. Do the broken magnets inside the glass tube attract the paper clip?
 - (3) Rub the glass tube with strong magnet and put the paper clip close to the glass tube again. Do the broken magnets inside the glass tube attract the paper clip?
 - (4) Can you explain what you observed?
5. Determine whether there are any similarities between the results of Step 1 and the phenomena in Step 4.
6. With reference to the phenomena observed in Step 4, try again to provide an answer to the question asked in Step 2.

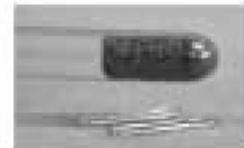


Figure 10. Scientific inquiry activity for generating a scientific hypothesis.