

変則事例に対する記述的対処方略に関する実験的検討

Empirical Investigation of Descriptive Handling Strategy on Anomalous Instances

松林 翔太[†], 三輪 和久[†], 寺井 仁[‡]
Shota Matsubayashi, Kazuhisa Miwa, Hitoshi Terai

[†]名古屋大学, [‡]近畿大学
Nagoya University, KINDAI University
matsubayashi@cog.human.nagoya-u.ac.jp

Abstract

In this research, we conducted an experiment to investigate the nature of descriptive handling strategy on anomalous instances, as opposed to explanatory handling strategy. We manipulated the difficulties of the task and the experience in learning anomalous instances. The results showed that the descriptive strategy is more useful for learned anomalous instances in complex tasks than deliberate handling.

Keywords — Anomalous Instance, Descriptive Handling Strategy, Explanatory Handling Strategy, Difficulty, Experience

1. 導入

1.1. 変則事例と対処

私たちは日常生活において、予想も考えもしなかった想定外の事例を目にすることがある。想定とは物事を考えるために制約条件を加味した上で意図的に作られる境界であり、それを超えた領域が想定外とされている [1].

ここでは想定外のことが起きる状況を構造的に捉えるため、ユーザがあるシステムを利用する場面を考える。システムは一般に、データの入出力とその間でデータの処理や加工を行う処理部から構成されている。入力に対して出力は一意に決まり、同一の入力であれば出力も常に一定である。この入出力はユーザから観察可能であるが、処理部にあたる内的なメカニズムは一般に観察することができない。そのため、ユーザの想定を超えて、システムが変則的な出力を発生する状況に遭遇することがある。変則的な出力が観察される原因として、システムに不具合がある場合や、システムは正常だがユーザの理解が誤っている場合が考えられる。

出力は入力に対して一意に決まるため、特にユーザの理解が誤っている場合は、変則的な出力はその後も再発生する可能性がある。そのような状況において、ユーザはどのような行動を取るのか。ここではコンピュータを使用中に発生するフリーズを例として挙げる。

フリーズが繰り返し発生する状況において、再度フリーズが発生することを見越して行う行動は大きく二つに分けられる。ひとつめは、タスクマネージャやログを確認することでフリーズが起こった原因を探るもので、これは根本的な解決を試みる行動である。ふたつめは、フリーズから復旧したときの手順を記憶し、再発生時にはそれを思い出して復旧を試みる行動である。この両者の決定的な違いは、今後起きるかもしれない変則的な事例に備えて、いま目の前に生じている変則的な事例を処理するときの方略に起因すると考えられる。本研究では、直近の変則事例に対して行われるそのような処理を「対処」、その対処を規定する方略を「対処方略」とする。そして、変則事例に対する対処方略として、入出力の表面的な特徴の記述を試みる「記述的対処方略」と、入出力関係の背後にある構造の説明を試みる「説明的対処方略」を定義し、その性質や役割について検証を行う (表 1)。

以降では、ここで示した変則事例とその対処が先行研究においてどのように扱われてきたのかを記す。

表 1 対処方略の比較

	記述的対処方略	説明的対処方略
対象	入出力 表面的特徴	メカニズム 深層的结构
視点	短期的 個別的	長期的 全体的
活動	記憶 例外化	推論 抽出

1.2. 先行研究における変則事例と対処

変則的な事例が観察された際、私たちはどのような反応を見せるのかについては様々な刺激が用いられて検証が行われている。

行動理解・目標推定の領域では、空間上を移動する物体の運動軌跡が用いられている。これらの研究では、

物体が空間上のある地点で突然屈折する様子を観察させると、そのような挙動変化を見せる物体に注意が向けられること [2] や、その物体はある目的を持って経由しているなどの下位目標が喚起されることが知られている [3]。つまり、変則的な挙動に対して私たちは自然と注意が向き、その背後にある関係性を自ら推論すると言える。

似た現象は物語文を用いた文章理解の領域でも見られている。文脈と一致しない結末が提示される場合は、一致する結末が提示される場合と比較すると、その内容の伝達に要する時間が長いことが知られている。これは、一致しない結末を伝達する場合には、その結末を弁明または正当化する言及が増えるためであると指摘されている [4]。文章理解の領域においても、想定とは異なる変則的な出来事は、私たちの推論を自然と促すことが分かる。

法則や理論の導出を主目的とする科学的発見の領域においては、変則的な事例に関して多くの研究が行われている。この領域では、実験や観察を通して得られた、自身が持つ仮説や説明にそぐわない変則的なデータのことを *Anomalous data* と呼んでいる [5]。また *Anomalous data* に対する反応として、それを妥当なデータとして受け入れて説明を加える「再解釈」や「仮説変更」などのほか、妥当なデータと認めず説明も行わない「無視」や「除外」なども分類されている [6]。現象理解の観点からは、説明的理解と記述的理解の二つが区別されている。説明的理解はその現象が生じた背後にある構造を説明することによる理解である一方、記述的理解はその現象の表面的な性質や特徴を記述することによる理解とされる [7]。

科学の主目的は正しい法則や理論の導出である。それゆえ、重要な発見のためには *Anomalous data* を受け入れる積極的な姿勢が重要であるとされている [5][8][9]。つまり、目の前の変則事例がどのようにして生じたのか、その構造を説明的に対処することこそが科学的発見において有効であるとされている。その一方、正しい法則や理論を発見する過程において、変則事例を無視または除外するなどの表面的な理解に留める対処は有益ではないとされることが多い。

1.3. 現実場面における変則事例と対処

変則事例に対して、科学的発見では説明的な対処が有効であるとされてきた。しかし現実場面で生じる変則事例やその対処を考えると、説明的な理解を試みる

対処が必ずしも有効ではないと考えられる。再度、コンピュータフリーズの対処を例に挙げる。システム構成が非常に高度で複雑な場合は、タスクマネージャなどを用いて原因を探ろうと労力をかけても、ユーザの理解が及ばない可能性がある。その他、特定のフリーズだけが頻発する場合は、構造的な理解よりもその復旧方法を表面的に記述的に理解するほうが経済的かもしれない。

実際、記述的な対処は現実場面で多く用いられている。例えばコンピュータのサポートの一環として、ナレッジベースと呼ばれるデータベースが用いられている。このデータベースにはあるユーザが経験した不具合やバグの発生から復旧に至るまでの経緯が蓄積されており、別のユーザはその経緯を参照することができる。このとき、データベースを利用しているユーザは必ずしも構造的な理解を試みてはいないが、記述的な対処方略をうまく使いこなし、対処を行っている。またシステムの保守運用を行う現場では、「運用対処」と呼ばれる対処が行われている。システムの不具合を根本的に解明・改修する本格対処の見込みが立たないとき、運用対処はその本格対処が行われるまでの一時的な対処として、その場をしのぐための重要な役目を持っている。このように現実場面では構造的な理解に及ばずとも、表面的な特徴を記述的に理解する行動が有効に用いられていることが分かる。

1.4. 目的

行動理解や文章理解の領域では、私たちは変則事例を目にすると、その背後にある関係性について自然に説明を行うことが示されている。そして、その説明の質が求められる科学的発見の領域においては、重要な規則や法則の発見につながる説明的な対処が有効であるとされてきた。その一方、表面的な理解に留まる記述的な対処は、科学的発見や規則発見の領域ではあまり重視されてこなかった。しかし、高度に複雑化したシステムを利用する際にユーザが目にする変則事例などは、たとえ労力をかけたとしても理解が及ばない可能性がある。そのような現実的場面では変則事例を記述的に対処することが経済的かもしれない。

そこで本研究では、変則事例に対する二つの対処方略として、記述的な対処方略と説明的な対処方略を定義し、特に前者が持つ性質や役割について検証を行った(表1)。記述的な対処方略は変則事例の入出力、つまり観察可能な表面的な特徴に着目し、変則事例を記憶するこ

とで、次に同様の事例が現れたときにはその記憶に基づいた処理を行う。一方、説明的対処方略は入出力の間にある観察できないメカニズム、つまり背後にある構造に着目し、入出力の間に介在する関係性を推論する。それにより構造全体を把握し、それに基づきその後の変則事例の処理を行う。

実験では両方略の性質を検証するため、教示によってそれぞれの方略を促し、様々な状況における課題成績を比較した。状況として、同一の変則事例を過去に観察したことがあるか否かの「過去経験の有無」と、入出力関係が分かりやすい状況と分かりにくい状況として「課題の難易度」を操作した。

2. 実験

2.1. 方法

2.1.1. 刺激

実験刺激として位置予測課題を作成した。参加者はまず観察フェーズにおいて途中で屋根の下を通るボールの動きを確認し（図 1）、その後のテストフェーズでボールが屋根の下を通った後に到達する位置を正確に予測することが求められた（図 2）。刺激は、観察可能な入出力としてボールのスタート・ゴール時の位置と方向、観察不可能なメカニズムとして屋根の下の構造で構成されていた。

観察フェーズで提示されるボールは、スタート時の射出方向のままゴールする場合が大半だが、稀に屋根の下で屈折することがある。急激な軌跡変化は注意を引き構造を喚起することから [2][3]、本実験ではこれを変則事例として設定した。実際、屈折パターンは屋根下に隠された物体の位置と形状で一意に決まり、その物体を正しく推論できれば屈折パターンを予測することができる。

2.1.2. 参加者

学部生 46 名が実験に参加した。実験は最大 6 名の小集団ごとに実施した。

参加者が用いる対処方略を教示により操作し、24 名を記憶条件、22 名を推論条件にランダムに振り分けた。記憶条件の参加者には、観察フェーズで表示されるボールのスタート・ゴール時の位置と方向を示す矢印を記憶するように教示を行った（図 1 左）。これにより、観察可能な入出力の記憶に主に焦点が当てられることが期待される。一方、推論条件の参加者には、観察フェーズで表示されるボールの軌跡を示す点線を確認し、

屋根の下に隠れている物体を推論するよう促した（図 1 右）。また物体について推論した内容をアンケートにて報告するよう求めた。したがってこの条件の参加者は、軌跡を決める観察不可能なメカニズムに着目し、その構造を推論するよう促されていた。

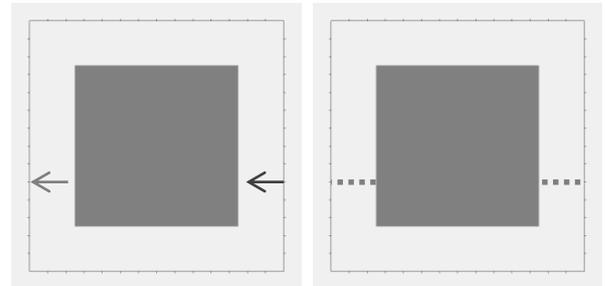


図 1 観察フェーズの確認画面（左：記憶条件，右：推論条件）

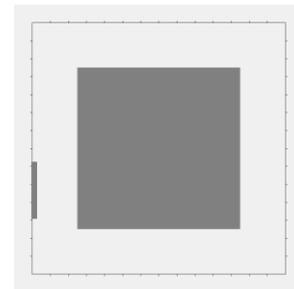


図 2 テストフェーズの予測画面

2.1.3. 手続き

課題は観察フェーズとテストフェーズの二つから構成されていた。

観察フェーズで参加者はまず、ボールがスタートしてからゴールするまでの動きを動画で観察した。その後、自動的に確認画面に移行し、参加者はここで方略教示に従って事例を観察した（図 1）。この確認画面に関して、記憶条件はスタート・ゴールを示す矢印が、推論条件はスタートからゴールまでの軌跡を示す点線がそれぞれ表示された。この表示の差は各条件の方略使用をより確実に行うために実施された。なお、情報量に関しては両条件で等価である。確認が終わった参加者がマウスでボタンをクリックすると、次の試行が始まる。1 ブロックは 12 試行で構成され、うち 3 試行が屈折事例であった。

観察フェーズ 12 試行を終えると、続いてテストフェーズに移行する。テストフェーズでは、ボールがスタートし屋根の下に入った時点で一時停止し、外枠上にパドルが表示される（図 2）。参加者はボールのゴール

位置が含まれるよう、左クリックでパドルを移動させるよう求められた。右クリックで確定するとすぐに次の試行が始まるため、予測の正誤フィードバックは与えられなかった。なお、パドルがデフォルトで表示される位置は、スタート時の位置と方向から仮に直進した場合のゴール位置であった。つまり規範的には、屈折事例のみパドル移動が必要な状況であった。テストフェーズは1ブロック12試行で構成され、うち6試行が屈折事例であった。

テストフェーズで提示される事例に関して、ひとつめの状況設定として同一事例の過去経験の有無を操作した。具体的には、テストフェーズの屈折事例6試行を未知事例3試行と既知事例3試行に分け、その予測成績の差を比較した。未知事例は全試行を通して初めて提示される事例であり、屋根の下の物体が推論できていなければゴール位置を予測することは困難である。一方、既知事例は直前の観察フェーズで提示された同一の事例であり、物体を推論できていなくても記憶さえしていれば予測が可能である。

状況設定のふたつめとして、課題の難易度を操作した。実際には、屋根の下の物体の形状が四角であるため屈折パターンが少なく比較的単純な易課題(図3左)と、形状が円であるため屈折パターンが多く複雑な難課題(図3右)を設けた。

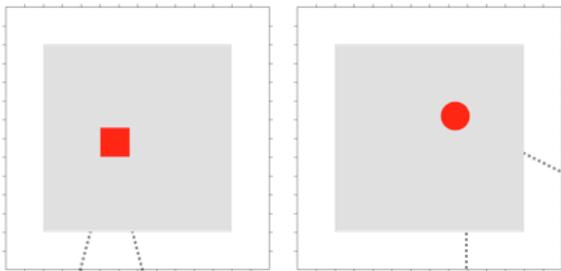


図3 屋根下に設定された物体とその屈折パターン例
(左: 易課題, 右: 難課題)

実験の流れは以下の通りである。まず実験の概要を説明し、このときの方略指示により参加者を記憶条件または推論条件に振り分けた。合わせて、練習課題を通してマウス操作の練習を十分に行った。その後、易課題として、観察フェーズ12試行とテストフェーズ12試行を1ブロックとし、5ブロックを連続で実施した。ただしブロック1だけは観察フェーズ・テストフェーズともに屈折事例は1試行も提示されなかった。これは屈折事例を変則事例と参加者共通に認識させる

ための操作であった。また推論条件のみ、各テストフェーズ終了後に屋根の下の物体について分かったことをアンケート用紙に記入させた。易課題5ブロックを終えた後に小休憩を挟み、難課題を実施した。難課題の手続きは易課題と全く同一であった。なお、難課題を開始する前に、易課題のときから事例が一新されることを教示した。事例の提示順序はブロック内のみランダム化されたため、あるブロックで提示される事例は参加者間で共通だが、その順序は参加者間で異なっていた。

2.2. 仮説

変則事例に対する二つの対処方略には状況によってそれぞれ向き・不向きがあるか、課題成績を従属変数として検証を行う。本実験では、テストフェーズにおいてパドル内にその事例のゴール位置を含めることができた予測成功回数を課題成績とする。また、ブロック5の屈折事例6試行(未知事例3試行・既知事例3試行)のみを分析対象とした。これは、屋根下の物体を推論する場合は変則事例を予測できるまでに一定数の事例が必要なためである。

まず本実験で操作した二つの状況設定、つまり過去経験の有無と課題の難易度が課題成績に影響するならば、以下のような結果が予想される。第一に、構造が比較的単純な易課題における予測成績は、記憶条件よりも推論条件のほうが高いだろう。また、この差は特に未知事例において顕著だろう。初めて提示される未知事例は記憶に基づく予測は困難であり、構造の推論が必須と考えられるためである。第二に、構造が複雑な難課題においては逆に、推論条件よりも記憶条件のほうが予測成績は高いと予想される。この傾向は直前に一度観察した既知事例で顕著だろう。熟達の先行研究では、複雑な状況においては規則発見を試みるより、事例を経験するほうが知識を得やすいとされている[10]。事例の記憶を促された記憶条件は、たとえ複雑な状況であっても、既知事例に対して多くの知識を得ることができるため、推論条件よりも課題成績が高くなると考えられる。

その課題成績を得るまでに要したコストとして、ブロック2から5の観察フェーズにおいて、屈折事例の確認画面が表示されてから参加者が確認を終えてボタンを押すまでの観察時間も合わせて検証する。これは記述的方略を用いた際には提示された矢印に関して繰り返しリハーサルを行う時間であり、一方、説明的方

略を用いた際には過去の事例を複数想起し共通する関係性を抽出する時間であると考えられる。処理する事例数の多さゆえに、説明的方略のほうが記述的方略よりも観察時間が長くなることが予想される。

2.3. 結果

マシントラブルなどでデータ欠損のあった3名を分析から除外し、記憶条件24名と推論条件19名を分析対象とした。

2.3.1. 予測成績

各状況それぞれにおけるブロック5の屈折事例の予測成績について、 t 検定を通して条件間の差を検証した(図4)。その結果、易課題においては未知事例に関して条件間に有意差が認められたが($d(41) = 3.7, p < .001$)、既知事例では有意差は見られなかった($d(41) = 0.9, n.s.$)。つまり易課題の未知事例に関して、推論条件は記憶条件よりも課題成績が高かった。一方、難課題の未知事例に関して条件間の差が有意な傾向であり($d(41) = 1.9, p < .10$)、既知事例に関しては差が有意であった($d(41) = -3.5, p < .005$)。つまり、難課題においては特に既知事例に関して、記憶条件は推論条件より課題成績が高かった。以上より、構造が単純な状況における変則事例の予測は説明的方略が記述的方略よりも有効であり、構造が複雑な状況では逆に、記述的方略が説明的方略よりも予測が正確であることが明らかになった。また、その差を生じさせる要因としては、その変則事例を過去に一度経験したことがあるか否かが重要であった。具体的には、単純な状況では過去に経験のない事例で、複雑な状況では一度経験した事例で、対処方略による課題成績に差が生じていた。

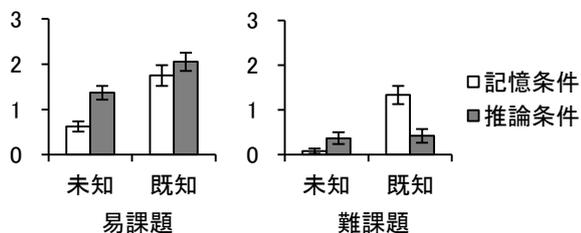


図4 ブロック5における予測成績(成功試行数)

2.3.2. 観察時間

ブロック2から5における屈折事例の観察時間について、易課題・難課題それぞれで t 検定を通して条件間の差を検証した(図5)。その結果、易課題・難課題

それぞれにおいては条件間に有意な差が見られた($d(41) = 2.6, p < .05$; $d(41) = 2.1, p < .05$)。つまり仮説通り、推論条件のほうが記憶条件よりも屈折事例の観察時間が長いことが分かった。この傾向は課題の難易度による影響は受けなかった。したがって、記述的方略は説明的方略に比べ、状況の複雑さによらず、適用するためのコストが小さいことが明らかになった。

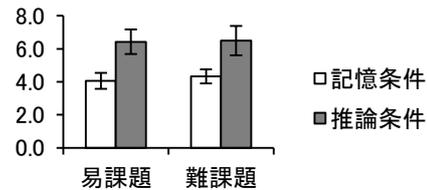


図5 ブロック2~5における1試行あたりの平均観察時間(秒)

3. 考察

今回の実験では変則事例に対する対処方略を教示により操作し、記述的対処方略と説明的対処方略の性質について検証を行った。その結果、方略適用時のコスト、つまり観察時間は課題の難易度によらず、記述的方略のほうが説明的方略よりも小さいことが明らかになった。一方、課題成績は課題の難易度や経験の有無の影響を受けていた。具体的には、説明的方略は状況が単純な場合、それまでに経験のない変則事例についても正しく予測できていた。逆に複雑な状況において記述的方略は、過去に経験した変則事例の再発生時を正確に予測できていた。

コストと課題成績の釣り合いから捉えると、説明的方略は単純な構造であればコストをかけることでメカニズムを把握し、今後起こりうる変則事例を予測できるという利点がある。ただ、複雑な構造では多くのコストをかけたにもかかわらず、記述的方略には未知事例・既知事例いずれの成績も及ばなかった。他方、記述的方略は主に過去事例の記憶に基づいた処理が行われるため、経験のない変則事例の予測は困難だった。しかし、記述的方略の大きな利点として、説明的方略よりもコストが小さく、たとえ複雑な構造であっても過去に目にした変則事例の予測はより正確であることが挙げられる。

3.1. 先行研究との比較

本実験で実験刺激として用いた位置予測課題には、

大きな特徴が二つある。

第一に、変則事例の存在である。今回の手続きでは、観察フェーズにおいて12試行中3試行のみが屈折し、テストフェーズでは屈折が予想される場合のみパドルの移動を自発的に行わなければならなかった。これは、屈折事例を「ごく稀にしか起きない例外的なエラー」と捉えることも可能であったと言える。規則に従わない例外のカテゴリ学習に関して、非論理的な規則を持つなど複雑な構造では、汎化に基づく規則表象より記憶に基づく事例表象のほうが適していることが示されており [11]、これは本実験結果とも一致する。

ただ、これらの研究では変則的な事例を正しく判別できるか否かを課題成績とする一方、本研究では変則事例の発生を正しく予測できるか否かを課題成績としている。ただし、この違いはあるものの、本研究で扱った対処の過程には、カテゴリ分類が含まれていると考えられる。本課題では変則事例のみ操作が必要であったため、効率的に記憶しようと試みる際には変則事例か否かの分類が重要である。一方、構造の推論を試みる場合、変則事例の判別はあまり重要ではない。今回の課題で言えば、屋根下の物体に当たらず直進のままゴールする事例も、「その軌跡上には物体がない」ことを示す大きな手がかりになる。また推論を通して構造が把握できれば、その共通規則で全事例を予測するため、事例の分類は行う必要がなくなる。参加者が各事例をどのようなカテゴリ分けを行っていたかが分かれば、変則事例の対処過程がより詳細に検証できるかもしれない。

本課題の第二の特徴は、説明的方略のみならず、記述的方略を用いても一定の成績が得られる点である。前述の通り、科学的発見またはそれを模した規則発見の領域では、初期段階では取り入れられなかった *Anomalous data* をいかに取り込み、その後いかに全体を説明する共通規則を見つけ出すかに主に焦点が当てられてきた [12][13]。

また熟達の領域においても、成績向上に最も効率的だが心的労力を要する行動として、*Deliberate practice* と呼ばれる概念が提唱されている [14]。これは熟達者になるために必須の行動で、具体的にはあらゆる情報を受け入れて着目する、失敗可能性のある新規な方法を試すなどが含まれている。これらの行動は本研究で定義した説明的方略に起因するものと考えられることができる。その一方、記述的方略に対応する、失敗可能性が低い既存の方法を実践する心的労力の小さ

い行動に関する概念は提唱されていない。しかし今回の実験結果から、複雑な状況においては記述的方略のほうが有効であることが示されており、*Deliberate practice* の対極にある行動が持つ役割についても焦点を当てることで、熟達や知識獲得の過程をさらに詳しく検証できるかもしれない。

3.2. 今後の展望

本実験では、教示により記述的方略と説明的方略の使用を促し、条件間で性質や役割について検証を行った。しかし現実的な場面では、状況に応じた自発的な方略選択が必要になることは自明である。課題の難易度に沿って方略を使い分けることができるか否かなど、記述的方略が持つ役割について今後も検証が必要である。

4. 結論

変則的な事例に対して、表面的な入出力に着目する記述的対処方略と、構造的なメカニズムに着目する説明的対処方略を定義し、それぞれの性質について実験を通して検証を行った。その結果、課題の難易度が低く単純な場合は説明的方略のほうが課題成績は高かった一方、複雑な場合には記述的方略のほうが要したコストも小さく、成績が高いことが示された。特に、従来研究ではあまり重要視されてこなかった記述的方略の性質を明らかにすることができた。

参考文献

- [1] 畑村洋太郎, (2011) “「想定外」を想定せよ！ 失敗学からの提言”, NHK 出版.
- [2] Howard, C. J., & Holcombe, A. O., (2010) “Unexpected changes in direction of motion attract attention”, *Attention, Perception, & Psychophysics*, Vol. 72, No. 8, pp. 2087-2095.
- [3] Baker, C. L., Saxe, R., & Tenenbaum, J. B., (2009) “Action understanding as inverse planning”, *Cognition*, Vol. 113, No. 3, pp. 329-349.
- [4] Clary, E. G., & Tesser, A., (1983) “Reactions to Unexpected Events: The Naive Scientist and Interpretive Activity”, *Personality and Social Psychology Bulletin*, Vol. 9, No. 4, pp. 609-620.
- [5] Thagard, P., (1995) “Conceptual revolutions”, Princeton University Press.
- [6] Chinn, C. A. & Brewer, W. E., (1998) “An Empirical Test of a Taxonomy of Responses to Anomalous Data in Science”, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 35, No. 6, pp. 623-654.
- [7] Simon, H. A., (1998) “Discovering Explanations”, *Minds and Machines*, Vol. 8, No. 1, pp. 7-37.
- [8] Hempel, C. G., (1965) “Aspects of Scientific

- Explanation, and Other Essays in the Philosophy of Science”, Free Press. (長坂源一郎訳, (1973) “科学的説明の諸問題”, 岩波書店)
- [9] Hempel, C. G., (2001) “The philosophy of Carl G. Hempel: studies in science, explanation, and rationality”, Oxford University Press.
- [10] Reber, A. S., Kassin, A. M., Lewis, S., & Cantor, G., (1980), “On the relationship between implicit and explicit modes in the learning of a complex rule structure”, *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, Vol. 6, No. 5, pp. 492-502.
- [11] Erickson, M. A. & Kruschke, J. K., (1998) “Rules and Exemplars in Category Learning”, *Journal of Experimental Psychology: General*, Vol. 127, No. 2, pp. 107-140.
- [12] 寺井仁, 三輪和久, & 古賀一男, (2005) “仮説空間とデータ空間の探索から見た洞察問題解決過程”, *認知科学*, Vol. 12, No. 2, pp. 74-88.
- [13] 寺井仁, 三輪和久, & 松林翔太, (2015) “説明転換における事実参照に関する実験的検討”, *認知科学*, Vol. 22, No. 2, pp. 223-234.
- [14] Ericsson, K. A., Krampe, R. T., & Tesch-Romer, C., (1993) “The Role of Deliberate Practice in the Acquisition of Expert Performance”, *Psychological Review*, Vol. 100, No. 3, pp. 363-406.