

説明転換における事実参照に関する検討

An experimental study on reference of fact in explanation reconstruction

寺井 仁[†], 三輪 和久[‡], 松林 翔太[‡], 遠山 直宏[‡]

Hitoshi Terai, Kazuhisa Miwa, Syota Matubayashi, Naohiro Toyama

[†] 近畿大学, [‡] 名古屋大学

Kinki University, Nagoya University

terai@fuk.kindai.ac.jp

Abstract

Reconstructing explanations perform a crucial role not only in the progress of science, but in educational practice and daily activities including comprehension of phenomena. We focused on the transition of attention on a key fact that contradicts the preceding explanation and has a central role in its reconstruction. We used a short story as an experimental material in which the participants first constructed a prior explanation and reconstructed it. The experimental results are summarized as follows. First, when the prior explanation was rejected, a new explanation was required, after attention on the key fact was inhibited. Second, attention on the key fact was recovered just before the success of the explanation reconstruction.

Keywords — eye movement analysis, explanatory shift, explanation construction, representation change

1. はじめに

人は外界の情報をありのまま受け入れ、理解しているわけではない (Hanson, 1958; 村上, 1980)。対象の見え方や認識が根本的にがらりと転換する現象は、錯視や多義図形の見えといった知覚的現象だけでなく (e.g., Jastrow, 1900; Boring, 1930), 問題解決における洞察や科学的発見のようなより高次の問題解決活動においても認められる現象である (e.g., 三輪・寺井, 2003; Kuhn, 1962)。このことから、現象に対する理解という高次の認知プロセスにおいて、このような認識の転換は重要な役割を果たしていることが予想される。

1.1 説明転換

既知の現象が矛盾無く説明されたとしても、必ずしも、未知の現象に対してその説明が有効であることは保証されない。これまでの説明では解釈することができない現象の観察が契機となり、ある説明から別の説明への説明の再構築が進められる (Dunbar, 1995; Clary & Tesser, 1983)。

説明の再構築の中でも、ある現象に対する説明が根本的に転換する場合がある。本研究ではこれを「説明転換」と呼び、(1) 古い説明を精緻化したり、部分的に拡張したりするのではなく、(2) 説明の構造や説明の構成要素の意味が、先行説明から根本的に変化するような説明の再構築を行うことと定義する。以降、古い説明を「先行説明」、転換後の新しい説明を「転換後説明」と呼ぶ。

説明転換は、先行説明を否定し、先行説明の根本的な見直しを迫る事実(「キーファクト」と呼ぶ)によって特徴付けられる。説明転換は、キーファクトを合理的に解釈しようとする努力を通して達成される。すなわち、説明転換の前後において、キーファクトの意味は根本的に変化する。

例えば、物質が燃える現象(燃焼)は、初期には、燃素説による説明、すなわち“燃焼とは、物質からの燃素の放出である”という説明がなされていた。しかし、この説明では合理的に解釈できない“燃焼に伴う質量の増大”という事実が観察されたことを契機として、新たな説明の構築が要請された。この質量の増大という事実が、ここでのキーファクトとなる。燃素説から酸素説による説明の転換、すなわち“燃焼は酸素の結合である”という説明への転換は、燃素説を否定する事実であるキーファクトを解釈しようとする試みを通して達成されることになった (Mason, 1953)。

1.2 説明転換の困難さ

しかしながら、これまでの常識的知識を乗り越え、一旦構築された説明を破棄し、説明の根本的な転換を行うことは容易ではない。根本的な転換を伴う新しい説明へシフトするよりも、古い説明を修正したり、補助説明を加えることにより、それまでの説明を守ろうとするのである。そのような場合、古い説明を守るために、その説明を支持するキーファクト以外的事实や未だ観察されていない仮想的実体が仮定されることも少なくない。前述の燃素説においては、燃素説の下でキーファクトを整合的に支持するための仮想的元素として、負の質量を持つフロギストン（燃素）の存在が仮定された。燃素説では、燃焼による質量の増大を、負の質量を持つフロギストンが放出されることによって生じる現象として解釈しようと試みたのである。一方、転換後説明である酸素説では、「火は元素である」という古代ギリシャ以来の一般常識を乗り越え、キーファクトである燃焼による質量の増加について異なる解釈が行われ、仮想的実体を導入する事なく物質の燃焼についての説明が可能となった。

このような先行説明と矛盾するキーファクトの再解釈を通じた説明転換とその困難さは、科学的発見といった長期に渡る説明活動だけでなく、日常的な学習の場面や文章の読解といった対象の説明的な理解を伴う活動全般において認められる現象であることが知られている（Chinn & Brewer, 1998; Vosniadou & Brewer, 1992; Watts & Zylberstan, 1981）。

1.3 説明転換における注意の遷移

先行説明と矛盾するキーファクトに再び注目し、再解釈することが、説明転換においては重要な意味を持つ。著者らの先行研究では、予想外の結末が示される短い物語文を実験課題として用い、説明転換におけるキーファクトに対する注意の抑制とその回復について眼球運動計測を用いた実験的な検討が行われた（寺井・三輪・松林, 2015）。その結果、先行説明とキーファクトの間に矛盾が生じた後、説明の再構築に至るプロセスにおいて、キーファクトに対する注意の抑制に関して、次の2点が明らかとなった。

- (1) 先行説明とキーファクトの矛盾が生じた後、先行説明と矛盾するキーファクトへの注意が低下し、キーファクト以外的事实に注意が向けられた。
- (2) 先行説明と矛盾するキーファクトに対して、実際には観察されていない仮想的実体の導入を伴

い、キーファクト以外的事实をもとに説明が行われた。

- また、キーファクトに対する注意の回復に関して、次の2点が明らかとなった。
- (3) キーファクトへの注意を喚起することにより、説明の再構築が促進された。
- (4) 説明活動を通して、キーファクトに対する注意の回復が認められた。

2. 目的

先行研究の結果から、説明の再構築において、キーファクトの再解釈は後回しにされ、その他の事実や仮想的実体に注意が向けられ先行説明が守られること、そして、キーファクトへの注意の喚起が説明転換を促すことが確認された。また、先行説明の棄却後、一旦はキーファクトへの注意が抑制され、説明を繰り返す中で、キーファクトへの注意が回復していく過程が認められた。しかしながら、先行研究においては、キーファクトに対する注意の抑制とその回復について、説明転換の成否との関係は検討されていなかった。

本研究では、説明転換の成否とキーファクトに対する注意の遷移との関連を明らかにすることを目的に、実験的検討を進める。

3. 実験

3.1 参加者

大学生 42 名が実験に参加した。

3.2 課題

説明の再構築におけるキーファクトに対する注意の遷移を捉えるため、先行研究（寺井・三輪・松林, 2014）で用いた物語文（床屋課題（Gardner, 1978）を改変）を課題として用いた（図1）。

本課題では、(1) 先行説明として、最初に想起される知識に基づき自動的な処理によって説明の構築がなされ、(2) 発想の転換が必要とされる新たな説明を構築することが要請され、(3) キーファクトを再解釈することによってはじめて仮想的実体を仮定することなく合理的な説明が可能となる。参加者は、“2つしか床屋のない町で、床屋を探している主人公が、髪が整えられていない‘アルフの店’、または、髪がよく整えられた‘バリーの店’のどちらに入るか”を予想することが求められた。この問いに対し、参加者は、“身だしなみを整えている店主は腕も良いだろう”といった知識のもと、店主の髪の毛に関する事実に着目

導入前半	太郎はドライブしていましたが、車が途中の小さな町で故障してしまいました。 車を修理している間、彼は床屋に行くことに決めました。
導入後半	その町にある床屋は二軒で、アルフの店とバリーの店があります。 その二人は小さい頃から仲の良い友人同士です。
場所	アルフの店は町の西のほうの、ビルの1階にあります。 同じビルには事務用品を取り扱うオフィスが入居しています。 バリーは、町の東側を走る通り沿いに店を構えています。 2軒隣は食料品を売るスーパーマーケットです。
店主 (キーファクト)	アルフの髪の毛はボサボサです。 うなじもほとんど手入れされていないようです。 一方のバリーの髪はサッパリしています。 うなじもきれいに刈ってあり整っていました。
時間	アルフは夜遅くまで店を開けています。 知り合いの店でごはんを食べることがよくあるそうです。 バリーの店は朝早くから営業しています。 友人と散歩することが、彼の日課になっているそうです。
結末	その後、太郎はアルフの床屋に入っていました。

図1 床屋課題 (Gardner (1978) を改変)

Note. 枠内が参加者に提示された物語文であり、導入および場所、店主 (キーファクト)、時間の各事実、そして結末から構成されている。

し、“主人公は髪をサッパリと整えている店主は床屋としての腕が良いと考えバリーの店を選ぶ”という説明(「先行説明」と呼ぶ)を構築することが予想される。しかしその後、この説明による予想を裏切る結末(“主人公は髪がボサボサの‘アルフの店’に入った”)が提示され、なぜそのような結末になったのかについて、説明が求められる。Gardner (1978) によれば、転換後説明は、“床屋が二軒しかないため、二人の店主は互いに髪を切りあっている。髪がサッパリしているバリーはもう一方の髪がボサボサのアルフの髪を切っていたため、腕が悪いと考えられる(「転換後説明」と呼ぶ)。また、逆に、髪がボサボサのアルフはもう一方の髪がサッパリしたバリーの髪を切っていたため、腕が良いと考えられる。”となる。ここで、結末が提示された後、店主の髪の毛に関する事実が、キーファクトになる。

3.3 手続き

実験は、先行説明構築フェーズと説明再構築フェーズの2つのフェーズによって構成された。先行説明構築フェーズでは、参加者に図1に示した課題文の結末以外がコンピュータスクリーン上に提示され、物語の

結末の予測とその理由についての回答が求められた(キーボードを使って回答を入力)。回答後、結末が提示され、説明再構築フェーズとして、その結末に至ったと考えられる説明を再度構築することが求められた。回答のタイミングは任意とし、説明を思いついた時点で素早く回答することが求められた。参加者には“入力された説明は別室の実験者が判定している”との教示を行った上で、実際にはすべての入力に対して、“今お答えいただいた説明は、このクイズの答えではありません。独創的で驚きのある説明を考えてください。”との応答がなされた。説明再構築フェーズは15分とし、転換後説明が構築されるまでのデータを分析の対象とした。

また、課題解決中の参加者の視線の動きを眼球運動測定装置(Tobii T60)により記録した。なお、眼球運動測定の精度を確保するため、本実験では、あご台を用い、参加者には頭部の動きを極力控えるよう教示した。

3.4 結果

眼球運動の計測に不備が生じた3名を除いた、39名中、10名が先行説明構築フェーズで先行説明を構築

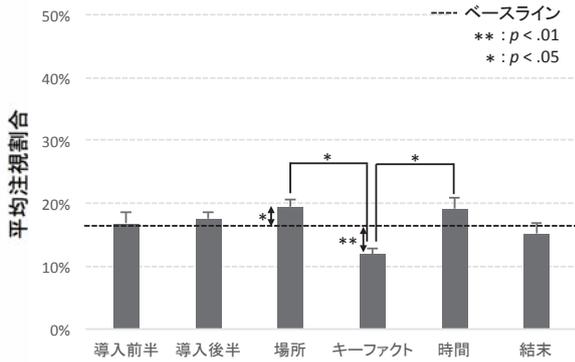


図 2 未転換群の平均注視割合

Note. 未転換群における，説明再構築フェーズの開始 5 分間の各事実に対する注視割合を示す。なお，エラーバーは標準誤差を示している（以降も同様）。

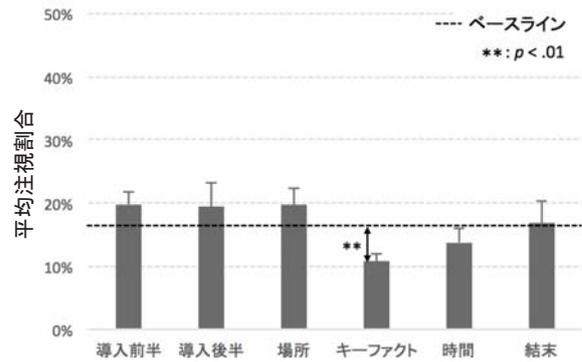
し，結末提示後の説明再構築フェーズで転換後説明を構築することに成功した（転換群）。転換群が転換後説明の構築に要した時間は平均 219.3 秒 ($SD = 179.0$) であった。一方，12 名は同様に先行説明構築フェーズで先行説明を構築したものの，結末提示後の説明再構築フェーズでは転換後説明の構築には至らなかった（未転換群）。

以下では，未転換群および転換群における，各事実への注視割合の分析を行う。注視割合の算出は，問題中に現れる導入，場所，店主（キーファクト），時間，および結末の各事実に対する注視回数を元に算出した。なお，各事実に対する注視割合は，各事実を構成する文字数をもとに正規化を行った。

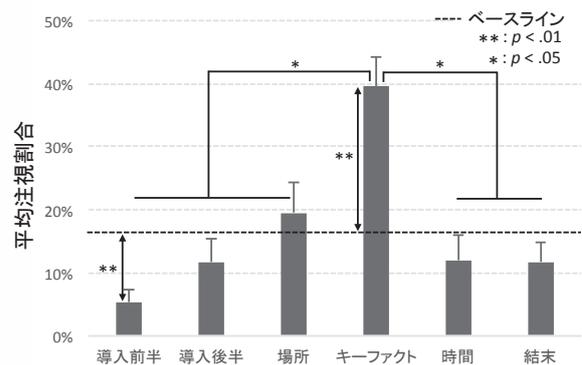
3.4.1 未転換群

未転換群における，説明再構築フェーズの開始 5 分間の各事実に対する平均注視割合を図 2 に示す。事実間の注視割合の差異を検討するため，事実を参加者内要因とした 1 要因 6 水準の分散分析を行った結果，主効果が確認された ($F(5, 55) = 2.85, p < .05$)。Holm 法による多重比較の結果，キーファクトへの注視割合が，場所および時間に関する事実への注視割合に比して，有意に低いことが明らかとなった ($MSe = 0.00, p < .05$)。

次に，各事実への注視が均等になされたと仮定した場合をベースラインとして，各事実に対する注視割合との比較を 1 標本 t 検定により検討した。その結果，場所の事実に対する注視割合は，ベースラインよりも有意に高く ($t(11) = 2.24, p < .05$)，一方，キーファクトに対する注視割合は，ベースラインよりも有意に



(a) 転換30秒前までの各事実に対する平均注視割合



(b) 転換直前30秒間の各事実に対する平均注視割合

図 3 転換群の平均注視割合

Note. (a) 転換群における説明再構築フェーズで説明転換に至る 30 秒前までの各事実に対する注視割合。(b) 転換群における説明再構築フェーズで説明転換の直前 30 秒間の各事実に対する注視割合。

低いことが明らかとなった ($t(11) = -5.36, p < .01$)。

3.4.2 転換群

転換群における説明再構築フェーズで説明転換に至る 30 秒前までの各事実に対する平均注視割合を図 3 (a) に，説明転換の直前 30 秒間の各事実に対する平均注視割合を図 3 (b) に示す。説明転換に至る 30 秒前までを対象に，1 要因 6 水準の分散分析を行った結果，主効果は確認されなかったものの ($F(5, 40) = 1.36, ns$)，ベースラインとの比較においては，キーファクトへの注視割合がベースラインに比して有意に低下していたことが確認された ($t(8) = -4.39, p < .01$)。

一方，説明転換の直前 30 秒間においては，1 要因 6 水準の分散分析を行った結果，主効果が認められ ($F(5, 45) = 7.48, p < .01$)，Holm 法による多重比較の結果，キーファクトへの注視割合が，その他の事実への注視割合よりも有意に高いことが示された ($MSe = 0.02, p < .05$)。また，ベースラインとの比較においては，導入前半に対する注視割合がベースライ

ンに比して有意に低く ($t(9) = -5.19, p < .01$), キーフアクトに対する注視割合がベースラインに比して有意に高いことが明らかとなった ($t(9) = 4.70, p < .01$).

4. 考察とまとめ

実験の結果から, (1) 転換群, 未転換群ともにキーフアクトへの注意が抑制されている事実が明らかとなった. キーフアクトに対する注意の抑制は, 寺井・三輪・松林 (2015) の結果と整合的であり, 先行説明と矛盾するキーフアクトの再解釈が後回しにされる事実が追認された.

また, (2) 転換群では, 説明転換の直前 (30 秒前) までは, キーフアクトに対する注意が抑制されていた一方で, 説明転換直前にキーフアクトに対する注意が高まっていたことが確認された. この結果は, キーフアクトへの注意の誘導が, 説明転換を促進する可能性を示唆している. 寺井・三輪・松林 (2015) では, キーフアクトを赤文字でハイライトした上で, “赤文字になっている箇所が手がかりとなっている” との指示を行った結果, 説明転換が促進されることが示された. しかしながら, 先行研究では, 注意を誘導した先のキーフアクトが, 実際に説明を行う上での手がかりになっていることが明示されていた. そのため, キーフアクトへの注意の誘導と, キーフアクトに対する意識的な再解釈の取り組みがどのように説明転換に関わっていたのかについては, 明確ではない. 例えば, Grant & Spivey (2003) は, 洞察課題の一つである X 線問題を用い, 視線の誘導が課題解決に及ぼす影響について検討を行っている. 実験では, 課題刺激である腫瘍と正常な身体部位および皮膚の内, 正当者の視線が皮膚に集中していたことから, 皮膚に視線を誘導する実験を行い (皮膚の厚さを微妙に変化させる), 正答率が上昇することを明らかにした. 今後は, 注意の誘導だけで説明転換が促進されるのか, または, 何らかの意識的な取り組みが必要になるのかについて, さらなる検討を行う予定である.

参考文献

- [1] Boring, E. G. (1930). A new ambiguous figure. *American Journal of Psychology*, 42, 444–445.
- [2] 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*, 35 (6), 623–654.
- [3] Clary, E. G. & Tesser, A. (1983). Reactions to unexpected events: The naive scientist and interpretive activity. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 9, 609–620.

- [4] Dunbar, K. (1995). How scientists really reason: Scientific reasoning in real-world laboratories. In R. J. Sternberg & J. Davidson (Eds.), *The nature of insight*, 365–396. MIT Press.
- [5] Gardner, M. (1978). *Aha! insight*. New York: W. H. Freeman & Co.
- [6] Grant, E. R. & Spivey, M. J. (2003). Eye movements and problem solving: Guiding attention guides thought. *Psychological Science*, 14 (5), 462–464.
- [7] Hanson, N. R. (1958). *Patterns of discovery*. Cambridge University Press.
- [8] Jastrow, J. (1900). *Fact and fable in psychology*. Boston: Houghton, Mifflin.
- [9] Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. The university of Chicago Press.
- [10] Mason, S. F. (1953). *A history of the science – Main currents of scientific thought*. London: Lawrence & Wishart Ltd.
- [11] 三輪 和久・寺井 仁 (2003). 洞察問題解決の性質—認知心理学から見たチャンス発見—. 『人工知能学会誌』, 18 (3), 275–282.
- [12] 村上陽一郎 (1980). 『動的世界像としての科学』. 新曜社.
- [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』, 22 (2), 223–234.
- [14] Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24 (4), 535–585.
- [15] Watts, D. M. & Zylberstan, A. (1981). A survey of some children's ideas about force. *Physics Education*, 16 (6), 360–365.