

研究開発を対象とした思考過程の分析

○伊地知 寛博, 平澤 洽 東京大学

1. 研究の背景

研究開発マネジメントの観点から、それを取り巻く環境・制度、研究開発者の教育・処遇・評価、リーダーシップ、情報収集体制、意思決定機構などがこれまでに多く論じられている。しかし、研究開発の真の主役である人間＝研究開発者が何をどのように考え行ったのかという、思考あるいは行動という点から論じたものはあまり見られない。

思考については、その研究が認知科学等の分野で進展してきており、これは人間の思考を一種の（系列的あるいは並列的な）情報処理過程と見るものである。本研究では、研究開発を人間の知的活動の具体的な一つの表れと見る。そして、思考過程を、意図、行動などを含めたより広い分析対象としてとらえ、情報処理的アプローチを分析の視点に据える。

2. 研究の方法

2.1. データの収集方法

研究開発過程そのものを追跡する必要があるため、全体的、総括的な判断・評価ではなく、詳細な事実を収集しなければならない。また、研究開発のアウトプットではなく、おもに研究開発現場での活動そのものを見なければならない。したがって、質問表による回答という方法ではなく、研究開発を行った人に対してインタビューするという形式をとり、研究開発のアウトプットである論文等があれば、これによってインタビューを補うこととした。このような情報は、本来、研究開発の現場においてリアルタイムに収集することが望ましいが、きわめて長時間にわたること、対象が民間企業である場合には内容の秘匿をとまなうこと等の点で問題がある。そこで、研究開発の過程を中心的な研究開発者本人によって回顧してもらう形で行った(*retrospective protocol*)。

インタビュー項目： インタビューは、研究開発が成功あるいは失敗したことに対して、事例の全体的背景、および各事例の中で、ブレイクスルー、画期的なこと、重大な問題点などを中心に尋ねた。そして、それぞれについて、研究開発の目的・意図・目標、問題認識や理解の明確さ、思考および情報関連行動について話してもらうこととした。

問題点： インタビュー形式ということで次のようないくつかの問題点がある。

- 1) インタビュー以前に、対象とする技術に関して一応の把握をして臨むが、鍵となる部分の選択が、インタビュイー（ここでは研究開発者）によっている。
- 2) インタビュアが、聴き取りミスを起こす可能性がある。
- 3) インタビュイーが、記憶違いなどをしているという可能性がある。

改善策： これらの問題点は、おもにインタビューする側、される側の双方においてバイアスが存在することである。これを除去するために、

- 1) 聴き取りをより正確に行う。
- 2) インタビュー記録をインタビュイーにフィードバックする。
- 3) 同じ事例に対して同じグループの他の研究開発者や、その過程について知る他の人たちに確認のインタビューを行う。

などが考えられる。

限界点： 回顧的データであることと、インタビュー形式によることで、データとしての密度は低くなる。しかし、比較的マクロな思考過程を扱う上では、十分有効であるとする事ができる。

2.2. 分析方法

分析は次のように行う。

- 1) インタビュー結果は、文書化して、文ごとに区切る。
- 2) 文を時系列に合わせて整理する。
- 3) 各内容について、次のどれに相当するかを分類する。
 - a. 思考形態 - 推論, 行動 など
 - b. 思考対象 - 実体, 表象・スキーマ など
 - c. 情報の種類 - 知識, 仮説, 一般的事実 など
 - d. その他 - 現在の知識状態, 理解状態・問題認識 など
- 4) 思考過程の特徴を抽出する。

本方法の現状： 現在、限界点を打破していくことも含め、ここで述べた方法論それ自体の見直しを行っている段階である。これまでに、改善策の1)については録音を行うという形で実施し、データの密度を上げている。単純比較であるが単位時間当りの文の数は約3倍に増加した。今後、2), 3)について検討を行う。したがって、本方法の適用による以下の分析は、上述の点や収集している事例数などの点で、今後改善の余地があることを認識した上で試みに行われたものである。

3. 分析対象

これまでインタビューを行ったのは、材料、部品、装置、システムおよび医薬品を扱うメーカー8社11例である。具体的には、製品・部品の開発、およびそれに関わるプロセス技術・スクリーニング技術の研究開発、開発に関わる基礎的・理論的研究を対象とした。

4. 分析と考察

4.1. 分析事例

まず、図1に、分析した事例の中から、部品材料の開発に関する研究過程(a)、およびある材料の部品への適用を行う開発過程(b)の例を示す(図1の中で思考の素過程については図3を参照のこと)。

(a)では、対象について最適な組成が未知であるという点から始まり、まず

実際に意図的に変化させて対象を試作し、新しい知識を得たり、既存知識を適用したりした後、作図によって最適と考える組成に絞り込み、そこでまた対象（サンプル）を試作し、その結果について知識とあわせて理由を考え、再度それをもとに対象（サンプル、その後実物）を試作する。一方、（b）では、所期の機能を得ることが当然であると予期してすぐ対象を試作するが、未知の問題が生じる。そこで、その理由を考え、まず対象を観察し、次にこの問題が生じた理由を原理的に考え、この問題が解決できないことを判断する。そこで、対象の別の利用法を考え、実際に対象を試作し、結果が良好と見ると、またその理由を考える。

このように図に示されるように、対象に対する理解の状態とその後の思考過程に関連性が見られると同時に、ある事柄についての理由を求めるという動きも見られる。いずれにおいても、まったく理解できなければ直接対象から情報を引き出そうとし、一方、ある程度理解できていれば理解できる範囲内までは推論で推し進める。また、対象から情報を引き出してこれが蓄積され、理解できるようになってくると、新しい知識を獲得するのに、実験などを行って実体から情報を引き出そうとする行動から表象・スキーマをもとに思考することによって情報を得ようとする推論に移る。

4.2. 分析の整理

他の事例についても整理すると上述したものと類似のことが見られ、これをまとめると、図2のように図式的に整理できる。すなわち、記憶を探索し既存の知識を引き出そうとするか、推論して情報を得ようとするか、行動して情報を得ようとする。

推論では、因果関係で述べられる部分が多い。そして、表象・スキーマから何も新たな情報が得られない状態は「わからない」と表現され、行動に移る（すなわち、実体から情報を引き出す）。このことにより、新たな情報が得られると同時に、認識主体の内界に、対象に対する表象あるいはスキーマが形成される。また、行動した結果、新たな情報が理解できなかったり、新たな問題を生じたりする。

4.3. 研究開発における思考過程

思考に関するこれまでの心理学的、認知科学的研究、および上述の分析から、研究開発においては、次のような思考過程をたどっているといえる。

まず、対象である技術には、発現すべき対象の機能がある。そして、この機能を発現させるべくとる仕組み・操作など手段がなければならない。この“手段→機能”の背景となるのは、“原因→結果”すなわち因果関係の存在である。そして、思考とそれに関係する情報とは、図式的に図2のように表すことができる。

この枠組みを用い、思考過程をまとめると、次のようになる。

1. [因果関係の認識] まず、扱っている対象（技術）において、因果関係の明確さを判断する。
 - a. ある程度以上明確、あるいは因果関係の存在を仮定できる場合
→（2. に続く）
 - b. 全く不明確な場合

→ 因果関係を見いだすために、そのきっかけとなる“差異”を探す。

(このような問題の扱いは、KepnerとTregoeなどによる研究がある。)

2. [意図と問題意識] 次に、扱っている対象に対して、意図に照らし合わせ、どのような知見を得ようとするのかを考える。

a. 因果関係において結果から原因を探る場合(後向きと呼ぶ)

→ 原理追求: 対象の事柄・機能などを発現する原理を探る。すなわち、それを理論的に説明することを問う。あるいは、

手段追求: 対象の事柄・機能などを実現する方法を探る。すなわち、実現することを目的とし、その理論的説明までは問わない。

b. 因果関係において原因となるものを与えて結果を探る場合(前向きと呼ぶ)

→ 結果確定: 対象が、実際にどういう結果になるかを問う。

このように、因果関係の認識と操作性の発見・探索および利用が鍵となっている。さらに、この過程には階層性が存在している。

原理追求、手段追求、および結果確定については、それぞれ、図3に示すようなさらに細かいステージを想定することができる。

5. 研究開発マネジメントの観点から

これらの分析を通しさらにインタビューの内容とあわせて、次のことがいえる。

研究開発において、「開発ステージ」にある技術を対象とする場合にも、“原理追求”を多用するケースがある。これは、目前の現象の理解や、ニーズを実現する機能をもった材料・システム等を作るための適当な方法の発見などにおいて見られる。原理追求においては手段追求に較べ因果関係の原因側を深く探索し、“新知識”を得ることができる。これにより、既存技術をより広範・深淵なものとしたり、その機能を実現する原理についての理解を深めたりすることが可能となる。このように、技術を対象とする研究開発過程をマイクロレベルで見れば、従来の、開発では因果関係を原理までは明確にせずに所期の機能を実現する手段を探索するという議論や、開発は既存知識の組み合わせによって行うというリニア・モデルがあてはまらないといえる。

6. 今後の課題

方法の改善をはかっていくほか、分析については事例数をもっと増やしていく必要がある。また、研究開発マネジメントの立場からは、対象やステージによる思考過程の違い、それぞれの思考過程と研究開発マネジメント(環境も含む)の関係性を明らかにしていくことが課題である。

参考文献:

Kepner, C. H. and Tregoe, B. B. 1965 The rational manager: a systematic approach to problem solving and decision making. McGraw-Hill. 上野一郎(訳) 1966 管理者の判断力. 産業能率短期大学出版部

知識 状態	理解 状態	意図	思考形態		情報の種類			思考の系過程								
			推論	行動	表象 24-7	実体	新 知識	仮説	一般的既存 事実 知識	0	1	2	3	4	5	6
[*理解状態・問題認識]																
121	121				203			203								*
					122+			122+								
					204			204								*
					210					210						
				211	必要條件			211		211						
				212				212								
				213				213								
213	213			目標				213								*
				214 (214)				214		作図						*
				215 (215)				215		作図						*
				217+				(217)								(*)
				206	サンプル試作											
				(206)												
				207+				207+								
				208	測定			208								
				123	評価「良かった」			218		確かに...						*
				124「どういふことか？」												(*)
				125				125								*
				125「わかる」												*
				126「狙う」												(*)
				126	サンプル試作											
				127+												
				220	実物試作											*

図1 分析の一例 (a)

知識 状態	理解 状態	意図	思考形態		情報の種類			思考の系過程								
			推論	行動	表象 24-7	実体	新 知識	仮説	一般的既存 事実 知識	0	1	2	3	4	5	6
[*理解状態・問題認識]																
				050	目標											*
				004	目的											
				006												
				007				(007)								
				008				(008)								
				011	限定											(09)
				012	限定											(010)
				052	試作											*
				013	「なんと...」											(*)
				015	「なぜか」											*
				016	「致命的」											*
				(017)	(017)			物性的に観べる								
				017												
				019												
				019												
				023												
				024												
				025												
				026												
				027												
				028				028		028						
				030				030		030						
				031+				031+		031+						
				032				032		032						
				033				033		033						
				034				034		034						
				035				035		035						
				036				036		036						
				038+				038+		038+						
				039				039		039						
				040				040		040+						
				041				041		041						
				042				042		042						
				043				043		043						
				044				044		044						
				045				045		045						*
				053				053		053						
				054				054		054						
				055				055		055						
				056				056		056						
				057				057		057						
				058+				058+		058+						
				059				059		059						
				063				063		063						
				064				064		064						
				065				065		065						*
				051+												*
				066「失敗」												*/
				119	別の利用法											*
				067												*
				068												*
				069	測定			069		069						*
				086	「というは...」											
				086												
				087												
				088				088		088)
				089+												*
				104「わかった」												*

図1 分析の一例 (b)

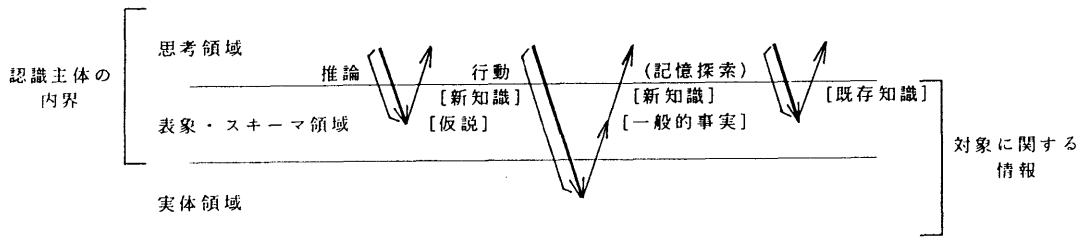


図2 思考形態，思考対象と情報の種類

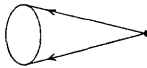
原理追求
手段追求

結果確定

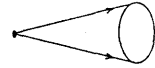
0 問題認識

0 問題認識

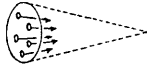
1 可能仮説領域設定



1 可能結果領域設定



2 仮説形成



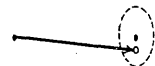
4 結果推定



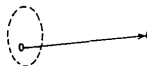
3 仮説選択



5 結果確認



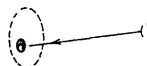
4 仮説推定



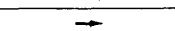
5 仮説確認



6 仮説補正



7 問題解決



7 問題解決

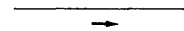


図3 “後向き”思考，“前向き”思考