

Title	研究開発における思考過程の分析 その3 : 分析のための枠組み,および,研究開発領域・目標に関する分析
Author(s)	伊地知, 寛博; 平澤, 冷
Citation	年次学術大会講演要旨集, 7: 15-21
Issue Date	1992-10-22
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/5338">http://hdl.handle.net/10119/5338</a>
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般論文

○伊地知 寛博，平澤 冷（東京大学）

### 1. 緒言

いわゆる，“研究”と“開発”では，どのような思考の形態や過程があり，それらにどのような違いが見られるのか，あるいは，研究開発を行っている分野や領域では，どのような思考の形態や過程があり，それらにどのような違いが見られるのか，ということを明らかにしようとする点に，本研究の視点はある。

これまでに，「開発ステージ」にある技術開発の場合にも，“原理追求”を多用するケースがあることが見いだされている [1]。これは，原因の分析という活動が，いわゆる“開発”の主要な部分を占めていることを表している。また，このような活動を示すものとして“開発研究”という概念も提案されている [2]。

すなわち，このことは，ミッションとして与えられていることと，そのミッションの中で，具体的に研究開発者が行う思考過程との関係は，通常，考えられているよりも複雑で，いわゆる“研究”というミッションにおいても“開発”活動が重要であったり，“開発”というミッションにおいても“研究”活動が重要であったりすることが考えられる。

そこで，本研究では，約20人を対象としたある程度多数の事例の詳細な記述を通じた思考過程の分析の論理化，すなわち，方法論の確立を試み，この論理化された枠組み，すなわち，確立された方法論による事例の分析を行った。

### 2. 方法論

本研究では，優れたパフォーマンスを示す研究開発者を対象としたインタビューを行い，そのインタビューの記録についての内容分析 (content analysis) を行った [3]。

#### 2.1 インタビュー

##### (1) インタビュー対象者

優れたパフォーマンスを示す人ほど，それぞれの研究開発活動に，より適した思考・行動を行っていると考えられる。本研究の目的には，典型的と思われる思考過程を分析することが適切であることから，これまでに優れた業績を挙げていると評価されている研究開発者を抽出する。

研究開発の専門家であるインタビューーの選択に際しては，専門家の評価は同僚による評価をもって行うという consensual assessment technique が有効であるとして用いられている [4], [5]。

##### (2) インタビュー内容

インタビューでは，思考過程が長時間のものであるので回顧的にならざるをえないが，実際にどのような過程で行われたかをできるだけ詳細に把握するために，特定の問題について，その過程をインタビューする。ここで critical incident technique を用いるが，それは，インタビューーの信念ではなく，思考過程の実際を把握するためである。

## 2.2 インタビュー記録

## 2.3 時間順序への文の再配列

これら、インタビュー記録、時間順序への文の再配列については、[6]に示すとおりである。

## 2.4 コード化：思考過程の分析のための枠組み

それぞれの文が、どのような陳述 statement であるかをコード化 coding する。

そして、本研究では、以下に述べるような分析のための枠組みを考えることとする。

### (1) 陳述に表れる問題の階層区分

研究開発では、研究開発者は、あるミッションの下で、ある研究開発テーマについて解決することを行っており、それぞれのテーマは、さらに細かい課題に細分化されている。したがって、研究開発者は、そのさまざまな種類の一連の問題を扱って、研究開発テーマを解決している。

このように、思考の契機となるテーマ・問題自体がある種の階層構造をもっているので、個々の問題だけでなく、それぞれの研究開発のテーマやそれぞれの研究開発者がもつミッションをも、分析すべき対象に含め構造化して処理すべきであると考ええる。

そこで、本研究では、ミッション、テーマ、課題という3つの階層に区別する（図1）。

### (2) 陳述内容の分類

ミッションやテーマ自体について述べられた陳述を除いて、個々の陳述が表す内容を区別する。

より具体的に言えば、まず、それぞれの陳述が、問題自体について述べられたものか、問題解決過程について述べられたものか、推論や操作など思考の要素過程について述べられたものか、問題を取り巻く知識・情報や他者などの状況について述べられたものか、問題解決のための戦略について述べられたものか、を分類し、さらに、それぞれの過程の種類について分類する（図1）。

### (3) 陳述に表れる思考の形式の分類

上述のとおり、本研究では、“研究”や“開発”における思考の形態や過程の違いや、分野や領域における思考の形態や過程の違いを明らかにすることを目的としている。そこで、課題や思考の要素過程に表れるさまざまな種類の思考を、この目的に沿ってできるだけ統合的に分類するものとして次のような思考の形式によるコード化を考える。

図1 コードの構造と内容

陳述のレベル		課題
ミッション	テーマ	
		問題解決過程
		問題発見
		問題設定
		? (finding something new) <i>how</i> <i>why</i> <i>whether</i>
		仮説形成
		演繹 帰納 探索 対比
		仮説検証
		問題解決
		思考の要素過程
		推論 計算 実験 観察
		状況
		知識・情報 他者

すなわち、ミッション／テーマ／課題に関して、思考の目標が、実現することにあるのか、表現することにあるのか、また、個々の思考の要素過程に関して、思考の焦点が対象にあるのか、（対象間の）関係にあるのか、また、思考の対象が、実体であるのか、表象であるのか、といった分類を行う。

思考の目標： 実現 realizing / 表現 representing

思考の焦点： 対象 object / 関係 relation (between objects)

思考の対象： 実体 material / 表象 representation

#### (4) 思考過程の階層構造

思考過程についても、問題と同様、階層構造を考える。

すなわち、

- (個々の) 思考の要素過程
- (一連の思考の要素過程から成る、ある機能を示す際の過程として、たとえば、仮説形成などの過程に対応する) 思考のユニット過程
- (一連の思考のユニット過程から成る、課題を解決する際の過程として、問題解決過程に対応する) 思考のステージ

である。

### 3. 分析結果

まず、分析の対象 [6] は、インタビューーとしては、18名であり、また、一まとまりの研究開発テーマとして区分したケースとしては、48ケースである。対象の構造化の程度と思考の目標ごとでは、表1のように分布している。

#### 3.1 個別ケースの分析例

コード化したものを図に示す。

ここで分析例として取り上げたのは、具体的には、新しい洗浄原理を用いた新しい形式の洗剤の開発過程である。図2は、このケースについて、その思考過程を表現したものである。

まず、問題の構造化は、i) ある問題が解決されたあるいは仮説形成されたときに、まだ解決されないより上位の問題の解決過程に移行した、ii) ある問題が解決されたあるいは仮説形成されたときに、それにあわせてより上位の問題は解決されず、次の問題解決過程に移行した、あるいは、ある設定された問題が別の問題に設定し直された、iii) ある問題を解決するために、より下位の問題が設定された、という区別を用いて行う。なお、問題がより下位の複数の問題に分解された場合には、同一レベルに並行して表現する。

表1 インタビューー、ミッション、および、テーマの分布

分野	インタビューー数	ミッション		テーマ目標		計
		実現	表現	実現	表現	
物理学	5	1	4	11	5	16
化学	7	2	5	11	9	20
生物学	6	0	6	7	5	12
計	18	3	15	29	19	48

次に、問題解決過程について表現する。すなわち、問題発見／問題設定／仮説形成／仮説確証／問題解決のそれぞれの過程、および、設定された問題の種類を表現する。また、問題の種類および個々の思考の要素過程について、思考の目標および思考の対象が、それぞれ、表現／実現か、表象／実体かを表す。さらに、状況（知識・情報／他者）が仮説形成に関わった場合には、それも表現する。

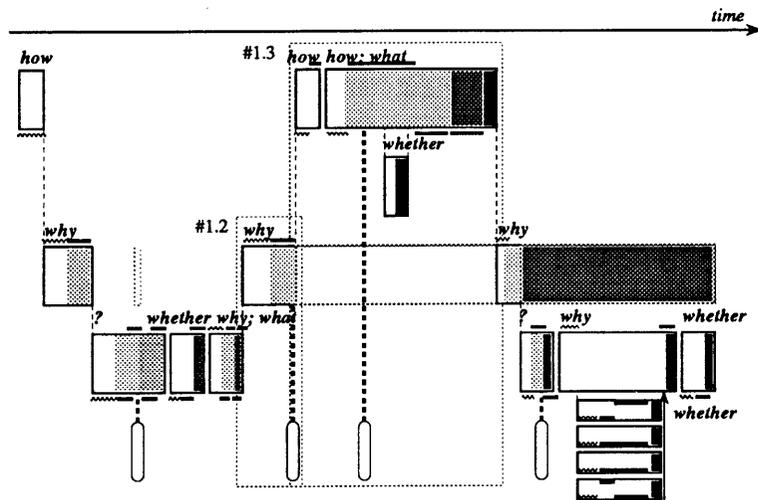
さて、図2に示すケースについて見てみると、問題間の関係として次のようなことが読み取れる。  
 ①“実現”することをミッションとし、*how*という問題を設定しながら、*why*という問題に設定し直された。すなわち、ある目的となる現象が生起するための手段を求めるのに、まず、その現象が生起する原因-結果を追求する形に問題を置き換えられた。  
 ②*why*という問題で、問題解決ではなく、十分確からしいと考えられた仮説形成が行われると、もとの目標とする*how*という問題に移行した。  
 ③*how*という問題が、すぐ、*how; what*という具体的な対象を探索する問題に置き換えられた。  
 ④もっとも下位のレベルでは、まず、?という対象についての認識を深める問題を解決した上で、そのレベルでは、最終的に、*whether*という仮説検証を主要な活動とする問題が解決された。その他のケースでは、たとえば、次のようなことが読み取れる。  
 ⑤（偶然的に）実現した現象について、その現象の生起に再現性をもたせるために、原因を推論した（実現→*why*）。  
 ⑥原因を推論し、それを変動させることにより実現を図った（*how*→*why*）。  
 ⑦典型的と考えられる問題解決過程であるが、発見された現象について、その現象が生起する原因を追求する問題を設定した（現象発見→*why*）。

さらに、図3と図4は、個々の課題のレベルで、どのような思考が行われたかを示す。個々の思考の要素過程は○で表し、個々の思考の要素過程のうち、推論／計算という表象を対象とした場合は細線、実験／観察という実体を対象とした場合は太線、さらに、推論の場合には、そこでの思考が演繹であれば実線、非演繹的思考であれば破線で表している。

図3に示すように、この*why*という問題では、文献によって演繹的に推論が進められたのち、それが知識との対比（類推）が行われることによって、仮説形成が行われている。すなわち、対比（類推）が、仮説形成でキーとなる思考であったことを示している。

また、図4に示されているのは、この*how*という問題では、すぐ、具体的な対象を求める*how; what*という問題に設定し直されている、そして、制約条件やテーマ目標を適用したり、経験・知識を適用し

図2 問題解決過程：ケース #1



たり、具体的に *whether* という仮説検証を伴いながら、基本的には、表象を対象として、後方連鎖、および、評価・選択という、いわゆる、発散的および収束的思考を行い、さらに、実体を対象として、探索、および、スクリーニング、評価・選択という、おなじく、発散的、ついで収束的思考が行われ、問題が解決されていることを示している。

このように、ここで示した枠組みにしたがってコード化を行い、それを、図で表現することにより、思考過程の特徴をより容易に把握・認識することができるようになる。

### 3.2 ケースの集積による分析例：分野・テーマ目標と仮説形成・問題解決の種類

次に、個々の分析をまとめ、これらが全体として集積された際に得られるものについて見てみる。

ここで、分析の対象とした48ケースについて、仮説形成／問題解決の形態と、研究開発の分野・領域、および、思考の目標との関連を見ると表2に示すようになっていいる。なお、ここでは、分野として、大きく、物理学、化学、生物学の3つに分類した。

図3 問題解決過程：ケース #1.2

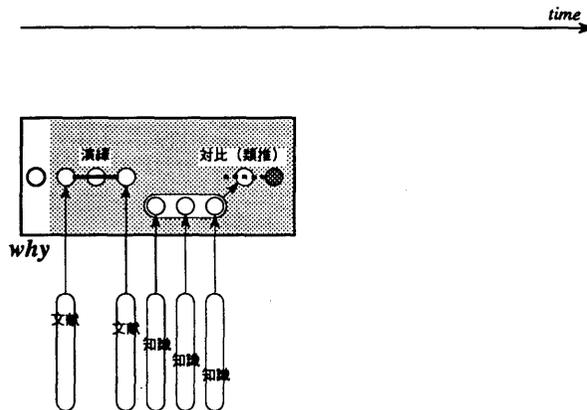
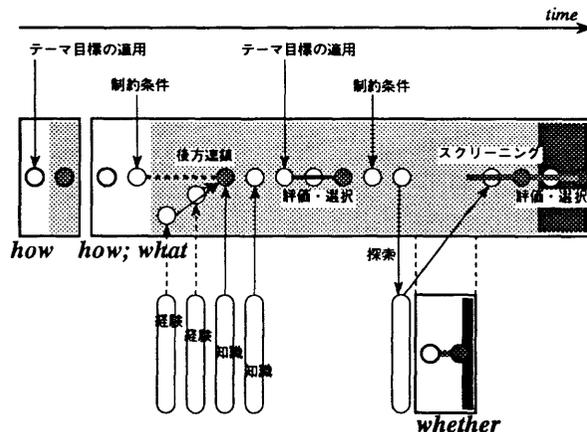


図4 問題解決過程：ケース #1.3



これらについて、仮説形成／問題解決の形態の分布を図示したものが図5である。

まず、仮説形成を伴わない、あるいは、仮説形成が自明の場合について見る。実現することが目標であれば、物理学の場合には、“試行錯誤”が見られる。このことは、対象をよく構造化できるものとして扱われ、何らかの手段-目的関係があり、その関係を見いだすことが比較的容易であることが想定されて、そのため、目的を実現する手段となる可能性のあるところをさまざまに変動させ、実証を繰り返すことによって実現させようとしている、と考えられる。一方、化学や生物学の場合には、“異なる目標への変更”が見られる。これは、対象をあまり構造化できないようなものとして扱われ、ある目標を設定してもそれを実現することが比較的容易でないことから、すでに実現していることについて、その現象の中に見られるある事柄を実現することがより重要な目標となるような新たな目標を想起する、というように、すでに実現していることをベースにした問題設定・問題解決のしかたが取られる、と考えられる。

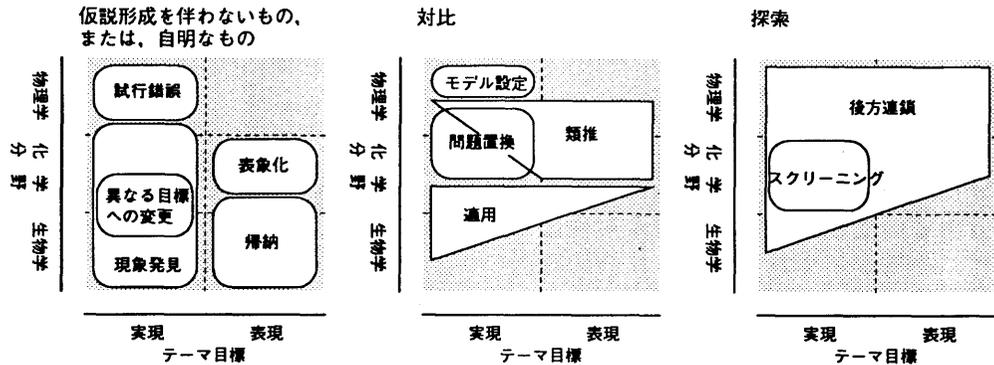
また、表現することが目標であれば、生物学や化学では、“掃納”が見られる。このことは、求める関係については、あまり構造化されていないことから、“探索”や“対比”といった方法では仮説形成を行うことができず、あらかじめ、容易に想定できる関係を設定して、その関係が成立することを、さまざまな事例によって示していくという方法がとられている、と考えられる。

“対比”については、物理学や化学では、“モデル操作”や“問題置換”のように、モデルや表象（理論等）に置き換えて仮説を形成したり、“類推”のように、他の対比し得る関係との共通点を適用して、仮説を形成している。これらは、よく構造化できるものとして扱われているために、仮説形成の際には、“モデル操作”・“問題置換”・“類推”に続けて、演繹的推論や実証をもって、問題を解決することができるためである、と考えられる。一方、生物学や化学で実現を目標とする場合には、その

表2 仮説形成・問題解決の種類と分野・テーマ目標との関係

	テーマ目標					
	物理学	化学	生物学	物理学	化学	生物学
テーマ間 異なる目標への変更		2	1			
テーマ内 (対象)						
現象発見	1					3
表象化					3	
(関係)						
演繹						
掃納					1	2
探索						
(後方連鎖)						
(スクリーニング)	3		5	4	2	
試行錯誤	2					
対比						
(適用)		2	1		1	
(類推)	1			1	2	
(モデル設定)	1					
(問題置換)	3	4				
計	11	11	7	5	9	5

図5 仮説形成・問題解決の種類と分野・テーマ目標との関係



対象自体で演繹的推論を行ったり、実証したりすることが困難であることから、すでに（既知／既存）であるものをそのまま“適用”することが行われている、と考えられる。さらに、生物学で表現することを目標とする場合には、おなじ理由によって、“対比”による仮説形成は見られていない、と考えられる。

“探索”については、“後方連鎖”は、ほぼ全般に分布しており、生物学で実現を目標とする場合も、具体的には、実験系の作製であることを考慮すれば、ある程度、対象を構造化できるものとして扱われるような場合に、仮説形成の方法として“後方連鎖”が用いられる、と考えられる。また、“スクリーニング”は、化学で実現を目標とする場合に見られる。これは、論理的／構造的に絞り込んだとしても、あまり構造化されていないことから、未知の部分があり、実際に想定したとおりになるかどうか、実際に確認する必要があるからである、と考えられる。

#### 4. 結言

研究開発における思考過程を分析するための枠組みについて示し、これを用いることによって、問題内にける思考過程や問題間の相互の関係をより容易に把握できることを示した。また、この分析の枠組みを用いることにより、研究／開発、あるいは、研究開発領域・分野において用いられる思考の特徴を明らかにする可能性のあることを示した。

#### 参考文献

- [1] 伊地知寛博, 平澤 冷 第4回研究・技術計画学会年次学術大会講演要旨集. (1989)
- [2] 平澤 冷 第7回研究・技術計画学会シンポジウム講演要旨集. (1992)
- [3] H. A. Simon and C. A. Kaplan Foundations of cognitive science. In M. I. Posner (ed.) *Foundations of cognitive science*. Cambridge, MA: MIT Press. (1989)
- [4] A. Roe A psychologist examines sixty-four eminent scientists. *Scientific American*, 187, (5), 21-25. (1952)
- [5] T. M. Amabile *The social psychology of creativity*. New York: Springer-Verlag. (1983)
- [6] 伊地知寛博, 平澤 冷 第6回研究・技術計画学会年次学術大会講演要旨集. (1991)