

# 教育データ分析のアナリシスパターンの検討

武田俊之<sup>†1</sup>

**概要**：アナリシスパターンとは、ソフトウェア開発におけるモデリング過程において繰り返し現れる概念モデルである (Fowler, 1996)。この研究報告では教育データ分析の比較、再利用を目的として、分析で用いられる概念とデータを抽象化したアナリシスパターンの例を報告する。

**キーワード**：アナリシスパターン, 教育データ分析, システムモデリング

## Analysis Patterns on Educational Data Analysis

TOSHIYUKI TAKEDA

### 1. はじめに

教育の諸活動においてデータの役割は重要である。教育は、テストの結果や、表現（作文、論述、口頭試問等）の評価などのデータにもとづいて記述される。教育実践、教育研究、教育情報システム、教育管理などの重なりあうドメイン（問題領域）間において、データは横断的である一方で、データに関するモデルや概念のずれが存在している。そのために、データ生成/測定方法や解釈の一貫性を欠く場合がある。

教育情報システムは教育実践に不可欠となっているが、そのシステム設計が教育実践や教育研究にもとづいているとは限らない。別のドメインのシステムを流用していることもある。システムに合わせた教育実践や、教育研究で測定する概念が、システムの制約を受けることもある。

複雑な例としては、eポートフォリオやルーブリックによる自己評価、相互評価が挙げられる。これらは、教育研究によって開発された概念にもとづいて、学習者自身が評価、記述をおこなうものである。ツールは専門的概念にもとづいているが、使用者は常識的概念によって測定するとき、このツールを用いた評価は教育実践においてどのような意味を持つデータであろうか。

このような課題に加えて、教育に関する大量のデータにもとづいて、さまざまなドメインのステークホルダーがそれぞれの改善とデータ収集方法の洗練、知識、概念の交流を図るために、対話を促進することは必要であろう。

本稿では教育におけるデータの観測について、アナリシスパターン (Fowler, 1997) にもとづいてモデル化、考察する。アナリシスパターンはパターンランゲージの一種で、医療および会計の情報システム設計のデータ（記録）にかかわる概念とプロセスを抽象化したものである。パターンランゲージは、問題領域において繰り返し見られる問題と解決のパターンを抽象化した記述である。パターンは、ドメイ

ンのステークホルダーの思考、対話の中で関連づけられて用いられる。

本稿では 1) 教育実践、2) 教育情報システム、3) 教育研究の3つのサブドメインについて考える。これらのサブドメインではそれぞれのやり方で対象のモデリングをおこなうデータを観測する。教育実践において導入される情報システムの設計においては、主に情報システムの立場からの教育実践のモデル化をおこなうが、教育以外において設計、実装された情報システムを導入することも見られる。教育研究は教育実践についての学術研究である。科学・工学におけるモデリングは、関心対象の特徴を数理、ことば、計算、絵などによる理想化、抽象化した記述であり、対象との類似度によって評価される (Weisberg, 2012)。教育実践は教育研究の知識概念を用いるが、実践的知識や常識的知識による経験的なモデリングをおこなっている。これらの共通性と差異を検討するためにパターンはつくられる。

### 2. アナリシスパターンとは

アナリシスパターン (Fowler, 1997) は、ソフトウェア開発などのビジネスモデリングにおいて見出された概念の構造のパターンである。アナリシスパターンはモデリングにおいてドメインの実務家と専門家（ドメインエキスパート）が対話で用いられることを志向している。また、単なる概念上のモデルをあつかうだけではなく、ソフトウェアの実装についても考慮している。

Fowler (1997) は、ヘルスケアおよび財務会計分野における実世界の取引、測定、会計、組織について、データベースに記録するための抽象的な概念モデルのパターンをあつかっている。両ドメインの概念の共通化と差の表現も意識されているため、教育分野にも適用することが可能である。

### 3. 基本パターン

以下では Fowler (1997) の観測のパターンを教育へ適用を試みる。観測のパターンはデータの収集プロセスであり、

<sup>†1</sup> 関西学院大学 Kwansai Gakuin University

データを重視する教育ドメインにおいて重要な活動と考えられる。Fowler のアナリシスパターンの記法 (Appendix) はオブジェクト指向設計に似ているが対話に使うパターンランゲージの性格上、厳密さは追求されていない。

### 3.1 行動と活動

教育のサブドメインでは、さまざま行動 (Action) が遂行されている。行動の集合を活動 (Activity) と呼ぶ (図 1)。行動と活動は記録や分析のスコープや観点の違いであり、行動のサブタイプとして活動を扱う。行動は実行者が、あるコンテキスト (場所など)、あるタイムポイント (Timepoint) において、リソース (Resource) を用いて遂行される。実行者は個人、グループ、組織、エージェントなどの可能性があり、アナリシスパターンではこれらを抽象化してパーティと呼ぶ。

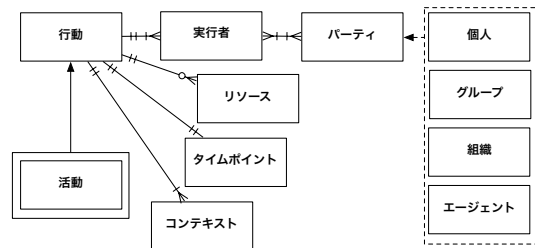


図 1 行動

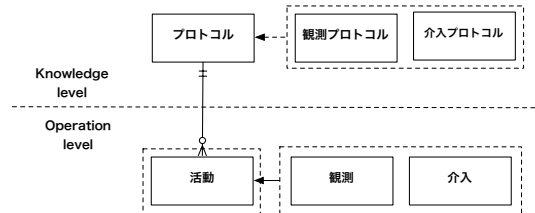


図 2 活動とプロトコル

例: Alice は 2019 年 2 月 25 日の 10 時に試験を受けた。

例: Alice は 2019 年 2 月 25 日の 10 時に LMS 上で受けた試験の第 1 問で 1 を選択した。

教育には観測 (Observation)、介入 (Intervention)、教授 (Instruction)、学習 (Learning) などの活動がある。

### 3.2 活動とプロトコル

プロトコル (Protocol) は活動の手順や計画などを定型化したものである。プロトコルは、必要なリソースの種類 (Resource Type)、要求されるスキル (Skill)、行動の手順やタイミングなどを含む、手続きを実行するために必要な知識である。多くの場合、プロトコルは教育に関する知識から構築される。教員のような専門職は、プロトコルを学び、それぞれのコンテキストにおいて、教育実践の手続きを進める。

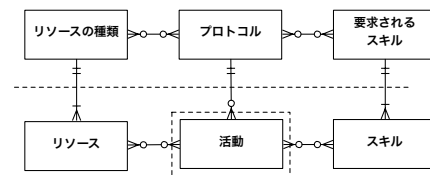


図 3 活動とプロトコルの詳細

プロトコルのように変更が少ない概念を知識レベル (Knowledge level)、活動のように具体的でコンテキストによって変わるものを操作レベル (Operation level) として区別することは、後の分析において役に立つと思われる。

### 3.3 責任関係

責任関係は、パーティが他のパーティに対して責任を迫っていることを表す。責任関係によって、組織構造や委任関係を記述することができる。

例: X 小学校は 6 学年あり 1 年には 3 組ある。各クラスには担任がいる。担任は学年主任に毎日欠席者数を報告する。

例: Alice は X 小学校 1 年 1 組の担任教師である。

責任関係および委任/責任者のパーティの属性は、教育データの分析に用いられることが多い。

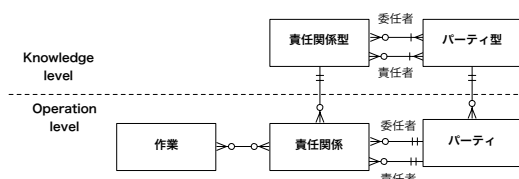


図 4 責任関係

## 4. 観測

### 4.1 観測と概念

観測 (Observation) は、関心対象 (Object of Interest) についての記述である。そのうち、数値と単位からなる量 (Quantity) による記述を測定 (Measurement)、量的ではない (質的な) 記述を質的観測 (Quality Observation) と呼ぶ。

観測は関心対象に関する知識概念 (Knowledge Concept) にもとづいておこなわれる。測定に関する知識概念を現象型 (Phenomenon Type)、質的観測および潜在的な観測 (心理学の構成概念など) に関する概念を観測概念 (Observation Concept) と呼ぶ。観測概念 (Observation Concept) は実際の観測がなくても存在しうる。現象型と結びついた観測概念を現象 (Phenomenon) と呼ぶ。

例: 測定: Alice は 1 学期の英語のテストで 90 点を取った。

例: 質的観測: Alice は 1 学期の英語の評価は S であった。

例の場合、関心対象は Alice の英語の能力であり、英語のテストという現象型によって測定（テスト）をおこなった結果、90 点という量が得られた。同じ関心対象ではあるが、テストなどを元にした英語の成績という観測概念では、S というカテゴリーが観測された。

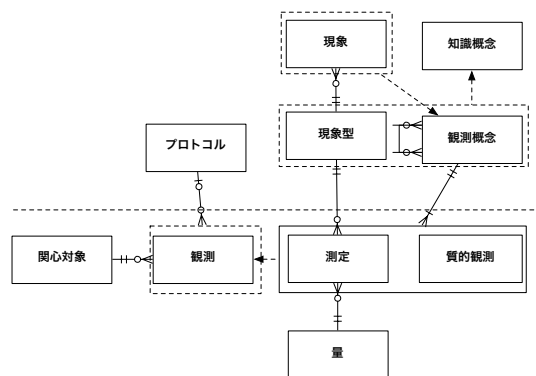


図5 観測と概念

測定および質的観測は計算を通じて相互に関連づけることができる。

- 例: 学期末試験の 5 教科の点数の合計点 (測定→測定)
- 例: 英語の点数の合否判定 (測定→質的観測)
- 例: 国語のレポートの 5 段階評価 (質的観測→質的観測)
- 例: 国語のレポートの文字数 (質的観測→測定)

観測は診断にも根拠にも用いられる。たとえば、入学試験の成績が、合否という質的なカテゴリーの根拠となる。

#### 4.2 観測の活動とプロトコル

観測は、教育における関心対象への活動 (Activity) である。観測プロトコルは、観測をおこなう手順や必要なリソースの定義である。

先に述べたように、教育における活動には、観測、介入などがある。繰り返しおこなわれる活動はプロトコルにもとづいておこなわれることが多い。プロトコルは、典型的な手順や、使用するリソースの種類、活動を遂行するスキル、アカウントビリティ (関係者の約束事) の種類を含んでいる。行動は実施された行動か、計画された行動のどちらかである。行動の遂行にはリソースが必要である。

- 例: 国語のレポートの採点に、このルーブリックを用いた。
- 例: 対象者の自己調整学習方略を測定するために、SRLS 尺度の質問紙を用いた。

#### 4.3 観測の種類と連鎖

アナリシスパターンでは実観測 (Active Observation)、仮説 (Hypothesis)、予測 (Projection) の 3 種類の観測を区別している。実観測は実際の観測であり、新しい行動のため

の根拠として用いられる。仮説は暫定観測より確実さのレベルで劣っている観測で、主に現在の状態の質的観測である。予測は将来起こるであろうと考えられる観測であり、予測にもとづいて新しい観測が進められる可能性がある。これを連想観測 (Associated Observation) と呼ぶ。実観測と仮説は現在の観測であり、確実さのレベルが異なる。仮説と予測は現在と将来の観測であり、ともに確実さが低い。一度使用された観測が、観測の手続きの不備や新しい観測によって置きかえられて、否定された観測 (Rejected Observation) となることがある。

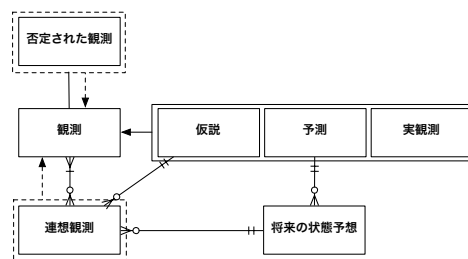


図6 観測の種類と連鎖

- 例: 学生が統計を理解できないのは線型代数ができないからと仮説を持った。テストによって実観測をおこなった。

### 5. パターン適用例

以上、教育を例に取りながら、観測の記録についてのアナリシスパターンを概観した。この節ではさらに詳細な例について、アナリシスパターンを使って記述する。

#### 5.1 教育評価

教育評価において、成績評価、教育測定、教育評価、アセスメント、パフォーマンス評価などが用いられる。これらは現象型または観測概念の知識概念であるが、教育実践の概念が教育研究における理論化と、教育研究で提案された概念の教育実践における使用の 2 つの場合がある。いずれも観測の利用の目的による区分とみなすことができる。

#### パフォーマンス評価

パフォーマンス評価は「知識を応用・活用・統合することを要求する『真正の課題』に挑戦させ、実際の完成作品を生み出させたり、実演を行わせることによって、理解の様相を把握しようとする方法」である (田中, 2008)。アナリシスパターンにおいては、記録方法はさておき、課題に取り組む過程や、その結果としての作品や実演も質的観測とみなすことができる。パフォーマンス課題は対象となる分野の知識や教育上の観測概念にもとづいたプロトコルとして提示されて、学習者はプロトコルやリソースに従って活動を遂行することによって結果を生み出す。この結果は評価者から見ると質的観測である。パフォーマンス評価はさらにその質的観測を別の(あるいは学習者にも提示された)観測概念にもとづいておこなわれる。ルーブリック評価で

パフォーマンス評価をおこなう場合は、ルーブリックのセルに示された観測概念によって対応する量として測定される。ルーブリック評価が複数の項目についておこなわれるならば、ルーブリック評価は質的観測といえるし、その合計（計算活動）は測定といえる。

### 客観的評価と主観的評価

標準テストを用いた客観的評価は、関心対象に関して再現性のある観測とみなすことができるであろう。標準テストが関心対象の能力を適切に評価しているというためには、そのテストの結果が尺度として信頼性があることと、別の観測の結果を用いて妥当性が確認されていることが必要である。一方で自己評価が主観的評価というわけではない。適切な評価基準があり、誰がおこなう自己評価でも同じ内容に関する他の観測と相関しているならば、その自己評価は客観的評価になっているといえよう。このように評価の客観性は観測の連鎖によって高まる。この意味で主観的評価とは個人内、個人間の評価の相関が安定しないことであるが、評価（観測）の教育効果がないとはいえない。

### 5.2 学習行動の記録

xAPI と Caliper は学習の記録（learning record や tracking log と呼ばれる）に関する規格である。これらの規格の目的は学習活動中の行動をそのコンテキストを含めて記述することであり、主語-述語-目的語の3要素からなるステートメントを核に記述する点で共通している。また、いずれの規格もシステム（LMS など）、デバイス、組織などの制約を越えた横断的な集計や比較を志向している。

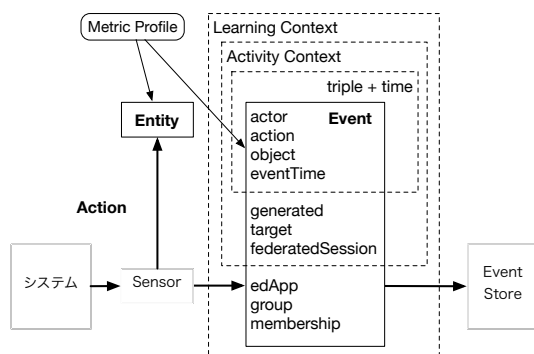


図7 IMS Caliper の図式

図7はIMS Caliperの概要の図式化である。Metric Profileは教育実践の現象に関する知識にもとづく観測概念およびその観測プロトコルを定義している。学習者（関心対象）の行動（現象）は、システム内のSensorのよってEvent形式のデータとして観測されて、Event Store（データベース）に保存される。EventはJSONで記述される質的観測である。観測プロトコルおよびSensorにおける観測活動は、システムやSensorの実装次第であり、仕様には含まれていない。この質的観測の記録（JSON）は、計算活動によって、集計

値などの別の測定に変換される。

Caliperのモデルはeラーニングなどのオンラインシステムを元にした仕様である。教育実践や教育研究の概念分析が、Caliperのデータの表現を豊かにするであろう。

### 5.3 構成概念

心理学においては、理論的な構成概念（construct）が用いられる。構成概念には学習目標の達成のように観測可能な概念と、達成動機のように直接観測できない潜在的概念が存在する。潜在的な構成概念は観測した結果によって操作的に定義される。このような構成概念は観測概念のサブタイプと考えられが、Fowlerのパターンは医療と会計から抽出されているため、実体が不明な心理学的構成概念は配慮されていない。

構成概念は教育研究から提案されたものと、常識的概念として使用されているものがある。教育実践と教育研究における構成概念の観測、使用の相違やダイナミクスを明らかにするためにはデータの記録と比較が必要であろう。

### 6. 今後の課題

以上、教育についてアナリシスパターンの適用の可能性について検討をおこなった。このパターンはスケッチレベルであり、各ドメインに適用、記述することによって洗練させる必要がある。アナリシスパターンは、IMS Caliperのような学習履歴の拡張にも有用であろう。

謝辞 本研究の一部はJSPS 科研費16K12564 およびJSPS 科研費JP15H02922の助成を受けている。

### 参考文献

- [1] Fowler, Martin. Analysis Patterns: Reusable Object Models. Addison-Wesley Professional, 1997.
- [2] Weisberg, Michael. Simulation and Similarity: Using Models to Understand the World. Oxford University Press: Oxford, 2012.
- [3] 田中耕治. 教育評価. 岩波書店, 2008.

### Appendix

本稿で用いるパターンの記法は図8の通りである。

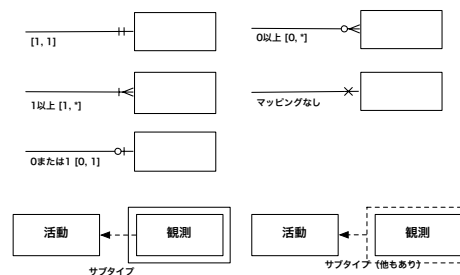


図8 アナリシスパターンの記法