

# 学習・教授理論の理解の深化に向けた学習・教授方略モデリング Modeling of Learning/Instructional Strategies for Better Understanding of the Underlying Theories

林 雄介\*<sup>1</sup>  
Yusuke HAYASHI

Jacqueline BOURDEAU\*<sup>2</sup>

溝口 理一郎\*<sup>1</sup>  
Riichiro MIZOGUCHI

\*<sup>1</sup> 大阪大学 産業科学研究所  
ISIR, Osaka Univ.

\*<sup>2</sup> LICEF, Tele-Universite

This paper discusses how to structuralize learning/instructional theories as the foundations for theory-awareness based on the OMNIBUS ontology. The concept of “WAY” that has been proposed by this study would be helpful for both utilizing and abstracting learning/instructional design knowledge. This paper proposes an is-a hierarchy of WAY-knowledge and discusses how the is-a hierarchy leads to a deeper understanding of learning/instructional theories.

## 1. はじめに

学習・教授理論(以下、本稿では「理論」は基本的に学習・教授理論を指す)は学習・教授のための方略(以下、方略)を検証しまとめたものであり、学習コンテンツや授業・講義の設計において教師やインストラクショナルデザイナーが自分が実現したい学習・教授シナリオ(流れ)を具体化するための情報源となる[Ertmer 1993]。しかし、実際には理論を理解し活用することが難しく、過去の経験などに基づいて方略を決定していることが多いのも実状である[Nunes 2007]。

その困難さの原因の一つとして、多種多様な理論とその背後にあるパラダイムの存在が挙げられる。学習を外部からの刺激に対する人間の観察可能な行動の変容と捉える「行動主義」、内的な情報処理過程に注目し学習を認知構造の変化として捉える「認知主義」、学習者の主体的な知識獲得過程として学習を捉える「構成主義」、そして主体的な知識獲得過程における他者や環境との相互作用に注目した「社会的構成主義」といったパラダイムの違いがある[Cooper 1993]。加えて、これらのパラダイムは相互に反発し合い、深いところで異なった用語、概念、モデルを導入して多種多様な理論の基盤となっている。つまり、まずパラダイム間で異なった前提が設定され、その上でさらに多様な理論が提案されているという図式になっている。そのため、個々の理論の理解と理論間の比較対照、そして具体事例への適用が一層難しくなっていると見える。

このような状況に対して、理論を整理し、その理解と活用を深めようという試みはいくつか行われている。例えば、Reigeluthはそれぞれの理論は独立で断片的であると言いつつも、それらを集積し俯瞰することを目指し、理論の提案者による説明を集め、それらの関連性(共通点・相違点)を分析している[Reigeluth 1983]。これはパラダイムや理論の種類別の観点からの分類である。一方、SmithとRagan[Smith 2005]は個々の理論に含まれる方略を扱っている学習対象(概念や手続き、原理など)でパラダイムの種類とは独立に分類し、整理している。また、インストラクショナルデザインモデルの中にはDickとCareyのモデル[Dick 2001]のように基本となる学習・教授プロセスを設定してその中で利用できる方略を様々な理論から抽出してまとめているものもある。

これらの成果では、それぞれ、パラダイム・理論の種別ごとの特性の違い、ある学習対象に対する理論ごとのアプローチの違い、学習教授の流れの各フェーズで活用できる理論の種別がよ

り明確化されている。このような観点は、理論を理解するために有効であるが、個々の観点ごとに独立に分析が行われており、観点間の整合性も保証されていないために、これらを横断的に俯瞰することは難しい。

本研究では、理論をオントロジー工学に基づいてモデル化し、それを通じて一つのモデルで上記のような複数の観点の管理の実現を提案する。理論の内容のある枠組みに沿ってモデル化して蓄積することで、例えば、Gagneの理論[Gagne 1979]がどのような状態を学習目標として、どのような方略を定義しているのか? または、「動機付け」を学習目標とする方略にはどのようなものがあるのか? それらはどの理論に含まれているのか? 各パラダイムではどのような状態を主に扱っているのか? といったような情報をシステム上で動的に生成するための枠組みを提案する。このような技術を確認することで、これまでは困難であった学習・教授に関する理論的知識の蓄積と利用において情報工学的観点から大きな貢献ができると考えている。但し、本稿における議論の主旨は多角的な観点から理論をより深く理解するためのモデル化とその運用について情報工学の観点から提案することであり、モデル化したものやそれから得られる分析結果の妥当性を検証することではない。

以下、2節では、モデル化の枠組みについて述べる。3節では、理論を理解するための観点の整理と、提案するモデルの上でどのようにそれらの観点を生成するかについて述べる。4節では、本研究で開発している理論ウェアかつ標準化準拠オーサリングシステム SMARTIES 上で実装した機能について説明する。最後にまとめと今後の課題を述べる。

## 2. 学習・教授理論の方略指向の整理

学習・教授理論は、その前提を成す原理やその原理に基づいた再利用性の高い学習・教授方略などによって構成される。これらをうまく活用するためには、各理論の理解を深めると共に、理論間の違いを理解する必要がある。しかし、前述したように理論にはパラダイムの問題が大きく横たわっている。それぞれのパラダイムが「学習」に関する独自の定義を持ち、他のパラダイムに対してある種のアンチテーゼとして成立している。そして、その上に数多くの理論が展開されている。このため、一見して共通の基盤がないように見えるが、Ertmer [Ertmer 1993]やReigeluth [Reigeluth 1983]らのように、なんらかの共通項を見いだすことも可能ではないかと提案している研究者もいる。彼らの考察からは、各パラダイムではそれぞれ異なる発達メカニズム・プロセスを想定はしているが、それは対象とする学習者の状態

の範囲や、学習・教授の実現手法の違いとして捉えられ、その中で想定されている各状態には何らかの共通項が見いだせる可能性があると考えられる。

このような考察の下で、本研究では『学習者の状態変化という観点から、「学習」に関する共有可能な何らかの「工学的近似」を見いだせるのではないか』という作業仮説を立て、パラダイムの相違点と共通点を工学的に浮き彫りにするための概念基盤としてOMNIBUSオントロジー(以下、OMNIBUS)を構築してきた[Mizoguchi 2000][林 2007].

## 2.1 学習・教授理論の構造化の方針

OMNIBUS では理論について、以下のような2種類の概念化をしている。

- (1) 個々の理論全体としての概念化
- (2) 方略の集積としての個々の理論の概念化

(1)は、個々の理論を原理などの本質属性で体系化することであり、各理論をパラダイムなどで階層的に分類している。図1にその一部を示しており、省略しているがリーフとして個々の理論が位置づけられる。

(2)は、個々の理論に含まれている方略を目的(学習者の状態変化)とその達成・分解関係、理論への参照の組み合わせ単位として、それらの集積として一つの理論を捉える概念化である。本研究では、この後者(2)における個々の方略の概念化を「方式」とよび、特に理論に基づいて定義された方式を「方式知識」とよんでいる[林 2007]。この「方式」については次節でその概要を説明する。

本研究では、これらの2種類の概念化に基づいて理論をモデル化することによって、理論を理解・活用するための様々な観点を生成する仕組みを構築することを目標としている。

## 2.2 学習・教授方略のモデル化

図2に方式として方略をモデル化した例を示す。ノードはI\_Lイベントとよばれ、上下のノード間をつなぐリンクと黒い四角が方式を表している。

I\_Lイベントは教授イベントと学習イベントを結びつける概念であり、I\_Lというのは、教授(Instruction)と学習(Learning)の関係を表していることを意味している。このI\_Lイベントによって、教授行為と学習行為、学習者の状態変化という3つの概念の関係を一つにまとめて概念化することで、ある学習・教授活動でどんな状態が達成されるかを記述できる。

方式はグレインサイズの大きなI\_Lイベント(マクロ)と小さなも

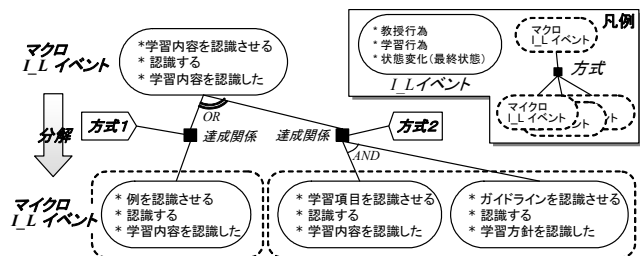


図2 方式の例

の(マイクロ)の分解・達成関係を示すものであり、目標とする状態をどのように達成するかを表す。これはトップダウンとボトムアップの2種類の解釈ができる。ボトムアップにはマイクロI\_Lイベントでの状態変化の集積によって、マクロI\_Lイベントの状態変化が達成されると解釈でき、理論で提案されている方略の状態の達成関係として定義することで、descriptiveにそれぞれの理論の意味を定義できる。一方、トップダウンにはマクロの行為をマイクロの行為に分解することで達成できるというprescriptiveな解釈ができ、この解釈によって理論の「活用」を実現できる。例えば、あるI\_Lイベントを分解したいときに、そのI\_Lイベントと一致するマクロI\_Lイベントを持つ方式知識があれば、その方式知識のマイクロI\_Lイベントが分解結果の候補となる。つまり、方式知識のマクロイベントと分解したいI\_Lイベントの単一化によって、方式知識のマイクロI\_Lイベント列がそのI\_Lイベントを実現するための部分I\_Lイベント列として導出される。このように方式として方略をモデル化することによって、方略の宣言的な定義と手続き的な解釈を両立させることができる[林 2008a]。本研究ではこれまで、この枠組みの下で11の学習・教授理論から抽出した99の教授方略を方式知識としてモデル化することで、方略レベルで既存の理論・パラダイムの特徴付けを行い、この概念化の妥当性を検討してきた[林 2007].

## 2.3 学習・教授方略の分類

本研究では方式知識のis-a階層を構築することで、図1で示したパラダイムによる分類とは独立に、学習・教授方略を分類している。Reigeluth[Reigeluth 1983]やMerrill[Merrill 1983]は、方略を以下の3つに分類している。

- Organizational strategy: どのように系列化するか、どんな内容をどのように提示すべきか
- Delivery strategy: どんなメディアを使うか、どのように学習者のグループを構成するか
- Management strategy: どのように実施するか、どのように動機付けや個別化を行うか

この分類をベースにして

Organizational strategyだけはさらに Developmental strategy (学習者の知識・スキルの発達に関する方略)、Communication strategy (学習者とのコミュニケーションに関する方略)、Component strategy (学習内容に関する方略)の3つに詳細に分類することで、方略に関するトップレベルの分類を設定している[林 2008b]。これらの違いはマクロI\_LイベントとマイクロI\_Lイベントにおける状態の種類の組み合わせで定義されている。例えば、Developmental strategyは学習者内部の認知プロセスに関する状態(Internal state)をより粒度の小さい認知プロセスに関する状態に分解す

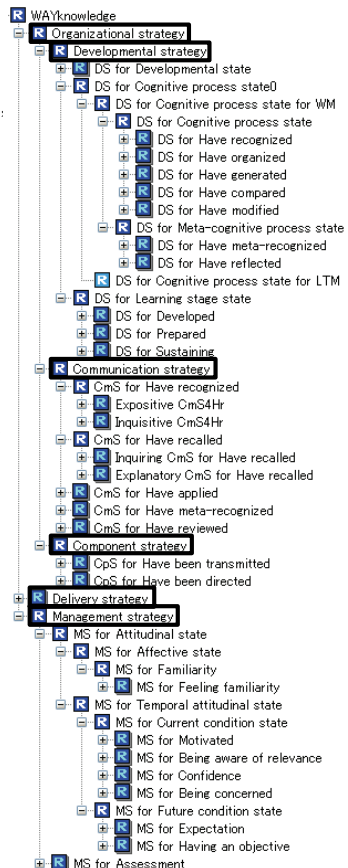


図3 方式知識のis-a階層

るもので、Communicative strategyはその認知プロセスをコミュニケーションに関する外部状態(External state)に分解するものである。

この分類に基づいて、これまで11の理論から抽出した105個の方略を方式知識として記述し整理したのが、図3に示す方式知識のis-a階層である。

このis-a階層の最上位は、上述の方略の分類に基づいている。図中の四角で囲まれているノードがこれに対応している。これらの下位のノードはマクロI\_Lイベントで設定されている学習目標(その方式知識で分解される状態)の種類で分類されている。このレベルのis-a階層における特殊化は、状態のis-a階層と同型となる。そして、最後はマイクロI\_Lイベントの特徴によって分類される。これについてはまだ一部しか分類できていないが、例えば、説明的に教えるか探求的に教えるかの違いなどがここで表され、マイクロI\_Lイベントに含まれる教授行為の違いなどとして表される。例えば、説明的であれば、学習対象の内容を直接的に伝達する行為が本質になるが、探求的であれば、間接的に伝達する行為や行為を指示するものが本質になるといったことである。最終的に、図3ではスペースの都合上省略しているが、このis-a階層の葉が各理論で提案されている個々の方略となっている。

### 3. 理解の深化のための観点の管理

2.1節で述べた2種類の概念化(理論全体の特性と方略の集積)を核として理論を組織化するというのが、OMNIBUSで提案している理論の整理手法である。このイメージを図4に示している。

個々の方式知識は前述したように方略を図2に示したようなイベントの達成関係として記述したものであり、理論の分類(図4(A))や状態の分類(図4(B))を参照して定義されている。これによって、個々の方略がどの理論のもので、どのような原理に基づいている(理論の分類は図4(C)に示す知識モデルの分類に基づいて構成されている)、どのような目的(期待される学習者

の状態変化)を達成するのかといったことを定義している。そして、もう一つ重要なのが、2.3節で示した方式知識のis-a階層(図4(D))であり、どのような目標をどのように達成するかという観点で分類されている。

このようにオントロジーでは概念の意味を概念間のis-a関係と参照関係で定義する。OMNIBUSでは、理論を知識モデルに関する概念と関係づけることにより定義し、個々の方略を方式知識のis-a階層の中で理論や状態を表すと対応づけることで定義している。

OMNIBUSにおける概念の関係性を利用して、多種多様な理論の理解を支援するための観点を生成する仕組みを提案することが本稿の主題である。図4に示しているように、個々の方式知識は理論や状態を参照して定義されている。ここで定義されている概念間の関係の方向性を柔軟に扱うことで、つまり、方式知識から理論や状態への参照を逆にも辿ることで、注目する概念に色々な意味に関連する他の概念を抽出し、各パラダイム・理論がカバーする学習目標やある学習目標を達成するのに有効な理論の数え上げ、パラダイム・理論毎の方略分類の割合などといった観点を具体化することができる。

例えば、図4(B<sub>1</sub>)のようにある状態(ここではMotivated)をキーとすると、それを学習目標として設定している方式知識をすべて抽出することができる(ここでは例として3つの方式知識(図5(D<sub>1-3</sub>))).そして、それらの方式知識が参照している(元になっている)理論を抽出することで、その状態についてどの理論が扱い、それをどのように達成しようとしているかが分かる(図5(A<sub>1-3</sub>)).さらに、これらの結果を状態の種類毎に比較することで、状態の種類と理論の関連性が分かる。また、逆にパラダイム毎に学習目標として設定されている状態の分布を抽出することで、各パラダイムを比較し、傾向を分析することもできる。

### 4. SMARTIESにおける観点管理

本研究では、ここまで述べてきたOMNIBUSオントロジーに基づいて学習・教授シナリオの設計を支援するシステム

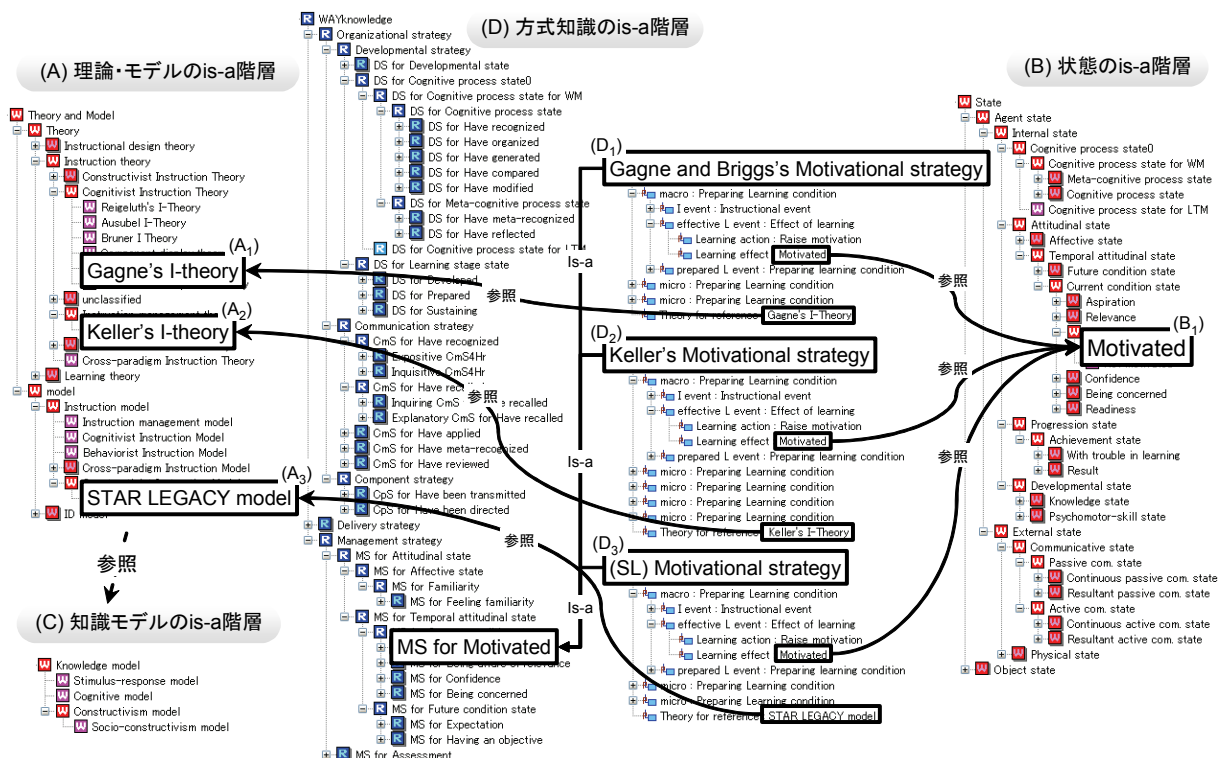


図4 学習・教授理論の構造化における概念間の関係性

SMARTIESを開発している[林 2007]. ここではSMARTIESを使って、現在OMNIBUSに含まれている 11 の理論から抽出した 105 個の方式知識を使って、各理論の特徴の検出やパラダイム間の比較を定量的な観点から行った結果を示す. 但し、序論でも述べたように、この目的はその結果の妥当性を検証することではなく、実装した機能が正しく動いているかを検証である. 今回得られた分析の結果は、各理論やパラダイムに対する一般的な認識とある程度合致していると思われるが、これはモデル化する範囲によって変わってくることであり、その妥当性を証明するには厳密な検証が必要となる. これについては今後の課題とした.

図 5 に示しているのは、Gagneの理論(9 教授事象)[Gagne 1979]とMerrillの Component Display Theory (CDT) [Merrill 1983]の比較である. 両方とも認知主義の理論・モデルに分類できるが、その性質に若干の違いがある. 各理論に含まれている方式知識について、真ん中の円グラフが方略分類に関する割合であり、右のグラフは状態分類に関する割合を示している. 方略の分類についてはGagneの理論(図 5(a))がDevelopmental, Management, Communicationの 3 つのstrategyで構成され、Developmental strategyが多いのに対し、CDT(図 5(b))ではDevelopmental, Management, Communication, Componentの 4 つのstrategyで構成され、Component strategyが多いことである. このことから、Gagneの理論は抽象的な学習者の内部状態を多く扱い、CDTではより具体的な教授者と学習者のインタラクションに注目していると考えられる. 方略の分類は状態と関連しているため、この傾向はそのまま右の状態分布のグラフでも読み取ることができ、External stateがGagneの理論では出てこないのに対して、CDTでは大半を占めている. これは、CDTの元々の理念であるGagneの理論でカバーされていない抽象度の低いレベルをカバーする[Merrill 1983]ということにも合致する.

### 5. おわりに

本稿では、学習・教授方略に注目して学習・教授理論を構造化する手法を提案し、それを用いた理論の理解を深める支援について検討した. そして、実装した機能の動作検証として、OMNIBUS に取り入れている理論の分析を行った. この結果については、これまで理論研究において指摘されていることを概ね一致する結果が得られた. 但し、これは取り入れている理論の種類とその解釈・モデル化によってまだ変化の可能性のあるものであり、分析結果の妥当性を主張するには厳密な検証が必要となる. しかし、本研究の第一の目標は人工知能技術、特にオントロジー工学によって理論に関わる専門家(理論家)や実践家(教師やインストラクショナルデザイナー)が理論を整理し、共有するための情報工学的基盤を構築することであり、その点に関してはある程度の実現可能性を示せたと考えている.

SMARTIES の一機能としてここで紹介した方式知識ブラウザの機能は教師やインストラクショナルデザイナーといったシナリオオーサにあたるユーザが理論を理解することを支援することに加えて、理論家などの方式知識オーサにあたるユーザが理論の内容を確認・分析するのに役立つのではないかと考えている. 今後の課題としては、理論のモデルの充実化とモデル化内容の妥当性の検証を行っていきたいと考えている.

### 参考文献

[Cooper 1993] Cooper, P.A.: Paradigm Shifts in Designed Instruction: From Behaviorism to Cognitivism to Constructivism, *Educational Technology*, 33(5), pp. 12-19, 1993.

[Dick 2001] Dick, W., Carey, L., & Carey, J. O.: *The systematic design of instruction*, Fifth edition, Addison-Wesley Educational Publisher Inc., 2001.

[Ertmer 1993] Ertmer, P. A., and Newby, T. J.: "Behaviorism, cognitivism, constructivism: Comparing critical features from an instructional design perspective", *Performance Improvement Quarterly*, 6 (4), pp. 50-70, 1993.

[Gagne 1979] Gagne, R. M. & Briggs, L. J.: *Principles of Instructional Design* (2nd Ed.). Holt, Rinehart & Winston, New York., 1979.

[林 2007] 林 雄介, Bourdeau, J., 溝口 理一郎: "学習・教授理論オントロジーの構築と利用~Theory-aware なオーサリングツールの試作~", 人工知能学会研究会資料 SIG-SWO-A701, pp. 03-01 - 03-09, 2007.

[林 2008a] 林 雄介, Bourdeau, J., 溝口 理一郎: "学習・教授理論の組織化における宣言的記述と operational な解釈の両立", 人工知能学会全国大会(第 22 回)論文集, 1C1-4, 2008.

[林 2008b] 林 雄介, Bourdeau, J., 溝口 理一郎: "学習・教授理論の構造化による理解と活用の支援", 人工知能学会研究会資料 SIG-ALST-A802, pp. 53-60, 2008.

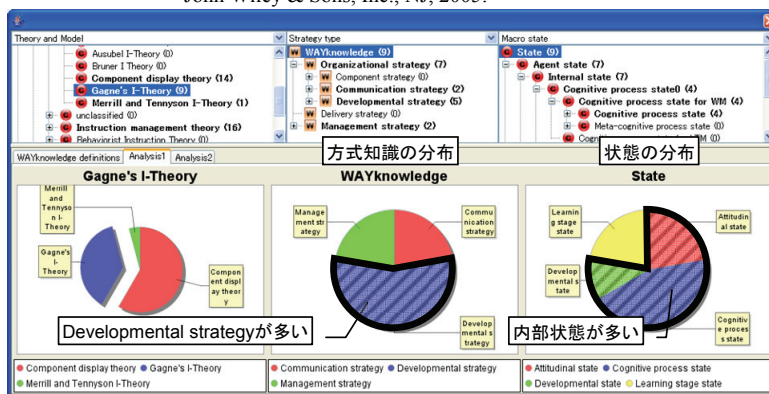
[Merrill 1983] Merrill, M.D.: "Component display theory", *Instructional-design theories and models: An overview of their current status*, pp. 279-333, 1983.

[Mizoguchi 2000] Mizoguchi, R. and Bourdeau, J.: "Using Ontological Engineering to Overcome Common AI-ED Problems", *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol.11, No.2, pp. 107-121, 2000.

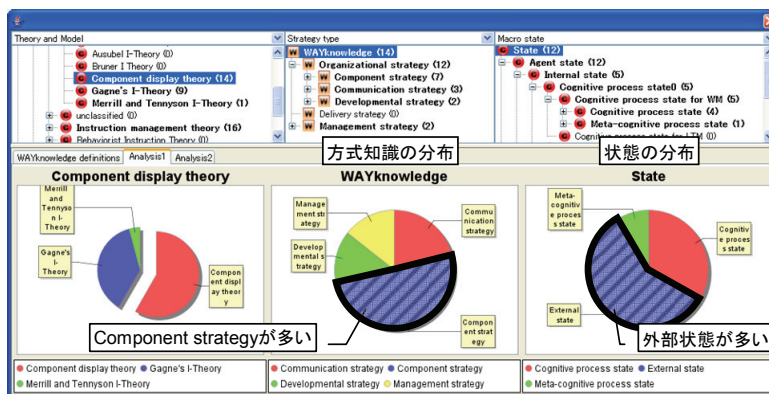
[Nunes 2007] Nunes, M.B. and McPherson, M.: "Why Designers cannot be Agnostic about Pedagogy: The Influence of Constructivist Thinking in Design of e-Learning for HE", *Evolution of Teaching and Learning Paradigms in Intelligent Environment*, pp. 7-30, 2007.

[Reigeluth 1983] Reigeluth, C. M. (Ed.), *Instructional-design theories and models: An overview of their current status*, pp. 3-36, Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1983.

[Smith 2005] Smith, P.L. & Ragan, T.J.: *Instructional Design* (3rd ed.), John Wiley & Sons, Inc., NJ, 2005.



(a) Gagne の理論での方略分類と状態分類の分布



(b) Merrill の理論での方略分類と状態分類の分布

図 5 個別理解の例