

# 教授トランザクション理論に基づく教材シェルの実行環境の開発

Development of a Delivery Environment on an Instructional Material Shell  
based on Instructional Transaction Theory

市川 尚\*\*\*

Hisashi ICHIKAWA

\*岩手県立大学

\*Iwate Prefectural University

鈴木克明\*\*

Katsuaki SUZUKI

\*\*熊本大学大学院

\*\*Kumamoto University

<あらまし> 筆者らは、教授トランザクション理論に基づいて教材シェルの開発研究を進めている。本研究においては、シェル開発の前段階として、まず実行環境（学習環境）の開発を行った。学習環境は、自由に探索可能なシミュレーションとし、部品の名前・位置・機能を学ぶ同定のトランザクション、手続きを学ぶ実行のトランザクション、予測やトラブルシュートを行う解釈のトランザクションをガイド機能として実装した。

<キーワード> インストラクショナルデザイン、教授トランザクション理論、教材シェル

## 1. はじめに

eラーニングに限らず、質の高い学習コンテンツを作成するためには、インストラクショナルデザイン（ID）が重要となるが、IDの素養の無いSME（Subject Matter Expert）がコンテンツを作成する状況も少なくない。SMEの知識をシステムに登録しさえすれば、効果的な学習環境が提供できるというようなIDの自動化を志向した理論として、Merrill<sup>(1)</sup>の教授トランザクション理論（Instructional Transaction Theory；ITT）が挙げられる。

本研究では、ITTに基づく教材シェルの開発を目的として、まず実行環境（学習環境）の構築を行った。シェルとは、ここではデータの入れ替えが可能な（そのためのインタフェースを備える）システムを指す。

## 2. ITT

ITT<sup>(1)</sup>は、Merrillによる画面構成理論（Component Display Theory；CDT）<sup>(2)</sup>を発展したID理論である。CDTからITTへの教授モデルの発展は、学習課題の性質を見極めて、それぞれの課題習得に効果的な条件を詳細に分析することで、教授環境を自動的に構築するモデルを模索するものである<sup>(3)</sup>。

ITTの目的は、IDの原則に基づく効果的な教授の提供と、IDプロセスの自動化による効率的な開発にある。あらかじめIDに基づいた教授トランザクションの方略がアルゴリズムとして組み込まれており、教授内容（構成要素とその関係）を知識表現（データ）として

登録することで、効果的な学習環境が提供される、シェル構築のための理論である。

教授トランザクション（IT）とは、学習者が特定の知識やスキル（学習目標）を獲得するために必要な学習の相互作用のすべてのことであると定義され、13分類が特定されている。その分類を表1に示す<sup>(3)</sup>。

知識はナレッジオブジェクト（Knowledge Object；KO）によって表現する。KOは、異なる関連した知識要素のコンパートメント（スロット）で構成されたコンテナと定義されるフレーム型の知識表現であり、エンティティ（物）・プロパティ（属性）・アクティビティ（活動）・プロセス（処理）の4種類がある。例えば電気のスイッチというエンティティ（物）には、オンとオフのプロパティ（属性）があり、電気を消すというアクティビティ（活動）によって、スイッチのプロパティがオンならオフにというプロセス（処理）が生じる。

ITTは、学習環境の構成要素をKOを用いて表現することができれば、あとは、ITの教授方略にしたがって自動的にシミュレーション型学習環境が構築でき、所定の学習目標への到達を促すことができるとする<sup>(3)</sup>。

Merrill<sup>(1)</sup>においては、構成要素（Component）のトランザクションに分類される、同定（Identify）、実行（Execute）、解釈（Interpret）の3つのトランザクションが詳説されており、開発事例としてバルブをはめる・取り外す方法を学習するシミュレーション環境が取りあげられている。

表 1. IT の 13 分類<sup>(3)</sup>

構成要素 (component) のトランザクション	同定 (IDENTIFY)	実体の部品についての名前を言えて情報を覚える
	実行 (EXECUTE)	活動の中のステップを覚えて実行する
	解釈 (INTERPRET)	過程の中の事象を覚えて起こることを予測する
抽象化 (Abstraction) のトランザクション	判断 (JUDGE)	事例を配列する
	分類 (CLASSIFY)	事例を分類する
	一般化 (GENERALIZE)	事例をまとめる
	決定 (DECIDE)	選択肢から選択する
	転移 (TRANSFER)	新しい状況にステップやイベントを応用する
連合 (Association) のトランザクション	伝播 (PROPAGATE)	他の文脈でスキルのひとつのセットを身につける
	類推 (ANALOGIZE)	異なる活動や過程に例えることで、活動のステップや過程の事象を身につける
	代用 (SUBSTITUTE)	ひとつの活動を他の活動を学習することに拡張する
	設計 (DESIGN)	新しい活動を創造する
	発見 (DISCOVER)	新しい過程を発見する

### 3. 先行研究との関連

学習オブジェクト (Learning Object; LO) については、再利用や共有 (検索) を目的として、メタデータを付与する LOM (Learning Object Metadata) の標準化が行われている。例えば、榎本ら<sup>(4)</sup>は教育情報ナショナルセンターで提供する LOM 検索システムを開発し、関ら<sup>(5)</sup>は学習者に対して LO を適応的に系列化するためのシステムを開発している。

また、WBT (Web Based Training) コンテンツの標準規格として SCORM (Shareable Content Object Reference Model) があり、多くの LMS (Learning Management System) や教材作成ツールで採用されている。これにより、異なるベンダの作成したコンテンツと LMS の自由な組み合わせが可能になっている<sup>(6)</sup>。オープンソースの LCMS (Learning Contents Management System) においては、コースの内容やテストの作成などはできる<sup>(7)</sup>が、学習教材のレベルでは、Web ページを編集するか、資料や Flash などのコンテンツを登録するだけのものが多い (SCORM コンテンツを登録できるものもある)。

LO の粒度の大きさの観点から見ると、LOM は比較的粒度の大きな WBT 教材などを対象としている。SCORM の SCO も LOM よりは粒度は小さいが、WBT 教材を 1 つの SCO とも見なせる。ITT の KO は、教材を構成する 1 つの画像やテキスト、それらの処理などに対応し、粒度が小さい。

Wiley<sup>(8)</sup>は、LO について複数の定義が混在

することが混乱のもとになっていると指摘しており、用語は異なるが ITT の KO も LO の 1 つとして紹介している。また、LO の応用について、学習支援を成功に導くためには、ID 理論が必要であるとしている。学習支援については、例えば、SCORM2004 以前は、学習者の状況に応じたコンテンツの系列化もできなかった<sup>(6)</sup>など、まずは再利用や共有の観点から先行しており、学習支援という観点からは脆弱な部分も多い。

ITT は、それぞれの IT を促進するためには異なる条件が必要であるという学習支援の観点から、方略とその方略に必要な知識構造を規定している ID 理論である。よって、ITT は複数の学習課題の種類 (IT) に対応しており、再利用や共有という考え方よりも、学習支援が中心的課題となっている。

ITT のシステムを実現した研究としては、ID Expert<sup>(9)</sup>や IDVisualizer<sup>(10)</sup>などがこれまでに開発されているが、Merrill<sup>(1)</sup>で提案されているトランザクション方略のすべてを実装したものではなく、現状で誰もが利用できる状態にもなっていない。ITT は未だに研究途上の段階にあり<sup>(11)</sup>、現状で利用可能となるようにシステムを実現することは、意義があると考えられる。さらに、ITT という学習支援の視点からの LO の提示方法や組み合わせのあり方をシステムとして具体化することは、今後の LO に関する研究にとっても参考となるべきものがあると考えられる。

## 4. システムの設計・開発

### 4.1. システムの概要

本システムには、Merrill<sup>(1)</sup>の学習環境および、同定・実行・解釈のトランザクションを実装することとした。本システムは、実行環境とオーサリング環境から構成される。システム構成を図1に示す。

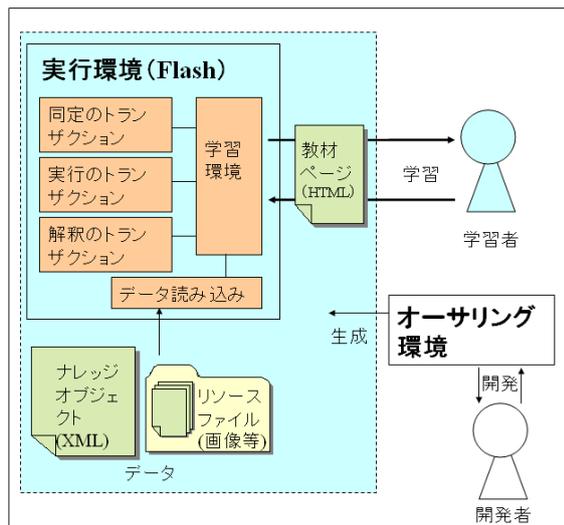


図1 システム構成図

実行環境は、実際に学習を行う場として、自由に探索可能なシミュレーションを提供する。メニューからは、学習のガイドとして、同定・実行・解釈の各オプションを選択することができる。知識はKOで表現され、それに基づいて学習環境が提示される。システムは、ユーザに学習環境を提供する部分と、各トランザクションの処理を行う部分、起動時にデータを読み込む部分から構成される。データは、KOのXMLデータと画像などのリソースファイルで構成される。なお、KOのXMLデータには、メニュー構成の情報も含まれており、例えば同定のトランザクションのガイドメニューのみ表示するといったカスタマイズも可能である。同様に学習目標もデータに含まれている。教材ページは、単にFlashを埋め込んだHTMLファイルである。

オーサリング環境は、画像等のリソースを読み込みながら、KOの作成・設定をGUI上で行う。本研究では、オーサリング環境は実装せず、実行環境のみとした。実行環境は、Web上で(LMSに載せるなどして)提供できるように、Flashを開発環境として選択した。

なお、本システムには2種類のコンテンツを試験的に用意した。IDVisualizer<sup>(10)</sup>による運河の閘門で船を移動させる仕組みを学習する教材を、できる限り忠実に再現した教材(同定・実行・解釈のトランザクションを利用)と、ID Expert<sup>(9)</sup>によるヨーロッパの地理教材を参考にした東北6県の地理教材(同定のトランザクションのみ利用)である。

### 4.2. KOの構成

KOは、表2のように構成した。例えば、画面上でエンティティ(の描画)をクリックすると、対応したアクティビティを実行することになり、さらにそのアクティビティに対応したプロセスが実行される。プロセスの条件が真であれば、結果としてあるエンティティのプロパティの値が変更される。同時にその値に関連づけられた描画も変わるため、画面の表示が変わる。なお、本研究ではKOをXMLで表記するようにした。

表2 ナレッジオブジェクトの構成

種類	スロット
エンティティ	名前・説明・描画(画像などのリソース)・プロパティ(へのポインタ)・場所(配置する座標)・参照(参照されているエンティティへのポインタ)・部品(へのポインタ)・プロセス(へのポインタ)・アクティビティ(へのポインタ)
プロパティ	名前・説明・値・値の描画(各値に関連づけた描画へのポインタ)
アクティビティ	名前・説明・トリガー(プロセスへのポインタ)
プロセス	名前・説明・条件(真なら結果へ)・結果(あるプロパティ値の変化)・トリガー(プロセスへのポインタ)

### 4.3. 学習環境

学習環境上では、ユーザは自由に探索することができる。後述するトランザクション以外のメニューとしては、「制御」として学習目標の確認や、初期配置へのリセット、やり直し(undo)ができる。また、「ヘルプ」として、教材の使い方の説明を用意している。

### 4.4. 実装上の問題

トランザクションごとの方略やKOの振る

舞いなどは Merrill<sup>(1)</sup> に詳説されていたが、ほとんど文字による記述であったため、基本的なインタフェース（画面）は、Merrill<sup>(9)</sup><sup>(10)</sup> も参考にしながら、独自に考えたものである。また、解釈のコントロールパネルや、レベル 2、レベル 3 については具体的な実装方法は言及されておらず、できる限り提案されている方略を満たすように実現した。さらに、文章の自動生成については英語の方が記述しやすいが、それを日本語化して提供している。KO についてもスロットについてはある程度言及されていたものの、実現の際に追加した項目もある。実際のデータ構造については何ら規定されておらず、XML のフォーマットは独自に考案した。

## 5. トランザクションの実装

### 5.1. 同定のトランザクション

同定のトランザクションは、部品の名前・場所・機能の学習を目的としている。ITT の中では最も基礎的な学習となる。このトランザクションの学習ガイドは、学習環境において、カーソルの下にある部品名を表示したり、部品上でシフトキーを押しながらクリックをすることで部品の機能説明を表示する。また、各部品の説明を順番に見ていくこともできる。機能説明には、文章だけでなく、音声や動画を用いることができる。部品名の表示については、同定 (IDENTIFY) のメニューにおいて部品表示モードにチェックしている時だけ機能するようにした。

練習には、部品の名前を提示して学習者に部品を選択させるものや、部品を強調表示して部品の名前のリストからその部品を選択させるものがある (図 2)。選択後は正誤のフィードバックを行い、不正解だったときは、再度出題されるように制御している。

同定のトランザクションでは、KO のエンティティを利用する。例えば、部品上にマウスカーソルが来ると、そのエンティティの名前を提示する。また、練習において部品名を選択させる場合も同様である。

### 5.2. 実行のトランザクション

実行のトランザクションは、手続きの学習を目的とし、4つのレベルのガイドを提供する。レベルが上がるごとに、難易度もあがる。

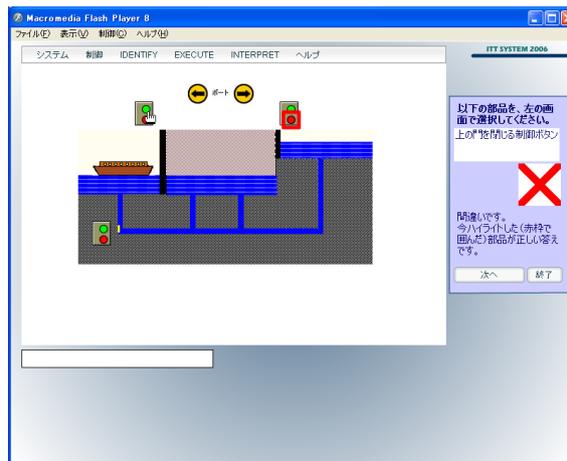


図 2 部品の場所を覚える練習

どのレベルを行うかは、学習者が実行 (EXECUTE) のメニューから選択できる。なお、実行のトランザクションは、前提として同定のトランザクションを習得している必要がある。これは、部品名や場所がわからないと、手続きを学習できないことを示している。

各レベルにおいて、システムはまず目標を設定 (もしくは学習者が目標を選択) する。学習目標は、あるエンティティのあるプロパティの値 (複数可) であり、初期設定時に読み込むファイルに記載されている。学習者は、現状の状態から、学習目標に到達することを求められる。システム内部では、学習目標と現状の状態の差異を把握し、学習目標から現状に向けて、必要な手続きを推論する。

レベル 1 は見るだけのデモンストレーションであり、順番に手続きのステップを実行してみせる。学習者はただ眺めているだけであり、終了以外の操作はできない。何度でも繰り返し再生が可能である。

レベル 2 は、各ステップで何を行うかを指示し、学習者が実行していくものであり、Simon Says と呼ばれる。学習者には、学習目標と次に行うべきステップのアクティビティ名を表示し、学習者の行動を待つ (図 3)。学習者が誤ったステップを実行しようとしたときは、「それは<アクティビティ名>ではありません」と表示し、再度行うように促される。

レベル 3 は、ただ次のステップを行うように指示され、学習者に実行させる。具体的には、学習目標を提示し、「次のステップを実行してください」とだけ表示していく。誤ったステップを実行した場合には、レベル 2 と同

様のフィードバックを提示する。

レベル4は、何の助けも無しに学習者に自分で実行させることになり、学習目標を提示し、終了と思った時点で終了ボタンを押すように促される。終了ボタンを押すと、フィードバックとして、学習者の辿ったパスと正解のパスが比較表示される。不正解のパスがあった場合は、その部分が強調表示される。また、手順のステップ数の合計と、その中で手順がそれた数を表示する。

実行のトランザクションに対応する KO は、アクティビティであり、実行すべきステップは、すべてアクティビティで表現される。それに応じた処理は関連づけられたプロセスによって行われるが、学習者がここで覚えるのはアクティビティの順番ということになる。

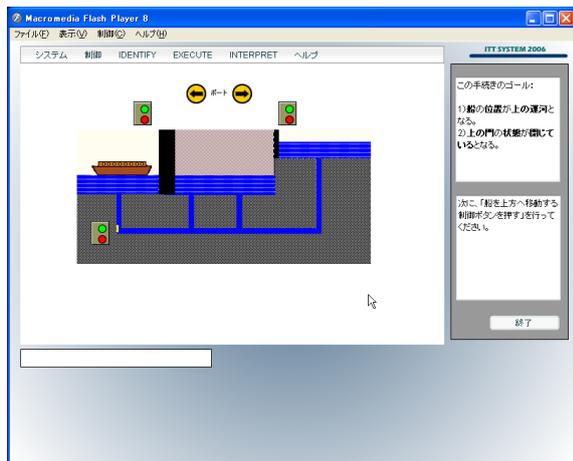


図3 実行のレベル2の画面

### 5.3. 解釈のトランザクション

解釈のトランザクションは、ある条件が与えられた時にどうなるのかを予測することや予期せぬ結果が起こった時に説明（トラブルシューティング）ができるようになることを目的として、3つのレベルのガイドを提供する。各レベルは解釈（INTERPRET）のメニューから選択できる。実行のトランザクションが、手続きのステップを覚えるだけなのに対して、解釈のトランザクションは、その背後の処理（仕組み）を理解することになる。

レベル1は、学習者が自由に行動した後何が起こったのかの解説を提供する。これは、解釈のメニューで解説モードにチェックしておくことで、画面左下にウィンドウが表示され、学習者が行った操作（アクティビティ）

毎に、どうしてそうなったのかの理由を表示する（図4）。学習者の操作によって、何か変化があった場合は、「あなたが<アクティビティ名>を実行したとき、<エンティティ名>の<プロパティ名>が<プロパティ値>に変わった。なぜなら、<条件に対応したエンティティ名>の<プロパティ名>が<プロパティ値>であったからである」と提示する（条件の個数分だけ繰り返す）。逆に何も変化がなかった場合は、「あなたが<アクティビティ名>を実行したとき、何も起こらなかった。なぜなら、<エンティティ名>の<プロパティ名>が<プロパティ値>ではなかったからである」と提示する（必要なだけ繰り返す）。また、学習者が活動によるプロパティの変化を捉えられるように、コントロールパネルを表示することもできる（図4）。コントロールパネルは、活動のたびに更新され、学習者がプロパティ値を変更することもできる。

レベル2は、学習者にある状況を提示し、次に何がなぜ起こるのかについて、結果を予測させる（図5）。具体的には、結果の予測として、どのエンティティのどのプロパティの値が変わるのかを選択させ、その結果の理由として、プロセスの条件（エンティティのプロパティの値）を選択させる。選択後は実際に次のステップを実行して確かめ、予測ができたかどうかのフィードバックを受ける。

レベル3は、手続きの誤りを盛り込むように状況を設定する。学習者にステップを実行させ、問題なく実行できたのか、実行に問題があったのかを選択させる。そして、問題があった場合には、コントロールパネルから、次はうまく実行できるように該当するプロパティの値を変更させる。選択・変更後に、再度ステップを実行して確認する。

解釈のトランザクションに対応する KO は、プロセスである。実行のトランザクションがアクティビティであるのに対し、解釈においては、そのプロセスに焦点をあてる。例えば、あるアクティビティを実行できるかどうかは、プロセスに記述された条件を満たすかが問題となる。よって、そのアクティビティが実行できるかどうかの予測や、うまく実行できなかった場合のトラブルシューティングには、プロセスの条件を把握する必要がある。

#### 4. おわりに

本研究は、ITT に基づいた教材シェルの実行環境を開発した。知識表現として KO を用いて、学習環境と同定・実行・解釈の3つのトランザクションに基づくガイド機能を実装した。ただし、本研究はまだユーザビリティの面については配慮していない状態にある。

今後は、ユーザビリティと学習効果に関する評価を行い、オーサリング環境（シェル）の開発も行っていく必要がある。さらに、残りの10分類のトランザクションについても、実装方法を検討していきたい。

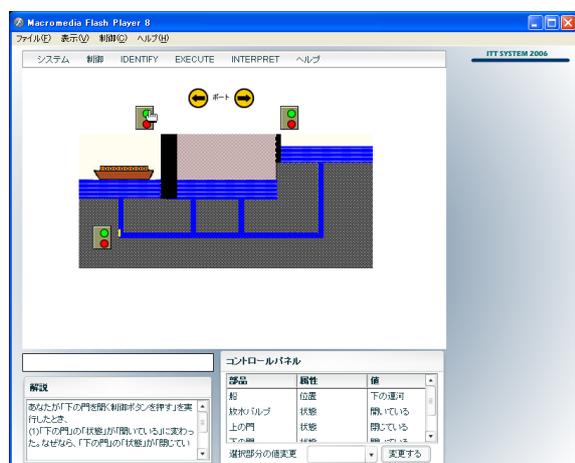


図4 解説とコントロールパネル



図5 解釈のレベル2（予測）

#### 参考文献

- (1) Merrill, D. : Instructional Transaction Theory (ITT): Instructional Design based on Knowledge Objects. In C.M. Reigeluth (Ed.), Instructional Design Theory and Models Vol. II: A New Paradigm of Instructional Theory. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. (1999)
- (2) Merrill, D. : Component display theory. In C.M. Reigeluth (Ed.), Instructional design Theories and Models: An Overview of Their Current Status. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, N.J. (1983)
- (3) 鈴木克明：“教育・学習のモデルと ICT 利用の展望：教授設計理論の視座から”，教育システム情報学会，Vol.22，No.1，pp.42-53 (2005)
- (4) 榎本聡，清水康敬：“教育情報のメタデータ化と検索システムの構築”，情報知識学会誌，Vol.16，No.4，pp.63-72 (2006)
- (5) 関，一也，松居，辰則，岡本，敏雄：“e ラーニング環境での学習オブジェクトの適応的系列化手法に関する研究”，電子情報通信学会論文誌，Vol. J86-D-I，No. 5，pp. 330-344 (2003)
- (6) 仲林清，清水康敬，山田恒夫：“e-Learning 標準化技術の開発と実践の新しい展開：SCORM と LOM を中心に”，人工知能学会誌，Vol. 21，No. 1，pp.92-98 (2006)
- (7) 田中裕也，井ノ上憲司，根本淳子，鈴木克明：“オープンソース CMS の実証的比較分析と選択支援サイトの構築”，日本教育工学会論文誌，Vol. 29，No. 3，pp. 405-414 (2005)
- (8) Wiley, D. : “Learning objects Need Instructional Design Theory”, Rossett, A. (Ed.) “The ASTD E-Learning Handbook”, pp.115-126, McGraw-Hill Companies, New York (2001)
- (9) Merrill, D. : “ID Expert: A Second Generation Instructional Development System”, Instructional Science, vol.26, No.3-4, pp.243-262 (1998)
- (10) Merrill, D. : “Components of Instruction toward a Theoretical Tool for Instructional Design ”, Instructional Science, vol.29, No.4-5, pp.291-310 (2001)
- (11) 鈴木克明：“第8章 eラーニングにおける学習者中心設計と ID の今後”，野嶋栄一郎，鈴木克明，吉田文（編）“人間情報科学と eラーニング”，放送大学教育振興会 (2006)