

# インストラクション理解に基づく操作選択における 「あいまいさ」の認知モデルによる分析 Ambiguity in Instruction Taking and Action Selection in Display-Based Human-Computer Interaction

北島宗雄  
Muneo Kitajima

生命工学工業技術研究所  
*National Institute of Bioscience and Human-Technology*

**Abstract** The goal of this paper is to investigate ambiguity in selecting actions on a given interface display after taking a series of instructions. Users' cognitive processes for comprehending instructions and selecting next actions based on their understanding of the instructions are modelled by using a cognitive architecture, the construction-integration theory by Kintsch (1988). This paper shows that the instruction comprehension processes could generate potentially useful multiple goals for next actions, and that each goal could be consistent with multiple actions in the action selection processes. This paper identifies two sources of ambiguity; multiple goals and multiple possible actions. This paper argues that the former ambiguity is resolved by an interface display that includes screen objects that overlap with the correct goal, and that the latter is resolved if the selected goal is specific enough to enable the action planning processes to distinguish the correct action from the wrong actions.

## 1.はじめに

タスク遂行方法や機器操作方法に関するインストラクションがユーザに与えられたときに、その指示通りに実行することが難しいことはよく知られている。その理由として、トレーニングやレファレンス資料におけるインストラクションがあいまいで分かりにくいことや、一般にユーザは、インストラクションマニュアルをまず読んで理解してからタスクを実行するという過程よりも、探究学習とよばれるモードをむしろ好むということが上げられる (Carroll, 1990)。探究学習とは、例えば、新しいアプリケーションの操作を学習するとき、目の前のタスクを遂行することを念頭に置きつつ、自分の既知知識を援用しながら正しい操作を自分で発見し、新しい操作方法を学習するというものである。

機器の高度化や多機能化が進む中で、インストラクション理解に基づく探究学習という形態の重要性はますます大きくなっていくものと思われる。例えば、Windows'95 や Macintosh など、グラフィカルユーザインタフェース (GUI) を用いたインタフェースの学習に際しては、探究学習が前提とされていると考えられる。また、ファックス、電話、ビデオ等の機器の操作においては、取扱説明書の理解に基づく操作選択、操作学習が行われる。現金自動支払機など Walk-up-and-Use という利用形態を想定しているインタフェースの操作においても操作ガイドの理解に基づく操作選択が行われる。いずれの場合も

インストラクション理解に基づく探究学習と同様な状況と考えることができる。

本論文では、探究学習の認知モデルとして筆者らが提案しているモデル、LICAI<sup>1</sup> モデル (Kitajima & Polson, 1996) に基づいて、インストラクションを受けたユーザが操作を決定する認知過程を分析し、探究学習の過程の中でさまざまな形で現われるインストラクションのあいまいさについて考察する。さらに、円滑な探究学習を可能とするために、インストラクションならびにインタフェースが満たさなければならぬ要件を示す。

## 2.LICAI モデル

筆者らは、インストラクション理解過程と、その結果に基づくディスプレイ上での操作選択過程を統合したモデル、LICAI モデル、を提案している (Kitajima & Polson, 1996)。本節では、LICAI モデルの概略を説明する。

LICAI モデルは、以下に示すような、ディスプレイベースのヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) におけるひとつの基本的なシナリオを対象としている。

外部からのインストラクション (マニュアル、オンラインヘルプ、等) を得て、それを理解し、その結果をディスプレイの上で実行する。

<sup>1</sup> the LInked model of Comprehension-based Action-planning and Instruction taking の略。

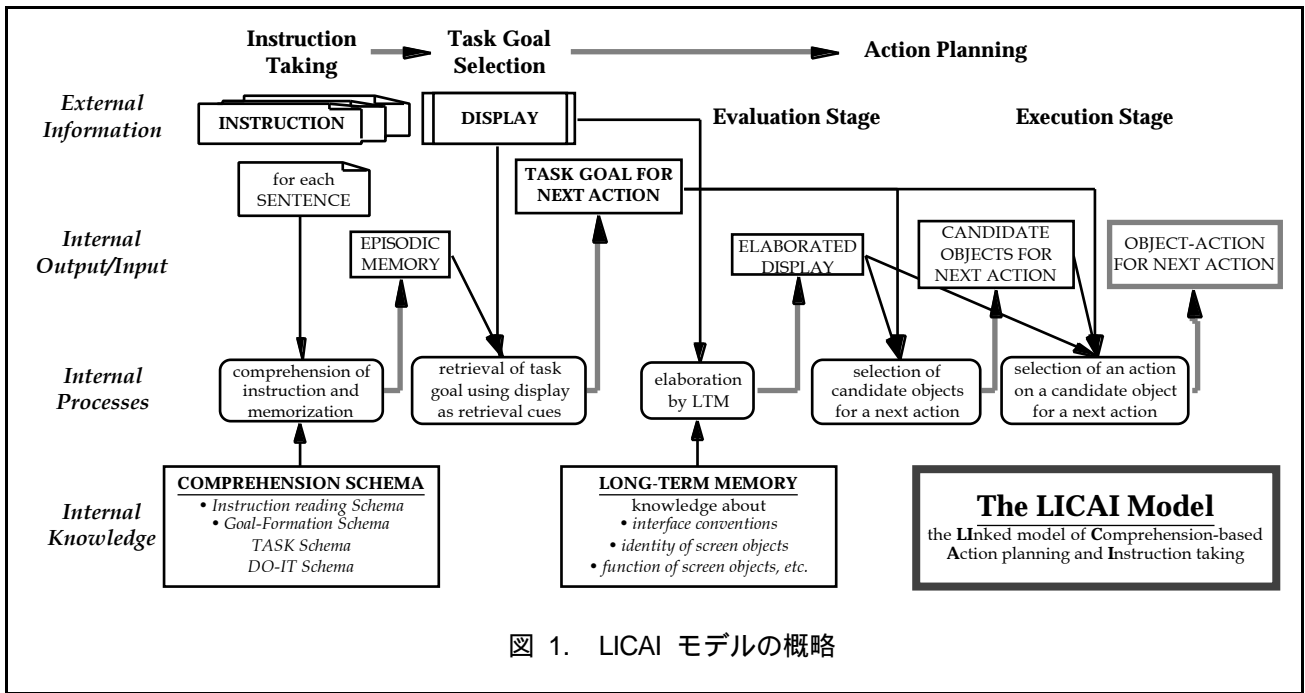


図 1. LICAI モデルの概略

これらの認知過程の前者が**インストラクション理解過程** (instruction taking process)、後者が**操作選択過程** (action planning process) である。インタフェースディスプレイ上での操作選択過程は Holland, Hutchins, & Norman (1986) がアクション理論の形で示しているようにゴール指向の過程である。LICAI モデルの操作選択過程 (Kitajima & Polson, 1995) は Holland らのアクション理論に基づいており、ゴールが操作選択過程の結果に大きく影響する。そこで、LICAI モデルでは、操作選択過程の前に、インストラクション理解結果からゴールを選択する**ゴール選択過程** (goal selection process) を置いている。

LICAI モデルでは、これらの 3 種の認知過程を認知機構 Construction-Integration 理論 (Kintsch, 1988; 以降、CI 理論) の上で定義している。CI 理論は、元来、文章理解過程の認知モデルとして Kintsch (1988) が提案した理論であるが、Mannes & Kintsch (1991) により HCI への拡張が図られた。また、Kitajima & Polson (1995) によりディスプレイベースの HCI における操作選択過程への拡張がなされ、エキスパートでもしばしば犯すエラー、アクションスリップ、に対する新しい説明が与えられた。CI 理論は、シンボル主義とコネクショニストを折衷したものであり、適応エキスパート (初めて遭遇した状況においても適切な操作を行える) のモデルとして有望視されている (Kitajima, 1996)。

以下では、上図に依り LICAI モデルを説明する。

### 2.1. インストラクション理解過程

LICAI モデルでは、以下のようなインストラクシ

ョンが与えられた場合を想定している。

1. In this experiment you are going to learn a new Macintosh application, Cricket Graph, by exploration.
2. The task you are going to perform will be presented to you as a series of exercises.
3. The data you are going to plot is contained in a Cricket Graph document, "Example Data."
4. Your overall goal is to create a new graph that matches the example graph shown here in the instructions.
5. Your first exercise is to plot the variable "Observed" as a function of the variable "Serial Position."
6. After you have created a new graph, you will modify it so that it more closely matches the example given in your instructions.

インストラクション理解過程では CI 理論に基づき、センテンス毎にその命題表現を作業記憶に形成する。もし、DO [YOU, VERB, OBJECT] の形式の命題が現われれば、理解スキーマ (comprehension schema) を適用し、PERFORM [VERB, OBJECT, list of specs] というゴールを表現する命題を作業記憶に新たに生成する。このようにして生成される全ての PERFORM 命題は、操作選択過程において重要な役割をもつゴールの候補である。

各センテンスは、その命題表現に、スキーマによって生成されたゴール表現を加えてネットワークとして表現される。各命題間のリンクのウェイトは CI 理論に基づいて決定される。例えば、2 つの命題が共通の引き数を持つ場合にはそれらは結合される。このようにして構成されたネットワークは活性伝播

により統合される。最終的に得られる安定した活性パターンがそのセンテンスの理解結果を表わす。この理解結果を反映するようにエピソード記憶 (episodic memory) が形成される。同様にして、全てのセンテンスの理解結果がエピソード記憶に蓄積される。

エピソード記憶には、各々のセンテンスの命題表現、また生成されたゴールの命題表現をノードとするネットワークが形成されている。ネットワークのリンクの強度はセンテンス理解過程時における活性の大きさを反映している。例に挙げたインストラクションを理解し終えたとき、以下のようなゴールがエピソード記憶に格納されている。

1:PERFORM [LEARN, CRICKET-GRAPH]
2:PERFORM [PERFORM, TASK]
3:PERFORM [PLOT, DATA]
3:PERFORM [\$ \$ [LABEL [EXAMPLE-DATA], DOCUMENT]
4, 6:PERFORM [CREATE, GRAPH]
5:PERFORM [PLOT, \$, AS-A-FUNCTION-OF [OBSERVED, SERIAL-POSITION]]
5:PERFORM [PLOT, OBSERVED, Y-AXIS]
5:PERFORM [PLOT, SERIAL-POSITION, X-AXIS]
6:PERFORM [MODIFY, GRAPH]

## 2.2. ゴール選択過程

ディスプレイが与えられたとき、ディスプレイに表示されている情報を手がかりとしてエピソード記憶に格納されたゴールの検索が行われる。記憶検索の機構は Kintsch & Welsch (1991) に準じており、エピソード記憶を表現するネットワークに、外部の手がかりを表わすノード (ディスプレイ表現) から活性を伝播させ、最も活性の大きなゴールノードが選択される。これが、与えられたディスプレイ上で次に行うべき操作のためのゴールとなる。例えば、GRAPH というラベルがディスプレイにあるときには、PERFORM [CREATE, GRAPH]、PERFORM [MODIFY, GRAPH] が強く活性化される。その強度は検索のためのネットワークの構造に依存する。

## 2.3. 操作選択過程 (Kitajima & Polson, 1995)

Hutchins ら (1986) の操作理論では、インタフェース上でのユーザの認知活動を、表示されている情報のゴールに照らした評価、それに基づく操作の選択と実行、から成る評価・実行のサイクルとして考えている。LICAI モデルでは、ディスプレイベースの HCI をこのアクション理論の上で捉え、CI 理論に基づいて認知過程をモデル化している。

### 2.3.1. 評価のステージ (stage of evaluation)

#### 2.3.1.1. ディスプレイ表現の生成

外部ディスプレイが与えられたとき、まずディスプレイの知覚レベルの表象を生成し、作業記憶に格納する。この段階では、ディスプレイに表示されているオブジェクトのアイデンティティ (何が) やアピランス (どのように) の情報のみが生成される。

#### 2.3.1.2. ディスプレイ表現の精緻化

長期記憶に格納されている知識 (インタフェース、アフォーダンス、ファンクション等に関する知識) をディスプレイ表現を手がかりとして検索し、作業記憶に付加し、精緻化されたディスプレイ表現 (elaborated display representation) を生成する。

### 2.3.2. 実行のステージ (stage of execution)

#### 2.3.2.1. 操作対象の選択

精緻化されたディスプレイ表現から構成されるネットワークに活性を伝播させ、次に行う操作対象候補 (candidate objects for next action)、数個をディスプレイの中から選択する。ここでは CI 理論に基づくネットワークの構成 (リンクの付与)、活性伝播による統合が行われる。操作対象としては、ゴールと非常によいオーバーラップをしているオブジェクトや、ディスプレイ上で相互にオーバーラップしているオブジェクトが選ばれる。

#### 2.3.2.2. 操作の選択

すべての操作対象候補と、すべての操作 (カーソル移動、クリック、ドラッグ等) の組み合わせについて、それらと現在の文脈 (ゴール、精緻化されたディスプレイにより定義される) との適合性を、CI 理論に基づくネットワークの構成・統合により、ネットワークの活性パターンとして表現し、適合度の高い操作・対象ペアの中で実行可能な操作 (object-action for next action) を選択する。

## 3. あいまいさの LICAI モデルによる分析

本節では、LICAI モデルが対象としているインタラクションのシナリオにおいて、インストラクションが有効に働かない原因を分析する。

### 3.1. ゴール選択におけるあいまいさ (図 2)

#### ゴールの多重性

インストラクションの理解結果を逐次エピソード記憶に格納しているときは、どのゴールが将来有効になるかということに関する予備知識はない。ゴールの数が多いほど、正しいゴールを検索できる可能性は減少する。

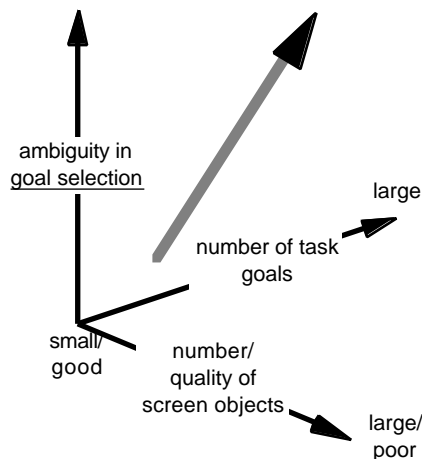


図 2. ゴール選択過程におけるあいまいさ

#### インタフェースディスプレイの有効性

インタフェースディスプレイが正しいゴールを検索してこるためのよい手がかり情報を与えない限り、正しいゴールの検索が行われる確度は低くなる。また、ディスプレイに正しいゴールを検索するのに必要のない情報が増えることにより、正しいゴールを検索できる可能性は減少する。

#### 3.2. 操作選択におけるあいまいさ (図 3)

##### ゴールの有効性

正しいゴールが検索された場合でも、そのゴールと正しい操作対象との適合度が低い場合には、正しい操作が選択される可能性は減少する。

##### インタフェースディスプレイの有効性

ゴールがたとえ正しく、しかも正しい操作対象との適合度が高い場合でも、ディスプレイ上に関係のないオブジェクトが多数存在する場合には、正しい操作が選択される可能性は減少する。

#### 4. むすび

LICAI モデルに基づいて、インストラクションを理解して操作を選択する過程におけるあいまいさについて分析した。あいまいさは、基本的には、インストラクションの内容を簡潔にして、インタフェースの設計を、ゴールの表現に合うようにすることにより減少させることができる。しかし、現実には、ユーザ Step-by-Step のインストラクションには従わないことや、多機能化に伴うディスプレイの複雑化なども考慮しない訳にはいかない。しかし、本論文で示したような認知モデルによる分析結果を参考にすることにより、あいまいさを減少させるための対策を系統的に行うことができる。

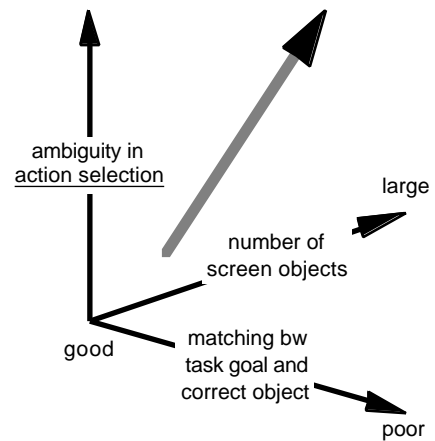


図 3. 操作選択過程におけるあいまいさ

#### 参考文献

- Carroll, J.M. (1990). *The Nuremberg Funnel: Designing Minimalist Instruction for Practical Computer Skills*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hutchins, E.L., Hollan, J.D., & Norman, D.A. (1986). Direct manipulation interfaces. In Norman, D.A. & Draper, S.W., Eds. *User Centered System Design*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Kintsch, W. (1988). The role of knowledge in discourse comprehension: a construction-integration model. *Psychological Review*, **95**, 163-182.
- Kintsch, W. & Welsch, D.M. (1991). The construction-integration model: A framework for studying memory for text. In W.E. Hockley & S. Lewandowsky (Eds.), *Relating theory and data: Essays on human memory* (pp. 367-385). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Kitajima, M. & Polson, P.G. (1995). A comprehension-based model of correct performance and errors in skilled, display-based human-computer interaction. *International Journal of Human-Computer Systems*, **43**, 65-99.
- Kitajima, M. (1996). ディスプレイベースのHCIの認知モデル - 適応専門知識の理論にむけて. *人工知能学会誌*. **11**, 2, pp. 321-329.
- Kitajima, M. & Polson, P.G. (1996). A comprehension-based model of exploration. *Proceedings of CHI'96 Conference on Human Factors in Computing Systems*.
- Mannes, S.M. & Kintsch, W. (1991). Routine computing tasks: planning as understanding. *Cognitive Science*, **15**, 305-342.

#### 連絡先

住所：305 茨城県つくば市東1-1

所属：生命工学工業技術研究所人間情報部心理情報研究室

Email : kitajima@nibh.go.jp

WWW:<http://www.aist.go.jp/NIBH/~b0544/>