

# 統合物語生成システムにおける状態-事象変換知識ベースの現状と課題

## The Current Status and Issues of the State/Event Transformation Knowledge Base in an Integrated Narrative Generation System

福田 至  
Itaru Fukuda

小方 孝  
Takashi Ogata

岩手県立大学ソフトウェア情報学部  
Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

As a mechanism in the story generation mechanism of our Integrated Narrative Generation System (INGS), we will describe the current status and the issues of state/event transformation mechanism and the State/Event Transformation Knowledge Base (SETKB), which are used to generate the corresponding states according to the events development of a story. Each of the states stores as an attributes frame the information relating to the associating events. In this paper, we define the SETKB for all verb concepts in the verb conceptual dictionary in the INGS and verify whether the implemented mechanism functions as a part of INGS.

### 1. はじめに

筆者らの統合物語生成システム[Akimoto 2012]におけるストーリー(物語内容)を構成する, 事象とその背景の状態との関係を扱う機構について述べる. ストーリー生成とそれに関連する幾つかの知識ベースを図 1 に示す. 事象または事象概念とは, 動詞概念とその格によって表される登場人物の行為を意味し, 状態はストーリーの特定の時点における登場人物・物・場所の具体的要素(インスタンス)の属性情報を記述する知識構造に相当する. 事象と状態には主に次の二つの関係がある—①事象は状態に何らかの変化を引き起こす, ②ある時点で可能な事象はその時の状態によって制限される.

このような状態と事象の関係は, ある事象によって生じる状態変化及びある事象の前提となる状態を定義した「状態-事象変換知識ベース(以下 SETKB (State/Event Transformation Knowledge Base)と呼ぶ)」と, これを利用して事象から状態を生成する「状態管理機構」によって管理される. この機構及び SETKB は, 幾つかの試作[中嶋 2008; Onodera 2012; 小野寺 2012]を経て, 現在の統合物語生成システム用に全面的に再開発したものが組み込まれている[Akimoto 2013a; 秋元 2013]が, SETKB についてはさらに改訂を続けている. 本稿ではその現状を紹介する.

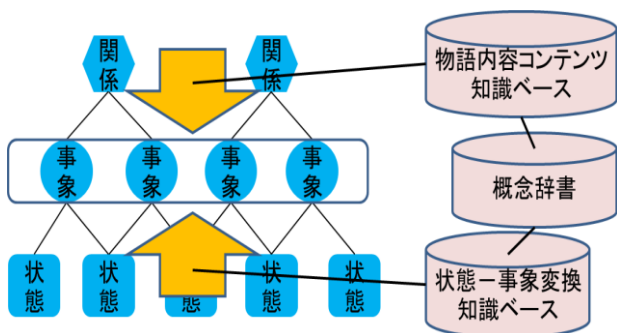


図 1 ストーリーの構成と関連する知識ベース

連絡先: 福田至, 岩手県立大学ソフトウェア情報学部ソフトウェア情報学科, 〒020-0693 岩手県滝沢市菓子 152-52, g031h134@s.iwate-pu.ac.jp

### 2. 統合物語生成システムにおけるストーリーと SETKB の関係

#### 2.1 ストーリー生成の仕組み

ストーリーの構造と, そのための最も基本的な知識である概念辞書[Oishi 2012]の概要を述べる. 図 2 は概念辞書とストーリー構造の関係を示す.

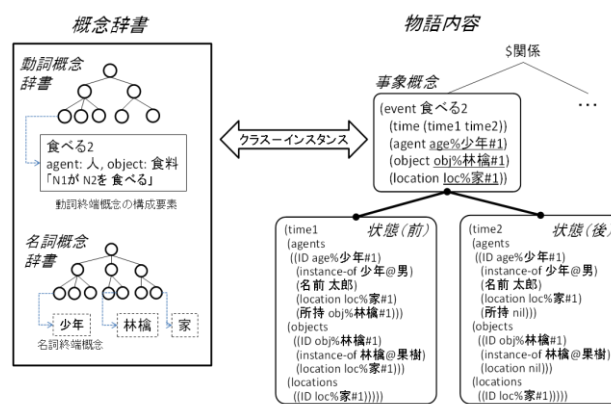


図 2 ストーリーの構造と概念辞書の関係

ストーリーは, 複数の「事象」が「関係」によって結合された木構造によって表される. 終端要素が事象であり中間要素が関係に相当する. 事象は, 動詞概念によって表される何らかの主体の行為や自然現象を意味する. さらに, 個々の事象の前後には「状態」が結び付く. 状態とは, 物語に登場する人物や物や場所等の具体的要素(インスタンスと呼ぶ)の情報を管理する知識であり, ある事象の後の状態は, 同時にその次の事象の前の状態となる. 個々の事象は, 動詞概念とその(深層)格からなるフレーム構造として記述される. 使用する主な格は, time (事象の前後各時点の状態の番号), agent (主体), counter-agent (対象人物), object (対象物), instrument (道具), location (場所), from (始発地点), to (終着地点) の 8 種類であり, time 以外の格には人・物・場所を表すインスタンスの ID (固有記号) が記述

される。インスタンスは名詞概念辞書中の終端概念から生成される。各インスタンスの属性情報はスロット名と値の対の集合として記述される。状態の実体はこのインスタンスの集合に相当する。

概念辞書には、動詞概念辞書、名詞概念辞書、修飾概念辞書の3つがあり、これらが提供する概念情報をもとに個々の事象や状態の情報が作られる。名詞概念辞書は約12万個の名詞概念を階層的に分類した構造を持つ。動詞概念辞書には、約1万2千個の動詞概念が定義されており、個々の動詞概念には、それが取る格の種類(格構造)や、個々の格の値の制約情報が定義される。修飾概念辞書は、約700の形容詞概念と約900の形容動詞概念を含む体系であり、各概念には動詞概念と同様に格構造と格の値の制約情報が定義される。

ストーリー生成は、事象やそれを複数含む構造的単位どうしを諸種の関係によって結び付けることで物語構造を変換・拡張する処理(「物語技法」と呼ぶ)を基本方式とする。これは概念辞書を基盤とする複数の知識ベースを参照して行われる。

## 2.2 状態の役割と状態管理機構

SETKBは、状態管理機構に結合されることで、ストーリーにおける事象の展開を状態と事象の関係という最もミクロな水準で支える。状態の主な役割は次の4つである—①ある時点での可能な事象の制約、②制約に反した事象に対する事象列の補完、③事象列の並行進行の管理、④物語言説における説明・描写説明への利用。

### (1) SETKB

SETKBには、状態と事象の関係を定義した規則(以下、変換ルール(状態-事象変換ルールの略))と呼ぶ)が格納される。具体的には、動詞概念辞書に含まれる個々の動詞概念に対して、その事象が引き起こす状態の変化(変化内容)と、同じくその事象が前提として必要とする状態の条件(前提条件)の二種類の情報を定義する。厳密には、個々の動詞概念は二種類以上の格構造を持つ場合があり、変換ルールはすべての格構造について定義される。図3は、動詞概念「食べる2」(「agentがobjectを食べる」)に対応する変換ルールである。

```

((変化内容
  ((actor agent) (slot 所持) (op nil) (order (del object)))
  ((actor object) (slot location) (op nil) (order (alt nil))))
(前提条件
  (条件1 (条件名 存在) (op nil) (actor agent) (slot 所持)
    (val (contain object))))
(格フレーム ((agent N1) (object N2)))
(動詞概念群 (食べる2)))

```

図3「食べる2」に対応する変換ルール

変換ルールの記述方法を補足する。まず「変化内容」には、一つのインスタンスの一つのスロット値に対する書き換え操作を一単位として、それが0個以上定義される。一つの書き換え操作としては、対象インスタンス(actor:事象中の格)、対象属性スロット(slot:スロット名)、書き換え操作(order:値の追加、削除、上書き、他)の三種類の項目が記述される(これらの項目で表わせない条件を記述する予備項目(op)も用意されている)。一方「前提条件」には、一つのインスタンスの一つのスロット値に対する必要な値の条件を一単位として、それが0個以上定義される。一つの条件としては、対象インスタンス(actor:事象中の格)、対象属性スロット(slot:スロット名)、必要な値(val:事象中の特定の格のインスタンスを値に含むこと、値が空(nil)であること、他)

の三種類の項目が主に記述される(その他、条件のタイプを記す「条件名」という項目と予備項目(op)が存在する)。

図3に示した「食べる2」の変換ルールには、「変化内容」として「agentの所持スロットからobjectを削除する」、「objectのlocationスロットをnilに書き換える」(objectが存在しなくなる)という二つの操作が記述され、「前提条件」として「agentの所持スロットにobjectが含まれる」という条件が記述されている。

### (2) 状態管理機構の処理概要

状態管理機構には主に二つの機能がある。一つは入力事象列に対応する状態列を生成する機能である。2.1節で述べたように、状態は物語内容に現れるインスタンスの集合に相当する。インスタンスには、名詞概念が持つ属性情報(属性フレーム)[小野2014]をもとに構成された基本的な属性情報が付与される。この機能は、各インスタンスに対し事象により生じる属性情報の変化の適用によって状態情報を作り出す。処理の流れであるが、まず個々のインスタンスが持つ基本的な属性情報をもとに初期状態(先頭の事象の前の状態)を生成する。その後、先頭の事象から一つずつ順に参照していき、個々の事象に対応する変換ルールに基づき、まず当該事象の前の状態が前提条件を満たすかどうかを確認し、満たす場合はその状態に変化内容に記述された状態変化を適用することにより、後の状態を作り出す。前提条件を満たさない場合は、それを満たす状態を新たに作成・追加(状態補完と呼ぶ)し、その状態に対して状態変化を適用する。

二つ目は、上述の状態補完が行われた状態を対象に、その状態変化を引き起こす事象を新たに生成・追加して、事象列の流れを補完する機能である。これを事象補完と呼ぶ。SETKB中の当該の状態変化に対応する変化内容を持つすべての変換ルールの中から一つをランダムに取得し、それに対応する動詞概念をもとに補完用の事象が生成される。

[Akimoto 2013a; 秋元 2013]は、状態管理機構及び動詞概念辞書中の一部の動詞概念に対応する変換ルールを構築し、そのメカニズムの詳細や動作例を示した。この時点のSETKBには、「人が主体となる物理的な動作」に分類される動詞概念4260個中の約半数に相当する2391個の動詞概念を対象として定義作業(手作業)を行って定義した、総数3178個の変換ルールが格納されている。何らかの理由でルールを定義できなかった動詞概念格構造には、変化内容及び前提条件なし(空)と定義した。この定義できなかった理由は3節で詳しく述べる。

### 2.3 プランニングに基づく物語生成方式との関連

物語生成システム研究における代表的な方法として、[Meehan 1980]以来階層型プランニングの方法が多用されてきた。これは、ある世界モデルにおいて初期状態から目標状態に至るための行動計画を、下位目標への分割・単純化を繰り返すことによって導く方法であり、物語生成システムにおいてはこれにより得られる登場人物達の行動系列がストーリーと見なされる。具体的には登場人物が前提条件を満たす行動を取ることによって次の状態への移行が行われるというサイクルにより、その点に関しては本稿で提案している方法はこれと類似している。異なるのは、本研究がこの種の方法を物語(ストーリー)における最も微視的な水準に主に適用し、その他の水準(物語におけるより大局的な構造に関連する側面等)に対しては、別の方法を採用している点である。その一つがストーリーグラマー的な方法である。

一般のストーリーグラマーは、物語を「設定」「エピソード」「事象」等のカテゴリに基づき階層的に分割した統語構造を表す

「統語規則」と、「動機」「因果」等の意味関係に基づく意味構造を表す「意味規則」から成る[Rumelhart 1975]. ストーリーグラマーはその中に「目標-計画」のようなプランニング型知識や「状態-反応」のような微視的な人間行動の規則のような物語全体にとっては局所的な知識を含むが、重要なのはそれらを包含する構図全体であり、登場人物の合理的な問題解決の行動連鎖としてのプランニング的物語展開は物語生成における部分的知識と見なされていると考えられる点である。現実の物語を見ても、例えば近松門左衛門が描くのは比較的意図的で問題解決型の登場人物達であるが、彼に匹敵する同時代の浄瑠璃作者である紀海音が好んで描くのは、予め定められたストーリーをなぞっていくような非意思的な(あるいはある単純な意思しか持たないような)登場人物達である。

筆者らがストーリー生成のための主要な方法の一つとして従来から使用してきたプロップ理論を独自に再解釈した方法[Imabuchi 2013]も一種のストーリーグラマーであり、これによって生成した大局的なストーリー構造もしくは粗筋的なストーリー構造を、その他の方法でより詳細化・具体化したり、断片的な挿話風の事象展開の中にストーリーグラマーによって展開されるより大規模なストーリーを挿入したりするなど、統合物語生成システムは異なる方法(談話論的方法やスクリプト的方法も含む)を融合して処理している[Akimoto 2013b]. 本稿で提案する方法は物語における比較的微視的な水準の構造を生成するのに向いている。但し現状では処理に階層性は含まれていない。また、プランニングが登場人物駆動型生成方式であるのに対して、ストーリーグラマーは語り手(送り手)駆動型生成方式であるとも言える。もう一つ聞き手(受け手)駆動型方式というの也被考えられる。これらは物語生成における主要な主体であり、統合物語生成システムではその統合を目指す。

### 3. 統合物語生成システムと結合した SETKB の拡張と動作検証

#### 3.1 SETKB の拡張

まず、上述の「人が主体となる物理的な動作」の動詞概念 4260 個全体を対象を広げて定義作業を行い、さらに作業全体を通じて挙がった問題点を整理した。なお、以前[秋元 2013]までと同様、変換ルールが定義困難な動詞概念格構造は状態変化・前提条件なしとした。結果として、5665 個の変換ルールを定義し、この中の 3178 個には何らかの変化内容・前提条件が記述され、2487 個は変化内容・前提条件なしとなった。

この変化内容・前提条件なしとした 2487 個の変換ルールが定義された動詞概念格構造について、問題点(定義できない理由)を表 1 に示す 18 種類に分類した。表中の「○」を付けた項目(No.1~7)は、解決策を検討し、実際に変化内容・前提条件を定義したものである。ここに 1401 個の変換ルールが含まれるため、現状では作業対象 5665 個の中の 4579 個の変換ルールに、変化内容と前提条件が定義されている。

今回対処した No.1~7 の問題の解決策について述べる。

まず、No.1, 2, 7 に分類される動詞概念格構造は何れも、変化内容におけるあるスロット値の変化後の値が、入力となる事象に含まれる情報のみからは特定することができないものである。例えば、動詞概念「登る 1」は、「agent が山に登る」(「登る」とその対象である「山」が一体化している)という意味として定義されている。しかし、「山に」が、具体的にどの山(すなわちインスタンス)を指すのかという情報は不明確である。これは動詞概念の定義自体の問題と見なせる。動詞概念の定義は、言語表現に依存している面があるため、事象の具体的な意味(行為の対象や

表 1 変換ルールにおける問題点

No:	解決	変換ルール定義できない理由	文型パターン	ルール数
1	○	格構造外の知識が必要である	N1が山に登る	1401個
2	○	場所や道具の限定的	N1が乗馬する	
3	○	概念的な物の取捨	N1がN2に習熟する	
4	○	概念的な行動の表現	N1が掟を破る	
5	○	分割する行為	N1がN2を割く	
6	○	方向・位置の表現ができない	N1がN2を向く	
7	○	対象(agent,object)が不明	N1が乗る	
8		動詞の意味が広い	N1がN2にへサービスする	1086個
9		慣用句が表現できない	N1がN2に尾髭を付ける	
10		固有名詞に依存する	N1が訪米する	
11		尺度不明	N1がN2を三倍にする	
12		状態変化不明	N1が両替する	
13		意味が定まらない熟語・複合語	N1がN2に乗降する	
14		物理的な動きがない	N1がN2の核心にへ迫る	
15		変化先不明	N1が決まる	
16		感情が表現できない	N1がN2を怒る	
17		執筆行為が表現できない	N1がN2を書き残す	
18		発音結果が表現できない	N1がN2を鳴らす(体の部位を鳴らしている)	

移動先等)を成り立たせるために必要な格が抜け落ちている場合がある。前述の「登る 1」の場合、「山に」は動詞概念と一体化しているが、本来、to 格(終着地点)として、特定の山のインスタンスが指定されるべきであると考えられる。従って、これらの問題には、動詞概念辞書における動詞概念の定義における格構造の改定により対処した。「登る 1」は、「agent が to(山)に登る」という意味の定義に変更することで、変換ルールにおいては、「agent が現在の居場所から、to が示す場所へ移動する」という意味のルールとして定義可能になる。

No.3, 5, 6 に関しては、現在システムが扱うスロットにおいては、厳密に尤もらしい意味での状態変化を定義することが難しかったが、既存の属性スロットを代用して暫定的に状態変化を定義した。例えば、「習熟する 1」(「agent が object に習熟する」)は、「能力」という属性スロットに、object が示す事柄(例えば「思考力」)を追加することによって、その能力を身に着けることを表した。

最後に No.4 について述べる。表 1 の例に挙げた「破る 1」(「agent が掟を破る」)のような、抽象的な行為を表す動詞概念格構造である。これを、[Lakoff 1993; 松本 2006]の概念メタファーによる概念領域間の写像の考え方を参考にして次のように解決した。この場合、「掟」を、破ることができる「紙」のような具体物に喩える。まず、前述の No.1, 2, 7 のための対処と同じく「掟」を object 格の値とする。そして、「掟」を所持していることを「掟を守っている」こと、「掟」を所持していないことを「掟を破っている」とことと見なす。「掟を破る」は、一つの具体物(インスタンス)である「掟」を「所持」スロットから除去すること、という意味の変換ルールとして定義した(図 4)。

```

((変化内容
  (actor agent) (slot 所持) (op nil) (order (del object)))
(前提条件
  (条件 1 (条件名 所持) (op nil) (actor agent) (slot 所持)
    (val (contain object))))
(格フレーム ((agent N1) (object N2)))
(動詞概念群 (破る 1)))
    
```

図 4 「破る 1」の変換ルール

### 3.2 SETKB の動作検証

以上の作業により構築した SETKB を統合物語生成システムと結合し、ストーリー生成において実際に使用し動作を検証した。なお、この検証は変換ルールが定義通りの想定した機能を果たしているかどうかを確かめる形式的なものであり、定義内容の意味的妥当性等の判断は含めない。次の3つに分けて行った。

(1) 定義した各変換ルールがエラーを起こさずに動作するかどうかを確認した。定義対象とした 4260 個の動詞概念それぞれから事象を生成し(動詞概念を入力としそのそれぞれの格に制約を満たす値を名詞概念辞書からランダムに選択し事象を生成する関数を使用)、その事象を入力として状態管理機構により状態を生成した(事象の前後の状態が生成される)。その結果、すべての動詞概念について、バグやエラーにより停止することなく状態が生成されることが確認された。

(2) 現在のストーリー生成機構が実際に生成する事象列において、SETKB に含まれる変換ルールがどの程度の頻度で参照されるかを調べた。10~20 程度の事象を含むストーリーを 50 種類ストーリー生成機構に自動生成させ、各ストーリーについて、その事象列においてどの程度変換ルールが使用されたかを計算した。その結果、一つのストーリーにつき平均約 54% の事象に対応する変換ルールが使用されたことが確認された。現状の動詞概念辞書に含まれる格構造の総数は 16079 個であり、今回変換ルールを定義したのはその内の 4579 個であるため、全体の約 28% に相当する。実際のストーリー生成処理の中で変換ルールが参照される頻度がそれよりも高いのは、ストーリー生成において「人が主体となる物理的な動作」の事象が生成される頻度が高いためである。

(3) 状態管理機構における状態補完機能及び事象補完機能によって生成された部分についての分析である。事象補完により追加された事象の前後における状態の変化と、その事象に対応する変換ルールの変化内容が対応しているかどうかを確認した。ストーリー生成機構により 50 個のストーリーを生成し、その中で補完により追加された事象一つ一つを確認した(合計 230 箇所)。その結果、229 箇所は正しく動作していることが確認されたが、一カ所だけ事象に対応する変換ルールにおいて変化内容が未定義のものが存在した。

以上のように、形式的には概ね正しく動作していることが確認できた。しかし内容的には多くの問題が残されている。次にその一つを示す。

### 3.3 その他

特に事象補完処理によって生成される事象の中に、意味的に不適切と思われるものが多く存在した。「E1.少年が庭で男に敗れた。E2.男が家に埋もれた。E3.男が家で墮落した。」という事象列を例に説明する。E2 が事象補完により追加された事象である。E1 の location から E3 の location への場所移動に相当する。しかし「埋もれる 2」という動詞概念は、単なる場所移動を超えた特殊な意味を持っている。現状のアルゴリズムでは、状態補完機能によって追加された状態変化に対応する変化内容を持つ変換ルールからランダムに一つを選択し、対応する動詞概念による事象を生成するため、場所の移動を表す事象を生成してほしい場合、「日参する 1」等単なる場所移動に止まらない意味を含み持つ事象が生成されることがある。このような場合は、単なる「行く 3」(「agent が to へ from から行く」)等、なるべく意味の単純な動詞概念を優先的に選別する等の処理をした方がよいと考える。

## 4. おわりに

統合物語生成システムにおけるストーリー生成機構中の一機構として、ストーリーの事象展開に伴って、関連する情報の中身を格納する状態を生成する状態-事象変換機構と状態-事象変換知識ベース(SETKB)の現状と課題を述べた。動詞概念辞書における「人が主体となる物理的な動作」の動詞概念全体に渡る構築を行い、形式的なレベルでは機構が統合システムと連動して動作することを確認した。意味的妥当性の検証は今後の課題である。

### 参考文献

- [Akimoto 2012] Akimoto, T. & Ogata, T.: Macrostructure and basic methods in the integrated narrative generation system by introducing narratological knowledge, *Proc. of 11th IEEE International Conference on Cognitive Informatics & Cognitive Computing*, 253-262, 2012.
- [Akimoto 2013a] Akimoto, T., Kurisawa, Y., & Ogata, T.: A mechanism for managing the progression of events by states in integrated narrative generation system, *Proc. of the 2nd International Conference on Engineering and Applied Science*, 1605-1614, 2013.
- [Akimoto 2013b] Akimoto, T., Imabuchi, S., & Ogata, T.: A story generation mechanism based on the cooperation of micro/macro story techniques: As a module in the integrated narrative generation system, *Proc. of 12th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science*, 377-384, 2013.
- [秋元 2013] 秋元 泰介, 栗澤 康成, 福田 至, 小方 孝: 物語内容における状態を管理する機構の構築, 言語処理学会第 19 年次大会, 378-381, 2013.
- [Imabuchi 2013] Imabuchi, S. & Ogata, T.: Methods for generalizing the Propp-based story generation mechanism, Yoshida, T., Kou, G., Skowron, A., Cao, J., Hacid, H., & Zhong, N. (Eds.), *Notes in Computer Science 8210*, 333-344, Springer, 2013.
- [Lakoff 1993] Lakoff, G.: The contemporary theory of metaphor, Ortony, A. (ed.), *Metaphor and Thought (2nd ed.)*, 202-251, Cambridge University Press, 1993.
- [松本 2006] 松本 曜: 認知意味論(シリーズ認知言語学入門 3), 大修館書店, 2006.
- [Meehan 1980] Meehan, J. R.: *The Metanovel: Writing Stories by Computer*, Garland Publishing, 1980.
- [中嶋 2008] 中嶋 美由紀, 小方 孝: 物語内容の構造, 人工知能学会全国大会(第 22 回)論文集, 1C2-3, 2008.
- [Oishi 2012] Oishi, K., Kurisawa, Y., Kamada, M., Fukuda, I., Akimoto, T., & Ogata, T.: Building conceptual dictionary for providing common knowledge in the integrated narrative generation system, *Proc. of the 34th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 2126-2131, 2012.
- [小野 2014] 小野 淳平, 小方 孝: 物語生成システムにおける概念体系の現状と課題, 人工知能学会全国大会(第 28 回)論文集, 2F4-OS-01a-6, 2014. (to appear)
- [小野寺 2012] 小野寺 康, 秋元 泰介, 小方 孝: 状態/事象変換知識ベースの構築とストーリーワールド/ストーリーライン循環生成, 人工知能学会全国大会(第 26 回)論文集, 1N2-OS-1b-9, 2012.
- [Onodera 2012] Onodera, K., Akimoto, T., & Ogata, T.: A state-event transformation mechanism for generating micro structures of story in an integrated narrative generation system, *Proc. of the 34th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 2150-2155, 2012.
- [Rumelhart 1975] Rumelhart, D. E.: Notes on a schema for stories, Bobrow, D. G. & Collins, A. M. (Eds.), *Representation, and Understanding: Studies in Cognitive Science*, 211-236, Academic Press, 1975.