

文脈理解への一考察

— 内部検証空間を用いた日本語非定型構文の文脈解析 —

納 富 一 宏 内 山 明 彦

早稲田大学理工学部

対象となる文章の形態を限定しない文脈理解を目的とした、内部検証空間 — 世界モデル — を用いた日本語非定型構文の文脈解析手法について述べる。本稿で提案する内部検証空間は動的な世界として記述され、この世界モデルの「起動、実行、及び最終状態への事象連鎖」を行なうことで、①状況依存性を有し、②既存知識との無矛盾性を保証する「推論の場」を提供する点が特徴である。本手法を用いることでスクリプトなどの状況マクロとほぼ同等の効果を世界モデルの中に取り込むことが可能となると共に、環境条件、制約条件によるプロダクションルールの適用制御を可能とする。また、具体例を示し、本手法の限界と問題点についても言及する。

A C O N S I D E R A T I O N O F C O N T E X T U N D E R S T A N D I N G

— Analysis of Non-Definite-Structured Japanese Sentences using Inner Evaluation Space —

Kazuhiro Notomi Akihiko Uchiyama

School of Science and Engineering, Waseda University

(3-4-1 Ohkubo, Shinjuku-ku, Tokyo, 169, Japan)

The purpose of this article is to propose a context analysis method for non-definite-structured Japanese sentences. Under this method, a context understanding system can process contexts according to their situations, by use of inner evaluation space — or 'World Model'. The system obtains nearly as much macro performance as when making use of scripts. It controls applications of production rules in reference to environmental and conditional rules.

1. はじめに

文脈理解、または談話理解における意味解析[8]では、「深い推論」を実現するという意味において、対象とする文章の形態を限定しない解析手法が要求される。今日、この要求に応える形で、様々な方略が提案されている[1, 2, 7]が、別の問題[7, 10, 11]を呈するというきらいがある。

これは自然言語の持つ曖昧性、多義性を極力解消するためのシステムへの当然の制約であるという見方が強いが、あくまでも「深い推論」を行なう必要のある文脈理解、または談話理解においては問題となる。

そこで、解析手法がその対象とする文章の形式に大きく依存する点に注目し、システムへの制約をできるだけ限り軽減することが重要であるとするなら、従来の方法論における、解析対象となる文章の形態を大きく2つに分けること、即ち、定型的な構文と、非定型的な構文という扱いは、意味のあることである。

文脈解析[4, 5]を行なう場合の標準的な手法も、対象とする文章の形態に依存するものであり、定型的なテキストの解析に対しては、スクリプトなどの状況マクロが有効であり、非定型的なテキストの場合にはプランニングなどのいわゆるプロダクションルールが用いられる。これら従来の方法においては、「深い推論を行なう」という要請に対し、スクリプト選択やルール適用などのさまざまな問題点があげられるが、これらの問題点を改めて考察し、対処する手法の提案及び検討を行うことが本稿の目的である。

以下、定型・非定型構文について触れた後、主として非定型構文と呼ぶ文章形態を有するものを対象とし、既存知識との整合性を保つことと計算機内部における推論検証空間との関係について述べ、無矛盾性を保証するとは何かを示し、本手法の全体像について解説する。また、本手法を用いた非定型構文の文脈解析過程を、簡単な例と共に示す。

2. 文脈理解

テキストの文脈構造[3, 4]への変換が可能である場合を、「文脈理解可能」とする。文脈構造は被解析テキストの表象する情報の全て、及び暗黙的に導出され得る情報の全てにおいて、知識ベースへのアクセスが可能でなければならない。即ち、理解された内容に対する質問の問題領域を制限してはならない[2]。何故なら、システムによる自然言語理解の判定基準は、質問応答

によってなされる[11]からである。

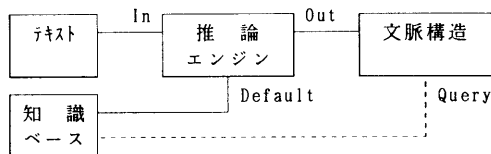


図1. 文脈解析

典型的な事象系列の表現(定型構文)に関してはシステムによる文脈理解の実現は可能であり、実際、幾つかの研究成果が認められる[1, 4, 7, 9, 10, 11]。

3. 定型構文と非定型構文

3.1 非定型構文と不測事象

テキストの定型・非定型の別を規定するのは、文脈構造が知識ベースに存在するか否かの事実である。知識として文脈構造が存在するなら、そのテキストは定型であると見なされる。人間の場合では、経験として存在する記憶とパターンマッチ可能な状況を「定型的」と感じるとされている[11]。従って、不測事象の系列を以って「非定型的」ということができる。即ち、「非定型構文」と言う場合は、その文脈構造の一般形式は、知識ベース内の「知識の雛形」という形では存在しないことになる。

「不測事象の系列」に関して定義を行なう。

不測事象の系列とは、スクリプトなどのマクロの知識が存在しない一連の状況に関する表現である。但し、不測事象の表現は、表層上の意味解析は可能であることが前提である。

3.2 内部検証空間との関連

ここで注意すべき点は、マクロの知識の存在が保証されている入力を「予測可能」とするわけであるので、「不測」であるとは、実際の文脈が既存の知識に反するような入力として捉えられるという点である。

この点を考慮すると、「不測事象の系列」を理解するためには、既存知識に矛盾しない「場・空間」においての理解がなされることが必要である。即ち、この点から無矛盾性を保証する内部検証空間というものが見出されるわけである。

定型構文と非定型構文は、知識としての有無だけで

はなく、それらの表象する状況に関しても異なった性質を持つ。従って、解析の手段としても異なったものが提案されているわけだが、どちらも一連の事象連鎖（因果連鎖）を捉えている点では同様な扱いがなされる。これを表1にまとめる。

表1. 定型構文と非定型構文

型	定型構文	非定型構文
解析の手段	スクリプト	プランニング
知識形態	状況マクロ	プロダクションルール
状況連鎖	明示的	Case by case
状況知識	有	無
状況制約	有	無
状況依存性	有	無
拡張性	無	有

4. 文脈解析の方法

4.1 意味構造関係の抽出

「不測事象の系列」なるものを理解するためには、表層上の意味関係から推論する方法が直接的であり、かつ自然である。そのためには事象連鎖を「文相互間の意味構造関係」として捉え、これを抽出し、また表現しなければならない。文相互間の意味構造関係を示す方法は、プロダクションルールなどの形式が一般的である。あるいは、依存関係グラフなどを用いることも考えられる。

ところが、一連の状況を事象連鎖として捉えるためにはこうした静的なデータ表現構造では対処できない場合がある。これは、理解フレーム（解析用）がマクロで表現されていないために、推論がルールの伝播形式となることに起因するからであると考えられる。即ち、極めて複雑な推論は、多くのルールによる条件分岐が考えられ、これは組合せ問題へと波及する可能性がある。

4.2 ルール適用と状況特定

多くのルールによる条件分岐を行なう知識表現形式が従来のプロダクションルールである。この形式には、plan-goalやMOPs[6]などがある。これらの知識表現の問題点は、文脈で想定されている状況にどこまで依存するかによる。つまり、特定の状況に大きく依存した場合に、「深い推論・理解」というものがなされるも

のであると考えられる。

直観的な議論をするならば、ルールが特定状況を想定して記述されていない限り一般的には、状況の特定は難しいと言える。

マクロのように状況に極めて依存した知識においては、因果連鎖は正しく形成されるものと考えられるが、ルールによる因果連鎖は自由度が高い反面、曖昧性が増大してしまう。マクロで解析できる文脈とは定型的であると言える。しかし、ルールでしか解析できない文脈は定型的ではない。即ち、非定型的である。この非定型的な文脈は、勿論自由度の高い（つまり、自由に因果連鎖を形成することのできる）知識-ルールのによって解析されなければならないが、従来の方法のみでは問題点も多い。

4.3 状況特定の方法

この問題点の本質は、ある状況というものを完全に特定できる解析用のルールが存在すべきであるという要求を提起するものである。この要求は、

- ①新たな手法によるルールの表現形式の提案
- ②ルールの状況依存性を保証する補助的な制約機構を用意する

のいずれかの方法によって解決されるものと考えられる。つまり、状況を特定する方法を提案することが重要である。

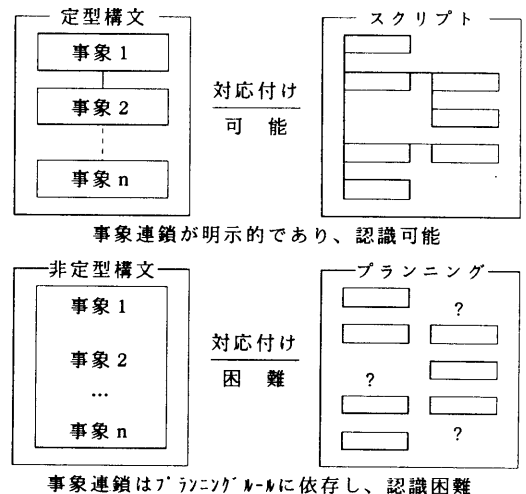


図2. 文脈解析の方法と問題点

5. 内部検証空間としての世界モデル

5.1 「積木の世界」[9]から得ること

入力文に現われる情景描写などから得られる「環境条件」を処理するためには、これらの環境条件を自由に設定可能な内部的なモデルが必要になる。これを世界モデルと呼ぶ。世界モデルは、一種のメンタルモデルであり、このモデルにおいて推論が実行できる必要がある。また、この世界モデルにおける推論がルールによる状況特定に対して有効であると言える。

「積木の世界」に見られるような、非常に小規模な（実際、システムは積木に関する表現しか受理しない）世界では、状況に依存した理解がなされている。

「積木の世界」の成功から得ることとは、

1. 対象世界を限定すれば自然言語理解は成功する
2. 計算機自身が世界を内部に取り込み、これを認識（自己認識）し、操作できること

であるが、我々は後者の意見を重要だと考える。

つまり、次の3点である。

- A. 世界モデルの起動可能性
- B. 世界モデルの自己認識性
- C. 世界モデルの状況依存性

5.2 世界モデルの起動

ここで注意すべき点は、設定した世界モデルが静的なものであっては意味が無いという点である。つまり、一般的な非定型文の解析の本質は、環境条件が設定された状態（ここまでは静的である）で、ある一連の事象が起こるわけであるので、それらの事象を因果連鎖として認識し、事象の逐次的な、あるいは並列的な実行により、モデル自体が動的な扱いがなされることで、「モデルの起動・実行、および最終状態への連鎖」が大事なのである。簡単に言うならば、「世界モデルのインタプリティブな実行とそのトレース」により、因果連鎖の逐次的な理解を行なうことを提案したい。

5.3 世界モデル内でのルール適用（プランニング）

こうした環境条件の設定された世界モデルにおいては、通常、知識との矛盾を生じるような表現であっても、モデル内部では無矛盾性が保証される推論を行うことができる。また、そうした推論が可能なモデルを考える。プロダクションルールの自由度を制御することが世界モデルの特徴である。この状況に依存した制約を設けた状態でルール適用を行なうことにより、プロダクションルールによる推論（プランニング）の問

題点を吸収することがこの手法の利点である。

5.4 制約ルールの付加

プロダクションルールへの状況依存性を有する制約は、世界モデルを制御するものとして捉えられる。この制約条件は、世界モデルの側からみた場合、一種の規則、即ち、「制約規則」と考えることができる。世界モデルを起動するためには、この制約規則の同時的な適用が重要である。

直観的なイメージとしては従来のプロダクションルールが持ち得なかった状況依存性（即ち環境条件、状況からの制約条件など）を、制約規則の適用により本来の性質を保ち、受け継ぐことで、問題点をモデルの実行という形で吸収してしまう、ということである。更に簡単に言うならば、プロダクションルールと制約規則とにより状況依存性が得られるということである。

以上の手法により状況依存性を有する非定型文の文脈構造解析が可能となる。

5.5 世界モデルの利用

世界モデルは、内部的な推論検証空間である。

従来の知識とは区別されるべき検証空間という意味で、「内部」という表現を用いている。システムは、知識との無矛盾性を保証する推論の場を与えられることで、多種類の非定型文の解析を行うことができる。例えば、空想的な物語、初期知識とは異なる事実表現、など。

6. 提案のまとめ

以上、本稿の主旨を述べた。以下、提案の詳細をまとめる。

6.1 自己認識性

文脈理解においては、理解された内容は文脈構造で与えられるが、状況に依存し、かつ自己認識を行なう理解を可能にするためには先に述べたように、従来の方法では困難である。特に、状況（質問文の違いなど）によって、最初に与えられた文脈構造から必要な情報のみを知識ベースから引き出す場合や、何等かの推論過程が必要な場合があるわけである。これに対処する方法としては、最初の解析段階で得られる内容－文脈構造－を検証するための空間を用意し、この検証空間において推論を行ない、その「状態」を表現すること

ことが考えられる。この検証空間を世界モデルと呼ぶ。即ち世界モデルは、文脈理解を状況に応じて行なうための推論検証の場であり、これは推論を逐次実行して行く過程で変化する。ある状況の理解とは、例えば質問文によりある事象が特定されることになるが、この状況と世界モデルの状態が一致する段階での文脈構造を用いることにより、文脈理解が状況依存性を持つことになる。

状況依存性を持った文脈理解では、システムが自己の推論を表出したことを認識していると見なし、これを自己認識性と呼ぶことにする。即ち、自分の理解した事柄を自分で認識しながら、次に表出される表現が自己矛盾しないように文脈理解を行なうことを意味する。

6.2 世界モデルの構築

本手法は状況依存性、及び自己認識性を持った文脈解析手法であり、世界モデルを検証空間とするサブ推論エンジンにより駆動される。サブ推論エンジンとは、定型構文の解析・理解に用いられる（定型的な文脈構造を生成する）推論エンジンとは異なり、推論のための知識や規則は全て、世界モデル内においてのみ有効なものである。従って、架空の文脈や仮定に基づく文脈をも世界モデルの設定如何によっては推論可能となる。世界モデルはシステムが自由に使用することのできる内部推論機構である。世界モデルの構成を図3に示す。

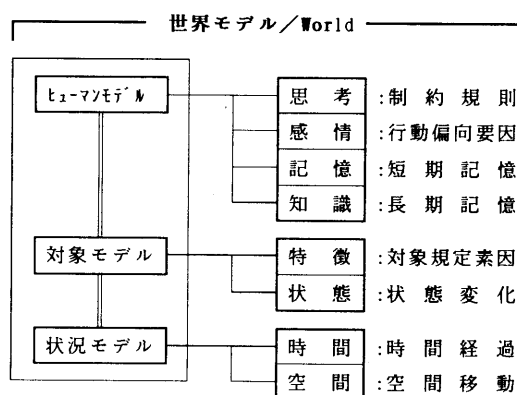


図3 世界モデルの構成

世界モデルでは人間、及び人間と同等の思考レベルの対象を「ヒューマンモデル」で、それ以外の対象を

「対象モデル」で、また場面・状況を「状況モデル」で表現する。

ヒューマンモデルでは思考、感情、記憶、知識のそれぞれのスロットを区別し、これらのスロットセットにより、ある場面・状況における個体が一つ規定される。規定された個体は、世界モデルにおける他の個体に対して働きかけを行なうことができ、また反対に他の個体からの働きかけを受けることができる。ヒューマンモデルは、任意の個体の内、主として人間の行動シミュレーションを行なうことを目的としたデータセットである。

ヒューマンモデルに相対するのが対象モデルであり、ヒューマンモデルとは区別されるべき個体を対象として表現する。対象モデルは特徴、状態スロットにより規定され、ある時空での対象の有様を示す。

ヒューマンモデル、及び対象モデルでは、場面・状況によりスロットの内容が変化することになるが、この場面・状況を表現するために用意されたスロットセットにより規定されるデータ構造を状況モデルと呼ぶ。状況モデルでは、時間、空間のスロットが区別される。

世界モデルに含まれるヒューマンモデル、対象モデル、状況モデルは、その世界で扱うことのできる全ての概念をスロット値として持つことができる。

世界モデルの利点は、状況を把握すること（文脈理解）と、その状況の発話行為（文生成）とを並立的に扱える点にある。これから自己認識性を備えた文生成手法も示唆される。

以上を図4にまとめる。

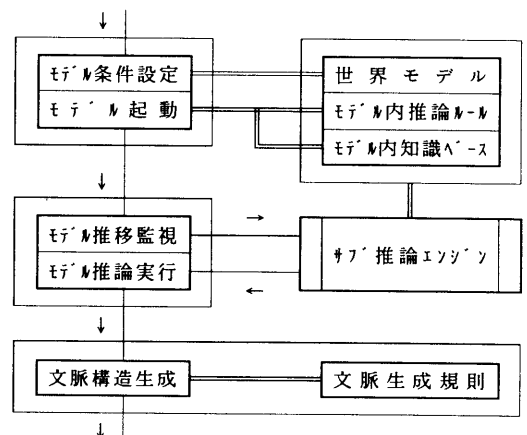


図4 内部検証空間の処理と構成

7. 具体例

7.1 解析に用いる文章例

本手法を用いた文脈解析の具体例を考える。

1. 太郎は駅で切符を買った。
2. 電車はすぐ来たので、彼はそれに乗り、3つめの駅で降りた。
3. 改札を抜け、左手の階段を降りると、次郎が待っていた。
4. 彼は「遅いぞ」と言って、歩き出した。
5. 二人は駅前のファーストフードの店で軽く食事をし、駅の反対側にある映画館に向かった。
6. 次の上映時間には、まだ30分余裕があったので、売店でコーラとポップコーンとプログラムを買った。
7. 2時間後、次郎は「面白かった」と言いながら出てきたが、太郎は大きなあくびをしながらで返事はしなかった。
8. 彼らは駅へと引き返した。
9. 駅は夕方のラッシュで大変混雑していた。

7.2 非定型文解析について

非定型文といっても、ある状況記述に過ぎない。もし、非定型構文をスクリプトなどで解析しなければならないとしたら、複数のスクリプトを用い、しかも部分的なスクリプトの適用ということを考えなければならない。これを進めて行くと、スクリプトのスクリプトとしての性質を失うことになる。つまり、スクリプトの利点は「マクロ」にあるのであって、これを細分化してしまうと、プランゴールでの解析と何等変わらなくなってしまうであろう。実際、先の例文をマクロ的に解析するためには、

1. 電車への乗車
2. 待ち合わせ
3. ファーストフードでの食事
4. 買物
5. 映画鑑賞
6. 帰宅

といった6種ものスクリプトが必要であるが、どれも部分的な適用しかできない。故に、plan-goalによる前向き推論(プランニング)を行わなければならない。

また、談話理解における「時空」の問題もある。先の例文では明らかに時間の変化(経時)、空間の変化(移動)が認められる。これをプランニングで扱うためには非常に大変な処理が要求される。つまり次のような質問に答えるのは難しい。

空間:

1. 映画館はどこにあるか?
2. 売店はどこにあるか?

時間:

3. 映画上映中の時間はどのくらいか?
4. 彼らは何時頃、どこで待ち合わせをしたか?

心理:

5. 次郎は何故太郎に文句を言ったか?
6. 太郎は映画を面白いと感じたか?

7.3 矛盾について

無矛盾性の保証とは、入力事実(被解析テキストの表層表現)と知識とが矛盾しないような方策をシステムが持っているという意味である。

入力事実 f と知識 k とが矛盾する場合は次の2つが考えられる。

- I. 有知識型
- II. 無知識型

表2. 入力事実と知識の矛盾

型	入力事実 f	知識 k
I	$do(\text{fly}, \text{human}).$	$can(\text{fly}, \text{human}) :- \text{fail}.$
	$not(f)$ と k がunifyできる場合	
II	$do(\text{fly}, \text{human}).$	$can(\text{walk}, \text{human}).$ $can(\text{swim}, \text{human}).$ $can(\text{fly}, \text{bird}).$
	f が評価できない場合	

そこで、極めて単純な方法ではあるが、矛盾を解消するために、I型の場合には知識 k を世界モデル内の知識ベースから削除し(実際にはmaskingを行なう)強制的に入力事実 f をtrueとする。また、II型の場合は世界モデル内の知識ベースに入力事実 f を追加し f の評価を可能にする。これにより形式的には無矛盾性が保証される。ここで注意すべき点は、世界モデルにおける推論エンジン、及び知識ベースは、あくまでも内部検証空間において有効なものであり、通常処理におけるものとは区別されている点である。

7.4 本手法の問題点と限界

世界モデルを用いること自体は目新しいものではなく、無矛盾性の保証に関しても場当り的な方法に過ぎない。従って、本手法により解析可能な非定型文も先に示したような有意味的な文脈しか扱うことができない

い。本来の目的では、隠喩や、詩的表現をも理解できるシステムの構築を目指しているわけだが、現段階では問題点が残されている。この問題点について述べる。

(1) 無矛盾性の保証と既存知識との競合

無矛盾性を保証するために、世界モデル内での知識ベースを操作しているわけだが、プランニングの為の推論規則との競合問題が生じる。これは、入力事実を全て真として扱うために、これに反する知識にはマスクをかけ、世界モデルを形成して行くが、この段階ではプランニングに必要な知識か否かが完全には判定できないため、世界モデル起動の時点で、プランニングに必要な知識が存在しなくなる場合がある。これに対処するためには、推論規則全体への影響を、モデル形成の時点で監視しなければならない。この問題は、本手法の提案に当たり、最初に予想されたため、世界モデルと通常処理での知識ベースを区別したわけだが、それ以上の影響があることが判った。今後は、知識ベースの操作を工夫する必要がある。

(2) マクロ効果の限界

スクリプトなどのマクロ的知識と同等の効果(①デフォルトによる推論、②状況依存性)が得られるように、世界モデルの実行を行なうことで、因果連鎖を形成し、状況を同定して行くわけだが、プランニング知識により得られる情報のみでは、文脈における省略事象(文章に書かれていない事象)の同定には限界がある。従って、人間により与えられた完全スクリプトと比較すると、デフォルトによる推論が貧弱となる。この点に対処するために、既存知識としてスクリプトが利用できる場合は、そのスクリプトを用いて解析を進めているが、知識としてマクロが存在しない場合には、マクロ効果の限界が極めて低いレベルに落ちてしまう。この場合、プランニング規則を強化して(デフォルト推論のための機能を付加するなど)マクロ効果をあげるなどの工夫が必要であろう。しかし、一概にはこの方法は単純ではなく、プランニング規則の強化は、推論の自由度という点から問題が生じると思われる。

(3) 状況依存性の低下

世界モデルの設定において、その環境条件、制約条件を入力テキストから得ているが、表層表現として、情景描写などが全く存在しない場合、状況依存性は低下する。これは、設定された世界モデルにおいてプランニングの適用制御を行なっていることに起因する。

この問題点は、現状では解消できない。何故なら各種条件が設定されなければ、内部検証空間を用いない状況と全く同じになってしまうからである。従って、この意味においては本手法は有効ではない。

8. おわりに

内部検証空間としての世界モデルの実行により、事象連鎖を同定し、状況に依存した理解を行なう文脈解析手法について述べた。本手法は、マクロ的な効果をプランニングにおいても得られるように、非定型構文を対象とした解析手法である。

我々は、定型文の解析手法[1, 2]を考察するかたわら、本手法を応用した技術論文作成支援システムの構築をPrologを用いて行なっている。将来は「文脈プロセッサ」の開発を目指している。

【参考文献】

- [1] 納富,内山:“自然言語における定型文の解析”, 早大情科センター, 紀要 vol.9 '89/spring, (掲載予定).
- [2] 納富,小高,内山:“文脈理解における問題点とその考察—理解手法の統合と学習機構について—”, 情処第35回全大7C-7, pp.1131-1132, (1988-09).
- [3] 野村,内藤:“自然言語理解における意味表現”, 情報処理, Vol. 27, No. 8, pp.906-914, (1986-8).
- [4] 石崎,井佐原:“文脈と言語理解”, 信学技報NLC 86-4, pp.23-30, (1986-06).
- [5] 伊佐原均:“自然言語処理と推論”, 信学技法A188-22, pp.1-8, (1988).
- [6] 石崎,井佐原:“文脈情報を抽出するための意味表現構造について”, 情処研資料 知識工学と人工知能36-3, pp.1-8, (1984-09).
- [7] 戸田,阿部,他:“認知科学入門「知」の構造へのアプローチ”, サイエンス社, (1986-04).
- [8] 野村浩郷:“自然言語処理の基礎技術”, 電子通信学会, (1988-03).
- [9] 佐伯胖, 田中, 他:“LISPで学ぶ認知心理学3言語理解”, 東京大学出版会, (1987-05).
- [10] Schank et al:“INSIDE COMPUTER UNDERSTANDING: Five Programs Plus Miniatures”, 邦訳 石崎俊監訳:“自然言語理解入門 LISPで書いた5つの知的プログラム”, 総研出版, (1986-10).
- [11] Schank:“THE COGNITIVE COMPUTER On Language, Learning, and Artificial Intelligence”, 邦訳 淵,石崎:“考えるコンピュータ”, ダイヤモンド社, (1985-11).