

漸進的構文解析における構文的曖昧性とその解消

加藤芳秀† 松原茂樹† 外山勝彦†§ 稲垣康善†

名古屋大学大学院工学研究科† 名古屋大学言語文化部†

名古屋大学統合音響情報研究拠点§

〒464-8603 名古屋市千種区不老町

Tel. 052-789-5145 Fax. 052-789-3800

E-mail: {yoshihide,matu,toyama,inagaki}@inagaki.nuie.nagoya-u.ac.jp

概要 漸進的構文解析では、文の入力途中において構文構造を作成するため、作成された構造の中には、以後の入力の解析に用いられない不適切なものが含まれる可能性がある。そこで本稿では、漸進的構文解析において、以後の入力の解析に用いられる適切な構文構造を随時判別する手法を提案する。本手法では、構文構造間の包含関係、及び構文構造の未決定部分がつ情報を用いることにより、入力途中の段階で随時、構文構造の適切性を判定する。これにより、漸進性を保持しつつ、適切な構文構造のみを出力することができる。本手法を用いることにより、入力文を漸進的に、かつ適切に解釈することが期待できる。

キーワード 漸進的構文解析, 漸進的解釈, 構文的曖昧性, 曖昧性解消, 出力タイミング

Syntactic Disambiguation in Incremental Parsing

Yoshihide Kato† Shigeki Matsubara† Katsuhiko Toyama†§ Yasuyoshi Inagaki†

Graduate School of Engineering, Nagoya University†

Faculty of Language and Culture, Nagoya University†

Center for Integrated Acoustic Information Research, Nagoya University §

Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, 464-8603 Japan

Tel. +81-52-789-5145 Fax. +81-52-789-3800

E-mail: {yoshihide,matu,toyama,inagaki}@inagaki.nuie.nagoya-u.ac.jp

Abstract This paper proposes a method of discriminating correct syntactic structures from incorrect ones in incremental parsing. Whenever a word is inputted, the method does the discrimination by utilizing both inclusion relation between syntactic structures and information of undecided parts of the structures. The discrimination at an early stage enables the parser to output only the correct structures as soon as possible. The parser can process sentences correctly with keeping incrementality.

key words incremental parsing, incremental interpretation, syntactic ambiguity, disambiguation, output timing

1 はじめに

実時間対話処理システムを実現するためには、自然言語文をその出現順序に従って順次解釈する枠組、すなわち漸進的解釈手法が不可欠となる [2, 7]. 相手の発話を漸進的に解釈することにより、発話途中での割り込みの生成や即時的な応答が可能となり、自然で円

滑な対話の実現が期待できる。

漸進的に意味解析や文脈解析を行うためには、入力途中の段階で、それまでの入力に対する構文構造を作成する必要がある。それを実現する手法として、漸進的チャート解析が提案されている [5]. この手法は、語が入力されるごとに随時、それまでの入力に対する構文構造を作成する。

ところで、漸進的チャート解析は以後の入力を予測しながら構文構造を作成するが、予測が一つに決定できない場合は、各予測に従って構造をそれぞれ作成する。すなわち、予測の非決定性によって構文的曖昧性が生じる。また一般に、以後の入力の予測の中には誤った予測も含まれているため、漸進的チャート解析において作成された構造は、以後の入力の解析に用いられない不適切なものである可能性がある。そのような構造をもとに、対話システムが意味解析や文脈解析を行い、発話内容を定めると、対話システムは相手の発話に対して不適切な応答をすることになる。

予測の非決定性による構文的曖昧性は、入力が進捗し、以後の入力が決定されることにより次第に解消されると考えられる。したがって、上の問題を解決する一つの方法として、語単位で構文構造を出力するという制約を緩和し、予測の曖昧性が完全に解消されるまで出力を遅延することが考えられる。

そこで本稿では、漸進的チャート解析において、構文構造の出力を遅延することとして、構文構造が以後の入力の解析に用いられる適切な構造であることが保証された段階で、これを出力する手法を提案する。本手法では、構文構造間の包含関係、及び構文構造の未決定部分をもつ情報を用いることにより、入力途中の段階で随時、構文構造が適切であるかどうかを判別する。これにより、適切な構文構造のみを漸進的に出力することができる。

本稿の構成は以下の通りである。次の2節では、漸進的チャート解析と予測の非決定性による構文的曖昧性の問題について述べる。3節では、漸進的チャート解析における曖昧性解消手法について述べる。4節では、解析例を示す。

2 漸進的チャート解析とその問題点

本節では、漸進的チャート解析 [5] について簡単に説明し、その問題点を論じる。なお、通常のチャート解析の説明については文献 [8] に詳しいので、そちらを参照されたい。

漸進的チャート解析は従来のチャート解析 [4] と同様に、チャート (chart) と呼ばれるグラフ構造を用いて解析結果を保持する。チャートは節点の集合、及び弧の集合から構成される。節点 (node) は入力文中の語と語の間に位置する。 i 番目の語 w_i と $i + 1$ 番目の語 w_{i+1} の間の節点は、番号 i でラベル付けされる。以下では、番号 i でラベル付けされた節点を単に節点 i と呼ぶ。弧 (edge) は節点と節点を結び、その弧が覆っている部分に対する構文構造をラベルとしてもつ。この構文構造は項 (term) と呼ばれるデータ構造で表わさ

れ、記法 $[\alpha]_X$ で表現される。ここで、 X は範疇であり、 α は語、記号 '?', 項のリスト、のいずれかである。項 $\sigma = [\alpha]_X$ に対して、 X を σ の範疇と呼ぶ。 $[?]_X$ を未決定項 (undecided term) と呼ぶ。この項は構造が決定されていないことを表現している。項の中に出現する未決定項のうち、最も左に位置するものを最左未決定項と呼ぶ。弧にラベルづけされた項の中に未決定項が出現するとき、この弧を活性弧 (active edge) と呼び、そうでないとき、不活性弧 (inactive edge) と呼ぶ。

漸進的チャート解析では、活性弧にラベル付けされた項の最左未決定項を別の項で置き換えることにより解析が進捗する。すなわち、 i 番目の語 w_i が入力されたとき、以下の3つの手続きを順次実行する。なお、以下では A, X, Y, Z は範疇を表すものとする。また、弧のラベルが項 σ であるとき、 σ をその弧の項と呼ぶことにする。

- 1) 辞書引き 語 w_i の範疇が X ならば、項 $[w_i]_X$ をラベルとしてもつ不活性弧をチャートの節点 $i - 1$ と節点 i の間に追加する。
- 2) 文法規則の適用 チャートの節点 $i - 1$ と節点 i を結び、項 $[\dots]_X$ をラベルとしてもつ弧に対して、文法規則 $A \rightarrow XY \dots Z$ が存在するならば、項 $[[\dots]_X [?]_Y \dots [?]_Z]_A$ をラベルとしてもつ弧をチャートの節点 $i - 1$ と節点 i の間に追加する。
- 3) 項の置き換え チャートの節点 0 と節点 $i - 1$ を結び活性弧の項 σ の最左未決定項を $[?]_X$ とする。このとき、チャートの節点 $i - 1$ と節点 i を結ぶ弧の項 τ の範疇が X ならば、項 σ の最左未決定項を項 τ で置き換えた項をラベルとしてもつ弧をチャートの節点 0 と節点 i の間に追加する。

漸進的チャート解析は、従来の上昇型チャート解析と異なり、活性弧に対して文法規則を適用する操作、及び活性弧の項の最左未決定項を別の活性弧の項で置き換える操作を導入している。これにより、入力途中の段階で、それまでの入力に対する構文構造を漸進的に作成することが可能となるため、この手法は、漸進的な意味解析や文脈解析を実行する枠組に適している。

例えば、図 1 に示す文法と辞書を用いるとき、英語文

I saw her aunt with the telescope. (1)

における語 “saw” が入力された段階では、“I saw” に対する項

[[[I]_{pron}]_{np}[[saw]_{vi}]_{vp}]_s (2)

[[[I]_{pron}]_{np}[[saw]_{vi}]_{vp}]_s (3)

文法	辞書
s → np vp \$	pron → I / her
np → pron	det → the / her
np → det n	n → aunt / telescope
npl → det n pp	p → with
pp → p np	vi → saw
vp → vi	vt → saw
vp → vt np pp	\$ → .
vp → vt npl	

図 1: 構文解析のための文法と辞書

$$[[[I]_{pron}]_{np}[[saw]_{vt}[?]_{npl}]_{vp}]_{\$}]_s \quad (4)$$

をそれぞれ作成することができ、この段階で動詞 “saw” の主語は “I” であるなどといった文の構成要素間の関係を捉えることができる [1].

ところで、漸進的チャート解析は以後の入力を予測しながら項を作成するが、予測を一つに決定できない場合、各予測にしたがって項をそれぞれ作成する。すなわち、予測の非決定性によって構文的曖昧性が生じる。また一般に、以後の入力の予測の中には誤った予測が含まれるため、作成された項は以後の入力の解析に用いられない不適切なものである可能性がある。そのような不適切な項をもとに、対話システムが意味解析や文脈解析を実行し、発話内容を定めると、対話システムは相手の発話に対して不適当な応答をすることになる。

例えば、英語文 (1) において語 “saw” が入力された段階では、以後の入力として

- 1) 範疇が \$ である文の構成要素
- 2) 範疇が np, pp, \$ である文の構成要素
- 3) 範疇が npl, pp, \$ である文の構成要素

の3つが予測され、各予測に従って、それぞれ項 (2), (3), (4) を作成する。しかしながら、予測 1) は誤っているため、この予測に従って作成された項 (2) は、“saw” 以後の入力に対する解析には用いられず、それに対して意味解析を実行しても正しい解析結果を得ることはできない。

予測の非決定性によって生じた構文的曖昧性は、入力が進行するにしたがって次第に解消されると考えられる。なぜなら、以後の入力が決定されるにつれて、予測の正誤が次第に判明するからである。例えば、英語文 (1) において、語 “saw” が入力された段階で3つの予測が行われたが、次の語 “her” が入力された段階

で、“her” は範疇が \$ である構成要素とはなり得ないため、予測 1) は誤っていたことが判明する。したがって、予測 1) にしたがって作成された項 (2) は適切でないことがわかる。

そこで、上の問題を解決する一つの方法として、語単位での項の出力という制約を緩和し、予測の非決定性による曖昧性が解消されるまで出力を遅延することが考えられる。このとき、出力をどの程度遅延するかを考慮する必要があるが、本稿では、予測の非決定性による曖昧性が完全に解消され、項が以後の解析に用いられる適切な項であることが保証されるまで出力を遅延する方法を採用する。

3 漸進的構文解析における曖昧性の解消

本稿で提案する手法は、漸進的チャート解析において出力タイミングを制御する枠組を導入している。語が入力されるごとに、解析処理により項を作成し、その適切さを随時判別し、適切であれば即座にこれを出力する。なお、対話においては、文法から逸脱する不適格文が出現するという問題があるが、問題を簡単にするため、入力文は適格であると仮定する。

まず、項に関するいくつかの概念を定義する。

定義 3.1 (包含関係) 項 σ , τ に対して、ある項 θ が存在し、 σ の最左未決定項を θ で置き換えることにより得られる項が τ に等しいとき、 $\sigma \triangleright \tau$ と書く。さらに、 \triangleright^* を \triangleright の反射推移閉包とする。 $\sigma \triangleright^* \tau$ であるとき、 σ は τ を包含するという。□

σ が τ を包含するとは、 τ が σ を具体化した項であることを意味する。例えば、項

$$[[[I]_{pron}]_{np}[?]_{vp}[?]_{\$}]_s \quad (5)$$

は項 (2) ~ (4) を包含している。

定義 3.2 (項の適切さ) 入力文 $w_1 \dots w_n$ に対して項 σ が適切であるとは、次の 1. ~ 3. を満たす項 τ が存在するときである。

1. $\sigma \triangleright^* \tau$.
2. τ は $w_1 \dots w_n$ に対する項である。
3. τ は未決定項を含まない。□

$w_1 \dots w_n$ に対して σ が適切であるとは、項 σ に対して置き換え手続きを有限回実行することにより、入力文 $w_1 \dots w_n$ に対する項が作成されることを意味する。例えば、項 (3), 及び (4) に対して置き換え手続きを実行することにより、最終的に、英語文 (1) に対する項が得

られるので、文(1)に対して項(3), (4)は適切である。また、項(2)に対して置き換え手続きを実行しても、文(1)に対する項は得られない。すなわち、文(1)に対して項(2)は適切でない。

定義 3.3 (項の未決定範疇列) 項 σ に出現する未決定項を左から順に並べたものを τ_1, \dots, τ_m とする。また、 τ_k ($1 \leq k \leq m$)の範疇を X_k とする。このとき、 X_1, \dots, X_m を σ の未決定範疇列という。 □

項 σ の未決定範疇列が X_1, \dots, X_m であるとは、範疇がそれらであるような文の構成要素が以後に入力されるという予測にしたがって σ が作成されたことを表す。すなわち、 X_1, \dots, X_m であるような構成要素がそれ以後この順で入力されたとき σ は適切となる。例えば、項(3)の未決定範疇列は $np, pp, \$$ であるが、範疇がそれぞれ $np, pp, \$$ である文の構成要素、例えば、“her aunt”, “with the telescope”, “.”が以後にこの順で入力されたとき、項(3)は適切となる。

項 σ, σ' の未決定範疇列が一致するならば、項の適切さも一致する。なぜなら、 σ, σ' の未決定範疇列を共に X_1, \dots, X_m とすると、範疇が X_1, \dots, X_m である文の構成要素が順に入力されたとき、 σ, σ' はどちらも適切となり、そうでないときは、どちらも適切とならないからである。例えば、英語文(1)において、“her”が入力された段階では、項

$$[[[I]_{pron}]_{np}[[saw]_{vt}[[her]_{pron}]_{np}[?]_{pp}]_{vp}[?]_{\$}]_s \quad (6)$$

$$[[[I]_{pron}]_{np}[[saw]_{vt}[[her]_{det}[?]_n]_{np}[?]_{pp}]_{vp}[?]_{\$}]_s \quad (7)$$

$$[[[I]_{pron}]_{np}[[saw]_{vt}[[her]_{det}[?]_n]_{pp}]_{np1}]_{vp}[?]_{\$}]_s \quad (8)$$

が作成される。項(7), (8)の未決定範疇列はともに $n, pp, \$$ であり、以後に $n, pp, \$$ であるような文の構成要素が入力されたときにはどちらも適切となり、そうでないときはどちらも適切とならない。以下では、 σ と σ' の未決定範疇列が等しいことを記法 $\sigma \equiv \sigma'$ で表す。明らかに関係 \equiv は同値関係である。

本手法では、漸進的チャート解析において、語が入力されるごとに随時、項が適切であるかどうかを判別する。 i 番目の語 w_i が入力されたときの適切な構文構造の判別法を以下に示す。

- 1) 項の集合の分割 入力文 $w_1 \dots w_n$ に対して、チャートの節点0と節点 i を結ぶ弧の項全体からなる集合を T_i とする。 T_i を関係 \equiv によって同値分割し、未決定範疇列が一致する項を一つのブロック $T_{i,k}$ にまとめる。
- 2) 適切さの判別 σ をチャートの節点0と節点 j ($j \leq i$)を結ぶ弧の項とする。任意のブロック $T_{i,k}$ に対

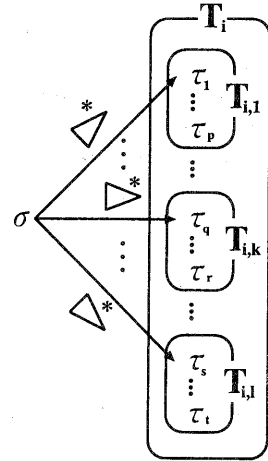


図 2: 適切な項の判別

して、 $\sigma \triangleright^* \tau$ である $\tau \in T_{i,k}$ が存在するならば、 $w_1 \dots w_n$ に対して σ は適切である。

図2に示すような関係が成り立つとき、 σ が適切であると判定できる。未決定範疇列の一致性に基づいて T_i を同値分割したとき、各ブロックのいずれかが適切な項からなる集合となる。それがいずれのブロックであっても、適切さの判別条件を満たす σ は各ブロック中のある項 τ を包含するので、適切な項からなる集合のある項を包含する。すなわち σ は適切であることが保証される。

例えば、英語文(1)における語“her”が入力された段階では、“I saw her”に対する項(6), (7), (8)が作成される。項(6)の未決定範疇列は $pp, \$$ であり、(7)と(8)の未決定範疇列は共に $n, pp, \$$ である。したがって、項の集合 $T_3 = \{(6), (7), (8)\}$ はブロック $T_{3,1} = \{(6)\}$ 、及び $T_{3,2} = \{(7), (8)\}$ に同値分割される。(3) \triangleright^* (6), (3) \triangleright^* (7)であるので、 $T_{3,1}, T_{3,2}$ のいずれのブロックにも、(3)に包含される項が存在する。したがって、(3)は適切な項であるとわかる。さらに、“aunt”が入力された段階では、“I saw her aunt”に対して、項

$$[[[I]_{pron}]_{np}[[saw]_{vt}[[her]_{det}[aunt]_n]_{np}[?]_{pp}]_{vp}[?]_{\$}]_s \quad (9)$$

$$[[[I]_{pron}]_{np}[[saw]_{vt}[[her]_{det}[aunt]_n]_{pp}]_{np1}]_{vp}[?]_{\$}]_s \quad (10)$$

が作成される。項(9), (10)の未決定範疇列は共に $pp, \$$ であるため、項の集合 $T_{4,1} = \{(9), (10)\}$ の同値分割により、ブロック $T_{4,1} = \{(9), (10)\}$ が生成される。(9) \triangleright^* (9)であるので、ブロック $T_{4,1}$ には(9)に包含

表 2: 構文構造の出力タイミング

入力語	出力された構文構造
I	#2
saw	
her	#4
aunt	#9, #10
with	#11, #12
the	#13, #14
telescope	#15, #16
.	#17, #18

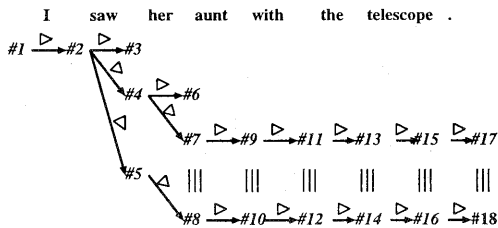


図 3: 項の間の包含関係 ▷ と同値関係 ≡

される項が存在する。したがって、(9) は適切な項であるとわかる。同様に (10) も適切な項であるとわかる。このように、入力途中の段階で随時、適切な項を判別することができる。

上記の方法により、入力途中の段階で項の適切さを判別し、適切と判別された項を即座に出力することにより、漸進的に、適切な項のみを出力することができる。

4 解析例

英語文 (1) に対する漸進的な解析処理の過程を表 1 に示す。各行がチャートの弧に対応しており、# の欄の数は弧の作成順序、loc は弧の場所、term は弧がラベルとしてもつ項を表す。また、表 2 に項の出力タイミングを示し、図 3 に作成された項の間の包含関係 ▷、及び同値関係 ≡ を示す。

語 “saw” が入力された時点では、適切な項を決定できないため、項を出力しない。語 “her” が入力された時点では、項 #6 ~ #8 を作成し、{#6} と {#7, #8} に同値分割する。“I saw her” に対する適切な項を判別することはできないが、“I saw” に対する項 #4 は、“I saw her” に対する項 #6, #7 を包含する、すなわち、

ブロック {#6}, 及び {#7, #8} にはそれぞれ #4 に包含される項が存在するので、#4 は適切な項である。したがって #4 を出力する。語 “aunt” が入力された時点では、項 #9, #10 を作成する。3 節で述べたように、それらをブロック {#9, #10} に同値分割するが、#9 ▷ #9 であるので、#9 は適切な項であり、これを出力する。同様にして、#10 も適切な項であるとわかるので、これも出力する。語 “with” が入力された時点では項 #11 及び #12 を、“the” が入力された時点では #13 及び #14 を、“telescope” が入力された時点では #15 及び #16 を、“.” が入力された時点では #17 及び #18 をそれぞれ作成し、それらを出力する。このように、入力途中の段階で随時、項が適切かどうかを判別することができる。

5 おわりに

漸進的な構文解析では一般に、語が入力されるたびに構文構造が作成されるが、その構文構造は以後の入力の解析に用いられない不適切な構造である可能性がある。このため、語単位での出力という制約を緩和し、そのタイミングを動的に決定する方法の実現が重要な課題となっている。それに対して本稿では、漸進的な構文解析において、入力途中の段階で随時、構文構造の適切さを判別し、適切な構文構造のみを出力する手法を提案した。この手法は、漸進性よりもむしろ項の適切さを重視し、構文構造が適切であると判明するまで出力を遅延する手法であるといえる。

本手法では、構文構造が以後の解析に用いられる適切な構造であることが保証された段階で、これを出力する。このため、場合によっては入力が完了するまで構文構造を出力できず、漸進性を損なうことがある。漸進性の度合と構文構造の適切さの間にはトレードオフが存在すると考えられ、構文構造の適切さの加えて漸進性の度合をも考慮し、出力タイミングを決める必要があるが、これは今後の課題である。

また本手法では、語が入力されるごとに構文構造が少なくとも一つ必ず作成されると仮定しており、作成された構文構造の間の関係から構文構造の適切さを判別している。すなわち、文法によって受理される適格文のみを対象としていたが、対話には文法を逸脱する不適格な文が多数出現するため、これに対処する必要がある。著者らはこれまでに頑健な漸進的構文解析手法を提案しているが [3]、これに対して本稿で提案した手法を適用することにより、文法的不適格文に対しても、入力途中の段階で適切な構文構造のみを出力する枠組の実現が期待できる。

表 1: “I saw her aunt with the telescope” に対する漸進的な解析過程

入力語	チャート			未決定 範疇列
word	#	loc	term	
	1	0-0	[?] _s	s
I	2	0-1	[[[I] _{pron}] _{np} [?] _{vp} [?] _s] _s	vp, \$
saw	3	0-2	[[[I] _{pron}] _{np} [[saw] _{vi}] _{vp} [?] _s] _s	\$
	4	0-2	[[[I] _{pron}] _{np} [[saw] _{vt} [[?] _{np} [?] _{pp}] _{vp} [?] _s] _s	np, pp, \$
	5	0-2	[[[I] _{pron}] _{np} [[saw] _{vt} [[?] _{np1}] _{vp} [?] _s] _s	np1, \$
her	6	0-3	[[[I] _{pron}] _{np} [[saw] _{vt} [[her] _{pron}] _{np} [?] _{pp}] _{vp} [?] _s] _s	np, \$
	7	0-3	[[[I] _{pron}] _{np} [[saw] _{vt} [[her] _{det} [?] _n] _{np} [?] _{pp}] _{vp} [?] _s] _s	n, pp, \$
	8	0-3	[[[I] _{pron}] _{np} [[saw] _{vt} [[her] _{det} [?] _n] _{pp}] _{np1}] _{vp} [?] _s] _s	n, pp, \$
aunt	9	0-4	[[[I] _{pron}] _{np} [[saw] _{vt} [[her] _{det} [aunt] _n] _{np} [?] _{pp}] _{vp} [?] _s] _s	pp, \$
	10	0-4	[[[I] _{pron}] _{np} [[saw] _{vt} [[her] _{det} [aunt] _n] _{pp}] _{np1}] _{vp} [?] _s] _s	pp, \$
with	11	0-5	[[[I] _{pron}] _{np} [[saw] _{vt} [[her] _{det} [aunt] _n] _{np} [[with] _p [?] _{np}] _{pp}] _{vp} [?] _s] _s	np, \$
	12	0-5	[[[I] _{pron}] _{np} [[saw] _{vt} [[her] _{det} [aunt] _n] _{pp}] _{np1}] _{vp} [?] _s] _s	np, \$
the	13	0-6	[[[I] _{pron}] _{np} [[saw] _{vt} [[her] _{det} [aunt] _n] _{np} [[with] _p [[the] _{det} [?] _n] _{np}] _{pp}] _{vp} [?] _s] _s	n, \$
	14	0-6	[[[I] _{pron}] _{np} [[saw] _{vt} [[her] _{det} [aunt] _n] _{pp} [[with] _p [[the] _{det} [?] _n] _{pp}] _{np1}] _{vp} [?] _s] _s	n, \$
telescope	15	0-7	[[[I] _{pron}] _{np} [[saw] _{vt} [[her] _{det} [aunt] _n] _{np} [[with] _p [[the] _{det} [telescope] _n] _{np}] _{pp}] _{vp} [?] _s] _s	\$
	16	0-7	[[[I] _{pron}] _{np} [[saw] _{vt} [[her] _{det} [aunt] _n] _{pp} [[with] _p [[the] _{det} [telescope] _n] _{pp}] _{np1}] _{vp} [?] _s] _s	\$
	17	0-8	[[[I] _{pron}] _{np} [[saw] _{vt} [[her] _{det} [aunt] _n] _{np} [[with] _p [[the] _{det} [telescope] _n] _{pp}] _{vp} [.] _s] _s	
	18	0-8	[[[I] _{pron}] _{np} [[saw] _{vt} [[her] _{det} [aunt] _n] _{pp} [[with] _p [[the] _{det} [telescope] _n] _{pp}] _{np1}] _{vp} [.] _s] _s	

参考文献

- [1] 秋葉 友良, 田中 穂積 : 拡張部分木を用いた漸進的構文解析, 情報処理学会第 45 回全国大会 (3), pp.175-176 (1992).
- [2] Inagaki, Y. and Matsubara, S.: Models for Incremental Interpretation of Natural Language, *Proc. of 2nd Symposium on Natural Language Processing*, pp.51-60 (1995).
- [3] 加藤 芳秀, 松原 茂樹, 外山 勝彦, 稲垣 康善 : 文法的不適格文に対する漸進的構文解析手法, 電子情報通信学会技術研究報告, NLC98-6, pp.39-46(1998).
- [4] Kay, M : Algorithm Schemata and Data Structures in Syntactic Processing, *Technical Report CSL-80-12*, Xerox PARC (1980).
- [5] Matsubara, S., Asai, S., Toyama, K. and Inagaki, Y.: Chart-based Parsing and Transfer in Incremental Spoken Language Translation, *Proc. of 4th Natural Language Processing Pacific Rim Symposium*, pp.521-524 (1997).
- [6] 松原 茂樹, 浅井 悟, 外山 勝彦, 稲垣 康善 : 不適格表現を活用した漸進的な英日話し言葉翻訳手法, 電気学会論文誌, Vol.118-C, No.1, pp.71-78 (1998).
- [7] Milward, D. and Cooper, R.: Incremental Interpretation : Applications, Theory, and Relationship to Dynamic Semantics, *Proc. of 15th Int. Conf. on Computational Linguistics*, pp.748-754 (1994).
- [8] 田中 穂積 : 自然言語解析の基礎, 産業図書 (1989).